

# Equipements Remarquables des unités d'AMUtech

*État des lieux à la  
création de l'Institut  
d'Établissement*



Institut  
Matériaux Avancés  
et Nanotechnologies  
Aix\*Marseille Université

Juillet 2022

Institut d'Établissement AMUtech  
% CINaM UMR 7325 • Campus de Luminy • case 913  
13288 Marseille cedex • FRANCE



Version 4.2 25-7-23 © image de couverture : Laboratoire PIIM

# SOMMAIRE

1	AVANT-PROPOS .....	7
2	PLATEFORMES TECHNOLOGIQUES AIX-MARSEILLE LABELISEES.....	11
2.1	ASUR – Applications Sources Ultra-Rapides.....	12
2.2	CCDS – Plateforme de chromatographie chirale et de stéréochimie dynamique.....	13
2.3	CP2M – Centre pluridisciplinaire de microscopie électronique & microanalyse .....	14
2.3.1	Station Dual beam FIB.....	14
2.3.2	Microscopes électroniques à transmission (MET).....	14
2.3.3	Microscope électronique à balayage (MEB) .....	15
2.4	Plateforme de Métrologie par Diffusion Lumineuse.....	16
2.5	Plateforme Photonique .....	17
2.6	NanoTecMat .....	20
2.6.1	Dépôts couches minces.....	20
2.6.2	Traitements thermiques .....	20
2.6.3	Croissance matériaux .....	21
2.6.4	Microfabrication – photolithographie .....	21
2.6.5	Nanostructuration FIB.....	22
2.6.6	Caractérisations.....	23
2.7	PLANETE - Plateforme de nano et micro-fabrication .....	25
2.7.1	Dépôt, lithographie et gravure assistés par faisceau de particules chargées .....	25
2.7.2	Lithographies optique et assistée par faisceau d'électrons .....	25
2.7.3	Dépôt (fabrication additive par ajout de matière) .....	26
2.7.4	Gravure (fabrication soustractive).....	26
2.7.5	Métrologie.....	27
2.8	Plateforme RPE.....	28
2.9	PRATIM .....	29
2.9.1	Analyse de nanostructures .....	29
2.9.2	Microscopie Confocale.....	29
2.9.3	Microscopie électronique .....	29
2.10	SAT - Plateforme Sonde Atomique Tomographique .....	30
2.11	Spectropole.....	31
2.11.1	Analyse élémentaire.....	31
2.11.2	Chromatographies Liquides.....	31
2.11.3	DRX sur monocristal .....	32
2.11.4	Résonance magnétique nucléaire (RMN).....	32
2.11.5	Résonance Magnétique Nucléaire Solide.....	32
2.11.6	RMN polarisation dynamique nucléaire (PDN).....	33
2.11.7	Spectrométrie de masse.....	33
2.11.8	Spectroscopies Chiroptiques .....	34

<b>3</b>	<b>PLATEFORMES TECHNOLOGIQUES DE LABORATOIRE .....</b>	<b>36</b>
3.1	CINaM .....	36
3.1.1	Centre de Calcul Scientifique .....	36
3.1.2	Plateforme de Diffraction des Rayons X.....	37
3.1.3	Plateforme de microscopie champ proche .....	37
3.1.4	Plateforme de microscopie électronique.....	38
3.2	ICR.....	38
3.2.1	Analyse Polymère.....	38
3.3	Institut Fresnel.....	39
3.3.1	Plateau Technique Micro-Ondes.....	39
3.3.2	Plateau Technique Optique pour le Biomédical.....	40
3.4	IM2NP .....	40
3.4.1	Centre d'expertise en thermochimie (CET).....	40
3.4.2	IOLab .....	41
3.4.3	Nano-Analyse.....	41
3.4.4	RFID UHF.....	42
3.4.5	SPRINT .....	42
3.5	LP3 .....	44
3.5.1	Lasers pour le Micro-usinage et les Procédés (LaMP).....	44
3.6	MADIREL.....	44
3.6.1	Service de diffraction des rayons X .....	44
3.7	PIIM .....	45
3.7.1	Nautilus.....	45
3.7.2	Camiter .....	45
3.7.3	AMU-PSI.....	46
3.7.4	PHISIS .....	46
3.7.5	CAsPEr .....	46
3.8	LP3-CINaM.....	47
3.8.1	EsSpace Interdisciplinaire Ablation Laser et Applications (PIALA) .....	47
<b>4</b>	<b>INSTRUMENTS NOTABLES D'EQUIPES.....</b>	<b>49</b>
4.1	Élaborations, fabrications et synthèses .....	49
4.1.1	CINaM : .....	49
4.1.2	Institut Fresnel .....	50
4.1.3	IM2NP .....	50
4.1.4	LP3.....	51
4.1.5	MADIREL .....	51
4.1.6	PIIM.....	52
4.2	Caractérisations physico-chimiques .....	53
4.2.1	CINaM .....	53
4.2.2	ICR.....	57
4.2.3	IM2NP .....	59
4.2.4	LP3.....	62

4.2.5	MADIREL .....	62
4.2.6	PIIM.....	65
4.3	Caractérisations Optiques/Photoniques .....	66
4.3.1	CINaM .....	66
4.3.2	IM2NP .....	67
4.3.3	Institut Fresnel .....	67
4.3.4	LP3.....	68
4.3.5	PIIM.....	68
<b>5</b>	<b>ÉQUIPEMENTS SUPPORTS DE LA RECHERCHE .....</b>	<b>69</b>
5.1	Fédération de chimie.....	69
5.1.1	Centre Régional de Compétences en Modélisation Moléculaire.....	69
5.1.2	Service Commun Soufflage de Verre .....	70
<b>6</b>	<b>PARTENAIRES .....</b>	<b>71</b>
6.1	CRHEATEC .....	71
6.1.1	Zone de chimie et de lithographie .....	71
6.1.2	Zone de gravure .....	72
6.1.3	Zone de dépôt .....	73
6.1.4	Traitement thermique.....	73
6.1.5	Métrologie.....	74
6.2	Centre de Microélectronique de Provence .....	75
<b>7</b>	<b>PROJETS D'EQUIPEMENTS.....</b>	<b>77</b>
7.1	Equipex IDEC .....	77
7.2	Pertinence .....	78
7.3	PRISM.....	79
7.4	Projet New-PFT : Nouvelle génération de plateformes technologiques des Sciences Chimiques d'Aix-Marseille.....	80
<b>8</b>	<b>CONTACTS.....</b>	<b>81</b>



# 1 AVANT-PROPOS

À la suite de la création de l'institut d'établissement AMUtech, le 1<sup>er</sup> janvier 2021, la direction a souhaité établir un état des lieux des équipements remarquables localisés dans les laboratoires de l'institut.

Trois types d'équipements ont été identifiés:

- les plateformes technologiques Aix-Marseille labélisées
- les plateformes technologiques de laboratoire
- les instruments notables d'équipes de recherche.

Les missions de ces outils sont différentes. Les **plateformes technologiques Aix-Marseille labélisées** ont pour objectif de mettre à disposition de la communauté scientifique et du monde socio-économique des infrastructures de pointe pour l'exécution de contrats de recherche, de collaborations partenariales ou des prestations de services externes. Ces infrastructures sont pilotées conjointement par **Aix-Marseille Université**, le **CNRS** et l'**INSERM**. Elles fonctionnent selon la charte des plateformes technologiques d'Aix-Marseille<sup>1</sup>. Elles sont répertoriées, décrites et cartographiées sur le site dédié de l'université<sup>2</sup>. Les équipements rattachés à ces infrastructures sont identifiés par l'affichage du logo des plateformes technologiques Aix-Marseille.



Les **plateformes technologiques de laboratoire** permettent aux unités de recherche de disposer de matériels mi-lourds de pointe. Ces équipements spécifiques sont principalement dédiés à un usage au sein des laboratoires mais ils sont aussi accessibles pour des collaborations partenariales ou des prestations de services externes. En plus des personnels des laboratoires d'Aix-Marseille et des académiques français, ces plateformes sont accessibles aux industriels. La tarification est élaborée selon des critères des tutelles dont elles dépendent.

---

<sup>1</sup> [https://plateformes.univ-amu.fr/sites/plateformes.univ-amu.fr/files/public/charte\\_ptf\\_amu.pdf](https://plateformes.univ-amu.fr/sites/plateformes.univ-amu.fr/files/public/charte_ptf_amu.pdf)

<sup>2</sup> <https://plateformes.univ-amu.fr>

Les équipements des plateformes technologiques Aix-Marseille labélisées comme ceux des plateformes technologiques de laboratoire sont aussi utilisés dans le cadre de **formations** d'Aix-Marseille Université. Une action visant l'investissement dans des équipements dédiés est menée en parallèle.

Les **instruments notables d'équipes** de recherche sont, quant à eux, dédiés à l'usage principal d'une équipe de recherche. Cependant, afin d'éviter la multiplication des investissements et dans le but de favoriser les échanges scientifiques, ces matériels peuvent donner lieu à des collaborations partenariales académiques ou industrielles. Ces équipements ont pour vocation à demeurer des outils expérimentaux gérés et entretenus par les équipes de recherches. Ils ne peuvent être mutualisés que via des partenariats scientifiques noués par les responsables de ces équipements.

Les équipements remarquables sont répartis sur les différents campus de l'aire marseillaise :

- › Campus Joseph Aiguier
- › Campus de Château Gombert
- › Campus de Luminy
- › Campus de Saint Charles
- › Campus de Saint-Jérôme



Cet état des lieux vise l'inventaire des équipements remarquables dont dispose la communauté d'AMUtech. Il permettra aux membres de l'Institut de connaître l'étendu de l'expertise scientifique et des ressources expérimentales disponibles. Il permettra ainsi de renforcer les échanges entre les chercheurs et enseignants-chercheurs présents dans le périmètre d'Aix-Marseille. Pour faciliter l'accès, ces informations seront reprises sur le site web d'AMUtech qui s'adresse à la fois aux membres de l'institut mais aussi aux mondes académique et industriel extérieurs. Le site web servira à donner une plus grande visibilité à ces instruments de pointes.

Ce document est structuré en trois parties qui correspondent aux trois types d'équipements. Une version « web » complémentaire est aussi disponible (<https://www.univ-amu.fr/fr/public/institut-amutech>). Le site web est un outil pratique à destination des membres d'AMUtech puisqu'il permet d'effectuer des recherches en utilisant des entrées variables : techniques, laboratoires/services/unités, localisation géographique, type d'équipement... Il



devrait permettre de faciliter les collaborations en tirant partie de la richesse du parc expérimental d'AMUtech.

Enfin, il nous semble important de montrer l'intégration de ces équipements remarquables dans les infrastructures de recherche régional en listant les équipements remarquables des institutions régionales partenaires comme le **Centre de Microélectronique de Provence** (CMP) situé au sein du campus de Gardanne de l'École des Mines de Saint-Étienne (EMSE) et avec **CRHEATEC**<sup>3</sup> située au sein du CRHEA à Sophia-Antipolis et membre de la plateforme technologique **RENATECH** de second cercle **CT-PACA**.

Ce référencement sera mis à jour régulièrement. Il constitue une base documentaire et, à plus long terme, il contribuera à alimenter les réflexions prospectives sur la politique d'investissements mi-lourds coordonnée ou soutenue par l'Institut. Il servira aussi pour le projet de création d'une **centrale technologique de premier cercle à Marseille**.

---

<sup>3</sup> <https://www.crhea.cnrs.fr/plateforme-de-technologie.htm>



# 2 PLATEFORMES TECHNOLOGIQUES AIX-MARSEILLE LABELISEES

Aix-Marseille Université et ses partenaires (CNRS, INSERM) ont créé le label « [Plateformes Technologiques du site d'Aix-Marseille](#) ». Les plateformes labellisées ont pour objectif de mettre à disposition de la communauté scientifique et du monde socio-économique des infrastructures de pointe pour l'exécution de contrats de recherche, de collaborations partenariales ou des prestations de services externes. Les plateformes labellisées Aix-Marseille sont répertoriées et décrites sur le site dédié :

<https://plateformes.univ-amu.fr/fr/plateformes>

Cette section propose un descriptif succinct des plateformes labellisées Aix-Marseille appartenant au périmètre thématique de l'[Institut AMUtech](#).

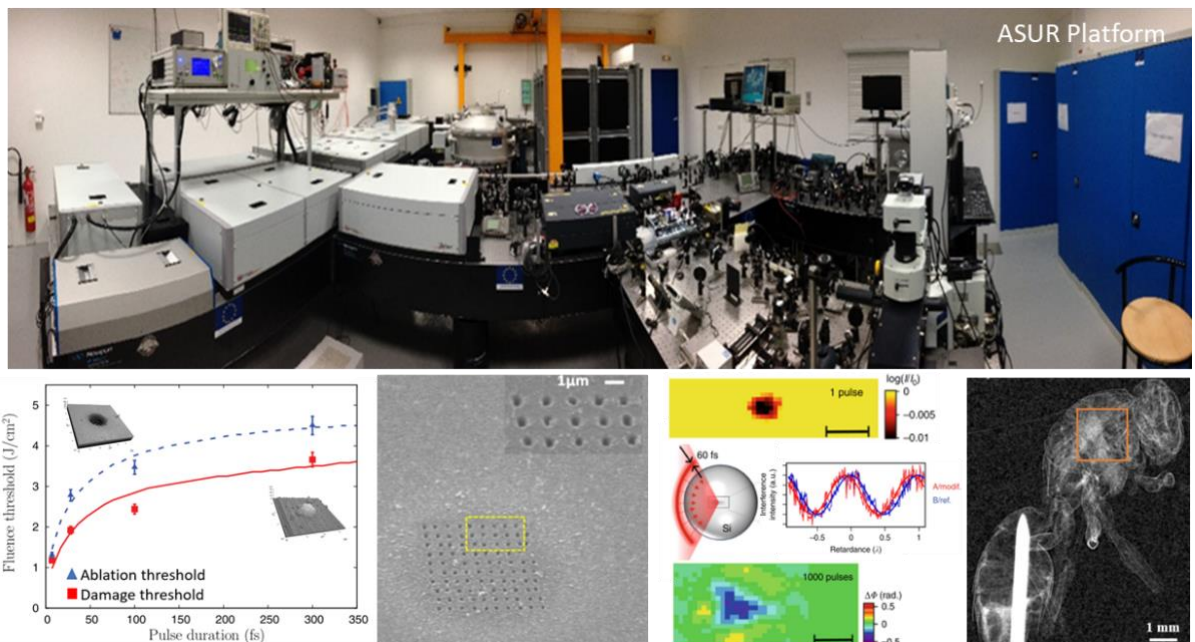
## 2.1 ASUR – Applications Sources Ultra-Rapides

La plateforme **ASUR** (systèmes multifaisceaux @ 800 nm, 10 TW – 100 Hz, 20 TW – 10 Hz, 1 à 500 mJ, 25 fs, conversions OPA : UV–mid–IR; compression XPW :  $\leq 15$  fs ; plateforme ouverte et possédant une tarification):

- ▶ Banc de test d'endommagement en régime laser ultra-court:  $\leq 15 - 100$  fs.
- ▶ Banc de structuration à l'échelle micrométrique par faisceau de Bessel.

*En développement* : banc de diagnostic optique/X résolu en temps de matériaux sous excitation laser (imagerie X, diffraction X résolue en temps, etc.). « Un mini-synchrotron et un laser UHI dans un environnement de laboratoire académique ».

**Responsable :** Olivier Uteza                      olivier.uteza@univ-amu.fr                      06 12 57 08 97  
**Site web :** <http://lp3.fr/les-plateformes/asur/>  
**Mots clés :** Caractérisation, optique/photonique, endommagement, élaboration, gravure, couches minces



## 2.2 CCDS – Plateforme de chromatographie chirale et de stéréochimie dynamique

La plateforme de **chromatographie chirale et de stéréochimie dynamique** adossée à l'ISM2 est dotée de plusieurs dizaines de sélecteurs chiraux appliqués en chromatographie liquide pour l'analyse et l'obtention des molécules chirales, ainsi que des détecteurs chiroptiques pour la caractérisation des énantiomères. Ses compétences permettent la préparation à l'échelle multigrammes d'énantiomères purs et de déterminer leur stabilité énantiomérique. Pour la réalisation des projets, les équipements disponibles sont principalement pilotés par les membres de la plateforme :

- › 2 systèmes de criblage de phases stationnaires en HPLC
- › 2 systèmes pour la séparation préparative d'énantiomères
- › 5 détecteurs chiroptiques
- › 1 polarimètre
- › 1 spectromètre de dichroïsme circulaire électronique
- › 30 phases stationnaires chirales différentes pour l'analytique
- › 20 phases stationnaires chirales différentes pour le préparatif

<b>Responsable :</b>	Nicolas Vanthuyne	<a href="mailto:nicolas.vanthuyne@univ-amu.fr">nicolas.vanthuyne@univ-amu.fr</a>	04 13 94 56 48
<b>Site web :</b>	<a href="https://ism2.univ-amu.fr/fr/plateforme-chromato-chirale">https://ism2.univ-amu.fr/fr/plateforme-chromato-chirale</a>		
<b>Mots clés :</b>	Caractérisation, analyse chimique		

## 2.3 CP2M – Centre pluridisciplinaire de microscopie électronique & microanalyse

Le CP2M est une entité de la Fédération Sciences Chimiques Marseille (FSCM, FR1739). Il est doté de moyens performants en **Microscopie électronique** et **Microanalyse**. A ces moyens sont associés des équipements de préparation d'échantillons, de simulation et de traitement d'images. L'ensemble des équipements est mis à la disposition d'une large communauté scientifique des secteurs public et industriel.

**Responsable :** Christian Dominici christian.dominici@univ-amu.fr 04 13 94 57 53  
**Site web :** <https://fr-chimie.univ-amu.fr/cp2m-3/>  
**Mots clés :** Caractérisation, microscopie, microfabrication

### 2.3.1 Station Dual beam FIB

#### *FEI Helios 600 NanoLab*

Cette station est utilisée pour la préparation par micro-usinage ionique de lames minces pour l'observation au MET.

- ▶ Optique ionique
  - Résolution : 5,0 nm @ 30 kV | Courant : 1,5 pA à 20 nA | Tension: 0,5 kV à 30 kV
  - Source Ga LMIS
  - Injecteurs Pt, W, Insulator (SiO<sub>x</sub>)
- ▶ Optique électronique
  - Résolution : 0,9 nm à 15 kV, 1,4 nm à 1 kV | Courant : < 22 nA | Tension : 350 V à 30 kV
  - Source FEG Schottky
  - Détecteur SE et BSE in lens and out lens (TLD)
- ▶ Système Omniprobe 100.7 pour la récupération in-situ d'échantillons TEM

**Responsable :** Martiane Cabie martiane.cabie@univ-amu.fr 04 13 94 57 51  
**Site web :** <https://fr-chimie.univ-amu.fr/dual-beam-fib-fei-helios-600-nanolab/>  
**Mots clés :** Caractérisation, microscopie, microfabrication

### 2.3.2 Microscopes électroniques à transmission (MET)

#### *MET FEI Tecnai G2*

Ce microscope électronique à transmission est dédié à l'analyse des matériaux par microscopie électronique conventionnelle et analytique : imagerie champ clair-champ sombre, weak-beam, analyse par spectroscopie X à dispersion d'énergie (EDS). Grâce au dispositif STEM la chimie des matériaux peut être sondée localement avec une résolution spatiale de quelques nanomètres. L'appareil est équipé d'une pièce polaire large gap (lentille objectif Twin) permettant l'étude 3D des matériaux par tomographie électronique.

- ▶ Émission : Source LaB6 | Tension 80 - 200 kV | Résolution : 0,27 nm
- ▶ Détecteurs : Caméra CCD TVIPS 1kx1k | EDS SDD Oxford XMax80 | STEM avec détecteur BF-DF
- ▶ Porte-objets : Simple tilt standard, simple tilt ± 70° pour la tomographie électronique, double tilt Béryllium

**Responsable :** Martiane Cabie martiane.cabie@univ-amu.fr 04 13 94 57 51  
**Site web :** <https://fr-chimie.univ-amu.fr/microscope-met-fei-tecnai-g2/>  
**Mots clés :** Caractérisation, microscopie, spectroscopie, diffraction, analyse de surface

### **MET FEI Titan 80-300**

Le Titan est in MET qui offre une résolution spatiale de 0,1 nm grâce au correcteur d'aberrations. Il est équipé d'un filtre de perte d'énergie qui permet d'acquérir des cartographies chimiques et des spectres de perte d'énergie avec une résolution spatiale autour de 1 nm. Le mode STEM est aussi disponible, ce qui permet d'obtenir de meilleures images avec un contraste plus facilement interprétable ou des informations spectroscopiques bien localisées. La résolution spatiale maximale du microscope en mode STEM est 0,14 nm.

- ▶ Émission : Source schottky | Tension 80 – 300 kV | Résolution: TEM 0,10 nm, STEM 0,14 nm
- ▶ Détecteurs : Caméra CCD Gatan US1000 | HAADF Fischione | BF/DF Gatan | Spectromètre de perte d'énergie Gatan Imaging Filter | Tridiem
- ▶ Porte-objets : single tilt et double tilt

**Responsable :** Thomas Neisius      thomas.neisius@univ-amu.fr      04 13 94 57 54  
**Site web :** <https://fr-chimie.univ-amu.fr/titan/>  
**Mots clés :** Caractérisation, microscopie, diffraction, spectroscopie, analyse de surface

### **2.3.3 Microscope électronique à balayage (MEB)**

#### **MEB Zeiss GeminiSEM 500**

Le microscope électronique à balayage ZEISS de haute résolution, modèle Gemini 500, permet l'imagerie des matériaux conducteurs et isolants à l'échelle nanométrique, même en mode basse tension et pression variable. Pour les analyses chimiques et cristallographiques, l'appareil est équipé des techniques EDS (spectroscopie X à dispersion d'énergie), WDS (analyse dispersive en longueur d'onde) pour une meilleure résolution et sensibilité, EBSD (diffraction d'électrons rétrodiffusés) et tkd (diffraction en transmission des clichés Kikuchi) pour accéder à des cartographies d'orientations et phases.

- ▶ Émission : Source Schottky | Tension 0,02 - 30 kV | Résolution: 0,6 et 1,1 nm à 15 et 1 kV
- ▶ Détecteurs SE et BSE (in-lens et out-lens) | STEM (BF, DF, HAADF) | SE hautes pressions
- ▶ EDS EDAX SDD 30 mm<sup>2</sup> | WDS EDAX TEXS (150 – 10 keV) | EBSD EDAX Hikari et détecteur FSD

**Responsable :** Andrea Campos      andrea.campos@univ-amu.fr      04 13 94 57 52  
**Site web :** <https://fr-chimie.univ-amu.fr/zeiss-geminisem-500/>  
**Mots clés :** Caractérisation, microscopie, diffraction, spectroscopie, analyse de surface



## 2.4 Plateforme de Métrologie par Diffusion Lumineuse

DIFFUSIF est une plateforme instrumentale dédiée à la **métrologie par et pour la lumière diffuse** (BRDF, Haze, Albedo...). La plateforme est constituée d'une dizaine d'instruments originaux et innovants permettant de réaliser les actions suivantes :

- › Mesure spectrale large-bande ( $\lambda = 450 - 1650$  nm) de la diffusion par les composants optiques
- › Mesure angulaire de la diffusion dans tout le domaine large-bande précité
- › Mesure polarimétrique de la diffusion dans tout le domaine large-bande précité
- › Diagnostic en diffusion « blanche »
- › Analyse d'états de surface, analyse d'états de volume, couches minces optiques
- › Séparation des rugosités de surface et des hétérogénéités de volume
- › Extraction des défauts localisés
- › Analyse de speckle, polarisation et cohérence en milieux désordonnés ...

Les différents instruments sont conçus et développés en interne en fonction des besoins scientifiques lorsque ceux-ci nécessitent une métrologie extrême. Certains d'entre eux sont amenés à devenir pérennes, c'est le cas des instruments phares qui sont identifiés comme :

**SALSA** (Spectral and Angular Light Scattering Apparatus) qui permet l'enregistrement angulairement et spectralement résolu de la lumière diffusée (Mesures de BRDF, BTDF, BSDF, ESDF...)

Spécifications Techniques :

- › Performances d'un diffusomètre laser sur l'ensemble du domaine spectral :  $\lambda = 410 - 1000$  nm
- › Choix arbitraire de la longueur d'onde d'éclairage sur  $\lambda = 410 - 1000$  nm
- › Seuil de détectivité à  $10^{-8}$  str $^{-1}$  (limité par la diffraction de Rayleigh)
- › Plus de 15 décades de dynamique de mesure
- › Première mesure mondiale de densités optiques supérieures à 12
- › Précision meilleure que 1%
- › Salle blanche ISO 6 - Espace Photonique
- › Instrument référencé par le CNES, la DGA et l'ESA.

**Responsable :**

Dr. Myriam Zerrad myriam.zerrad@fresnel.fr

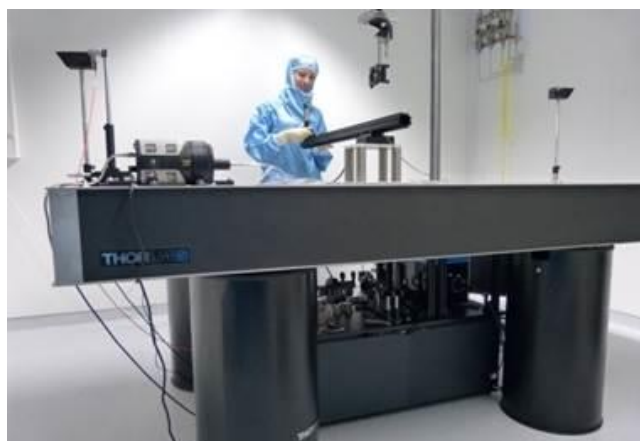
04 13 94 55 57

**Site web :**

<https://www.fresnel.fr/spip/spip.php?article1160>

**Mots clés :**

Caractérisation, optique/photonique





## 2.5 Plateforme Photonique

Les plateformes labellisées ont pour objectif de mettre à disposition de la communauté scientifique et du monde socio-économique des infrastructures de pointe pour l'exécution de contrats de recherche, de collaborations partenariales ou de prestations de services externes.

<b>Responsable :</b>	Serge Monneret	photonics.platform@fresnel.fr
<b>Site web :</b>	<a href="https://www.fresnel.fr/spip/spip.php?article2558">https://www.fresnel.fr/spip/spip.php?article2558</a>	
<b>Mots clés :</b>	Élaboration, caractérisation, optique/photonique, microscopie, couches minces	

### 2.5.1.1 Couches minces

La plateforme répond aux besoins en termes de dépôt de **couches minces optiques**, de **réalisation de filtres optiques interférentiels**, de mesures de **propriétés optiques** (transmission, réflexion) et de caractérisation de surfaces (écart à la planéité, rugosité). Elle est localisée dans des salles blanches de 250 m<sup>2</sup> (classe 10.000) et grises (classe 100.000).

Équipements :

- Préparation des substrats avant dépôt SIEM TCA 90
- Technologies de dépôt : HELIOS (Pulvérisation cathodique magnétron assistée par plasma) | SYRUSpro 710 (évaporation par canons à électrons assistée par plasma)
- Système de caractérisation des composants :
  - spectrophotomètres Perkin Elmer Lambda 1050 et FTIR Thermo Fischer Nicolet 670
  - mesures spectrales non conventionnelles (Novawave LossPro basé sur le principe de Cavity Ring Down Spectroscopy (CRDS) et différents systèmes développés en interne permettant notamment de réaliser des cartographies de la réponse spectrale locale d'un filtre de par sa surface)



<b>Responsable :</b>	Dr. Julien Lumeau	julien.lumeau@fresnel.fr	06 72 28 90 61
	Dr Antonin Moreau	antonin.moreau@fresnel.fr	04 13 94 55 18
<b>Site web :</b>	<a href="https://www.fresnel.fr/spip/spip.php?article1159">https://www.fresnel.fr/spip/spip.php?article1159</a>		
<b>Mots clés :</b>	Élaboration, couches minces, optique/photonique, caractérisation, spectroscopie		

### 2.5.1.2 Photonique de Puissance

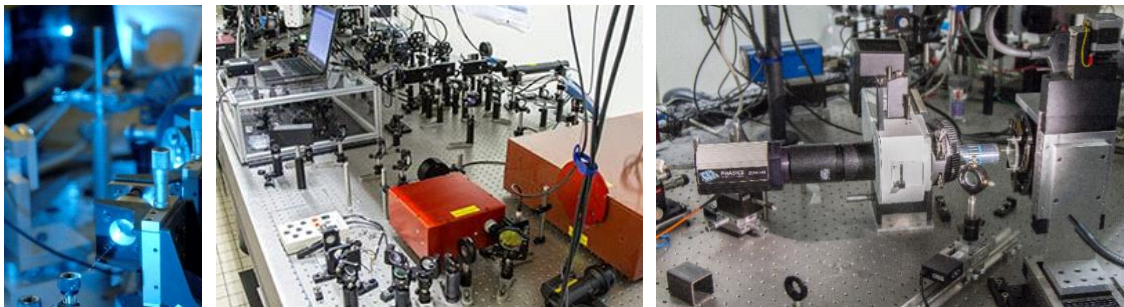
La plateforme photonique de puissance est constituée d'un ensemble de moyens permettant notamment la **caractérisation de composants optiques soumis à de forts flux laser**. Les sources utilisées couvrent le régime continu, ns, ps et fs. Les longueurs d'onde utilisées vont de l'UV à l'IR.

Outre un ensemble de sources, des moyens de diagnostic et de caractérisation spécifiques et commerciales sont utilisés pour l'analyse de l'interaction laser matière.

Instruments:

- ▶ Sources laser: Laser Femtosecond (Yg:KGW-sub-ps: 1030nm/515nm/343nm, 500fs-3ps, 1mj, 10Hz-100kHz | Laser CO<sub>2</sub> : 10,6µm 200 W | Laser à fibre: 1070 nm, 200 W | Laser à diodes fibrées: 800 nm, 200 W
- ▶ Sources nanosecondes: 1064/532/355/266 nm | 0.8 J, 10 Hz @1064 nm | 1064/532/355/266 nm | 0.35 J, 100 Hz @1064 nm
- ▶ Moyens de diagnostic: Scanning Electron Microscope | Confocal microscope | Optical microscope (DIC) | Atomic Force Microscope | Photospectrometer | Optical profilometer | Fluorescence spectroscopy

Contact :	Laurent Gallais	laurent.gallais@fresnel.fr	04 13 94 54 92
Contact :	Jean-Yves Natoli	jean-yves.natoli@fresnel.fr	04 13 94 55 19
Site web :	<a href="https://www.fresnel.fr/spip/spip.php?article1161">https://www.fresnel.fr/spip/spip.php?article1161</a>		
Mots clés :	Caractérisation, Optique/photonique, spectroscopie, endommagement		



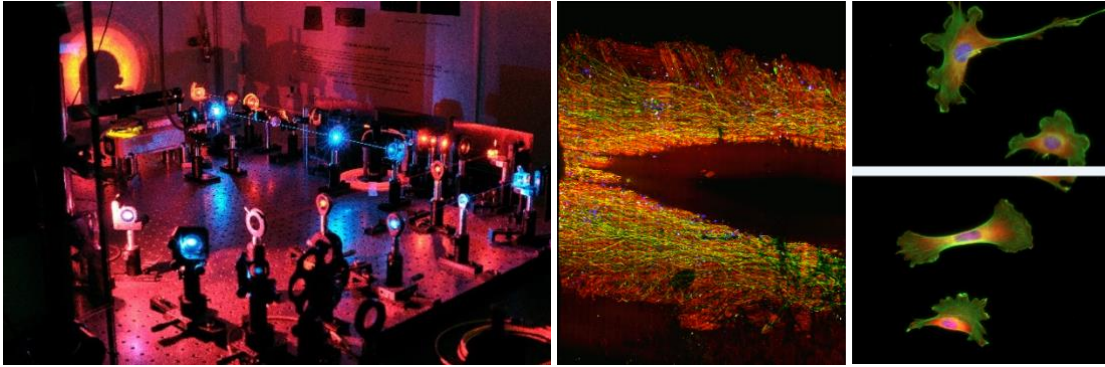
### 2.5.1.3 Microscopie du vivant des nanostructures

La plateforme propose un parc d'instruments innovants en microscopie, principalement développés pour l'étude du vivant, mais aussi adaptés pour la caractérisation de nanostructures (nanoparticules, matériaux 2D, métasurfaces).

Équipements :

- ▶ Techniques disponibles (fiche synthétique disponible<sup>4</sup>)
- ▶ Microscopie de phase quantitative (Spec. et images)
- ▶ Microscopie résolue en polarisation
- ▶ Spectroscopie de Corrélation de Fluorescence
- ▶ Microscopie Raman cohérent (CARS / SRS)
- ▶ Microscopie non linéaire (2 photons, SHG, THG)
- ▶ Ces instruments sont couplés à un laboratoire L2 pour la manipulation d'échantillons biologiques et la culture de cellules de mammifères.

<sup>4</sup> [https://www.fresnel.fr/spip/IMG/pdf/microscopy\\_flyer.pdf](https://www.fresnel.fr/spip/IMG/pdf/microscopy_flyer.pdf)



Responsable :

Hervé Rignault

herve.rignault@fresnel.fr

04 13 94 55 27

Site web :

<https://www.fresnel.fr/spip/spip.php?article1162>

Mots clés :

Microscopie, spectroscopie, optique/photonique

## 2.6 NanoTecMat

La plateforme NanoTECMat met à disposition des équipements en salle blanche ( $\approx 150 \text{ m}^2$ , classe ISO6/7 avec certains postes de travail en ISO5) pour la réalisation d'étapes technologiques standards : procédés thermiques ou chimiques, dépôts couches minces, lithographies optiques/gravures, caractérisations de routine. La plateforme dispose également d'équipements plus spécifiques et de haute technicité (épitaxie, nanostructuration FIB/GIS, caractérisations optiques avancées...) pour l'**élaboration et la caractérisation de nanostructures avancées**.

### 2.6.1 Dépôts couches minces

#### 2.6.1.1 Dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma (PECVD)

PlasmaPro NGP80, Oxford Instruments

- › Caractéristiques : Plasma direct, bi-fréquence 13,56Mhz/50kHz (contrôle contrainte/densité)
- › Température de dépôt : RT-400°C
- › Taille échantillons : jusqu'à 200 mm de diamètre
- › Gaz :  $\text{N}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CF}_4$ ,  $\text{SiH}_4/\text{N}_2$ ,  $\text{NH}_3$

Applications : dépôt de couches, multicouches de  $\text{SiO}_x$ ,  $\text{Si}_x\text{N}_y$ ,  $\text{Si}_x\text{O}_y\text{N}_z$ , d'une épaisseur variant de  $\approx 10 \text{ nm}$  à quelques  $\mu\text{m}$  pour élaborer des couches diélectriques, isolantes, de masquage, passivantes, antireflet...

#### 2.6.1.2 Dépôt physique en phase vapeur (PVD)

UNIVEX300, Oerlikon Leybold Vacuum<sup>5</sup>

- › Caractéristiques : Évaporation par canon à électrons ; canon à 4 creusets
- › Pression de base :  $10^{-6}$  mbar
- › Taille échantillons : jusqu'à 100 mm de diamètre

Applications : dépôt de couches/multicouches, principalement de métaux (p. ex. Ag, Au, Ni, Pt, Cu, etc...) d'une épaisseur variant de  $\approx 1 \text{ nm}$  à  $1 \mu\text{m}$  pour métallisation, contacts.

<b>Responsable du service</b> :	Antoine Ronda	antoine.ronda@im2np.fr	04 13 94 53 93
<b>Responsable technique</b> :	Drisse Hannani	drisse.hannani@im2np.fr	04 13 94 53 94
<b>Site web</b> :	<a href="https://www.im2np.fr/fr/PlateformeNanoTecMat">https://www.im2np.fr/fr/PlateformeNanoTecMat</a>		
<b>Mots clés</b> :	Élaboration, couches minces		

### 2.6.2 Traitements thermiques

#### 2.6.2.1 Four de recuit rapide

JETFIRST 200, Jipelec

- › Caractéristiques : Température jusqu'à 1200°C, rampe de température jusqu'à 300°C/s
- › Taille échantillon : jusqu'à 200mm de diamètre
- › Recuits sous vide (vide limite  $\sim 10^{-6}$  mbar) ou sous atmosphère contrôlée ( $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2/\text{H}_2$ )

Applications : Recuits, recuits rapides, oxydation, recristallisation, recuit post-implantation, diffusion (contacts)...

---

<sup>5</sup> Localisation : service A251

<b>Responsable du service :</b>	Antoine Ronda	antoine.ronda@im2np.fr	04 13 94 53 93
<b>Responsable technique :</b>	Drisse Hannani	drisse.hannani@im2np.fr	04 13 94 53 94
<b>Site web :</b>	<a href="https://www.im2np.fr/fr/PlateformeNanoTecMat">https://www.im2np.fr/fr/PlateformeNanoTecMat</a>		
<b>Mots clés :</b>	Élaboration, traitement thermique		

## 2.6.3 Croissance matériaux

### 2.6.3.1 Cluster tool d'épitaxie par jets moléculaires 2"

MBE 32, Riber

- › Sources : Si, Ge, Sb, B
- › Température substrat : 20-1200°C (1200° en flash)
- › Taille échantillon : jusqu'à 2" de diamètre
- › Analyse par diffraction RHEED in situ/en temps réel
- › Chambres d'introduction, de transfert, de préparation et d'analyses de surface connectées sous UHV au réacteur MBE

Applications : élaboration de couches/multicouches, nanostructures (boîtes, fils, puits, 2D) épitaxiées de Si, Ge et composés, dopage. Procédés combinés nanostructuration/épitaxie.

### 2.6.3.2 Cluster tool d'épitaxie par jets moléculaires 8"

Système : SG800, Sté DCA instruments

- › Caractéristiques : Sources : Si, Ge, Sb, B
- › Température substrat : 20-1000°C
- › Taille échantillon : jusqu'à 8" de diamètre
- › Analyse par diffraction RHEED in situ/en temps réel
- › Chambre d'introduction, chambre de distribution radiale, connectées sous UHV au réacteur MBE

Applications : élaboration de couches/multicouches, nanostructures (boîtes, fils, puits) épitaxiées de Si, Ge et composés, dopage. Procédés combinés nanostructuration/épitaxie.

<b>Responsable du service :</b>	Antoine Ronda	antoine.ronda@im2np.fr	04 13 94 53 93
<b>Responsable technique :</b>	Drisse Hannani	drisse.hannani@im2np.fr	04 13 94 53 94
<b>Site web :</b>	<a href="https://www.im2np.fr/fr/PlateformeNanoTecMat">https://www.im2np.fr/fr/PlateformeNanoTecMat</a>		
<b>Mots clés :</b>	Élaboration, couches minces, épitaxie		

## 2.6.4 Microfabrication – photolithographie

### 2.6.4.1 Lithographie UV par écriture laser directe

DILASE 250, KLOE

- › Caractéristiques : laser  $\lambda = 375$  nm, taille de spot  $\approx 1$  à  $50$   $\mu\text{m}$
- › Résolution :  $\approx 1$   $\mu\text{m}$
- › Précision de ré-alignement :  $\approx 1$   $\mu\text{m}$
- › Vitesse d'écriture max.  $\approx 100$  mm/s
- › Zone d'écriture, taille max :  $100 \times 100$  mm<sup>2</sup>

Applications : Microfabrication (Lithographie sans masque, dessin de motifs ad-hoc, prototypage...)

#### 2.6.4.2 *Aligneur de masque*

UV-KUB 3, KLOE

- › Caractéristiques : UV LED,  $\lambda = 365$  nm, 30 mW/cm<sup>2</sup>
- › Résolution :  $\approx 2$   $\mu$ m
- › Précision de ré-alignement :  $\approx 3$   $\mu$ m
- › Taille de masque 5", taille des substrats jusqu'à 100×100 mm<sup>2</sup>

Applications : Microfabrication, insolation/traitement UV

#### 2.6.4.3 *Hotte chimique équipée*

Hotte chimique : Tournette (POLOS SPIN 150, Sté SPS), eau DI, plaque chauffante

Applications : épandage/révélation résines ; nettoyage échantillons

<b>Responsable du service</b> :	Antoine Ronda	antoine.ronda@im2np.fr	04 13 94 53 93
<b>Responsable technique</b> :	Drisse Hannani	drisse.hannani@im2np.fr	04 13 94 53 94
<b>Site web</b> :	<a href="https://www.im2np.fr/fr/PlateformeNanoTecMat">https://www.im2np.fr/fr/PlateformeNanoTecMat</a>		
<b>Mots clés</b> :	Élaboration, lithographie		

### 2.6.5 Nanostructuration FIB

#### 2.6.5.1 *Station FIB/MEB/GIS*

LYRA LXMH, TESCAN-ORSAY PHYSICS

- › FIB : Colonne filtrée en masse, source d'ions Ga, AuSi, AuGe, autres
- › Tension : 5-30 kV | résolution < 15 nm (30 kV Ga<sup>+</sup>)
- › MEB : filament W, résolution  $\approx 30$  nm à 30 kV, détecteurs SE et BSE
- › GIS : multi GIS, 5 injecteurs de gaz, précurseurs pour W, Pt, SiO<sub>2</sub>, F, plus un libre
- › Pression chambre < 5×10<sup>-6</sup> mbar

Applications : Nanostructuration FIB (nanogravure, nanodéposition, nanoimplantation), imagerie MEB, GIS (dépôts métalliques ou isolants à l'échelle nanométrique).

#### 2.6.5.2 *Station FIB/MEB UHV<sup>6</sup>*

NanoSpace, TESCAN-ORSAY PHYSICS

- › Conditions UHV : Pression de base < 7×10<sup>-10</sup> mbar
- › FIB : Colonne filtrée en masse, source d'ions Ga, AuSi, AuGe, autres
- › Tension : 5-30 kV | résolution imagerie : 5nm (Ga<sup>+</sup>) 10 nm (Ge<sup>++</sup>) | gravure : spot size Ge<sup>++</sup> 50 nm
- › MEB : source Schottky, résolution  $\approx 5$  nm (5 pA, 25 kV)
- › Taille d'échantillon jusqu'à 100 mm de diamètre

Applications : procédés sous UHV, Nanostructuration FIB (nanogravure, nanodeposition, nano-implantation), imagerie MEB.

<b>Responsable du service</b> :	Antoine Ronda	antoine.ronda@im2np.fr	04 13 94 53 93
<b>Responsable technique</b> :	Drisse Hannani	drisse.hannani@im2np.fr	04 13 94 53 94
<b>Site web</b> :	<a href="https://www.im2np.fr/fr/PlateformeNanoTecMat">https://www.im2np.fr/fr/PlateformeNanoTecMat</a>		
<b>Mots clés</b> :	Microfabrication, lithographie, caractérisation, microscopie		

<sup>6</sup> équipement mis à disposition dans la PF par TESCAN-ORSAY PHYSICS

## 2.6.6 Caractérisations

### 2.6.6.1 Microscope à force atomique (AFM)

XE100, Park AFM

- › Caractéristiques : Modes contact, non-contact, tapping, force latérale
- › Zone de balayage jusqu'à 50×50µm<sup>2</sup> en latéral et 12 µm en vertical
- › Visu zone d'analyse par microscopie optique (×1000)
- › Taille maximale échantillon : 100×100×20 mm<sup>3</sup>

Application principale : métrologie, topographie de surface des substrats et nanostructures à différentes étapes des procédés

### 2.6.6.2 Banc de photoluminescence (PL)<sup>7</sup>

- › Sources :  $\lambda = 375, 473, 532$  et  $638$  nm
- › Spectromètre Jobin-Yvon iR320, Cryostat A.R.Systems (7-350 K)
- › Détecteurs : PM ( $\lambda = 200-860$  nm), InGaAs (×2) ( $\lambda = 1100-2200$ nm et  $\lambda = 800-1500$  nm)

Application : spectroscopie de photoluminescence des matériaux et nanostructures: structure électronique, défauts, impuretés,...

### 2.6.6.3 Analyses de surface sous UHV<sup>8</sup>

Multitechniques XPS/UPS/AES/LEED, VSW

- › Analyseur d'électrons hémisphérique class150VM
- › Sources : RX (Mg, Zr, Al (monochromatisée)), UV (He)
- › Sources d'électrons et d'ions (profiling), LEED
- › Système couplé sous UHV à un réacteur MBE, Taille échantillon jusqu'à 2"
- › Applications : propriétés physicochimiques des surfaces, structure électronique

**Responsable du service** : Antoine Ronda                      antoine.ronda@im2np.fr                      04 13 94 53 93  
**Responsable technique** : Drisse Hannani                      drisse.hannani@im2np.fr                      04 13 94 53 94  
**Site web** : <https://www.im2np.fr/fr/PlateformeNanoTecMat>  
**Mots clés** : Microfabrication, lithographie, caractérisation, spectroscopie, analyse de surface

### 2.6.6.4 Autres caractérisations

Ellipsométrie, Microscopie(s) optique(s)<sup>9</sup>

<sup>7</sup> équipement hors salle blanche

<sup>8</sup> système indisponible actuellement, en maintenance

<sup>9</sup> équipements hors salle blanche, modalités d'intégration dans la PF en cours de définition





## 2.7 PLANETE - Plateforme de nano et micro-fabrication

### 2.7.1 Dépôt, lithographie et gravure assistés par faisceau de particules chargées

PLANETE est équipée d'une station de dépôt et gravure par faisceau d'ions focalisé et d'une station de lithographie électronique couplée à un système d'injection de gaz.

#### Système PIONEER (RAITH GMBH)

- ▶ Microscope électronique Zeiss (cathode chaude à émission de champ, 0,1-30 keV, taille de sonde < 2nm, détecteurs SE/BSE in-lens et out-lens)
- ▶ Platine interférométrique 5 × 5 cm (précision <20nm), module tilt 0 à 90°, éditeur GDSII
- ▶ Système d'injection de gaz 6 lignes (Orsay Physics)/Pt, W, SiO<sub>2</sub>, XeF<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, purge

#### Système JEOL-Orsay Physics

- ▶ Microscope électronique JEOL 5910 (source filament de W, 0.5-30 keV, taille de sonde 20 nm, détecteur SE out-lens)
- ▶ Module tilt 0 à 90°, éditeur GDSII
- ▶ Colonne FIB faisceau d'ions Ga<sup>+</sup> focalisé (Canion31+ Orsay Physics)
- ▶ Système d'injection de gaz 5 lignes (Orsay Physics)/Pt, W, SiO<sub>2</sub>, C
- ▶ Système de mesures électriques in situ

<b>Responsable :</b>	Igor Ozerov	igor.ozerov@cnrs.fr	06 60 30 28 63
<b>Contact :</b>	Frédéric Bedu	frederic.bedu@cnrs.fr	06 62 92 28 70
<b>Site web :</b>	<a href="https://www.cinam.univ-mrs.fr/cinam/nanofabrication/">https://www.cinam.univ-mrs.fr/cinam/nanofabrication/</a>		
<b>Mots clés :</b>	Microfabrication, lithographie, caractérisation, microscopie		



### 2.7.2 Lithographies optique et assistée par faisceau d'électrons

Trois équipements sont disponibles sur la plateforme. Deux systèmes optiques (aligneur de masque et laser) et un système électronique. Différentes résines peuvent être appliquées (spin-coating) et réticulée (hot plate) au sein de PLANETE.

#### Lithographie sans masque matricielle $\mu$ MLA Heidelberg Instruments (lithographie optique)

- › Lithographie UV
- › Mode d'exposition vectorielle
- › Lumière Diode Laser UV ( $\lambda = 375 \text{ nm}$ )
- › Résolution minimale de  $1 \mu\text{m}$
- › Surface d'écriture maximum :  $100 \times 100 \text{ mm}^2$
- › Camera grand champ (de  $8 \times 10 \text{ mm}^2$ ) pour la localiser de structures particulières et des motifs d'alignement

*Cet équipement a été co-financé par l'Institut AMUtech pour la formation*

#### Système Pioneer RAITH (lithographie électronique)

- › Source FEG (cathode chaude à émission de champ)
- › Colonne électronique (100eV à 30 keV)
- › Taille de sonde  $< 2 \text{ nm}$
- › Résolution  $< 20 \text{ nm}$
- › Platine interférométrique  $5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$  (précision  $< 20 \text{ nm}$ )
- › Ré-alignement  $< 20 \text{ nm}$

#### Aligneur de masques MJB4 Süss Microtec (lithographie optique)

- › Lithographie UV (lumière filtrée  $\lambda = 365 \text{ nm}$ )
- › Résolution  $0,8 \mu\text{m}$
- › Taille de wafers jusqu'à  $100 \text{ mm}$
- › Ré-alignement  $< 1 \mu\text{m}$

<b>Responsable :</b>	Igor Ozerov	igor.ozarov@cnrs.fr	06 60 30 28 63
<b>Contact :</b>	Frédéric Bedu	frederic.bedu@cnrs.fr	06 62 92 28 70
<b>Site web :</b>	<a href="https://www.cinam.univ-mrs.fr/cinam/nanofabrication/">https://www.cinam.univ-mrs.fr/cinam/nanofabrication/</a>		
<b>Mots clés :</b>	Microfabrication, lithographie		

### 2.7.3 Dépôt (fabrication additive par ajout de matière)

Deux techniques de dépôt sont disponibles sur la plateforme.

- › Évaporation Edwards AUTO 306 (Ag, Al, Au, Cr, Cu et Ni)
- › Pulvérisation magnétron Alcatel SMC 600 (Ti, Al, W,  $\text{SiO}_2$ )

<b>Responsable :</b>	Igor Ozerov	igor.ozarov@cnrs.fr	06 60 30 28 63
<b>Contact :</b>	Frédéric Bedu	frederic.bedu@cnrs.fr	06 62 92 28 70
<b>Site web :</b>	<a href="https://www.cinam.univ-mrs.fr/cinam/nanofabrication/">https://www.cinam.univ-mrs.fr/cinam/nanofabrication/</a>		
<b>Mots clés :</b>	Élaboration, couches minces		

### 2.7.4 Gravure (fabrication soustractive)

Différentes techniques de gravure sont disponibles sur la plateforme : gravure humide et sèches

- › Gravure par attaque chimique (isotrope et anisotrope)
- › Gravure par plasma réactif (RIE) : Plassys MG200, plasma  $300 \text{ W} @ 13,56 \text{ MHz}$ , 4 lignes de gaz ( $\text{CHF}_3$ ,  $\text{SF}_6$ ,  $\text{O}_2$ ).
- › Gravure de métaux par plasma couplé inductivement (ICP) : Plassys MU400, plasma  $1000 \text{ W} @ 13,56 \text{ MHz}$ , 3 lignes de gaz (Ar,  $\text{CHF}_3$ ,  $\text{O}_2$ )
- › Usinage ionique (Gravure par faisceau d'argon)

<b>Responsable :</b>	Igor Ozerov	igor.ozеров@cnrs.fr	06 60 30 28 63
<b>Contact :</b>	Frédéric Bedu	frederic.bedu@cnrs.fr	06 62 92 28 70
<b>Site web :</b>	<a href="https://www.cinam.univ-mrs.fr/cinam/nanofabrication/">https://www.cinam.univ-mrs.fr/cinam/nanofabrication/</a>		
<b>Mots clés :</b>	Élaboration, gravure		

## 2.7.5 Métrologie

- › Microscope optique, Nikon Eclipse LV150 équipé d'une caméra 12 Mpx et de 5 objectifs  $\times 5$ ,  $\times 10$ ,  $\times 20$ ,  $\times 50$  et  $\times 100$
- › Profilomètre à contact, Bruker Dektak XT équipé d'une pointe de rayon de courbure  $2\ \mu\text{m}$ , avec une option « low force » pour des matériaux fragiles (polymères souples etc)
- › Ellipsomètre laser, SENTECH SE 400adv équipé d'un laser He-Ne ( $\lambda = 632.8\ \text{nm}$ ) et d'une cellule pour travailler en immersion en milieux liquides.

<b>Responsable :</b>	Igor Ozerov	igor.ozеров @cnrs.fr	06 60 30 28 63
<b>Contact :</b>	Frédéric Bedu	frederic.bedu@cnrs.fr	06 62 92 28 70
<b>Site web :</b>	<a href="https://www.cinam.univ-mrs.fr/cinam/team/planete/">https://www.cinam.univ-mrs.fr/cinam/team/planete/</a>		
<b>Mots clés :</b>	Caractérisation, microscopie, spectroscopie		

## 2.8 Plateforme RPE

Le service commun de **Résonance Paramagnétique Électronique (RPE)** est équipé de 5 appareils de RPE :

- › Bruker ELEXSYS E500
- › Bruker EMX
- › Bruker ESP300
- › Varian E109
- › Magnetech bande L

Ils sont dotés pour la plupart de systèmes de température variable (100 K à 400 K) et d'un système de photolyse large spectre. Ces instruments permettent de réaliser des expériences en milieu organique, aqueux et in vivo grâce au spectromètre bande L.

Les appareils sont prioritairement dédiés aux activités de recherche de l'Unité, toutefois ces équipements sont ouverts aussi pour des prestations de service des secteurs académique ou privé.

Le service est membre du Réseau National de RPE Interdisciplinaire. L'ICR est également une composante du pôle pluridisciplinaire de spectrométrie RPE d'Aix-Marseille (coordinateur B. Guigliarelli) reconnu par le MESRI comme l'un des quatre principaux sites nationaux dans le domaine de la spectrométrie RPE et de ses applications. L'Unité est également membre de la fédération RENARD pour Réseau National de RPE Interdisciplinaire<sup>10</sup>. Ce Réseau fonctionnant sur le type des Très Grand Équipement du CNRS (TGE) a pour vocation de centraliser et faciliter l'accessibilité aux plateformes nationales de RPE à une communauté scientifique élargie.

**Responsable Scientifique:** Pr. Olivier Ouari      olivier.ouari@univ-amu.fr      04 13 94 58 17  
**Responsable Technique:** M. Patrick Bernasconi      patrick.bernasconi@univ-amu.fr      04 13 94 58 02  
**Site web :**      <https://icr.univ-amu.fr/fr/plateforme/rpe/>  
**Mots clés :**      caractérisation, spectroscopie, Analyse chimique, RPE

---

<sup>10</sup> <http://renard.univ-lille1.fr>

## 2.9 PRATIM

PRATIM est une entité de la Fédération Sciences Chimiques Marseille (FSCM, FR1739). La Plateforme de recherche analytique technologie & imagerie (PRATIM) a pour mission principale de mettre à la disposition des utilisateurs les équipements nécessaires pour les travaux de **microscopie électronique, de microscopie optique, et de diffusion des rayons X** aux petits angles.

### 2.9.1 Analyse de nanostructures

Le SAXSess mc<sup>2</sup> (Anton Paar) est un système de mesure pour l'analyse de nanostructures, par diffusion des rayons X aux petits (SAXS) et grands angles (WAXS).

- › Mode linéaire : SAXS, WAXS (40°), platine chauffante (TCS 300), caméra CCD, pour l'étude de solides ou liquides (en capillaire de quartz ou microcellule)
- › Mode ponctuel : GI-SAXS, Variostage

<b>Responsable :</b>	Alain Tonetto	alain.tonetto@univ-amu.fr	04 13 55 06 93
<b>Site web :</b>	<a href="http://fr-chimie.univ-amu.fr/pratim/analyse-de-nano-structures/">http://fr-chimie.univ-amu.fr/pratim/analyse-de-nano-structures/</a>		
<b>Mots clés :</b>	Caractérisation, diffraction		

### 2.9.2 Microscopie Confocale

PRATIM dispose d'un microscope inversé (Axio-observer Z1), confocal, à balayage laser mono-ou bi-photonique. Ses principales caractéristiques sont :

- › Platine x,y,z motorisée.
- › Objectifs de ×10, ×20, ×40, ×63, ×100.
- › Lasers visibles : Ar ( $\lambda = 458,488$  et  $514$  nm), DPSS ( $\lambda = 561$  nm), He-Ne ( $\lambda = 594, 633$  nm).
- › Laser IR : Chaméléon Vision II avec système de pré-compensation.
- › Détecteurs Quasar et NDD.
- › Logiciel ZEN 2010
- › Module additionnel Zen Connect du logiciel Zen Blue LSM710

<b>Responsable :</b>	Alain Tonetto	alain.tonetto@univ-amu.fr	04 13 55 06 93
<b>Site web :</b>	<a href="http://fr-chimie.univ-amu.fr/pratim/analyse-de-nano-structures/">http://fr-chimie.univ-amu.fr/pratim/analyse-de-nano-structures/</a>		
<b>Mots clés :</b>	Caractérisation, Microscopie, Spectroscopie		

### 2.9.3 Microscopie électronique

PRATIM est équipée d'un microscope électronique à balayage permettant la microscopie corrélative : ZEISS EVO 15 EV-VP/LSM710

- › MEB EVO 15 à Source LaB<sub>6</sub> (0-30kV)
- › Modes de vide : Haut Vide, Vide partiel (VP 10 à 133Pa), Pression étendue (EP 10 à 3000 Pa)
- › Kit Eau pour environnement humide | Platine refroidissement Peltier (-30°C à +50°C)
- › Détecteurs : SE C2DX (VP, EP) | BSE HD-BSD (HV, VP, EP) | SE (HV) | Cathodoluminescence Delmic JOLT (panchromatique ou RGB, capteur MPPC,  $\lambda = 320-900$  nm).

<b>Responsable :</b>	Alain Tonetto	alain.tonetto@univ-amu.fr	04 13 55 06 93
<b>Site web :</b>	<a href="http://fr-chimie.univ-amu.fr/pratim/analyse-de-nano-structures/">http://fr-chimie.univ-amu.fr/pratim/analyse-de-nano-structures/</a>		
<b>Mots clés :</b>	Caractérisation, microscopie, spectroscopie, cathodoluminescence		

## 2.10 SAT - Plateforme Sonde Atomique Tomographique

Cette plateforme dispose des moyens de préparation et de **caractérisation**, à l'échelle **atomique et en trois dimensions**, des matériaux inorganiques (métaux, semi-conducteurs et isolants). Elle est ouverte à toutes collaborations et prestations, académiques et industrielles, nationales et internationales, dans les domaines des nanosciences, de la microélectronique et de la métallurgie.

La plateforme sonde atomique tomographique (SAT) est dotée de deux équipements de pointe :

- un instrument de préparation d'échantillons par nano-usinage à double faisceau d'ions focalisés (**FIB, HELIOS 600 Nanolab/FEI**)<sup>11</sup>
- un instrument d'analyse de ces échantillons par sonde atomique tomographique assistée par laser (**LEAP 3000XHR/Cameca**).

La SAT est le seul microscope analytique permettant d'obtenir une image tridimensionnelle de la distribution des atomes avec une résolution spatiale de quelques angströms. Plusieurs méthodes originales de préparation des échantillons par FIB ont été développées dans l'objectif d'analyser différentes structures, différents types de matériaux afin d'élargir les compétences de la plateforme. Ainsi cette expertise a vu le jour à travers de nombreuses collaborations avec des industriels et académiques. La plateforme SAT fait également partie du réseau national des plateformes en microscopie électronique et sonde atomique et accueille dans ce cadre de nombreux chercheurs français et étrangers pour la réalisation de leurs expériences.

**Responsable scientifique :** Dr. Khalid Hoummada    khalid.hoummada@univ-amu.fr    04 91 28 88 77  
**Responsable technique :** Dr. Marion Descoins    marion.descoins@im2np.fr    04 91 28 89 54  
**Site web :**    [https://www.im2np.fr/fr/plateforme\\_SAT](https://www.im2np.fr/fr/plateforme_SAT)  
**Mots clés :**    caractérisation, microscopie, analyse chimique

---

<sup>11</sup> Cet appareil est partagé avec le CP2M, il est décrit en page 14 , section 2.3.1

## 2.11 Spectropole

Le Spectropole est une entité de la Fédération Sciences Chimiques Marseille (FSCM, FR1739). Il propose de résoudre différents problèmes d'analyses de composés chimiques au moyen de techniques spectroscopiques complémentaires : RMN (liquide et solide), Spectrométrie de masse (basse et haute résolution), Diffraction des rayons X sur monocristal, Dichroïsme Circulaire (VCD et ECD), Spectroscopies optiques (FTIR, UV-vis), analyses élémentaires et chromatographies liquides.

<b>Responsable :</b>	Valérie Monnier	valerie.monnier@univ-amu.fr	04 13 94 57 39
<b>Site web :</b>	<a href="https://fr-chimie.univ-amu.fr/spectropole/">https://fr-chimie.univ-amu.fr/spectropole/</a>		
<b>Mots clés :</b>	Caractérisation, Spectroscopie, diffraction, analyse chimique		

### 2.11.1 Analyse élémentaire

Le service d'analyse élémentaire propose 2 techniques, **CHNSO** et **Absorption Atomique** en fonction des éléments à quantifier.

#### 2.11.1.1 CHNSO

Les analyses sont réalisées sur un analyseur élémentaire **Thermo Finnigan EA 1112**, équipé d'un passeur automatique de 32 échantillons. Le système est géré par le logiciel Eager Xperience. Les éléments dosés sont **C, H, N, S** et **O**. Les résultats sont fournis avec une précision absolue de 0.3 et sont validés pour deux essais au minimum.

#### 2.11.1.2 Absorption Atomique

La technique permet de mesurer l'absorption de photons par les atomes lors de leur excitation, s'applique au dosage des éléments minéraux, métaux et métaux lourds, dans divers substrats après mise en solution. Le champ d'application est large : analyse de produit de synthèse, de végétaux, d'échantillons agro-alimentaire, cosmétiques, etc. On dose un élément à la fois, ce qui implique parfois une quantité nécessaire d'échantillon importante. Le Spectropole est équipé de deux spectromètres :

**AA240FS « Flamme »**: appareil séquentiel rapide pour le dosage d'éléments de l'ordre du mg/litre (ppm), souvent moins. L'appareil travaille également en émission de flamme. Dosages en routine de Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Zn, Al, Li, etc.

**SpectrAA 600 électrothermique « Four »** à correction de bruit de fond Zeeman. Déterminations d'éléments traces de l'ordre du µg/litre (ppb), parfois moins. Dosages de Ar, Cd, Cr, Pb, etc. et des autres éléments lorsque leurs concentrations sont très faibles.

<b>Responsable :</b>	Grégory Excoffier	gregory.excoffier@univ-amu.fr	04 13 94 57 56
<b>Site web :</b>	<a href="http://fr-chimie.univ-amu.fr/spectropole/analyse-elementaire/">http://fr-chimie.univ-amu.fr/spectropole/analyse-elementaire/</a>		
<b>Mots clés :</b>	Caractérisation, Spectroscopie, analyse chimique		

### 2.11.2 Chromatographies Liquides

La Chromatographie Liquide est une technique séparative d'analyse quantitative et qualitative. Ses domaines d'applications sont variés : chimie organique, biochimie, agro-alimentaire, cosmétique, pharmaceutique... Ce n'est pas une technique exploratoire. La séparation s'opère suivant les interactions chimiques ou physiques des analytes avec les phases mobile et stationnaire. Le service a la particularité de pouvoir analyser aussi bien des molécules ioniques ou non.

Équipement : **Thermo Scientific Dionex ICS-5000+DC** (Thermo Scientific).

**Responsable :** Odile Debenedetti odile.debenedetti@univ-amu.fr 04 13 94 57 35  
**Site web :** <https://fr-chimie.univ-amu.fr/spectropole/chromatographie-liquide/>  
**Mots clés :** Caractérisation, analyse chimique, chromatographie

### 2.11.3 DRX sur monocristal

La Diffraction des Rayons X (DRX) sur monocristal afin de déterminer la structure moléculaire et cristalline petites molécules inorganiques (quelques atomes) aux complexes macromoléculaires organiques/organo-métalliques comportant plusieurs centaines d'atomes. Le service prend en charge à la demande l'intégralité des étapes nécessaires à la détermination des structures.

Instrument :

Diffractomètre SuperNova (Dual source), Rigaku Oxford Diffraction, goniomètre 4 cercles, double source micro-focus Cu et Mo, détecteur CCD 135mm Atlas S2

**Responsable :** Michel Giorgi michel.giorgi@univ-amu.fr 04 13 94 57 36  
**Site web :** <http://fr-chimie.univ-amu.fr/spectropole/diffraction-des-rayons-x-sur-monocristal/>  
**Mots clés :** Caractérisation, diffraction

### 2.11.4 Résonance magnétique nucléaire (RMN)

La RMN est une technique d'analyse chimique et structurale non destructive très utilisée en physique (études de matériaux), chimie ou biochimie (structure de molécules) et pour l'imagerie médicale (IRM). Les noyaux les plus souvent étudiés sont le  $^1\text{H}$ , le  $^{13}\text{C}$ , le  $^{31}\text{P}$  et le  $^{19}\text{F}$ . Le Spectropole dispose de 5 spectromètres de RMN pour les échantillons en solution :

Quatre sont situés sur le **campus de Saint-Jérôme** au sein du Spectropole avec :

- ▶ Deux spectromètres RMN en libre-service en mode automatique avec passeur d'échantillons à 300 et 400 MHz pour l'analyse de tous les noyaux magnétiquement actifs en routine en 1D et 2D.
- ▶ Deux spectromètres RMN réservés aux ingénieurs du Spectropole en mode manuel/automatique avec passeur d'échantillons à 500 et 600 MHz pour la réalisation d'expériences à température variable, le suivi de réactions/cinétiques, expériences longues/complexes.

Un spectromètre RMN situé sur le **campus du CNRS Joseph Aiguier**, réservé aux ingénieurs du Spectropole en mode manuel à 600 MHz muni d'une Cryosonde pour l'analyse des très faibles quantités de matière (solutions à des concentrations micromolaires) optimisée pour le proton et le carbone.

**Responsable :** Roselyne Rosas r.rosas@univ-amu.fr 04 13 94 57 44  
**Responsable :** Gaetan Herbette gaetan.herbette@univ-amu.fr 04 13 94 57 41  
**Site web :** <http://fr-chimie.univ-amu.fr/spectropole/rmn-du-liquide/>  
**Mots clés :** Caractérisation, spectroscopie, analyse chimique, RMN

### 2.11.5 Résonance Magnétique Nucléaire Solide

Le RMN du solide est probablement un des domaines de la spectroscopie RMN qui a vécu le plus large développement ces dernières années. Le centre dispose d'un spectromètre Bruker Avance III WB 400 (aimant de 9,4 T) équipé pour réaliser la plupart des expériences haute résolution dans les solides, grâce à l'exploitation des différentes techniques. Il est aussi équipé avec un passeur d'échantillons pour les analyses de routine en automatique.

**Responsable technique :** Fabio Ziarelli fabio.ziarelli@univ-amu.fr 04 13 94 57 43  
**Responsable scientifique :** Stéphane Viel stephane.viel@univ-amu.fr 04 13 94 57 42



**Site web :** <http://fr-chimie.univ-amu.fr/spectropole/rmn-du-solide/>  
**Mots clés :** Caractérisation, spectroscopie, analyse chimique, RMN

### 2.11.6 RMN polarisation dynamique nucléaire (PDN)

La technique de PDN permet, grâce au principe du transfert de la polarisation du spin électronique au noyau, de palier la faible sensibilité de la technique RMN. Les échantillons sont préparés en ajoutant un agent polarisant. Les expériences sont réalisées à basse  $T$  ( $\approx 100$  K) dans une sonde MAS (magic-angle spinning) sous un rayonnement micro-onde continu qui permet d'augmenter in situ la polarisation de l'échantillon (et donc la sensibilité de l'expérience RMN).

La RMN PDN utilise un **spectromètre RMN** solide classique (console Bruker AVANCE III-HD, aimant Bruker DNP-WB ASCEND 400MHz), une sonde MAS basse température (LT-MAS), une unité de contrôle pour températures cryogéniques, et une source micro-onde (gyrotron).

**Responsable scientifique :** Fabio Ziarelli                      fabio.ziarelli@univ-amu.fr                      04 13 94 57 42  
**Responsable technique :** Gaetan Herbette                      gaetan.herbette@univ-amu.fr                      04 13 94 57 43  
**Site web :** <https://fr-chimie.univ-amu.fr/rmn-pdn-dnp-nmr/>  
**Mots clés :** Caractérisation, spectroscopie, analyse chimique, RMN

### 2.11.7 Spectrométrie de masse

Le service de Spectrométrie de Masse fournit une gamme complète de prestations analytiques:

#### 2.11.7.1 Analyses basse résolution

- › Confirmation/détermination de la masse moléculaire de composés organiques non volatiles (MS)
- › Caractérisation structurale de composés organiques non volatiles (MS/MS)
- › Caractérisation de polymères synthétiques (masse de l'unité répétitive, somme des masses des groupements terminaux, paramètres de distribution  $M_n, M_w, \bar{D}$ )

Instruments :

- › Spectromètre de masse 3200 Q-TRAP (AB Sciex) pour les composés organiques
- › Spectromètre masse Autoflex I (Bruker) équipé d'une source MALDI pour les polymères synthétiques

**Responsable scientifique :** Laurence Charles                      laurence.charles@univ-amu.fr                      04 13 94 57 94  
**Responsable technique :** Valérie Monnier                      valerie.monnier@univ-amu.fr                      04 13 94 57 39  
**Site web :** <https://fr-chimie.univ-amu.fr/rmn-pdn-dnp-nmr/>  
**Mots clés :** Caractérisation, spectroscopie, analyse chimique

#### 2.11.7.2 Analyses haute résolution (mesures de masse exacte)

- › Confirmation/détermination de la composition élémentaire de composés organiques non volatiles (MS)
- › Caractérisation structurale de composés organiques non volatiles (MS/MS)
- › Confirmation/détermination de la composition élémentaire de la somme des masses des groupements terminaux de polymères synthétiques

Équipements : Q-STAR Elite(AB Sciex) et SYNAPT G2 HDMS (Waters) + source MALDI

**Responsable scientifique :** Laurence Charles                      laurence.charles@univ-amu.fr                      04 13 94 57 94  
**Responsable technique :** Valérie Monnier                      valerie.monnier@univ-amu.fr                      04 13 94 57 39  
**Site web :** <https://fr-chimie.univ-amu.fr/rmn-pdn-dnp-nmr/>  
**Mots clés :** Caractérisation, spectroscopie, analyse chimique

## 2.11.8 Spectroscopies Chiroptiques

Caractérisation des molécules chirales et plus particulièrement, la détermination de la configuration absolue par spectroscopies chiroptiques. Nous réalisons des analyses par dichroïsme circulaire vibrationnel (VCD), dichroïsme circulaire électronique (ECD) et dispersion du pouvoir rotatoire (ORD).

Nous proposons aussi des analyses spectrales qualitatives classiques (caractérisation de structures) dans les domaines du proche UV ( $\lambda = 190-390$  nm), du visible ( $\lambda = 390-750$  nm), de l'IR proche ( $\nu = 4000-13400$   $\text{cm}^{-1}$ ), moyen ( $\nu = 400-4000$   $\text{cm}^{-1}$ ) et lointain ( $\nu = 30-400$   $\text{cm}^{-1}$ ).

### Équipement pour les spectroscopies IR & VCD

- Bruker PMA50 (Module VCD associé à un spectromètre VETEX70)
- Spectromètre FTIR Bruker VERTEX 70
- Bruker TENSOR 27.

### Équipement pour les spectroscopies UV-vis, ECD, ORD & MCD

- Spectromètre Jasco J815 dédié à la mesure des spectres ECD et ORD ( $\lambda = 180-1000$  nm)
- Spectromètre Jasco V670 double faisceaux utilisés pour des analyses de routines ( $\lambda = 190-2700$  nm). Système Peltier Jasco ETCS-761 (0 à 100°C), sphère d'intégration horizontale 60 mm. (Jasco) pour l'analyse des poudres, des gels ou de liquides

### Détermination de configuration absolue par spectroscopies CD

**Responsable technique :** Jean-Valère Naubron    jean-valere.naubron@univ-amu.fr    04 13 94 57 33

**Site web :** <http://fr-chimie.univ-amu.fr/spectropole/dichroïsme-circulaire/>

**Mots clés :** Caractérisation, Spectroscopie, analyse chimique





# 3 PLATEFORMES TECHNOLOGIQUES DE LABORATOIRE

Par définition, ces équipements dépendent des laboratoires. Le parc instrumental est donc répertorié selon les 9 unités de recherche membres de l'Institut AMUtech :

- › Centre Interdisciplinaire de Nanoscience de Marseille (CINaM)
- › Centre de Physique Théorique (CPT)
- › Institut de Chimie Radicalaire (ICR)
- › Institut Fresnel (IF)
- › Institut des Matériaux, de Microélectronique et des Nanosciences de Provence (IM2NP)
- › Institut des Sciences Moléculaires de Marseille (ISM2)
- › Laboratoire Lasers, Plasmas et Procédés Photoniques (LP3)
- › Laboratoire Matériaux Divisés, Interfaces, Réactivité, Electrochimie (MADIREL)
- › Laboratoire Physique des Interactions Ioniques et Moléculaires (PIIM)

## 3.1 CINaM

### 3.1.1 Centre de Calcul Scientifique

Le département Théorie et Simulation Numérique administre un **centre de calcul** hébergé dans une salle mutualisée de l'AMU. Ces moyens de calculs sont accessibles à toute personne du CINAM et ouverts aux collaborateurs extérieurs du département.

Près de 1900 cœurs de calcul répartis sur 100 machines sont disponibles pour exécuter des codes scientifiques en mode séquentiel ou parallèle.

Les codes sont développés en interne ou font appel à des codes de référence dans nos domaines de prédilection.

**Responsable Scientifique:** Dr. Andres Saül      andres.saul@cnrs.fr      06 62 92 28 88  
**Site web :**      <http://www.cinam.univ-mrs.fr/cinam/team/theorie-et-simulation-numerique/>  
**Mots clés :**      Simulation, calcul numérique

### 3.1.2 Plateforme de Diffraction des Rayons X

Le service de **Diffraction des rayons X** (DRX) assure la prestation des services et la formation des utilisateurs dans le domaine de la DRX et la réflectivité des rayons X (XRR), ainsi que la diffusion des rayons X aux petits angles (SAXS). Le service s'efforce d'offrir une réponse aux demandes variées des utilisateurs : diffraction sur poudres (en transmission ou réflexion), diffraction sur poudres à haute température ( $T < 900^{\circ}\text{C}$ ), diffraction sur monocristaux, mesures XRR et SAXS sur des échantillons divers.

Le service est équipé de 4 instruments :

- Dispositif de diffraction monté sur anode tournante Cu, Rigaku RU 200BH détecteur 2D (Mar 345)
- Diffractomètre type  $\theta$ - $\theta$ , Panalytical X'Pert Pro MPD
- Diffractomètre de poudre INEL 120
- Dispositif compact SAXS, Hecus M Brawn

La plateforme est ouverte aux membres du CINaM mais aussi aux utilisateurs d'autres laboratoires. Le service offre également des prestations payantes, les bénéficiaires étant des institutions publiques ou privées. Le service est également utilisé pour les TP sur la diffraction des rayons X pour les étudiants de Polytech' Marseille.

**Responsable Technique:** Dr. Vasile Heresanu      heresanu@cinam.univ-mrs.fr      06 62 92 28 58  
**Site web :** <http://www.cinam.univ-mrs.fr/cinam/team/service-rayons-x/>  
**Mots clés :** Caractérisation, diffraction, analyse chimique

### 3.1.3 Plateforme de microscopie champ proche

Le service **microscopie à champ proche** a pour missions l'imagerie et la caractérisation des matériaux et des nanostructures à l'échelle nanométrique. La microscopie à champ proche répond au besoin croissant des différents axes de recherche du CINaM d'ajouter un outil d'observation en 3 dimensions. Il est un service important du CINaM pour toutes les recherches relatives à la physique des surfaces, les mécanismes de croissance et les nanosciences. En plus, elle apporte la possibilité de caractériser à l'échelle nanométrique les comportements physiques (électrique, mécanique, magnétique...) et chimiques des nouveaux matériaux ou composants.

Le service est référencé auprès du réseau CNRS REMISOL (REseau Microscopies à SONDes Locales). Il est ouvert aux chercheurs, thésards et stagiaires du laboratoire ainsi qu'aux chercheurs académiques et industriels extérieurs. Le service est équipé de 4 instruments:

- Microscope à Effet Tunnel (STM) :
  - LT STM-Qplus (Low Temperature) d'Omicron
  - VT STM (Variable Temperature) d'Omicron
- 2 Microscopes à Force Atomique (AFM) :
  - NanoScope III de Digital Instruments
  - XE-100 de PSIA

Les deux ensembles AFM sont complémentaires en termes de tailles d'échantillons et résolutions.

**Responsable Technique:** M. Alain Ranguis      alain.ranguis@cnrs.fr      06 60 30 28 60  
**Site web :** <http://www.cinam.univ-mrs.fr/cinam/team/service-microscopie-a-champ-proche/>  
**Mots clés :** Caractérisation, microscopie, analyse de surface, champ proche

### 3.1.4 Plateforme de microscopie électronique

Le service de **microscopie électronique** du CINaM permet la caractérisation des matériaux par microscopie électronique à balayage (MEB) et à transmission (MET). Il est équipé de 3 microscopes électroniques :

- **MEB ultra-haute résolution Jeol JSM-7900F** spécialisé dans l'étude à basse tension et couplé à deux systèmes de microanalyse chimique par spectrométrie des rayons X (EDX) Bruker FlatQuad et XFlash.
- **MET haute résolution Jeol JEM-2010** couplé à système EDX (Bruker). Ce microscope est également équipé d'un porte-objet environnemental POSEIDON (Protochips) avec possibilité de circulation et chauffage de solutions.
- **MET haute résolution Jeol JEM-2100F** couplé à système EDX (Jeol). Capable de fonctionner en mode balayage (STEM).
- Une salle est équipée d'appareillages dédiés à la **préparation des échantillons** : Scie à fil de précision, polisseuses, amincisseur ionique (PIPS), métalliseur, évaporateur de carbone, ultramicrotome, etc...

Le service est ouvert aux membres du laboratoire, aux utilisateurs d'autres laboratoires, universités, industriels de la région, mais aussi d'autres régions françaises ainsi que de l'étranger (environ une centaine de personnes utilisent chaque année le service de Microscopie Électronique). Il a été déclaré « Facilité nationale de microscopie électronique en transmission haute résolution » de l'INSU/CNRS. Le service est également utilisé pour les TP de microscopie pour les étudiants de Polytech' Marseille.

<b>Responsable Technique:</b>	M. Damien Chaudanson	chausanson@cinam.univ-mrs.fr	06 62 92 28 40
<b>Assistant Ingénieur:</b>	M. Alexandre Altié	altie@cinam.univ-mrs.fr	06 62 92 28 83
<b>Site web :</b>	<a href="http://www.cinam.univ-mrs.fr/cinam/team/service-microscopie-electronique/">http://www.cinam.univ-mrs.fr/cinam/team/service-microscopie-electronique/</a>		
<b>Mots clés :</b>	Caractérisation, microscopie, analyse chimique		

## 3.2 ICR

### 3.2.1 Analyse Polymère

De nos jours, malgré les progrès effectués ces dernières années sur les techniques de polymérisation, les polymères obtenus en fin de réaction peuvent présenter des dispersités en masses molaires, en fonctionnalités, en architecture, en composition chimique (...) ayant directement un impact sur les propriétés physico-chimiques des matériaux finaux. Il s'avère alors nécessaire de caractériser précisément ces mélanges complexes de polymères afin d'établir les relations structure-propriétés des matériaux ou encore dans le but d'améliorer les conditions de synthèse.

Pour cela, la plateforme analytique de l'ICR met en œuvre différentes techniques analytiques telles que :

- La Résonance Magnétique Nucléaire (RMN)
- La Spectrométrie de Masse (SM)
- La Spectrophotométrie UV-Visible
- L'Analyse Calorimétrique Différentielle (DSC)
- La Rhéologie
- La Mesure des Angles de Contact et de l'Energie de Surface
- La Diffusion Dynamique de la Lumière (DLS)

- › Analyse Thermogravimétrique couplée à la Chromatographie en Phase Gazeuse et à la Spectrométrie de Masse (TGA-GC-MS)
- › Chromatographie en Phase Gazeuse couplée à la Spectrométrie de Masse (GC-MS)
- › La Chromatographie Liquide Haute Performance (Chromatographie d'Exclusion Stérique- SEC ; Chromatographie Liquide aux Conditions Critiques – LC CC ; Chromatographie Liquide d'Adsorption-LAC ; Chromatographie Liquide aux Conditions Limites – LC LC...)

La plateforme analytique de l'ICR peut ainsi répondre à toutes sortes de problématiques concernant la caractérisation de matériaux polymères, que ce soit par application de techniques dites classiques ou par le développement de méthodes analytiques originales et avancées.

**Responsable scientifique :** Pr. Laurence Charles      laurence.charles@univ-amu.fr      04 13 94 57 94  
**Responsable technique :** Marion Rollet      marion.rollet@univ-amu.fr      04 13 94 57 86  
**Site web :** <https://icr.univ-amu.fr/fr/plateforme/analyse-polymere/>  
**Mots clés :** caractérisation, spectroscopie, analyse chimique, analyse thermique

## 3.3 Institut Fresnel

### 3.3.1 Plateau Technique Micro-Ondes

La **chambre anéchoïque** est un outil de recherche important pour l'Institut Fresnel et a déjà permis un grand nombre de publications et de collaborations. Elle peut être louée avec un pilotage assuré par un membre de l'Institut Fresnel. Elle peut aussi faire l'objet de partenariats. Cet équipement fait également partie du Réseau français Utilisateurs de Chambres anéchoïques Hyperfréquence et c'est aussi une plateforme de l'Institut Carnot STAR.

Caractéristiques techniques de la Grande Chambre Anéchoïque (GCA) :

- › Chambre Anéchoïque Faradisée SIEPEL, dimensions utiles :  $5,3 \times 5,3 \times 12,9 \text{ m}^3$
- › Montage à mélangeurs déportés Rohde & Schwarz, Nearfield System Inc. (NSI)
- › Gamme de fréquences : 0,7 à 26 GHz (40 GHz)
- › Positionneur quasi-monostatique à 10 m
- › Double positionneur quasi-monostatique et bistatique sphérique à 2 m

Expertise scientifique :

- › Mesures de diffraction/SER
- › Analogie Microonde
- › Imagerie 3D par diffraction inverse
- › Fabrication additive d'analogues de géométrie et permittivité contrôlées

Domaines d'application :

- › Astrophysique : caractérisation des propriétés de diffusion d'analogues de particules circumstellaires, caractérisation de la structure interne d'astéroïdes et de comètes
- › Optique : preuves de concept de la fonctionnalité de composant semiconducteurs
- › Radar : Caractérisation de la Section Efficace Radar (SER) d'objets divers en milieu contrôlé

**Responsable :** Dr. Jean-Michel Geffrin      jean-michel.geffrin@fresnel.fr      07 82 28 7593  
**Site web :** <https://www.fresnel.fr/spip/spip.php?article1163>  
**Mots clés :** Caractérisation, diffraction, analyse électromagnétique

### 3.3.2 Plateau Technique Optique pour le Biomédical

La plateforme est implantée au CERIMED (Centre Européen de Recherche en Imagerie Médicale), sur le site de la Timone et permet de répondre aux besoins en termes de **qualification de tissus biologiques, ou d'efficacité de médicaments ou de produits cosmétiques**.

Analyse de volumes hétérogènes et de surfaces rugueuses : (i) diffusion angulairement et spectralement résolue (BRDF et BTDF-visible au proche IR), (ii) analyse de tissus biologiques et (iii) les effets colorés, filtres solaires.

Caractéristiques techniques :

- › Banc de mesure angulaire de la diffusion de la lumière (dynamique de 6 décades)
- › Ellipsomètre sur flux diffusé
- › Banc de mesure angulaire et spectrale (REFLET)
- › Banc de mesure instantanée de BRDF pour tissus et greffons, adaptable pour expérimentation in vivo
- › Tomographie Optique Cohérente (OCT)

Expertise scientifique :

- › Sondage non destructif de tissus biologiques, analyse multi-échelle de propriétés structurales
- › Imagerie 3D par Tomographie Optique Cohérente
- › Tomographie Optique Diffuse
- › Optique électromagnétique en milieux aléatoires
- › Transfert radiatif

Domaines d'application :

- › Ophtalmologie : diagnostic de pathologies et tests d'efficacité de médicaments
- › Dermatologie : cosmétiques et analyse polarimétrique

<b>Responsable :</b>	Dr. Carole Deumie	carole.deumie@fresnel.fr	04 13 94 54 81
<b>Site web :</b>	<a href="https://www.fresnel.fr/spip/spip.php?article1795">https://www.fresnel.fr/spip/spip.php?article1795</a>		
<b>Mots clés :</b>	Caractérisation, optique/photonique, microscopie		

## 3.4 IM2NP

### 3.4.1 Centre d'expertise en thermochimie (CET)

La mission du CET consiste à conduire, de manière autonome ou en collaboration, des projets de recherche en thermodynamique des matériaux inorganiques à haute température. Les matériaux étudiés peuvent être de natures très variées: alliages métalliques, systèmes métal/métalloïde, oxydes, céramiques, sels, verres... Le CET constitue le premier pôle français en calorimétrie sur les matériaux inorganiques par la qualité, la diversité et la complémentarité des équipements. Le centre regroupe une vingtaine de calorimètres et d'analyseurs thermiques de tous types, pour beaucoup des prototypes n'ayant pas d'équivalents commerciaux :

- › Calorimétrie différentielle isotherme : 11 microcalorimètres Tian-Calvet, 4 à hautes températures (298-1300 K), 2 à moyennes températures (298-700 K), 3 à basses températures (298-500 K), 2 basculants à température ambiante (298 K),
- › Calorimétrie différentielle à balayage de température : 1 DSC Setaram 111 (298-1000 K), 1 DSC Setaram HT1500 (800-1800 K), 1 DSC-XL, prototype breveté, pour échantillons de grand volume (298-450 K),



- › Analyse Thermique Différentielle : 2 ATD (600-1800 K),
- › Analyse Thermo-Gravimétrie : 1 ATG (298-1200 K) Setaram G70.

Ainsi que des moyens d'élaboration :

- › 10 fours résistifs en atmosphères réductrice, neutre ou oxydante jusqu'à 1800 K,
- › Four à arc sous argon,
- › Elaborations en ampoules de silice scellées sous atmosphère contrôlée et en boîte à gants (teneurs en O<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O contrôlées).

**Responsable scientifique :** Dr. Pierre Begnini      p.begnini@univ-amu.fr      04 91 28 28 87  
**Site web :** [https://www.im2np.fr/fr/Plateforme\\_Thermochimie](https://www.im2np.fr/fr/Plateforme_Thermochimie)  
**Mots clés :** caractérisation, analyse thermique, traitement thermique

### 3.4.2 IOLab

La **plateforme IOLab** (Intelligent Object Laboratory) regroupe sur 500m<sup>2</sup> les moyens de conception, caractérisation et de fabrication du département ACSE de l'IM2NP situé sur le site de Chateau Gombert.

**Responsable scientifique :** Pr. Jean-Michel Portal      jean-michel.portal@im2np.fr      04 13 55 40 01  
**Responsable opé. :** Jean-Pierre Walder      jean-pierre.walder@im2np.fr      04 13 55 40 11  
**Site web :** [https://www.im2np.fr/fr/Plateforme\\_IOLab](https://www.im2np.fr/fr/Plateforme_IOLab)  
**Mots clés :** caractérisation, élaboration

#### *Support et moyens CAO pour la conception de circuits et systèmes*

- › 132 cœurs de processeurs sur 7 serveurs à 2.8 GHz
- › 34 Téra octets d'espace de stockage
- › Serveurs virtuels et stockage sur réseau
- › Systèmes d'exploitation RHEL 4, 6 et 7

Outils CAO utilisés:

- › Cadence
- › Mentor Graphics
- › Synopsis
- › Agilent, Keysight
- › ANSYS HFSS
- › Technologies installées

Technologies installée

- › ST Microelectronics CMOS 130nm, 65nm et 28nm
- › UMC CMOS 180nm et 55nm
- › UMC CMOS 180nm et 55nm
- › GLOBALFOUNDRIES
- › TSMC CMOS 40nm

### 3.4.3 Nano-Analyse

La plateforme possède 2 équipements de **caractérisation physico-chimique en sciences des matériaux** : un spectromètre Raman et un microscope à force atomique. Cet ensemble forme un outil de caractérisation unique et particulièrement performant en région PACA.

Le **microscope PSIA XE100** peut fonctionner dans différents modes selon le type de surfaces : STM, AFM mode non-contact, tapping, électrique (EFM)... Plusieurs types de pointes peuvent également y être adaptées : pointe en silicium classique, pointe haute résolution, pointe à sur-pointe, pointes métallisées pour mesures électriques.

Le **Spectromètre Jobin Yvon Labram HR800** multi-canal où la dispersion est réalisée par un réseau. Il est équipé de 4 lasers : Ar refroidi à eau (364, 458, 488, 514.5 nm), Ar refroidi à air (364 nm, 458 nm, 488 nm et 514.5 nm), à semi-conducteur (NIR, 785 nm), HeNe (632.8 nm). Le microscope possède une platine motorisée (pas : 0,1 µm) et piézoélectrique (pas nanométrique)

ansi qu'une large gamme de réseaux (600 traits/mm, 1200 traits/mm, 1800 traits/mm, 2400 traits/mm). Il est positionné sur une table antivibratoire à coussin d'air.

**Responsable scienti :** Pr. Jean-Christophe Valmalette jean-christophe.valmalette@im2np.fr 04 94 14 24 76  
**Site web :** [https://www.im2np.fr/fr/plateforme\\_Nanoanalyses](https://www.im2np.fr/fr/plateforme_Nanoanalyses)  
**Mots clés :** caractérisation, microscopie, spectroscopie

### 3.4.4 RFID UHF

La plateforme RFID diagnostic est un équipement dédié à la **caractérisation et aux tests de systèmes RFID UHF**. Cet équipement permet de pré-certifier un prototype avant la phase de normalisation du produit. Il permet également aux industriels de tester des solutions innovantes, et/ou de lever un verrou technologique avec l'aide des chercheurs de l'Université.

Chambres anéchoïques, antennes de tests (800 MHz-2,4 GHz) ; banc de pré-certification RFID GEN2 (NI); positionneurs d'antennes 3D, analyseur de réseau vectoriel, analyseur de spectre, prototypage antennes souples.

**Responsable scientifique :** Pr. Philippe Pannier philippe.pannier@im2np.fr 04 13 55 40 42  
**Site web :** [https://www.im2np.fr/fr/Plateforme\\_RFID](https://www.im2np.fr/fr/Plateforme_RFID)  
**Mots clés :** caractérisation, spectroscopie, analyse électromagnétique

### 3.4.5 SPRINT

SPRINT est la **plateforme d'électronique imprimée sur support souple** de l'IM2NP. Cette plateforme est ouverte à tout type de partenaires et de partenariats avec pour objectif de faciliter l'innovation, la recherche et le transfert technologique dans les domaines de l'électronique imprimée, organique ou souple. SPRINT dispose de moyens de fabrication, de conception et de caractérisation permettant de développer tout ou partie de nouveaux objets communicants sensibles associant des éléments tels que des capteurs, des mémoires, des antennes et des photo-détecteurs imprimés sur substrat flexible.

**Responsable scientifique :** Dr. Evangéline Bènevent evangeline.benevent@im2np.fr 06 60 33 63 66  
**Site web :** [https://www.im2np.fr/fr/Plateforme\\_Sprint](https://www.im2np.fr/fr/Plateforme_Sprint)  
**Mots clés :** élaboration, caractérisation, test corrosion, tests mécaniques, traitement thermique

#### 3.4.5.1 Machine d'impression jet d'encre MicroFab Jetlab 4 (outil de recherche)

- Une tête d'impression monobuse
- Commande piézoélectrique bipolaire et de forme arbitraire
- Surface d'impression : 160mm x 120mm
- Chauffage possible du porte-échantillon et de l'encre
- Vitesse - accélération : 50mm/s - 1500mm/s<sup>2</sup>
- Précision / répétabilité en X-Y : 30µm / 20µm
- Caméra pour visualisation du jet
- Caméra pour visualisation du résultat de l'impression et procédure de réalignement
- Simulation de l'impression

#### 3.4.5.2 Machine d'impression jet d'encre Ceradrop X-serie (outil pré-industriel)

- › Deux têtes d'impression de 128 buses pilotées en ligne
- › Commande piézoélectrique unipolaire
- › Surface d'impression : 300x300 mm<sup>2</sup>
- › Module de séchage infrarouge en ligne

- › Chauffage possible des têtes d'impression
- › Vitesse maximale de déplacement : 500 mm/s
- › Précision / répétabilité en X-Y : 1,5/0,5µm
- › Système optique de contrôle du jet et des couches imprimées - Procédure de réaligement
- › Suite logicielle pour l'analyse automatique de l'éjection
- › Suite logicielle pour définition de la stratégie d'impression et simulation de toutes les étapes d'impression

#### **3.4.5.3 Boîte à gants MBraun Labstar**

- › Système de purification de gaz simple colonne
- › Mini sas 100/300 mm
- › Sondes d'oxygène ( $O_2 < 1$  ppm) et d'humidité ( $H_2O < 1$  ppm)
- › Piège à solvants à charbons actifs
- › Spin-coater in situ

#### **3.4.5.4 Spin-coater Spin 150**

- › Vitesse de rotation : 0-12000 rpm, précision :  $\pm 0,1$  rpm
- › Accélération : 0-30000 rpm/s, précision :  $\pm 0,1$  wrpm
- › Diamètre de substrat maximal : 160 mm

#### **3.4.5.5 Profilomètre à stylet Bruker DektakXT**

- › Dernière génération de profilomètre stylet
- › Répétabilité / résolution : 4Å / 1Å
- › Mesure de marche inférieure à 10 nm
- › Vitesse d'acquisition de données très élevée

#### **3.4.5.6 Enceinte climatique Atlas Sun Test XXL HD**

- › Instrument pour test sous xénon
- › Surface d'exposition 3000 cm<sup>2</sup>
- › Contrôle et mesure éclairage, température, humidité
- › Facteur d'accélération 10 à 30 fois le temps réel

#### **3.4.5.7 Four programmable Espec Corp. PHH-102**

- › Température ambiante à 300°C
- › Programmation avec fonctions automatiques pour démarrage, arrêt, rampe, répétitions
- › Fluctuations en température :  $\pm 0.1^\circ\text{C}$  à 100°C,  $\pm 0.2^\circ\text{C}$  à 200 et 300°C
- › Uniformité en température :  $\pm 0.5^\circ\text{C}$  à 100°C,  $\pm 1.5^\circ\text{C}$  à 200,  $\pm 2.5^\circ\text{C}$  à 300°C

#### **3.4.5.8 Banc de caractérisation sous contraintes mécaniques**

- › Dynamomètre Chatillon CS-225
- › Différentes formes et tailles de sondes
- › PC d'acquisition avec sourcemètre Keithley et pointes DC ou cheveux

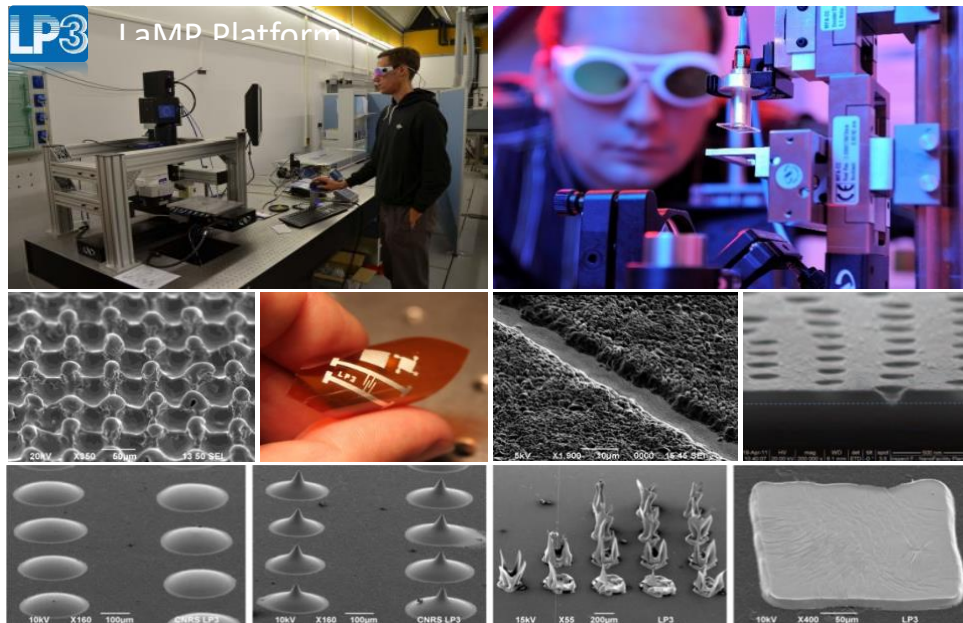
## 3.5 LP3

### 3.5.1 Lasers pour le Micro-usinage et les Procédés (LaMP)

Plateforme LaMP (ensemble de sources lasers ns, ps et fs, UV – NIR, harmoniques disponibles ; plateforme ouverte et possédant une tarification) :

- Bancs de fabrication environnés pour applications industrielles dans le domaine de la gravure, du perçage, et de la structuration de surface.

**Responsable :** Olivier Uteza      olivier.uteza@univ-amu.fr      06 12 57 08 97  
**Site web :** <http://lp3.fr/les-plateformes/lamp-2/>  
**Mots clés :** Élaboration, microfabrication, gravure, laser



## 3.6 MADIREL

### 3.6.1 Service de diffraction des rayons X

Deux modes d'analyse :

- ▶ Identification de phases cristallines par la méthode des poudres - Configuration Bragg-Brentano.
- ▶ Etude structurale d'échantillons en couches minces ou multicouches - Incidence rasante

Instrument : Diffractomètre **SIEMENS D5000**, équipé de l'accessoire incidence rasante

**Responsable :** Carine Chassigneux      carine.chassigneux@univ-amu.fr      04 13 55 18 14  
**Site web :** <https://madirel.univ-amu.fr/node/418>  
**Mots clés :** Caractérisation, diffraction, analyse de surface

## 3.7 PIIM

### 3.7.1 Nautilus

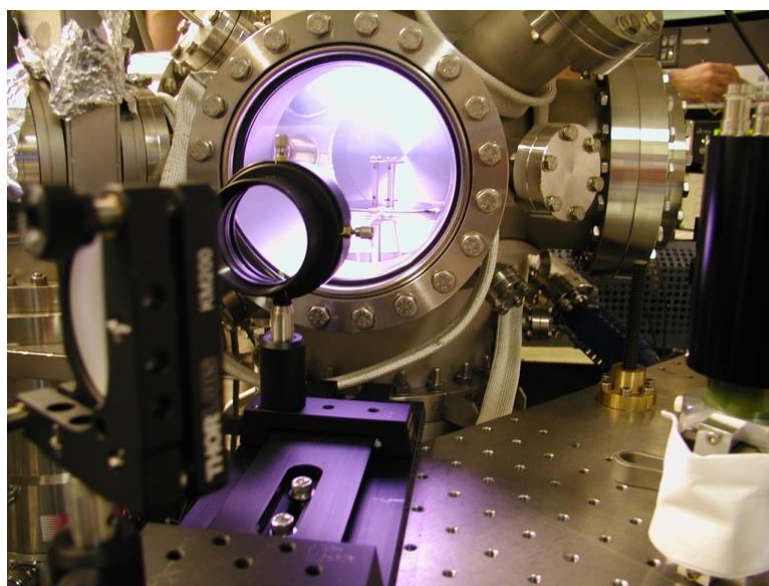
Le Nautilus est un ensemble expérimental de **Science des Surfaces et Nanosciences** composé de quatre enceintes ultra-vide interconnectées, permettant l'obtention des propriétés structurales et vibrationnelles in situ.

Deux d'entre-elles sont équipées de techniques d'analyse de surfaces : diffraction d'électrons lents (SpectraLeed Omicron), spectroscopie de pertes d'énergie à haute résolution (VSI Instruments) et microscopie à effet tunnel (VT-SPM Omicron)

Une enceinte de préparation est équipée des dispositifs suivants : un canon à ion, une source d'hydrogène atomique à capillaire de tungstène chauffé à 2600 K, une source plasma radiofréquence, un système d'introduction rapide d'échantillons/pointes STM, de cellules d'évaporation de Silicium et de Germanium, d'un four permettant le recuit d'échantillon à 1700 K.

Enfin, une enceinte est dédiée à l'évaporation de films organiques sur des surfaces.

<b>Contacts :</b>	Thierry Angot,	thierry.angot@univ-amu.fr	04 13 94 64 02
	Eric Salomon	eric.salomon@univ-amu.fr	04 13 94 64 77
<b>Mots clés :</b>	Caractérisation, spectroscopie, microscopie, analyse surface, STM		



### 3.7.2 Camiter

Camiter est un montage expérimental permettant des expériences d'**interaction de faisceaux ou de plasma avec des surfaces**, et composé de 3 enceintes ultra-vide interconnectées.

La première enceinte est équipée d'un dispositif de désorption programmée en température (300-1300K) de grande sensibilité, d'un sas d'introduction rapide d'échantillons, et de dispositifs d'irradiation des échantillons (source atomique, canons à ions...)

La deuxième enceinte constitue une chambre plasma RF équipée d'un porte substrat 4" polarisable et contrôlé en température (20-800°C) avec un sas d'introduction rapide. Cette enceinte permet des diagnostics du plasma par sonde de Langmuir et Fluorescence Induite par Laser notamment.

Une troisième enceinte permet l'analyse par Spectroscopie de Photoémission X.

**Contact :** Gilles Cartry gilles.cartry@univ-amu.fr  
**Mots clés :** Caractérisation, spectroscopie, analyse de surface

### 3.7.3 AMU-PSI

AMU-PSI est un dispositif expérimental ultravide permettant des expériences d'**interaction de multiples faisceaux avec des surfaces**. Il est équipé d'un faisceau moléculaire supersonique pour ralentir ou accélérer des neutres, un faisceau ionique réglable sur la gamme d'énergie cinétique 20–5000 eV et un faisceau radicalaire fonctionnant soit à 40 meV soit à 250 meV d'énergie cinétique. L'angle d'incidence de ces faisceaux par rapport à la normale à la surface est réglable entre 0 et 60°. La température des échantillons est contrôlée entre 120 K et 2200 K. Divers outils d'analyse de surface sont disponibles (spectroscopie Auger, diffraction des électrons) tandis que deux spectromètres de masse permettent d'analyser la désorption des espèces adsorbés/absorbés (avec une très grande flexibilité de vitesse de chauffe : 0,3 – 300 K/s) ou encore de mesurer la probabilité d'adsorption des espèces neutres. Enfin des accès optiques permettent de réaliser des mesures in situ de réflectance IR-Vis.

**Contacts :** Régis Bisson regis.bisson@univ-amu.fr 04 13 94 64 06  
Marco Minissale marco.minissale@univ-amu.fr 04 13 94 64 54  
**Mots clés :** Caractérisation, spectroscopie, diffraction, analyse de surface

### 3.7.4 PHISIS

Le dispositif expérimental PHISIS est dédié à l'**étude des interactions plasma-surface**.

Il est constitué d'un réacteur plasma comportant une chambre source cylindrique et une chambre de diffusion sphérique. L'antenne entourant la chambre source est de type « antenne hélicon » et permet de générer des plasmas en mode capacitif, inductif ou hélicon. Cette antenne est reliée à une boîte d'accord et un générateur RF 13.56 MHz.

Le réacteur est équipé d'un porte échantillon chauffant (jusqu'à 750°C) et polarisable, d'un sas d'introduction rapide et de cinq lignes de gaz (H<sub>2</sub>, D<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, He, Ar). Il est en outre muni de diagnostics du plasma tels que la sonde de Langmuir (Smartprobe), la spectroscopie optique d'émission ou la spectrométrie de masse avec analyse en énergie (Hiden EQP 300).

Les plasmas de laboratoire comme ceux réalisés dans ce dispositif permettent d'étudier dans des conditions maîtrisées l'interaction plasma – surface.

**Contact :** Gilles Cartry gilles.cartry@univ-amu.fr  
**Mots clés :** Caractérisation, spectroscopie, plasma

### 3.7.5 CASPer

CASPer est un ensemble dédié à la **caractérisation de matériaux à grande aire spécifique** comme les poudres et les solides poreux, notamment à la mesure de leur aire spécifique. Il permet d'enregistrer des isothermes d'adsorption et également de mesurer simultanément les isothermes infrarouges des modes de vibrations en surface ou de suivre par spectrométrie de masse la thermodésorption des échantillons. Il a été spécialement développé pour l'étude des surfaces de glaces d'intérêt interstellaire et des matériaux pour la fusion.

Il comprend une enceinte calibrée sous vide secondaire (10<sup>-8</sup> mbar), des capteurs de pression capacitifs couvrant le domaine (10<sup>-4</sup>-1000 mbar), une pompe turbo moléculaire, plusieurs électrovannes pneumatiques, un spectromètre de masse et un four tubulaire ( $T_{\max} = 1700^{\circ}\text{C}$ ). Il peut être couplé à un spectromètre infrarouge par transformée de Fourier par l'intermédiaire

d'une cellule isotherme équipée de fenêtres en diamant dont la température peut être réglée entre 30 et 300 K par un cryogénérateur.

Contact :

Céline Martin

celine.martin@univ-amu.fr

04 13 94 64 53

Mots clés :

Caractérisation, spectroscopie, analyse de surface

## 3.8 LP3-CINaM

### 3.8.1 EsPace Interdisciplinaire Ablation Laser et Applications (PIALA)

L'espace PIALA a pour ambition de développer des synergies et des projets dans les domaines de la Photonique, des Nanotechnologies et des Procédés Laser et de promouvoir des partenariats académiques diversifiés associant physiciens, chimistes ou biologistes. PIALA réunit et s'appuie sur les compétences du CINaM et de LP3 et des moyens lasers et de caractérisation avancés.

#### 3.8.1.1 Moyens de l'infrastructure PIALA :

Deux sources femtosecondes environnées constituent l'installation de base :

*Chaîne laser Hurricane (sous la responsabilité de LP3, D. Grojo) :*

- ▶ Titane-Saphir : 85 fs, 82 MHz, 0,8 W (sortie oscillateur)
- ▶ Titane-Saphir : 100 fs, 1 kHz, 1 mJ (sortie amplificateur) OPA accordable en longueur d'onde entre 0,3 et 10  $\mu\text{m}$ .

*Système laser multiphoton (sous la responsabilité du CINaM, F. Thibaudeau) :*

- ▶ Source laser MaiTai large bande
- ▶ Système de microscopie confocale

#### 3.8.1.2 Dans l'espace PIALA sont également installés (LP3) ou en cours d'installation (CINaM) :

- ▶ Un laser Nd :YAG (450 mJ, ns, vert) et son environnement pour des applications laser en biologie et en interaction laser-matière (LP3)
- ▶ Un banc de mesures optoélectroniques (CINaM) qui comportera à terme
  - Un Laser supercontinuum NKT Fianium + Monochromateur (accordable  $\lambda = 390\text{--}2400\text{ nm}$ ).
  - Positionnement submicrométrique (platine piézoélectrique) et résolution spatiale limitée par la diffraction (microscope).
  - Un environnement contrôlé (vide, gaz) pour mesures in situ.
  - Un spectromètre confocal.
  - Des Lasers monochromatiques ( $\lambda = 457, 532, 633\text{ nm}$ ) pour la spectrométrie Raman.
  - Un Cryostat

#### 3.8.1.3 Environnement :

En plus de ces sources laser, les deux laboratoires partenaires disposent de moyens et compétences accessibles dans le domaine de la préparation des échantillons et de l'analyse ex-situ. Les équipements les plus importants dans le contexte des activités communes qui pourront être développées dans le contexte de PIALA sont décrits dans les instruments notables d'équipe dans la section 4 du rapport.

**Responsable :** David Grojo david.grojo@cnrs.fr 04 13 94 61 50  
**Responsable :** Romain Parret romain.parret@univ-amu.fr 06 62 92 28 67  
**Site web :** <https://www.cinam.univ-mrs.fr/cinam/team/piala/>  
**Mots clefs :** Caractérisation, spectroscopie, optique/photonique, microscopie, laser



# 4 INSTRUMENTS NOTABLES D'ÉQUIPES

Les instruments notables d'équipes sont des équipements spécifiques aux études menées dans les groupes de recherche. En règle générale, les personnels impliqués possèdent donc une grande expertise dans l'utilisation des techniques citées. Ces matériels n'ont donc pas vocation à être en libre accès à des utilisateurs inexpérimentés. L'utilisation de ces machines est donc déterminée par son responsable au sein de l'équipe de recherche. Même si des prestations de services sont possibles, un travail collaboratif est le plus souvent privilégié. Ceci reste à l'appréciation des personnels en charge de ces équipements.

Cette partie n'est organisée par unité de recherche mais selon les grandes familles d'expérimentations scientifique dans le domaine des sciences et technologies des matériaux :

- › Elaborations, fabrications et synthèses
- › Caractérisations physico-chimiques
- › Caractérisations optiques/photoniqes
- › Caractérisations électroniques/photovoltaïques

Dans chaque famille, on retrouve la structuration par unités de recherche.

## 4.1 Elaborations, fabrications et synthèses

### 4.1.1 CINaM :

#### 4.1.1.1 Atomic Layer Deposition (ALD)

Réacteurs de dépôt de films minces par ALD en mode thermique et assisté par plasma. Un réacteur commercial (thermique et plasma) équipé de métrologie in situ et d'une boîte à gants pour l'introduction et la sortie des échantillons sensibles ainsi qu'un réacteur « maison ».

Instruments :

Fiji 200 Cambridge Nanotech/Veeco | Maupiti réacteur « maison »

**Contact :** Dr. Lionel Santinacci      lionel.santinacci@univ-amu.fr

06 62 92 28 68

**Mots clés :** élaboration, couches minces

#### 4.1.1.2 Cluster de croissance MBE

Ensemble expérimental incluant deux chambres MBE connectées sous UHV par un tube de transfert, un sas d'introduction et une chambre de préparation. Les chambres MBE sont équipées de cellules d'évaporation de type Knudsen, de RHEED et de spectroscopie Auger et sont particulièrement dédiées à la croissance de nanostructures à base de Si et Ge.

**Contact :** Dr. Lisa Michez                      lise.michez@univ-amu.fr                      06 62 92 28 89  
**Mots clés :** élaboration, films minces

### 4.1.2 Institut Fresnel

#### 4.1.2.1 Station de nanofabrication

Système de nanofabrication à double faisceau : FIB (Focused Ion Beam) et SEM (Scanning Electron Microscopy) avec pointe FEG. Gravure d'échantillons à l'aide d'ions gallium avec une résolution autour de 10 nm. Imagerie SEM avec résolution autour de 5 nm. Les échantillons doivent être conducteurs électriques.

Instrument : FEI dual beam DB235 Strata, voltage 30 kV, ion current 7nA

**Contact :** Dr. Jérôme Wenger                      jerome.wenger@fresnel.fr                      04 91 28 84 94  
**Mots clés :** Microfabrication, microscopie

### 4.1.3 IM2NP

#### 4.1.3.1 Dépôt de films par pulvérisation cathodique réactive RF magnétron

Systèmes de dépôt de couches minces par pulvérisation cathodique réactive RF magnétron. Possibilité d'élaborer des films conducteurs, semiconducteurs, oxydes métalliques. Le Système de dépôt est couplé à un outil d'analyse du plasma par spectroscopie d'émission optique.

**Contact :** Pr Marc Bendahan                      marc.bendahan@univ-amu.fr                      06 89 43 78 62  
**Mots clés :** élaboration, couches minces

#### 4.1.3.2 Dépôt de films par spray ultrasonique PRISM-400 BT 50ml

Systèmes de dépôt de couches minces par spray ultrasonique. Possibilité d'élaborer des films minces conducteurs, semiconducteurs, oxydes métalliques. Le système de revêtement de paillasse PRISM-400 BT est une plateforme de mouvement et de positionnement x, y, z conçue pour l'application d'une grande variété de revêtements pour les besoins de la R&D et des laboratoires. Ce système de dépôt est muni d'une plateforme chauffante allant jusqu'à 150°C. Tous les systèmes PRISM s'appuient sur la technologie d'application de revêtements ultra-minces (tCAT) sans buse, propriété d'USI..

**Contact :** Dr Sandrine Bernardini                      sandrine.bernardini@univ-amu.fr                      06 88 47 44 01  
**Mots clés :** élaboration, couches minces

#### 4.1.3.3 Lithographie par nanoimpression

Systèmes de nano-impression automatisé permettant la structuration de surface sur 4 cm<sup>2</sup>. Control atmosphérique et plaque chauffante 100°C.

Instrument : GESIM µContact printer

**Contact :** Pr. David Grosso                      david.grosso@univ-amu.fr                      06 80 76 25 58  
**Mots clés :** microfabrication, lithographie

#### 4.1.3.4 Four à recuit post-implantation pour semi-conducteurs grand gap

L'équipe IRM-PV dispose d'un four résistif à recuit post-implantation, spécifiquement dédié aux semi-conducteurs carbonés à grande bande d'énergie interdite (carbure de silicium, diamant).

Diamètre 4 pouces. Température maximale 1800°C, rampe de chauffe 30°C·s<sup>-1</sup>.

**Contact :** Dr. Laurent Ottaviani laurent.ottaviani@univ-amu.fr

04 91 28 83 46

**Mots clés :** élaboration, traitement thermique

#### 4.1.4 LP3

Banc de fabrication additive par transfert laser.

Lithographie colloïdale.

Synthèse de nanoparticules par laser en milieu liquide.

Bancs de structuration de matériaux (surface/volume) par laser.

Procédés laser de gravure et d'écriture

Préparation d'échantillons : évaporateur, films de Langmuir-Blodgett, synthèse de nanofibres par électrofilage, torche plasma, polissage, nettoyage par ultrasons.

**Contact :** Olivier Uteza olivier.uteza@univ-amu.fr

06 12 57 08 97

**Mots clés :** Élaboration, microfabrication

#### 4.1.5 MADIREL

##### 4.1.5.1 Broyage

Préparation de matériaux par broyage : augmentation de l'aire spécifique, préparation de nanopoudres, création de défauts.

Instruments :

- ▶ Fritsch Pulverisette 0 Broyeur a vibration / Tamisage Planétaire
- ▶ Fritsch Pulverisette 4 Broyeur Vario-Planétaire
- ▶ Fritsch Pulverisette 6 Broyeur Planétaire
- ▶ Retsch MM400 Broyeur à vibration

**Contact :** Dr. Vanessa Coulet vanessa.coulet@univ-amu.fr

04 13 55 18 09

**Mots clés :** Élaboration, mécanobroyage

##### 4.1.5.2 PVD/boîte à gants

Boite à gants : Assemblage de batteries lithium, Elaboration sous atmosphère inerte, Préparation de couches minces par PVD.

Instruments : MBraun 10

**Contact :** Dr. Florence Vacandio florence.vacandio@univ-amu.fr

04 13 55 18 37

**Mots clés :** Élaboration

##### 4.1.5.3 Traitements thermiques (Fours)

Fours tubulaire (Naberthem), à moufle (Thermolyne) et à boules (Büchi).

**Contact :** Dr. Florence Vacandio florence.vacandio@univ-amu.fr

04 13 55 18 37

**Mots clés :** Élaboration, traitement thermique

## 4.1.6 PIIM

### 4.1.6.1 *NanopPlas*

Le dispositif expérimental NanopPlas permet d'étudier la formation de nanoparticules dans les plasmas à partir d'une pulvérisation cathodique. NanopPlas a été développé pour des études en amont sur la formation de poussières par interaction d'un plasma avec les matériaux présents dans les parois de tokamaks.

Ce dispositif est composé d'une chambre ultravide cylindrique, de générateurs DC, classique (< 1kW) et magnétron (1 kW). Les cathodes utilisées sont graphitiques ou métalliques. Le plasma est caractérisé par spectrométrie d'émission, spectrométrie de masse, interférométrie micro-onde, sonde de Langmuir et fluorescence induite par laser. L'étude de la croissance et du transport des nanoparticules est réalisée par diffusion laser et spectrométrie d'extinction optique ainsi que par les perturbations qu'elles induisent dans le plasma.

**Contacts :** Cécile Arnas [cecile.arnas@univ-amu.fr](mailto:cecile.arnas@univ-amu.fr)

**Mots clés :** Élaboration, nanoparticules, plasma

### 4.1.6.2 *REPI*

Le dispositif expérimental REPI (Réacteur pour l'Etude des Précurseurs Ioniques) est le complément du système NanopPlas. Il permet d'étudier la première phase de croissance de nanoparticules dans un plasma de décharge à pulvérisation. Cette première phase concerne les précurseurs moléculaires ou les clusters qui se forment par collisions successives jusqu'à l'apparition des premières particules solides nanométriques.

Ce dispositif est composé d'une chambre ultravide cylindrique et d'un générateur de décharges DC classique (< 1kW). Les cathodes utilisées sont graphitiques ou métalliques.

- Le diagnostic principal est un spectromètre de masse, couplé à un analyseur d'ions positifs et négatifs pour l'identification des précurseurs de nanoparticules.
- Le plasma est caractérisé par interférométrie micro-onde, sonde de Langmuir et fluorescence induite par laser.

**Contact :** Cécile Arnas [cecile.arnas@univ-amu.fr](mailto:cecile.arnas@univ-amu.fr)

**Mots clés :** Élaboration, nanoparticules, plasma

## 4.2 Caractérisations physico-chimiques

### 4.2.1 CINaM

#### 4.2.1.1 Analyse thermique

Un ensemble instrumental dédié à la caractérisation thermique est également disponible dans le service. Il se compose d'un module d'analyse thermogravimétrique (ATG) permettant de déterminer la stabilité thermique sur différents types d'échantillons (perte de masse en fonction d'un profil de température), d'une DSC (analyseur calorimétrique différentiel) qui permet la mesure de différents événements thermiques (transition vitreuse, cristallisation, fusion) et la quantification des énergies absorbées ou dégagées lors de ces transitions, ainsi qu'un appareil de point de fusion adapté à la caractérisation des composés organiques.

Instruments :

- ▶ ATG TA Q-50 : de TA à 1000°C, précision à 0.1 µg, sous flux d'Argon
- ▶ DSC-1 Mettler-Toledo : -150 à 700°C, capteur HSS7 haute sensibilité, passeur 34 positions
- ▶ Point de fusion SMP30 Stuart : TA à 400°C, 3 positions

**Contact :** Dr. Frédéric Brunel frederic.brunel@univ-amu.fr

06 16 36 40 01

**Mots clés :** caractérisation, analyse thermique

#### 4.2.1.2 Caractérisation cellules solaires et OLED

Plusieurs bancs de test des cellules photovoltaïques et ou des dispositifs OLEDs sont installés au CINaM.

Instruments :

- ▶ Mesures I(V)
- ▶ Mesures EQE et IQE
- ▶ Banc de test de stabilité
- ▶ Mesures des propriétés de transport de charges (transistors, SCLC)

**Contact :** Dr. Jorg Ackerman jorg.ackermann@cnrs.fr

06 29 41 36 34

**Mots clés :** caractérisation, tests électriques, photovoltaïque/OLED

#### 4.2.1.3 Détection moléculaire par nanoplasmonique

Échantillon nanostructuré transparent placé dans un réacteur HV relié à une chambre de gaz purs. L'échantillon est illuminé par une FO connectée à une source tungstène halogène. Le signal transmis est collecté par une FO et analysé par un spectromètre UV-VIS. Contrôle de la température du réacteur de RT à 473 K. Le réacteur HV est connecté (vanne à fuite) à une chambre UHV équipée d'un spectromètre de masse.

**Contact :** Dr. Benjamin Demirdjian benjamin.demirdjian@cnrs.fr

06 60 36 28 18

**Mots clés :** caractérisation, optique/photonique

#### 4.2.1.4 Diffusion dynamique de la lumière (DLS)

La diffusion dynamique de la lumière ou dynamic light scattering (DLS) est une technique utilisée pour déterminer le profil de distribution de taille des particules en solution. Cette technique mesure la diffusion des particules qui se déplacent selon un mouvement brownien et la convertit en taille et en distribution de taille à l'aide de la relation de Stokes-Einstein.

Instrument : Malvern Zetasizer Nano ZS

**Responsable Scientifique :** Dr. Ling Peng                      ling.peng@univ-amu.fr                      06 17 24 81 64  
**Contact :** Tom Roussel                      tom.roussel@univ-amu.fr                      06 60 36 28 19  
**Mots clés :** Caractérisation, nanoparticules

#### 4.2.1.5 *Electrochimie & Photo-électrochimie*

Montage expérimental permettant de réaliser des mesures (photo-)électrochimiques (DC/AC) dans l'obscurité ou sous illuminations polychromatique et monochromatique ainsi que sous simulateur solaire.

Instruments :

- Bio-logic SP200, Source Asahi Spectra HAL 320, monochromateur Cornerstone 130
- Potentiostat/Galvanostat PAR 273
- Modulab Solartron

**Contact :** Dr. Lionel Santinacci                      lionel.santinacci@cnrs.fr                      06 62 92 28 68  
**Mots clés :** caractérisation, électrochimie

#### 4.2.1.6 *LEEM-PEEM*

Ensemble expérimental UHV dédié à la physique des surfaces incluant un microscope LEEM/PEEM (LEEM III de Elmitec Elektronenmikroskopie), un microscope STM/AFM (VT AFM XA 650 de Scienta Omicron) et une chambre de préparation de surfaces. La technique de microscopie LEEM permet de visualiser et de filmer des surfaces cristallines (temps d'acquisition typique 0.1-1s) dans un environnement UHV ( $\approx 10^{-10}$  Torr) ou en présence d'une pression partielle ( $\approx 10^{-7}$  Torr : H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, ...) à hautes températures ( $\approx 1300$  K) ou en dessous de la température ambiante ( $\approx 150$  K). En mode diffraction, cet équipement permet l'acquisition de clichés LEED (Low-Energy Electron Diffraction) et ainsi de déterminer la structure atomique de la surface imagée. La LEEM permet l'imagerie en champ clair et en champ sombre de la surface à caractériser.

**Contact :** Pr. Frédéric Leroy                      frederic.leory@univ-amu.fr                      06 60 36 28 24  
**Mots clés :** caractérisation, microscopie, diffraction

#### 4.2.1.7 *MALDI-ToF*

La spectrométrie de masse est une technique d'analyse permettant de déterminer la masse molaire d'une espèce chimique (molécule unique ou polymère) par ionisation de celle-ci. Cette technique figure parmi les méthodes les plus simples et rapides en termes de préparation d'échantillon, durée de mesure et interprétation des résultats, permettant de déterminer une structure chimique en quelques minutes. Les spectromètres de type MALDI-TOF (en anglais « Matrix Assisted Laser Desorption Ionisation - Time of Flight ») présentent les avantages d'une résolution élevée ( $\pm 0.01$  Da) ainsi que d'une gamme d'analyse de masse molaire large (plusieurs dizaines de kDa). Cet appareillage se révèle donc indispensable pour le suivi de réactions chimiques de macromolécules et/ou l'identification des sous-produits inconnus (mais potentiellement d'intérêt) présents dans les mélanges réactionnels bruts ou purifiés.

Instrument: Bruker Microflex LT/SH

**Responsable Scientifique :** Dr. Simon Pascal                      simon.pascal@cnrs.fr                      06 78 51 42 75  
**Mots clés :** Caractérisation, spectroscopie, analyse chimique

#### 4.2.1.8 *Mesure d'angle de contact*

Système de **mesure d'angle de contact** permettant d'accéder à la tension de surface entre un solide et un liquide. Permet de déterminer la mouillabilité des matériaux.

Instrument : OCA 20 Dataphysics

**Contact :** Dr. Frédéric Brunel frederic.brunel@univ-amu.fr

06 16 36 40 01

**Mots clés :** caractérisation, analyse de surface

#### 4.2.1.9 Mesures électriques

Le service électronique du CINaM propose aux chercheurs d'effectuer différentes caractérisations électriques : caractérisation de transistors, mesure 4 pointes, analyse fréquentielle, mesure de capacité. Ces tests sont effectués selon deux types de prise de contact.

Instruments :

- ▶ Caractérisation de transistors, HP4140 : I(V) simple avec 1 ou 2 sources de tensions programmables indépendamment, C(V) quasi statique avec 1 source tension de programmable indépendamment
- ▶ Mesure 4 pointes, Keithley 236 (ou KE236)
- ▶ Analyse fréquentielle, Amplificateur locking SR830
- ▶ Mesure de capacité, HP4280 : C(V) à f=1MHz
- ▶ Station de test sous pointes Microworld A4N-D5 (avec capot d'obscurité)
- ▶ Station de test « 4 pointes en ligne » Microworld S302

**Contact :** M. Sébastien Lavandier sebastien.lavandier@cnrs.fr

06 62 92 28 47

**Mots clés :** caractérisation, tests électriques

#### 4.2.1.10 Microscopie à sonde locale (SPM)

Microscope à sonde locale fonctionnant en mode microscopie à effet tunnel (STM) soit en mode microscopie à force atomique (AFM) dans l'ultra vide (UHV). L'AFM travaille en mode contact (c-AFM), non contact (nc-AFM) et nanosonde de Kelvin (KPFM). La chambre UHV est équipée a d'un instrument LEED et d'autres outils UHV (cellules d'évaporation, four UHV, canon ionique, un outil de clivage des cristaux, un tourne à vis sous vide, système de dosage de gaz basée sur le système MINICAN, etc.).

Instrument : AFM/STM (Scienta Omicron), électronique de contrôle Specs

**Contact :** Dr. Clemens Barth clemens.barth@cnrs.fr

06 60 36 28 19

**Mots clés :** caractérisation

#### 4.2.1.11 Microscope AFM

Micrsocope AFM fonctionnant à l'air et en milieu liquide.

Instrument : NTEGRA, NT-MDT

**Contact :** Dr. Anne Charrier anne.charrier@cnrs.fr

06 62 92 28 35

**Mots clés :** caractérisation, microscopie, analyse de surface

#### 4.2.1.12 Microscope électronique à balayage UHV (e-PICS)

e-PICS est une plateforme in-situ sous ultra-vide (UHV) pour l'étude de la chimie et de la structure d'échantillons par multi-analyses d'électrons. Un canon d'électrons UHV (Orsay-Physics) est implanté sur la chambre équipée de plusieurs détecteurs/analyseurs d'électrons :

- ▶ Détecteurs : SE résolution 10 nm @ 25 kV (Orsay-Physics) | AES résolution 1 nm (STAIB) | EBSD résolution 30-50 nm (Oxford Instruments)
- ▶ Préparations des échantillons : nettoyage par bombardement Ar<sup>+</sup> | dépôt PVD (Cu, Ga, Pb, Bi...) | recuit in situ ( $T_{\max} = 1050$  K)

**Contact :** Dr. Dominique Chatain dominique.chatain@cnrs.fr 06 60 30 28 90  
**Mots clés :** caractérisation, microscopie, analyse de surface

#### 4.2.1.13 *MicroXRF et Rh target X-ray source*

Le laboratoire est équipé de montages permettant d'effectuer des mesures de diffraction des rayons X localisées.

**Contact :** Dr. Didier Tonneau didier.tonneau@univ-amu.fr 06 29 41 37 81  
**Mots clés :** Caractérisation optique

#### 4.2.1.14 *Plateformes Microfluidique de Cristallisation*

Le CINaM dispose de 2 plateformes microfluidique modulables pour étudier la cristallisation de molécules minérales, organiques et biologiques. Techniques: microfluidique à base de gouttes en capillaire (du nL au  $\mu$ L) et en gouttes sessiles (du fL au nL). Caractérisation des solutions par spectrophotoscopie UV en ligne et des solides par microscopie optique en ligne et spectroscopie Raman in situ.

**Contact :** Dr. Stéphane Veessler stephane.veessler@cnrs.fr 06 62 92 28 66  
**Mots clés :** caractérisation, spectroscopie, microfluidique

#### 4.2.1.15 *Spectroscopie RMN*

Spectromètre RMN équipé d'une sonde ROYAL double résonance permettant de réaliser des spectres sur une large gamme d'hétéro-noyaux ( $^1\text{H}/^{19}\text{F}$ ,  $^{31}\text{P}$  à  $^{15}\text{N}$ ,  $^{39}\text{K}$  et  $^{109}\text{Ag}$ ). La carte de gradient de champ donne accès à un grand nombre d'expériences en 2D et en 3D (COSY, TOCSY, NOESY, HSQC, HMBC, etc.). Un passeur 24 échantillons permet une utilisation en libre accès pour les expériences en routine et des études poussées peuvent être menée en présence de l'ingénieur sur des molécules biologiques complexes ou pour la mesure de propriétés de chélation de systèmes supramoléculaires par exemple.

Instrument : JEOL JMN 400MHz

**Contact :** Dr. Frédéric Brunel frederic.brunel@univ-amu.fr 06 16 36 40 01  
**Mots clés :** caractérisation, spectroscopie, analyse chimique, RMN

#### 4.2.1.16 *Spectroscopies optiques et vibrationnelles*

Une grande diversité de spectromètres optiques est proposée par le service permettant des mesures de fluorimétrie, d'absorbance sur une large gamme de longueur d'onde, ainsi qu'en infrarouge (en transmission et en réflexion). Ces analyses peuvent être réalisées sur différents types d'échantillons (solutions, poudres, films minces, échantillons biologiques, etc.)

- ▶ UV-vis Cary 50 : 190-1100 nm, double faisceau, gamme photométrique 3.3Abs
- ▶ UV-vis Shimadzu 1800 : 190-1100, double faisceau, gamme photométrique 4Abs
- ▶ UV-vis Nanodrop 2000C : 190-850 nm, microvolume, dosage ARN/ADN
- ▶ Fluorimètre Cary Eclipse : 200-900 nm, lampe xénon
- ▶ UV-vis-NIR Cary 5000 : 173-3300 nm, double faisceau, gamme photométrique 8Abs
- ▶ FTIR Cary 630 : transmission standard, ATR, DialPath, réflectance diffuse

**Contact :** Dr. Frédéric Brunel frederic.brunel@univ-amu.fr 06 16 36 40 01  
**Mots clés :** caractérisation spectroscopie, analyse chimique, analyse de surface

Le CINaM dispose aussi de deux montages expérimentaux dédiés aux spectroscopies vibrationnelles : FTIR et Raman :

- ▶ Spectromètre infrarouge FTIR, Bruker Vertex 70 : 80-6000  $\text{cm}^{-1}$ , modes transmission, réflexion, réflexion diffuse, ATR, cellule 900°C



- Microspectromètre Raman, Renishaw Invia, microscope Olympus BXM, lasers 633 nm et 785 nm

**Contact :** Dr. Daniel Ferry

daniel.ferry@cnrs.fr

06 60 30 28 25

**Mots clés :** caractérisation

#### 4.2.1.17 SUMO

Ensemble expérimental UHV de science des surfaces SUMO équipée :

- Sas d'introduction rapide et d'une chambre de préparation avec chauffage 1400°C, bombardement ionique et introduction de gaz;
- XPS/UPS PSP Vacuum Resolve 120, sources Mg et Al K<sub>α</sub>, He I/II
- Spectromètre infrarouge FTIR Jasco 6300V sous vide pour analyse de surface (RAIRS, incidence 6°)
- Porte-échantillon refroidit à 20 K, jet moléculaire pulsé, rampes à gaz, spectromètres de masse, source d'atome ECR, sources d'irradiation UV (110 nm), visible (Xe 1000 W) et RX.

**Contact :** Dr. Philippe Parent

philippe.parent@univ-amu.fr

06 60 30 28 07

**Mots clés :** caractérisation, spectroscopie, analyse chimique, analyse de surface

## 4.2.2 ICR

### 4.2.2.1 Mesure d'angle de contact

Il s'agit d'un système de mesure d'angle de contact permettant de déterminer la mouillabilité des matériaux, d'accéder à la tension de surface entre un solide et un liquide et d'estimer l'énergie de surface d'un matériau.

Instrument : Kruss EasyDrop

**Contact :** Dr. Didier Gignes

didier.gignes@univ-amu.fr

04 13 94 57 78

Dr. Marion Rollet

marion.rollet@univ-amu.fr

04 13 94 57 86

**Mots clés :** caractérisation, analyse de surface

### 4.2.2.2 Analyse thermique différentielle (DSC)

La DSC mesure l'échange de chaleur au sein d'un matériau. Elle mesure les températures et les flux de chaleur associés aux transitions dans une matière en fonction du temps et de la température dans une atmosphère contrôlée. Ces mesures fournissent des informations qualitatives et quantitatives sur les transformations physiques et chimiques entraînant des échanges de chaleur endothermiques ou exothermiques, ou des variations de capacité calorifique.

Instrument : TA Instruments Q20

**Contact :** Dr. Didier Gignes

didier.gignes@univ-amu.fr

04 13 94 57 78

Dr. Trang Phan

trang.phan@univ-amu.fr

04 13 94 57 87

**Mots clés :** caractérisation, analyse thermique

### 4.2.2.3 Rhéomètre

La rhéologie est l'étude mécanique sur un produit fluide. La rhéologie est la science de l'écoulement de la matière. Cela revient à mesurer le temps d'écoulement d'un produit dans un tube. Un matériau va se comporter différemment suivant son élasticité, sa viscosité et sa dépendance au temps.

Instrument : Anton Paar MR302

**Contact :** Dr. Didier Gignes                      didier.gignes@univ-amu.fr                      04 13 94 57 78  
Dr. Trang Phan                                      trang.phan@univ-amu.fr                      04 13 94 57 87  
**Mots clés :** caractérisation, test mécanique

#### 4.2.2.4 *Chromatographie d'Exclusion Stérique (SEC)*

La Chromatographie d'Exclusion Stérique (SEC) est une méthode de Chromatographie Liquide Haute Performance (HPLC) permettant de séparer des macromolécules en fonction de leur volume hydrodynamique. Elle est notamment utilisée pour déterminer les masses molaires des macromolécules et leur dispersité en taille.

Instruments :

- Tosoh EcoSEC (détection RI et UV)
- Système modulaire Agilent 1260 (détection RI, UV, Viscosimètre et MALLS)
- Système PL120 Agilent (détection RI)

**Contact :** Dr. Didier Gignes                      didier.gignes@univ-amu.fr                      04 13 94 57 78  
Dr. Marion Rollet                                      marion.rollet@univ-amu.fr                      04 13 94 57 86  
**Mots clés :** caractérisation, analyse chimique

#### 4.2.2.5 *Chromatographie Gazeuse couplée à la Spectrométrie de Masse (GC-MS)*

Cette technique analytique permet d'analyser de manière qualitative et quantitative des mélanges de molécules organiques volatiles. L'injecteur Headspace est un plus pour caractériser le relargage de molécules organiques lors de la chauffe d'un matériau par exemple.

Instruments :

- Thermo Scientific Injecteur Triplus + GC Trace + MS Polaris Q
- Perkin Elmer GC Clarus 580 + MS SQ8

**Contact :** Dr. Didier Gignes                      didier.gignes@univ-amu.fr                      04 13 94 57 78  
Dr. Marion Rollet                                      marion.rollet@univ-amu.fr                      04 13 94 57 86  
**Mots clés :** caractérisation, analyse chimique

#### 4.2.2.6 *Analyse thermogravimétrique*

Il s'agit d'observer les variations de masse d'un échantillon à l'aide d'une thermobalance, en fonction de la température ou du temps quand il est soumis à un programme de température contrôlée, dans une atmosphère contrôlée.

Cet instrument peut être couplé ou non à un système de GC-MS afin de pouvoir caractériser les composés volatils libérés lors des pertes de masse observées.

Instruments : Perkin Elmer TGA 8000 + Clarus 580 + MS SQ8

**Contact :** Dr. Didier Gignes                      didier.gignes@univ-amu.fr                      04 13 94 57 78  
Dr. Trang Phan                                      trang.phan@univ-amu.fr                      04 13 94 57 87  
Dr. Marion Rollet                                      marion.rollet@univ-amu.fr                      04 13 94 57 86  
**Mots clés :** caractérisation, analyse thermique

#### 4.2.2.7 *HPLC des polymères*

Modulant les phénomènes d'exclusion stérique et les interactions enthalpiques susceptibles de se produire lorsqu'un polymère est injecté dans un système HPLC conditionné dans une certaine phase mobile et à une certaine température, il est possible d'atteindre l'élution des polymères indépendamment de leur masse molaire. On s'affranchit donc de la dispersité en masses molaires afin de caractériser les matériaux polymères uniquement en fonction de leur

composition chimique, de leur architecture ou encore de leur fonctionnalités de bouts de chaînes. Différentes techniques d'HPLC nous permettent d'atteindre ces objectifs : la Chromatographie Liquide aux Conditions Critiques (LC CC), la Chromatographie Liquide aux Conditions Limites de Désorption (LC LCD) et la Chromatographie Liquide en Elution Gradient (GE LC).

Instrument : Waters Système modulaire

**Contact :** Dr. Didier Gigmes                      didier.gigmes@univ-amu.fr                      04 13 94 57 78  
Dr. Marion Rollet                      marion.rollet@univ-amu.fr                      04 13 94 57 86

**Mots clés :** caractérisation, analyse chimique

### 4.2.3 IM2NP

#### 4.2.3.1 Bancs de calibration électrique en environnement contrôlé (application détection gaz & vapeurs)

Bancs de caractérisations électriques en environnement contrôlé : température, Humidité, gaz ou vapeur et mélange de gaz (ex : O<sub>3</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, BTEX, Ethanol, Acétone, Toluène... gammes ppb, ppm et %)

**Contact :** Pr Marc Bendahan                      marc.bendahan@univ-amu.fr                      06 89 43 78 62  
**Mots clés :** caractérisation, tests électriques, capteurs

#### 4.2.3.2 C-AFM

Grâce à cette technique, il est possible de procéder à des mesures électriques locales sous obscurité et sous illumination grâce à ce microscope à force atomique en mode conductif (c-AFM). Très utilisé aujourd'hui dans l'équipe, cet équipement est un outil indispensable pour l'étude des propriétés des matériaux (métaux, oxydes, semiconducteurs).

**Contact :** Dr. David Duché                      david.duche@univ-amu.fr                      06 19 57 87 35  
**Mots clés :** caractérisation, AFM/STM

#### 4.2.3.3 Compteur alpha XIA UltraLo-1800

Compteur de radioactivité alpha (chambre à ionisation d'argon) pour la mesure des ultra-traces de radioactivité alpha au niveau des matériaux en couches minces ou wafers de la microélectronique (compatible 300 mm). Permet de quantifier la radioactivité alpha jusqu'à 10<sup>-4</sup>alpha/cm<sup>2</sup>/h, ce qui correspond aux matériaux de grade « ULA » (ultra-low alpha) de la microélectronique.

**Contact :** M. Soilihi Moindjie                      soilihi.moindjie@im2np.fr  
**Mots clés :** caractérisation, radioactivité

#### 4.2.3.4 Compteur RAD7

Compteur RAD7 permettant la détection du radon dans l'air et la métrologie de la radioactivité ambiante au radon (Bq/m<sup>3</sup>). Possibilité de mesures ponctuelles (mode détection) ou de longue durée (plusieurs jours ou semaines).

**Contact :** M. Soilihi Moindjie                      soilihi.moindjie@im2np.fr  
**Mots clés :** caractérisation, radioactivité

#### 4.2.3.5 Enceinte de vieillissement / stabilité

Le Suntest XXL+FD d'Atlas permet de mesurer et suivre l'évolution des performances d'un dispositif (PV ou autre) selon la température et le type de rayonnement. L'enceinte est

également équipée de lampes LED permettant de suivre le vieillissement en conditions d'éclairage indoor (possibilité de suivre 6 dispositifs PV simultanément).

Instrument : Suntest XXL+FD d'Atlas

**Contact :** Dr Jean-Jacques Simon jean-jacques.simon@univ-amu.fr

**Mots clés :** caractérisation, photovoltaïque/OLED, vieillissement

#### 4.2.3.6 *Ellipso-porosimétrie*

Équipement de mesure de constantes optiques et épaisseurs de couches minces par ellipsométrie spectroscopique (380-1000 nm). Chambre environnementale pour mesure en atmosphère contrôlée, en température (700°C), et mesure de porosité par volumétrie à l'eau et multiples.

Instrument : J. A. Woollam M2000

**Contact :** Pr. David Grosso david.grosso@univ-amu.fr

06 80 76 25 58

**Mots clés :** caractérisation, spectroscopie, analyse de surface, porosimétrie

#### 4.2.3.7 *Équipements de caractérisation de propriétés thermiques de matériaux*

Équipements permettant la caractérisation de la conductivité thermique, de la dilatation, de la diffusivité thermique, de la capacité calorifique et de la température de fusion de matériaux conducteurs et isolants (conductimètres, dilatomètre, LFA, DSC). Caractérisations de l'ambiante à des hautes températures (jusqu'à 1250°C selon les appareils).

**Contact :** Pr Christelle Reynard-Carette christelle.carette@univ-amu.fr

06 78 43 33 28

**Mots clés :** caractérisation, spectroscopie, analyse de surface, porosimétrie

#### 4.2.3.8 *FemtoTools FT-NMT04*

Machine de nano-compression/nano-indentation avec une résolution de force de quelques nanonewton permettant des tests mécaniques de micro- et nanostructures ex situ ainsi que in situ soit dans un microscope électronique à balayage soit en combinaison avec la diffraction des rayons X sur une ligne de lumière au synchrotron.

**Contact :** Dr. Solène Dassonneville solene.dassonneville@univ-amu.fr

04 13 94 52 98

**Mots clés :** micro-/nano-mécanique

#### 4.2.3.9 *Four pour diffractomètre X*

Un four de la société Anton Paar compatible avec des diffractomètres des rayons X au laboratoire permettant de chauffer l'échantillon à une température de 900°C sous un vide primaire en combinaison avec de la DRX.

Instrument : Anton Paar HTK1200 chamber

**Contact :** Dr. Thomas W. Cornelius thomas.cornelius@im2np.fr

04 13 94 53 72

**Mots clés :** caractérisation, diffraction

#### 4.2.3.10 *LBIC (Light-Beam Induced Current)*

L'équipement LBIC dont dispose l'équipe IRM-PV est un équipement entièrement conçu dans l'équipe. La spécificité de cet équipement est de pouvoir réaliser des cartographies de photocourant de dispositifs de petites et grandes dimensions. La résolution des cartographies peut atteindre 10 µm et les dimensions peuvent s'étendre de quelques mm<sup>2</sup> à quelques centaines de cm<sup>2</sup>.

**Contact :** Dr. Damien Barakel damien.barakel@univ-amu.fr

04 91 28 86 13

**Mots clés :** caractérisation, Photovoltaïque/OLED, propriétés électroniques

#### 4.2.3.11 *Magnétomètre SQUID*

Magnétomètre SQUID qui est jusqu'à ce jour unique en région PACA. Champ magnétique de -5 à 5 T et température 1,7 à 380 K. Possibilité de mesure en DC et AC. Couplé à un reliquéfacteur autonome permettant des mesures longue durée

Instrument : Bruker EMX

**Contact :** Dr. Sylvain Bertaina sylvain.bertaina@cnr.fr

04 13 94 53 23

**Mots clés :** caractérisation, propriétés magnétiques

#### 4.2.3.12 *Mesure de courbure*

Mesure sans contact et optique de la courbure d'un substrat émincé permettant de déterminer la contrainte d'une couche mince déposée sur le substrat. La mesure est couplée à un cryostat permettant des mesures en fonction de la température.

**Contact :** Dr. Christophe Guichet christophe.guichet@univ-amu.fr

04 13 94 53 70

**Mots clés :** caractérisation, tests mécaniques

#### 4.2.3.13 *Microscope à force atomique pour la diffraction des rayons X nanofocalisé (SFINX)*

Microscope à force atomique pour les tests nanomécaniques *in situ* en combinaison avec des techniques de diffraction des rayons X synchrotron nanofocalisé.

**Contact :** Dr. Guillaume Reinhart guillaume.reinhart@im2np.fr

04 13 94 52 50

**Mots clés :** caractérisation, diffraction, tests mécaniques, propriétés électroniques

#### 4.2.3.14 *Platine de traction (support étirable)*

Platine de traction (société Deben) pour des substrats étirable ou souple. La machine est compatible avec des diffractomètres des rayons X au laboratoire et permet donc de faire des tests de traction en combinaison avec la DRX.

**Contact :** Prof. Stéphanie Escoubas stephanie.escoubas@univ-amu.fr

04 13 94 53 65

**Mots clés :** caractérisation, tests mécaniques

#### 4.2.3.15 *Platine de traction*

Platine de traction (société Deben) pour des échantillons rigides. La machine est compatible avec des diffractomètres des rayons X aux lignes de lumières aux synchrotrons et permet donc de faire des tests de traction en combinaison avec la DRX synchrotron. La force maximale est 5 kN avec une résolution de 50 N.

**Contact :** Prof. Olivier Thomas olivier.thomas@im2np.fr

04 13 94 53 62

**Mots clés :** caractérisation, tests mécaniques, diffraction

#### 4.2.3.16 *Porte-objet électrique/chauffant in situ pour microscopie électronique en transmission*

Porte-objet MET Protochips Fusion 500 qui permet d'étudier in situ des échantillons dans un microscope électronique en transmission haute résolution FEI Titan corrigé des aberrations géométriques, pendant l'application un champ électrique ou en fonction de la température

**Contact :** Dr. Michael Texier michael.texier@univ-amu.fr

04 13 94 53 69

**Mots clés :** caractérisation, microscopie

#### 4.2.3.17 Spectromètre de Résonance Paramagnétique Électronique (RPE)

Spectromètre RPE bande X (10 GHz) couplée à un goniomètre pour les mesures sur couches minces et mono cristaux et optique par laser ou lampe. Utilisation cryogénique possible de 7K à 300K.

Instrument : Quantum Design MPMS-XL

**Contact :** Dr. Sylvain Bertaina sylvain.bertaina@cnrs.fr 04 13 94 53 23  
**Mots clés :** caractérisation, spectroscopie, analyse chimique, RPE

### 4.2.4 LP3

#### 4.2.4.1 Microscopie à force atomique

Microscope à force atomique à visée optique fonctionnant en mode non-contact.

Instrument : AFM PSIA XE-100

**Contact :** Olivier Uteza olivier.uteza@univ-amu.fr 06 12 57 08 97  
**Mots clés :** caractérisation, topographie de surface

#### 4.2.4.2 Microscopie électronique à balayage

Microscope électronique à balayage équipé d'une sonde EDX

- ▶ Résolution : 3,0 nm (30kV) | Tension : 0,5 – 30 kV | Grossissement max : 5× à 300'000×
- ▶ Source: filament W | détecteurs :SE, BSE et EDX

Instrument : Jeol JSM-6390

**Contact :** Olivier Uteza olivier.uteza@univ-amu.fr 06 12 57 08 97  
**Mots clés :** caractérisation, topographie, analyse chimique

### 4.2.5 MADIREL

#### 4.2.5.1 Analyses thermiques

*Thermogravimétrie*

La masse d'un échantillon est suivie en fonction du temps et de la température avec possibilité de choisir le gaz vecteur. Différents modes sont possibles : montée linéaire, mode haute résolution, vitesse de prise ou perte de masse contrôlée. Permet d'étudier la stabilité thermique des matériaux ou leur réactivité. Il est possible de faire des études cinétiques.

Instruments :

- ▶ TGA Setsys Evolution, Setaram,  $T_{\max} = 1500^{\circ}\text{C}$
- ▶ TGA Q500, TA instrument,  $T_{\max} = 800^{\circ}\text{C}$ , avec passeur d'échantillons
- ▶ TGA/DSC 1, Mettler-Toledo,  $T_{\max} = 1000^{\circ}\text{C}$ , avec passeur d'échantillons

**Contacts :** Dr. Sandrine Bourelly sandrine.bourelly@univ-amu.fr 04 13 55 18 11  
Dr. Vanessa Coulet vanessa.coulet@univ-amu.fr 04 13 55 18 09  
Mme Emily Bloch emily.bloch@univ-amu.fr 04 13 55 18 07  
**Mots clés :** Caractérisation, analyse thermique

*Calorimétrie différentielle à balayage*

Le flux de chaleur échangé par un échantillon avec l'extérieur est suivi en fonction de la température. Permet les études de transition de phase des matériaux, l'incidence du confinement sur celles-ci, la dégradation thermique des échantillons.

Instruments :

- ▶ Sensys DSC, Setaram,  $T_{amb} < T < 700^{\circ}\text{C}$
- ▶ DSC 131, Setaram,  $-70 < T < T_{amb}$

<b>Contacts :</b>	Dr. Isabelle Beurroies	isabelle.beurroie@univ-amu.fr	04 13 55 18 06
	Dr. Vanessa Coulet	vanessa.coulet@univ-amu.fr	04 13 55 18 09
<b>Mots clés :</b>	Caractérisation, analyse thermique		

#### *Calorimètre Tian Calvet*

Le flux de chaleur échangé par un échantillon avec l'extérieur est suivi en fonction de la température. Permet les études de transition de phase des matériaux, l'incidence du confinement sur celles-ci, la dégradation thermique des échantillons.

Instruments :

- ▶ 4 calorimètres adsorption gaz couplés manométrie : 25-100°C et jusqu'à 60 bars
- ▶ 1 calorimètre d'adsorption gaz basse température : 77 ou 87K et jusqu'à 1 bar
- ▶ 2 calorimètres adsorption liquide: 20-60°C
- ▶ 2 calorimètres immersion, mouillage, pp mécaniques

<b>Adsorption gaz :</b>	Dr. Sandrine Bourelly	sandrine.bourelly@univ-amu.fr	04 13 55 18 11
	<b>Adsorp.. Liq. Mouillage :</b>	Dr. Isabelle Beurroies	isabelle.beurroie@univ-amu.fr
<b>Immersion :</b>	Dr. Vanessa Coulet	vanessa.coulet@univ-amu.fr	04 13 55 18 09
<b>Mots clés :</b>	Caractérisation, analyse thermique, adsorption, mouillage		

#### *Gravimétrie par adsorption de gaz haute Pression*

Ces appareils basés sur un principe de gravimétrie par suspension magnétique (la cellule contenant l'adsorbant est maintenue en lévitation) permettent des expériences d'adsorption haute pression-haute température. La détermination de la densité de la phase gaz est faite in-situ.

Instruments :

- ▶ Rubotherm: 3 appareils

<b>Contacts :</b>	Dr. Sandrine Bourelly	sandrine.bourelly@univ-amu.fr	04 13 55 18 11
	Mme Emily Bloch	emily.bloch@univ-amu.fr	04 13 55 18 07
<b>Mots clés :</b>	Caractérisation, adsorption, densité		

#### *Sorption dynamique de vapeur (DVS)*

Des balances symétriques à compensation magnétiques permettent l'étude de l'adsorption de vapeurs organiques ou de l'eau sous flux d'un gaz vecteur.

Instruments :

- ▶ IGAsorp, Hiden isochema

<b>Contacts :</b>	Dr. Sandrine Bourelly	sandrine.bourelly@univ-amu.fr	04 13 55 18 11
	Mme Emily Bloch	emily.bloch@univ-amu.fr	04 13 55 18 07
<b>Mots clés :</b>	Caractérisation, adsorption d'eau, adsorption de vapeur		

#### 4.2.5.2 Analyse texturale

Les propriétés telles que l'aire développée, la taille des pores, le volume des pores et la densité apparente peuvent être évaluées par physisorption gazeuse (Ar, N<sub>2</sub>, Kr @ 77 K), porosimétrie au Hg et pycnométrie He. Un des appareils de physisorption est équipé d'un cryostat He permettant d'effectuer des mesures dans une gamme de température de 50 à 300 K. Le laboratoire peut ainsi caractériser des matériaux poreux présentant des tailles de pores allant de 0,3 nm à 300 µm.

Instruments :

- ▶ Micromeritics Gemini faibles aires spécifiques (<10 m<sup>2</sup>/g)
- ▶ Micromeritics ASAP 2010, ASAP 2020 microporeux
- ▶ Micromeritics Triflex tout échantillon
- ▶ 2 BELSORB : gaz ou vapeur, tout échantillon
- ▶ Poremaster de Quantachrome : porosimétrie mercure

<b>Contacts :</b>	Dr. Sandrine Bourelly	sandrine.bourelly@univ-amu.fr	04 13 55 18 11
	Dr. Vanessa Coulet	vanessa.coulet@univ-amu.fr	04 13 55 18 09
	Mme Emily Bloch	emily.bloch@univ-amu.fr	04 13 55 18 07
<b>Mots clés :</b>	Caractérisation, adsorption, porosimétrie		

#### 4.2.5.3 Stations électrochimiques

Potentiostats/galvanostats impédancemètres pour l'analyse des processus électrochimiques (cyclage batteries, test piles à combustibles, corrosion...). Mesures de conductivité : application aux mesures de tortuosité des matériaux poreux.

Instruments :

- ▶ Potentiostats/Galvanostats/Impédancemètres : Biologic SP-150, Biologic VSP-300, PAR VersaSTAT 3 (×2), Solartron SI 1287 (×2) et SI 1260, Autolab PGSTAT204, Électrodes à disque tournant (EDT), Microbalance à quartz (EQCM, QCM 922)

<b>Contact :</b>	Dr. Florence Vacandio	florence.vacandio@cinam.univ-amu.fr	04 13 55 18 37
<b>Contact :</b>	Dr. Chrystelle Lebouin	chrystelle.lebouin@univ-amu.fr	04 13 55 18 27
<b>Mots clés :</b>	caractérisation, électrochimie		

#### 4.2.5.4 Spectroscopies

*Spectroscopie FTIR*

Instrument : Bruker Vertex 70v

- ▶ Détecteur FPA (focal plan array) est refroidi à l'azote liquide et compte 16384 détecteurs. La résolution spatiale d'environ 40 µm

Instruments : Bruker Equinox 55

- ▶ 2 détecteurs : DTGS et MCT
- ▶ Cellule liquide, pastilles, cellule de réflexion diffuse, ATR

<b>Contact :</b>	Pr. Mickaël Anthony	ml.anthony@univ-amu.fr	04 13 55 18 41
<b>Mots clés :</b>	Caractérisation, spectroscopie, analyse chimique		

*Spectroscopie FTIR portable*

Instrument : Bruker Alpha Réflexion transportable, équipé d'un module de réflexion spéculaire et doté d'une caméra pour visualiser et enregistrer la zone mesurée (analyse manuscrits)

<b>Contact :</b>	Dr. Florence Boulch	florence.boulch@univ-amu.fr	04 13 55 18 20
<b>Mots clés :</b>	Caractérisation, spectroscopie, analyse chimique		



## Spectroscopie UV-Visible

2 appareils UV dont un double faisceau : analyse solutions et solides

**Contact :** Dr. Virginie Hornebecq virginie.hornebecq@univ-amu.fr

04 13 55 18 23

**Mots clés :** Caractérisation, spectroscopie, analyse chimique

## Chromatographie

HPLC, chromatographie gaz (couplée spectro de masse), chromatographie gazeuse inverse (IGC), ISEC (Chromatographie d'exclusion de taille). Ces méthodes sont utilisées pour la caractérisation des solides poreux, les mesures de diffusion et non pour de l'analyse chimique.

**Contact :** Dr. Véronique Wernert veronique.wernert@univ-amu.fr

04 13 55 18 40

**Mots clés :** Caractérisation, analyse chimique

## 4.2.6 PIIM

### 4.2.6.1 AFM

Cet appareil permet de faire des mesures de microscopie par force atomique sous air en standard sur des échantillons de dimensions (mm) 10×10, Ø 40 (max.), d'épaisseur < 10 mm, avec des scans de 40×40×2,5 mm. La résolution horizontale est de 1 à 10 nm et la résolution verticale inférieure à 1 nm. Il est utilisé essentiellement pour les études liées aux matériaux d'intérêt pour la fusion magnétique, matériaux carbonés dont le diamant, tungstène et béryllium.

Instrument : NT-MDT, modèle Solver PRO

**Contacts :** Céline Martin celine.martin@univ-amu.fr

04 13 94 64 53

Grégory Giacometti gregory.giacometti@univ-amu.fr

**Mots clés :** Caractérisation, microscopie, analyse de surface, AFM/STM

### 4.2.6.2 Piège à ions moléculaires froids

Cette expérience a pour but de caractériser les propriétés optiques des ions moléculaires, plus précisément le spectre électronique et les processus et dynamiques de fragmentation suite à l'absorption d'un photon UV ou visible (de  $\lambda = 225$  à  $700$  nm,  $5,5 - 1,7$  eV).

Elle comprend une trappe à ions refroidie à quelques K dans laquelle sont injectés des ions issus d'une source electrospray (protonées/déprotonées) ou une source à décharge (radicaux). Les ions sont piégés, refroidis puis fragmentés par des lasers accordables d'un résolution spectrale de  $0.02$  nm ( $\sim 0.3$  meV) et d'une largeur spectrale de  $10$   $\text{cm}^{-1}$  permettant de sonder sélectivement les transitions vibroniques. Les fragments (chargés et neutres) issus de la photo-fragmentation sont analysés par un spectromètre de masse à temps de vol.

Il y a également une source de jet moléculaire pour étudier les espèces neutres par ionisation multi-photonique.

**Contact :** Jennifer Noble jennifer.noble@univ-amu.fr

**Mots clés :** caractérisation, analyse chimique

### 4.2.6.3 Peigne de fréquence

Un laser impulsif femtoseconde, amplifié et élargi en fréquence à l'aide d'une fibre à cristal photonique. Annulation de la fréquence d'offset de ce laser via une méthode de génération de différence de fréquence. La fréquence de répétition du laser peut être asservie sur un oscillateur stabilisé en température (OXCO) contrôlé par signal GPS, ou sur le laser d'horloge à  $\lambda = 729$  nm. Développement de techniques de caractérisation et d'asservissement à mieux que  $10^{-13}$ .

**Contact :** Caroline Champenois caroline.champenois@univ-amu.fr  
**Mots clés :** caractérisation, optique/photonique

04 13 94 64 13

## 4.3 Caractérisations Optiques/Photoniques

### 4.3.1 CINaM

#### 4.3.1.1 Spectroscopie de nano-objets individuels

Montage dédié à l'étude des propriétés optiques sur objets individuels composé d'un microscope inversé motorisé Zeiss, adapté pour la spectroscopie des nano-objets ( $\lambda = 250-1100$  nm). L'équipement peut fonctionner en transmission ou en réflexion en champ sombre et en champ clair, avec une résolution limitée par la diffraction. L'analyse à travers un spectromètre compact refroidi permet des mesures à faible bruit sur des nano-objets individuels et des mesures *operando*. Le dispositif permet aussi d'effectuer des mesures de micro-photoluminescence.

**Contact :** Dr. Beniamino Sciacca beniamino.sciacca@cnr.fr 06 60 36 28 22  
**Mots clés :** Caractérisation optique

#### 4.3.1.2 Spectroscopie d'absorption et d'émission

Montage expérimental de spectroscopie dans la gamme ( $\lambda = 350-2100$  nm) qui utilise une source laser blanc (NKT-Fianium) pour la cartographie à haute résolution (1 nm):

- de l'absorbance quantitative des nano-objets individuels
- du photocourant dans des dispositifs optoélectroniques nanostructurés à très faible puissance

Le système est aussi équipé avec un spectrographe et une caméra refroidi pour des mesures à haute résolution pour :

- la photoluminescence
- l'électroluminescence
- l'analyse de la distribution angulaire de diffusion et émission (microscopie de Fourier)

**Contact :** Dr. Romain Parret romain.parret@univ-amu.fr 06 62 92 28 67  
**Contact :** Dr. Beniamino Sciacca beniamino.sciacca@cnr.fr 06 60 36 28 22  
**Mots clés :** Caractérisation optique

#### 4.3.1.3 Photoluminescence

Excitation avec un laser cw He-Cd (10 mW, Gaussian TEM<sub>00</sub> mode). Détection via un spectromètre présentant une résolution de 21 nm/mm.

**Contact :** Dr. Didier Tonneau didier.tonneau@univ-amu.fr 06 29 41 37 81  
**Mots clés :** Caractérisation optique

#### 4.3.1.4 Microscopie TIRFM et RICM

Le microscope de fluorescence par réflexion totale interne (TIRFM), et la microscopie par réflexion par interférence (RICM) sont des techniques de microscopie optique qui utilisent soit la fluorescence pour examiner une tranche très fine d'un échantillon (moins de 200 nm d'épaisseur) ou la lumière polarisée pour former une image d'un objet sur une surface de verre. Particulièrement adapté aux échantillons biologiques.

Instruments : Microscopes inversés TIRFM et RICM

**Contact :** Dr. Kheya Sengupta kheya.sengupta@univ-amu.fr 06 60 30 28 91

**Mots clés :** Caractérisation, optique/photonique, biologie

## 4.3.2 IM2NP

### 4.3.2.1 Ellipsométrie Optique

En mesurant l'état de polarisation de la lumière après réflexion et à l'aide d'une modélisation physique de l'échantillon, l'ellipsométrie spectroscopique permet de déterminer la dispersion optique des indices  $n$  et  $k$  d'un matériaux massif, d'une couche mince ou d'un empilement de couches minces.

Instrument : Semilab SE 2000

**Contact :** Dr. David Duché david.duche@univ-amu.fr

06 19 57 87 35

**Mots clés :** caractérisation, spectroscopie, photonique/optique

### 4.3.2.2 Spectroscopie RAMAN

Le système a deux sources laser incorporées à 532 nm et 638 nm. La table de déplacement d'échantillons combinée avec la résolution optique du microscope permet de faire des cartographies 2D de Raman et de photoluminescence avec une résolution spatiale à la limite de résolution optique. Le système permet aussi de faire des mesures de photoluminescence dans la gamme visible (jusqu'au 900 nm).

**Contact :** Dr Carmen Ruiz-Herrero carmen.ruiz-herrero@univ-amu.fr

**Mots clés :** caractérisation, spectroscopie, photonique/optique

## 4.3.3 Institut Fresnel

### 4.3.3.1 Microscopie confocale de fluorescence résolue en temps

Microscope confocal avec scanner piezo combiné avec différentes lignes laser impulsionnelles pour la détection de fluorescence résolue en temps. Détection de fluorescence et photoluminescence de molécules et nano-objets uniques. Techniques TCPSC, FLIM, FCS, FCCS, FRET. Gamme spectrale UV, VIS, proche IR. Excitations à 266, 295, 488, 557, 635nm

Instrument : 3 microscopes home-made avec matériel TCSPC picoquant PicoHarp300 et Hydrharp400

**Contact :** Dr. Jérôme Wenger jerome.wenger@fresnel.fr

04 91 28 84 94

**Mots clés :** caractérisation, microscopie, optique/photonique

### 4.3.3.2 Microscopie optique en champ proche de type diffusif (s-SNOM)

Microscope optique en champ proche de type diffusif donc basé sur un fonctionnement de microscopie à force atomique couplé à un laser visible de longueur d'onde  $\lambda = 633$  nm ce qui permet d'obtenir des cartographies de champ avec des résolutions spatiales de l'ordre de 10 à 30 nm. Le système peut être étendu à des sources laser du visible à l'infra-rouge voire le THz en conservant cette résolution spatiale. L'illumination et la collection se font par un système interférométrique permettant l'extraction de l'amplitude et de la phase du signal optique. Le système actuel est en mode imagerie en réflexion.

**Contact :** Dr. Aude Lereu aude.lereu@fresnel.fr

06 30 30 89 39

**Contact :** Dr. Julien Lumeau julien.lumeau@fresnel.fr

06 72 28 90 61

**Mots clés :** caractérisation, microscopie, optique/photonique, AFM/STM

#### 4.3.3.3 Microscopie quantitative de phase

Technique de microscopie optique capable de mesurer les propriétés optiques de nanoparticules (polarisabilité complexe, sections efficaces d'absorption, extinction et diffusion), de matériaux 2D (indice de réfraction complexe) et de métasurfaces (distorsion de front d'onde).

**Contact :** Dr. Guillaume Baffou      guillaume.baffou@fresnel.fr      04 13 94 54 43  
**Mots clés :** caractérisation, microscopie, optique/photonique

#### 4.3.4 LP3

##### Ellipsométrie

Ellipsomètre spectroscopique UV-VIS-IR fonctionnant en réflexion et en transmission. Goniomètre motorisé avec positionnement vertical de l'échantillon.

Instrument : J. A. Woollam VASE

**Contact :** Olivier Uteza      olivier.uteza@univ-amu.fr      06 12 57 08 97  
**Mots clés :** épaisseur, constant optique/diélectrique

#### 4.3.5 PIIM

##### 4.3.5.1 Microscopie Raman

La mesure par microscopie Raman de la réponse vibrationnelle des matériaux donne des informations sur leur composition chimique et sur leur structure. Cette méthode est rapide et non destructive. Elle est utilisée principalement dans le cadre des études des matériaux d'intérêt pour la fusion, à base de carbone, béryllium et tungstène.

L'appareil est un microscope équipé de trois sources laser continues ( $\lambda = 325, 514$  et  $633$  nm), trois réseaux de 600, 1800 et 2400 traits/mm, un filtre Notch pour la mesure Stokes et Anti-Stokes, une platine motorisée xy et un mode d'acquisition en cartographie. Le domaine spectral accessible va jusqu'à  $80 \text{ cm}^{-1}$  et la résolution est de l'ordre de  $1 \text{ cm}^{-1}$ . Il est couplé avec des cellules environnementales pour mesures in-situ permettant le chauffage sous atmosphère neutre ou oxydante (Linkam TS1500 : jusqu'à  $200 \text{ °C min}^{-1}$ ,  $T_{\text{max}} = 1500 \text{ °C}$ , 2 bar) ou le chauffage sous atmosphère (Linkam CCR1000 : jusqu'à  $200 \text{ °C min}^{-1}$ ,  $T_{\text{max}} = 1000 \text{ °C}$ , 5 bar).

Instrument : Labram HR de la société Horiba Jobin Yvon

**Contacts :** Cédric Pardanaud      cedric.pardanaud@univ-amu.fr      04 13 94 64 59  
**Mots clés :** Caractérisation, spectroscopie, microscopie, analyse de surface

##### 4.3.5.2 Microscopie confocale

Le microscope confocal permet d'observer la topographie des surfaces des matériaux par des mesures sans contact de profilométrie optique 3D. Il est utilisé en priorité dans le cadre des études des matériaux d'intérêt pour la fusion magnétique et plus particulièrement pour la caractérisation de l'érosion des composants face au plasma en tungstène activement refroidis en place dans la machine WEST à Cadarache.

L'appareil possède 4 sources LED, une caméra CCD 1.3 Mpx, des objectifs confocaux 10×, 20×, 100×, et un objectif interférométrique 50×, et une platine xy motorisée. Il permet d'imager tous types d'échantillons, plats ou très rugueux, avec une précision verticale nanométrique.

Instrument : S-NEOX de SENSOFAR

**Contacts :** Céline Martin      celine.martin@univ-amu.fr      04 13 94 64 53  
**Mots clés :** Caractérisation, microscopie

# 5 ÉQUIPEMENTS SUPPORTS DE LA RECHERCHE

En plus des équipements de recherche, certains laboratoires d'AMUtech possèdent des plateformes de support à la recherche remarquables et très utiles à la communauté. Certains sont déjà mutualisés. D'autres sont ouverts aux autres laboratoires selon des conditions propres.

## 5.1 Fédération de chimie

### 5.1.1 Centre Régional de Compétences en Modélisation Moléculaire

Le CRCMM est une entité de la Fédération des Sciences Chimiques de Marseille qui offre des ressources de calcul aux différents groupes universitaires de Marseille ayant un intérêt en chimie théorique.

#### Compétences

- › Gestion et administration du cluster de calcul (Slater).
- › Installation des logiciels de calcul de chimie théorique sur le cluster.
- › Le conseil sur le choix des logiciels et des méthodes de modélisation moléculaire à employer en fonction du problème à traiter.
- › Organisation de formations afin d'assurer un transfert de connaissances et de compétences.
- › Optimisation des codes pour de nouvelles architectures.

#### Ressources

Slater est un cluster HP composé d'une frontale et de 30 nœuds de calcul HP Proliant BL460c et un nœud GPU HP Proliant XL190r pour un total de 420 cœurs de calcul.

<b>Resp. scientifique :</b>	Pr. Didier Siri	didier.siri@univ-amu.fr	04 13 94 58 90
<b>Resp. technique :</b>	Mme Sara Chentouf	sara.chentouf-beneddra@univ-amu.fr	04 13 94 57 38
<b>Site web :</b>	<a href="https://fr-chimie.univ-amu.fr/crcmm/">https://fr-chimie.univ-amu.fr/crcmm/</a>		
<b>Mots clés :</b>	Simulation / Calcul numérique		

## 5.1.2 Service Commun Soufflage de Verre

Le SCSV est une entité de la Fédération des Sciences Chimiques de Marseille qui offre des services de conception et réalisation de montage de verrerie.

### 5.1.2.1 Compétences

Définition des besoins et apport critique aux demandes de réalisations.

Support technique à l'expérimentation de la chimie, physique, biologie et pharmacie.

Formations :

- Stage : découverte du métier de souffleur de verre.
- Stage : étudiant en dernière année de formation souffleur de verre.
- Stage : professionnel "Appréhender le verre à chaud et faire des scellements sous vide".

### 5.1.2.2 Prestations

Tous travaux de soufflage de verre scientifique :

- Neuf sur mesure, adaptation, réparation et remise en état.
- Intervention ponctuelle dans les laboratoires avec un chalumeau portable.
- Usinage et perçage de matière PTFE (petite section).

Le service récupère la verrerie inutilisée dans les laboratoires (si elle n'est pas souillée par du mercure ou autres produits toxiques). Une pièce est dédiée à cet effet. N'hésitez pas à venir chercher vos pièces.

**Responsable technique :** Mme Frédérique Berger frederique.berger@univ-amu.fr 04 13 94 57 49  
**Site web :** <https://fr-chimie.univ-amu.fr/soufflage-de-verre/>  
**Mots clés :** Service d'appui

# 6 PARTENAIRES

## 6.1 CRHEATEC

### 6.1.1 Zone de chimie et de lithographie

#### 6.1.1.1 Équipement de lithographie électronique hybride

L'écriture directe avec un faisceau d'électron permet de reproduire des motifs sur un échantillon par l'intermédiaire d'une résine électrosensible. Ce système vient compléter la lithographie optique pour atteindre des tailles submicrométriques.

Instrument : MEB Zeiss Supra 40 avec un système Raith ELPHY Plus

- › Tension d'accélération 0.5 à 30 kV
- › Maximum Champ d'écriture : 1 × 1 mm
- › Alignement manuel
- › Résolution ultime : 20 nm
- › Taille échantillons : de quelques mm jusqu'à 3"

<b>Contact :</b>	M. Sébastien Chenot	sc@crhea.cnrs.fr	04 93 95 78 31
<b>Site web :</b>	<a href="https://www.crhea.cnrs.fr/equipements.htm">https://www.crhea.cnrs.fr/equipements.htm</a>		
<b>Mots clés :</b>	Microfabrication, lithographie, microscopie		

#### 6.1.1.2 Aligneurs de masque

La photolithographie permet de reproduire, avec un alignement de précision, les motifs d'un masque optique (masque en quartz avec des motifs, opaques, en Cr), sur un échantillon, par l'intermédiaire d'une résine photosensible.

Instrument : Aligneurs de masque SUSS Microtec MA6

- › Lampe UV Hg (350W) broadband
- › Alignement TSA (face avant)
- › Résolution :
  - Chambre à vide < 0.8
  - Hard contact : Pression mécanique + pression par jet d'azote < 1.5
  - Soft contact : Pression mécanique < 2.5
  - Proximité < 3

- › Précision d'alignement : 0.5  $\mu\text{m}$
- › Taille masques : 4 - 5"
- › Taille échantillons : de quelques mm jusqu'au substrat 100 mm

Instrument : Aigneurs **SUSS Microtec MJB3**

- › Lampe UV Hg (200W) broadband
- › Résolution :
  - Chambre à vide < 0.8
  - Hard contact : Pression mécanique + pression par jet d'azote (1  $\mu\text{m}$ )
  - Soft contact : Pression mécanique (2  $\mu\text{m}$ )
- › Précision d'alignement : 1  $\mu\text{m}$
- › Taille masques : 2 - 4"
- › Taille échantillons : de quelques mm jusqu'au substrat 2"

Tournette Karl Süss RC8 Gyrset (hotte épandage résine), Tournette SUSS Labspin6 (hotte épandage résine), Tournette SPS POLOS SPIN150i (nettoyage des échantillons)

<b>Contact :</b>	M. Sébastien Chenot	sc@crhea.cnrs.fr	04 93 95 78 31
<b>Site web :</b>	<a href="https://www.crhea.cnrs.fr/equipements.htm">https://www.crhea.cnrs.fr/equipements.htm</a>		
<b>Mots clés :</b>	Microfabrication, lithographie		

## 6.1.2 Zone de gravure

### 6.1.2.1 Gravure ionique plasma haute densité RIE

Il s'agit d'une gravure physico-chimique, car elle met en jeu à la fois un bombardement ionique et une réaction chimique entre le gaz ionisé (plasma) et la surface de l'échantillon. Par rapport à une RIE « traditionnelle », la RIE-ECR présente un plasma haute densité (du fait de la source micro-onde), un plasma à faible potentiel et à basses énergies d'ions à basse pression en raison du confinement magnétique des électrons (source ECR).

Instrument : **Oxford 100**

- › Pompage Turbomoléculaire : vide limite de qq $\mu\text{s}$  10<sup>-7</sup> mbar
- › Sas d'introduction
- › Lignes de gaz : Cl<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, Ar, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub>
- › Capacité : substrat 2" (et jusqu'à 100mm)
- › Matériaux gravés : GaN, AlGa<sub>N</sub>, AlN, SiC, SiO<sub>2</sub>, Si, ZnO, ZnMgO...
- › Contrôle in-situ de l'épaisseur gravée

Instrument : **ICP-RIE Corial 210IL**

- › Pompage Turbomoléculaire
- › Lignes de gaz : HBr, BCl<sub>3</sub>, Cl<sub>2</sub>, CHF<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>, CH<sub>4</sub>, SF<sub>6</sub>, O<sub>2</sub>, Ar, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>
- › Matériaux gravés : GaN, AlGa<sub>N</sub>, AlN, SiC, SiO<sub>2</sub>, Si, ZnO, ZnMgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>...
- › Contrôle in-situ de l'épaisseur gravée

<b>Contact :</b>	M. Sébastien Chenot	sc@crhea.cnrs.fr	04 93 95 78 31
<b>Site web :</b>	<a href="https://www.crhea.cnrs.fr/equipements.htm">https://www.crhea.cnrs.fr/equipements.htm</a>		
<b>Mots clés :</b>	Élaboration, gravure		



### 6.1.3 Zone de dépôt

#### 6.1.3.1 Dépôt par canon d'électrons

Le matériau à déposer est évaporé suite à un bombardement localisé d'électrons de haute énergie générés par un filament en tungstène (canon à électron).

Instrument : EVA 450

- › Pompage Cryogénique : vide limite de qqs  $10^{-8}$  mbar
- › Sas d'introduction
- › Balance à quartz donnant accès à l'épaisseur déposée
- › Capacité : substrat jusqu'à 100mm
- › Matériaux gravés : Ti, Al, Ni, Au, Ag, Pt, Ge, Mo...
- › Diélectriques :  $\text{SiO}_2$ .

#### 6.1.3.2 Dépôt par évaporation par effet Joule

Le matériau à déposer est évaporé en faisant passer un courant de forte intensité au travers d'un creuset en tungstène.

Instrument : RIBER

- › Pompage turbomoléculaire + ionique : vide limite de qqs  $10^{-7}$  Torr
- › Balance à quartz donnant accès à l'épaisseur déposée
- › Capacité : substrat jusqu'à 100mm
- › Courant maximum : 250 A
- › Métaux : Ti, Al, Ni, Au, Cr, Si, In, Pd, Ge...

#### 6.1.3.3 Dépôt par pulvérisation cathodique

Le matériau à déposer est pulvérisé suite à un bombardement d'ions  $\text{Ar}^+$ , issus d'un plasma Ar, suite à l'accélération imposée par le champ électrique entre la cible et l'échantillon. Les particules pulvérisées sont en général électriquement neutres, et sont diffusées dans l'enceinte pour se déposer sur le substrat. Le mode « etch » peut également être utilisé pour la gravure ou la préparation de surface avant dépôt.

Instrument : MRC

- › Pompage turbomoléculaire : vide limite de  $\sim 7 \times 10^{-6}$  Torr
- › Balance à quartz donnant accès à l'épaisseur déposée
- › Capacité : substrat 2" (et jusqu'à 100mm)
- › Métaux : Mo, Ta, W, Al...
- › Isolants :  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ...

Contact :

M. Sébastien Chenot sc@crhea.cnrs.fr

04 93 95 78 31

Site web :

<https://www.crhea.cnrs.fr/equipements.htm>

Mots clés :

Élaboration, couches minces

### 6.1.4 Traitement thermique

Le four de recuit permet des recuits thermiques très courts allant de quelques secondes (pour la diffusion des contacts processés) à quelques minutes (réorganisation des couches épitaxiées). Etuve est aussi disponible.

Instrument : Four de recuit rapide Jipelec Jetfirst 150

- › Programmation par ordinateur externe dédié
- › Recuits sous : vide, ou sous atmosphère ( $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ )

- › Suscepteur en graphite recouvert de SiC
- › Taille échantillons : jusqu'à 100 mm
- › Lampes halogènes : 2 zones de 6 lampes
- › Température maximale : 1300°C
- › Mesure de température (thermocouple K et pyromètre optique)
- › Ligne de purge : N<sub>2</sub>

Instrument : **Etuve Memmert UN30Plus**

- › Programmable (rampe et palier)
- › Température maximale : 300°C

<b>Contact :</b>	M. Sébastien Chenot	sc@crhea.cnrs.fr	04 93 95 78 31
<b>Site web :</b>	<a href="https://www.crhea.cnrs.fr/equipements.htm">https://www.crhea.cnrs.fr/equipements.htm</a>		
<b>Mots clés :</b>	Traitement thermique		

## 6.1.5 Métrologie

### 6.1.5.1 Profilomètre

Le profilomètre est un outil extrêmement intéressant pour l'élaboration de composants puisqu'il permet la mesure de marches de résines, de métaux ou encore de profondeurs gravées. Cet équipement permet également des mesures de contraintes grâce à l'analyse de la courbure des plaquettes ainsi que des mesures 3D. La position de la tête est entièrement programmable et permet de vérifier l'homogénéité d'un procédé sur toute la surface d'une plaquette (jusqu'à 200mm).

Instrument : **Profilomètre Veeco Dektak 8**

- › Taille platine : 200 mm
- › Résolution verticale max : 1 Å
- › Gamme de mesure verticale : 262 µm
- › Longueur de balayage : 50µm-50 mm
- › Force d'appui du stylet : 1-15 mg

### 6.1.5.2 Microscope Reichert Polyvar

Équipé d'une caméra

<b>Contact :</b>	M. Sébastien Chenot	sc@crhea.cnrs.fr	04 93 95 78 31
<b>Site web :</b>	<a href="https://www.crhea.cnrs.fr/equipements.htm">https://www.crhea.cnrs.fr/equipements.htm</a>		
<b>Mots clés :</b>	Caractérisation		

## 6.2 Centre de Microélectronique de Provence

Situé à Gardanne le Centre de Microélectronique de Provence est l'un des 5 centres de Formation de de Recherche de l'École des mines de Saint-Étienne. En plus des 4 départements dédiés à la recherche, le CMP dispose d'une salle blanche équipée de nombreux instruments d'élaboration et caractérisation des matériaux. Des collaborations existent déjà entre les unités d'AMUtech et celle du CMP. Cependant, une convention de collaboration entre le CMP et AMUTech est en cours de finalisation.

Elle regroupe de nombreuses activités des de recherches au sein de la salle blanche de 600 m<sup>2</sup> avec deux zones (Classe 10 000, 1000 et 100) :

- › Analyse prédictive et prescriptive
- › Bioélectronique
- › Caractérisation de matériaux et dispositifs
- › Caractérisation sécuritaire
- › Electronique imprimée
- › Fiabilité
- › Procédés de micro et nano fabrication
- › Prototypage
- › Synthèse et caractérisation de matériaux
- › Stockage et conversion de l'énergie

Principaux équipements :

*Techniques de dépôt de couches minces :*

- › PVD
- › CVD ALD
- › recuits flash

*Techniques de patterning :*

- › Photolithographie UV
- › Gravure
- › Sérigraphie
- › Impression
- › ablation laser

*Techniques de caractérisation :*

- › Microscopie électronique à balayage + EDX
- › spectroscopie de Raman
- › Kelvin Probe
- › AFM/STM
- › Ellipsométrie spectroscopique
- › Méthodes électrochimiques
- › Analyse thermique différentielle

**Contact :** M. Gaëlle Rondeau

rondeau@emse.fr

**Site web :** <https://www.mines-stetienne.fr/recherche/centres-et-departements/centre-microelectronique-de-provence/>

**Mots clés :** Caractérisation



# 7 PROJETS D'EQUIPEMENTS

Les laboratoires d'AMUtech cherchent à développer leur potentiel expérimental et/ou de calcul en construisant des projets d'investissement dans des équipements de pointes. Nous listons ici certains projets d'envergure en cours d'élaboration ou d'instruction par les institutions qui les financeront potentiellement.

## 7.1 Equipex IDEC

L'objectif du projet IDEC est de donner accès aux systèmes d'imagerie et de détection de nouvelle génération en optique et micro-ondes, basés sur une pure co-conception matériel-logiciel qui bénéficiera des connaissances et expériences complémentaires des chercheurs et ingénieurs de l'Institut Fresnel en matière d'approches numériques et d'instrumentation.

- L'imagerie optique résolue en polarisation et multiphotons par balayage intelligent utilisera des stratégies d'apprentissage en temps réel, incluant le deep learning, pour l'imagerie optimisée de tissus biologiques vivants complexes.
- L'imagerie Compressive Raman utilisera des filtres binaires optimisés pour l'imagerie rapide de produits chimiques spécifiques dans des échantillons biologiques et biomédicaux.
- L'imagerie de super résolution à grand champ utilisera un éclairage aléatoire et une reconstruction intelligente pour l'imagerie rapide non supervisée de super résolution en profondeur des tissus.
- L'analogie et l'imagerie 3D par micro-ondes utiliseront des outils de reconstruction optimaux pour l'imagerie 3D d'analogues d'échantillons inaccessibles (astrophysique, informations enfouies, bioprocédés, radar).
- La diffusiométrie résolue spatialement utilisera des outils d'intégration et de récupération de phase pour l'analyse intelligente de la surface d'optiques sensibles (missions spatiales).

**Responsable :**

Dr. Sophie Brasselet      sophie.brasselet@fresnel.fr

04 91 28 84 94

**Site web :**

<https://www.fresnel.fr/spip/spip.php?article1795>

**Mots clés :**

Caractérisation optique

## 7.2 Pertinence

L'objectif du projet PERTINENCE est de coordonner les investissements en équipements pour trois plateformes technologiques académiques de micro- et nano-fabrication de la région Sud. Les trois plateformes sont deux centrales académiques de technologie de PACA (CT-PACA) (PLANETE dépendant du CINaM et NANOTECMAT dépendant de l'IM2NP) ainsi que l'Espace Photonique (dépendant de l'Institut Fresnel), toutes rattachés au réseau labellisé « Plateformes Technologiques du Site d'Aix-Marseille ».

L'objectif est de doter ces plateformes des équipements nécessaires, soit par jouvence soit par complément d'équipements, pour réaliser des projets de recherche académiques et des projets de recherche technologiques avec les PME de la région.

Les plateformes de micro et nanofabrication sont indispensables pour le développement de filières et technologies clefs identifiées comme stratégiques par la région Sud. Ces filières concernent les énergies de demain, les écotechnologies, l'aéronautique, le spatial et la santé. Les technologies clefs connexes sont l'optique, la photonique et les matériaux.

Les outils demandés dans le cadre de ce projet sont :

1. Pour le **CINaM** : un **FIB dual beam**, outil nécessaire de nanofabrication par synthèse additive ou soustractive et de caractérisation notamment pour la découpe de lames ultra-minces pour la microscopie électronique à transmission ou des mesures MEB.
2. Pour l'**IM2NP** : l'acquisition d'un nouveau **microscope à force atomique** (AFM), l'acquisition d'un nouveau **réacteur de gravure plasma** et enfin l'acquisition d'une **colonne électronique à effet de champ pour l'imagerie et la gravure** simultanée de nanostructures.
3. Pour l'**Institut Fresnel**, une nouvelle **machine de pulvérisation cathodique magnétron assistée par plasma** pour la réalisation de composants complexes pour la spatial, la biologie...

<b>Contacts :</b>	Pr. Pierre Müller	pierre.muller@univ-amu.fr	06 62 92 28 51
	Dr. Antoine Ronda	antoine.ronda@im2np.fr	04 13 94 53 93
	Dr. Julien Lumeau	julien.lumeau@fresnel.fr	06 72 28 90 61

## 7.3 PRISM

Les progrès en science des matériaux sont liés à la découverte de nouveaux matériaux ou à la possibilité d'enrichir les propriétés de matériaux existants par de nouvelles combinaisons, architectures ou nanostructuration qui modifient la structure de bande électronique et/ou créent de nouveaux états électroniques. Deux des voies d'avenir en science des matériaux concernent les nouveaux matériaux quantiques (dont l'étude requiert la prise en compte d'effets quantiques collectifs) et les matériaux complexes (nanostructurés, architecturés, naturels ou de synthèse). Si l'étude des propriétés des nouveaux matériaux quantiques nécessite une connaissance fine de leur structure électronique (résolue angulairement et en spin), l'étude des matériaux complexes, par nature hétérogènes, nécessite en outre l'accès aux propriétés électroniques et chimiques locales.

La photoémission donne accès aux niveaux électroniques de cœur caractéristiques de chaque élément, permet de sonder leur environnement chimique (XPS), et permet de déterminer leur structure de bandes (ARPES/ARUPS) pour comprendre les propriétés électroniques et de transport.

La spectromicroscopie est indispensable pour l'étude des matériaux complexes hétérogènes naturels ou de synthèse en permettant une cartographie chimique à haute résolution spectrale et spatiale.

Le projet PRISM du CINaM a pour but de développer une plateforme mutualisée permettant de combiner photoémission (X et UV) résolue angulairement et spectromicroscopie électronique. PRISM est ainsi conçu comme un ensemble de bûches expérimentaux de préparation d'échantillons (chambre de croissance), de moyens de spectroscopie (ARPES/ARUPS) et de spectromicroscopie connectés à un tube permettant de transférer dans des conditions d'ultra haut vide (UHV) les échantillons d'une expérience à l'autre. Le projet est conçu de façon à pouvoir évoluer puisque d'autres équipements pourront ultérieurement être connectés au tube. De nombreux projets scientifiques sont d'ores et déjà programmés.

Le projet d'équipement PRISM dotera le site d'outils de caractérisation et de mesure de propriétés de premier plan seuls à mêmes de permettre le développement au plus haut niveau des sujets actuels de recherche en science des matériaux mais également de favoriser l'émergence de nouvelles thématiques afin de concevoir les matériaux du futur.

Ce projet sera localisé au CINaM sur le campus de Luminy.

**Contact :** Pr. Pierre Müller

pierre.muller@univ-amu.fr

06 62 92 28 51

**Mots clefs :** Caractérisation, analyse de surface, spectroscopie, microscopie

## 7.4 Projet New-PFT : Nouvelle génération de plateformes technologiques des Sciences Chimiques d'Aix-Marseille

Ce projet d'investissement (2,5 M€) vise le renforcement d'infrastructures de recherche existantes en développant le potentiel analytique de 2 plateformes technologiques mutualisées gérées par la Fédération Sciences Chimiques Marseille (FSCM, FR1739) : Spectropole et CP2M, qui offrent des moyens uniques de caractérisation moléculaire et morphologique aux communautés académiques et privées aux niveaux régional, national, et international.

Les équipements du projet New-PFT (résumés dans le Tableau ci-dessous) seront intégrés aux plateformes mutualisées Spectropole et CP2M de la FSCM, à l'exception du « spectromètre VCD automatique couplé à un module de criblage haut débit » et du « diffractomètre de rayons X sur poudre couplé avec manométrie d'adsorption et DSC » qui seront respectivement installés et gérés par l'iSm2 et le MADIREL, tout en restant ouverts à notre communauté.

Plateforme	Description	Montant
Spectropole	Axe 1. Spectromètre de masse haute résolution (QTOF) couplé à la mobilité ionique différentielle	520 000 €
	Spectromètres RMN du liquide haute résolution et haute performance	550 000 €
	Système de recyclage d'hélium gaz	250 000 €
	Axe 2. Spectromètre VCD automatique couplé à un module de criblage haut débit	460 000 €
	Axe 3. Diffractomètre de rayons X sur poudre couplé avec manométrie d'adsorption et DSC	450 000 €
CP2M	Caméra de technologie CMOS pour MET très haute résolution munie d'un correcteur optique	190 000 €
	Logiciel pour tomographie 3D	80 000 €
<b>Total</b>		<b>2 500 000 €</b>

### Contacts :

Stéphane Viel, FSCM (FR1739)	s.viel@univ-amu.fr	04 13 94 57 42
Nicolas Van Thuyne, iSm2 (UMR7313)	nicolas.vanthuyne@univ-amu.fr	04 13 94 56 48
Vanessa Coulet, MADIREL (UMR7246)	vanessa.coulet@univ-amu.fr	04 13 55 18 09



# 8 CONTACTS

Pierre Müller

Directeur

[amutech-direction@univ-amu.fr](mailto:amutech-direction@univ-amu.fr)

Lionel Santinacci

Chargé de mission « Plateformes »

[lionel.santinacci@univ-amu.fr](mailto:lionel.santinacci@univ-amu.fr)

Samantha Isaia

Chef de Projet

[samantha.isaia@univ-amu.fr](mailto:samantha.isaia@univ-amu.fr)

