



**HAL**  
open science

## **Bilan des activités 2020 de la plateforme de micro et nanotechnologies du LAAS-CNRS**

Hugues Granier, Alexandre Arnoult, David Bourrier, Laurent Bouscayrol, Pierre-François Calmon, Franck Carcenac, Samuel Charlot, David Colin, Véronique Conédéra, Rémi Courson, et al.

► **To cite this version:**

Hugues Granier, Alexandre Arnoult, David Bourrier, Laurent Bouscayrol, Pierre-François Calmon, et al.. Bilan des activités 2020 de la plateforme de micro et nanotechnologies du LAAS-CNRS. Rapport LAAS n° 21194. 2021. hal-03263205

**HAL Id: hal-03263205**

**<https://laas.hal.science/hal-03263205>**

Submitted on 17 Jun 2021

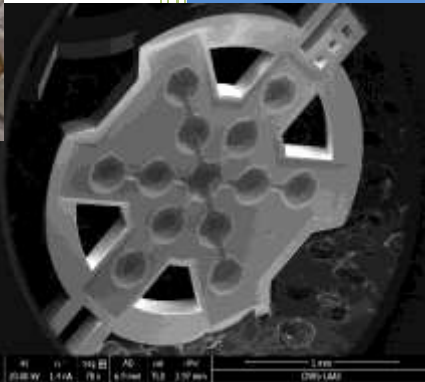
**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



# 2020

## Bilan des activités de la centrale de micro et nanotechnologies et du service TEAM



Service TEAM

LAAS-CNRS

Mars 2021

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| <b>PREAMBULE</b>            | <b>1</b>   |
| <b>LE PERSONNEL</b>         | <b>2</b>   |
| <b>LES EQUIPEMENTS</b>      | <b>10</b>  |
| <b>LES PROCEDES</b>         | <b>18</b>  |
| <b>BILAN DES ACTIVITES</b>  | <b>49</b>  |
| <b>PARTENARIAT RENATECH</b> | <b>62</b>  |
| <b>FORMATIONS</b>           | <b>71</b>  |
| <b>SECURITE</b>             | <b>79</b>  |
| <b>BUDGET</b>               | <b>84</b>  |
| <b>DEMANDES INTERNES</b>    | <b>92</b>  |
| <b>SYNTHESE</b>             | <b>100</b> |
| <b>ANNEXES</b>              | <b>108</b> |

## PREAMBULE



### La plateforme de micro et nanotechnologies du LAAS fait partie du réseau

Elle offre aux domaines sensibles aux contaminations environnementales une concentration particulière maîtrisée, une régulation de la température, de l'humidité, et de la lumière pour certaines opérations sensibles aux rayonnements ultraviolets au sein de la salle de 1600 m<sup>2</sup> en classes 100 et 10 000. Les équipements permettent l'élaboration, la mise en forme, le traitement de matériaux pour le prototypage de composants microélectroniques, optoélectroniques, micro et nano systèmes.

La gestion et le développement de l'infrastructure, des équipements et procédés ; le soutien aux projets de recherche sont assurés par le service TEAM.

Ces moyens humains et technologiques assurent le soutien des actions de recherche internes au LAAS, mais aussi l'accueil de demandes externes dans le cadre du réseau Renatech.

Annuellement l'activité du service est examinée par une commission (ComTEAM), présidée par le Directeur du laboratoire.

Ce document réalisé annuellement fait le bilan des activités 2020 et se projette sur des actions à conduire en 2021 dans les différentes zones gérées par le service TEAM.



Le projet cité dans ce document est cofinancé par la Région Occitanie et les fonds Européens Feder.



PROJET COFINANCÉ PAR LE FONDS EUROPÉEN DE DÉVELOPPEMENT RÉGIONAL

Les équipements DILASE 750 et Dilase 3D ont été financés dans le cadre de l'équipex



# Le personnel

Structure de fonctionnement du service TEAM

Organigramme fonctionnel

Evolutions en 2020

Analyse pluriannuelle des postes permanents

Expression des besoins

Quels axes de réflexion pour pallier aux manques ?

## STRUCTURE DE FONCTIONNEMENT DU SERVICE TEAM

### Les responsabilités assumées par les personnels

L'organisation décrite lors des bilans précédents est issue d'évolutions successives mais n'a pas évolué en 2020.

La dernière définition précise des responsabilités et rôles de chacun remonte à une dizaine d'année. L'environnement a depuis, beaucoup évolué tant en terme d'étendue des techniques proposées, de nombre et de nature des projets soutenus, que d'origine des utilisateurs en salle blanche.

En outre les perspectives de l'emploi technique pérenne sont préoccupantes.

Pour répondre à ces évolutions et tenter d'en anticiper de nouvelles le service TEAM mène une réflexion interne quant à son mode d'organisation.

### Implication dans les actions d'intérêt collectif.

Il s'agit d'implications dans des activités qui débordent des implications précédemment décrites.

Elles peuvent avoir lieu à différents niveaux. Sans exhaustivité :

#### Service :

- Maintenances au-delà de sa zone du fait de compétences particulières (électronique, informatique, vide, etc.)
- Participation aux quatre cellules pilotées par les adjoints au responsable de service.
- Gestion des stocks d'intérêt collectif (substrats, consommables divers, etc.)
- Etc.

#### Laboratoire :

- Participation aux instances du laboratoire (conseil de laboratoire, CLHSCT, etc.)
- Correspondant handicap
- Correspondante à l'égalité Femme/Homme
- Participation au groupe sur l'éthique dans la recherche
- Assistant de Prévention
- Etc.

#### National :

- Participation au pilotage du réseau Renatech
- Pilotage de Renatech+ GSO
- Membres de jury de concours internes / externes / sélection professionnelle
- Etc.

# ORGANIGRAMME FONCTIONNEL (au 1er janvier 2021)

## TEAM : TECHNIQUES ET ÉQUIPEMENTS APPLIQUÉS AUX MICRO ET NANO TECHNOLOGIES

### Responsable

Hugues GRANIER, IRHC 90 %

29 agents (12 IR, 7 IE, 9 AI, 1 apprentie)

Personnel CNRS : 22  
 1 Personnel contractuel : 4  
 2 Personnel UPS : 1  
 3 Personnel INPT : 1  
 Alter : apprenti en alternance : 1

Pierre-François CALMON IR1 10 % Adjoint en charge de la formation en salle blanche  
 Franck CARCENAC IRHC 10 % Adjoint en charge de la prévention des risques/ sécurité en salle blanche

Véronique CONÉDÉRA IRHC 30 % Adjointe en charge des équipements  
 Monique DILHAN IRHC 50 % Adjointe en charge des projets exogènes et du réseau Renatech

### RESPONSABILITES TECHNIQUES DANS LES ZONES

- Gestion des ressources (techniques financières, humaines)
- Mise en service, développement, maintenance des équipements
- Formation
- Actions d'intérêt général au sein du service

La première personne nommée assure la fonction de responsable de zone

|   |  |
|---|--|
| <b>ASSEMBLAGE</b><br>Samuel CHARLOT IECN 20%<br>Guy Ardit <sup>1</sup> AI 20%   | <b>GRAVURE PLASMA</b><br>Aurélie LECESTRE <sup>3</sup> IGR2 60%<br>Laurent BOUSCAYROL AI 30%   |
| <b>CARACTÉRISATION</b><br>Benjamin REIS IR2 70%<br>Emmanuelle DARAN IRHC 20%  | <b>JET D'ENCRE ET TRAITEMENTS DE SURFACE</b><br>Fabien MESNILGRENTE IECN 35%<br>Véronique CONÉDÉRA IRHC 15%                                    |
| <b>CHIMIE</b><br>Jean-Baptiste DOUCET IEHC 28%<br>Justine BONNEAU <sup>1</sup> AI 30%   | <b>LITHOGRAPHIE LASER</b><br>Pierre-François CALMON IR1 25%<br>René-David COLIN AI 25%   |
| <b>CVD</b><br>Pascal DUBREUIL IR1 30%<br>Éric IMBERNON IR1 10%<br>Jean-Christophe MARROT IECN 10%   | <b>NANOLITHOGRAPHIES</b><br>Emmanuelle DARAN IRHC 40%<br>Franck CARCENAC IRHC 25%<br>Jean-Baptiste DOUCET IEHC 20%<br>Clothilde PERA Alter 30% |
| <b>DÉPÔTS ÉLECTROLYTIQUES, GRAVURE ANISOTROPE DU Si</b><br>David BOURRIER IEHC 50%<br>Justine BONNEAU <sup>1</sup> AI 30%                                       | <b>PHOTOLITHOGRAPHIE</b><br>Laurent MAZENG IECN 50%<br>Adrian LABORDE <sup>2</sup> ASI 45%   |
| <b>DÉPÔTS SOUS VIDE</b><br>Ludovic SALVAGNAC IEHC 20%<br>Guillaume LIBAUDE AI 40%<br>Adrian LABORDE <sup>2</sup> ASI 10%<br>Séverine VIVIES <sup>1</sup> AI 10% | <b>TRAITEMENTS THERMIQUES ET IMPLANTATION IONIQUE</b><br>Éric IMBERNON IR1 30%<br>Jean-Christophe MARROT IECN 30%                              |
| <b>ÉPITAXIE PAR JETS MOLÉCULAIRES</b><br>Alexandre ARNOULT IRHC 15%<br>Quentin GRAVELIER AI 49%   | <b>SUPPORT ET SOUTIEN</b><br>Hugues GRANIER IRHC 10%<br>Monique DILHAN IRHC 20%<br>Antoine MAIORANO AI 95%                                     |

### RESPONSABILITES EN SOUTIEN DIRECT AUX PROJETS DE RECHERCHE

- Coordination technique, management de projet
- développement de procédés,
- Encadrement, valorisation

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| ALEXANDRE ARNOULT IRHC 85 %          | PASCAL DUBREUIL IR1 70 %                |
| GUY ARDIT <sup>1</sup> AI 80 %       | QUENTIN GRAVELIER AI 49 %               |
| JUSTINE BONNEAU <sup>1</sup> AI 40 % | ÉRIC IMBERNON IR1 55 %                  |
| DAVID BOURRIER IEHC 50 %             | ADRIAN LABORDE <sup>2</sup> ASI 40 %    |
| LAURENT BOUSCAYROL AI 70 %           | AURÉLIE LECESTRE <sup>3</sup> IGR2 40 % |
| PIERRE-FRANÇOIS CALMON IR1 65 %      | GUILLAUME LIBAUDE AI 60 %               |
| FRANCK CARCENAC IRHC 65 %            | JEAN-CHRISTOPHE MARROT IECN 60 %        |
| SAMUEL CHARLOT IECN 60 %             | LAURENT MAZENG IECN 50 %                |
| RENÉ-DAVID COLIN AI 70 %             | FABIAN MESNILGRENTE IECN 63 %           |
| VÉRONIQUE CONÉDÉRA IRHC 55 %         | Clothilde PERA Alter 20 %               |
| EMMANUELLE DARAN IRHC 40 %           | BENJAMIN REIS IR2 30 %                  |
| MONIQUE DILHAN IRHC 30 %             | LUDOVIC SALVAGNAC IEHC 80 %             |
| JEAN-BAPTISTE DOUCET IEHC 50 %       | LUCIE SEVENO <sup>1</sup> IR2 100 %     |
|                                      | SÉVERINE VIVIES <sup>1</sup> AI 90 %    |

### ACTIONS D'INTÉRÊT GÉNÉRAL AU DELÀ DU SERVICE

|                                     |                         |
|-------------------------------------|-------------------------|
| SAMUEL CHARLOT IECN 20 %            | ASSISTANT DE PRÉVENTION |
| RENÉ-DAVID COLIN AI 5 %             | CORRESPONDANT HANDICAP  |
| JEAN-BAPTISTE DOUCET IEHC 2 %       | CLHSCT                  |
| Quentin GRAVELIER AI 2 %            | CLHSCT                  |
| ERIC IMBERNON IR1 5 %               | PCR ET CLHSCT           |
| Adrian LABORDE <sup>2</sup> ASI 5 % | CONSEIL DE LABORATOIRE  |
| FABIAN MESNILGRENTE IECN 2 %        | CLHSCT                  |
| Antoine MAIORANO AI 5 %             | CRHSCT ET CLHSCT        |



## EVOLUTIONS EN 2020

### Préambule

Pour la clarté du propos nous précisons quelques termes :

- Permanents : personnels titulaires du CNRS, l'UPS ou l'INPT
- Contractuels IG : personnels contractuels financés par le budget du laboratoire et impliqués pour la très grande majorité de leur temps dans des zones
- Contractuels projets : personnels contractuels financés par le budget de projets et impliqués quasi exclusivement dans ces projets

### Mouvements de personnels

#### Départs

##### 1 permanent

- T Doconto, AI, zone support

##### 4 contractuels

- T. Gouveia, AI, zones chimie 50% et électrochimie 50%
- J. Jonneau, apprenti ingénieur, 30% zone photolithographie
- R. Courson, IR, 20% zone lithographie laser et 80% PRRI MultiFAB
- D. Ba, IE, zone gravure plasma

#### Arrivées

##### 1 contractuel

- J. Bonneau, AI, zones chimie 50% et électrochimie 50%

#### Analyse

Le service continue de perdre des membres. Le solde net est de -4 en 2020.

**Les pertes sur des activités pérennes équivalent à 2.5 équivalents temps pleins**

### Evolutions dans l'organisation

Pour continuer à mener à bien ses missions, développer le support apporté à la recherche, et permettre le développement professionnel du plus grand nombre de ses agents tout en prenant en compte ces mouvements de personnel le service TEAM tente de faire preuve « d'agilité ». Pour cela il adapte sa structure, ajuste le déploiement des personnels, redistribue les responsabilités laissées vacantes par les partants.

### Evolutions dans les responsabilités

L'année 2020 n'a pas vu d'évolutions dans les responsabilités au sein du service

### Evolutions de carrières

Nous nous félicitons de la promotion de :

- Jean-Baptiste Doucet, passage IEHC, promotion au choix

**2020 a été une année particulièrement peu bénéfique en terme de promotions**

La faiblesse du nombre de postes offerts à travers les procédures de promotion du CNRS est particulièrement pénalisante, pourrait devenir source de démotivation, créer une compétition négative pour le bien-être individuel et le savoir-vivre collectif.

De même pour les personnels de l'UPS et de l'INPT les perspectives ne sont pas plus optimistes.



## ANALYSE PLURIANNUELLE DES POSTES PERMANENTS

### Éléments pris en compte

L'analyse se focalise sur les personnels permanents car eux seuls assurent la pérennité de fonctionnement du service TEAM.

### Il convient de noter l'effort perpétué sur le budget IG du laboratoire pour l'emploi CDD

Il a permis le recrutement

- De 3 personnels pour palier à
  - Des manques pérennes (chimie/électrochimie, assemblage)
  - Un manque transitoire (gravure plasma)
- D'apprenti(e)s pour
  - Soutenir des zones en difficultés (nanolithographies, photolithographies)
  - Développer de nouvelles compétences (copolymères à blocs ; matériaux biocompatibles, biosourcés)

### Evolution de l'effectif 2012-2020

Sur la période 2012-2020 le solde en postes permanents est de -5

- 7 départs :
  - 2 pour des mutations internes,
  - 5 pour des départs à la retraite.
- 2 recrutements.

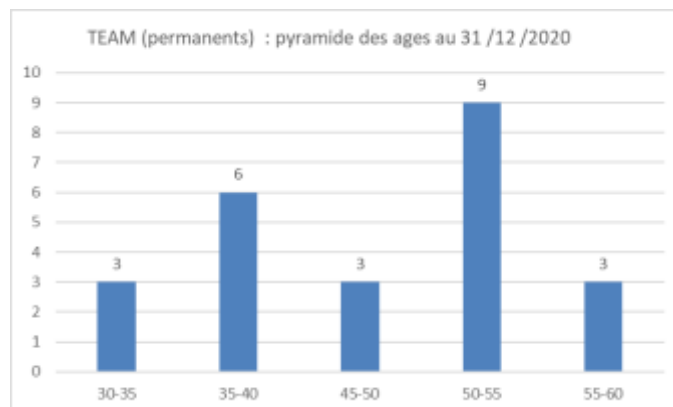
Si les évolutions dans l'organisation et dans les responsabilités ont permis de minimiser l'impact sur le soutien à la recherche, cette « agilité » atteint des limites

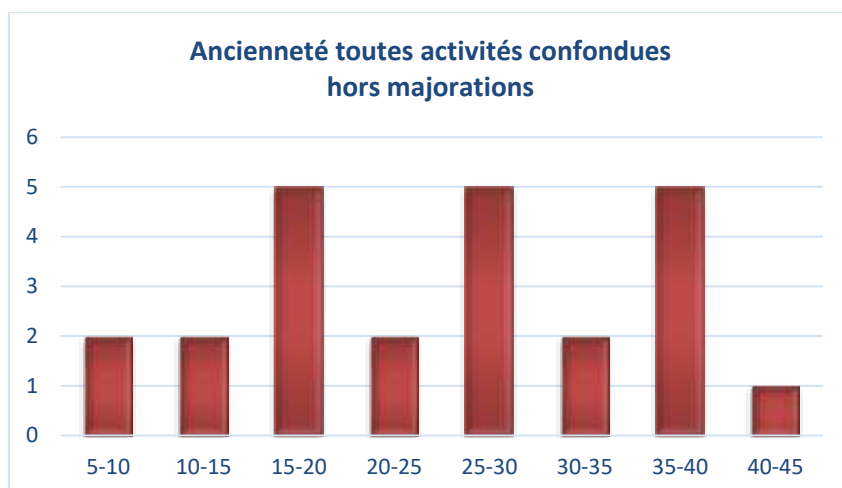
- **Des zones reposent sur une seule personne** (chimie, électrochimie, assemblage, caractérisation)
- **La zone soutien n'apparaît que parce que ses actions sont conduites par les autres personnels du service au détriment de leurs responsabilités premières.**

Il est **extrêmement complexe de poursuivre des développements de procédés ambitieux** car les personnels doivent en priorité assurer les fonctions essentielles au fonctionnement quotidien. Cet appauvrissement aura des répercussions à court terme à la fois sur les innovations proposées mais aussi sur la motivation des personnels qui seraient cantonnés à des tâches ingrates.

### Projection à 3 ans

Deux graphiques permettent d'éclairer la situation dans les années à venir.





**D'ici fin 2023, trois agents au minimum vont faire valoir leurs droits à la retraite**

### **Projection à long terme**

Au-delà de 2023 quelques départs s'échelonneront régulièrement pendant plusieurs années. Un nouveau départ massif de 4 à 5 agents en 2 ans est à prévoir d'ici une dizaine d'années.

**Si la politique de recrutement n'évolue pas et garde le rythme actuel une refonte profonde des responsabilités des agents restants est inévitable. Cette refonte ne pourra pas consister à ne laisser que les tâches ingrates aux agents (maintenances, gestion du quotidien, ...) sous peine de voir une démotivation totale, qui conduirait à amplifier encore le mouvement de départs. C'est un enjeu majeur de la politique de soutien scientifique du laboratoire, et du soutien aux demandes issues du réseau Renatech.**

### **Analyse des besoins**

Si l'on fait une analyse plus fine de la situation les départs prévisibles **vont ajouter aux problématiques déjà existantes en**

- **Chimie,**
  - **Électrochimie,**
  - **Assemblage,**
  - **Caractérisation**
  - **Soutien.**
- 
- **Support** : elle disparaîtra. Cela posera le problème du suivi de l'infrastructure salle blanche. De plus compte tenu des conditions actuelles le recrutement de personnel Bap G affecté uniquement à la salle blanche paraît très hypothétique. Plusieurs voies sont explorées.
    - La sous-traitance qui occasionnera un surcoût de fonctionnement ; une réactivité extrêmement dégradée en cas de problème et donc une augmentation du nombre et de la durée des périodes de fermetures non prévisibles.
    - Les efforts de développement d'un suivi des paramètres à distance (Gestion Technique Centralisée). Mais ils ne pourront en rien remplacer une présence physique
    - Une réorganisation au niveau du laboratoire ; à savoir que les actions reposeraient sur le seul service logistique. Sous réserve qu'il dispose des moyens humains pour cela.
  - **La lithographie électronique** en raison du départ du seul expert dans le domaine. Afin d'anticiper cette situation deux voies sont explorées

- Former des personnels techniques en interne. Des personnes sont en cours de formation, mais leur implication imposera d'arbitrer sur d'autres actions. Du fait d'un manque de disponibilité une tentative a échoué en 2019.
- Nous pouvons, dans une certaine mesure, compenser le manque de moyens humains par des investissements dans des moyens techniques comme un masqueur électronique de nouvelle génération.
- **Jet d'encre et traitements de surfaces.** Nous nous retrouverons avec un seul expert avec les mêmes conséquences que dans les zones vivant cette situation. Si la technique de jets d'encres est très spécifique celles des traitements de surfaces sont plus génériques. Si l'on reprend le schéma envisagé en lithographie électronique un partage des compétences en interne pourrait être une partie de la solution.

## EXPRESSION DES BESOINS

L'ensemble des éléments présentés soutiennent l'expression de nos demandes de postes à destination du CNRS et de nos partenaires.

Le premier profil est la priorité numéro un du service depuis plusieurs années, les autres profils ne sont pas classés.

### **Ingénieur-e de recherche en science des matériaux / élaboration - B1D44**

Matériaux organiques / inorganiques

### **Ingénieur-e de recherche en science des matériaux / élaboration - B1D44**

Nano fabrication.

### **Ingénieur-e de recherche en science des matériaux / élaboration - B1D44**

Matériaux avancés (semi-conducteurs, oxydes métalliques, ...)

### **Assistant-e Ingénieur-e / Technicien-ne en élaboration des matériaux - B3D44/B4D43**

Dépôts électrolytiques

### **Assistant-e Ingénieur-e / Technicien-ne en élaboration des matériaux - B3D44/B4D43**

Assemblage

### **Assistant-e Ingénieur-e / Technicien-ne en élaboration des matériaux - B3D44/B4D43**

Chimie

### **Assistant-e Ingénieur-e / Technicien-ne en science des matériaux / caractérisation - B3C43/B4C42**

Caractérisation

## QUELS AXES DE REFLEXION POUR PALIER AUX MANQUES ?

Afin d'alimenter la réflexion il nous semble pertinent d'analyser plusieurs pistes qui sont déjà explorées ou pourraient l'être. Elles sont engageantes à divers niveaux (humain, financier, technique, scientifique) et présentent bien sûr chacune des avantages et des inconvénients

- Evolution de l'organisation du service TEAM.
- Abandon d'actions de soutien et/ou de service
- Sous traitance accrue
- Contribution plus grande des étudiants aux actions d'intérêt collectif
- Recrutement de CDD plus pérennes

- Réduction du soutien aux demandes Renatech
- Amplification de l'accueil d'utilisateurs externes
- .....

Il s'agit là de réflexions qui n'ont pour unique but que de gérer la pénurie.

**Au-delà des postes quelle nous attribue avec parcimonie notre tutelle pourrait peut-être mieux nous accompagner en construisant avec les Laboratoires un calendrier pluriannuel des postes qui seront attribués. Actuellement les laboratoires remontent leurs besoins pluriannuels mais les attributions sont annuelles et au cas par cas. Une visibilité pluri annuelle permettrait de mieux organiser la gestion des ressources**

# Les équipements

La cellule équipements

Les actions initiées

Les actions envisagées

Équipements installés en 2020

Prospective prioritaire, moyen et long terme

Liste des équipements

## CELLULE EQUIPEMENTS

### Objectif

Il est de construire avec l'ensemble du laboratoire une prospective en équipements au sein de la centrale de technologie ; puis de conduire l'ensemble des actions pour le déroulement effectif des acquisitions jusqu'à l'installation des machines. La cellule agit aussi en interne au service TEAM pour encore mieux structurer les informations disponibles au bénéfice de tous les utilisateurs.

### Organisation

#### Personnel

- Conédéra Véronique (IRHC); adjointe au responsable de service, en charge des équipements
- Dubreuil Pascal (IR1) responsable de la zone CVD
- Imbernon Éric (IR1) responsable de la zone de traitements thermiques

#### Fonctionnement

Afin d'avoir une vision d'ensemble des besoins en équipements et en infrastructure, la cellule provoque une réunion annuelle avec tous les responsables de zone qui annoncent leurs priorités en prospective équipements. La cellule rencontre aussi les personnes impliquées dans les domaines de savoir-faire technologique afin de collecter les demandes d'équipements liées au domaine.

La cellule présente ensuite au service TEAM une liste des équipements priorisés qui sera discutée et finalisée.

Cette liste est présentée en COMTEAM ou dans des réunions spécifiques pour être ensuite discutée dans les départements. Ces mêmes départements peuvent l'enrichir avec leur propre vision et proposer des arbitrages.

Une réunion sous l'égide de la Direction réunit les responsables TEAM concernés, les responsables de départements afin d'arbitrer sur la prospective finale du laboratoire.

La cellule gère ensuite tous les aspects administratifs et techniques des procédures d'appel d'offre, depuis la définition précise du cahier des charges jusqu'à la commande des équipements.

## ACTIONS INITIEES

### Prospective, Développement de l'argumentaire

La liste issue de cette prospective a été diffusée auprès de la direction du réseau Renatech afin d'alimenter l'argumentaire en faveur du financement de l'initiative Renatech +. Cette liste est une base de réflexion qui sera continuellement amendée en fonction des développements scientifiques et techniques et des opportunités de financements qui y sont liées.

Pour chaque équipement de la prospective, formalisation de l'argumentaire de base afin de l'avoir toujours disponible pour répondre rapidement à toute sollicitation ou opportunité de financement d'équipements (projets déposés par les chercheurs, réponse à des appels d'offres Région, ...)

Le détail de la prospective est disponible au paragraphe " PROSPECTIVE EQUIPEMENTS A MOYEN ET LONG TERME DE LA CENTRALE DE MICRO ET NANOTECHNOLOGIES DU LAAS-CNRS (JANVIER 2021)"

### Procédures d'appel d'offre

Le dernier suivi est celui de la machine de développement et de gravure de masques qui sera livrée au troisième trimestre 2021.

### *Machine de développement et de gravure de masques de lithographie optique (250K€ : RTB 2019)*

Elle est dédiée au traitement des masques carrés de taille 7 », 6 », 5 », 4 »

### Capitalisation sur les procédures d'appel d'offre

Recensement sur Owncloud des dossiers administratifs machines (CCP, RC), leur plan d'installation détaillé (PID), l'infrastructure de la salle blanche (contrôle, dossiers des ouvrages exécutés, plan de référence machines et structures, sécurité). Ces informations sont accessibles par tout le service TEAM et peuvent être mises à disposition à d'autres membres du laboratoire, pour servir de « canevas ».

### Communication sur les nouveaux équipements

Les différentes communications menées en cours d'années concernant les nouveaux équipements sont disponibles au chapitre "équipements installés en 2020".

## ACTIONS ENVISAGEES

### Procédures d'acquisition

Dans le cadre du **projet d'investissement NANOFUTUR**, nous lançons :

- En 2021, trois procédures d'acquisition de machines :
  - Un profilomètre optique avec peut-être option de vibrométrie
  - Une machine de report de puces type flip chip
  - Une machine de micro structuration 2D/3D de verre

Sont déjà en cours la définition précise des besoins, l'identification des fournisseurs potentiels, la détermination des procédés tests qui permettront de valider l'achat.

- En 2022, la procédure d'acquisition de la machine ablation laser

Selon le budget restant et une participation du RTB 2020, cette liste sera complétée par l'acquisition d'un plasma atmosphérique et d'un réacteur pour électrochimie courant 2022, ces 2 équipements étant encore listés dans le tableau de la prospective.

Sur le budget **RTB 2020**, nous lançons la procédure d'acquisition pour :

- Hotte de chimie en remplacement de celle des III-V
- Sorbonne rampe à vide/gaz

## EQUIPEMENTS INSTALLEES EN 2020

### Bâti Métal Pulvérisation Cathodique pour substrats III-V (240K€ : RTB 2018)

Depuis septembre 2020, la zone PVD accueille un nouvel équipement de dépôt métallique par pulvérisation cathodique de marque Alliance Concept

La machine de dépôt est constituée d'un sas de chargement et déchargement des échantillons ; d'une chambre équipée de 6 cathodes (

- Ti ;
- Au ;
- Cr ;
- AuGeNi (65/24/11 % atomique) ;
- Ni Pt (90/10 % atomique)
- Il reste une cathode libre, à définir selon les demandes



Ce bâti de dépôt est destiné au traitement des substrats de dimension de quelques millimètres jusqu'à un diamètre de 100 mm

Plus d'informations : <https://lims.laas.fr/WebForms/Equipment/EquipmentView.aspx?toolId=242>

### **Remise à niveau de l'aligneur de masque Suss Microtec MA150 (190K€ : RTB 2019)**



Depuis décembre 2020, la zone photolithographie accueille l'aligneur de masque MA150 remis à niveau avec comme nouveautés une nouvelle boîte à lumière constituée d'une matrice à LED, un logiciel de contrôle et pilotage de la machine. Cette jouvence permet une continuité de la maintenance préventive et curative assurée par le constructeur.

Plus d'informations : <https://lims.laas.fr/WebForms/Equipment/EquipmentView.aspx?toolId=51>



### Installation du bâti Sentech SI500-DRIE (340 k€ RTB)

Cet équipement de gravure plasma RIE-ICP est opérationnel depuis février 2020.

Il permet la gravure de 50nm à 2 $\mu$ m de profondeur, avec un suivi interférométrique des matériaux : Si, SiO<sub>x</sub>, SiN<sub>x</sub>, SiON<sub>x</sub> ...

Cet équipement a également l'option DRIE permettant d'effectuer des gravures profondes (jusqu'à 500 $\mu$ m) lorsque l'équipement Alcatel est en panne.



Plus d'informations : <https://lims.laas.fr/WebForms/Equipment/EquipmentView.aspx?toolId=241>

## PROSPECTIVE EQUIPEMENTS PRIORITAIRES A MOYEN ET LONG TERME

Le tableau suivant synthétise la mise à jour de la prospective du service TEAM. Le détail des argumentaires équipement par équipement est reporté en annexe.

NB : Les équipements indiqués sur fond coloré correspondent au projet ESR/EQUIPEX+ Nanofutur restant à acquérir selon le budget disponible

### Equipements prioritaires

|  | Jouvence / Evolution | Nouveau        | Priorité                                     | Micro nano électronique | Photonique / optique | Microsystèmes pour la biologie | Microsystèmes |
|--|----------------------|----------------|--|-------------------------|----------------------|--------------------------------|---------------|
| Plasma O2  |                      | 100 000        | P1 Gravure Plasma                            |                         |                      |                                |               |
| Traitement des gaz Fluorés   |                      | 100 000        | P1 Gravure Plasma                            |                         |                      |                                |               |
| Soudure filaire automatique  |                      | 150 000        | P1 Assemblage                                |                         |                      |                                |               |
| Sorbonne rampe à vide/gaz  |                      | 60 000         | P1 Chimie                                    |                         |                      |                                |               |
| Option BSA sur MA6 GEN4  | 40 000               |                | P2 Photolithographie                         |                         |                      |                                |               |
| EDX-XTREM  |                      | 110 000        | P1 Caractérisation                           |                         |                      |                                |               |
| Boite à gants MBE412   |                      | 35 000         | P1 Epitaxie                                  |                         |                      |                                |               |
| Chambre 100Apsy  | 40 000               |                | P1 CVD                                       |                         |                      |                                |               |
| Tube SIC pour recuit 1150°C  | 150 000              |                | P1 Traitements thermiques et Implantation    |                         |                      |                                |               |
| Plasma atmosphérique   |                      | 200 000        | P1 jet d'encre/<br>P1 Dépôts électrolytiques |                         |                      |                                |               |
| Système d'écriture laser avec chargeur automatique pour l'écriture de masques et réticules et lithographie directe sur substrats avec alignement | 850 000              |                | P1 Litho Laser                               |                         |                      |                                |               |
| Sorbonne rampe à vide/gaz  |                      | 40 000         | P1 Chimie                                    |                         |                      |                                |               |
| <b>Sous total</b>  | <b>1080 000</b>      | <b>795 000</b> |  |                         |                      |                                |               |

## Equipements par ressources

| Equipement                                       | Jouvence /Evolution | Nouveau          | Priorité                                  | Micro nano électronique | Photonique / optique | Microsystèmes pour la biologie | Microsystèmes |
|--|---------------------|------------------|---|-------------------------|----------------------|--------------------------------|---------------|
| CMP (chemical mechanical polishing)              | 300 000             |                  | P2 Assemblage                             |                         |                      |                                |               |
| Tomographe 3D                                    |                     | 500 000          | P3 Caractérisation                        |                         |                      |                                |               |
| AFM fastscan                                     | 110 000             |                  | P4 Caractérisation                        |                         |                      |                                |               |
| MEB HR   | 650 000             |                  | P5 Caractérisation                        |                         |                      |                                |               |
| Evaporateur rotatif                              |                     | 15 000           | P1 Chimie                                 |                         |                      |                                |               |
| Sorbonne acide                                   |                     | 40 000           | P2 Chimie                                 |                         |                      |                                |               |
| Equipement de spray solvants pour lift-off       |                     | 175 000          | P2 Chimie                                 |                         |                      |                                |               |
| Traitement par HF en système clos                |                     | 300 000          | P3 Chimie                                 |                         |                      |                                |               |
| Équipement dépôt à haut facteur de forme         |                     | 150 000          | P2 Dépôts électrolytiques                 |                         |                      |                                |               |
| Paillasse spécifique aux équipements Yamamoto-MS |                     | 40 000           | P2 Dépôts électrolytiques                 |                         |                      |                                |               |
| Ellipsomètre multi longueur d'onde               |                     | 32 000           | P2 EJM                                    |                         |                      |                                |               |
| AUGER sur MBE 412                                |                     | 60 000           | P2 EJM                                    |                         |                      |                                |               |
| Cellule Arsenic                                  | 110 000             |                  | P3 EJM                                    |                         |                      |                                |               |
| RIE-ICP Chlorée                                  |                     | 400 000          | P2 gravure plasma                         |                         |                      |                                |               |
| DRIE Si  |                     | 750 000          | P3 gravure plasma                         |                         |                      |                                |               |
| Gravure par faisceau d'ions (RIBE)               |                     | 200 000          | P5 gravure Plasma                         |                         |                      |                                |               |
| Gravure matériaux grand gap                      |                     | 300 000          | P4 gravure Plasma                         |                         |                      |                                |               |
| Implantation par immersion plasma                |                     | 800 000          | P2 Traitements thermiques et Implantation |                         |                      |                                |               |
| Paillasse spécifique aux équipements Yamamoto-MS |                     | 40 000           | P2 Dépôts électrolytiques                 |                         |                      |                                |               |
| Micro-nano-dépôt                                 |                     | 100 000          | P2 Jet d'encre                            |                         |                      |                                |               |
| Dispense/développement automatique               | 600 000             |                  | P2 Photolithographie                      |                         |                      |                                |               |
| <b>Sous total</b>                                | <b>1 770 000</b>    | <b>3 902 000</b> |   |                         |                      |                                |               |

### Lithographies très résolues

| Equipement               | Jouvence /Evolution | Nouveau          | Priorité             | Micro nano électronique | Photonique / optique | Microsystèmes pour la biologie | Microsystèmes |
|--------------------------|---------------------|------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------|---------------|
| Masqueur électronique    |                     | 3 000 000        | P1 Ebeam             |                         |                      |                                |               |
| Photo répéteur 5X        | 3 000 000           |                  | P2 Photolithographie |                         |                      |                                |               |
| Evolution infrastructure | 2 500 000           |                  | Infrastructure       |                         |                      |                                |               |
| <b>Sous total</b>        | <b>5 500 000</b>    | <b>3 000 000</b> |                      |                         |                      |                                |               |
| <b>TOTAUX</b>            | <b>8 350 000</b>    | <b>6 902 000</b> | <b>15 252 000</b>    |                         |                      |                                |               |

# Les procédés

Développements conduits en 2020

Développements envisagés en 2021

Calibrations

Valorisation

## DEVELOPPEMENTS CONDUITS EN 2020

Le développement continu de procédés innovants permet d'alimenter les projets de recherche en proposant de nouvelles pistes technologiques.

Ces développements ont globalement deux origines, ils sont réalisés

- Dans le cadre des projets
- En amont des projets quand une nouvelle voie technologique semble prometteuse. Ils sont dans ce cas souvent mais pas exclusivement conduits par des personnels du service TEAM

Quelle que soit la voie choisie ils sont après valorisation mis à disposition de l'ensemble des utilisateurs.

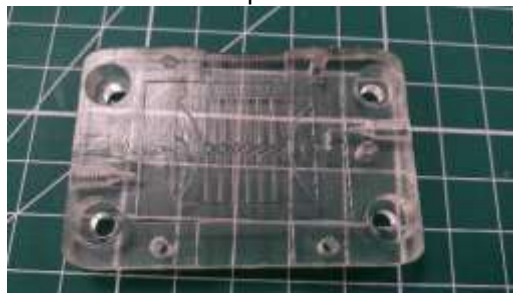
### Assemblage

#### *Test de scellement substrat SiON (Projet Soleil)*

Pour le projet Soleil de Thierry Leichle, nous essayons des collages moléculaires entre un substrat SiON et un autre substrat en Si sur lequel des multi couches de Si/W sont présentes. Nous avons testé et analysé plusieurs recettes et méthodes de traitement de surface mais malheureusement aucune n'est efficace. Nous envisageons cette année de tester des méthodes de traitements par plasma avant scellement présentes à Femto.

#### *Mise au point de l'imprimante 3D Formlabs (IG)*

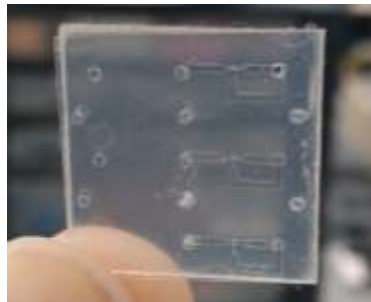
Nous avons approvisionné une dizaine de matériaux différents que nous avons testés suivant des designs particuliers. Nous avons des résines résistantes mécaniquement, d'autres plus flexible ou bien même élastique mais aussi des résines qui résistent à la température (>200°C). Des dispositifs fluidiques transparents sont notamment réalisés par Vincent Raimbault.



Dispositif fluidique imprimé

#### *Mise au point du traceur de découpe (IG)*

Nous pouvons découper de nombreux matériaux polymères comme des adhésifs simple ou double face, du Kapton, du PET et même des films de soie. De nombreuses personnes sont formées à son utilisation et s'en servent régulièrement.



Système fluidique réalisé par empilement de feuillets découpés au traceur (V. Raimbault)

## Caractérisation

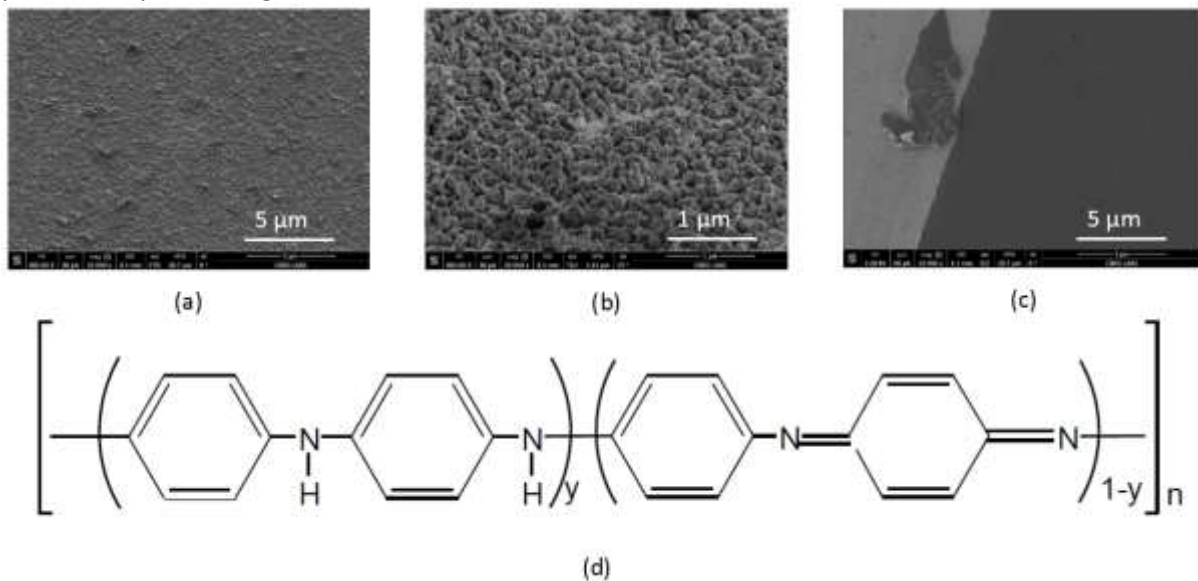
### Développement des gravures par faisceau ionique sur échantillons biologiques (projet Fibiose et IG)

Ce développement n'a pas pu être mené comme voulu mais il reste d'actualité pour 2021. Achat d'un agent de teinte moins toxique que l'acétate d'uranyle pour révéler les échantillons biologiques => test à faire en collaboration avec I2C et ELIA.

## Chimie

### Synthèse /dépôts de poly aniline (action IG)

La poly aniline est un polymère organique qui peut être transparent et conducteur dans sa forme dopée. Elle peut être utilisée dans une grande variété d'applications, dont celle de couche sensible pour des capteurs de gaz.



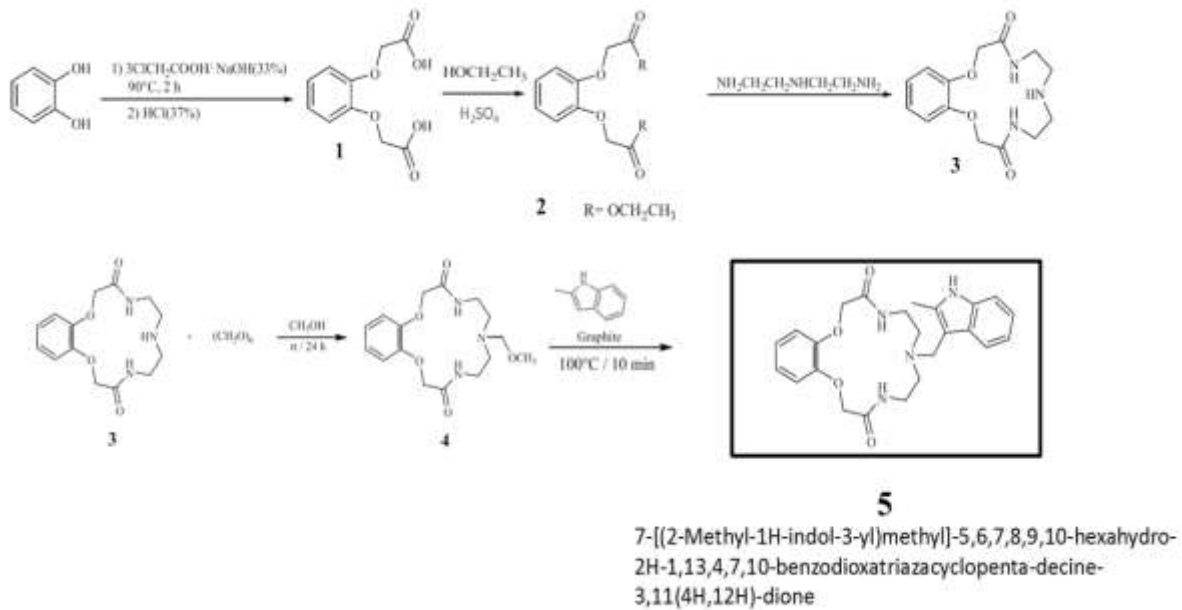
Aspect par MEB de couches de poly aniline dont le dépôt a été réalisé lors de la synthèse sous forme de sel d'émeraldine (a), (b) ; et d'une couche sous forme d'émeraldine base (c) préparée ex situ puis déposée par enduction centrifuge (la partie gauche sur la photo correspond à une rayure de la couche pour en faciliter l'observation).

La plus grande surface spécifique des dépôts réalisés lors de la synthèse permet d'envisager une meilleure sensibilité des couches déposées.

(d) : représentation schématique de la poly aniline ( $y = 1$  : leucoéméraldine base ;  $y = 0,5$  émeraldine base ;  $y = 0$  pernigraniline base)

### Synthèse multi-étapes d'un aza-éther-couronne (ionophore) (IG)

En se liant de manière réversible et sélective à des ions métalliques (en fonction de leur structure), les ionophores de type aza-éther-couronne permettent de créer des capteurs de ces ions, par exemple dans les optodes (capteurs optiques) en association avec des iono-chromophores.



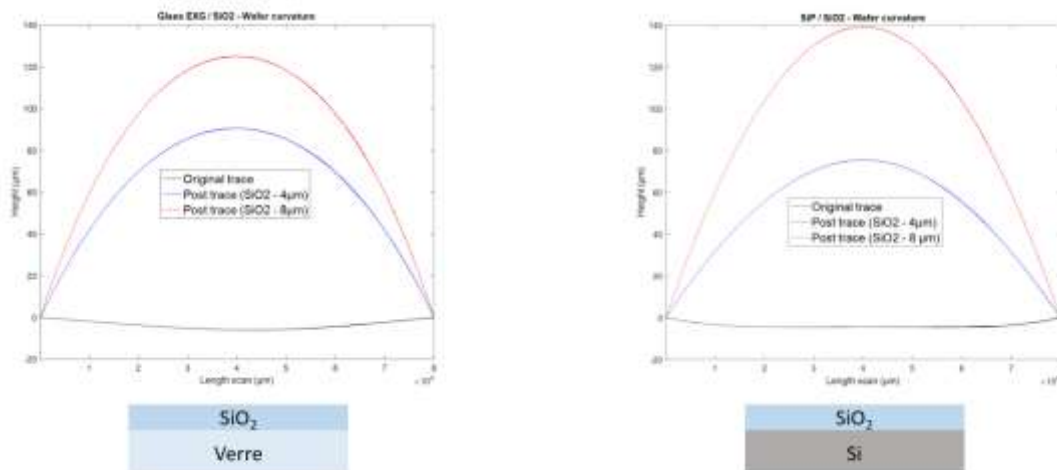
**Enchaînement des étapes de synthèse menant au composé 5.**

En 2020 les étapes menant au composés 1 à 5 ont été conduites et un premier lot de 65 mg du composé 5 brut a été obtenu. Ceci démontre la faisabilité de l'enchaînement des étapes au laboratoire et valide donc la possibilité de démarrer le projet de fabrication d'optodes pour la détection du mercure, conditionnée par la disponibilité du composé 5 (ionophore non commercial).

**CVD**

**Mise au point et standardisation des conditions de dépôts pour SiO<sub>2</sub> épais (action IG)**

L'équipement CCPECVD permet de faire des dépôts de SiO<sub>x</sub> :H épais, et la demande est autour des 4-5µm sur verre et sur Si. Une étude de dépôt SiO<sub>2</sub> plus épais 8-10µm en 2 runs avec un protocole adapté permet d'avoir des mesures de contraintes en compression pas trop élevées.



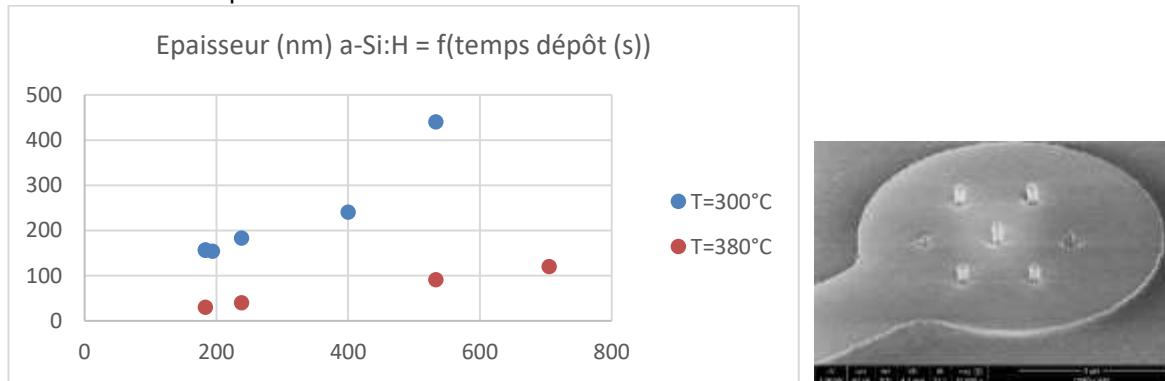
| Substrat | SiO <sub>2</sub> - 4 µm | SiO <sub>2</sub> - 8 µm |
|----------|-------------------------|-------------------------|
| Verre    | -134 MPa                | -67 MPa                 |
| SiP      | -252 MPa                | -227 MPa                |

$$\sigma = \frac{E_s}{6(1 - \nu_s)} \frac{h_s^2}{h_f} \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{R_0} \right)$$



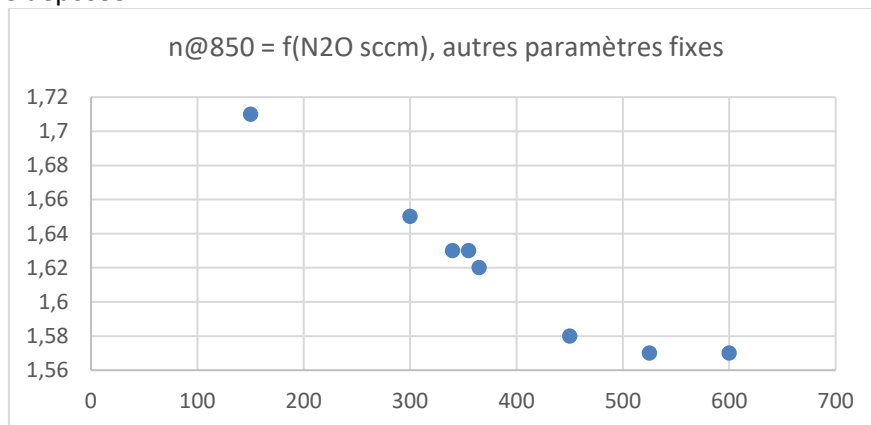
### Mise au point et standardisation d'un procédé de dépôt a-Si à faible vitesse et faible contrainte (projet Dispositif bio)

Il s'agit à terme d'intégrer des nanofils sur des puces CMOS commercialisées pour l'interfaçage neuronal. Pour répondre aux contraintes de limitation en température du CMOS, les nanofils sont formés par gravure d'une couche d'oxyde de 4µm formée par CCPECVD, puis recouverts d'une couche de silicium amorphe a-Si plus fine également déposée par CCPECVD. Pour cela, une étude sur les paramètres de dépôt en rapport avec les contraintes générées sur la plaque par la présence de l'empilement SiOx/a-Si a été faite afin de limiter le phénomène de délamination. Ainsi, à plus haute température et avec une vitesse 5 fois plus faible, le dépôt de a-Si est reproductible sans évoluer au moment du recuit rapide du bicouche à l'AS-One.



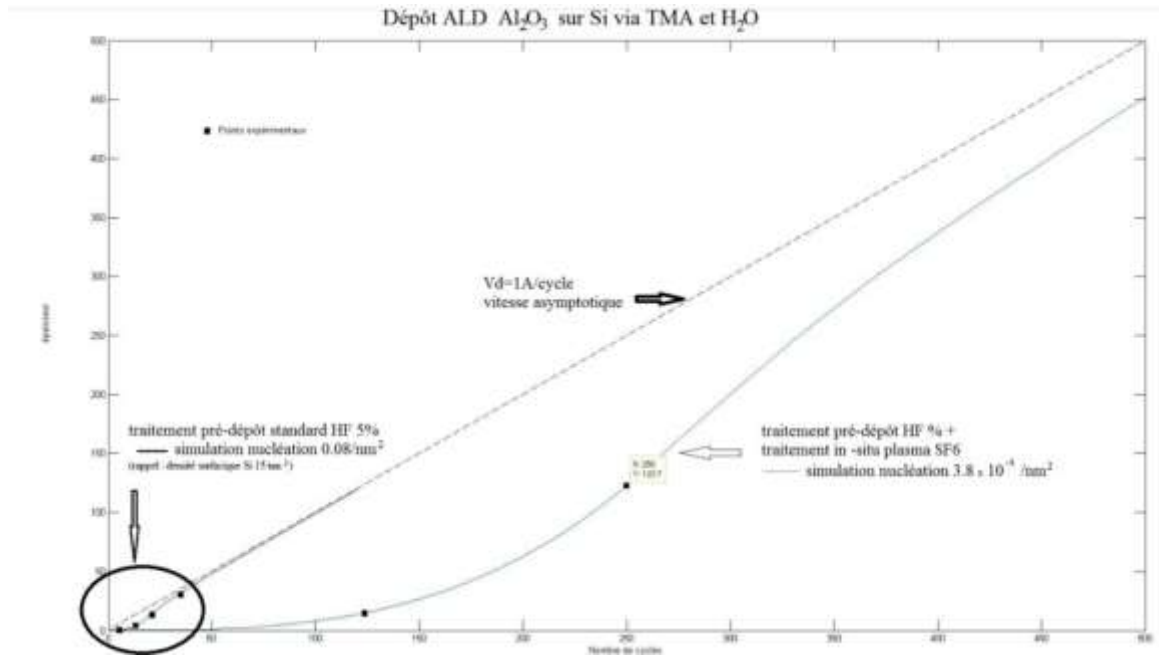
### Mise au point et standardisation d'un procédé de dépôt SiON à différents indices optiques n=1.57 et n=1.62 (projet MITI)

Dans ce projet, le LGC fournit un matériau (SCO) qui peut changer d'indice entre 1.57 et 1.62 (avec la température). Au LAAS, l'équipe PHOTO teste comment ce matériau s'évapore sur des surfaces micro/nanostructurées. Une étude d'un nouveau procédé de dépôt SiOxNy en CCPECVD a été faite en fonction des différents indices optiques de ce matériau, uniquement en faisant varier le débit de N2O dans la couche déposée.



### Mise au point d'un procédé de traitement de surface in-situ par plasma pour améliorer le dépôt (PE)ALD Al2O3 sur Si (IG et projet ...)

Le dépôt d'Alumine Al2O3 sur Si, ne s'initie que sur les liaisons OH qui restent après le nettoyage chimique ex-situ, en densité faible (0.08/15=0.005). La courbe "Nettoyage +prétraitement SF6" montre qu'on diminue encore cette densité d'un facteur 200 avec la gravure SF6 ad hoc, ce qui montre qu'on améliore grandement la propreté de la surface de Silicium, favorablement à la réalisation de diélectrique de bonne qualité.



## Dépôts sous vide

### Mise au point nouveau bâti Alliance concept AC450

Après la mise au point des différents métaux (AuGeNi, Au, ...) on détermine la durée de gravure par plasma avec Argon avec la possibilité d'utiliser la polarisation Bias du porte échantillon de AC450 afin de sélectionner la durée idéale qui éliminera les couches d'oxydes pour une métallisation.

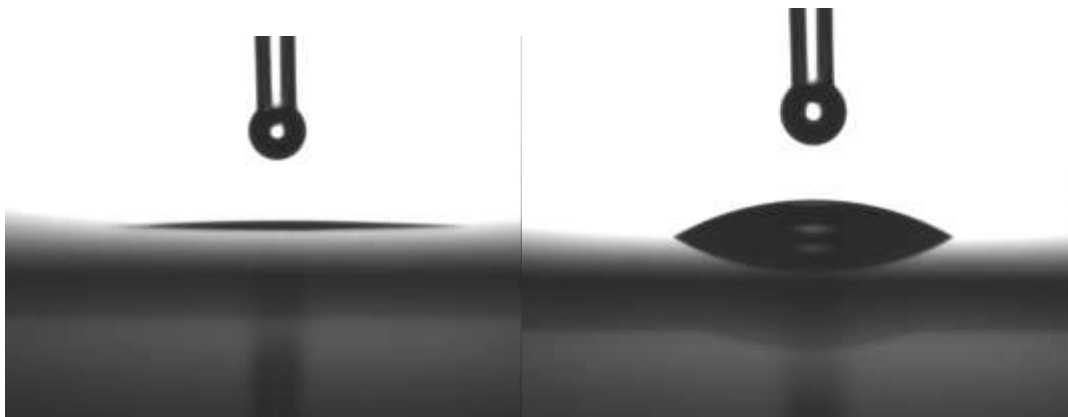
Pour cela, on utilisera du :

- Silicium SiP en sortie de boîte sans nettoyage préalable
- Silicium SiP avec plasma  $\text{O}_2$  (Diener programme 1 – 5 minutes)
- Silicium SiP avec nettoyage chimique Piranha
- Silicium SiP avec nettoyage chimique Piranha et HF 5%

Les conditions du plasma dans le bâti sont :

- Débit d'argon de 150 sccm
- Pression stabilisée de  $2.5 \cdot 10^{-2}$  mbar
- Température du porte substrat de  $18^\circ\text{C}$

On mesurera l'angle de contact (test de la goutte) avant et après la gravure plasma. Les échantillons ont tous environ un angle de  $35^\circ$  avant nettoyage et gravure.



| Puissance (W) | Durée (min) | SiP brut (°) | SiP + Plasma O <sub>2</sub> (°) | SiP + Piranha (°) | SiP + Piranha + HF (°) |
|---------------|-------------|--------------|---------------------------------|-------------------|------------------------|
| 200           | 2           | 33.5         | 22.4                            | 21.8              | 21.8                   |
| 400           | 1           | 29           | 20.7                            | 18.7              | 18.8                   |
| 400           | 2           | 20.3         | 1.4                             | 1.5               | 1.5                    |
| 500           | 1           | 26           | 1.1                             | 1.1               | 1.1                    |

**Conclusion :** Un nettoyage chimique post-process est très conseillé et efficace pour la suite du process.

On va aussi voir l'influence de la gravure argon sur une résine.

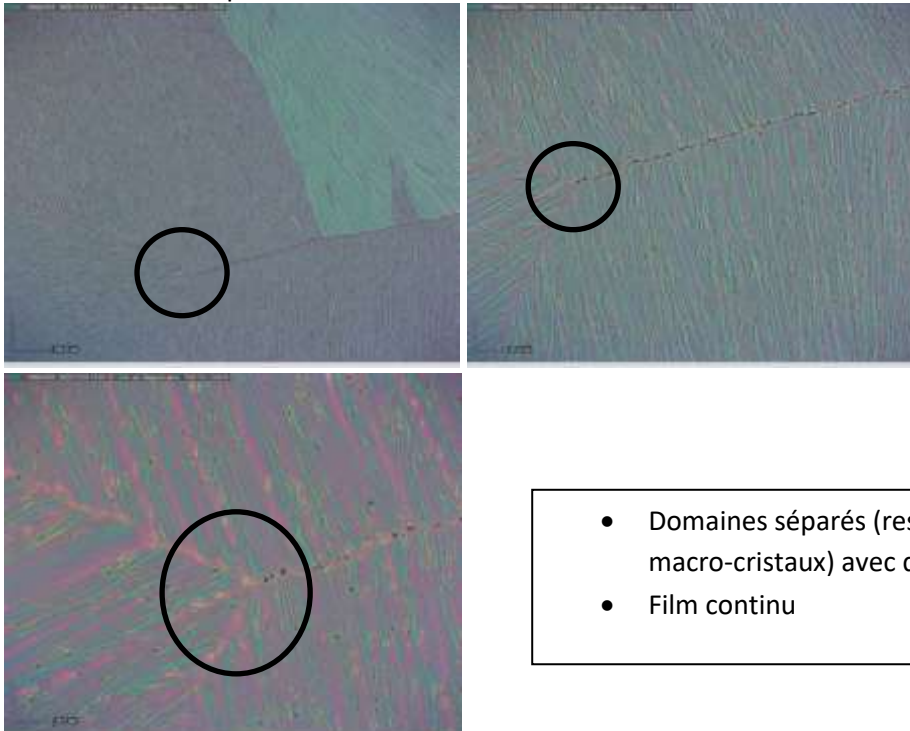
- Mêmes conditions du plasma citées ci-dessus.
- Puissance de 500 W et durée d'une minute
- Résine NLOF 2035 avec épaisseur de 1.95 µm environ avant plasma
- Après plasma, l'épaisseur est 1.90 µm environ donc **50 à 70 nm de résine gravée.**

### Mise au point du dépôt par évaporation (Plassys organique) d'un film LPGA

(Matériaux dynamiques qui subissent une transition martensitique avec libération rapide d'énergie élastique) en soutien à l'équipe MEMS. Le verrou technologique est la cristallisation du film de LPGA après l'évaporation. Pour cela il a fallu faire varier la vitesse de dépôt pendant l'évaporation et définir la bonne épaisseur de film.

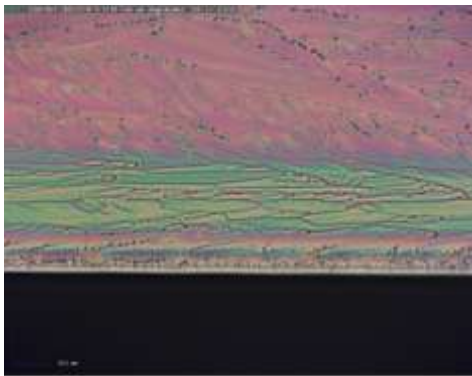
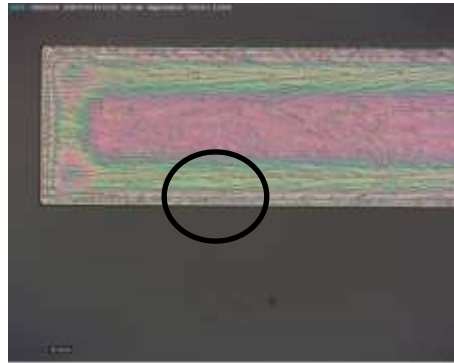
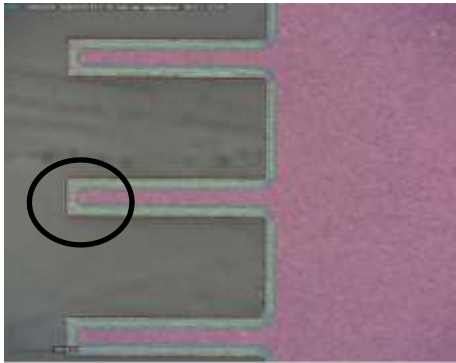
L'observation du film avec un microscope nous montre que le film cristallise bien.

Dépôt sur substrat Si



- Domaines séparés (ressemblant à des macro-cristaux) avec des frontières claires.
- Film continu

## Dépôt sur cantilevers



- Gradient d'épaisseur visible sur le cantilever
- Film toujours continu

## Dépôts électrolytiques

### *Libération des structures réalisée en Nickel (IG)*

Jusqu'à l'année dernière pour libérer les structures réalisées en Nickel comme les shadow Mask, engrenages, il fallait systématiquement attaquer le silicium via le KOH, c'est une étape technologique qui prend beaucoup de temps (5h30 minimum) et dans laquelle on perd le substrat puisqu'il est dissout.

Pour certaines applications, deux méthodes ont été développées pour ne plus avoir recours à l'attaque humide du silicium.

Pour les shadow Mask on va réaliser les dépôts non plus sur un wafer de Si avec une seed layer en cuivre, mais directement sur des substrats en Inox. La surface est suffisamment conductrice pour réaliser le dépôt mais on est à la limite de l'adhérence de la couche de nickel électro déposé. Ce qui fait qu'en appliquant une légère contrainte ou un jet d'azote le shadow Mask se décolle et ainsi en quelques secondes on obtient facilement sa libération.

L'inconvénient de cette technique est qu'on peut difficilement faire des shadow Mask d'épaisseur inférieure à 30  $\mu\text{m}$  ou à plusieurs niveaux. Il faut prendre également en compte la rugosité de surface importante qui est de l'ordre du micron (c'est la rugosité native du substrat en Inox) mais qui ne gêne en rien l'efficacité du shadow mask.

Pour les micro pièces nous avons développé une solution d'attaque chimique sélective entre le nickel et le cuivre. Il nous suffit maintenant de déposer les micro pièces en nickel sur une seed layer en cuivre électrolytique épaisse (env. 10 $\mu\text{m}$ ), que nous viendrons attaquer chimiquement par la suite pour libérer les structures. Avec cette technique, il faut compter seulement une heure de libération et nous pouvons réutiliser ultérieurement le substrat de silicium. A ces avantages s'ajoute la division par 4 du coût de cette libération. Néanmoins cette technique est à réserver pour les dispositifs < 1  $\text{cm}^2$ .

### Caractérisation des contraintes & des vitesses d'attaque des dépôts CVD dans des solutions de gravure humide du Silicium (Koh/Tmah) (IG)

Avec la zone CVD, nous avons déterminé les contraintes & les vitesses d'attaque des matériaux déposés par IEPCVD et par CCPECVD dans les bains d'attaque humide du Silicium (KOH & TMAH). Le but est de pouvoir soit créer avec ces matériaux des membranes ou protéger des couches métalliques utilisées pour réaliser des capteurs sur membranes ou autres composants sur membrane.

| Materiaux : 200nm  | ICPECVD |       |      | CCPECVD |      |      |
|--|---------|-------|------|---------|------|------|
|  | Si3N4   | SiO2  | SiON | Si3N4   | SiO2 | SiON |
| Contrainte Mpa   | -247    | -175  | -418 | -460    | -120 | -110 |
| Vitesse d'attaque au KOH nm/h  | 27      | > 187 | >233 | 28      | >200 | 135  |
| Epaisseur minimal pour une attaque au Koh d'un wafer de 550 µm 5,5 h   | 148,5   | NC    | NC   | 155     | NC   | 743  |
| Vitesse d'attaque au TMAH nm/h   | 21      | 18    | 40   | 25      | 40   | 41   |
| Epaisseur minimale pour une attaque au TMAH d'un wafer de 550 µm 10,5h | 221     | 189   | 420  | 263     | 420  | 431  |

### Epitaxie par jets moléculaires

#### Mise au point de la croissance du BiSb (projet P-18-02694 - Nanoscale BiSb topological Insulator)

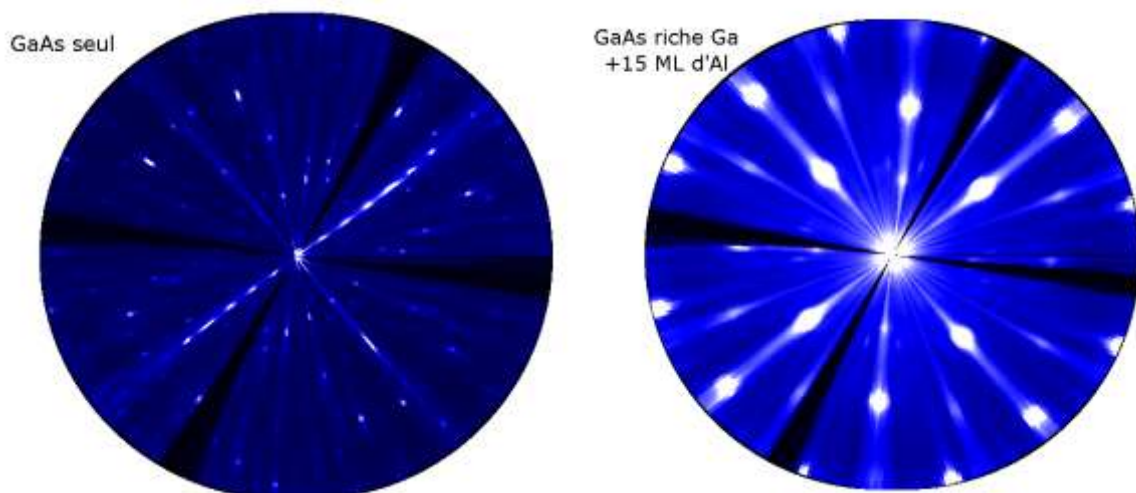
Ce travail a été mené en 2019 par Dima Sadek et son directeur de thèse, Sébastien Plissard. Il s'agit de réaliser la croissance de  $Bi_xSb_{1-x}$  dont la stœchiométrie est maîtrisée afin d'obtenir des propriétés originales : des isolants topologiques.

#### Croissance d'Al sur GaAs (MPN-PHOTO)

Grégoire Chevrier a réalisé un stage INSA, co-encadré par Sébastien Plissard et Inès Massiot, dont l'objet a été d'explorer les conditions permettant la croissance d'Al sur GaAs. Différentes phases ont été identifiées, notamment in-situ grâce au développement du RHEED azimutal.

#### RHEED azimutal (Team)

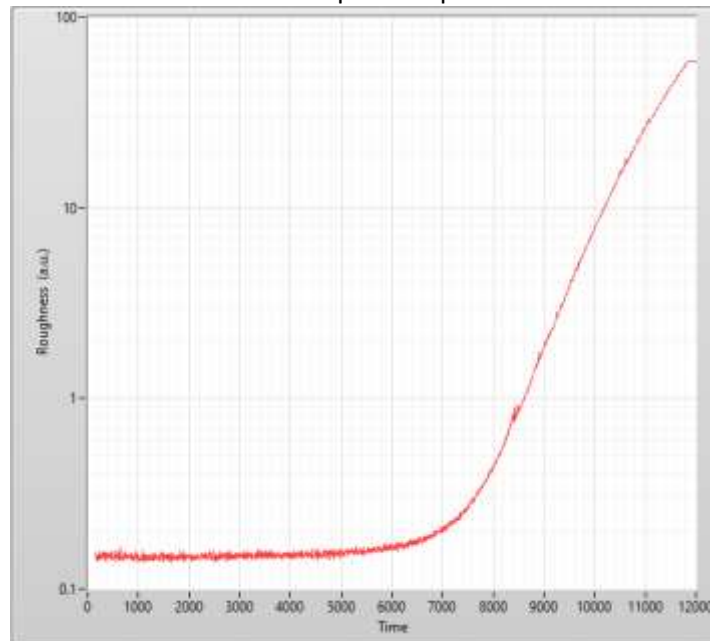
Lors de la croissance, le substrat est en rotation. Il est donc possible de reconstruire une partie de l'espace réciproque de la surface avec le RHEED. Cette technique, initiée par W. Braun (J. Vac. Sci. Technol. B 16(3), 1507 (1998)), a été implantée sur le RHEED du MBE412 grâce à un code LabVIEW développé sur la zone.



RHEED Azimutal sur un substrat GaAs (001) avant (gauche) et après (droite) une croissance de 15 monocouches d'Al

### Mesure in-situ de la rugosité de surface (Team)

La mesure in-situ de la rugosité de surface par réflectivité diffuse permet de quantifier la rugosité moyenne et son évolution lors des croissances. Celle-ci peut provenir de conditions de croissances non optimales, et permet de mieux cibler les étapes critiques.



Evolution de la rugosité de surface lors de la croissance d'InGaAsN (échelle log) – Travail de thèse de M. Levillayer

### Gravure plasma

#### Gravure de piliers SiOx (MPN)

L'objectif est de graver des piliers en SiOx submicrométriques ( $\sim 700\text{nm}$  de diamètre) sur  $3\mu\text{m}$  de haut. Le SiOx ( $\sim 3.5\mu\text{m}$ ) a été déposé par PECVD. Deux types de masquage ont été testés :

- 1) Résine ECI/BARC :  $1\mu\text{m}$  de résine nous permet de graver  $\sim 3\mu\text{m}$  de SiOx. Les piliers sont parfaitement verticaux (Fig. 1). Cependant, des bulles apparaissent après 5min de gravure certainement dû à un échauffement de la plaquette.
- 2) Si amorphe (PECVD :  $350\text{nm}$ ) : Afin d'éviter le problème de bulles de la résine, un masque dur en Si amorphe a été utilisé.  $350\text{nm}$  de Si amorphe est suffisant pour graver  $3\mu\text{m}$  de SiOx. Cependant, la gravure latérale du Si crée des défauts sur la verticalité des flancs de gravure. L'utilisation d'un autre masque dur et d'une recette plus adaptée vont être étudiés.

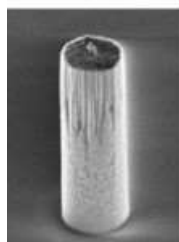


Fig. 1 : Images MEB vue tiltée d'un pilier de SiOx gravé avec un masque en résine.

### Dépôt de C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> et création de Black Silicon (ELIA)

L'objectif est de réaliser des nano-piliers en silicium par gravure RIE-ICP sans masque. Pour cela, un plasma O<sub>2</sub> / SF<sub>6</sub> a été effectué en 5 min.

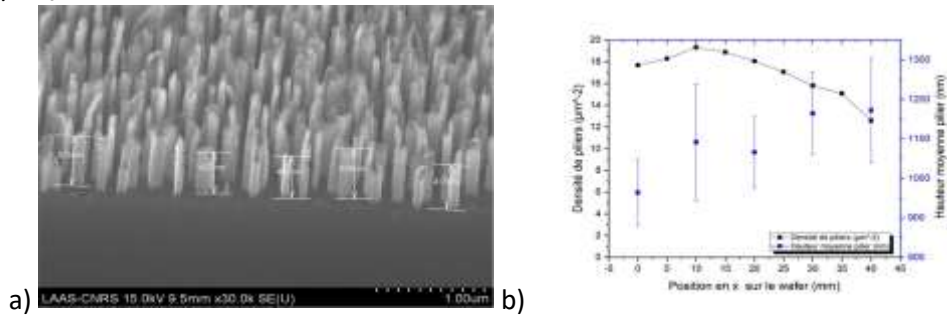


Fig. 2 : a) Images MEB vue tiltée de piliers en si : H = 400-500nm ; D = 50-200nm  
 a) Dimensions des piliers en fonction de la position sur le wafer

Le 2<sup>o</sup> objectif était de déposer une couche de C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> la plus fine possible par plasma pour rendre la surface hydrophobe.

Suivant les conditions du procédé utilisé, l'épaisseur de la couche CF<sub>x</sub> est plus ou moins importante, et l'hydrophilie de la surface a été vérifiée en mesurant l'angle de contact. Toutes ces données sont résumées dans le tableau ci-dessous.

| Paramètres                                 | Exp 1 | Exp 2 | Exp 3 | Exp 4  | Exp 5 | Exp 6 | Exp 7  | Exp 8  | Exp 9                    | Exp 10                   |
|--|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|--------------------------|--------------------------|
| Puissance (W)                              | 1000  | 1000  | 500   | 250    | 500   | 250   | 125    | 125    | 250                      | 250                      |
| Débit C <sub>4</sub> F <sub>8</sub> (sccm) | 150   | 150   | 150   | 150    | 150   | 150   | 150    | 150    | 150                      | 150                      |
| Pression (mT)                              | 52    | 52    | 52    | 52     | 26    | 26    | 26     | 13     | 26                       | 26                       |
| Temps (s)                                  | 30    | 10    | 30    | 30     | 30    | 30    | 30     | 30     | 15                       | 5                        |
| Epaisseur (nm)                             | 130   | 35    | 70    | ERREUR | 61    | 18    | ERREUR | ERREUR | Non observable au profil | Non observable au profil |
| Angle de contact Si *                      | 110   | 110   | 110   | ERREUR | 110   | 110   | ERREUR | ERREUR | 110                      | 110                      |

### Gravure InAs-AISb (PHOTO)

L'objectif est de graver plus de 2 μm de InAs-AISb sur un substrat de GaSb. La recette de gravure a été optimisée sur l'équipement ICP2 (Fig. 3) car la SI500 chlorée est en panne depuis plusieurs mois. Pour cela, un masque dur en SiN<sub>x</sub> a été utilisé. Une vitesse de gravure de 66nm/min et une sélectivité Masque SiN<sub>x</sub>/InAs-AISb de 1,6 et une verticalité de 45° ont été obtenus en utilisant un procédé RIE-ICP Cl<sub>2</sub>/Ar. L'utilisation d'un autre masque dur pourra améliorer la verticalité de la gravure.

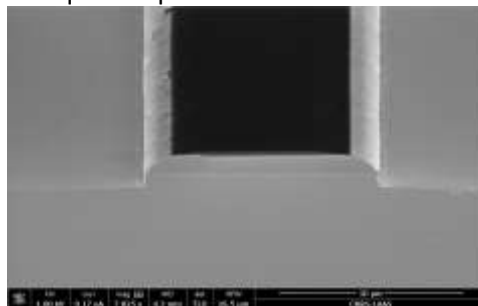


Fig. 3 : Image MEB vue tiltée après la gravure de InAs-AISb avec un masque en SiN<sub>x</sub>

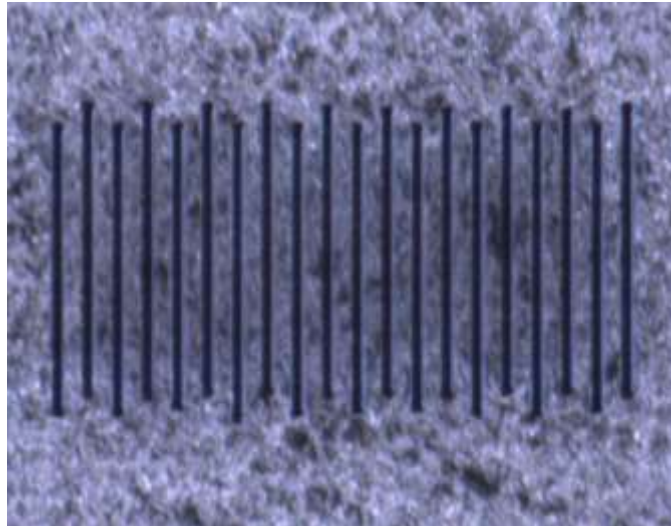
### Nouveaux procédés de plasma O<sub>2</sub> sur ICP3 (IG TEAM)

L'équipement TEPLA étant en panne depuis plusieurs mois plusieurs procédés ont été mis en place sur l'ICP3 afin de palier à ce problème. Ainsi, les projets ont pu continuer malgré la panne conséquente du plasma O<sub>2</sub> micro-onde.

## Jet d'encre et traitements de surface

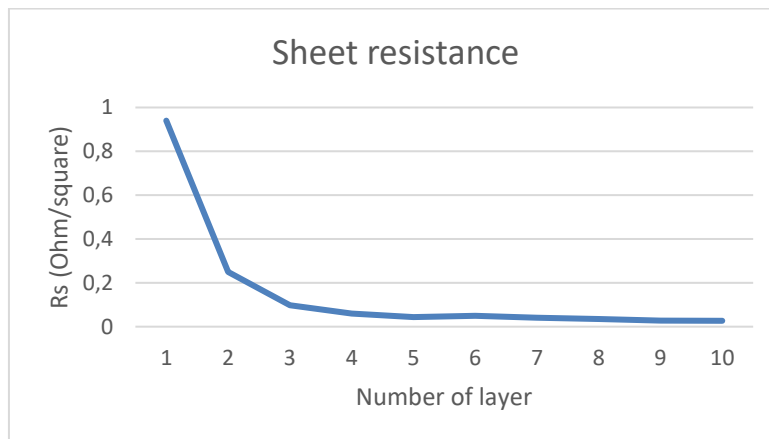
### Encre argent résolution (projets MultiFAB et Opéra)

Dans le cadre du projet MultiFAB, nous avons travaillé sur les résolutions minimales. Après avoir obtenu des électrodes interdigitées de 100 $\mu\text{m}$  puis de 50 $\mu\text{m}$  nous avons travaillé au 25 $\mu\text{m}$ . Ce dernier gap s'est révélé plus complexe qu'anticipé. Nous avons obtenu des lignes de 25 $\mu\text{m}$  espacées de 25 $\mu\text{m}$  en utilisant un traitement de surface hydrophobe localisé afin d'obtenir des lignes bien définies.



### Encre argent module NIR (projets MultiFAB et Opéra)

Le module de recuit par proche infrarouge a été installé en fin d'année. Nous avons commencé les développements sur substrat Kapton. Nous avons transféré les procédés de recuits en étuve puis traitement thermique dans un four au module infrarouge directement dans la Ceradrop.



Nous avons obtenu une résistivité pour 10 couches de  $63 \times 10^{-9} \Omega \cdot \text{m}$ , 4 fois supérieure à la résistivité théorique de  $16 \times 10^{-9} \Omega \cdot \text{m}$  ce qui est un bon résultat pour un dépôt de nanoparticules sur polymère.

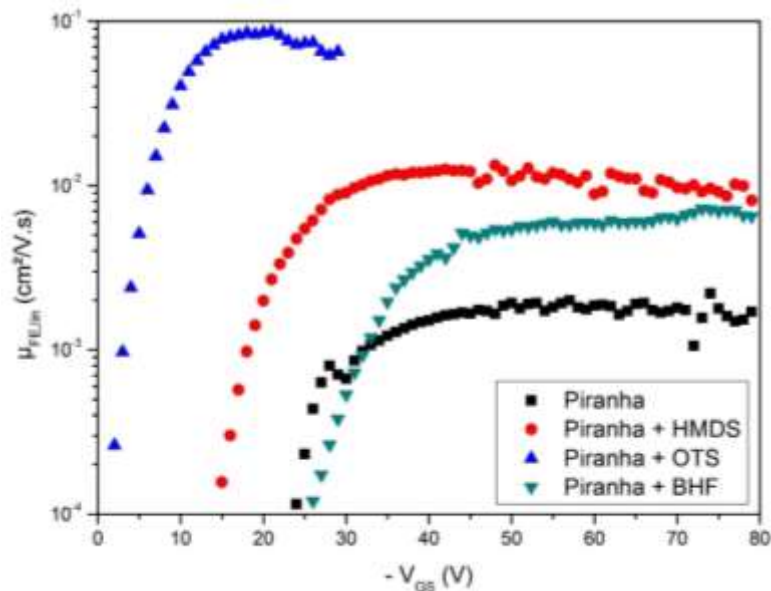
### Traitement hydrophile dans le SPD (action IG)

Comme annoncé en 2020 nous avons relancé le développement du traitement hydrophile en phase vapeur par greffage de SAM (Self Assembled Monolayer) de PEG (PolyEthyleneGlycol). Cependant le réactif qui nous a été vendu n'était pas conforme. Nous avons commandé un second lot synthétisé à façon. Ce second lot n'était pas conforme non plus.



### Décontamination et traitement de surface de SiO<sub>2</sub> (Projet MobInAcene)

Dans le cadre du projet MobInAcene nous avons travaillé avec Julien Bassaler en stage d'ingénieur. Lors de ce stage ayant pour but d'étudier la mobilité des porteurs de charge dans les acènes nous avons travaillé à l'optimisation de la chimie de surface pour la mobilité dans des OFETs. Nous avons pu comparer différentes méthodes de décontamination ainsi que différents greffages de SAM. Lors de ce stage les meilleurs OFETs ont été obtenus avec un SiO<sub>2</sub> décontaminé au mélange H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> et traité par OTS en boite à gant.



### Lithographie Laser

#### Étude de nouveaux matériaux photosensibles (projet Cellule en 3D) :

Collaboration avec la société Microresist GmbH pour le développement d'une nouvelle résine dédiée à la fabrication d'objets tridimensionnels multi-échelles avec les Dilase 3D et l'équipement DWS. Des mises au point sont en cours pour l'obtention de structures suspendues (figure 1).

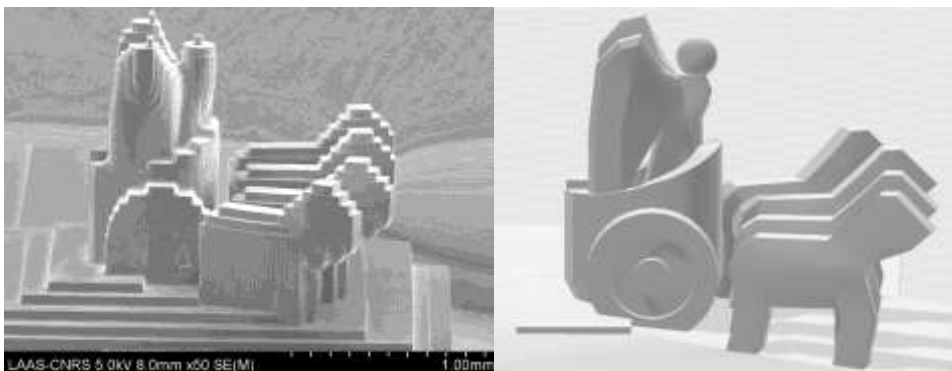


Figure 1: Sommet de la porte de Brandebourg fabriqué avec la nouvelle résine Microresist à la Dilase 3D MR (Bastien Venzac). A gauche image MEB, à droite vue du fichier STL.

### **Mise au point et standardisation d'un procédé de fabrication en série d'objets millimétriques avec l'équipement PP Nanoscribe (projet MultiFAB) :**

Ce procédé a été développé pour la fabrication de plusieurs dizaines de dispositifs médicaux en collaboration avec un industriel dans le cadre du projet MultiFAB.

### **Optimisation d'un procédé NLOF 2035 sur petits échantillons (projet MOVEToDIAM)**

Optimisation d'un procédé de lift-off sur diamant pour l'étude de propriétés électriques. La résine est déposée par spray et insolée avec le tube optique 1  $\mu\text{m}$  du laser 375 nm dans la Dilase 750. Le développement porte sur l'influence des paramètres modulation laser, taux de recouvrement d'écriture laser et durée de développement de la résine (figure 2).

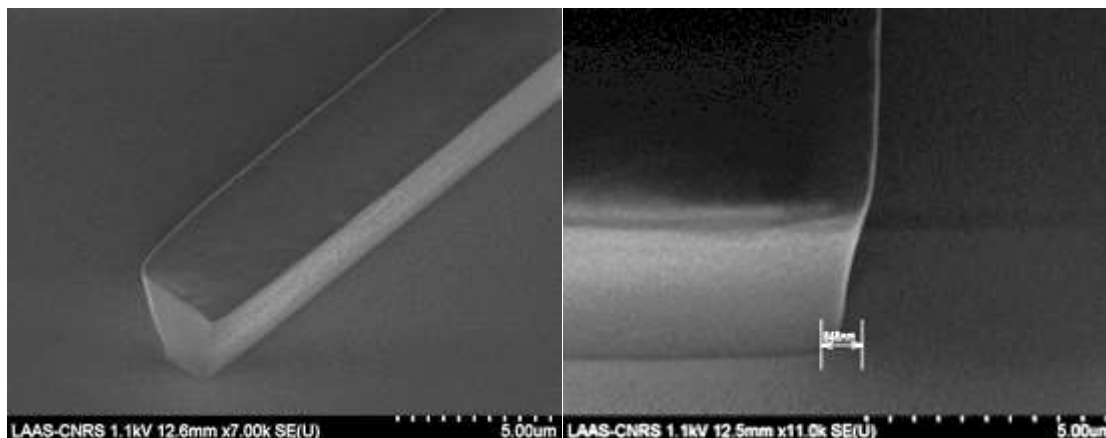


Figure 2: Profils résine NLOF 2035 (Ralph Makhoul)

### **Fabrication de filtres optiques avec un procédé en niveaux de gris (Projet Composants nano photoniques sur verre)**

L'objectif consiste à réaliser des matrices de filtres optiques constitués d'un empilement métal/SiO<sub>2</sub>/métal et dont la longueur d'onde de transmission (résonance) est contrôlée par l'épaisseur de silice. La structuration en niveau de gris de la résine ECI sur la silice doit permettre de moduler l'épaisseur de silice par gravure.

## **Nanolithographies**

### **Mise en œuvre de bio-polymères (biocompatibles et/ou bio-sourcés et/ou biodégradables) dans des procédés de nanostructuration. (Clothilde Pera/Jean-Baptiste Doucet/ IG / P-20-03243 - Systèmes PV-TE nanostructurés)**

Dans le cadre de l'apprentissage de Clothilde Pera, nous travaillons sur la mise en œuvre de bio-polymères (biocompatibles et/ou bio-sourcés et/ou biodégradables) dans des procédés de nanostructuration.

Dans ce cadre, nous développons un procédé de lift-off générique dont le projet de recherche d'Inès Massiot sur la fabrication de composants photoniques sera le véhicule test.

### **Nouvelle résine négative E-BEAM (action IG / RENATECH P-21-03408)**

Une nouvelle résine négative a commencé à être étudiée afin de palier à la faible durée de vie de la HSQ (6 mois) ainsi qu'à son coût : la MEDUSA de chez AllResist.

Bien qu'elle ne soit pas compatible avec les technologies C-MOS et qu'elle ne puisse donc pas remplacer complètement la HSQ cette résine en partage la résistance à la gravure tout en améliorant les qualités d'adhérence sur certains substrats (par ex. InAsSb).

## Photolithographie

### *Nanostructuration de membranes photoniques en GaAs par lithographie de copolymères à blocs*

Julien Joneau a développé avec le soutien de l'équipe Photonique un procédé de mise en forme de motifs de 80nm de forme cylindrique et 40nm en lamellaire au moyen de copolymères à blocs PS-PMMA.

Le mode opératoire ouvert aux utilisateurs de la plateforme est disponible dans l'application [MyFab](#). Les développements réalisés en 2020 utilisent cette brique technologique et ont permis la nanostructuration de membranes photoniques en GaAs.



Procédé de nanostructuration de membranes photoniques en GaAs au moyen de Copolymères à Blocs de 80nm

## DEVELOPPEMENTS ENVISAGES EN 2021

### Assemblage

#### *Développement d'un scellement hermétique par frittage de verre (Projet Renatech)*

Nous allons réaliser des assemblages hermétique Si/Si par sérigraphie puis frittage de pâte de verre. Cette technique permet un scellement permanent de substrat Si/Si ou Si/verre à des températures voisines de 400°C.

#### *Scellement SiON/Si (Projet Soleil)*

Test de scellement par traitement des surfaces par plasma (Ar et N2) au LAAS et à Femto dans des équipements in situ.

#### *Scellement Cu/Cu (IG)*

Test de scellement par traitement des surfaces par plasma Ar, N2, et He

#### *Sérigraphie pâte Ag sur substrat souple (Optenloc)*

Sérigraphie de pâte argent flexible sur substrat souple en Kapton pour l'obtention d'antennes RF.

### Caractérisation

#### *Développement des compétences sur les modes avancés en AFM (IG)*

L'AFM ICON peut être équipé de modules avancés comme la spectroscopie de force ou des mesures électriques (en courant ou en tension), et les compétences pour les utiliser ne sont plus présentes au laboratoire. Il est nécessaire de se former à l'utilisation de ces modules et de les utiliser régulièrement pour pouvoir les proposer à la communauté, ce qui n'a pas pu être fait l'année dernière comme envisagé faute de temps disponible.

## Chimie

### *Synthèse multi-étapes d'un aza-éther-couronne (ionophore) Projet*

En 2021 il faudra préparer le composé 5 en plus large quantité, le purifier et en confirmer la structure. Ensuite il faudra l'intégrer sous forme de couche iono-sensible dans des capteurs et en tester les performances.

### *Développement ou faisabilité de procédés de gravures humide et/ou lift off avec l'équipement Hamatech (IG)*

L'équipement Hamatech (révélation et gravure Cr par aspersion des masques en zone lithographie laser) sera remplacé prochainement par une machine neuve. Des tests seront conduits en 2021 pour étudier l'application de l'équipement Hamatech à la gravure et/ou au lift off de plaquettes de silicium. En fonction des résultats et de la faisabilité d'une mise à jour et de la pérennisation de l'électronique de cet équipement, il est envisagé de le réutiliser pour ces applications.

### *Gravures humides (IG)*

Reprise des qualifications de gravures du cuivre : Détermination des solutions les plus adaptés en fonction de l'épaisseur à graver et des conditions de gravure.

Mise au point de la gravure humide sélective du nitrure de silicium : Détermination des paramètres de gravure du nitrure de silicium par l'acide phosphorique concentré à chaud.

### *Qualification des techniques humides de délaquage et nettoyage (IG)*

Etude et optimisation des techniques de délaquages, notamment pour les résines fortement dégradées (gravures plasma, implantation ionique) ainsi que des techniques de nettoyages notamment sur matériaux facilement altérables.

### *Mise au point de couches et résines biocompatibles, biodégradables, ou biosourcées (IG)*

En relation avec la zone nanolithographies et le travail de Clothilde Pera

### *Mise au point de techniques de fabrication de lentilles plan concave (Projet DOCTVCSEL)*

Etudes de la formation de lentilles en creux par des techniques d'auto assemblage, gravure ou moulage.

## CVD

### *Développement d'un outil de suivi in-situ des dépôts dans ICPECVD (IG et les projets pour la filière photonique sur verre)*

Actuellement, les cumuls d'épaisseurs de dépôts pour faire des empilements épais (1.5 $\mu$ m) de SiO<sub>2</sub>/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, présentent une imprécision <10nm par rapport à la valeur totale demandée, et une dérive en indice optique de l'ordre de 10E-2, avec à chaque empilement des calibrations en dépôts. Le but recherché pour 2021 est de réduire le produit épaisseur x indice optique. Pour cela, une piste envisagée est de développer en interne avec PHOTO, un outil optique multi-longueur d'onde à partir d'une lumière blanche qui permettrait de suivre in-situ et en temps réel l'évolution des dépôts au cours du temps et de run à run. Ce développement est en lien avec notre prospective en équipement.

### *Mesures de contraintes et d'épaisseurs des dépôts CVD (IG)*

Pour cela, nous nous appuierons sur la mise au point de EZ-curve développé en Epitaxie par Jets Moléculaires. En plus de la mesure optique de la courbure du matériau déposé, grâce à la mesure du

grandissement de l'image virtuelle d'un objet lumineux, il serait possible de relier cela à l'épaisseur déposée dans la gamme [100nm – 5µm]. Ce développement est en lien avec notre prospective en équipement.

### ***Recensement des propriétés des matériaux déposés en CVD (IG)***

Pour faire suite, aux calibrations optiques réalisées sur ces matériaux, il est envisagé de travailler avec le service I2C sur leurs paramètres électriques C(V). Par la suite, l'ensemble des données mesurées des matériaux réalisés par CVD sera recensé dans un tableau dans les années à venir, accessible dans Myfab.

### ***Développement de procédés avec l'équipement Si-ALD-LL Sentech (projet Microsupercap 3D)***

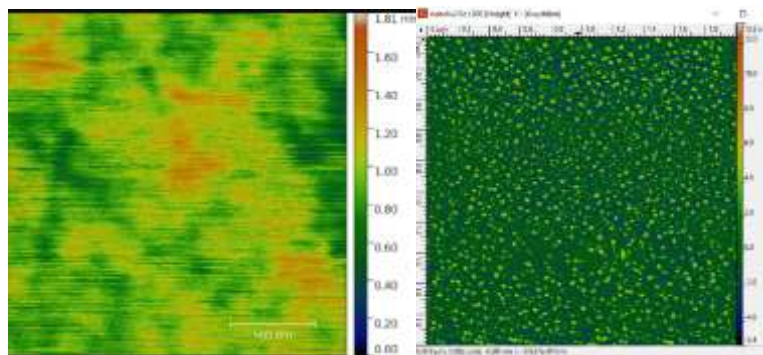
Mise en œuvre d'un dépôt conforme par ALD de RuOxHy sur des collecteurs de courant poreux pour réaliser, et intégrer à terme, des électrodes de micro-super condensateurs. Des premiers tests de dépôts à partir de procédés adaptés au LAAS et pour de nombreux cycles (1000 cycles) ont été faits sur de l'Au plan, Pt plan, Au poreux. Plusieurs essais de caractérisations en épaisseur sont en cours via AFM, XRR par DRX.

### ***Développement d'un masque dur pour la Photonique (projets RESON et Dimension)***

L'utilisation de l'Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en photonique est envisagée pour permettre, d'une part, la réalisation de structures à réseaux de pas nanométriques et d'épaisseur contrôlée et, d'autre part, pour la fabrication d'éléments d'optique guidée (tels que micro-disques et micro-anneaux) en SiN<sub>x</sub> (>700nm).

### ***Etude de traitements de surface avant dépôts ICPECVD sur LiNbO<sub>3</sub> (projets RESON et Dimension)***

Lors du dépôt de SiN<sub>x</sub> :H par ICPECVD sur le LiNbO<sub>3</sub> pour réaliser des filtres intégrés en cavité (CRIGFs), une phase plasma de NH<sub>3</sub> permet l'accroche de ce matériau sur le substrat. Mais, NH<sub>3</sub> réagit chimiquement avec et le LiNbO<sub>3</sub> et forme une rugosité de l'ordre de 2nm. Il s'agira de modifier les paramètres de cette phase d'accroche, ou d'envisager une autre solution par dépôt CCPECVD.



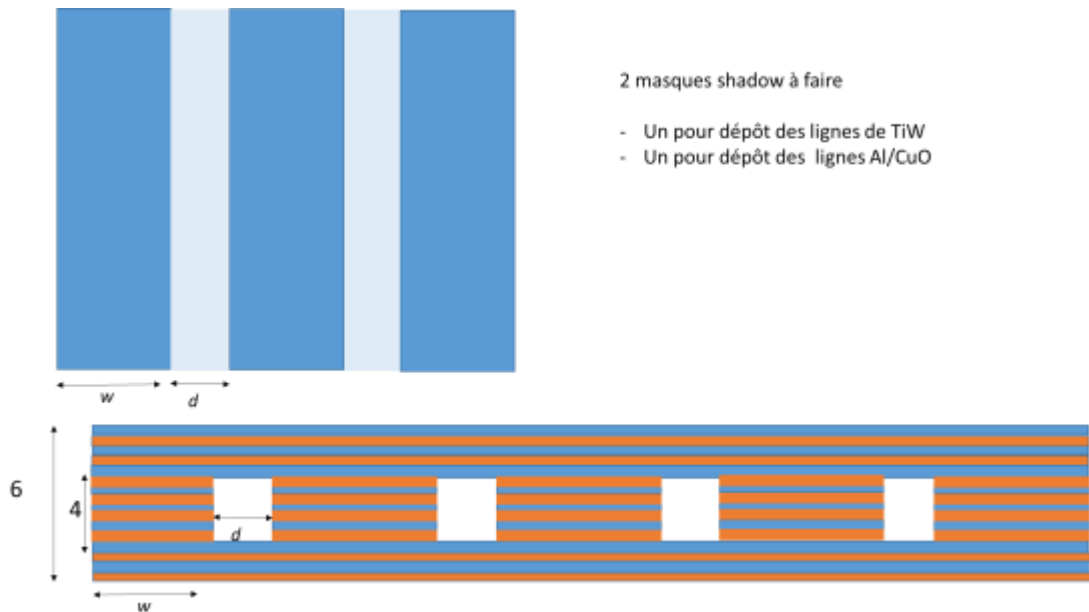
AFM : rugosité 0.2nm LiNbO<sub>3</sub> initial

AFM : rugosité 2nm LiNbO<sub>3</sub> après plasma NH<sub>3</sub>

## **Dépôts sous vide**

### ***Nanothermites***

Poursuite des développements sur les nanothermites avec notamment la réalisation de couches poreuses. Pour cela une couche sacrificielle (TiW) est intégrée à l'empilement Al/CuO.



## Dépôts électrolytiques

### Bain d'or (IG) :

Finalisation de la mise au point de la nouvelle chimie et qualification du dépôt à nos procédés.

### Bains de cuivre (IG) :

#### High speed :

Le bain est validé pour les process 2D, mais ne permet pas de faire des dépôts homogènes sur des structures 2.5 D et 3D. Pour continuer à améliorer ses performances pour nos applications, il est nécessaire de faire évoluer sa chimie. Maintenant que nous maîtrisons toutes les analyses qui lui sont propres, nous devrions être en mesure de modifier la concentration de certains de ses constituants pour jouer sur la qualité des résultats.

#### Via filling :

Dans le cadre du projet 3D Cap (D. PECH) et de la nouvelle collaboration en cours de mise en place avec la société RENA, nous devrions faire les premiers tests de via filling de cuivre dans des substrats de silicium.

### Réacteur de dépôt Yamamoto (Société Yamamoto & IG) :

Nous avons reconduit pour 3 ans la collaboration avec l'équipementier de bâtis de dépôts électrolytiques Yamamoto-Ms. Cette collaboration va nous donner accès à des optimisations des équipements actuels et de nouveaux équipements.

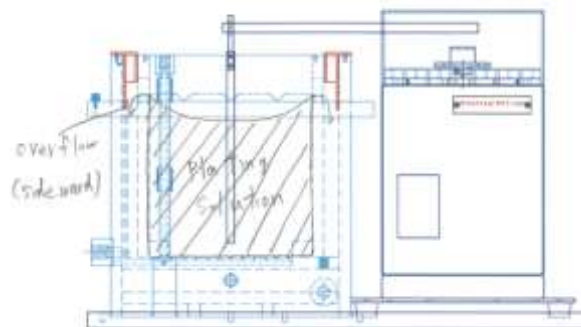
- Un nouvel agitateur 3 axes va nous permettre d'obtenir une meilleure agitation dans les moules à très haut rapport de forme et surtout dans nos moules 3D obtenus par impression 3D ou bientôt par structuration 3D du verre.



- Un nouvel équipement permettant de faire des dépôts électrolytiques ou electroless sur des pièces en nickel déjà libérées. Ainsi nous pourrions déposer une couche d'or sur nos micro pièces de nickel afin de les rendre bio compatibles à long terme ou de les protéger de la corrosion.



- Un nouveau type de réacteur à débordement qui devrait nous permettre d'améliorer encore la qualité des dépôts en termes d'homogénéité et en termes de reproductibilité. Si après nos optimisations ce nouveau réacteur améliore nos résultats la société Yamamoto nous fera l'update de nos 4 équipements actuels.



### **Analyses chimiques (IG) :**

Les analyses des différents constituants de bain de cuivre de via filling ont besoin d'être mises au point pour maîtriser leur impact sur les dépôts et ainsi pouvoir modifier le bain selon nos besoins.

### **Collaboration avec l'équipementier RENA :**

Nous avons initié 2 nouvelles collaborations avec la société RENA sur les équipements et une seconde sur du process, particulièrement sur le remplissage de via traversants. Nous devrions les signer et débiter les travaux courant 2021.

### **Epitaxie par jets moléculaires**

#### **Laboratoire commun LAAS-Riber**

Nous travaillons avec la société Riber à la création d'un laboratoire commun, dont les objectifs seraient de développer

- Des outils de contrôle in-situ de la croissance robustes et dont la complémentarité permettra d'automatiser à terme des précédés d'épitaxie
- Une chambre de croissance cryogénique, pour la croissance à des températures de croissances très basses, afin de réaliser des empilements innovants.

## Gravure plasma

### *Mise en place des procédés sur l'équipement TEGAL (IG)*

L'équipement TEGAL est en cours de rétrofit, dès que le mode automatique sera opérationnel, il faudra calibrer les procédés.

### *Optimisation des procédés de gravure du nouvel équipement SI500 fluoré (IG)*

Les procédés de gravures de Si, SiO<sub>x</sub>, SiN<sub>x</sub> doivent être vérifiés et optimisés dans le nouvel équipement Sentech.

### *Optimisation de la gravure de piliers en SiO<sub>x</sub> et en silice (MPN)*

Un masque dur de gravure en Cr va être testé afin de pallier les problèmes de bulles, de résolution, et de verticalité des piliers.

### *Optimisation de la gravure du diamant (ISGE)*

La gravure du diamant va être optimisée dans le nouvel équipement Sentech (SI500 fluorée).

### *Optimisation de la gravure de l'AlGaN (ISGE)*

La gravure de l'AlGaN va être optimisée dans le nouvel équipement Sentech (SI500 fluorée).

### *Optimisation de la gravure LiNbO<sub>3</sub> (PHOTO)*

La gravure du LiNbO<sub>3</sub> va être optimisée dans le nouvel équipement Sentech (SI500 fluorée).

## Jet d'encre et traitements de surface

### *Traitement hydrophile dans le SPD (action IG)*

Nous avons commandé une autre molécule, moins réactive dont l'approvisionnement est plus facile. Nous mettrons cette nouvelle molécule dans le SPD cette année.

### *Encre argent module NIR (projets MultiFAB et Opéra)*

A la suite des bons résultats obtenus sur Kapton, nous avons continué les développements avec une encre Argent plus concentrée (40% en masse) que la précédente (25% en masse). Nous allons travailler sur d'autres substrats tels que le Silicium et le PET.

### *Remise en service du Nanonex Ultra 100 (action IG)*

L'équipement de traitement de surface Nanonex Ultra 100 acheté au LAAS qui avait été installé à l'ITAV est revenu au LAAS. L'équipement doit être entièrement démonté, nettoyé et certaines pièces changées. La partie commande fonctionne. Cet équipement permet le greffage de SAM en phase vapeur et l'activation de surface par UV/Ozone sur chuck chauffant. Cet équipement sera complémentaire du SPD (phase vapeur) et du SFD (CO<sub>2</sub> supercritique).

## Lithographie Laser

### *Installation de l'équipement Suss HMx et développement de nouveaux procédés pour la fabrication des masques et réticules (IG)*

En 2021 l'équipementier Suss nous livrera un nouvel équipement HMx (250 k€) pour le développement et la gravure chrome des masques et réticules. L'utilisation de nouvelles buses d'injection va nécessiter de re-calibrer nos procédés de fabrication.



### ***Fabrication de nouveaux type de dispositifs 3D avec l'équipement Nanoscribe pour la culture cellulaire (projet Cellule en 3D)***

Des développements vont être menés pour fabriquer des échantillons microphysiologiques poreux représentant la paroi intestinale. La grande résolution du système d'écriture bi-photons PP Nanoscribe doit permettre la réalisation de parois poreuses pour favoriser la culture cellulaire

### **Nanolithographies**

#### ***Travaux en nano-impresion (IG / P-20-03243 - Systèmes PV-TE nanostructurés)***

- Nous allons continuer à mettre au point le procédé de lift-off après nano-impresion en utilisant des bio-polymères.
- Nous commençons des travaux sur l'effet de la structuration de surface sur l'accroche et la mobilité de macrophages (travaux de Christophe Vieu). L'enjeu est d'arriver à structurer des lamelles utilisées en microscopie pour l'étude des macrophages à l'échelle de quelques nanomètres par nano-impresion et gravure du verre.

### **Photolithographie**

#### ***Développement de nouvelles résines et strippers***

Pour répondre aux besoins de réduction des dimensions, nous souhaitons continuer à tester de nouvelles résines haute définition (résines de 350nm de résolution en lift NLOF 5510 et positive AZ701 MiR) ou des résines à haut facteur de forme (AZ IPS 6050 20-100µm d'épaisseur).

Afin d'améliorer les libérations des lift-off parfois très longs, nous allons évaluer de nouveaux strippers comme le Technistrip P1316 et NI555 ainsi que SVD (C-JV-DY).

#### ***Qualification et fiabilisation des procédés de photolithographie***

Les qualifications des procédés ont mis en évidence certaines dérives et défauts sur plusieurs procédés :

- Dérive des temps de développement sur les pistes automatiques EVG 120
- Correction des doses d'exposition sur les systèmes UV LED
- Résolution et contraintes sur les procédés films secs
- ...

Ces problèmes sont ponctuellement résolus mais nécessitent un travail conséquent pour fiabiliser les procédés et assurer un bon rendement sur les projets.

### **Traitements thermiques et implantation ionique**

#### ***Réalisation d'un oxyde thermique humide de 10 nm dans les fours Centrotherm (projet Renatech pour le CEA Saclay)***

Dans le cadre d'un projet de réalisation de détecteur de pixel, nous allons réaliser une oxydation thermique humide d'une épaisseur de 10nm. Cet oxyde humide sera ensuite durci par irradiation X à l'extérieur du LAAS.

#### ***Recensement des caractéristiques des oxydes réalisés par oxydation thermique (IG)***

Dans le cadre du recensement des matériaux présents en salle blanche, nous allons caractériser les propriétés optiques (indice de réfraction), mécaniques (contraintes) et électriques (constante diélectrique, tension de claquage) des oxydes réalisés dans nos équipements d'oxydation thermique. Ces résultats seront recensés dans un tableau et accessibles par MyFab.

### Réalisation d'oxyde thermique faible épaisseur (3 nm) dans les fours de recuits métaux (projet PSI)

Nous allons réaliser, pour des substrats NOMOS ayant subi un dépôt d'Or, un oxyde thermique sec (sous O<sub>2</sub>) à basse température (750°C) de 3 nm dans les fours habituellement dédiés aux recuits métaux. Cette étude permettra par la suite de réaliser des oxydations sèches sur substrats NoMOS. Ce développement est en lien avec la prospective équipement concernant la remise à niveau des fours Freescale.

## CALIBRATIONS

De nombreuses calibrations sont réalisées régulièrement, d'autres sont envisagées.

Toutefois il convient d'insister que ces seules calibrations ne peuvent suffire à prévenir les dérives des procédés ; dont tout le poids ne peut reposer sur les seuls membres du service TEAM

Ainsi il est important de rappeler que le suivi des activités ne sera que meilleur quand le retour par les utilisateurs de leurs résultats vers les personnels des zones sera systématique. Ce qui est encore loin d'être le cas.

Au 1<sup>er</sup> janvier 2020 nous avons configuré l'application Myfab afin que chaque utilisateur soit conduit à noter systématiquement la réalité des opérations réalisées. L'application permet de bloquer les réservations si les renseignements ne sont pas notés sous une semaine. Agir ainsi, couplé à la possibilité de facturer à travers MyFab, a permis la suppression des fiches de processus. Il s'agit donc d'une simplification (un seul support) et d'une démarche d'amélioration quant au suivi des procédés. Les paragraphes suivants listent zone par zone les calibrations conduites et où l'on peut consulter les résultats.

### Assemblage

#### Existantes

| Objectif                                  | Nature de l'action conduite   | Fréquence  | Où trouver les résultats ?               |
|---|---|--|--|
| Qualification report précis par flip chip | Réglage parallélisme du bras de report et auto collimation du microscope sur l'équipement FC150 | A chaque changement d'outil et au début de chaque campagne de report | Fichier spécifique affiché sur le bureau |
| Qualification du report par wafer bonding | Réglage du parallélisme des plateaux et de la force appliquée                                   | A chaque changement de plateau et au minimum 1 fois par mois         | Fichier spécifique affiché sur le bureau |
| Qualification soudure anodique bonding    | Validation d'un scellement anodique   | 1 fois par semestre  | Fichier spécifique affiché sur le bureau |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| <b>Qualification de la découpe</b>             | Réglage de la hauteur, et de l'épaisseur de la lame  | A chaque changement de lame et tous les 50 traits de découpe | Pas d'affichage possible                 |
| <b>Qualification des procédés de polissage</b> | Mesure et rectification de la planéité du plateau  | Avant chaque utilisation                                     | Fichier spécifique affiché sur le bureau |
| <b>Qualification de la sérigraphie</b>         | Mesure en épaisseur, largeur et longueur de dépôt sérigraphiés suivant un masque et une carte témoin | Avant chaque dépôt   | Fichier spécifique affiché sur le bureau |

## Caractérisation

### Existantes

| Objectif   | Nature de l'action conduite   | Où trouver les résultats ?            |
|--|---|---------------------------------------|
| Vérification de calibration AFM Dimension et Icon  | Mesure étalon en XYZ, vérification des côtes et de la linéarité du piézo  | MyFab onglet document de l'équipement |
| Vérification de calibration Tencor P17 et P16+     | Mesure étalon en XZ, vérification des côtes et de l'alignement de la pointe, calibration automatique de la force    | MyFab onglet document de l'équipement |
| Vérification de calibration résistivimètre         | Mesure et vérification de résistance carrée par rapport à un étalon en or   | MyFab onglet document de l'équipement |
| Vérification de calibration Ellipsomètre           | Vérification des zéros des polariseurs, de l'intensité de la lampe et mesure de l'étalon en SiO <sub>2</sub> sur Si | MyFab onglet document de l'équipement |
| Vérification de calibration Profilomètres optiques | Vérification des mesures de l'étalon Z  | MyFab onglet document de l'équipement |
| Vérification de calibration Balance                | Mesure des poids étalons  | MyFab onglet document de l'équipement |
| Calibration DSC                                    | Mesure des métaux étalons puis report des informations dans le soft   | MyFab onglet document de l'équipement |

### A mettre en place

| Objectif                | Nature de l'action conduite       | Année mise en place |
|-------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| Vérification XY sur MEB | Utilisation de l'étalon MicroChip | 2021                |

## Chimie

### Existantes

| Objectif                           | Nature de l'action conduite  | Où trouver les résultats ?               |
|------------------------------------|--|--|
| Assurer la sécurité Des opérateurs | Actionnement mensuel douche de sécurité et rince œil (vérification fonctionnalité) | Intervention en cas de dysfonctionnement |

### Mises en place en 2020

| Objectif                           | Nature de l'action conduite  | Où trouver les résultats ?   |
|------------------------------------|--|------------------------------|
| Assurer la sécurité Des opérateurs | Contrôle par société Clean air des conformités des débits d'extraction avec les données de qualification | Affichés sur les équipements |

### A mettre en place

| Objectif  | Nature de l'action conduite   | Année mise en place |
|---|---|---------------------|
| Qualification des gravures cuivre et nitrure de silicium      | Mesure des vitesses de gravure par gravure avec masquage adapté   | 2021                |
| Comparaison des performances gravures manuelle-spray Hamatech | Gravures Cr et Au pleine plaque avec méthode manuelle et équipement Hamatech (litho laser) et comparaison des résultats de gravure (homogénéité, sur gravure) | 2021                |

## CVD

### Existantes

| Objectif                         | Nature de l'action conduite   | Où trouver les résultats ?     |
|----------------------------------|---|--------------------------------|
| Qualification procédés de dépôts | Dépôt générique SiO <sub>2</sub> , Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> par LPCVD (6mois)<br>Epaisseur et indice              | Affiche à côté de l'équipement |
| Qualification procédés de dépôts | Dépôt générique SiO <sub>2</sub> , Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> par CCEPCVD et ICPECVD (2mois)<br>Epaisseur et indice | Affiche à côté de l'équipement |
| Qualification procédés de dépôts | Dépôt générique Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> par (PE)ALD MOS (3 mois)<br>Epaisseur et indice                          | Affiche à côté de l'équipement |

### Mises en place en 2020

| Objectif                         | Nature de l'action conduite   | Où trouver les résultats ?     |
|----------------------------------|---|--------------------------------|
| Qualification procédés de dépôts | Dépôt générique a-Si par CCEPCVD (2mois)<br>Epaisseur et indice                     | Affiche à côté de l'équipement |
| Notice d'utilisation             | 3 protocoles pour CCPECVD, ICPECVD, Four Tempress.<br>Démarrage, arrêt, utilisation | Affiche à côté de l'équipement |

### A mettre en place

| Objectif                         | Nature de l'action conduite  | Année mise en place |
|----------------------------------|--|---------------------|
| Qualification procédés de dépôts | Dépôt générique Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> par (PE)ALD NOMOS (3 mois)<br>Epaisseur et indice | 2021                |
| Notice d'utilisation             | 2 protocoles pour ALD MOS et ALD NOMOS   | 2021                |

### Dépôts sous vide

#### Existantes

| Objectif  | Nature de l'action conduite                   | Fréquence                           | Où les résultats sont-ils disponibles   |
|---|---|-------------------------------------|---|
| Qualification de couches métalliques (Sur l'assemble des équipements de la zone)                                  | Mesure de marches profilomètres tactile       | 1 fois tous les 15 jours            | <a href="http://lims.laas.fr/team/PVD/Suivi%20Calibration%20PVD.xlsx">http://lims.laas.fr/team/PVD/Suivi Calibration PVD.xlsx</a> |
| Qualification de couches métalliques CuO et TiO <sub>2</sub> sur TFE  | Analyse XRR                                   | A chaque changement de cibles       | <a href="http://lims.laas.fr/team/PVD/Suivi%20Calibration%20PVD.xlsx">http://lims.laas.fr/team/PVD/Suivi Calibration PVD.xlsx</a> |
| Décontamination enceinte de dépôts Métalliques (Sur l'assemble des équipements de la zone)                        | Nettoyage mécanique et chimique               | 2 fois par an                       | Pas dispo   |
| Analyse du dégazage des nouveaux Matériaux avant introduction dans bâtis sous vide (dans la zone et autres zones) | Dégazage sous vide avec spectroscopie des gaz | Quand arrivée d'un nouveau matériau | Remis au demandeur  |

#### Qui vont être mises en place

| Objectif   | Nature de l'action conduite                | Fréquence |
|--|--|-----------|
| Qualification de couches métalliques (Sur l'assemble des équipements de la zone) | Suivie des contaminations :<br>Analyse XRR | 2 mois    |

## Dépôts électrolytiques

### Existantes

| Objectif  | Nature de l'action conduite  | Où trouver les résultats ? |
|---|--|----------------------------|
| Mesure des concentrations d'additifs dans tous les bains  | Mesure CVS et Titration<br><b>Cu/Au/Ni Rena &amp; Ni /Cu/ Cu high speed Yamamoto</b> | Personnels zone            |
| Mesure des concentrations d'ions métalliques              | Mesure AAS et Titration<br><b>Cu/Au/Ni Rena &amp; Ni /Cu/ Cu high speed Yamamoto</b> | Personnels zone            |
| Mesure Homogénéité, contrainte pleine plaque, résistivité | Mesure Tencor 10 points+ contrainte<br><b>Cu/Au/Ni Rena &amp; Ni /Cu/ Yamamoto</b>   | Myfab                      |

Lien Myfab pour les mesures de calibration :

<https://lims.laas.fr/Team/Electrochimie/CalibrationBains.xlsm>

### A mettre en place

| Objectif   | Nature de l'action conduite               | Année mise en place |
|--|---|---------------------|
| Mesure des concentrations d'additifs dans tous les bains | Mesure CVS et Titration<br>Cu via filling | 2021                |
| Mesure des concentrations d'ions métalliques             | Mesure Titration<br>Cu via filling        | 2021                |
| Mesure taux de remplissage                               | Fib                                       | 2021                |

## Epitaxie par jets moléculaires

### Existantes

| Objectif   | Nature de l'action conduite   | Où trouver les résultats ?          |
|--|---|-------------------------------------|
| Calibration du dopage N (Si) ou P (C)                  | Réaliser des couches de GaAs dopées uniformément en croissance (type. 1µm)      | Fichier Excel dans le PC « MBE412 » |
| Niveau de dopage résiduel                              | Croissance d'une couche de 10µm de GaAs non dopée, et mesure par effet Hall VdP | Fichier Excel dans le PC « MBE412 » |
| Calibrations des épaisseurs et compositions d'alliages | Croissance de structures test – mesures RX ou PL                                | Fichier Excel dans le PC « MBE412 » |
| Densité de défauts                                     | Couche de GaAs de 1µm   | Fichier Excel dans le PC « MBE412 » |

### A mettre en place

| Objectif                    | Nature de l'action conduite                 | Année mise en place |
|-----------------------------|---|---------------------|
| Mesure directe des flux par | Développement d'un outil de mesure des flux | 2020-2025           |

absorption atomique

## Gravure plasma

### Existantes

| Objectif                                    | Nature de l'action conduite                              | Où trouver les résultats ?     |
|---|--|--------------------------------|
| Vérification du fonctionnement des machines | Contrôle des paramètres machines                         | Affiche à côté de l'équipement |
| Vérification des résultats de gravure       | Vérification des vitesses de gravure obtenues            | Myfab                          |
| Nettoyage réacteur de gravure               | Ouverture/nettoyage mécanique<br>Changement de céramique | Myfab                          |

## Jet d'encre et traitements de surface

### Existantes

| Objectif  | Nature de l'action conduite   | Où trouver les résultats ? |
|---|---|----------------------------|
| Suivi équipement Tousimis   | Log des temps de refroidissement et de la consommation de CO <sub>2</sub> | Cahier de suivi            |
| Suivi équipement SFD  | Log des produits utilisés et de la consommation de CO <sub>2</sub>        | Cahier de suivi            |
| Qualification du viscosimètre   | Mesure de viscosité de l'eau  | Myfab                      |
| Qualification du procédé de traitement de surface par UV/O <sub>3</sub> | Mesure de l'angle de contact d'un polymère avant et après traitement      | Myfab                      |
| Qualification du procédé de traitement de surface par UV254nm           | Mesure de l'angle de contact d'un polymère avant et après traitement      | Myfab                      |
| Qualification des procédés du SPD                                       | Réalisation des procédés génériques sur Si et Kapton                      | Myfab                      |

### A mettre en place

| Objectif  | Nature de l'action conduite                                 | Année mise en place         |
|---|---|-----------------------------|
| Qualification de la propreté de la ligne du SFD | Run à blanc sur substrat Si et mesure de l'angle de contact | En fonction utilisation SFD |

## Lithographie Laser

### Existantes

| Objectif                 | Nature de l'action conduite   | Où trouver les résultats ?                            |
|--------------------------|---|---|
| Calibration DWL 200      | Ecritures motifs critiques au bord des masques<br>Mesures et observations | <a href="http://lims.laas.fr">http://lims.laas.fr</a> |
| Alignement laser DWL 200 | Alignement du laser<br>Réglage machine                                    | <a href="http://lims.laas.fr">http://lims.laas.fr</a> |

### A mettre en place

| Objectif               | Nature de l'action conduite                           | Année mise en place |
|------------------------|---|---------------------|
| Calibration Nanoscribe | Ecritures motifs critiques<br>Mesures et observations | 2021                |

### Nanolithographies

#### Existantes

| Objectif   | Nature de l'action conduite  | Où trouver les résultats ? |
|--|--|----------------------------|
| <b>Insolation de nanostructures par lithographie électronique</b>  | Insolations par les utilisateurs   | LIMS                       |
| <b>Qualification des procédés de nanoréplication</b>               | 1. Nano-impressions par les utilisateurs<br>2. Duplication de nanostructures dans un film de COP ou COC<br>3. Duplication de nanostructures à l'aide du test précédent sur du silicium et dans la résine NILUV-135 | LIMS                       |
| <b>Déterminer quand la lampe UV doit être changée</b>              | Mesure de l'émission de la lampe UV  | LIMS                       |
| <b>Qualification de la résolution en lithographie électronique</b> | Insolation générique sur PMMA : test de résolution et test de raccordement des champs  | LIMS                       |

### Photolithographie

#### Existantes

| Objectif  | Nature de l'action conduite | Où trouver les résultats ?   |
|---|-----------------------------|--|
| <b>Procédés de Photolithographie :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ECI 1.1µm stepper (haute résolution)</li> <li>• ECI 1.1µm MA150</li> <li>• NLOF 5µm (lift off)</li> <li>• AZ40XT 40µm</li> <li>• SU8 100µm</li> </ul> <b>Qualifications équipements :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Machines d'alignement</li> <li>• Nettoyage, rangement, état des stocks,</li> </ul> | Réalisation des procédés    | Sur MYFAB/tool documents/photolithographie<br>Lien <a href="#">ici</a> |
|   | Vérification machine        | Sur MYFAB/tool documents/photolithographie<br>Lien <a href="#">ici</a> |
|   | Heure soleil                | Tableau état des stocks présents sur la zone                           |

### A mettre en place

| Objectif           | Nature de l'action conduite                      | Année mise en place   |
|--------------------|--|---|
| Suivi des procédés | Suivi des résultats (données log des opérations) | En version d'essai sur MYFAB/tool documents/photolithographie<br>Lien <a href="#">ici</a> |



## Traitements thermiques et implantation ionique

### Existantes

| Objectif  | Nature de l'action conduite  | Où trouver les résultats ? |
|---|--|----------------------------|
| Qualification oxydation thermique                 | Oxydation thermique sèche (100 nm) et humide (600 nm) de 25 plaquettes<br>Cartographie épaisseur et indice par ellipsométrie | Affiché dans MyFab         |
| Qualification homogénéité<br>Implantation ionique | Implantation ionique de Bore suivant un protocole bien défini.<br>Cartographie résistivité des plaquettes                    | Affiché dans MyFab         |

### A mettre en place

| Objectif   | Nature de l'action conduite  | Année mise en place |
|--|--|---------------------|
| Qualification qualité oxyde thermique                              | Oxydation thermique sèche (100nm)<br>Mesures électriques C(V)  | 2021                |
| Qualification du masquage des résines implantées Bore et Phosphore | Implantation Bore et Phosphore à travers une couche de résine suivant un protocole bien défini.<br>Cartographie de la résistivité des plaquettes | 2021                |

## VALORISATION

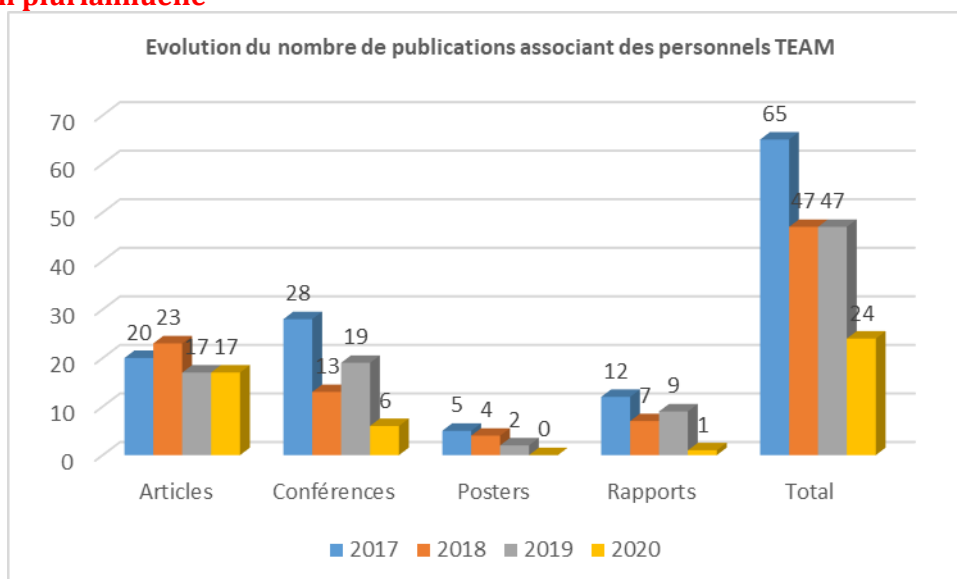
Les membres du service TEAM peuvent être associés ou être à l'origine de publications et rapports afin de valoriser les développements auxquels ils ont eu une contribution importante.

### Publications 2020 (extraction HAL LAAS)

Elles s'élèvent au nombre de 24

- Articles : 17
- Posters : 0
- Conférences : 6
- Rapports (dont techniques) : 1 (1)

## Evolution pluriannuelle

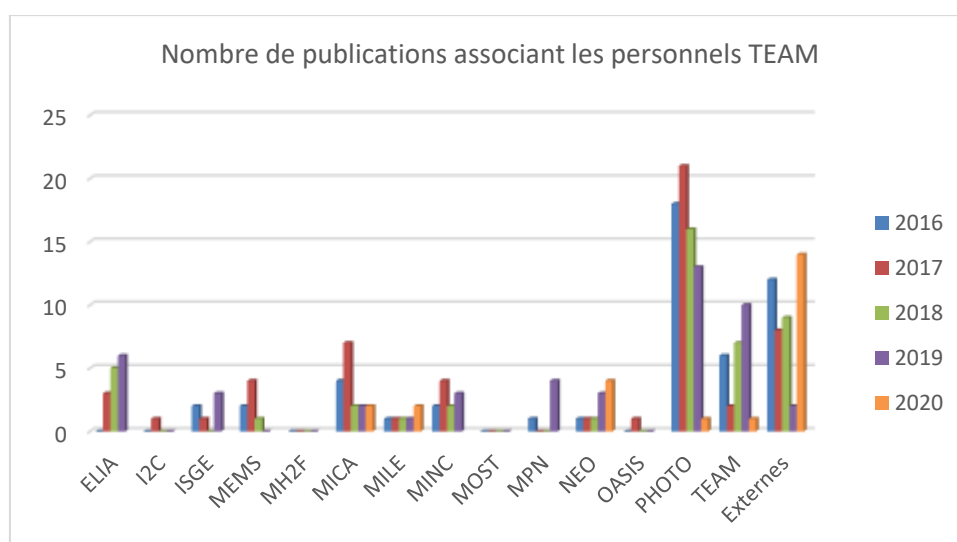


On voit une effondrement (division par deux) des publications qui associent les membres du service TEAM.

- La situation sanitaire peut expliquer la chute des présentations en conférences ;
- Nous ne pouvons que déplorer la faiblesse du nombre de rapports techniques. Les périodes de confinement et le télétravail auraient dû permettre la rédaction de rapports valorisant les développements techniques faits par les personnels techniques, il n'en a rien été.
- Un satisfécit néanmoins, le nombre d'association à des articles qui est resté stable malgré la situation

## Origine des publications

Les co-signatures du service TEAM sont représentées sur le graphique suivant, en prenant comme origine de rattachement celle du premier auteur.



Sur les 24 publications de 2020 une seule n'est que le fait de TEAM (rapport technique), nous avons donc 23 co-publications. Ce chiffre est à rapporter aux 182 publications des équipes du LAAS, soutenues par la salle blanche.

**Cette analyse rapide indique que le personnel TEAM est associé à environ 5% des publications des équipes “technologiques”. Ce chiffre apparaît comme une proportion très faible.**

Même si l’on considère que

- Les 182 publications ne sont pas toutes technologiques
- Seules des contributions importantes/décisives des personnels TEAM doivent se traduire par une association aux publications.

De plus il y a de très fortes disparités dans les pratiques des équipes de recherche. La co-publication variant entre 0 et 30 % selon l’origine du premier auteur.

Enfin notons que 14 co publications soit près de 60% sont le fait de partenaires.

### **Synthèse**

On note une très forte disparité selon les équipes. Les raisons en sont nombreuses mais il convient au niveau des équipes d’être vigilant à associer les membres du service TEAM qui ont apporté une contribution importante aux développement technologique. Au-delà de la reconnaissance de cette implication c’est un critère pris en compte parmi d’autres lors des concours de promotion des IT.

De même permettre aux membres du service de participer aux conférences scientifiques leur permettrait d’élargir leur compréhension des enjeux, d’élargir leur réseau, de proposer nos compétences et d’en découvrir de nouvelles disponibles dans d’autres salle blanche

Le service TEAM peut également améliorer sa contribution. Notamment au niveau de la rédaction de rapports techniques. Il y a beaucoup de développements qui ont été consignés dans chaque zone mais pas valorisés sous forme de rapport. De plus ces rapports serviront à la capitalisation et la transmission des connaissances.

# BILAN DES ACTIVITES

Éléments généraux

Organisation et bilan des zones

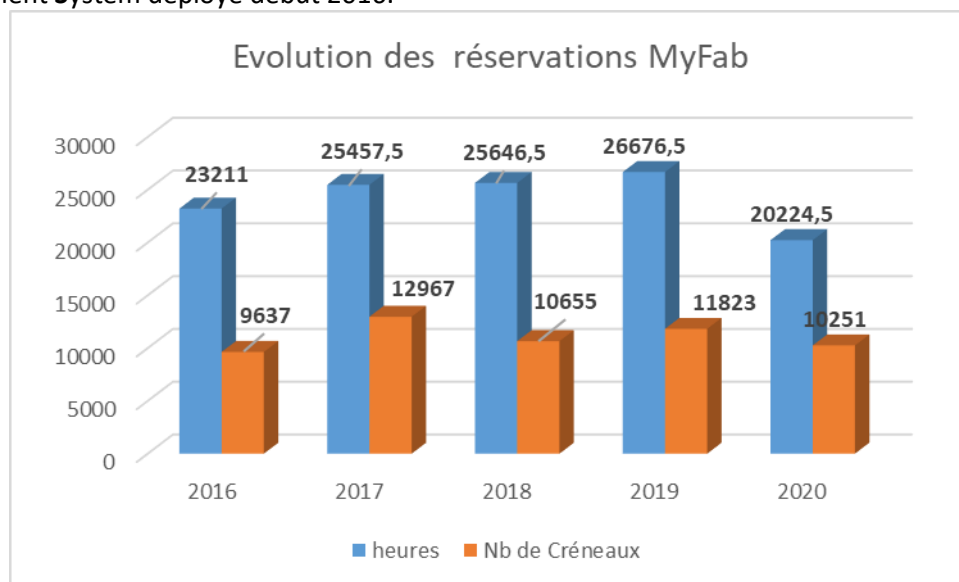
## ELEMENTS GENERAUX

### Organisation générale des zones

L'organisation des zones n'a pas évolué en 2020. Les éléments de présentation sont disponibles dans les bilans des années précédentes

### Bilan global

Les bilans sont effectués à partir des données extraites de [Myfab](#), le Laboratory Information and Management System déployé début 2016.



En première analyse on peut clairement indiquer une stabilité de l'activité globale de la plateforme. La baisse des réservations peut bien évidemment être imputée à la situation sanitaire. La plateforme a été complètement fermée pendant deux mois ; puis a fonctionné avec une jauge maximale de présents le reste de l'année.

Malgré toutes ces contraintes la baisse est limitée à 20% de la moyenne des années précédentes

### Utilisation des créneaux de validation des activités (logs)

Début 2020 nous avons modifié le mode d'utilisation de l'application MyFab. Il faut maintenant de façon systématique réserver (book) et confirmer l'utilisation des équipements (log).

Cette façon de procéder simplifie l'organisation en permettant un relevé des résultats et une facturation sur Myfab, et donc la suppression des fiches de process. Sur un seul support, qui plus est en ligne, chacun disposant des informations qui lui sont utiles.

## ORGANISATION ET BILAN DES ZONES

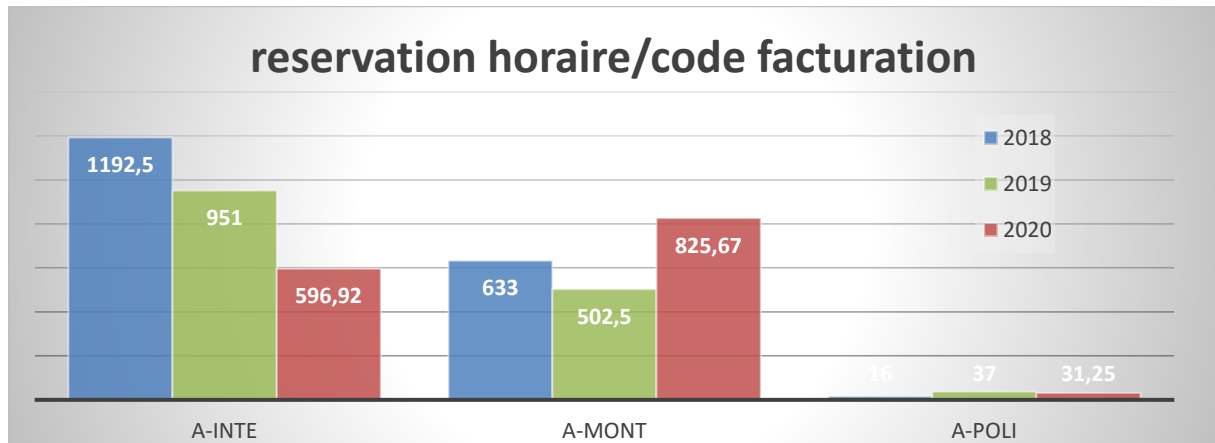
### Assemblage

#### Point marquants 2020 et projection 2021

Guy Ardit apporte beaucoup à la zone de montage. Il a en charge toute la partie découpe. Guy fini son contrat fin juin et ne sera pas renouvelé (départ à la retraite). Une procédure pour son remplacement va être opérée dans la foulée pour une prise de fonction courant septembre.

### Bilan

On note dans l'ensemble une très légère baisse de l'activité qui correspond à une centaine d'heure sur les 1500h annuelles. Cela peut être relié à la baisse d'activité durant les confinements de mars et de novembre. On note tout d'abord une augmentation des activités de découpes et de bonding qui est liée à une reprise de petites séries dans le montage des composants. Concernant les activités liées à l'intégration, celle-ci sont en baisse d'environ 40%. Ceci est dû principalement à la mise en pause de 2 gros projets utilisant les ressources de wafer bonding et de flip chip.



### Caractérisation

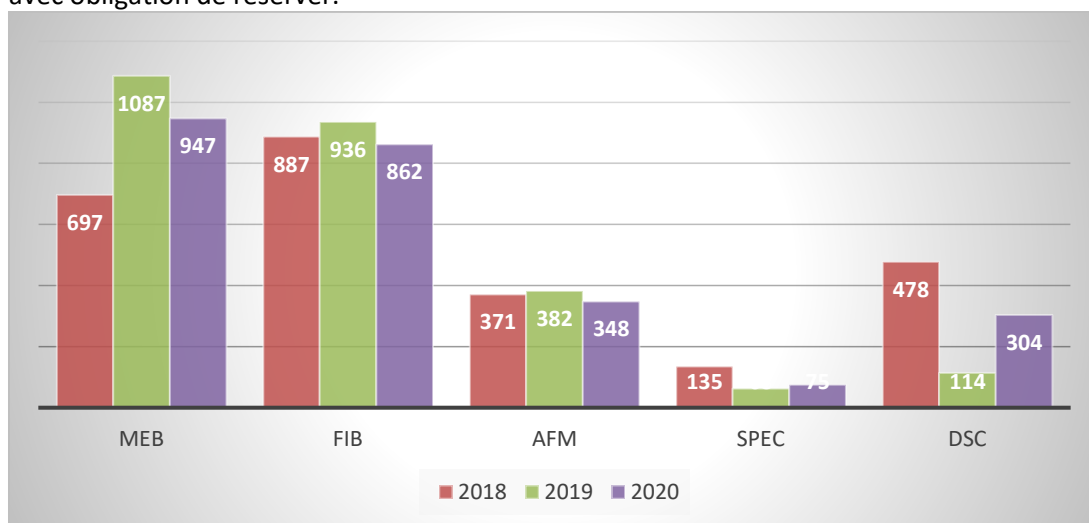
#### Point marquants 2020 et projection 2021

1 seul ETP sur la zone : 0,2 pour Emmanuelle Daran sur les AFM et 0,8 pour Benjamin Reig. Il en résulte un soutien des projets avec des délais fortement allongés en cas d'absence ou de panne machine.

Le stage de Lucas Arzac prévu au printemps 2020 a été modifié dû aux procédures post-confinement et le développement prévu pour la découpe FIB d'échantillon biologique très limité. Pas de changement prévu en 2021.

### Bilan

On note une stabilisation de l'activité générale avec environ 2500 heures de réservation à l'année (arrêt salle blanche pour travaux en 2018 et 2019 équivalents au confinement) pour les équipements avec obligation de réserver.



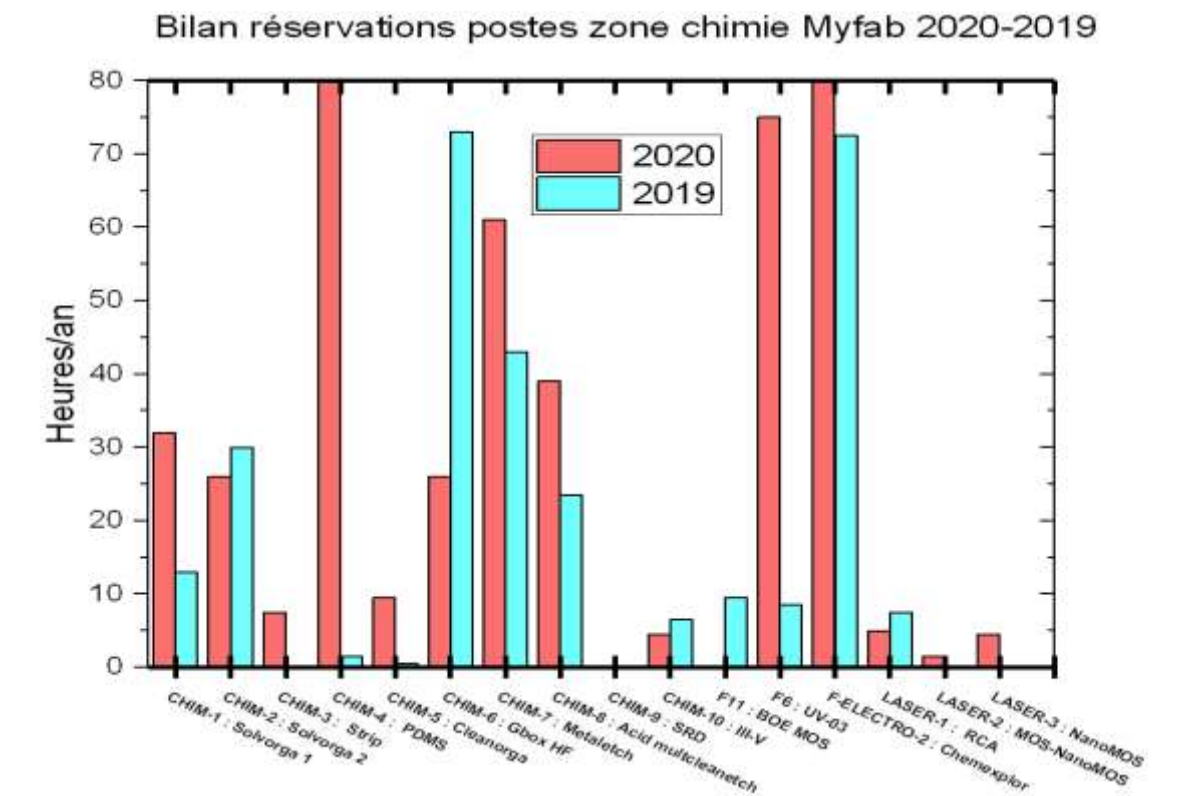
## Chimie

### Point marquants 2019 et projection 2020

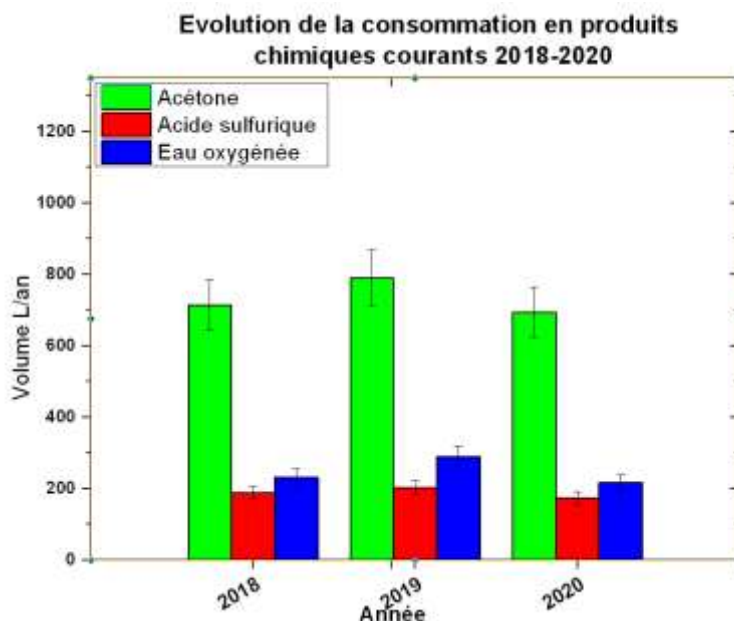
Départ en septembre 2020 de Tom Gouveia, AI CDD à mi-temps sur la zone (autre mi-temps en électrochimie). Il était arrivé en mars 2019 et avait acquis plusieurs compétences qui lui permettaient d'assurer une aide efficace dans la gestion quotidienne de la zone, l'aide aux utilisateurs et leur formation, ou la maintenance et les réparations pour maximiser la disponibilité des équipements. Il a également travaillé au développement et à la standardisation des procédés et a commencé à mettre en place des documents et procédures pour faciliter l'utilisation de équipements et produits. Fort heureusement la ligne budgétaire a été maintenue pour 2021 et un recrutement d'une nouvelle personne est intervenue en janvier 2021. Il est toutefois dommage de devoir recommencer à recruter et former une nouvelle personne après seulement 18 mois et il serait fortement intéressant de pérenniser ce poste qui correspond bien à un besoin pérenne. De même, il serait souhaitable d'étendre ce poste au-delà d'un mi-temps.

### Bilan

La zone chimie est en libre-service après formation. Une grande partie des activités qui y sont menés sont souvent des opérations courtes et multiples, plusieurs sont parfois menées en parallèle sur le même poste. Les postes sont donc peu réservés ou leurs utilisations peu notées (contrairement à une machine de lithographie ou un microscope électronique par exemple). Les données reportées sur MyFab ne sont pas encore une représentation fiable de l'activité de la zone



. Concernant l'évolution de la consommation en produits chimiques courants sur la période 2018-2020, on observe un léger tassement des consommations en 2020 vraisemblablement consécutif au confinement et avec un impact similaire à celui de la période de fermeture pour travaux de 2018.



## CVD

### Point marquants 2020

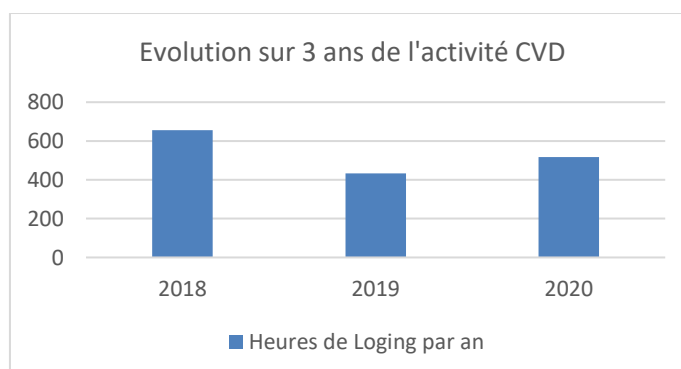
- E.Imbernon est expert des fours LPCVD,
- J.C. Marrot est expert de l'ICPECVD et s'est formé cette année sur le CCPECVD,
- E. Scheid est expert en ALD et LPCVD.
- P. Dubreuil est expert du CCPECVD, de l'ICPECVD, de l'ALD MOS et s'est formé cette année sur un four LPCVD Tempress Si-Poly, et sur l'ALD NOMOS.
- J.C. Marrot et E. Imbernon ont suivi un module e-learning « Intervention RF et Plasma ».

### Projection 2021

- J.C. Marrot se formera à l'utilisation des fours LPCVD par E. Imbernon.
- E. Imbernon se formera au management de projets.
- P. Dubreuil se formera à l'utilisation en XRR de l'équipement D8-Discover (M- DRX) par Q. Gravelier et A. Arnoult.
- Éric Imbernon se formera à l'utilisation du Four vertical REVE par E. Scheid.

### Bilan

Pour information, les dépôts CVD étaient gérés jusqu'en 2019, dans la zone de Traitements Thermiques. Les équipements sont maintenant référencés dans Myfab et en facturation sous la référence T-CVD.





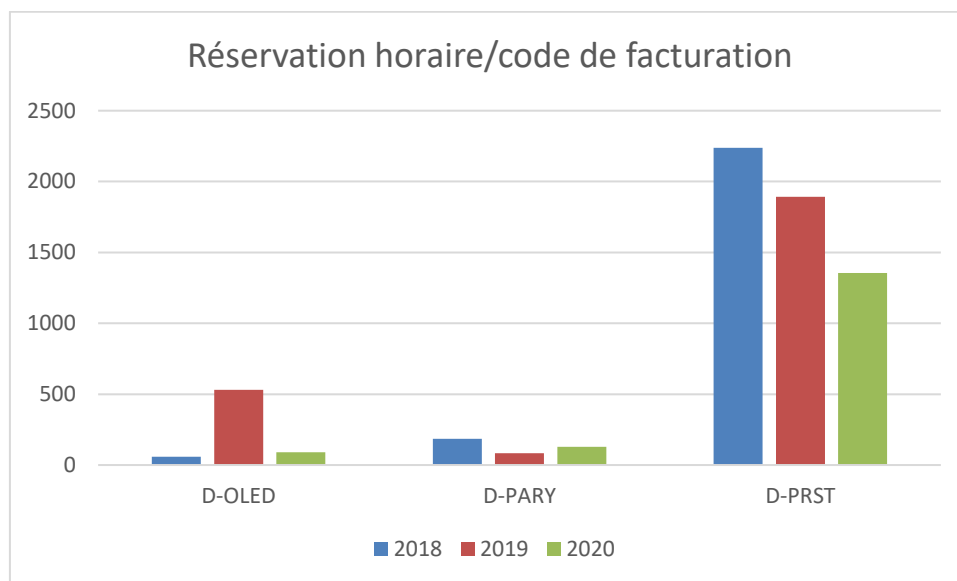
- La demande de dépôts stœchiométriques Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (<100nm), ou de Sipoly (<1,5µm) reste faible, et se fait par campagne de plusieurs plaques Si pour des épaisseurs génériques. L'inconvénient majeur d'utiliser les fours provient du coût et du temps nécessaire pour des demandes unitaires ou de quelques plaques, comparé aux dépôts assistés par plasma.
- Le retour du CCPECVD fin 2018, a permis de retrouver rapidement des procédés réactualisés pour des dépôts (5nm à 5µm) à 200°C et 300°C, plaque à plaque ou par lot de trois plaques, pour le SiO<sub>x</sub>:H, SiN<sub>x</sub>:H, SiON:H sur Si, sur verre, sur GaAs, sur diamant. L'activité sur cet équipement croît durant ces trois années. Notamment, une demande en SiO<sub>x</sub>:H de 4-5µm sur Si et sur verre. La mise au point du matériau a-Si à faible contrainte a permis de répondre à une demande croissante cette année pour le projet Dispositif bio.
- L'activité de l'ALD MOS a augmenté cette année, pour étudier des traitements in situ par plasma avant un dépôt Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.
- L'ALD NOMOS installé fin 2019, a été peu utilisé cette année. Des essais de dépôts RuO<sub>x</sub>Hy ont été faits, reste à caractériser de façon fine ces dépôts. Des voies possibles, soit une signature par voltamétrie cyclique dans un électrolyte acide pour comparer avec celle d'une couche électrochimique de RuO<sub>2</sub>, soit un signal en mode XRR de l'équipement D8-Discover (M- DRX).

## Dépôts sous vide

### Point marquants 2020 et projection 2021

Séverine VIVIES voit son contrat prolongé jusqu'en juin 2021.

### Bilan



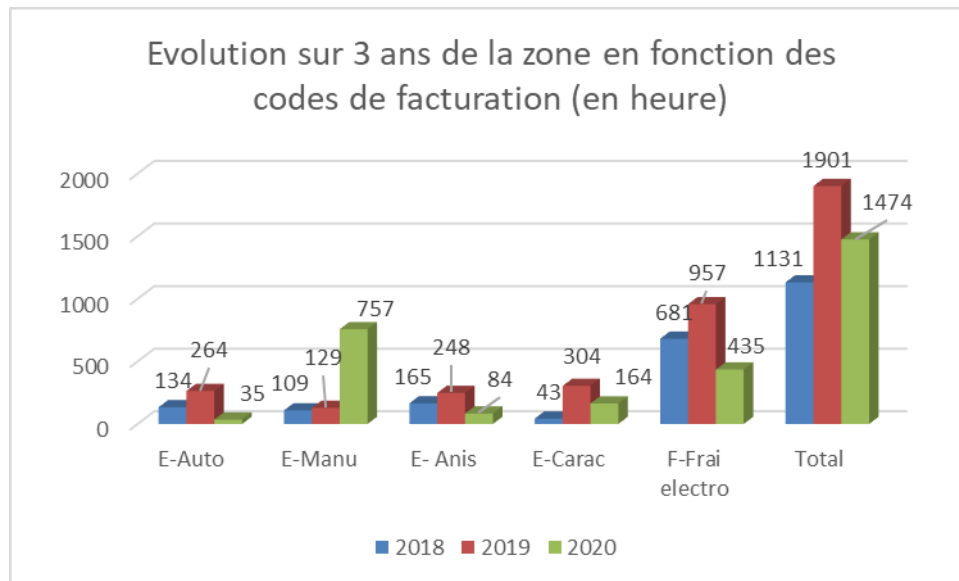
On note dans l'ensemble une baisse de l'activité générale avec environs 1575 heures de réservation à l'année. Explicable en partie par l'arrêt de l'activité pendant le confinement.

## Dépôts électrolytiques

### Point marquants 2020 et projection 2021

En septembre 2020, Tom Gouveia a trouvé un CDI et nous a quitté. Nous avons pu relancer une procédure de recrutement CDD à l'automne qui nous a permis d'accueillir dès janvier 2021 Justine Bonneau en tant qu'assistante Ingénieure. Elle travaillera à 50% dans la zone de dépôts électrolytiques et à 50% dans la zone de chimie. Elle aura les mêmes missions que Tom Gouveia.

## Bilan



Malgré le confinement, la zone a été relativement bien sollicitée. Par contre on peut remarquer des changements dans l'utilisation des équipements. Nous avons eu moins de demandes de projets Renatech cette année ce qui explique les chutes du nombre d'heures pour le E-Auto et E-Anis. Mais suite à la mise en place des nouveaux développements utilisant le nickel, E-Manu a fortement augmenté mais ce code facturation prend également en compte tous les dépôts dit alternatifs (dépôts Or & Ni poreux, dépôts RuO<sub>2</sub> liés au projet ERC 3D CAP). Il faut noter aussi le temps d'utilisation de la zone autre que les équipements qui ont un code de facturation. Comme les paillasse spécifiques à la zone qui sont laissées en libre-service (après formation). On y retrouve la paillasse de développement et de stripping des résines épaisses. Ces paillasse sont référencées dans ce graphique en F-Frai (electro).

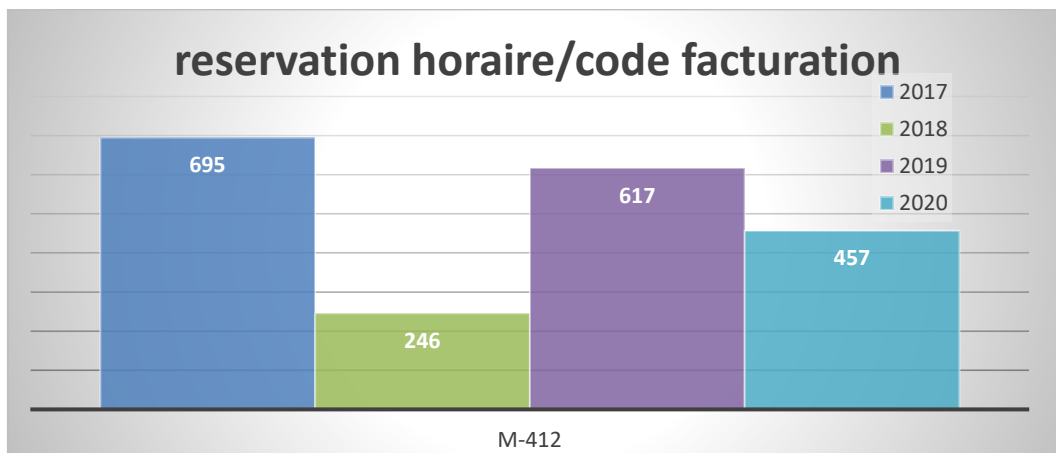
### Epitaxie par jets moléculaires

#### Point marquants 2020 et projection 2021

Trois doctorants ont travaillé sur la zone en 2020, sur des projets distincts : *la mise au point de la croissance de BiSb pour Dima Sadek, encadrée par Sébastien Plissard, la croissance de cellules solaires à base de l'alliage quaternaire GaInAsN en accord de maille sur le substrat de GaAs pour Maxime Levillayer, et la croissance de miroirs de Bragg pour la réalisation de EAM-VCSELs pour Lucas Laplanche, tous deux encadrés par Guilhem Almuneau.*

La zone a aussi accueilli un stagiaire INSA, Grégoire Chevrier, co-encadré par Sébastien Plissard et Inès Massiot.

## Bilan



La basse d'activité par rapport à 2019 est principalement imputable au confinement ; l'activité a été soutenue lorsque la salle blanche était accessible.

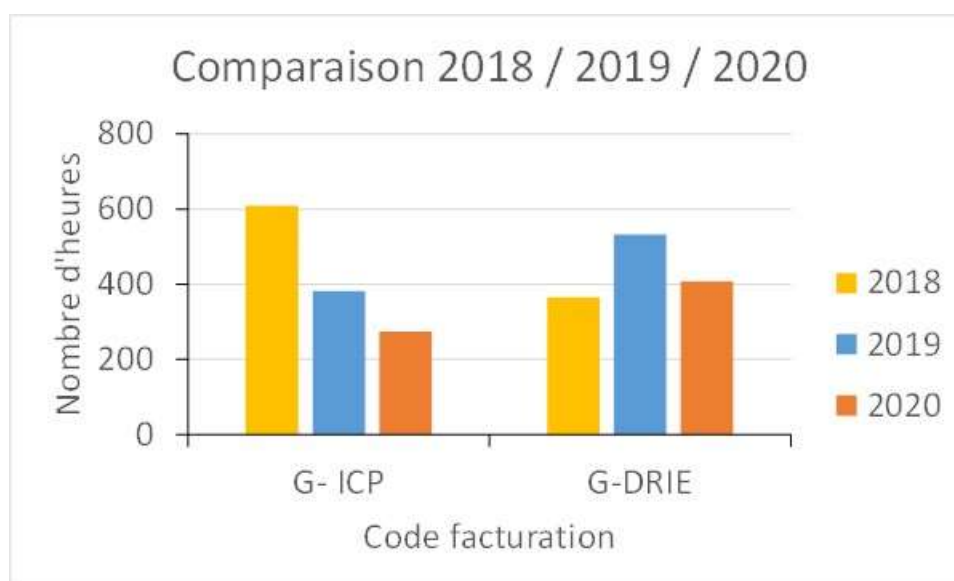
## Gravure plasma

### Points marquants 2019 et projection 2020

Demba Ba a été embauché en tant qu'IE CDD de 1 an jusqu'en novembre 2020.

Depuis novembre 2020, Laurent Bouscayrol et Aurélie LECESTRE travaillent tous les deux à 80% dans la zone de gravure plasma.

## Bilan



- G-ICP représente toutes les machines RIE-ICP : ICP2, ICP3, SI500 chlorée, SI200
- G-DRIE représente toutes les machines DRIE : Alcatel P1-P4 et SI500 fluorée

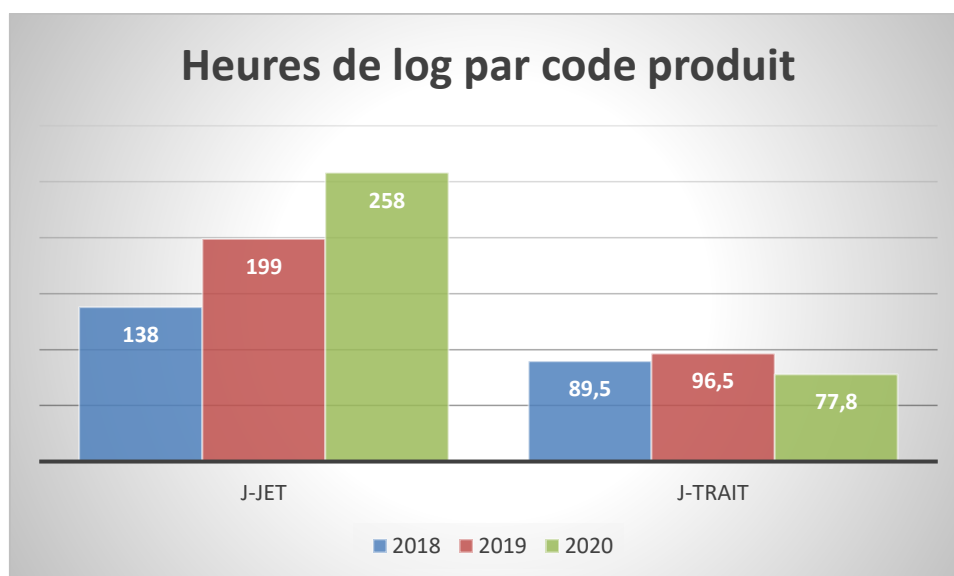
Nous observons une baisse des gravures RIE-ICP de 600 à 300h/an et une stabilisation des gravures DRIE autour de 400h/an sur ces 3 dernières années.

## Jet d'encre et traitements de surface

### Bilan

Sur J-JET, le jet d'encre nous pouvons voir que l'activité progresse sur les 3 dernières années. Cela est dû principalement aux développements sur projets (Opéra et MultiFAB en tête) avec l'arrivée de la Ceradrop et de son module de recuit NIR.

Sur J-TRAIT, le traitement de surface et le séchage en CO2 supercritique, nous observons une légère baisse en 2020, probablement à cause de la pandémie de Covid-19.



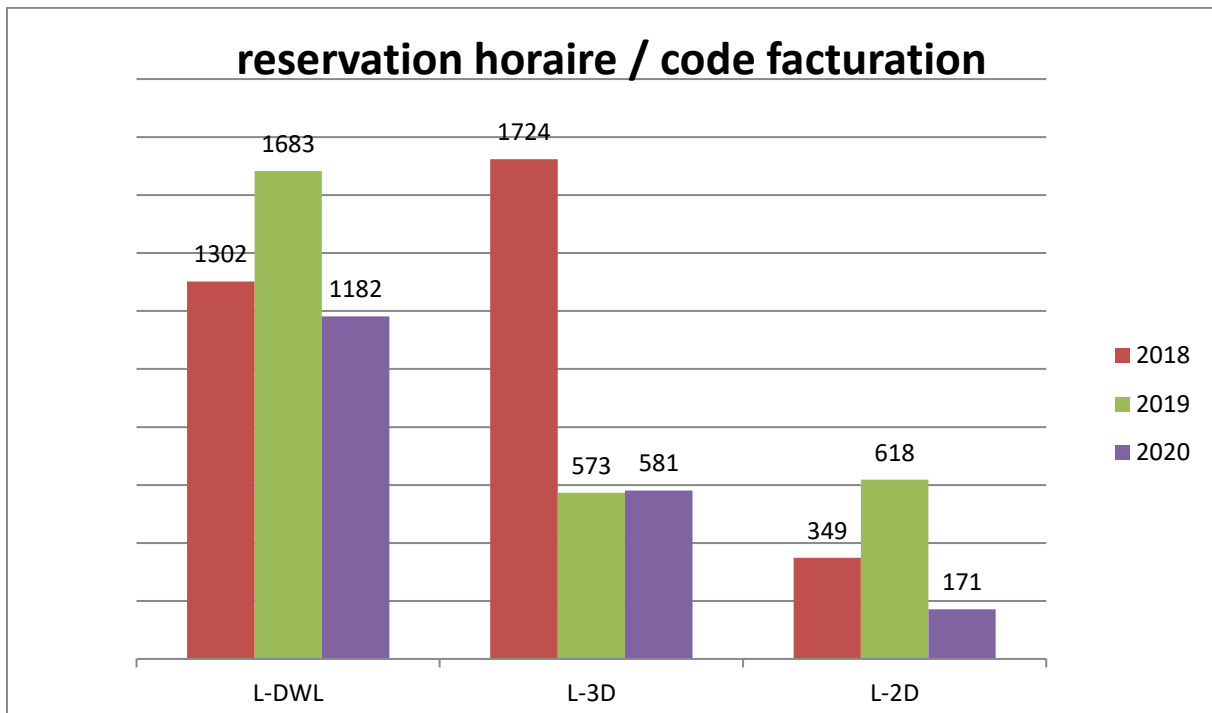
## Lithographie Laser

### Point marquants 2020 et projection 2021

Rémi Courson a quitté le LAAS l'été dernier après avoir développé la lithographie laser 3D pendant 4 années. Les équipements avec lesquels il a conduit de nombreux nouveaux procédés sont opérationnels et il nous a transmis l'essentiel de ses connaissances pour poursuivre des développements avec des nouveaux matériaux. David Colin a développé des compétences pour piloter à distance les équipements d'écriture de masques et poursuit une formation aux commandes de l'équipement PP Nanoscribe.

### Bilan

La fabrication des masques ou réticules (L-DWL) a baissé de 40% par rapport à l'année précédente. Le volume de masques ou réticules destiné aux projets exogènes Renatech représente 32% et reste stable depuis 3 ans. La baisse des heures de réservation de la Dilase 750 (L-2D) est essentiellement liée à des écritures plus brèves sur petits échantillons. L'utilisation des procédés de lithographie 3D (L-3D) se stabilise après les nombreuses périodes de développement et la fin des activités de Rémi Courson.



## Nanolithographies

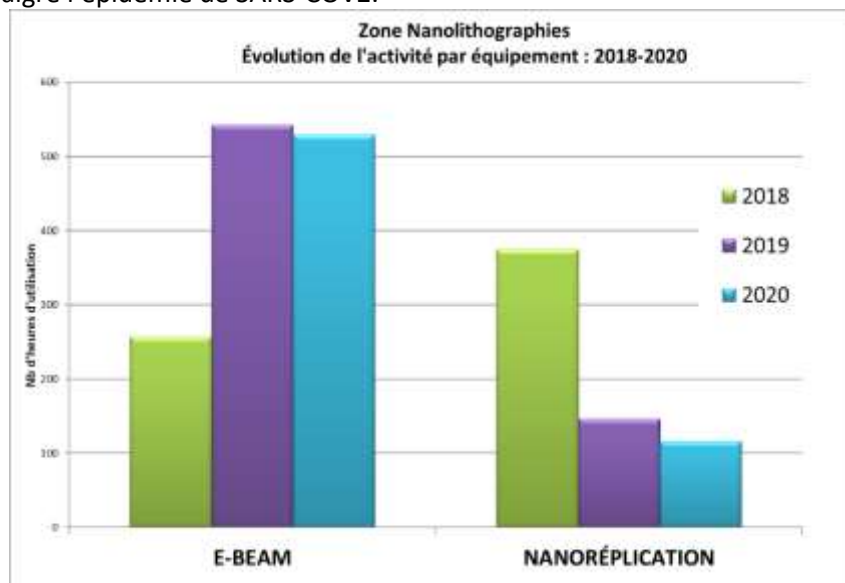
### Point marquants 2020 et projection 2021

2<sup>ème</sup> année d'apprentissage pour Clothilde Pera sur les polymères biosourcés, biocompatibles et/ou biodégradables appliqués aux procédés de nanoréplication pour une chimie plus "verte".

La lithographie électronique n'est maintenue et développée que par un seul IT proche de la retraite (<4ans)

### Bilan

On note une stabilité de l'activité générale due probablement aux études et développements menés cette année malgré l'épidémie de SARS-COV2.



## Photolithographie

### Point marquants 2020 et projection 2021

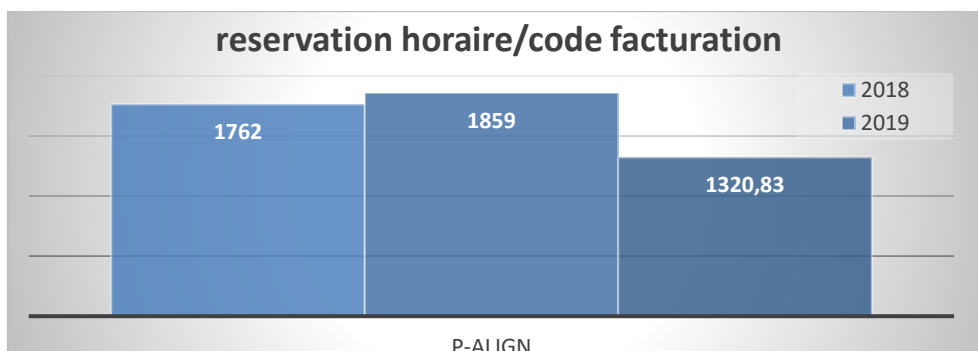
Au LAAS dans la zone photolithographie depuis 2017, Julien Joneau a terminé son cursus d'apprenti ingénieur avec l'ECIASSET, il a été diplômé en Septembre 2020. Il évolue actuellement au laboratoire Hubert Curien à Saint Etienne.

En plus de Laurent Mazenq et Adrian Laborde qui sont en charge de la gestion des ressources de lithographie UV, d'autres membres du service TEAM sont également impliqués. David Colin s'est formé en 2020 sur la technique et les équipements. Il a notamment conduit un projet Renatech. Enfin Laurent Mazenq devait se former en 2020 sur la lithographie électronique et Adrian Laborde sur les techniques de lithographie 3D (Nanoscribe), mais ces formations n'ont pas pu être réalisées en raison du contexte sanitaire et par manque de disponibilités.

### Bilan

Le graphique suivant représente les temps d'occupation machines par code facturation, P-ALIGN pour l'utilisation des systèmes de dispense automatique EVG120, le spray coater, les aligneurs de masque par contact et le stepper.

L'ensemble de ces équipements représente **1321 heures en 2020, soit une baisse de 27%** par rapport aux années précédentes.



Le nombre d'heures de réservation de toutes les ressources matérielles de photolithographie est de **2379h sur l'année**, composés du temps procédés (2232h) et du temps maintenance (147h).

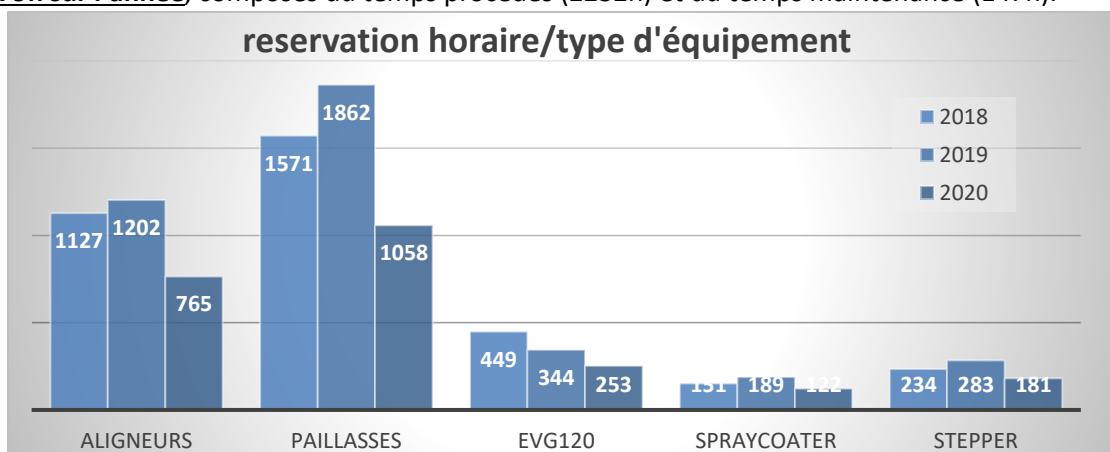


Figure 5 Evolution des réservations horaire/type d'équipement sur 3 ans

Depuis quelques années, on constate une utilisation plus importante des équipements manuels (tournettes, MA6), au détriment des équipements automatiques (MA150 et pistes EVG 120).

Sur la majorité des projets, les procédés sont réalisés sur des « petites séries » (2-3 wafers par run). Dans ces cas, les équipements manuels sont plus adaptés et sont généralement plus flexibles, modulables et faciles d'utilisation.

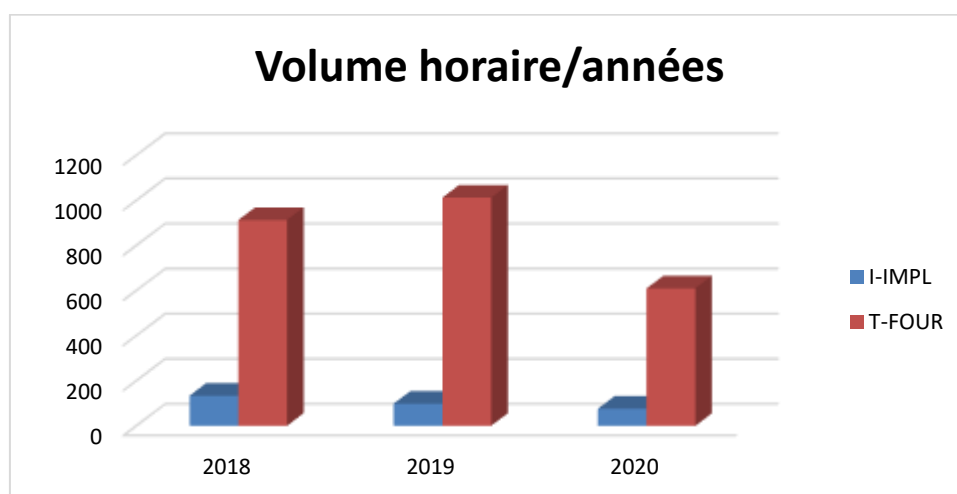
L'aligneur de masque Suss Microtec **MA6 Gen4** est le **2<sup>nd</sup> équipement le plus utilisé** de la plateforme (708 utilisations), le SEM S-4800 totalise 717 utilisations.

### Traitements thermiques et implantation ionique (et dépôts CVD)

#### Point marquants 2020 et projection 2021

En 2021, Jean-Christophe Marrot va continuer à se former sur les bâtis d'oxydation et de redistribution AET et Centrotherm.

#### Bilan



La partie T-FOUR comprend les oxydations thermiques, les redistributions, les recuits RTP et les recuits métaux. On note une diminution en 2020 due aux deux mois de confinement mais aussi à la baisse des demandes d'une manière générale et plus particulièrement des recuits longue durée (plus de 10h), sur des polymides notamment.

La baisse sur la partie implantation ionique (I-IMPL) est due, en plus des deux mois de confinement, à une baisse des projets basées sur la microélectronique

### Soutien

#### Bilan

Les activités sont les mêmes que celles décrites dans le rapport sur les activités 2019.

La tableau ci-dessous résume l'amplitude de ces activités qui ont été impactées par la situation sanitaire

|   |   |
|---|---|
| Gestion des nouveaux arrivants (Cellule formation)  | 28 personnes (-50%)                                       |
| Stock salle blanche (Réparti sur les zones jet d'encre, chimie, électrochimie, PVD, EJM et M. Dilhan, H. Granier) | 200 références  |
| Tenues salle blanche (H. Granier et M. Dilhan)  | 490 tenues  |
| Facturation (M. Dilhan)   | 55 factures internes (-48%) + 34 factures externes (-35%) |
| Demandes d'achats (Service gestion)   | 320 (-9%)   |
| Communication du service (S. Charlot)   | Tenue du site du service                                  |

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| Heures soleil (H. Granier, M Dilhan) | Suspendues depuis le mois de mars 2020 |
|--------------------------------------|--|

La baisse du nombre de factures internes s'explique notamment par le report au début 2021 de la facturation de toutes les opérations 2020. Ceci pour tenir compte de la certification des nouveaux tarifs.

## Support

### Bilan

Les activités sont les mêmes que celles décrites dans le rapport sur les activités 2019. La tableau ci-dessous résume l'amplitude de ces activités qui ont été impactées par la situation sanitaire.

|                           |   |
|---------------------------|---|
| station eau DI            | Suivi et maintenance                            |
| Boucles refroidissement   | Suivi et maintenance et contrat AXIMA           |
| Compresseurs air sec      | Suivi et maintenance et contrat SOME            |
| Centrale de vide          | Suivi et maintenance et contrat SOME            |
| Station de neutralisation | Suivi et maintenance et contrat VEOLIA          |
| Traitement d'air          | Suivi et contrat AXIMA                          |
| Capteurs de gaz           | Suivi et Secur'IT                               |
| Ménage salle blanche      | Suivi et contrat Elixor propreté                |
| Installation équipements  | Organisation et coordination sous traitance     |
| Stock gaz                 | Commandes en relation avec les zones techniques |
| Approvisionnement azote   | Contrat Air Liquide                             |
| Portes automatiques       | Contrat de maintenance Portalp                  |



# PARTENARIAT RENA TECH

La cellule Renatech  
Bilan des demandes  
Actions initiées  
Projets 2020

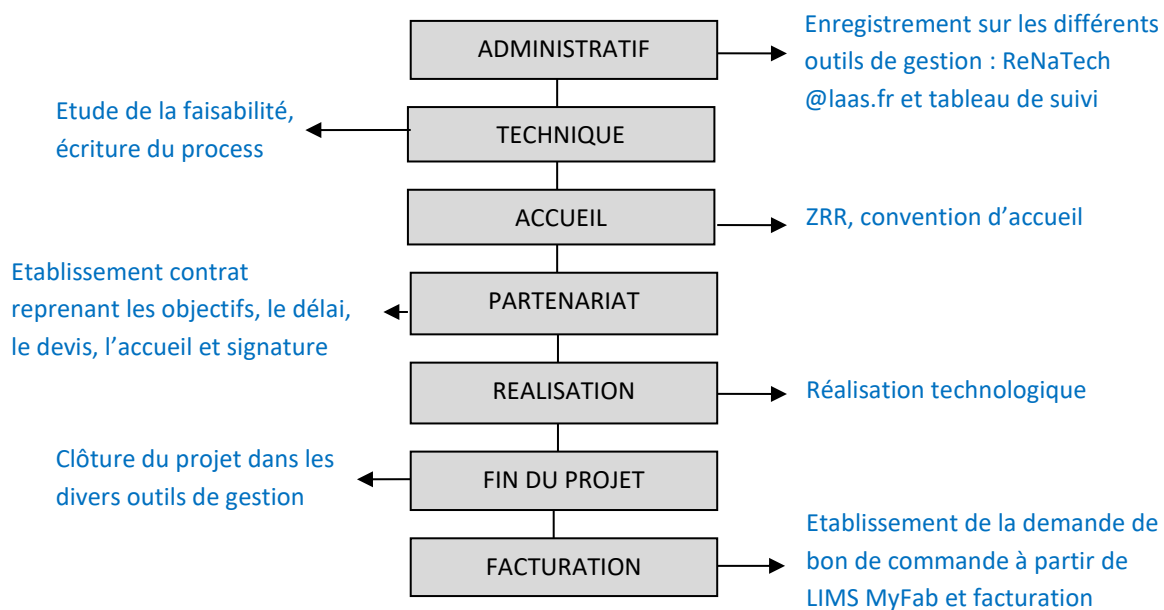
## CELLULE RENATECH

### Personnel

- Dilhan Monique (IRHC) : Responsable adjointe au responsable du service TEAM
- Bourrier David (IEHC) : Responsable de la Zone « Dépôts électrolytiques »
- Imbernon Éric (IR1) : Responsable de la Zone « Traitements thermiques »
- Mazenq Laurent (IECN) : Responsable de la Zone « Photolithographie »

### Fonctionnement

Le traitement des demandes se fait suivant le logigramme :



La première étape de l'analyse des demandes est de vérifier qu'il n'y ait pas conflit d'intérêt avec les recherches menées au laboratoire. Si tel est le cas, nous mettons en contact le chercheur du LAAS et le demandeur pour voir si une collaboration est possible. Si non, le projet est refusé et renvoyé dans le réseau Renatech

Un bilan mensuel est adressé aux responsables d'équipes, de départements, aux membres de la COMTEAM et à la direction.

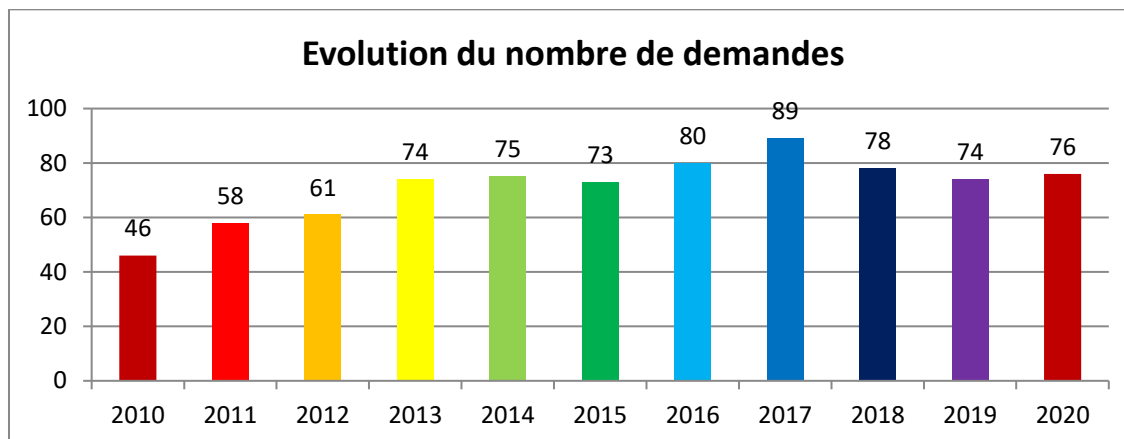
Le traitement se fait au fur et à mesure de l'arrivée des demandes qui doivent obligatoirement être déclarées dans l'application Renatech (<https://www.renatech.org/projet/>).

La répartition entre les membres de la cellule s'effectue en fonction de la problématique et de la disponibilité.

La gestion des demandes Renatech nécessite l'intervention de différents services pour le traitement et le suivi. (RCP, Personnel, Gestion).

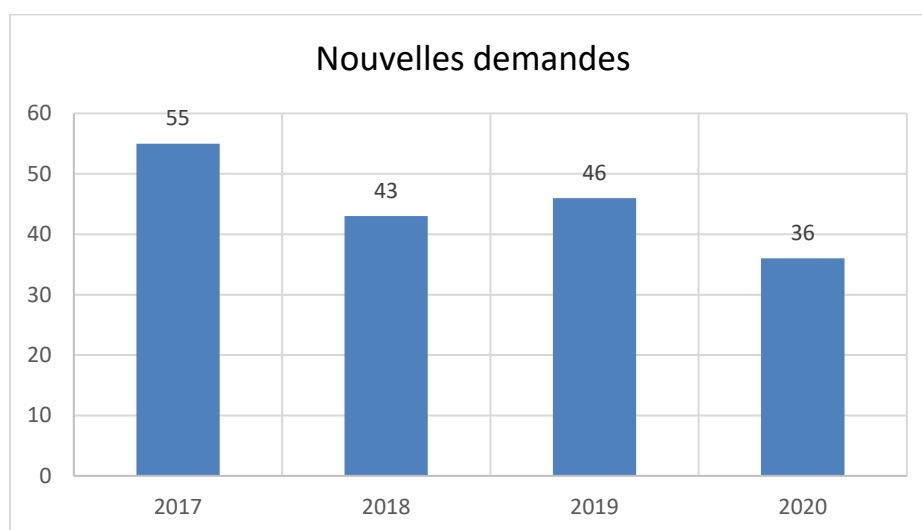
## BILAN

### Bilan des demandes de projets en 2020



L'ensemble des projets 2020 est listé en annexe.

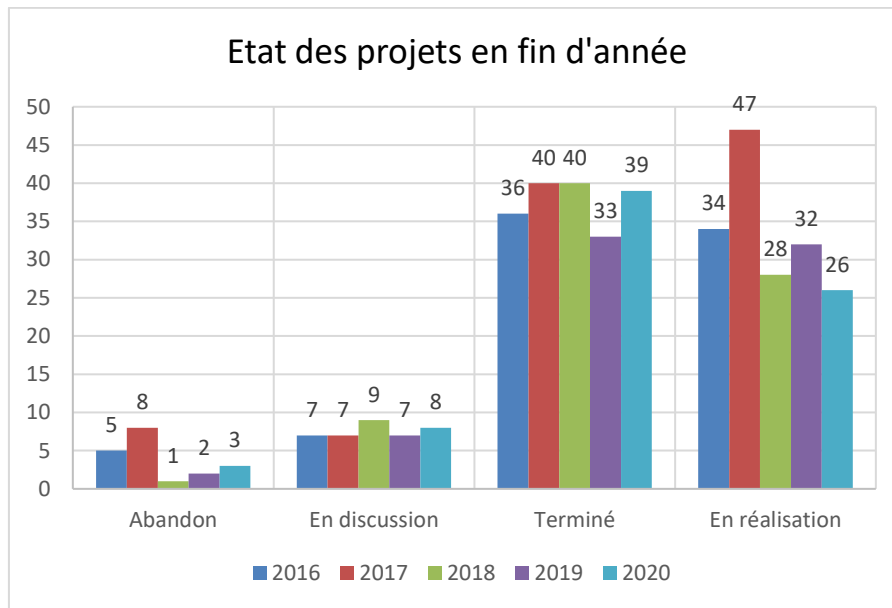
Le nombre total de projets est stable malgré l'arrêt des activités en mars avril. Mais le nombre de nouvelles demandes est plus faible que les années précédentes et elles sont arrivées au cours du deuxième semestre. Elles restent en réalisation en 2021.



### Traitement des demandes

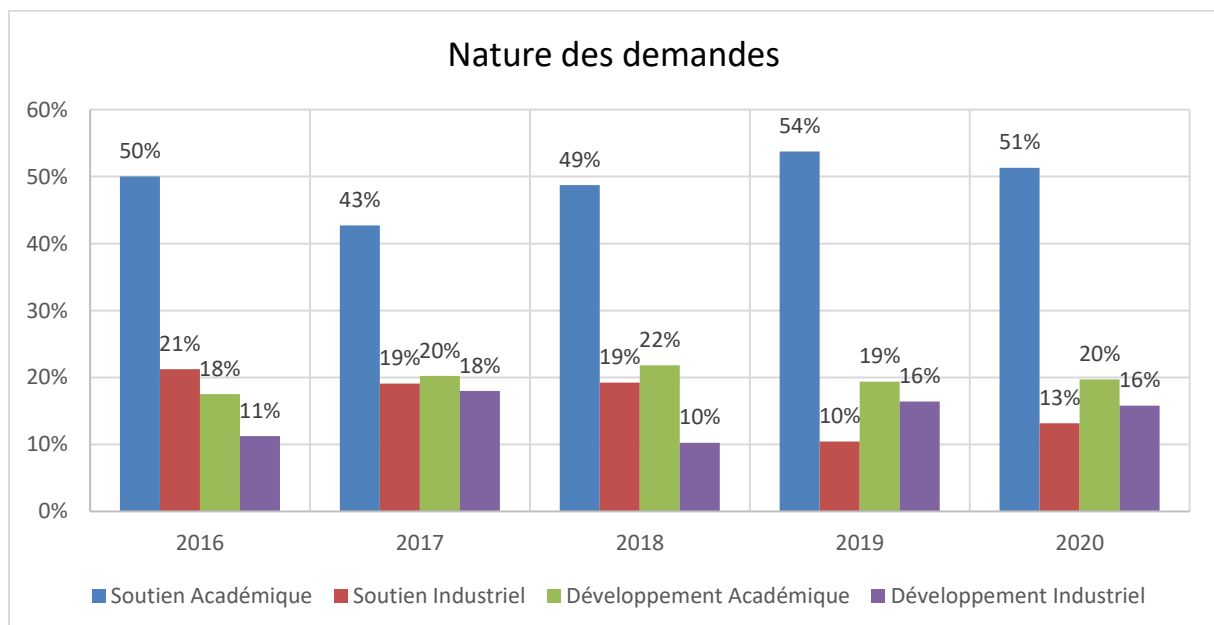
76 projets en 2020 dont 40 projets anciens qui se sont prolongés:

- 3 abandonnées par le demandeur
- 39 projets terminés
- 26 demandes en cours de réalisation qu'on retrouvera en 2021
- 8 en discussion



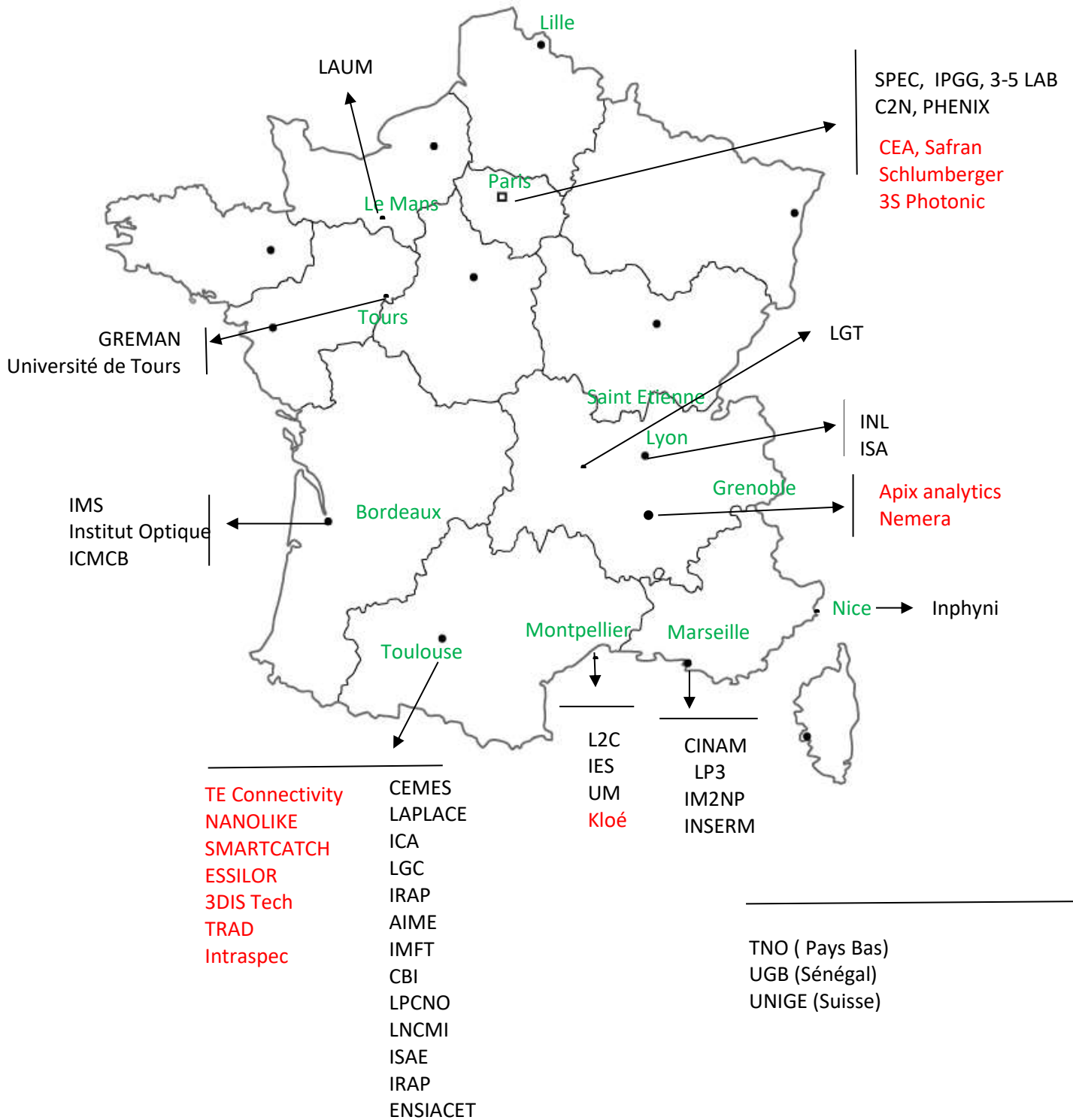
### Nature des demandes

- Académique : porteur du projet issu du monde académique
- Industriel : porteur du projet issu du monde industriel
- Soutien : projet avec peu d'étapes technologiques et/ou maîtrisées (Ex : réalisation d'un masque, d'une métallisation, ...)
- Développement : projet nécessitant la mise au point d'une ou plusieurs étapes technologiques.

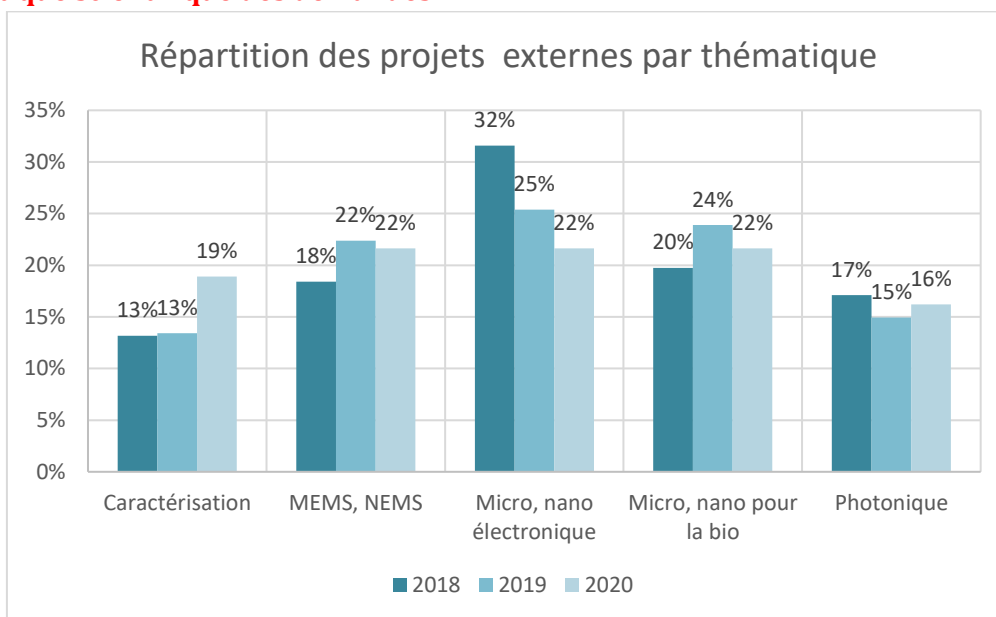


Les projets nécessitant peu de développement sont toujours majoritaires (64%) et stables. La demande académique et industrielle est quasiment celle de 2019. La demande internationale a diminué : 4 projets en 2020 contre 6- 7 les dernières années. Cela peut être lié à la situation sanitaire générale, à surveiller.

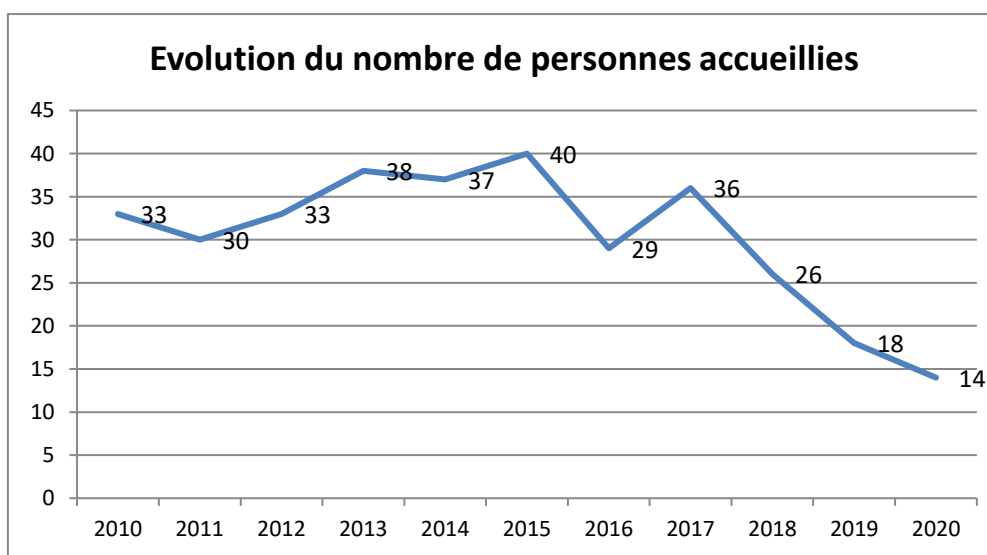
La cartographie de répartition de ces demandes est la suivante :



## Thématique scientifique des demandes



## Accueil de personnes



Le nombre de personnes accueillies est en baisse depuis plusieurs années. Avec la pandémie et les restrictions de circulation, il est difficile de dire si cette année confirme la baisse.

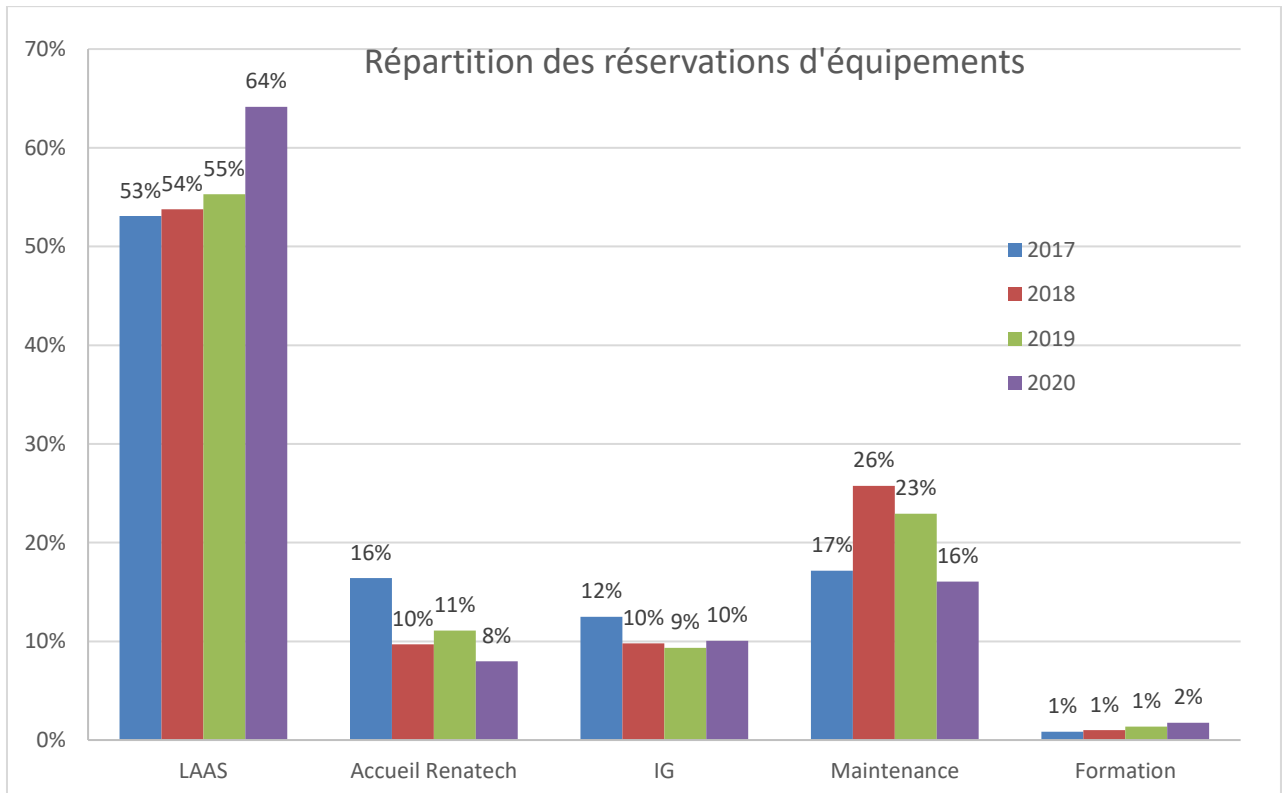
A noter que pour la première fois, le nombre de personnel industriel accueilli (8 personnes) est supérieur au nombre d'accueil académique (6 personnes).

## Niveau d'activité représenté par les projets Renatech

Le graphe suivant représente la répartition des réservations d'équipements sur MyFab pour

- Les projets LAAS : projets portés par des chercheurs/enseignants-chercheurs du LAAS,
- Les projets RENATECH : projets portés par des personnes externes au LAAS (académiques ou industriels)

- Les développements d'intérêt général : développements de technologie réalisés par TEAM pour la communauté. Ex Mise au point des dépôts électrolytiques de Ni, mise au point et qualification de nouvelles résines, mise au point de procédés PECVD....
- La maintenance
- La formation



La réservation des équipements pour les projets RENATECH représente 8 % de l'ensemble. Les réservations « projets » représentent 72% des réservations totales.

### Apports pour le laboratoire

Au-delà du fait que cette ouverture nous permet de recevoir le financement RTB pour le développement de notre capacité technique elle amène d'autres aspects très positifs.

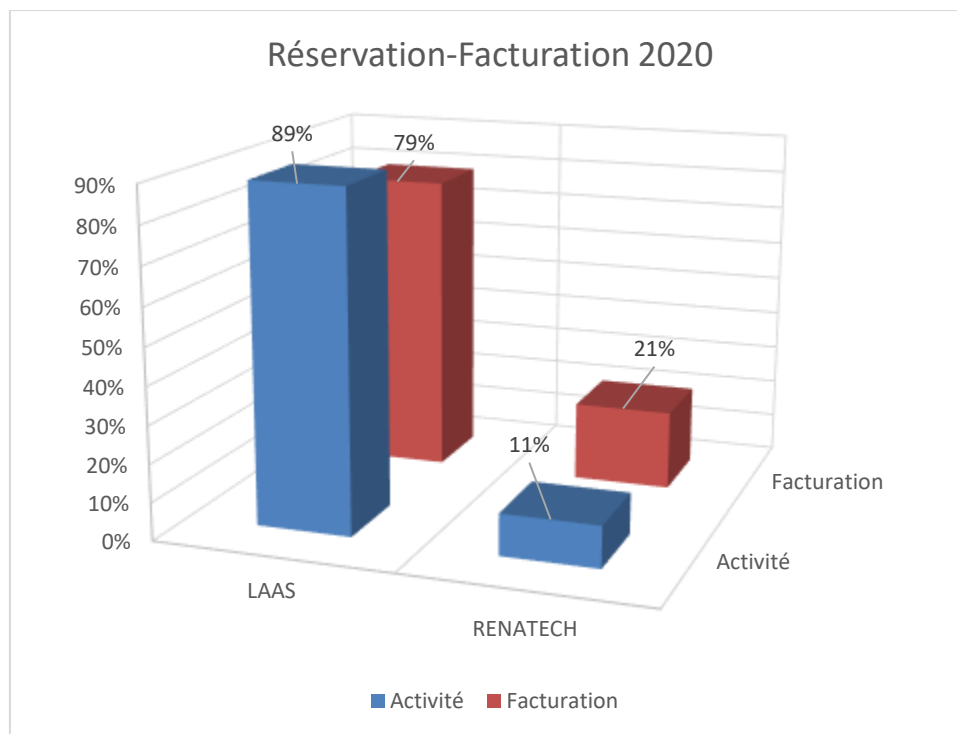
### Financier

Toutes les sommes encaissées au titre de l'accueil Renatech sont reversées dans l'IG du laboratoire. Elles contribuent donc à un ensemble d'actions qui ne relèvent pas exclusivement de la salle blanche.

|                              | 2014   | 2015   | 2016   | 2017   | 2018   | 2019   | 2020   |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Sommes encaissées (€)</b> | 363082 | 305074 | 322005 | 384445 | 335831 | 184631 | 119394 |

La facturation des projets externes RENATECH représente 21% des sommes facturées pour 11% des réservations totales sur projets (LAAS plus Renatech).

Le montant encaissé dans le cadre de Renatech est plus faible cette année en raison de la diminution d'activité RENATECH. Le nombre de projet est stable mais l'activité est plus faible et il n'y a pas de projet conséquent comme la partie Renatech du laboratoire commun OPERA.



### **Collaborations**

Il est aussi important de mentionner que l'accueil Renatech permet de nouer de nouveaux partenariats ou entretenir des partenariats existants et qui peuvent ensuite déboucher sur

- Des projets de recherche collaboratifs (laboratoire commun OPERA)
- Des développements techniques (bains) en partie financés par les externes (ex : Magic Leap, TE Connectivity) et disponible aujourd'hui pour tous les utilisateurs.

### **Débouchés pour les étudiants**

A plusieurs reprises au fil des années des partenaires nous ont sollicités afin d'embaucher des personnes à même de réaliser les travaux en salle blanche ou de les poursuivre au sein même de l'entreprise. Cela a donc permis à quelques étudiants de trouver des débouchés temporaires voire définitifs.

### **Soutien des start-ups du LAAS**

Le cadre juridique des collaboration Renatech permet d'offrir un soutien aux travaux sans objectif de recherche partagée avec les chercheurs du LAAS à des start-ups émanant du laboratoire (3DisTech, Smartcatch).

## **ACTIONS INITIÉS**

### **Gestion commune avec I2C**

L'accueil de projets exogènes existe sur la plateforme de technologie depuis de nombreuses années. Il s'est intensifié avec la création du réseau Renatech. Au cours du temps, nous avons mis en place différents outils de gestion administrative (contrat, accueil...). Nous avons mis ces outils en commun avec le service I2C de façon à unifier la gestion des demandes exogènes.



### **Gestion commune avec RCP,**

Les projets industriels sont préparés par la cellule Renatech pour la partie technique et par RCP pour la partie partenariale. Ils sont ensuite signés par la délégation régionale. Le délai de signature est long et difficile à accepter pour les partenaires. RCP a proposé un contrat type à la délégation de manière à limiter le temps d'étude avant signature. Ce contrat évolue régulièrement en fonction des demandes de la DR.

### **Gestion commune avec Personnel et Gestion**

Le partage des documents de suivi avec le service RCP est positif. Il permet un meilleur suivi des projets et évite les relances entre services.

Nous avons donc décidé de faire la même chose avec le service du personnel et le service gestion pour les aspects accueil et facturation.

Afin que tout le monde soit informé de l'état d'avancement administratif des projets, nous avons décidé de mettre le tableau de suivi en commun.

Le résultat est largement positif. Aujourd'hui nous n'avons plus de demandes de facturation non traitées en attente, nous savons immédiatement répondre aux demandeurs extérieurs et les relations avec la DR sont facilitées.

## **PROJETS RENATECH 2020**

La liste des projets est en annexe.

# FORMATIONS

La cellule formation

Actions initiées

Actions envisagées

Formations dispensées

## CELLULE FORMATION

### Objectifs

- Organiser des formations techniques salle blanche aux utilisateurs de la centrale de technologie du LAAS
- Élaborer et diffuser une offre de formations à destination de personnes potentiellement intéressées par l'ensemble des compétences liées à la salle blanche ; son fonctionnement, les équipements et procédés qu'elle met en œuvre

### Organisation

#### Personnel

- Calmon Pierre-François (IR1); adjoint au chef de service en charge de la formation en salle blanche, responsable de la zone de lithographie laser
- Daran Emmanuelle (IRHC); responsable de la zone nanolithographies
- Laborde Adrian (AI); membre de la zone photolithographie
- Lecestre Aurélie (IR2) ; responsable de la zone gravure plasma
- Colin David (AI) ; membre de la zone lithographie laser

#### Fonctionnement

La cellule échange avec le service pour la mise en place de nouveaux outils de formation (plateforme logiciel Dupral), l'organisation des « cours TEAM » en interne et l'opportunité de proposer d'autres actions de formation pour des personnels externes. Pour ce nouveau type de formation la cellule est en contact avec CNRS Formation Entreprise, la cellule de formation continue de l'INSA et l'AIME.

## ACTIONS INITIEES

### Procédure d'accueil en salle blanche

La procédure d'accueil des nouveaux utilisateurs de la centrale de technologie est la suivante : L'entrée se fait en complétant un formulaire de demande d'accès à la plateforme :

<https://www.laas.fr/formulaires/acces-salleblanche>.

A partir de ces informations, les nouveaux utilisateurs reçoivent des identifiants pour les applications LIMS et Renatech, sont inscrits à l'alias « utilisateurssalleblanche » et sont sollicités pour participer aux formations obligatoires pour l'accès en salle blanche. Le nouvel usage des outils Dupral permet aux nouveaux utilisateurs d'acquérir de manière autonome des connaissances de base pour le travail en salle en blanche et de tester leurs connaissances avant d'être formés en salle blanche. Les formations en ligne sont accessibles ici : <https://team-elearning-courses.laas.fr/fr/node/26>

### Formation générale aux nouveaux utilisateurs

Cette formation donne une vision globale de la centrale de technologie. Le contenu doit être consulté en ligne et validé en répondant au quizz : <https://team-elearning-courses.laas.fr/fr/node/36>. De plus cette formation permet aussi aux nouveaux utilisateurs de maîtriser les fonctionnalités de base de l'application MyFab pour la réservation des équipements de salle blanche. Les nouveaux utilisateurs doivent consulter les vidéos et répondre au quizz en ligne ici : <https://team-elearning-courses.laas.fr/fr/node/48>

Dispensée mensuellement, elle est obligatoire pour obtenir l'accès à la salle blanche. En 2020, 28 participants (47 en 2019) ont suivi cette formation.

### **Formation pratique obligatoire des zones en libre-service**

Deux fois par mois les personnels des zones chimie, photolithographie, gravure plasma et caractérisation dispensent des formations pratiques obligatoires pour obtenir l'accès à la salle blanche. Au préalable les nouveaux utilisateurs doivent acquérir de manière autonome les bases de ces techniques et valider leurs acquis en suivant ce lien : <https://team-elearning-courses.laas.fr/fr/node/21>

### **Formation pratique à la demande**

D'autres formations pratiques sont dispensées pour s'initier et acquérir l'autonomie sur des équipements spécifiques en gravures, PVD, traitements thermiques, assemblage, nanolithographie, caractérisations, dessin des masques, écriture laser... Ces formations représentent un volume d'environ 600 heures en 2020.

### **Cours TEAM**

Les cours TEAM : présentation générale des matériaux et des moyens, conception des masques, photolithographie, caractérisation et résines épaisses ont été dispensés pour 14 participants entre le 1<sup>er</sup> et le 15 mars 2020. Ces cours évoluent aussi vers la création de nouveaux supports accessibles en ligne: <https://team-elearning-courses.laas.fr/fr/node/27>. Deux nouvelles vidéos présentent une introduction au fonctionnement de la plateforme de micro nano technologie du LAAS-CNRS, une vue des principales ressources disponibles en terme de natures des matériaux et types d'équipements et les domaines d'applications ciblés par le développement de projets soutenus par la plateforme.

### **Formation continue**

CNRS formation entreprise a intégré dans son catalogue 2 nouvelles formations proposées par le service: Fabrication additive: dépôt par jet d'encre et Impression 3D laser: applications pour la conception de microsystèmes et puces microfluidiques.

### **CV LIMS**

Les formations dispensées par le service TEAM sont référencées dans l'application LIMS et la participation des utilisateurs de la salle blanche aux formations est gérée dans l'application. Cette application permet de générer un CV par utilisateurs des compétences acquises au sein de la centrale de technologie.

Toutes les informations sur ces formations sont disponibles à l'adresse

<https://www.laas.fr/plateformes/centrale-micro-nano/fr/les-formations-technologiques>

## **ACTIONS ENVISAGEES**

### **Cours TEAM**

En 2021 les « cours TEAM » seront proposés en distanciel. Un total d'une trentaine d'heures qui se décompose en une vingtaine de présentations techniques.

Une évolution des contenus vers de nouveaux supports interactifs doit permettre à terme de proposer un maximum de ces cours en ligne avec une validation des connaissances par l'usage de quizz proposés aux apprenants. Ainsi l'organisation des cours TEAM sera modifiée pour proposer des réunions visant à favoriser des échanges en lien avec les problématiques des utilisateurs et des présentations de nouvelles techniques.

## FORMATIONS DISPENSEES

### Assemblage

| Type               | Intitulé                 | Durée (h) | Nombre de sessions/an | Durée totale/an(h) | Nombre total de participants /an |
|--------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|--------------------|----------------------------------|
| Formation pratique | Procédés de wire bonding | 2h        | 2                     | 4                  | 2                                |
|                    | Procédé de lamination    | 0,5h      | 10                    | 5                  | 10                               |
|                    | Procédé de Pick&Place    | 1h        | 5                     | 5                  | 5                                |
|                    | Procédé de wafer Bonding | 3h        | 4                     | 12                 | 4                                |
|                    | Procédé de flip chip     | 4h        | 2                     | 8                  | 2                                |
|                    | Polissage                | 1h        | 1                     | 1                  | 1                                |
|                    | Découpe cutter           | 0.5h      | 5                     | 2,5                | 5                                |
|                    | Formlabs                 | 0,5h      | 2                     | 1                  | 2                                |
| TOTAUX             |                          |           | 31                    | 30,5               | 31                               |

Les cours TEAM n'ont pas eu lieu cette année. Malgré cela, de nombreuses formations ont été dispensées notamment sur les techniques de lamination, de report et plus récemment sur la découpe automatisée de substrat par cutter et l'utilisation de l'imprimante 3D Formlabs.

### Caractérisation

| Type               | Intitulé                           | Durée (h) | Nombre de sessions/an | Durée totale/an(h) | Nombre total de participants /an |
|--------------------|------------------------------------|-----------|-----------------------|--------------------|----------------------------------|
| Formation pratique | FIB                                | 2.5h      | 17                    | 42                 | 17                               |
|                    | MEB                                | 3h        | 18                    | 54                 | 23                               |
|                    | AFM                                | 3h        | 18                    | 54                 | 12                               |
|                    | Spectromètre                       | 1h        | 5                     | 5                  | 7                                |
|                    | DSC                                | 1h        | 1                     | 1                  | 2                                |
|                    | Formation caractérisation pratique | 1h30      | 11                    | 16                 | 24                               |
| TOTAUX             |                                    |           | 71                    | 174                | 105                              |

Pas de formation théorique (cours TEAM) en 2019 et 2020. Le temps de formation pratique de base est très important en et l'utilisation du moodle pour la formation MEB permet de gagner environ une demi-heure à chaque formation => à généraliser aux autres techniques.

### Chimie

| Type               | Intitulé   | Durée (h) | Nombre de sessions/an | Durée totale/an (h) | Nombre total de participants /an |
|--------------------|--|-----------|-----------------------|---------------------|----------------------------------|
| Formation pratique | Prévention du risque chimique en salle blanche : aspects pratiques et risques locaux | 2,5       | 8                     | 20                  | 21                               |
|                    | Fonctionnement et utilisation de la zone chimie                                      | 2,5       | 8                     | 20                  | 20                               |
| TOTAUX             |  |           | 16                    | 40                  | 41                               |

La formation sur les risques chimiques vient en complément des formations en ligne du CNRS (néo, très générale) et du service, ciblée sur les risques spécifiques salle blanche (ex. acide fluorhydrique). Elle présente de manière pratique comment comprendre les risques, comment utiliser les équipements de protection, et quoi faire en cas de problème.

La formation sur le fonctionnement et l'utilisation de la zone chimie présente les équipements et les procédés les plus classiques auxquels ils sont attachés, et comment utiliser ces équipements et procédés.

On note une baisse en 2020 du nombre de formations assurées, consécutive à la crise du coronavirus et au confinement.

En 2021, une partie croissante de ces formations pratiques est amenée à être intégrée à des formations en ligne (sous forme de vidéos notamment). Cette démarche se fait avec la cellule formation, et cherche également à nous rendre plus autonome vis-à-vis du système informatique utilisé.

### CVD

| Type        | Intitulé  | Durée (h) | Nombre de sessions/an | Durée totale/an(h) | Nombre total de participants /an |
|-------------|-----------|-----------|-----------------------|--------------------|----------------------------------|
| Utilisation | ALD NOMOS | 3         | 1                     | 3                  | 1                                |

En 2020, il y a eu une formation dispensée par les personnes de la zone CVD, au niveau de l'utilisation de l'ALD NOMOS.

### Dépôts sous vide

| Type               | Intitulé         | Durée (h) | Nombre de sessions/an | Durée totale/an (h) | Nombre total de participants/an |
|--------------------|------------------|-----------|-----------------------|---------------------|---------------------------------|
| Formation pratique | Technique de PVD | 1h30      | 5                     | 7h30                | 5                               |
| <b>TOTAUX</b>      |                  |           | <b>5</b>              | <b>7h30</b>         | <b>5</b>                        |

Ces formations permettent de mieux comprendre les enjeux nécessaires à un dépôt de métal de bonne qualité (préparation des substrats, problématique des contaminations ...).

En 2020 le cours TEAM PVD n'a pas eu lieu pour des raisons sanitaires, ce cours devrait avoir lieu en 2021 en distanciel.

### Dépôts électrolytiques

| Type               | Intitulé                         | Durée (h) | Nombre de sessions/an | Durée totale/an(h) | Nombre total de participants /an |
|--------------------|----------------------------------|-----------|-----------------------|--------------------|----------------------------------|
| Formation pratique | Formation Utilisation KOH - TMAH | 2         | 5                     | 10                 | 5                                |
| <b>TOTAUX</b>      |                                  |           | <b>6</b>              | <b>11.5</b>        | <b>20</b>                        |

Du fait du confinement, les cours TEAM n'ont pas été maintenus en 2020. Cette année nous allons proposer les cours sur les dépôts électrolytiques sous différents formats. Un premier cours en mixte (présentiel et distanciel en même temps). Et un second format sous forme de petits films accessibles

tout au long de l'année, ponctués si besoin par une ou deux sessions d'une heure de questions-réponses ou d'échanges sur cette thématique.

### Epitaxie par jets moléculaires

| Type               | Intitulé | Durée (h) | Nombre de sessions/an | Durée totale/an(h) | Nombre total de participants /an |
|--------------------|----------|-----------|-----------------------|--------------------|----------------------------------|
| Formation pratique | EJM      | 8h        | 10                    | 80                 | 2                                |
|                    | DRX      | 2,5h      | 7                     | 17,5               | 10                               |
| <b>TOTAUX</b>      |          |           | <b>17</b>             | <b>97,5</b>        | <b>12</b>                        |

Les nouveaux doctorants sur la zone, pour lesquels l'épitaxie par jets moléculaire est une part importante de leur travail, sont systématiquement formés et suivis avant de pouvoir être laissés en autonomie complète. La durée du suivi est évaluée au cas par cas.

Le diffractomètre de rayons X est sollicité par les acteurs de la zone, mais aussi par de plus en plus de projets de la salle blanche dont les besoins sont variés (mesure d'épaisseurs ou de densités en XRR, analyse de phase cristallines en GIXRD).

Les doctorants et post doctorants en faisant la demande sont formés à l'utilisation du diffractomètre lorsque leurs besoins sont récurrents.

### Gravure plasma

| Type               | Intitulé           | Durée (h) | Nombre de sessions/an | Durée totale/an(h) | Nombre total de participants /an |
|--------------------|--------------------|-----------|-----------------------|--------------------|----------------------------------|
| Cours TEAM         | Gravure par plasma | 2h        | 1                     | 2                  | 10                               |
| Formation pratique | Plasma O2          | 0.5h      | 18                    | 9                  | 50                               |
|                    | Réacteurs RIE-ICP  | 3x1h      | 10                    | 30                 | 10                               |
| <b>TOTAUX</b>      |                    |           | <b>29</b>             | <b>41</b>          | <b>70</b>                        |

La formation concerne deux volets, le cours technologique et la formation des nouveaux entrants en salle blanche. Le nombre actuel de licenciés sur les machines de gravure est d'environ 20 personnes.

### Jet d'encre et traitements de surface

| Type               | Intitulé         | Durée (h) | Nombre de sessions/an | Durée totale/an(h) | Nombre total de participants /an |
|--------------------|------------------|-----------|-----------------------|--------------------|----------------------------------|
| Formation pratique | Viscosimètre     | 1h00      | 2                     | 2                  | 2                                |
|                    | Sécheur Tousimis | 2h00      | 0                     | 0                  | 0                                |
|                    | SPD              | 0h30      | 7                     | 3                  | 7                                |
|                    | SFD              | 3h00      | 0                     | 0                  | 0                                |
| <b>TOTAUX</b>      |                  |           | <b>11</b>             | <b>5.5</b>         | <b>9</b>                         |

Des formations sur la Ceradrop pourront avoir lieu sur les procédés que nous avons développés, pour les projets aux besoins conséquents.

En 2019 nous avons mis au point une formation professionnelle sur le jet d'encre fonctionnel celle-ci est désormais proposée par CNRS formation entreprise. Deux dates de formations ont été proposées en 2020 pour deux inscriptions. Le nombre d'inscrit n'a pas permis de tenir une session.

## Lithographie Laser

| Type               | Intitulé  | Durée (h) | Nombre de sessions/an | Durée totale/an(h) | Nombre total de participants /an |
|--------------------|---|-----------|-----------------------|--------------------|----------------------------------|
| Cours TEAM         | Règles et outils pour la fabrication des masques optiques | 1h        | 1                     | 1                  | 20                               |
| Formation pratique | Logiciel CleWin5  | 1h30      | 10                    | 15                 | 15                               |
|                    | Dilase 750 et 3D  | 3h        | 5                     | 15                 | 5                                |
|                    | DWL 200   | 2h        | 5                     | 10                 | 5                                |
|                    | PP Nanoscribe   | 3h        | 3                     | 9                  | 3                                |
| <b>TOTAUX</b>      |   |           | 24                    | 50                 | 48                               |

Ces formations permettent aux utilisateurs d'acquérir les bonnes pratiques pour la conception des dessins de masques et l'accès en libre-service des équipements Dilase et Nanoscribe. Suite au départ de Rémi Courson, il reste un seul personnel de la zone pour dispenser la majorité des formations pratiques.

## Nanolithographies

| Type               | Intitulé                  | Durée (h) | Nombre de sessions/an | Durée totale/an(h) | Nb total de participants/an |
|--------------------|---------------------------|-----------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|
| Cours TEAM         | Lithographie électronique | 2         | 2                     | 4                  | 6                           |
|                    | Nano-impression           | 2         | 1                     | 2                  | 5                           |
| Formation pratique | Lithographie électronique | 40        | 4                     | 160                | 4                           |
|                    | Nano-impression           | 1         | 5                     | 5                  | 5                           |
| <b>TOTAUX</b>      |                           |           | 12                    | 171                | 20                          |

Les formations devraient évoluer dans leur forme (cf. synthèse)

## Photolithographie

| Type                 | Intitulé                           | Durée (h) | Nombre de sessions/an | Durée totale/an(h) | Nombre total de participants /an |
|----------------------|------------------------------------|-----------|-----------------------|--------------------|----------------------------------|
| Formations pratiques | Formations nouveaux utilisateurs   | ≈2h       | 8                     | 15.5               | 21                               |
|                      | Formations équipements et procédés | ≈3h       | 10                    | 30.5               | 15                               |
| <b>TOTAUX</b>        |                                    |           | 18                    | 46h                | 36                               |

Baisse importante du nombre de formations en 2020 dû au contexte sanitaire lié au covid19. Nous avons profité du confinement pour améliorer l'offre des cours en ligne avec la cellule formation. La plateforme MOODLE a été abandonnée et les cours ont été transféré sur le [site intranet du LAAS](#). Cela simplifie l'accès et offre une interface moins lourde. Des [vidéos](#) ont remplacé les présentations ce qui améliore le contenu et la compréhension des techniques.

## Traitements thermiques et implantation ionique (et dépôts CVD)

| Type               | Intitulé                | Durée (h) | Nombre de sessions/an | Durée totale/an(h) | Nombre total de participants /an |
|--------------------|-------------------------|-----------|-----------------------|--------------------|----------------------------------|
| Formation pratique | Fours de recuits métaux | 0,5h      | 3                     | 1h30               | 3                                |



Cette année, nous n'avons formé que 3 personnes sur les fours de recuit AET.

## SYNTHESE

### Bilan global

Les actions de formation sont essentielles au bon fonctionnement de la plateforme. Elles nécessitent un investissement important aux personnels du service. Le tableau suivant qui synthétise les formations dispensées ne traduit que la partie visible du travail effectué. Car à cela il faut ajouter la préparation/mise à jour des supports, ainsi que les développements de supports liés au passage vers des formations en ligne.

| Type                        | Nombre de session | Durée totale (h) | Nombre total de participants |
|-----------------------------|-------------------|------------------|------------------------------|
| <b>Cours "théoriques"</b>   | 13                | 25               | 69                           |
| <b>Formations pratiques</b> | 263               | 610.5            | 385                          |
| <b>TOTAUX</b>               | 276               | 635.5            | 354                          |

La situation sanitaire a eu un impact sur les cours théoriques puisqu'ils ont été réduits de plus de moitié.

Le volume horaire des formations pratiques n'a subi qu'une diminution de l'ordre de 10%. Cela s'explique par le fait que nous avons donc un peu de moins de sessions ; mais surtout que le nombre de formé en simultanée a été diminué.

### Formations en ligne

L'utilisation du Moodle de l'UPS s'est révélé peu pratique. Utiliser ce support nécessite une procédure lourde et chronophage pour la création d'un compte UPS. Depuis fin 2020 nous déployons donc un nouveau site interne au LAAS.

<https://team-elearning-courses.laas.fr/>

Nous allons développer ce support pour l'ensemble de nos formations

De même nos réflexions portent sur une évolution des modalités de formation

Cette évolution pourrait porter sur leur passage de 2 à 3 étapes :

1. Une formation en ligne
2. Un cours en présentiel
3. Une formation pratique

Principaux avantages :

- Un cours en ligne est accessible en permanence (principes généraux, concepts et fonctionnement de la technique). Il peut donc être suivi au fil de l'eau pour ceux qui veulent s'informer ou débiter leur formation à la technique concernée.
- Le cours en présentiel ciblera les futurs utilisateurs motivés. Il approfondira le cours en ligne et répondra aux questions que la première étape ne manquera pas de susciter. Il permettra d'aborder les problèmes spécifiques aux utilisateurs. Plus focalisé il restera réutilisable au fil de l'eau si nécessaire.
- La formation pratique bénéficiera des 2 étapes précédentes pour gagner en efficacité

### Formation continue

Le succès des deux projets de filière technologiques déposés à la Région (Thermie et MultiFAB) nous avait conduit à développer des formations à destination de l'extérieur (formation continue ou vers des académiques). Leur contenu centré sur les procédés et techniques déployés dans ces deux filières n'a pas trouvé d'échos malgré une diffusion au travers d'organismes spécialisés dans la formation continue. (CNRS formation entreprise).

# SECURITE

La cellule sécurité

Principales actions initiées

Principales actions envisagées

Relevé des actions conduites et à conduire

## CELLULE SECURITE

### Objectifs

Faire des propositions argumentées au responsable du service TEAM et au Directeur sur la prévention des risques en salle blanche afin d'améliorer la protection des usagers. Accompagner les divers personnels impliqués pour la mise en œuvre des décisions.

### Organisation

#### Personnels impliqués :

- Carcenac Franck ..... Responsable de la zone de lithographie électronique
- Charlot Samuel..... Responsable de la zone "Assemblage" - Assistant de prévention et membre de la CLHSCT
- Doucet Jean-Baptiste ..... Responsable de la zone chimie - membre de la CLHSCT
- Gravelier Quentin ..... zone épitaxie par jets moléculaires - membre de la CLHSCT
- Marrot Jean-Christophe .. zone traitements thermiques et implantations ioniques

#### Fonctionnement :

La cellule se réunit chaque fois que nécessaire pour faire le point sur les actions en cours et à suivre mais aussi sur l'évolution de la salle blanche et des risques associés.

Ceci nécessite :

- Une cartographie des risques existants
- La vérification de leur couverture actuelle et le suivi de leur évolution
- L'anticipation de la couverture des risques émergents : nouvelles installations d'équipements, nouveaux produits chimiques et nouvelles réglementations
- De la prospection pour proposer des solutions acceptables par les personnels, compatibles avec les réglementations ainsi qu'avec le budget du laboratoire
- D'informer les usagers et recueillir leurs remarques.

#### Relevé des actions

Un tableau des besoins en prévention et sécurité a été mis en place et est disponible pour les personnels de TEAM. Il permet de réaliser le suivi de toutes les actions et de mieux les planifier.

Ce tableau nous permet d'identifier les actions les plus importantes et de les reporter dans l'application CNRS d'évaluation des risques professionnels (EVRP) afin de permettre leur éventuel financement par la DR14 et/ou l'INSIS. Il est mis à jour à la fin de chaque conseil de service.

## RELEVÉ DES ACTIONS CONDUITES

### Contrôle de l'ensemble des postes de chimie :

La certification réglementaire de la protection effective des usagers a été réalisée par une entreprise extérieure : pas de problème particulier à noter sur les plans de travail contrôlés.

### Extraction EVRP liée à la salle blanche :

Nous ne mentionnons ici que les actions conduites en 2020. L'ensemble des colonnes n'étant pas affiché par soucis de clarté, vous pouvez consulter le document unique pour les détails.

| Référence | Lieu  | Poste   | Facteur de risque                 | Modalités d'exposition  | Carences                                  |
|-----------|-------|---------|-----------------------------------|---|---|
| R149/2020 | Bat F | Bureaux | Ambiances / Conditions de travail | Moteur de l'extracteur général de la salle blanche bruyant quand les fenêtres des bureaux sont ouvertes | nuisance quand les fenêtres sont ouvertes |

### Tableau des actions conduites et à conduire (hors actions précitées) : en vert les actions réalisées

Dans l'EVRP, ne sont plus enregistrées que les déclarations structurantes/importantes éligibles à un financement par l'INSIS. Le tableau suivant enregistre les actions, non enregistrées dans l'EVRP, qui concernent la sécurité qui sont conduites au fil de l'eau et gérées par le service.

| Nature des besoins exprimés  | Date de l'expression du besoin | Date de réalisation des travaux | Remarques  |
|--|--------------------------------|---------------------------------|--|
| <b>Salle Blanche : général</b>   |                                |                                 |  |
|  |                                |                                 |  |
| <b>EJM</b>   |                                |                                 |  |
|  |                                |                                 |  |
| <b>Jet d'encre</b>   |                                |                                 |  |
| tousimis   | oct-18                         |                                 | modification extraction de l'éthanol   |
| évaluation des niveaux sonores   | oct-18                         |                                 | évaluation du niveau sonore des équipements de litho Kloé plus registre Irian  |
| <b>Nanolithographies</b>   |                                |                                 |  |
| pompage nano imprint   | oct-18                         |                                 | mettre pompe primaire (située dans le faux plancher) sous extraction   |
| déport d'un silencieux   | oct-18                         |                                 | la ligne comporte un silencieux mais le niveau sonore de la remise à l'air de la chambre est trop important.                               |
| Extraction basse sur réfrigérateur   | nov-18                         |                                 | Installation d'une aspiration basse  |
| <b>litho laser</b>   |                                |                                 |  |
| problème chimique sur Hamatech   | oct-18                         |                                 | modifier le bouchon de récupération des solvants (mise sous extraction), modifications du branchement électrique (supprimer les rallonges) |
| problème chimique sur paillasse développement masques  | oct-18                         |                                 | affichage des dangers chimiques sur paillasse (acide/base) voire mettre une séparation physique  |
| <b>PVD</b>   |                                |                                 |  |
| Installation des pompes primaires du bâti de dégazage (à l'entrée de la salle blanche) sous plancher | oct-18                         |                                 | placer la pompe sur "silent block"   |
| Dispositif de signalement des alarmes pour Guillaume   | oct-18                         |                                 | solution à généraliser au niveau de l'alarme incendie même hors salle blanche (DATI ou bracelet vibrant?)                                  |
| <b>Caractérisation</b>   |                                |                                 |  |
| enlèvement des bouteilles d'argon en salle blanche   | dec-20                         | janv-21                         | mise en place et raccordement à la ligne d'argon commune   |
| <b>Chimie</b>  |                                |                                 |  |
| Sorbonne pour synthèse (rampe à gaz)   | sept-18                        |                                 | Tout compris : rampe à gaz, rotavapor, pompe, ...  |
| <b>Gravure Plasma</b>  |                                |                                 |  |
|  |                                |                                 |  |
| <b>Four</b>  |                                |                                 |  |

|   |         |           |   |
|---|---------|-----------|---|
| procédure coupure gaz incendie                      | 2015    |           | mettre en place une procédure sur l'arrêt des gaz lors d'un incendie          |
| Installation de la nouvelle machine ALD : à prévoir | sept-18 |           | ouverture paroi + fluides gaz/eau + extraction cabinet précurseur Ru(O)       |
| <b>Assemblage</b>                                   |         |           |   |
|   |         |           |   |
| <b>Dépôts électrolytiques</b>                       |         |           |   |
| réduction du bruit ambiant                          | 2018    | 2019/2020 | Mise en place des IRIANS 2019 et des casquettes sur toute les paillasses 2020 |
| <b>Photolithographie</b>                            |         |           |   |
| mesures COV   | 2018    |           | installation de capteurs COV en salle de photolithographie                    |

De nombreux besoins n'ont pas pu être traités du fait de l'épidémie de SARS-COV2. Le fichier semble peu utilisé : son utilité est à questionner ...

## PRINCIPALES ACTIONS INITIEES

### Plan de modification des postes de chimie :

Reste à faire :

- Remplacement de 2 postes de travail en zone chimie : mise en conformité pour la sécurité des usagers.
- Modification de certaines casquettes pour plus de praticité

### Modifications des casquettes des postes sous extraction :

Il reste quelques défauts mineurs : bâillement à la jonction de 2 casquettes lié à un support intermédiaire manquant ou inadapté.

### Bilan sonore des zones :

Suite au déplacement de l'extracteur principal, des vibrations et des nuisances sonores avaient été créées : des silentbloks ont été installés qui ont minimisé les vibrations, un capotage du moteur a été réalisé. Ces travaux effectués montrent un abaissement très significatif des vibrations du bâtiment et des nuisances sonores pour les bureaux à proximité.

## PRINCIPALES ACTIONS ENVISAGEES

### Préparation d'un dossier pour l'acquisition d'un scrubber de traitement des gaz usés des machines de gravure fluorée

Situation actuelle dans la zone de gravure :

- 2 équipements utilisant des gaz chlorés sont reliés à un système à cartouche.
- 5 équipements utilisant des gaz fluorés sont en échappement libre

Les espèces chimiques émises par les 5 machines de gravure dont les effluents ne sont pas traités ont des incidences locales et environnementales :

- Locale : odeur d'œuf pourri - H<sub>2</sub>S (gaz toxique très inflammable) perceptible au LAAS dans des conditions climatiques très spécifiques (vent ENE).
- Environnementale : les gaz fluoro-carbonés (CHF<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>, CF<sub>4</sub>) sont soumis à réglementation car ils détruisent la couche d'ozone. À titre d'exemple, le potentiel de réchauffement global (PRG) du SF<sub>6</sub> est 23.900 fois supérieur à celui du CO<sub>2</sub> qui sert de référence (PRG du CO<sub>2</sub> = 1).

Afin de traiter les effluents de ces 5 machines, nous avons besoin d'un brûleur/laveur dont le budget est de ~100k€ auquel il faut ajouter le coût de l'installation (tuyauterie, chauffage des lignes, lignes de méthane et d'oxygène ...). Le choix d'un brûleur est rendu obligatoire par la nature des gaz utilisés, par la stabilité chimique des effluents mais aussi leur inflammabilité.

Il est donc proposé d'inscrire cet investissement dans un équipement de sécurité comme prioritaire dans le logiciel d'Evaluation des Risques Professionnels (EVRP) afin qu'il puisse être éligible à une aide partielle ou totale de la DR et/ou de l'INSIS mais aussi du laboratoire.

### **Inventaire des produits chimiques et mise à jour des déclarations des risques chimiques :**

Nous avons une lacune au niveau des inventaires de nos lieux de stockage des produits chimiques ainsi que dans les déclarations afférentes à la base de données RICH qui alimente DEFIE. La campagne d'inventorisation des produits chimiques et de mise à jour des déclarations n'a pas été lancée en 2020 et devrait l'être en 2021. Cette action est très peu motivante pour la plupart des personnels car aucun inventaire complet n'a jamais été réalisé et que le contexte sanitaire n'est pas propre à mobiliser les personnels.

Il conviendra d'établir une action spécifique récurrente (sur une base bisannuelle révisable par exemple) en mobilisant un maximum de personnels (en analogie avec l'heure soleil) afin de réduire l'impact sur le fonctionnement de la salle blanche tout en faisant prendre conscience aux membres du service TEAM et aux usagers de la nécessité d'une déclaration sur RICH et d'un inventaire régulier.

### **Exposition au bruit :**

Nous passons dans une phase de suivi au fil des modifications de la salle blanche : une mesure régulière par un organisme extérieur pourrait être envisagée avec une périodicité à déterminer ou à chaque gros changement dans la configuration (nouvel équipement, modifications de cloisons, ...) ou à chaque signalement ou plainte d'un usager ...

# BUDGET

Éléments de contexte

Budget 2019

Prévisionnel 2020

Prévisionnel pluriannuel (Réseau Renatech)

## ELEMENTS DE CONTEXTE

### Périmètre analysé

Les analyses budgétaires à l'échelle de la plateforme peuvent paraître complexe la nature des rubriques présentées dans les diverses versions du budget fait "naturellement" apparaître des variations.

Les chiffres présentés ici le sont dans un objectif d'analyse qui doit nous permettre d'optimiser l'usage des fonds qui sont alloués

### Exécution du budget

Depuis début 2018 l'exécution budgétaire a été grandement simplifiée par la remise à plat des lignes utilisées pour le fonctionnement de la plateforme. Il convient à ce stade de souligner l'expertise et le soutien du service gestion dans ces évolutions et leur exécution sans faille depuis leur mise en place.

Les lignes budgétaires sont les suivantes.

Sept pour les dépenses

- 101301IG Salle Blanche Support : tout ce qui concerne des adaptations ou évolutions de l'infrastructure salle blanche
- 101302 IG Salle Blanche conso et fournitures : les consommables utiles pour les produits facturés et les fournitures achetées pour une personne ou un projet en particulier ; hors fluides généraux (gaz et électricité) qui sont pris en charge par le budget général du laboratoire
- 101303 IG Salle Blanche Maintenance : tout ce qui touche la maintenance (pièces et main d'œuvre).
- 101304 Salle blanche équipements hors RTB: les achats d'équipements faits hors dotations ANR RTB qui seront amortis
- 101304 Salle blanche équipements RTB : les achats d'équipements faits avec la convention RTB 2018 qui seront amortis
- 101304 salle blanche équipement RTB reports 2012 à 2017 : les achats d'équipements faits avec les conventions RTB 2012 à 2017 qui seront amortis
- 101045 LEAF : les dépenses liées à l'équipex LEAF

Ces lignes de dépenses sont exclusivement alimentées par

- La dotation TGIR dans le budget FEI du laboratoire
- Les recettes salle blanche
- L'abondement LEAF
- Les convention ANR RTB

Une ligne pour les recettes générées par la facturation auditable

- Recettes salle blanche

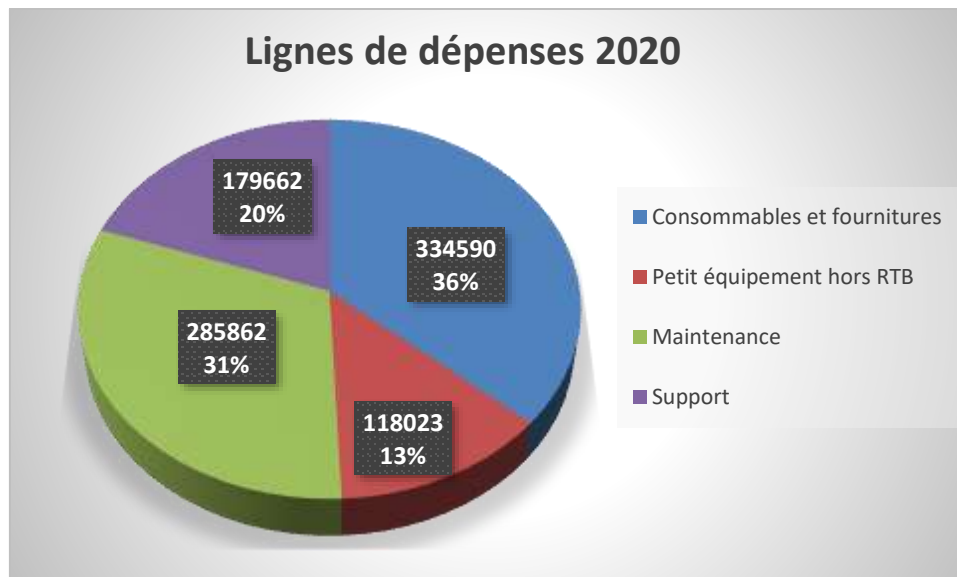
Il n'y a donc aucun prélèvement « à priori des opérations technologiques » sur les contrats supports des projets de recherche. Les seuls prélèvements sont ceux « a posteriori des opérations technologiques » de la facturation certifiée.



## BUDGET 2020

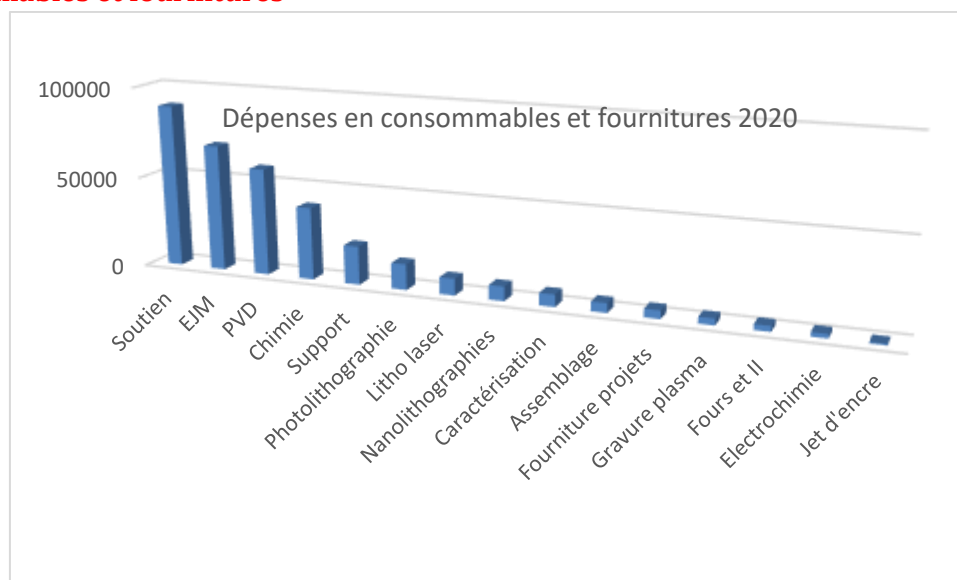
### Budget global

La répartition des dépenses a été la suivante



Classiquement les deux postes les plus importants concernent les consommables et la maintenance. Il convient de continuer à souligner la maîtrise de nos frais de maintenance. Même si le chiffre intrinsèque est très important il représente moins de 1% de la valeur totale du parc d'équipements.

### Consommables et fournitures

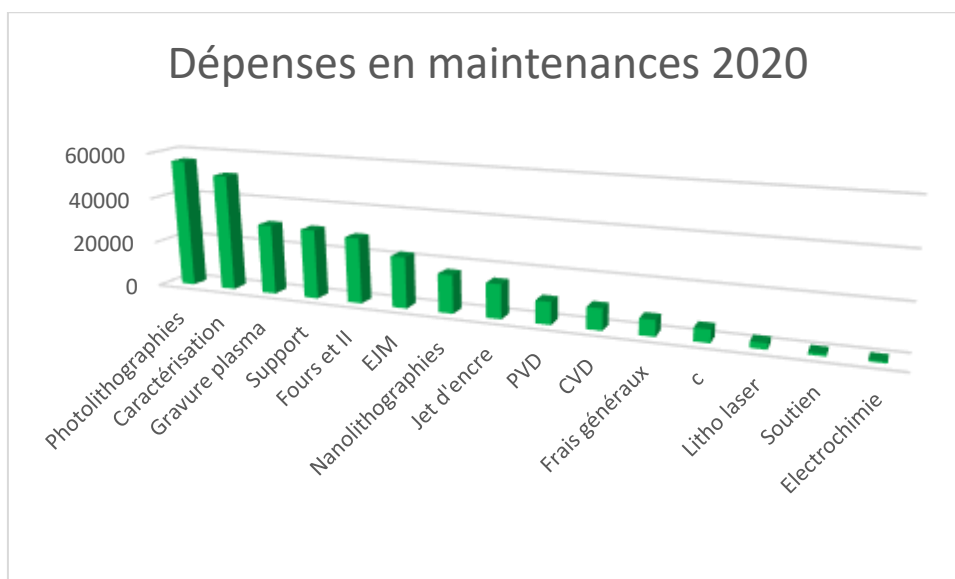


Les postes les plus élevés s'expliquent notamment par les raisons suivantes

- Soutien : consommables du quotidien (gants, charlottes, surchausses, etc.). Nous avons dû reconstituer notre stock et par précaution prendre de l'avance. Ce poste devrait baisser en 2021
- EJM : achat des substrats III-V
- Dépôts sous vides : achat des métaux précieux, dont le cours varie continuellement

- Chimie : produits chimiques pour l'ensemble de la salle blanche
- Support : consommables pour les facilités de la salle blanche (filtres, eau DI, etc.)

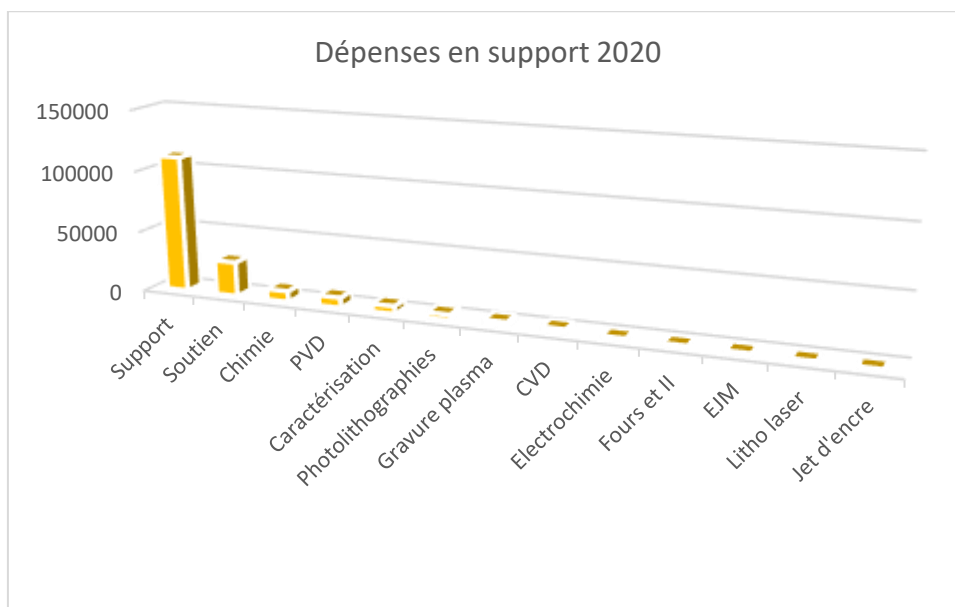
## Maintenance



Les postes les plus élevés s'expliquent notamment par les raisons suivantes

- Photolithographie : contrats de maintenance des aligneurs et pistes
- Caractérisation : contrats de maintenance FIB et AFM
- Gravure plasma : intervention sur l'équipement Alcatel
- Support : contrat sécurité gaz
- Fours et Implantation : contrats de maintenance sur ALD et CVD

## Support

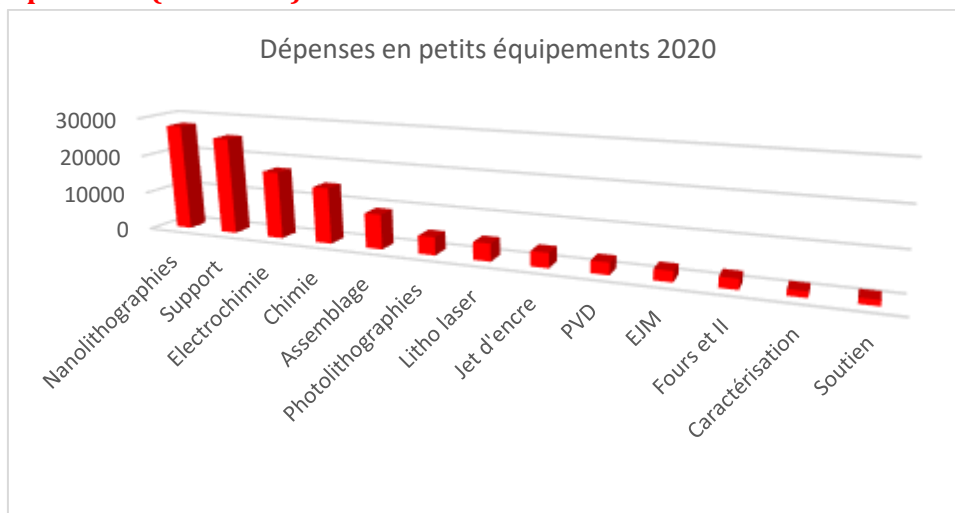


Les postes les plus élevés s'expliquent notamment par les raisons suivantes

- Support : contrat de ménage de la salle blanche qui demande 46 k€ par an, auxquels s'ajoutent divers travaux d'adaptation de l'infrastructure.

- Soutien : la ligne la plus élevée concerne la location des tenues de salle blanche (30 k€).

### Petits équipements (Hors RTB)

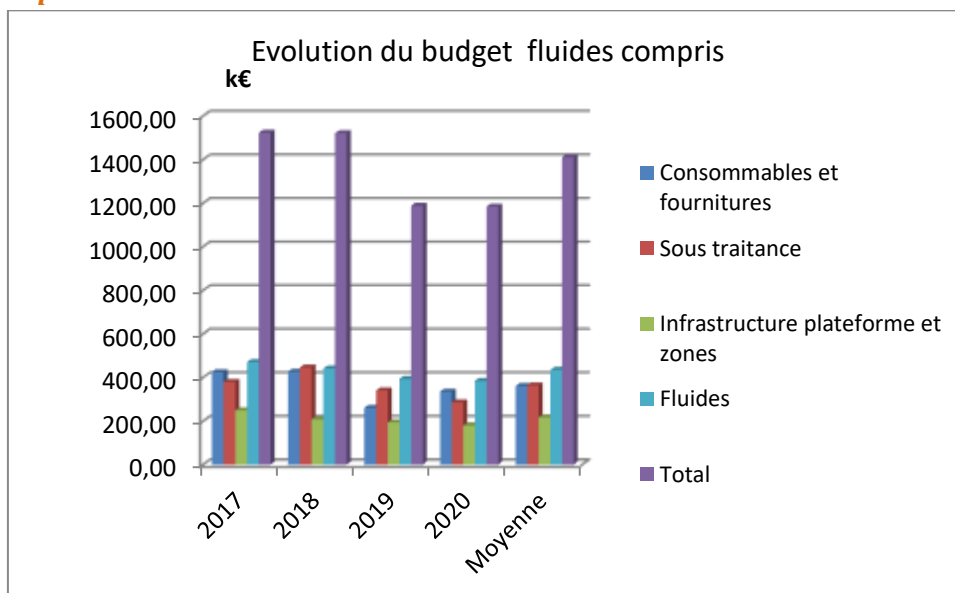


Les postes les plus élevés s'expliquent notamment par les raisons suivantes

- Nanolithographies : changement du PC de la Nanonex
- Support : changement de l'osmoseur
- Dépôts électrolytiques : améliorations des réacteurs et plasturgie
- Chimie : plasturgie des hottes
- Assemblage : plasturgie des hottes

### Evolution pluriannuelle

#### Fluides compris

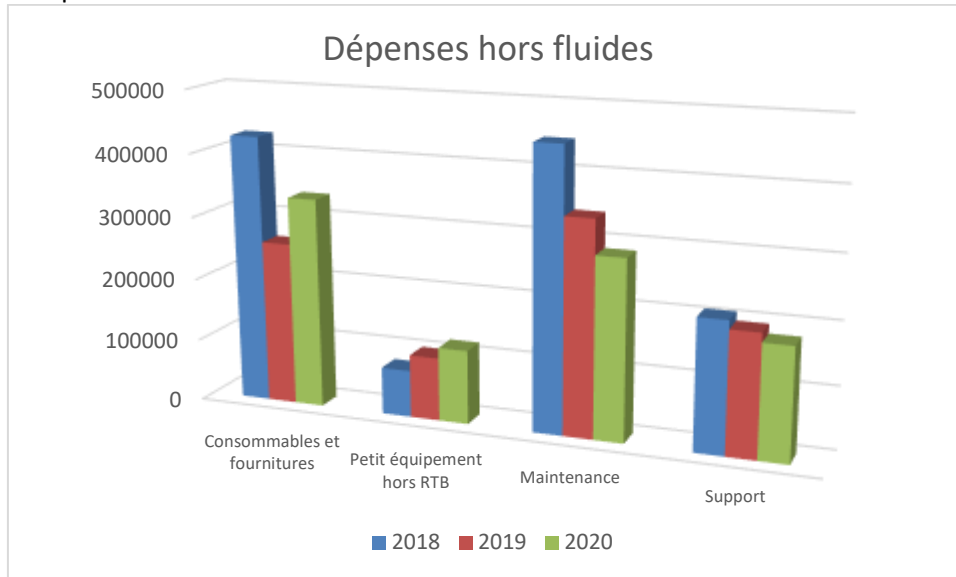


Le budget exécuté (fluides compris) est stable malgré la baisse d'activité liée à la pandémie

- Les frais de fonctionnement liés aux fluides sont quasi incompressibles maintenant que nous avons mené les travaux d'économies d'énergie, et les baisses de consommations liées à la baisse d'activité sont compensées par les hausses des tarifs.
- La hausse des consommables contre balance la baisse des maintenances

### Hors fluides

Si l'on regarde plus en détail le fonctionnement hors fluides



- La hausse des consommables s'explique notamment par le réapprovisionnement de nos stocks d'EPI.
- Celles des petits équipements par deux aspects
  - Remplacement de quelques petits équipements obsolètes qui auparavant apparaissaient en maintenance, mais qui doivent être amortis comptablement selon les règles de l'achat public.
  - Travaux de plasturgie pour finaliser la sécurité des hottes
- La maintenance est en légère baisse sans doute liée à une plus faible activité donc moins de pannes
- Enfin le support reste stable, preuve que l'infrastructure et son fonctionnement sont sous contrôle.

## PREVISIONNEL 2021

### Demande FEI 2021

Hors fluides les divers postes sont reportés dans la tableau suivant

| Référentiel budgétaire (unité €)   | Prévisionnel 2020 |
|--|-------------------|
| A1 - FOURNITURES ET CONSOMMABLES DE BUREAU                                     | 2 000             |
| A2 - MOBILIER ET MATERIEL DE BUREAU  | 0                 |
| A4-AUTRE DEPENSES  | 17 000            |
| B2 : CONSOMMABLES DE LABORATOIRE, PETITS MATERIELS et EQUIPEMENTS DE PAILLASSE | 156 218           |
| B3 GAZ ET PRODUITS POUR LE PROCESS   | 243 855           |
| B4 :GROS EQUIPEMENTS DE LABORATOIRE  | 13 432            |
| B5 GROSSE INSTRUMENTATION SCIENTIFIQUE   | 67 380            |
| B6 : OPTIQUE   | 0                 |

|   |           |
|---|-----------|
| B7 : ELECTRONIQUE / MESURES ELECTRIQUES                   | 334 032   |
| B8 : PHYSIQUE- MESURE PHYSIQUE-MECANIQUE                  | 40 445    |
| B12 : HYGIENE ET SECURITE                                 | 187 627   |
| C1 : MISSIONS DEPLACEMENTS                                | 20 000    |
| D2 : ABONNEMENT CONSOMMABLES [LOGICIEL ET MATERIEL]       | 12 100    |
| D3 : ACHATS [LOGICIEL ET MATERIEL]                        | 500       |
| E3 : CONSTRUCTION ET MAINTENANCE RELEVANT DU PROPRIETAIRE | 86 391    |
|   | 1 180 980 |

Ce budget reste dans la ligne des années précédentes.

### PREVISIONNEL PLURIANNUEL (RESEAU RENATECH)

Chaque début d'année les plateformes du réseau Renatech se livrent à l'exercice de budgets prévisionnels pluri annuels.

Ces éléments sont utiles pour l'obtention, au titre de l'appartenance à l'Infrastructure de Recherche Renatech, de la ligne FEI présentée au paragraphe précédent.

Les lignes de ce budget abordent des aspects différents de ceux présentés précédemment. Notamment la ligne fonctionnement tient compte des fluides généraux.

Les éléments sont reportés en annexe.

### CERTIFICATION DES TARIFS ET FACTURATION

#### Certification des tarifs

La plateforme bénéficie d'une tarification auditable depuis 2014. En effet, la plateforme a été pilote pour la mise en place nationale de la tarification auditable CNRS.

Nous avons engagé une mise à jour du dossier de tarification afin de réactualiser notre coût complet sur la base d'une nouvelle année de référence et pour mettre à jour notre grille tarifaire en proposant un nouveau format qui permette notamment d'inclure dans la facturation interne les enjeux liés aux financements européens.

Année de référence pour le calcul de la mise à jour de tarification : 2019.

La publication des tarifs a été faite dans le numéro de novembre 2020 du bulletin officiel du CNRS, pour application rétroactive au 1<sup>er</sup> janvier 2020

L'ensemble des informations sont reportées dans le document " Détermination du coût complet 2019 et élaboration des tarifs pour les produits et prestations de la plateforme de micro et nanotechnologies du CNRS-LAAS" (HAL Id : **hal-03187772, version 1**)

### **Facturation 2020**

Au titre de 2020 la facturation vers les équipes du laboratoire s'est montée à 451 243€. Il s'agit là du montant total injecté dans le processus de facturation qui dépend des services gestion du LAAS et financiers de la DR14. Le traitement du total de ce montant a pu aller au-delà de la fin 2020.

Ce montant est de 15% supérieur à celui de 2019 (391716€).

Si l'on prolonge jusqu'en 2020 les éléments d'analyse pluriannuelle présentés lors du bilan 2018 (HAL Id : **hal-02137930, version 1**) la moyenne des sommes facturées entre 2015 (première année d'application de la facturation certifiée) et 2020 est de 410 263€. La variation est alors inférieure à 10%.

Il est très complexe de déterminer une raison principale à cette évolution car divers facteurs sont à prendre en compte, dont les principaux semblent être

- Volume de la technologie réalisée (plus ou moins d'activité)
- Nature de la technologie réalisée (activités plus ou moins onéreuses)
- Facturation en année N d'activités des années précédentes en plus des activités de l'année N
- Evolution des tarifs (montant des produits et nature du financeur)

### **Procédure mise en place pour les facturations futures**

Afin de consolider encore notre processus de facturation et ainsi les justifications sur les contrats supports nous avons mis en place une procédure à destination des porteurs de projets afin que nous déterminions à priori des activités, et autant que faire se peut, l'origine du support financier des activités.

Le document adressé à tous les porteurs de projets figure en annexe

# DEMANDES INTERNES

Les demandes  
Éléments d'analyse

**LES DEMANDES INTERNES 2019** LES PROJETS SURLIGNES EN **ROUGE SONT TERMINES**, CEUX SURLIGNES EN **VERT SONT NOUVEAUX**.

**ISGE**

|                                     |   |                                 |                                   |                          |  |
|-------------------------------------|---|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--|
| <b>P-17-02302</b>                   | <b>P-17-02055</b>   | <b>P-16-01718</b>               | <b>P-20-03112</b>                 | <b>P-20-03305</b>        | <b>P-20-03345</b>                                    |
| <a href="#">MOVeToDIAM</a>          | <a href="#">OPGAN</a>   | <a href="#">Exagan</a>          | <a href="#">chip fuse</a>         | <a href="#">C pi GaN</a> | <a href="#">Nano 2022</a>                            |
| <b>Isoidr</b>                       | <b>Morancho</b>   | <b>Morancho</b>                 | <b>Bourennane</b>                 | <b>Morancho</b>          | <b>Morancho</b>                                      |
| Composants de puissance sur diamant | Optimisation des Performances électriques des composants de puissance GaN | Assemblage de HEMT de puissance | fusible intégré sur puce silicium | MOS vertical dans GaN    | Interrupteurs de puissance HEMTs en GaN normally-off |
| <b>Imbernon</b>                     | <b>Imbernon</b>   | <b>Charlot</b>                  | <b>Imbernon</b>                   | <b>Imbernon</b>          | <b>Imbernon</b>                                      |

**NEO**

|                          |  |  |                                  |
|--------------------------|--|--|----------------------------------|
| <b>P-13-00209</b>        | <b>P-20-03073</b>  | <b>P-20-03072</b>  | <b>P-17-02038</b>                |
| <a href="#">PyroMEMS</a> | <a href="#">Actionneurs à nanothermite</a>                             | <a href="#">Nanolaminés</a>  | <a href="#">Microsupercap 3D</a> |
| <b>Rossi</b>             | <b>Rossi</b>   | <b>Rossi</b>   | <b>Pech</b>                      |
| Micropyrosystèmes        | ingénierie de couches énergétiques multifonctionnelles par 3D printing | comprendre les processus réactionnels les plus fondamentaux durant l'initiation et la réaction des matériaux Al/Oxydes | Micro super condensateurs        |
| <b>Conédéra</b>          | <b>Mesnilgrente</b>  | <b>Salvagnac</b>   | <b>Bourrier</b>                  |

**MH2F**

**OSE**

**MOST**

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| <b>P-13-00180</b>  | <b>P-18-02464</b>  | <b>P-17-02046</b>  | <b>P-18-02427</b>                                |
| <a href="#">HF BIO</a>                                   | <a href="#">Capteur photonique intégré pour détection de gaz</a> | <a href="#">Intégration tridimensionnelle de circuits passifs RF</a> | <a href="#">Montage de puces hyperfréquences</a> |
| <b>Grenier</b>   | <b>Tap</b>   | <b>Viallon</b>   | <b>Llopis</b>                                    |
| Microdétecteurs hyperfréquence fluidiques et biologiques | Capteur photonique intégré pour la détection de gaz              | Intégration de solénoïdes 3D à air                                   | Assemblage par bonding                           |
| <b>Conédéra</b>  | <b>Lecestre</b>  | <b>Bourrier</b>  | <b>Charlot</b>                                   |



## PHOTONIQUE

|   |   |                                    |                                |  |   |                                     |   |
|---|---|------------------------------------|--------------------------------|--|---|-------------------------------------|---|
| P-13-00231  | P-13-00232                                  | P-15-01624                         | P-21-03387                     | P-14-00729   | P-14-01244  | P-17-02029                          | P-19-02966                                  |
| <a href="#">Diodes laser à cristal photonique</a>                     | <a href="#">Composants photoniques AIOX</a> | <a href="#">Labcom development</a> | <a href="#">Labcom optique</a> | <a href="#">Composants nanophotoniques sur verre</a> | <a href="#">Composants Pour la photovoltaïque III-V</a> | <a href="#">Puces Atomes froids</a> | <a href="#">Dimension</a>                   |
| Gauthier Lafaye   | Almuneau                                    | Camon                              | Camon                          | Gauthier Lafaye                                      | Almuneau  | Gauthier Lafaye                     | Gauthier Lafaye                             |
| Filière nano pour diode laser à cristal photonique et laser aléatoire | Composants photoniques AIOx                 | Labo commun OPERA                  | Labo commun OPALE              | Filtres spectraux à cristal photonique sur verre     | cellules photovoltaïques III-V                          | Puces magneto optiques              | Croissance de MoS2 sur substrats structurés |
| Dubreuil  | Dubreuil                                    | Conédéra                           | Conédéra                       | Daran / Dubreuil                                     | Arnout  | Bourrier                            | Dubreuil                                    |

|  |   |   |                                    |   |  |  |
|--|---|---|------------------------------------|---|--|--|
| P-20-03057   | P-20-03058  | P-20-03097  | P-20-03098                         | P-20-03243                                    | P-20-03247                                 | P-20-03268                                       |
| <a href="#">Active combs</a>                       | <a href="#">Reson</a>   | <a href="#">AEM VCSEL</a>                                 | <a href="#">MIMIC SEL</a>          | <a href="#">systèmes PV-TE nanostructurés</a> | <a href="#">TRAVEL</a>                     | <a href="#">MITI</a>                             |
| Calvez   | Calvez  | Almuneau  | Aluneau                            | Massiot                                       | Almuneau                                   | Calvez   |
| Réalisation de peignes de fréquences sur puce GaSb | Filtres nanométriques non-linéaires sur LiNbO3 avec SiN et SiO2 | composant intégré VCSEL / modulateur à électro-absorption | Fabrication VCSEL moyen infrarouge | Fabrication de cellules solaires III-V.       | Réseaux de diffraction sub longueur d'onde | Structuration de matériaux à transition de phase |
| Bouscayrol   | Daran   | Dubreuil  | Dubreuil                           | Doucet  | Dubreuil                                   | Dubreuil   |

## MINC

|  |   |                         |                          |   |   |  |
|--|---|-------------------------|--------------------------|---|---|--|
| P-16-01840   | P-18-02463  | P-16-01723              | P-19-02783               | P-20-03267                                  |   |  |
| <a href="#">CARANUC</a>  | <a href="#">Switch MEMS</a>                                   | <a href="#">COCNANO</a> | <a href="#">OPTENLOC</a> | <a href="#">Intégration substrat souple</a> |   |  |
| Pons   | Pons  | Pons                    | Takacs                   | Dragomirescu                                |   |  |
| Capteur de radiation nucléaire pour l'instrumentation du bâtiment réacteur | Switch mécanique bistable sur membrane Si déformée par fluage | capteurs d'onde de choc | Optenloc validé -a       | Optenloc exploratoire-b                     | Intégration substrat souple confirmés-a | Intégration substrat souple exploratoire-b |
| Charlot/Reig   | Charlot   | Lecestre / Reig         | Charlot                  | Charlot                                     | Charlot                                 |  |

### MPN

| P-13-00201                      |  | P-18-02694                     |  | P20-03049                             |                                      | P-13-00185   |   | P-20-03114   |  | P-20-03290                 |          | P-21-03397               |              | P-21-03439                                     |                   |
|---------------------------------|--|--------------------------------|--|---------------------------------------|--------------------------------------|--|---|--|--|----------------------------|----------|--------------------------|--------------|--|-------------------|
| <a href="#">Nanofils</a>        |  | <a href="#">Nano TI</a>        |  | <a href="#">Transistors verticaux</a> |                                      | <a href="#">DISPOS</a>   |   | <a href="#">MundFab</a>  |  | <a href="#">MOBinACENE</a> |          | <a href="#">AQUATERS</a> |              | <a href="#">IC Technology for the 2nm Node</a> |                   |
| Larrieu                         | Larrieu                                    | Larrieu                        | Plissard   | Seguy                                 | Seguy                                | fuccio   | Seguy                                       | Scheid   | Fuccio   | Seguy                      | Scheid   | Fuccio                   | Seguy        | Scheid   | Fuccio            |
| <a href="#">Dispositifs bio</a> | <a href="#">Structuration NFs top down</a> | <a href="#">Transistors 3D</a> | Growth and characterizations of Nanoscale BiSb materials | Transistors organiques verticaux      | Réalisation de composants organiques | technologies de traitement avancées à basse température pour la nanoélectronique | Intégration d'acènes dans OFET, OPV et OGMR | Mise au point de dépôts à basse température (T250°C) d'isolants sur des nano-objets enrobés Argent | développer et démontrer des options technologiques qui permettront de réaliser une technologie CMOS 2 nm | Mesnilgrente               | Dubreuil | Imbernon Lecestre        | Mesnilgrente | Dubreuil                                       | Imbernon Lecestre |
| Mazenq                          | Lecestre                                   | Lecestre                       | Arnoult  | Salvagnac                             | Salvagnac                            | Imbernon Lecestre  | Mesnilgrente                                | Dubreuil   | Imbernon Lecestre  | Mesnilgrente               | Dubreuil | Imbernon Lecestre        | Mesnilgrente | Dubreuil                                       | Imbernon Lecestre |

### MICA

| P-13-00181   |  | P-18-02445   |   | P-18-02456  |                               | P-14-00715                                    |  | P-13-00189               |              | P-13-00190                              |              | P-16-01754                 |              | P-13-00191  |              | P-20-03346  |           |  |
|--|--|--|---|---|-------------------------------|---|--|--------------------------|--------------|---|--------------|----------------------------|--------------|---|--------------|---|-----------|--|
| <a href="#">MOEMS VCSEL</a>  |  | <a href="#">Actionneurs microfluidiques laminés</a>                              |   | <a href="#">Microrésonateurs optiques 850nm</a>   |                               | <a href="#">ChemFET</a>                       |  | <a href="#">Eleccell</a> |              | <a href="#">Plateformes chauffantes</a> |              | <a href="#">DOCT VCSEL</a> |              | <a href="#">Intégration de nouveaux matériaux pour la filière capteurs de Gaz</a> |              | <a href="#">Sonde multiparamètres pour milieu marin</a> |           |  |
| Bardinal   | Raimbault  | Raimbault  | Temple  | Launay  | Ménini                        | Bardinal                                      | Menini   | Bardinal                 | Menini       | Bardinal                                | Menini       | Bardinal                   | Menini       | Bardinal  | Menini       | Raimbault   | Raimbault |  |
| Etudes génériques et prospectives pour la réalisation de fonctions optiques en polymères (lentilles, MOEMS) sur composants optiques VCSELS | Actionneurs microfluidiques par lamination de films secs | Microrésonateurs optiques à couplage vertical et réseaux de couplage métalliques | Transistors chimiques à effet de champ à base nitrure de silicium ISFET | Microcellules électrochimiques, intégration de micro-nano électrodes au sein de micro-puits | Mono et multi capteurs de gaz | microsystème SS-OCT pour l'analyse de la peau | Intégration jet d'encre de nouveaux matériaux pour capteurs de gaz | intégration 3D           |              |   |              |                            |              |   |              |   |           |  |
| Reig   | Mesnilgrente   | Conédéra   | Laborde   | Laborde   | Conédéra                      | Doucet  | Mesnilgrente   | Doucet                   | Mesnilgrente | Doucet                                  | Mesnilgrente | Doucet                     | Mesnilgrente | Doucet  | Mesnilgrente | Charlot   | Charlot   |  |

### MILE

| P-17-02316  |              | P-16-01924                       | P-18-02429            | P-16-01735             | P-18-02631  | P-20-03309   |
|---|--------------|----------------------------------|-----------------------|------------------------|---|--|
| <a href="#">Microfluidique pour membranes biomimétiques</a> |              | <a href="#">NEMESIS</a>          | <a href="#">LOC</a>   | <a href="#">μLAS</a>   | <a href="#">Réalisation d'un mécano-chimiosat pour cellules cancéreuses</a>                                       | <a href="#">biolican</a>   |
| joseph  |              | joseph                           | Gue                   | Bancaud                | Delarue   | Jospeh   |
| Canaux microfluidiques pour étudier les membranes           | Capsule      | microcanaux mimant la filtration | laboratoires sur puce | biopuce microfluidique | dispositif permettant de contrôler l'environnement mécanique et chimique d'une population de cellules cancéreuses | concentration, purification, détection de biomarqueurs pertinents pour le cancer |
| Laborde   | Mesnilgrente | Lecestre                         | Conédéra              | Mesnilgrente           | Mesnigrente   | Mesnilgrente   |

### ELIA

| P-13-00216                                       | P-17-02276   | P-15-01401                                     | P-18-02623                             | P-19-02873               | P-20-03108                                 |
|--|--|--|--|--------------------------|--|
| <a href="#">SANTECH</a>                          | <a href="#">Multifab</a>   | <a href="#">Cellules en 3D</a>                 | <a href="#">Exobiologie</a>            | <a href="#">Graphics</a> | <a href="#">AFM application in biology</a> |
| Vieu   | Malaquin   | Malaquin                                       | Vieu                                   | Trévisiol                | Dague                                      |
| Détection optique d'interactions biomoléculaires | Plateforme de fabrication additive multi échelles et multi matériaux | micro environnement 3D pour culture cellulaire | capteurs de biodétection spatialisable | Caractérisation AFM      | Silanisation de pointes AFM et FluidFM     |
| Carcenac   | Courson  | Calmon   | Carcenac                               | Reig                     | Mesnilgrente                               |

| P-20-03122  | P-20-03124   | P-20-03125   | P-20-3131   | P-21-03358  |
|---|--|--|---|---|
| <a href="#">INSITU</a>  | <a href="#">FIBIOSE</a>  | <a href="#">COMBIOPSIE</a>   | <a href="#">Meso Physiological Systems</a>  | <a href="#">macrophages</a>   |
| Vieu  | Vieu   | Vieu   | Malaquin  | Thibault  |
| Intégration de microélectrodes au sein de microdispositifs de capture | Caractérisation des interfaces biomatériaux/cellules par FIB/SEM | technologie de capture combinée de plusieurs biomarqueurs circulants non cellulaires | Développement de dispositifs microfluidiques pour la culture et l'analyse cellulaires dans des environnements contrôlés | Développement de nano-dispositifs pour l'étude des structures d'adhérence des macrophages humains primaires |
| Bourrier  | Reig   | Mazenq   | Laborde   | Laborde   |

## MEMS

| P-17-02330                             | P-13-00221  | P-14-00709           | P-13-00224  | P-16-01766                                | P-16-01772                                  | P-21-03359   | P-15-01449              | P-19-02752   | P-20-03115   |
|--|---|----------------------|---|---|---|--|-------------------------|--|--|
| <a href="#">Agile muscle osmotique</a> | <a href="#">Nanofils</a>                                  | <a href="#">MEMS</a> | <a href="#">PSI</a>                                   | <a href="#">Biodispositif implantable</a> | <a href="#">Soleil</a>                      | <a href="#">Zerouate</a>   | <a href="#">OLYMPIA</a> | <a href="#">3D brain</a>   | <a href="#">MEMS ORGA</a>  |
| Mansard                                | Bergaud   | Leichle              | Leichle   | Bergaud                                   | Leichle                                     | Legrand  | Legrand                 | Maziz  | Nicu   |
| Caractérisation de gels poreux         | Dispositifs thermiques à nanofils pour chimie et biologie | Réalisation de NEMS  | Réalisation de résonateurs NEMS pour la biodétection. | Réalisation d'électrodes implantables     | Intégration de nanofluidique sur multicouch | Electronique douce et parahaptique à base de dispositifs électromécaniques en milieu liquide | Sondes MEMS pour AFM    | Développement d'électrodes implantables multidimensionnelles pour la détection électrochimique de biomarqueurs des troubles du cerveau | Evaporation de matériaux organiques cristallins en vue de réalisation d'actionneurs MEMS |
| Reig                                   | Carcenac  | Mazenq               | Bourrier  | Laborde                                   | Bourrier                                    | Mazenq   | Mazenq                  | Laborde  | Salvagnac  |

## ELEMENTS D'ANALYSE

### Projets 2021

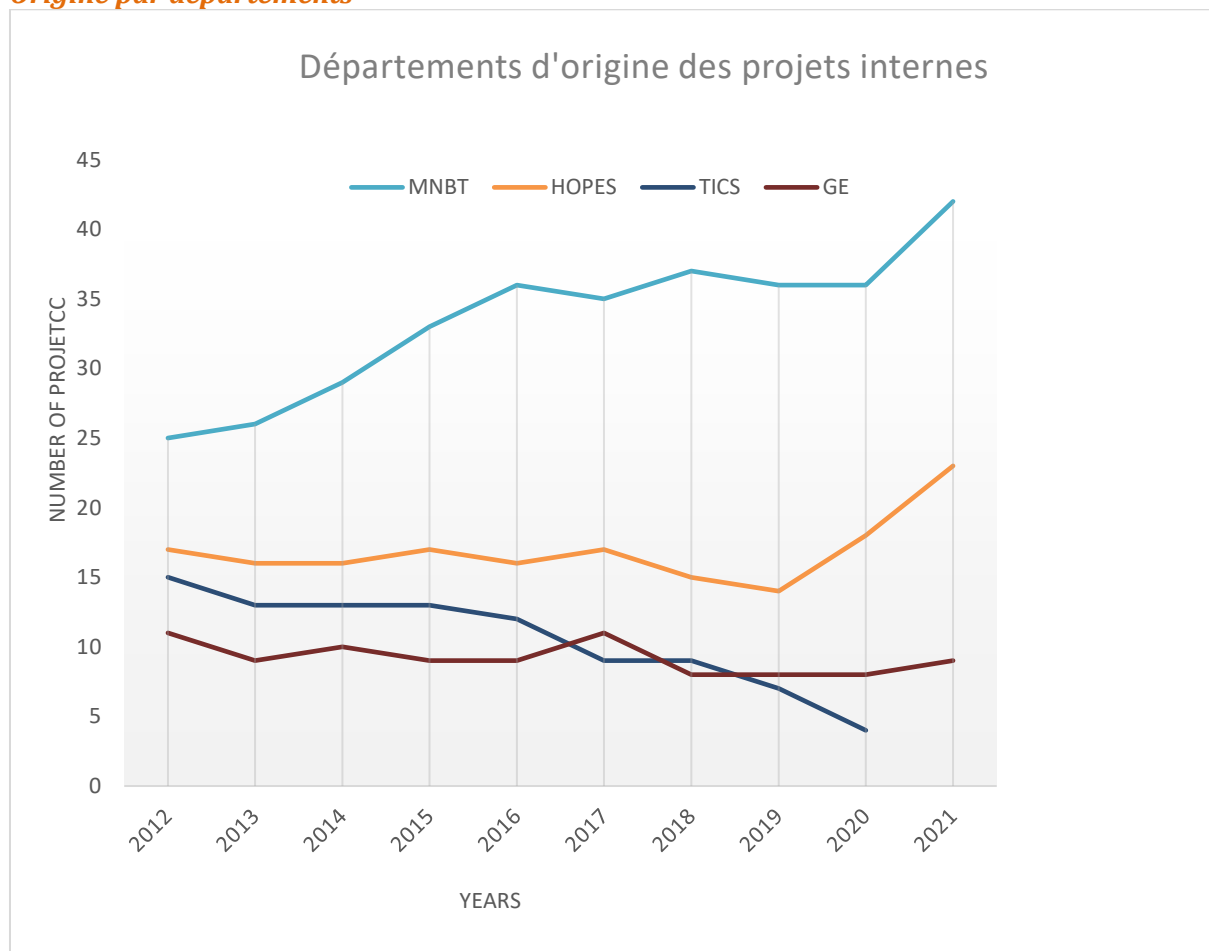
Un décompte brut sans analyse indique une augmentation du nombre total de projets demandant un support, pour arriver à 74 demandes soit 8 de plus qu'au début 2020.

Un peu plus finement on peut noter

- L'ouverture de 17 nouveaux projets.
- La fin de 9 projets

### Evolution pluriannuelle

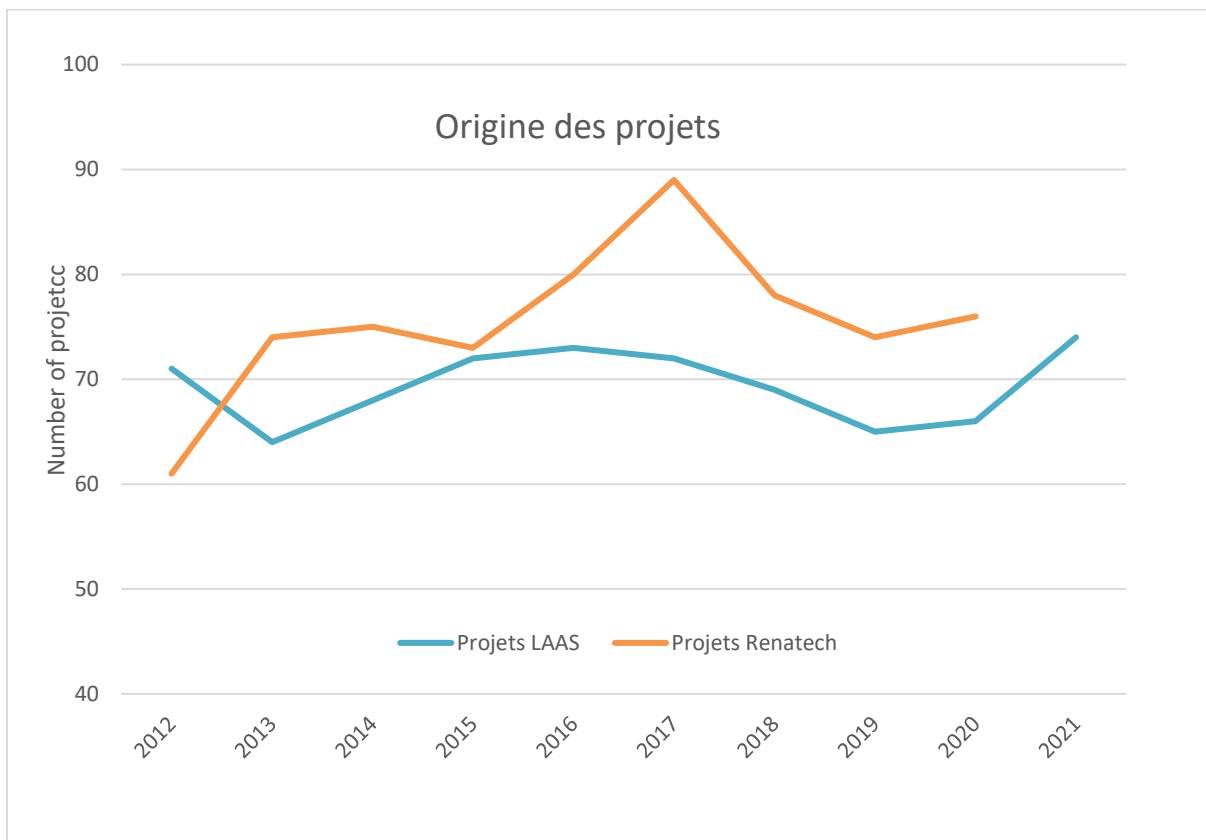
#### Origine par départements



- La croissance du département MNBT est en partie liée à l'absorption du département TICS
- Le département HOPES voit son nombre de projets poursuivre sa croissance, du fait principalement de l'équipe Photonique
- Le département GE voit son nombre de projets rester stable

#### Projets LAAS vs p

Même si les deux éléments ne sont pas corrélés il est intéressant d'analyser leur proportion en complétant cette analyse avec les autres éléments déjà présentés



En nombre de projets nous semblons revenir vers un équilibre.

Si l'on considère que les activités pour les projets externes ne représentent que 11% de l'activité totale on comprend aisément que l'envergure moyenne des projets externes est bien inférieure à celle des projets portés par les chercheurs du laboratoire.

# SYNTHESE

Par zone  
Générale

## SYNTHESE PAR ZONE

### Assemblage

#### Personnel

Départ de Guy en juin 2021. Arrivé d'une personne en montage en septembre 2021 qui sera opérationnelle en fin d'année.

#### Equipements

Prospective en cours d'un équipement de flip chip pour le report précis de puce ainsi que son hybridation suivant différentes techniques possible (eutectique, thermocompression, thermo sonique, collage UV et thermique).

#### Procédés

Nous allons travailler sur les traitements de surface par plasma indispensable à certains matériaux comme les métaux (passivation et accroche pour les soudures Cu/Cu ou Au/Au) ou les dérivés du silicium (SiON/Si).

### Caractérisation

#### Personnel

Il y a une grande diversité de techniques et énormément de demandes de soutien sur cette zone en libre accès, ce qui nécessite une personne à temps plein rien que pour s'assurer du bon fonctionnement au quotidien. Nous sommes débordés dès qu'un équipement est en panne, et cela a un impact important sur les développements qui n'ont pas pu être menés au fil des ans. Une personne en complément sur la zone (30 à 50%) permettrait ces développements avec des techniques plus avancées sur les équipements déjà présents. Cette personne pourrait également être à cheval sur plusieurs zones pour assurer un suivi plus régulier sur calibrations notamment.

#### Equipements

Les équipements sont fortement sollicités mais le fait d'avoir des contrats de maintenance (FIB Helios et AFM ICON) permet de limiter les temps d'arrêt (même si ça a été long pour l'AFM cette année). La jouvence des équipements les plus vieux va aussi devoir être envisagée à plus ou moins court terme ce qui est le cas aujourd'hui pour le profilomètre optique.

La caractérisation doit être vue comme une étape fondamentale pour connaître ce qui a été fait pendant le process et être pensée dès le début du process.

### Chimie

#### Personnel :

La présence de Tom Gouveia (malgré le confinement et son départ en septembre) a permis d'assurer en 2020 une plus grande présence sur la zone pour le quotidien et d'améliorer l'assistance aux utilisateurs et de mener à bien les maintenances prévues ainsi que de nouveaux développements. La reconduction du poste en 2021 permettra d'avancer après formation de la personne recrutée vers une palette fiabilisée et élargie de procédés et équipements si elle reste suffisamment longtemps au laboratoire.



### ***Equipements :***

Outre les équipements classés en prospective prioritaire, la perspective de pouvoir potentiellement utiliser l'équipement Hamatech pour des gravures humides et/ou lift-off permet d'envisager l'amélioration et la fiabilisation de ces procédés à moindre coût. La prospective de la restructuration des postes CHIM-9 et CHIM-10 (avec possibilité de travailler par exemple à basse température) sera également poursuivie.

### ***Développements :***

Dans le cadre d'activités nouvelles de synthèse, du petit matériel (dont verrerie) a été acquis en 2020. Il permet de répondre désormais à des besoins de chimie pour des applications innovantes auxquelles on ne pouvait apporter de réponse favorable jusqu'à présent. La finalisation du projet de poste avec ligne de Schlenk en chimie exploratoire étendra largement ces possibilités.

## **CVD**

### ***Organisation***

La zone CVD a été créée en janvier 2019, avec 4 personnes qui y travaillent. La formation de ce personnel sur les techniques de dépôts en CVD et ALD est nécessaire et longue, car les ingénieurs sont issus des traitements thermiques, de l'implantation ionique et de la gravure par plasma.

### ***Evolution des équipements***

Prospective d'installer des outils de suivi en temps réel pour contrôler les dépôts sur CCPECVD et ICPECVD.

### ***Procédés technologiques***

Des développements de procédés de dépôts RuOxHy seront conduits sur l'ALD-NOMOS, et des traitements in-situ par plasma pour améliorer le dépôt Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dans l'ALD-MOS.

Une étude sur ICPECVD sera faite pour diminuer la rugosité de surface sur LiNbO<sub>3</sub> lors des dépôts PECVD.

## **Dépôts sous vide**

### ***Activité de la zone***

Dans cette zone l'activité de service (dépôts ne nécessitant pas de travail de développement) est très forte avec un nombre de dépôts qui reste important. Néanmoins les matériaux organiques et les matériaux énergétiques demandent toujours un développement constant.

### ***Développement***

En 2021 les développements en soutien aux divers projets vont perdurer, cette activité est indispensable pour la zone PVD afin de pouvoir toujours soutenir l'évolution des différents projets. A noter également que la présence de Séverine Vivies est complétement indispensable pour les développements des activités sur les matériaux énergétiques

## Dépôts Electrochimiques

### *Procédés & Collaborations*

Les collaborations et les développements démontrent de nouveaux potentiels ou des preuves de concept de composants qui ne demandent qu'à être étendus à d'autres projets / process. N'hésitez pas à nous consulter pour déterminer la faisabilité de ces nouveaux procédés dans vos applications.

### *Personnel*

L'arrivée de Justine Bonneau, même si elle n'est qu'à 50% dans la zone, devrait permettre de garder un fonctionnement à peu près à l'équilibre et pouvoir consacrer du temps pour des développements. Son expérience dans le domaine des analyses chimiques lui a permis d'être autonome très rapidement.

## Epitaxie par jets moléculaires

### *Disponibilité 2020*

Le bâti MBE412 a été disponible de manière continue, hors période de confinement et d'arrêt de la salle blanche. Cela a permis la réalisation de croissances originales, ou plus classiques, et d'initier un travail préliminaire aux dépôts à basses températures (Al sur GaAs).

### *Achat de panneaux cryogéniques de remplacement du MBE412*

Les panneaux cryogéniques actuellement en place sur le MBE412 sont très saturés. Cela se traduit par une densité de défauts croissante, et par la pollution aléatoire de cellule lorsque des croûtes se détachent des panneaux et tombent dedans. Ce phénomène a été observé en 2019 pour la cellule de Bi par exemple.

Cet équipement sera mis en place dès la prochaine ouverture du bâti.

### *Outils de mesure in-situ*

Les outils de mesure in-situ de la croissance continuent d'être développés, ou évoluent. Par exemple, un outil de mesure de rugosité robuste a été mis au point. Le RHEED azimutal a aussi démontré sa pertinence, notamment lors de la croissance de matériaux dont la cristallinité doit être maîtrisée.

## Gravure plasma

### *Personnel*

Le fonctionnement est assuré par deux personnels à 80% ce qui correspond à 1,6 ETP (Equivalent Temps Plein). Il faut noter que la zone gravure comprend de plus en plus d'équipements (9 machines). Un travail de vérification, d'optimisation et de développement est nécessaire sur chaque équipement. 90% du temps est utilisé à faire un travail de service, de formation et de maintenance. Il est de plus en plus difficile de libérer du temps pour faire de l'optimisation / développement de procédés, ce qui sera très dommageable pour la zone gravure plasma sur le long terme.

## Jet d'encre et traitement de surface

### *Jet d'encre*

La Ceradrop est arrivée il y a maintenant 3 ans. De nombreux procédés ont été transférés de l'Altadrop et de nouveaux ont été développés. Les développements continuent grâce à l'installation du module de recuit proche infrarouge. Il manque désormais un équipement qui permette des dépôts de plus forte épaisseur (micro-nano litre) que le jet d'encre piézo-électrique (pico litre).

### **Traitement de surface**

L'essentiel de l'activité concerne le traitement hydrophobe/anti-adhérent de moules pour PDMS. Cependant les développements continuent dans ce domaine avec la mise au point d'autres traitements et l'arrivée du Nanonex Ultra 100 à remettre à niveau.

### **Ressources humaines**

Du fait de l'augmentation du parc d'équipements, avec la prise de conscience de l'intérêt de la maîtrise des états de surface plus V. Conédéra partant à la retraite en 2023, un recrutement serait nécessaire dans les années à venir pour continuer à développer la zone afin de répondre au mieux aux besoins des chercheurs.

## **Lithographie laser**

### **Photo-polymérisation 3D par laser**

Les équipements en salle blanche pour le développement de procédés par techniques de stéréolithographie verront leurs capacités augmentées après l'acquisition de l'option GT2 du PP Nanoscribe dans le cadre du projet MultiFAB et l'acquisition d'un nouveau système de traitement laser pour la fracturation du verre incluant en option la photo-polymérisation bi-photons dans le cadre de l'Equipex Nanofutur. Ces nouveaux équipements compléteront nos moyens de fabrication 3D multi-échelles et multi-matériaux.

### **Fabrication des masques et réticules**

Le passage à un nouveau type de laser en 2017 dans l'équipement DWL 200 a permis de réduire la fréquence des interventions obligatoires sur le laser (tous les 2 ans précédemment) et diminuer les coûts de maintenance et de réservations MyFab. En 2020 dans le contexte de la pandémie, cela nous a aussi permis d'assurer nous-même la maintenance avec l'assistance à distance des ingénieurs de la société Heidelberg et de maintenir l'équipement opérationnel malgré un arrêt brutal au moment du premier confinement.

## **Nanolithographies**

### **Nouveau masqueur électronique :**

Investir dans un nouveau masqueur électronique permettra :

- D'assurer une pérennité de la technique et des technologies qui en dépendent
- Un accès facilité aux équipes de recherche du LAAS et aux laboratoires partenaires

Comment ?

- En augmentant la vitesse d'insolation,
- En augmentant le niveau d'automatisation de l'équipement,
- En diminuant le niveau d'expertise nécessaire à son exploitation optimale
- En facilitant le recrutement d'un remplaçant à l'ingénieur actuellement responsable qui sera à la retraite dans moins de 4 ans.

### **Développements en nano-impression**

L'introduction de bio-polymères dans les procédés de nano-impression a plusieurs objectifs :

- Utiliser des matériaux moins nocifs pour l'environnement et la santé
- Faire la démonstration que des procédés fiables peuvent être obtenus à partir de ce type de polymères
- Réaliser des structures, des composants plus compatibles avec les applications en biologie.

Sur ce dernier point, il y a un véritable enjeu à mettre au point des procédés de nano-impression « simples » utilisant des matériaux biocompatibles : l'essaimage de ce type de procédés dans les laboratoires de biologie. En effet, les études en biologie, peuvent demander de nombreux échantillons. Pouvoir fabriquer des structurations de surfaces à l'échelle nano et micro de façon simple et peu coûteuse pourrait permettre de transférer ces procédés aux laboratoires de biologie afin de les rendre autonomes et de gagner du temps pour les études qui les intéressent.

- Nous avons été sollicité.e.s pour participer à l'organisation d'une journée nationale sur la technique et les procédés de nano-impression en 2021. Ce sera l'occasion de partager la problématique de la mise en forme de bio-polymères.

## **Photolithographie**

### **Développements des procédés**

Cette année nous souhaitons continuer de tester de nouvelles résines afin de compléter notre librairie de procédés et répondre au mieux aux besoins exprimés, notamment pour fiabiliser les procédés et développer des résines mieux résolues et dédiées à la DRIE.

Enfin, la mise en place de nouveaux strippers pour répondre aux problèmes de lift off et de résidus organiques après délaquage des résines.

### **Moyens matériels**

Depuis 3 ans, une jouvence est réalisée sur le parc d'équipements : rétrofit de la MA150 en 2020, acquisition de la MA6 Gen4 en 2018.

Cet effort doit être poursuivi car d'autres équipements en libre-service sont très éprouvés et vieillissants : EVG120 (2005), MA6 Gen1 (1998). Le fabricant Suss Microtec n'assurera bientôt plus de support sur la MA6 Gen1. Nous avons la même problématique avec Canon (1998) qui ne garantit plus l'approvisionnement des pièces du stepper ce qui représente un risque majeur sur la pérennité de certaines de filières technologiques.

### **Moyens humains**

Julien Joneau a terminé son cursus ingénieur en apprentissage. Depuis 16 ans et l'installation dans la salle blanche actuelle, 3 personnes évoluaient sur la zone photolithographie pour assurer le support aux utilisateurs, aux projets, aux développements procédés et à la bonne gestion des équipements et des consommables. Le non remplacement de son poste risque de poser certains problèmes sur l'activité des projets, le support aux utilisateurs et d'augmenter le budget lié à la maintenance.

## **Traitements thermiques et implantation ionique**

### **Activité**

L'activité est en baisse due à la période de confinement des mois de mars/avril mais aussi à une baisse des demandes en dehors de cette période notamment sur les recuits longue durée.

### **Equipements**

En 2021, nous prévoyons la remise à niveau de la commande des fours de recuits Freescale avec l'aide du service I2C que nous n'avons pas pu faire en 2020. Cela permettrait de réaliser des recuits métaux sous rampes automatiques ainsi que des oxydations thermiques sèches pour des composants NoMOS.

Nous allons également caractériser les oxydes thermiques réalisés dans nos fours dans le cadre du recensement des matériaux de la centrale de technologie du LAAS.

## **Soutien**

### *Personnel*

T Doconto a fait valoir ses droits à la retraite à l'automne 2020. Il est donc compliqué de poursuivre l'intégralité des actions de la zone sous la forme actuelle.

Si e déploiement d'une GTC facilite le suivi à distance des installations il n'empêche que la présence humaine est absolument nécessaire pour surveiller l'ensemble des installations et réagir immédiatement en cas de panne ; sous peine de voir la salle blanche fermée à des intervalles de plus en plus nombreux et non prévisible. Là aussi la question d'un recrutement au niveau du laboratoire se pose avec acuité.

## SYNTHESE GENERALE

### Personnel

- Depuis 2012 le bilan sur les personnels permanents est de -5.
- Le poste d'IR matériaux classé premier du laboratoire n'a été soutenu par le CNRS que par une FSEP infructueuse
- Si l'on se projette à six ou sept ans au rythme actuel nous arriverons à -7 ou -8 postes permanents.
- Disparition de personnel attiré au soutien compensé par l'implication des autres personnels TEAM
- Sous-effectif en zones chimie, électrochimie, assemblage, caractérisation et support.
- Cette situation appauvrit le soutien apporté aux projets de recherche et à terme met en péril les développements de procédés amonts et l'acquisition de nouvelles compétences.
- Réflexion lancée par TEAM sur son organisation interne, la nature de ses actions et les méthodologies pour les mener à bien.
- Une seule promotion au choix.

### Equipements

- Installation de deux équipements.
- Installation d'un équipement prévu en 2021.
- Mise à jour de la prospective équipement du service pour les années à venir ;

### Procédés

- Encore en capacité de mener des développements de procédés mais on voit que dans les zones sous dotées ils sont bien souvent retardés ou simplement abandonnés.
- On ne peut toujours que déplorer de ne pas disposer de retours systématiques des utilisateurs quant aux procédés réalisés.

### Bilan des activités

- Volume d'activité en baisse de l'ordre de 20 % en lien avec la crise sanitaire COVID 19

### Partenariat Renatech

- Activité en légère hausse.
- Ces activités restent circonscrites à 11% de l'activité globale de la salle blanche pour environ 21% des sommes encaissées en facturation.

### Formations

- Plus de 500 heures de formations pratiques annuelles
- Abandon du Moodle de l'UPS pour déploiement d'un site interne au LAAS

### Sécurité

- Peu d'actions significatives en 2020.

### Budget

- Stabilité dans l'exécution de l'exercice budgétaire
- Certification de nouveaux tarifs

### Demandes internes de soutien

- Croissance des demandes (+8) en 2020 pour arriver à 74.

# ANNEXES

Prospective équipements à moyen et long terme de la centrale de micro et nanotechnologies du LAAS-CNRS (janvier 2021)

Liste des équipements au 31 décembre 2020

Projets Renatech 2020

## PROSPECTIVE EQUIPEMENTS A MOYEN ET LONG TERME DE LA CENTRALE DE MICRO ET NANOTECHNOLOGIES DU LAAS-CNRS (JANVIER 2020)

### **Assemblage**

#### ***Soudure filaire automatique (150K€)***

La chaîne d'assemblage d'un composant va de son report à sa protection vis-à-vis de son futur environnement en passant par la reprise de contact électrique. Nous maîtrisons toute cette chaîne et avons bientôt tous les équipements pour l'automatiser et produire de petites séries. Seule une machine de câblage filaire automatique entre la puce et son boîtier est manquante pour répondre à ce besoin et fiabiliser l'assemblage.

#### ***CMP (chemical mechanical polishing) (300K€)***

Machine au LAAS non soutenue par l'équipementier. Les besoins pour le polissage de différents matériaux sont nombreux notamment avec l'arrivée des nouvelles technologies hybrides. En effet, la structuration de plusieurs matériaux au sein d'un même substrat (ex : vias filling, capotage films secs, ...) entraîne des problématiques de stress et de planéité qu'il faut réduire avec le polissage.

### **Caractérisation**

#### ***EDX X-Trem Max (110K€)***

Achat d'un EDX X-TREM pouvant faire des analyses à basse tension (à partir d'1keV) ce qui permettrait les mesures sur verre et sur des nano-objets (à partir de 50nm<sup>3</sup> contre 1µm<sup>3</sup> aujourd'hui). De plus, l'analyse des matériaux légers (C, B et Be) serait possible.

#### ***Tomographe 3D (500K€)***

Cet équipement permettra d'observer les défauts dans le volume des structures hétérogènes et des matériaux massifs. C'est le seul équipement permettant de faire des caractérisations 3D de structures enterrées, scellées...

#### ***AFM fastscan (110K€)***

Amélioration de l'équipement AFM ICON pour mise à jour du soft, de l'électronique permettant d'augmenter la vitesse d'acquisition.

#### ***MEB HR (650K€)***

MEB haute résolution en remplacement du S-3700N qui est peu utilisé permettant de soulager le FIB et le S-4800 (les 2 appareils sont utilisés >1200h /an). Une option cryogénique ou environnementale pour observer les échantillons biologiques et les isolants pourrait être un plus au vu du nombre de ce type d'échantillons mais demandera un investissement plus conséquent (prix de la machine et formation des utilisateurs).



## Chimie

### Sorbonne rampe à vide/gaz (60K€)

Sorbonne capable d'intégrer des fonctions de chauffage, refroidissement, pompage primaire réglable (1000 à 2 mbar) et à équiper d'une rampe à vide/gaz neutre (ligne de Schlenk) pour la réalisation de vide primaire plus poussé (vide limite 0,1-0,01 Pa). La ligne de Schlenk permettra la manipulation de substances à l'abri de l'oxygène et de l'humidité et la possibilité d'accéder à de nouveaux traitements de surfaces ou de manipuler ou synthétiser de nouvelles substances ou matériaux (type résines HSQ par exemple) ainsi que la protection renforcée de l'opérateur vis-à-vis de substances présentant un risque particulier. Enrichie des autres fonctions, le poste permettra de répondre de manière simple et fiable à des besoins de chauffage à reflux, purifications physico-chimiques, extraction qui sont impossibles ou difficiles à réaliser actuellement et à d'autres besoins tels que la lyophilisation de petits échantillons par exemple. Le coût des équipements à intégrer serait de ~35 k€

### Evaporateur rotatif (15K€)

Cet équipement complet (évaporateur rotatif, pompe primaire, bain chauffant, bain de refroidissement à circulation) permet de séparer de manière simple fiable et sécurisée un solvant organique de son soluté. S'il est très difficile et compliqué de s'en passer dans des opérations de synthèse, il permet aussi par exemple de recycler simplement des solvants ou d'accéder à une gamme de résines pour des épaisseurs variées à partir d'une seule référence de résine.

### Sorbonne acide

Cet équipement intégrant des bacs monoplaques et petits échantillons (rinçage, contrôle de température -20°C à 80 °C et agitation par ultrason) permettra d'effectuer des gravures humides dans des conditions contrôlées, y compris en refroidissant la solution.

### Spray solvants pour lift-off

Ce type d'équipement permettrait de traiter les lift-off par spray solvants. Cela apporterait une meilleure efficacité et répétabilité du procédé, un gain de temps, et d'espace et une amélioration de la sécurité des opérateurs.

Cette fonction est potentiellement accessible par rétrofit de la machine Hamatech actuellement utilisée en zone lithographie laser pour la révélation et la gravure des masques. La faisabilité sera étudiée après l'installation du nouvel équipement que va recevoir cette zone.

### Traitement par acide fluorhydrique en système clos

Ce type d'équipement permettra de traiter les plaquettes par acide fluorhydrique ou des solutions à base d'acide fluorhydrique (désoxydation, nettoyages avant oxydation, éventuellement gravure humide de la silice en fonction des options retenues) dans un système clos et totalement sécurisé pour l'opérateur (pas d'exposition possible de l'opérateur à l'acide fluorhydrique ou ses vapeurs). Il sera ainsi possible de l'utiliser pour les non permanents dans le respect de la législation du travail. L'équipement permettrait de plus un gain en termes d'espace, de consommation d'énergie (faible demande en flux d'air) d'eau déionisée et de produits chimiques. L'implémentation de chimies complémentaires apporterait une plus-value importante (avec surcôt à l'achat). La prévention des contaminations croisées suppose l'acquisition d'équipements dédiés pour les technologies qui y sont sensibles.

## CVD

### *Mise en place d'un système de contrôle in-situ sur le PECVD 100ApSy (40K€)*

Après le rétrofit en 2018 du CCPECVD par la société Application-Système, il est nécessaire d'avoir un outil qui contrôle en temps réel les dépôts de matériaux de type SiO<sub>2</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, SiON. Or la configuration de la chambre de dépôt n'offre pas de solution facile. Il sera nécessaire de ré-usiner des hublots, d'adapter la douchette des gaz, et de rajouter des pièces mécaniques usinées.

Une seconde chambre serait nécessaire pour étudier la faisabilité, et pour réduire le temps d'immobilisation de l'équipement. Le concept se fera avec la société Application-Système.

### *Equipement PECVD d'occasion (opportunité)*

Le PECVD AK 400 de Roth&Rau jusqu'à 8" (200mm) fabriqué en 2008 a été utilisé par la société Air Liquide pour faire des dépôts SiO:H et SiN:H pour les cellules PV. Le taux en H du SiN:H, [H] est de 10-15%, pour les couches SiO<sub>2</sub> (à indice de 1.46), [H] est 3.5%, sont plus faibles que pour les dépôts faits en CCPECVD (de l'ordre de 30%) au Laas. Cet équipement de dépôt CVD est muni d'un sas de chargement et peut fonctionner avec plusieurs modes : source plasma ECR (2.45GHz) seule, ou CCP RF (13.56MHz) seule ou ECR+RF combinées, qui permettent différents types de dépôts jusqu'à 430°C, le CCPECVD étant limité à 370°C.

Le minimum d'épaisseur de dépôt est de 3-5nm pour un run.

Le maximum d'épaisseur de dépôt en un seul run est de l'ordre de 4µm.

Indice de réfraction (en fonction des débits NH<sub>3</sub>/SiH<sub>4</sub>) du SiN:H: de 1,9@632.

Indice de réfraction (en fonction des débits N<sub>2</sub>/SiH<sub>4</sub>) du SiO:H: de 1.45@632.

Uniformité sur 100nm : +/-1.5nm sur wafer 100mm de diamètre.

Il pourrait aussi suppléer le CCPECVD en cas de panne de ce dernier.

## Dépôts sous vide

### *Equipement de dépôt de couche mince par évaporation avec canon à électrons (300k€)*

Cet équipement remplacerait le Varian qui est vieillissant et n'est plus adapté aux demandes.

Le Varian permet de traiter une grande quantité de substrats (45) en un seul dépôt ce qui engendre une importante consommation de matière (métaux) quel que soit le nombre de substrats. Aujourd'hui le nombre moyen de substrats par dépôt est de 4.

## Dépôts électrolytiques

### *Plasma traitement de surface à hauts rapport de forme (100K€)*

Nécessité d'un plasma de nettoyage dédié pour éviter les contaminations croisées. De plus l'équipement permettra la fonctionnalisation pour les moules de résine à très haut rapport de forme > 5:1

### ***Paillasse spécifique aux équipements Yamamoto-MS (40K€)***

Les équipements de dépôts Yamamoto-MS sont trop lourd (> 40 kg / machine) pour nos paillasse actuels malgré leur renforcement ce qui ne permet pas de garantir une bonne reproductibilité des dépôts (perte de parallélisme). Avec l'achat de cette paillasse nous pourrions également libérer la place nécessaire pour toutes les applications micro super capacité du fait du scale up de ces procédés (de 1 cm<sup>2</sup> vers 4 pouces) et l'acquisition de réacteur 4 pouces

### ***Équipement de via filling (150K€)***

Aucune des machines actuelles ne permet de remplir des vias traversant. Il devrait nous permette de répondre aux besoins de plus en plus importants d'intégration grâce la réalisation l'interconnexions à haut rapport de forme pour le packaging ou encore la réalisation de composants nécessitant des connexions sur les 2 faces d'un substrat, la reprise de contact dans les composants avec de forte épaisseur.... La conception de cet équipement devrait nous permettre également d'améliorer les dépôts électrolytiques dans les moules à très haut rapport de forme > 15 :1 ou dans des moules 3D.

### **Epitaxie par Jets moléculaires**

#### ***Boite à gants MBE412 (35K)***

La propreté de la surface des matériaux épitaxiés est fondamentale lors de leur étude, par STM par exemple, ou pour la réalisation de structures hybrides. Nous souhaitons développer ces axes, notamment pour étudier les surfaces de BiSb en collaboration avec le CEMES, ou déposer des métaux ferromagnétiques, en collaboration interne au LAAS. Il est nécessaire pour cela d'équiper le cluster MBE412 d'une boite à gants sous atmosphère contrôlée (azote) afin de transférer les échantillons dans un container adapté.

#### ***Ellipsomètre multi longueur d'onde (32K€)***

Les outils de diagnostic in-situ mis en place ont chacun leur gamme de sensibilité propre (quelques dizaines de nm pour la réflectivité, pourvu que l'indice optique soit différent de la couche précédente, la monocouche pour la déformation, pourvu que le désaccord de maille avec le substrat soit notable, etc...). L'ellipsométrie permettrait d'atteindre des informations complémentaires aux autres outils, telle que par exemple l'épaisseur d'un puits quantique GaAs/AlGaAs, qui est le point crucial dans la croissance d'un VCSEL. De plus, connaître avec précisions les indices optiques de nos matériaux aux températures de croissance est fondamental pour contrôler leur croissance, notamment par réflectivité spectroscopique.

#### ***AUGER sur MBE 412 (60K€)***

En épitaxie la connaissance de l'état de surface, et surtout sa contamination sont essentiels, et un outil de mesure in-situ de contaminants de surface serait extrêmement utile. Un port ultraviolette a été prévu à l'achat du MBE412, sous le module de park, afin d'accueillir cet Auger.

#### ***Cellule Arsenic (108K€)***

Le MBE412 est équipé de deux cellules d'As, dont la capacité de 500cc chacune, assure l'émission d'As d'une campagne de croissance. Elles sont chargées de lingots taillés aux dimensions de leur réservoir de titane, qui sont extrêmement onéreux (9k€ pièce). De plus, nous avons démontré que ce modèle de cellule (Riber VAC500) était une

source significative de défauts de surface. Enfin, l'As monopolise deux ports cellules du MBE 412 (qui en comporte 12). Une évolution serait d'équiper le MBE412 d'une cellule d'arsenic d'une capacité de 2000cc qui a fait ses preuves dans le milieu industriel (pas de défauts de surface sur les croissances imputées à cette cellule).

## **Gravure plasma**

### **Traitement de gaz fluorés (100K€)**

Actuellement, dans la zone gravure il y a un système à cartouche qui filtre les gaz chlorés. Ce système est connecté à 2 équipements chlorés : ICP2 et SI500 chloré. Sinon, nous avons 5 autres équipements de gravure plasma qui utilisent des gaz fluorés. Dont 2 équipements dédiés à la gravure profonde, ce qui signifie que les temps de gravure peuvent durer plusieurs heures et que les débits sont 10 à 20 fois supérieurs aux procédés standards.

Nous consommons en moyenne par an : 2 bouteilles SF6 (B20), 4 bouteilles C4F8 (B10), ½ bouteille CF4 (B20), ½ bouteille CHF3 (B10). Ce qui correspond à une utilisation d'environ 95kg de gaz fluoré par an.

Les gaz fluorés font partie de la catégorie de fluorocarbure (FC). Ce sont de puissants gaz à effet de serre qui dégradent la couche stratosphérique d'ozone. À titre d'exemple, le potentiel de réchauffement global (PRG) du SF6 est 23 900 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone CO2 qui sert de référence (PRG du CO2=1).

Le moyen le plus efficace de traiter ces gaz est l'utilisation d'un bruleur/laveur connecté sur ces 5 équipements. Ce type de système coûte ~100k€. A cela il faudra ajouter le coût de l'installation (tuyauterie + chauffage des lignes + lignes de méthane + ligne O2 ...).

### **Plasma O2 (100K€)**

Le plasma O2 TEPLA est l'un des équipements le plus utilisé de la salle blanche. La dernière maintenance préventive a été effectuée en 2019, comprenant le changement du cylindre en quartz. Malgré cet entretien, l'équipement vieillissant (installé en 2002), les pannes sont de plus en plus fréquentes (taux de fuite assez élevé, problème de mesure de pression, problème de débits ...). Un autre équipement de plasma O2 NoMOS devient donc nécessaire.

### **Interféromètre laser (25k€ ou 40k€ les 2)**

Actuellement, il y a 3 équipements de gravure plasma qui n'ont pas de détection de fin d'attaque par interférométrie laser. De plus, nous utilisons un interféromètre laser sur 2 équipements afin d'avoir un suivi de gravure de couches minces. Ceci n'est pas viable sur du long terme. Afin d'éviter une casse prématurée de notre interféromètre laser il devient urgent d'acheter au moins un interféromètre laser.

### **RIE-ICP chloré NoMOS (400K€)**

Actuellement, nous avons l'ICP2 et l'ICP3 qui permettent la gravure de métaux et des matériaux III-V en chimie chlorée. Ces équipements TRIKON (qui ont ~ 30ans) seront de plus en plus difficiles à réparer (SAV de plus en plus rare + pièces de plus en plus difficiles à trouver).

L'achat d'une nouvelle machine chlorée (équivalente à la Sentech SI500) permettra d'anticiper l'arrêt définitif des anciennes machines TRIKON utilisés très fréquemment en interne et pour des projets Renatech.

### **DRIE Si**

Actuellement, nous avons 1 équipement dédié pour la gravure profonde du silicium : Alcatel AMS4200. Le SAV ne sera plus assuré par la société ACEMMI, et il sera de plus en plus difficile d'acheter des pièces pour réparer cet équipement. Lorsque cette machine tombe en panne un nombre non négligeable de projets sont arrêtés.

L'achat d'une nouvelle machine de haute performance nous permettrait d'avoir:

- Un meilleur contrôle sur les gravures à très haut rapport de forme.
- Une faible rugosité des flancs de gravure (scalopping < 50nm).
- Une détection de fin d'attaque par analyse optique du plasma en cours de procédé.

## Jet d'encre et traitements de surface

### *Plasma atmosphérique (200K€)*

Le traitement de surface par plasma atmosphérique permet le nettoyage et l'élimination des contaminations organiques, l'activation des surfaces, et la désoxydation. Ce procédé innovant permet l'application d'une passivation gazeuse qui retarde la ré-oxydation des surfaces métalliques.

Avec ce traitement, l'adhésion de couches métalliques, semi-conductrices et organiques est accrue.

### *Micro-nano-dépôt (100K€)*

Sur les dernières années nous avons pu remarquer plusieurs manques de technologie de dépôt sans contact : besoin en très haute pureté (OFET...), très faible volume ou forte épaisseur.

Les pipettes microdrop permettent la haute pureté en utilisant des buses pipettes où l'encre n'entre en contact qu'avec du verre. Cette technologie a également pour avantage de ne nécessiter que quelques microlitres d'encre ce qui nous a limité pour certaines encres biologiques chères (ADN, anticorps...) et pour certaines nanoparticules synthétisées en laboratoire de recherche.

En jet d'encre, le volume en pico litre des gouttes et la faible viscosité maximale (20mPa.s) sont limitants pour les dépôts de forte épaisseur. Microdrop possède une technologie de dépôt de goutte du nano au micro litre avec une viscosité jusqu'à 8 000 mPa.s.

Un seul équipement tel que celui de microdrop combinant plusieurs méthodes de dépôt, permettra de répondre à ces besoins rencontrés précédemment. Enfin, cet équipement de faible encombrement, de type recherche sera plus accessible aux étudiants et permettra également d'imprimer sur de grosses pièces (ceradrop limitée à 1cm d'épaisseur) telles que les pièces imprimées en 3D, de plus en plus présentes en centrale de technologie.

## Lithographie laser

### *Système d'écriture laser avec chargeur automatique pour l'écriture de masques et réticules et lithographie directe sur substrats avec alignement (850K€)*

La plateforme RENACTECH du LAAS répond à plus de 180 demandes de fabrication de masques chaque année réparti en 60% en interne et 40% en externe. Pour les demandes en externe nous fournissons essentiellement divers formats de masques (2,5 à 7 pouces carré) à une vingtaine de centrales en France. Nous fabriquons environ 400 masques ou réticules par an. L'équipement actuel DWL 200 fabriqué en 2004 et installé en 2005 aura permis la fabrication de plus de 7500 masques en 2024 (l'équivalent d'un budget de plus 3 millions d'euros d'achat de masques finalisés). En 2024 les principaux organes du système auront 20 ans, les pannes électroniques plus fréquentes et les moteurs XY auront entraînés le chuck durant plus de 30 000 heures, soit une distance cumulée de 750 kms. Son remplacement par un équipement de conception récente DWL 2000 permettra de maintenir une grande réactivité pour la production de masques et réticules, une amélioration des performances de résolution (20 %), une vitesse d'écriture accrue (20 %) et l'ajout d'un système autofocus optique pour les écritures directes avec alignement sur petits échantillons. Cette équipement nous est indispensable pour répondre aux demandes de fabrication de masques et réticules chaque semaine.

## Nanolithographies

### *Masqueur électronique (2-3M€) :*

Plusieurs projets du LAAS (PHOTONIQUE, MPN) et en collaboration avec d'autres laboratoires (CEMES, LPCNO, LCC, LNCMI) nécessitent de grandes surfaces et/ou une meilleure résolution des nanostructures à réaliser. La solution la plus pertinente techniquement est d'investir dans un outil de nanolithographie plus performant que notre outil actuel :

Avantages :

- Meilleures performances :
  - ~10x plus rapide : fréquence de balayage 100Mhz au lieu de 10MHz
  - Courant max. : 130nA (au lieu de 10nA actuellement)
  - Automatismes : focus, astigmatisme, calibrations, chargement automatique jusqu'à 10 porte-échantillons
- Meilleure résolution : 5nm
- Insolation de plus grandes surfaces avec une durée réduite
- Une meilleure ouverture de la technique par une simplification de la formation des utilisateurs
- Installation en lieu et place du masqueur actuel Inconvénients :
  - Coût : 3M€
  - Installation dans une chambre régulée à 0.1°C
  - Rétrofit de la plate-forme d'amortissement actuelle.

## Photolithographie

### *Upgrade alignement face arrière (BSA) de l'équipement MA6 Gen 4 (63K€)*

Pour répondre à la demande d'utilisateurs, nous avons le projet d'intégrer l'alignement face arrière (BSA) sur l'équipement Suss Microtec MA6 Gen 4 installé en 2018. L'installation d'un BSA sur cet aligneur de masque permettra de réaliser ces opérations sur un équipement plus fiable et facile d'utilisation. De plus, il permettra une précision d'alignement à +/- 1µm contre actuellement +/-10µm sur les équipements actuels.

### *Equipement de mesure d'épaisseur des résines (30K€)*

L'objectif est de s'équiper de moyens de mesures d'épaisseur simple et rapide pour les dépôts de résines. Cet équipement permettra d'assurer la reproductibilité des procédés, par exemple le dépôt de BARC 200nm qui est très critique pour l'obtention de procédés résolus sur le stepper. Il permettra aussi de faciliter les mises au point des nouveaux procédés de dépôt de résines. Il permettrait également de pouvoir mesurer les épaisseurs de polymères et résines non photosensibles (où il est difficile voire impossible de créer une « marche » pour mesurer l'épaisseur).

### *Module de dispense/développement automatique (600K€)*

Les systèmes de dispense et de développement automatiques de résines permettent une meilleure résolution ainsi qu'une meilleure reproductibilité des opérations de lithographie. L'objectif de cet investissement est de remplacer l'équipement EVG 120 installé dans la plateforme de technologies du LAAS en 2005.

L'équipement, actuellement en libre-service, est très utilisé et a fait l'objet de nombreuses pannes depuis 3 ans et de nombreux arrêts préjudiciables pour certains projets de recherche.

En effet, l'équipement industriel est incontournable dans le fonctionnement de la salle blanche de LAAS et a permis le développement de filières technologiques : capteurs, nanofils silicium, microfluidique, gravures profondes.

## **Traitements thermiques et implantation ionique**

### ***Changement tube phosphore sur les fours Centrotherm (120 k€)***

Afin de pouvoir répondre à certaines demandes, nous envisageons de changer le tube phosphore. C'est à dire de passer d'un tube en quartz actuellement à un tube en SiC. Cela permettrait d'atteindre des températures de recuit de 1150 °C (contre 1070°C à ce jour) et ainsi réaliser de zones dopées de types N plus profondes pour la réalisation de composants de puissance sur des substrats de type P (classiquement ces composants sont réalisés sur des substrats de type P).

### ***Bâti implantation par immersion plasma (800 k€)***

A plus long terme, et si des demandes de projets émergent, nous pourrions nous équiper d'un bâti d'implantation par immersion plasma (PIII). Cela nous permettrait de réaliser des implantations que l'implanteur actuel ne permet pas de faire telles que des implantations à très faible énergie (100eV) et fortes doses (jusqu'à  $1 \times 10^{18}$  at.cm<sup>-2</sup>), conformes dans des tranchées ou des structures 3D. Les applications visées pourront concerner autant la filière MEMS (traitement de surface) que la filière MOS (jonctions ultra-minces).

## LISTE DES EQUIPEMENTS AU 31 DECEMBRE 2020(extraction depuis l'application Myfab)

| Nom (code de facturation)                  | Responsable    | Zone  | Date installation | Equipementier        | N° inventaire         |
|--|----------------|---|-------------------|----------------------|-----------------------|
| carotteuse ultra sonique (A-MONT)          | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 12/12/2007        | fishione             | (8478_W) Prio 0       |
| Découpe Graphtec (A-MONT)                  | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 10/1/2019         | Graphtec             | (A-MONT)              |
| Etuve Horo (A-MONT)                        | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 3/3/2014          | HORO                 | () Prio 99            |
| Etuve TETHYS (A-MONT)                      | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 3/3/2014          | TETHYS               | () Prio 99            |
| étuve ThermoX (F-FRAI)                     | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 1/1/2017          | Thermo scientific    |                       |
| Fer à souder Weller (F-FRAI)               | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 1/1/2015          | Weller               | () Prio 99            |
| Film monter UH-115 (A-MONT)                | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 3/3/2014          | Ultron Systems, Inc. | (8371_W) Prio 99      |
| Form 3 (L- 3D)                             | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 12/16/2019        | Formlabs             | TEAM                  |
| Grinder G&N (A-POLI)                       | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 3/3/2014          | Grinder              | (7972_W) Prio 1       |
| hotte montage (F-FRAI)                     | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 12/20/2006        | unknown              | (7849_CV) Prio 0      |
| Hotte polissage (F-FRAI)                   | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 12/13/2006        | unknown              | (7848_CV) Prio 0      |
| Jauge de mesure d'épaisseur (A-POLI)       | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 3/3/2014          | Logitech             | (10005_P) Prio 99     |
| Mesure planéité (A-POLI)                   | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 12/15/2010        | Logitech             | (10005_P) Prio 0      |
| Micro Injecteur (A-MONT)                   | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 12/16/1999        | Narishige            | (9480_W) Prio 0       |
| Micro-soudeuse Delvotec 5430 (A-MONT)      | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 3/3/2014          | Delvotec             | (7594) Prio 99        |
| Micro-soudeuse KnS 4526 (A-MONT)           | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 3/3/2014          | Kulicke and Soffa    | (9736_W) Prio 0       |
| Micro-soudeuse KnS 4700 (A-MONT)           | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 3/3/2014          | Kulicke and Soffa    | (9533_EV) Prio 1      |
| Micro-soudeuse KnS 484 (A-MONT)            | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 1/1/2000          | Kulicke and Soffa    | () Prio 99            |
| Micro-soudeuse KnS 484x (A-MONT)           | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 1/1/2000          | Kulicke and Soffa    | () Prio 99            |
| Micro-soudeuse TPT HB-16 5 (A-MONT)        | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 3/3/2014          | TPT                  | (8333_0) Prio 1       |
| Nettoyage wafers UH-117 (A-MONT)           | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 3/3/2014          | Ultron Systems, Inc. | (8372_W) Prio 99      |
| oscilloscope (F-FRAI)                      | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 12/12/2012        | Tektronix            | Prio 0                |
| polisseuse CDP41 (A-POLI)                  | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 12/13/2005        | Logitech             | (8006_W) Prio 0       |
| polisseuse ESCIL (A-POLI)                  | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 10/12/2011        | Escil                | (10040_W) Prio 0      |
| Polisseuse PM5 (A-POLI)                    | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 12/16/1998        | Logitech             | Prio 0                |
| Report Eutectique (A-MONT)                 | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 12/14/1988        | SET                  | Prio 0                |
| Report eutectique KnS 6482 (A-MONT)        | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 3/3/2014          | Kulicke and Soffa    | () Prio 99            |
| Report/Collage Tresky T3000 (A-MONT)       | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 3/3/2014          | Dr Tresky            | (8096_W) Prio 0       |
| Report/Collage Tresky T4907 (A-MONT)       | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 3/3/2014          | Dr Tresky            | (11144_PV) Prio 1     |
| Scie diamanté DAD-321 (A-MONT)             | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 3/3/2014          | DISCO                | (6783_MEC) Prio 0     |
| Scriber JFP-S100 (A-MONT)                  | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 3/3/2014          | CEFORI               | (10639_W) Prio 0      |
| Scriber Karl-SUSS RH-100 (A-MONT)          | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 3/3/2014          | Karl-SUSS            | () Prio 99            |
| Scriber SET (A-MONT)                       | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 3/3/2014          | SET                  | () Prio 99            |
| Wafer Substrate Bonding (A-POLI)           | Samuel Charlot | Assemblage (Bât G)                          | 12/15/2015        | Logitech             | Prio 0                |
| AFM DIMENSION (C- AFM)                     | Benjamin Reig  | Caractérisation / Characterization (bat G1) | 1/1/2000          | VEECO                | (6896_PO) Prio 1      |
| AFM ICON (C- AFM)                          | Benjamin Reig  | Caractérisation / Characterization (bat G1) | 1/1/2011          | BRUKER               | (10321_W) Prio 0      |
| Differential Scanning Calorimetry (C- DSC) | Benjamin Reig  | Caractérisation / Characterization (bat G1) | 10/4/2017         | NETZSCH              | (12155_PB.01)         |
| Digidrop (F-FRAI)                          | Benjamin Reig  | Caractérisation / Characterization (bat G1) | 1/1/2004          | GBX Instrument       | (7036_EL) Prio 0      |
| Ellipsomètre HJY (C-SPEC)                  | Benjamin Reig  | Caractérisation / Characterization (bat G1) | 1/1/2005          | Horiba Jobin Yvon    | (7957_PO) Prio 0      |
| FIB Dual Beam (C- FIB)                     | Benjamin Reig  | Caractérisation / Characterization (bat G1) | 6/1/2012          | FEI                  | (10427_PO) Prio 0     |
| FTIR (C-SPEC)                              | Benjamin Reig  | Caractérisation / Characterization (bat G1) | 7/1/2015          | BRUKER               | (115438_SE.01) Prio 1 |
| MEB S-3700N (C- MEB)                       | Benjamin Reig  | Caractérisation / Characterization (bat G1) | 1/1/2008          | HITACHI              | (9301_PO) Prio 0      |



|   |                      |   |           |                |                    |
|---|----------------------|---|-----------|----------------|--------------------|
| MEB S-4800 (C- MEB)   | Benjamin Reig        | Caractérisation / Characterization (bat G1) | 1/1/2005  | HITACHI        | (8046_W) Prio 0    |
| Microscope optique Leica (F-FRAI)                               | Benjamin Reig        | Caractérisation / Characterization (bat G1) | 1/1/2008  | LEICA          | (7657_W) Prio 0    |
| PECS (D-PRST)   | Benjamin Reig        | Caractérisation / Characterization (bat G1) | 1/1/2002  | GATAN          | (7016_P) Prio 1    |
| Profilomètre mécanique Tencor P16+ (F-FRAI)                     | Benjamin Reig        | Caractérisation / Characterization (bat G1) | 1/1/2009  | KLA Tencor     | (9645_W) Prio 0    |
| Profilomètre mécanique Tencor P17 (F-FRAI)                      | Benjamin Reig        | Caractérisation / Characterization (bat G1) | 6/19/2017 | KLA Tencor     |                    |
| Profilomètre optique LEXT (F-FRAI)                              | Benjamin Reig        | Caractérisation / Characterization (bat G1) | 1/1/2008  | Olympus        | (9131_PO) Prio 0   |
| Profilomètre optique Wyko (F-FRAI)                              | Benjamin Reig        | Caractérisation / Characterization (bat G1) | 12/1/2001 | VEECO          | (6841_PO) Prio 1   |
| Résistivimètre automatique (F-FRAI)                             | Benjamin Reig        | Caractérisation / Characterization (bat G1) | 1/1/2003  | Changmin Tech  | (11162_ELM) Prio 0 |
| Résistivimètre manuel (F-FRAI)                                  | Benjamin Reig        | Caractérisation / Characterization (bat G1) | 1/1/2000  | ---            | (11163_ELM) Prio 1 |
| Spectromètre UV-VIS (C-SPEC)                                    | Benjamin Reig        | Caractérisation / Characterization (bat G1) | 3/14/2017 | PerkinElmer    |                    |
| Testeur sous pointes (F-FRAI)                                   | Benjamin Reig        | Caractérisation / Characterization (bat G1) | 3/3/2014  | SET            | ( ) Prio 99        |
| wet bench for harmless chemistry (F-FRAI)                       | Jean-Baptiste Doucet | Chimie / Chemistry (Bât F)                  | 1/1/2005  | Coillard       | LAAS               |
| acid wet bench for multicleaning and etching (F-FRAI)           | Jean-Baptiste Doucet | Chimie / Chemistry (Bât F)                  | 1/1/2005  | PTS            | Prio 1             |
| Batch Buffer Oxide Etching 1-7 MOS (F-FRAI)                     | Jean-Baptiste Doucet | Chimie / Chemistry (Bât F)                  | 1/1/2005  | to be precised | ( 8471W) Prio 1    |
| clean wet bench organic solvents (F-FRAI)                       | Jean-Baptiste Doucet | Chimie / Chemistry (Bât F)                  | 3/6/2017  | DV Tech        |                    |
| fume hood exploratory chemistry (F-FRAI)                        | Jean-Baptiste Doucet | Chimie / Chemistry (Bât F)                  | 1/15/2008 | to be precised | (C8474 W) Prio 1   |
| Glove box for HF based chemistry (F-FRAI)                       | Jean-Baptiste Doucet | Chimie / Chemistry (Bât F)                  | 1/1/2005  | DVTECH         | (8472_W)           |
| left organic solvents fume hood with lowerable window (F-FRAI)  | Jean-Baptiste Doucet | Chimie / Chemistry (Bât F)                  | 1/1/2000  | Fluidair       | LAAS               |
| optical microscope NIKON (F-FRAI)                               | Jean-Baptiste Doucet | Chimie / Chemistry (Bât F)                  | 1/1/2005  | NIKON          | LAAS               |
| right organic solvents fume hood with lowerable window (F-FRAI) | Jean-Baptiste Doucet | Chimie / Chemistry (Bât F)                  | 1/1/2000  | Fluidair       | LAAS               |
| semitool Spin Rinse Dryer Main Chem (F-FRAI)                    | Jean-Baptiste Doucet | Chimie / Chemistry (Bât F)                  |           | Semitool       |                    |
| Sonication cabin (F-FRAI)                                       | Jean-Baptiste Doucet | Chimie / Chemistry (Bât F)                  | 10/1/2019 | plasturgiste   |                    |
| UV -ozone (F-FRAI)  | Jean-Baptiste Doucet | Chimie / Chemistry (Bât F)                  | 6/1/2013  | Jelight        | (7872_W) Prio 1    |
| wet batch photoresist stripping by AZ100 remover (F-FRAI)       | Jean-Baptiste Doucet | Chimie / Chemistry (Bât F)                  | 1/1/2005  | VACO           | (7861_C) Prio 0    |
| wet bench III-V (F-FRAI)  | Jean-Baptiste Doucet | Chimie / Chemistry (Bât F)                  | 1/1/2005  | Coillard       | (8473_W)           |
| wet bench metal etching (F-FRAI)                                | Jean-Baptiste Doucet | Chimie / Chemistry (Bât F)                  | 1/1/2005  | VACO           | (8472_W )          |
| wet bench organic solvents PDMS and outgasing (F-FRAI)          | Jean-Baptiste Doucet | Chimie / Chemistry (Bât F)                  |           | PTS            |                    |
| D8-Discover (M- DRX)  | Alexandre Arnoult    | EJM/MBE (Bât G2)                            | 3/26/2012 | Bruker AXS     | (10407_W) Prio 0   |
| MBE2300 (M- EJM)  | Alexandre Arnoult    | EJM/MBE (Bât G2)                            | 1/1/1985  | RIBER SA       |                    |
| MBE32P (M- EJM)   | Alexandre Arnoult    | EJM/MBE (Bât G2)                            | 1/1/1994  | RIBER SA       |                    |
| MBE412 (M- EJM)   | Alexandre Arnoult    | EJM/MBE (Bât G2)                            | 5/3/2011  | RIBER SA       | (10190_CE)Prio 0   |
| Paillasse Chime EJM - Solvants - III/V (F-FRAI)                 | quentin gravelier    | EJM/MBE (Bât G2)                            |           | LAAS           |                    |
| Paillasse Chime EJM- Acides - III/V (F-FRAI)                    | quentin gravelier    | EJM/MBE (Bât G2)                            |           | LAAS           | 9082_W             |
| AAS (E-CARA)  | David Bourrier       | Electrochimie / electroplating (Bât F)      | 6/15/2008 | Perkin Elmer   | (9096_W) Prio 0    |
| Auroless (E-MANU)   | David Bourrier       | Electrochimie / electroplating (Bât F)      | 6/15/2006 | Minaservices   | (9681_CE) Prio 0   |
| Cvs (E-CARA)  | David Bourrier       | Electrochimie / electroplating (Bât F)      | 6/15/2007 | Methrom        | (8686_W) Prio 0    |
| Gravure KOH (E-ANIS)  | David Bourrier       | Electrochimie / electroplating (Bât F)      | 6/1/2009  | Minaservices   | (9680_CE) Prio 1   |
| Gravure TMAH (E-ANIS)   | David Bourrier       | Electrochimie / electroplating (Bât F)      | 6/1/2009  | Minaservices   | (9680_CE) Prio 1   |
| Paillasse de Développement & Stripping (F-FRAI)                 | David Bourrier       | Electrochimie / electroplating (Bât F)      | 1/1/2005  | LAAS           | ( ) Prio 0         |
| Paillasse de Développement & Ultrason (F-FRAI)                  | David Bourrier       | Electrochimie / electroplating (Bât F)      | 6/1/2009  | Minaservices   | ( 9681_CE) Prio 0  |
| Paillasse dépôts Alternatifs (E-MANU)                           | David Bourrier       | Electrochimie / electroplating (Bât F)      | 6/15/2005 | LAAS           | ( ) Prio 0         |
| Polarographie (E-CARA)  | David Bourrier       | Electrochimie / electroplating (Bât F)      | 6/15/2007 | Methrom        | (8686_W) Prio 0    |
| Rena Cuivre 4 pouces (E-AUTO)                                   | David Bourrier       | Electrochimie / electroplating (Bât F)      | 6/15/2005 | RENA           | (7965_CV) Prio 0   |
| Rena Nickel 4 pouces (E-AUTO)                                   | David Bourrier       | Electrochimie / electroplating (Bât F)      | 7/14/2010 | RENA           | (9925_CE) Prio 1   |
| Rena Or 4 pouces (E-AUTO)                                       | David Bourrier       | Electrochimie / electroplating (Bât F)      | 6/15/2005 | RENA           | (7965_CV) Prio 0   |
| Titration (E-CARA)  | David Bourrier       | Electrochimie / electroplating (Bât F)      | 7/14/2010 | Methrom        | (8686_W) Prio 0    |

|   |                        |   |            |                        |                       |
|---|------------------------|---|------------|------------------------|-----------------------|
| Yamamoto 4" (E-MANU)                    | David Bourrier         | Electrochimie / electroplating (Bât F)          | 9/1/2015   | Yamamoto               |                       |
| Yamamoto Cuivre 4/6" (E-MANU)           | David Bourrier         | Electrochimie / electroplating (Bât F)          | 9/1/2015   | LAAS                   | () Prio 0             |
| Yamamoto Nickel 4/6" (E-MANU)           | David Bourrier         | Electrochimie / electroplating (Bât F)          | 10/21/2019 | Yamamoto               | () Prio 0             |
| ALCATEL P1 (G-DRIE)                     | Auréli LECESTRE        | Gravure plasma/plasma etching (Bât F)           | 1/1/2009   | ALCATEL-ADIXEN         | (9459_C) Prio 0       |
| ALCATEL P4 (G-DRIE)                     | Auréli LECESTRE        | Gravure plasma/plasma etching (Bât F)           | 1/1/2009   | Alcatel - Adixen       | (9459_C) Prio 0       |
| DIENER plasma O2 (F-FRAI)               | Auréli LECESTRE        | Gravure plasma/plasma etching (Bât F)           | 1/1/2010   | DIENER                 | (9760_W) Prio 0       |
| Etchlab 200 (G- ICP)                    | Auréli LECESTRE        | Gravure plasma/plasma etching (Bât F)           | 9/3/2015   | SENTECH                | (11530_VB.01) prio 0  |
| ICP2 III-V et NoMos (G- ICP)            | Auréli LECESTRE        | Gravure plasma/plasma etching (Bât F)           | 11/19/2003 | Trikon (SPTS)          | (7334_W) Prio 0       |
| SI500 (G- ICP)                          | Auréli LECESTRE        | Gravure plasma/plasma etching (Bât F)           | 9/3/2015   | SENTECH                | (11529_VB.01) prio 0  |
| TEPLA plasma O2 (F-FRAI)                | Auréli LECESTRE        | Gravure plasma/plasma etching (Bât F)           | 1/1/2002   | TEPLA                  | (7045_CW) prio 0      |
| Hotte implantateur (F-FRAI)             | Eric Imbernon          | Implantation (Bât G2)                           | 1/1/2007   | Minaservice            | () Prio 1             |
| Implanteur ionique IMC 200 (I-IMPL)     | Eric Imbernon          | Implantation (Bât G2)                           | 5/8/2007   | Eaton                  | (11152_PV) Prio 0     |
| Aligneur Suss (A-INTE)                  | Samuel Charlot         | Integration/Assemblage (Bât G1/G)               | 12/20/2011 | SUSS                   | Prio 0                |
| encolleuse (A-MONT)                     | Samuel Charlot         | Integration/Assemblage (Bât G1/G)               | 1/1/2015   | Janome                 | Prio 0                |
| étuve MEMMERT (A-MONT)                  | Samuel Charlot         | Integration/Assemblage (Bât G1/G)               | 1/1/2000   | Memmert                | (8373_W) Prio 0       |
| Etuve vieillissement thermique (A-MONT) | Samuel Charlot         | Integration/Assemblage (Bât G1/G)               | 12/11/1996 | Secasi                 | Prio 0                |
| Four de refusion (A-INTE)               | Samuel Charlot         | Integration/Assemblage (Bât G1/G)               | 1/1/2008   | Madell                 | (9480_W) Prio 1       |
| hotte solvants (F-FRAI)                 | Samuel Charlot         | Integration/Assemblage (Bât G1/G)               | 1/1/2016   | Mina services          |                       |
| Hotte Wafer Bonder (F-FRAI)             | Samuel Charlot         | Integration/Assemblage (Bât G1/G)               | 2/6/2017   | Devetek                | Prior 0               |
| microscope Leica (F-FRAI)               | Samuel Charlot         | Integration/Assemblage (Bât G1/G)               | 1/1/2014   | Leica                  | (7028_PV) Prio 0      |
| Parylene C30S (D-PARY)                  | Guillaume Libaude      | Integration/Assemblage (Bât G1/G)               | 2/29/2016  | Comelec                | (118158_MA.01) Prio 0 |
| plaque chauffante 300°Cx (A-INTE)       | Samuel Charlot         | Integration/Assemblage (Bât G1/G)               | 2/13/2008  | Sawatec                | (7859_W)              |
| Pull shear testeur (A-MONT)             | Samuel Charlot         | Integration/Assemblage (Bât G1/G)               | 1/1/2016   | Xyztec                 | Prior 0               |
| Report flip chip (A-INTE)               | Samuel Charlot         | Integration/Assemblage (Bât G1/G)               | 12/18/2001 | SET                    | (7028_PV) Prio 0      |
| sérigraphie (A-INTE)                    | Samuel Charlot         | Integration/Assemblage (Bât G1/G)               | 12/19/2007 | DEK                    | (8957_W) Prio 0       |
| Shipley 3024 (A-INTE)                   | Samuel Charlot         | Integration/Assemblage (Bât G1/G)               | 1/1/2011   | Shipley                | (8957_W) Prio 1       |
| Shipley 360 (A-INTE)                    | Samuel Charlot         | Integration/Assemblage (Bât G1/G)               | 1/1/2004   | Shipley                | (7494_W) Prio 0       |
| Wafer bonder AML (A-INTE)               | Samuel Charlot         | Integration/Assemblage (Bât G1/G)               | 1/1/2005   | AML                    | (7840_W) Prio 1       |
| Wafer bonder SUSS (A-INTE)              | Samuel Charlot         | Integration/Assemblage (Bât G1/G)               | 12/14/2011 | SUSS                   | (10144_PV) Prio 0     |
| viscosimètre (F-FRAI)                   | Samuel Charlot         | Integration/Assemblage (Bât G1/G)               | 12/16/2009 | Fungilab               | (9652_W) Prio 0       |
| Altadrop (J- JET)                       | fabien mesnilgrete     | Jet d'encre / ink jet (Bât G1)                  | 9/1/2007   | Altatech               | (8505_W) Prio 0       |
| balance (F-FRAI)                        | fabien mesnilgrete     | Jet d'encre / ink jet (Bât G1)                  | 5/11/2010  | Mettler                | (9949_PB) Prio 1      |
| Ceradrop (J- JET)                       | fabien mesnilgrete     | Jet d'encre / ink jet (Bât G1)                  | 4/5/2018   | Ceradrop               | (12322_WA.21) Prio 0  |
| DILASE 3D HR (L- 3D)                    | Pierre-François Calmon | Jet d'encre / ink jet (Bât G1)                  | 3/15/2016  | KLOE                   | (10759_CV) Prio 0     |
| DILASE 3D MR (L- 3D)                    | Pierre-François Calmon | Jet d'encre / ink jet (Bât G1)                  | 7/12/2018  | KLOE                   | (12431_WA.12) Prio 0  |
| paillasse electroless (E-MANU)          | Véronique Conédéra     | Jet d'encre / ink jet (Bât G1)                  | 12/15/2015 | Coillard               | (9085_W)              |
| paillasse jet d'encre (F-FRAI)          | fabien mesnilgrete     | Jet d'encre / ink jet (Bât G1)                  | 12/15/2015 | Coillard               | (9084_W)              |
| spectroline 248nm (F-FRAI)              | Véronique Conédéra     | Jet d'encre / ink jet (Bât G1)                  | 9/16/2014  | spectroline            | (11633_OA.38) Prio 0  |
| UV Ozone (F-FRAI)                       | fabien mesnilgrete     | Jet d'encre / ink jet (Bât G1)                  | 6/13/2012  | Jelight                | (10023_W) Prio 1      |
| viscosimètre(F-FRAI)                    | fabien mesnilgrete     | Jet d'encre / ink jet (Bât G1)                  | 6/13/2007  | anton paar             | (8747_CM) Prio 1      |
| DILASE 650 (L- 2D)                      | Pierre-François Calmon | Lithographie laser : Laser Lithography (Bât G1) | 12/5/2012  | KLOE                   | (ESSILOR) Prio 0      |
| DILASE 750 (L- 2D)                      | Pierre-François Calmon | Lithographie laser : Laser Lithography (Bât G1) | 12/3/2013  | KLOE                   | (10759_CV) Prio 0     |
| DWL 200 (L- DWL)                        | Pierre-François Calmon | Lithographie laser : Laser Lithography (Bât G1) | 7/1/2005   | HEIDELBERG INSTRUMENTS | (7581_W) Prio 0       |
| HMP 90 (L- DWL)                         | Pierre-François Calmon | Lithographie laser : Laser Lithography (Bât G1) | 3/13/2007  | SUSS                   | (8773_CV) Prio 1      |
| Hotte Litho laser (F-FRAI)              | Pierre-François Calmon | Lithographie laser : Laser Lithography (Bât G1) | 5/17/2017  | DV Tech                | (11970_HA.23) Prio 1  |
| MOS wet bench (F-FRAI)                  | Jean-Baptiste Doucet   | Lithographie laser : Laser Lithography (Bât G1) |            | Minaservice            | LAAS                  |

|   |                          |   |            |                           |                      |
|---|--------------------------|---|------------|---------------------------|----------------------|
| PHOTONIC PROFESSIONAL (L- 3D)                       | Pierre-François Calmon   | Lithographie laser : Laser Lithography (Bât G1) | 7/2/2013   | NANOSCRIBE                | (0773_PO) Prio 0     |
| RCA/Piranha cleaning MOS (F-FRAI)                   | Jean-Baptiste Doucet     | Lithographie laser : Laser Lithography (Bât G1) | 1/1/2005   | VACO                      | (8475W) Prio 0       |
| Hotte nano (F-FRAI)                                 | Franck Carcenac          | Nanolithographies (bat G1)                      | 12/15/2017 | DVTEch                    | LAAS                 |
| Nano-imprint equipment (N- NEX)                     | Jean-Baptiste Doucet     | Nanolithographies (bat G1)                      | 6/15/2010  | Nanonex                   | (9931_PO) Prio 0     |
| RAITH150 (N-RAIT)                                   | Franck Carcenac          | Nanolithographies (bat G1)                      | 1/3/2005   | RAITH                     | (7563_W) Prio0       |
| Suss MJB3 Si (P-PHOT)                               | Laurent Mazenq           | Nanolithographies (bat G1)                      | 1/1/1985   | Suss Microtec             | (11160_PO)Prio1      |
| WAFERS / SUBSTRATS ( FOURN)                         | Adrian Laborde           | Photolithographies (Bât F)                      |            | TEAM                      |                      |
| étuve HMDS auto (F-FRAI)                            | Laurent Mazenq           | Photolithographies (Bât F)                      | 1/1/2005   | Yes                       | (8008_W)Prio0        |
| étuve HMDS manuel (F-FRAI)                          | Laurent Mazenq           | Photolithographies (Bât F)                      | 1/1/1999   | Yes                       | (8009_W)Prio1        |
| étuve polymères (F-FRAI)                            | Laurent Mazenq           | Photolithographies (Bât F)                      | 1/1/2002   | Memmert                   | (8008_W)Prio1        |
| EVG120 (P-PHOT)                                     | Laurent Mazenq           | Photolithographies (Bât F)                      | 6/16/2005  | EVG                       | (7582_W)Prio0        |
| EVG620 (P-PHOT)                                     | Adrian Laborde           | Photolithographies (Bât F)                      | 6/16/2005  | EVG                       | (7583_W)Prio1        |
| GenISys lab (LOGICI)                                | Laurent Mazenq           | Photolithographies (Bât F)                      | 9/26/2017  | GenISys                   |                      |
| HMDS Obducat (F-FRAI)                               | Laurent Mazenq           | Photolithographies (Bât F)                      | 12/22/2017 | Obducat Solar Semi        |                      |
| ICP3 NoMos (G- ICP)                                 | Auréli LECESTRE          | Photolithographies (Bât F)                      | 11/19/2003 | Trikon (SPTS)             | (7336_W) Prio 0      |
| MA6 Gen4 (P-PHOT)                                   | Laurent Mazenq           | Photolithographies (Bât F)                      | 4/13/2018  | Suss Microtec             | 12329-WA-11          |
| microscope leica photo auto (F-FRAI)                | Laurent Mazenq           | Photolithographies (Bât F)                      | 1/1/2005   | Leica                     | (7982_W)Prio1        |
| microscope leica photo manuel (F-FRAI)              | Laurent Mazenq           | Photolithographies (Bât F)                      | 1/1/2005   | Leica                     | (7957_W)Prio1        |
| NanoMOS wet bench (F-FRAI)                          | Jean-Baptiste Doucet     | Photolithographies (Bât F)                      |            | PTS-DVTECH                |                      |
| Olympus MX50 (F-FRAI)                               | Auréli LECESTRE          | Photolithographies (Bât F)                      |            | Olympus                   |                      |
| Paillasse Chime EJM-1 (F-FRAI)                      | quentin gravelier        | Photolithographies (Bât F)                      | 7/2/2007   | LAAS                      |                      |
| paillasse photo 1 : poste de développement (F-FRAI) | Laurent Mazenq           | Photolithographies (Bât F)                      | 1/1/2005   | Minaservice               | (7843_CV)Prio1       |
| paillasse photo 1 : tournette 1 (F-FRAI)            | Laurent Mazenq           | Photolithographies (Bât F)                      | 1/1/2005   | Suss Microtec             | (7844_CV)Prio1       |
| paillasse photo 2 : tournette 2 (F-FRAI)            | Laurent Mazenq           | Photolithographies (Bât F)                      | 1/1/2005   | Suss Microtec             | (6769_CE)Prio1       |
| paillasse photo 2 :procédés spécifiques (F-FRAI)    | Laurent Mazenq           | Photolithographies (Bât F)                      | 1/1/2005   | Minaservice               | (7846_CV)Prio1       |
| paillasse photo 3 :procédés MOS (F-FRAI)            | Laurent Mazenq           | Photolithographies (Bât F)                      | 1/1/2005   | Minaservice               | (7845_CV)Prio1       |
| paillasse photo 3 :procédés MOS (F-FRAI)            | Laurent Mazenq           | Photolithographies (Bât F)                      | 1/1/2005   | Suss Microtec             | (7852_CV)Prio1       |
| plaque chauffante SU8 n°1 (F-FRAI)                  | Laurent Mazenq           | Photolithographies (Bât F)                      | 1/1/2005   | Suss Microtec             | (7859_W)Prio0        |
| plaque chauffante SU8 n°2x (F-FRAI)                 | Laurent Mazenq           | Photolithographies (Bât F)                      | 1/1/2002   | Suss Microtec             | (6974_PV)Prio1       |
| SI500-DRIE (G-DRIE)                                 | Auréli LECESTRE          | Photolithographies (Bât F)                      | 1/6/2020   | SENTECH                   | (12764_VB.01) prio 0 |
| Stepper Canon (P-PHOT)                              | Laurent Mazenq           | Photolithographies (Bât F)                      | 1/1/2009   | Canon                     | (9522_W)Prio0        |
| Suss MA150 (P-PHOT)                                 | Adrian Laborde           | Photolithographies (Bât F)                      | 1/1/1998   | Suss Microtec             | (7037_I)Prio0        |
| Suss MA6 (P-PHOT)                                   | Adrian Laborde           | Photolithographies (Bât F)                      | 1/1/1998   | Suss Microtec             | (9823_PV)Prio1       |
| Suss MJB3 GaAs (P-PHOT)                             | Laurent Mazenq           | Photolithographies (Bât F)                      | 1/1/1985   | Suss Microtec             | (11141_PO)Prio2      |
| Suss SprayCoater (P-PHOT)                           | Laurent Mazenq           | Photolithographies (Bât F)                      | 10/16/2010 | Suss Microtec             | (10163_W)Prio0       |
| Test tool   | Hugues Granier           | Photolithographies (Bât F)                      |            | Testbolaget               |                      |
| Test Tool 2   | Martin (Admin) Klarqvist | Photolithographies (Bât F)                      | 11/25/2015 | Intiro Development AB     | Peter Stora          |
| Test Tool 3   | Martin (Admin) Klarqvist | Photolithographies (Bât F)                      |            | Intiro Development AB     |                      |
| AC450CT Pulvérisation (D-PRST)                      | Ludovic Salvagnac        | PVD (Bât F)                                     | 9/22/2020  | Alliance Concept          | (12868_VB.01) Prio 0 |
| ApSy E100 (D-PRST)                                  | Ludovic Salvagnac        | PVD (Bât F)                                     | 1/1/2010   | Application Systemes      | (10089_PE) Prio 0    |
| EVA 600 Evaporation (D-PRST)                        | Ludovic Salvagnac        | PVD (Bât F)                                     | 1/1/2010   | Alliance Concept          | (10008_P) Prio 0     |
| Plassys nano (D-PRST)                               | Ludovic Salvagnac        | PVD (Bât F)                                     | 3/1/2017   | Plassys                   | (11992_VB.01) Prio 0 |
| Plassys Organiques (D-OLED)                         | Ludovic Salvagnac        | PVD (Bât F)                                     | 9/17/2013  | Plassys                   | (10760_CV) Prio 1    |
| Riber degas (D-PRST)                                | Ludovic Salvagnac        | PVD (Bât F)                                     | 2/11/2015  | Riber                     | (11309PP) Prio 0     |
| SFD (J-TRAI)  | fabien mesnilgrente      | PVD (Bât F)                                     | 12/18/2014 | 31 degrees                | (10884_W) J0         |
| TFE 644 Pulvérisation (D-PRST)                      | Ludovic Salvagnac        | PVD (Bât F)                                     | 11/13/2017 | Thin Film Equipment (TFE) | (12170_VA.11) Prio 0 |

|  |                        |   |            |                    |                   |
|--|------------------------|---|------------|--------------------|-------------------|
| Tousimis (J-TRAI)                                  | fabien mesnilgrete     | PVD (Bât F)   | 1/1/2004   | Tousimis           | (7592_w) Prio 0   |
| Univex 450 Pulvérisation (D-PRST)                  | Ludovic Salvagnac      | PVD (Bât F)   | 1/1/2008   | Oerlikon           | (8536_W) Prio 1   |
| Varian Evaporation (D-PRST)                        | Ludovic Salvagnac      | PVD (Bât F)   | 1/1/1996   | MTB Solutions      | (0859_P) Prio 0   |
| Aspiration centralisée                             | Antoine Maiorano       | RDC technique (Bâts F et G2)                        | 2/7/2006   | axpirtech aldes    | LAAS              |
| Boucle de refroidissement                          | Antoine Maiorano       | RDC technique (Bâts F et G2)                        | 9/22/2004  | SPIE               |                   |
| Centrale Eau DI                                    | Antoine Maiorano       | RDC technique (Bâts F et G2)                        | 4/6/2005   | C2R                | LAAS              |
| réseau air sec                                     | Antoine Maiorano       | RDC technique (Bâts F et G2)                        |            | SOME Industrie     |                   |
| Réseau effluents gaz                               | Eric Imbernon          | RDC technique (Bâts F et G2)                        | 1/10/2006  | Centrotherm        |                   |
| Gérard Bauzil room                                 | Olivier STASSE         | Salle Gérard Bauzil                                 |            | N/A                |                   |
| HRP2-N14   | Olivier STASSE         | Salle Gérard Bauzil                                 | 11/15/2006 | Kawada             | LAAS ROBOT        |
| Motion Capture system in G. Bauzil                 | Olivier STASSE         | Salle Gérard Bauzil                                 |            | Qualisys           |                   |
| Pyrene   | Olivier STASSE         | Salle Gérard Bauzil                                 | 11/30/2016 | PAL-Robotics       |                   |
| Romeo  | Olivier STASSE         | Salle Gérard Bauzil                                 |            | Softbank robotics  |                   |
| ALD MOS (T- CVD)                                   | Pascal Dubreuil        | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et | 4/19/2012  | Cambridge Nanotech | (10515_PE) Prio 0 |
| ALD-NOMOS (T- CVD)                                 | Pascal Dubreuil        | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et | 10/31/2019 | Sentech            |                   |
| Four AET Bore (T-FOUR)                             | Eric Imbernon          | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et | 1/1/1986   | AET                | (11146_PT) Prio 1 |
| Four AET Phosphore (T-FOUR)                        | Eric Imbernon          | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et | 1/1/1986   | AET                | (11146_PT) Prio 1 |
| Four AET Propre (T-FOUR)                           | Eric Imbernon          | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et | 1/1/1986   | AET                | (11146_PT) Prio 1 |
| Four AET Reve (T- CVD)                             | scheid emmanuel        | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et | 1/1/1996   | AET                | (11149_PT) Prio 0 |
| Four Alox (T-FOUR)                                 | Guilhem Almuneau       | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et |            | AET                | (8701_CE) Prio 0  |
| Four DIFPHOS6 (T-FOUR)                             | Eric Imbernon          | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et | 1/1/2006   | Centrotherm        | (7980_W) Prio 0   |
| Four OXYBORE6 (T-FOUR)                             | Eric Imbernon          | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et | 1/1/2006   | Centrotherm        | (7980_W) Prio 0   |
| Four OXYNIT6 (T- CVD)                              | Eric Imbernon          | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et | 1/1/2006   | Centrotherm        | (7981_W) Prio 0   |
| Four OXYPHOS6 (T-FOUR)                             | Eric Imbernon          | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et | 1/1/2006   | Centrotherm        | (7980_W) Prio 0   |
| Four OXYPROP6 (T-FOUR)                             | Eric Imbernon          | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et | 1/1/2006   | Centrotherm        | (7980_W) Prio 0   |
| Four RECUIT6 (T-FOUR)                              | Eric Imbernon          | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et | 1/1/2006   | Centrotherm        | (7981_W) Prio 0   |
| Four SI3N46 (T- CVD)                               | Eric Imbernon          | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et | 1/1/2006   | Centrotherm        | (7981_W) Prio 0   |
| Four SIPOLY6 (T- CVD)                              | Eric Imbernon          | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et | 1/1/2006   | Centrotherm        | (7981_W) Prio 0   |
| Four Tempress Si-poly (T- CVD)                     | Eric Imbernon          | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et | 1/1/1988   | Tempress           | (11148_PT) Prio 1 |
| ICPECVD (T- CVD)                                   | Jean Christophe Marrot | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et | 1/1/2010   | Oxford             | (10107_PT) Prio 0 |
| PECVD 100 ApSy (T- CVD)                            | Pascal Dubreuil        | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et | 11/30/2018 | ApSy               | (10080_PV) Prio 1 |
| Recuit Au et Cu sur Si (T-FOUR)                    | Eric Imbernon          | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et | 1/1/1997   | ASM                | (11147_PT) Prio 1 |
| Recuit ferrite 6" (T-FOUR)                         | Jean Christophe Marrot | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et | 1/1/2011   | AET                | (10235_PT) Prio 0 |
| Recuit métaux divers sauf Au et Cu sur Si (T-FOUR) | Eric Imbernon          | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et | 1/1/1997   | ASM                | (11147_PT) Prio 1 |
| Recuit métaux lourds 6" (T-FOUR)                   | Jean Christophe Marrot | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et | 1/1/2011   | AET                | (10235_PT) Prio 0 |
| Recuit métaux sur substrats verre (T-FOUR)         | Eric Imbernon          | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et | 1/1/1997   | ASM                | (11147_PT) Prio 1 |
| Recuit Polyimide (T-FOUR)                          | Jean Christophe Marrot | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et | 1/1/2011   | AET                | (10235_PT) Prio 0 |
| Recuit verre 6" (T-FOUR)                           | Jean Christophe Marrot | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et | 1/1/2011   | AET                | (10235_PT) Prio 0 |
| RTP As-Master (T-FOUR)                             | Jean Christophe Marrot | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et | 1/1/2008   | Annealsys          | (9127_W) Prio 0   |
| RTP As-One (T-FOUR)                                | Jean Christophe Marrot | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et | 1/1/2008   | Annealsys          | (9126_W) Prio 0   |
| SPD (J-TRAI)                                       | fabien mesnilgrete     | Traitements thermiques/thermal treatment (Bâts F et | 8/7/2013   | MEMSSTAR           | (10745_CV) Prio 0 |

## PROJETS RENATECH 2020

| Nom du projet   | Nature        | Origine demande | National ou international | Nom du demandeur | Origine géographique | Contact        |
|---|---------------|-----------------|---------------------------|------------------|----------------------|----------------|
| Assemblage et interconnexion 3D de systèmes électroniques                     | Développement | industriel      | National                  | 3DIS-Tech        | Toulouse             | Ghannam A.     |
| Microrésonateurs+ondes acoustiques  | Développement | académique      | National                  | IMS              | Bordeaux             | Dejous C.      |
| Mesure de charge d'espace par microscopie à force electrostatique (EFM)       | Soutien       | académique      | National                  | LAPLACE          | Toulouse             | Villeneuve C.  |
| LabComDéveloppement   | Développement | industriel      | National                  | ESSILOR          | Toulouse             | H. Camon       |
| MasqueC2N   | Soutien       | académique      | National                  | C2N              | Orsay                | G Agnus        |
| Développements et caractérisations de micro-dispositifs de capture SmartCatch | Développement | industriel      | National                  | Smartcatch       | Toulouse             | F Loison       |
| Process SLB   | Développement | industriel      | National                  | Schlumberger     | Elancourt            | K. Danaie      |
| Implantation ionique pour cellules solaires                                   | Soutien       | académique      | National                  | IM2NP            | Marseille            | F Atteia       |
| Dilase 3D   | Développement | industriel      | National                  | Kloé             | Montpellier          | P Coudray      |
| Masques litho   | Soutien       | académique      | National                  | IES              | Montpellier          | B Charlot      |
| Micro-Pompe Knudsen   | Développement | académique      | National                  | ICA              | Toulouse             | L Baldas       |
| Micro et nano engrenages  | Développement | académique      | National                  | CEMES            | Toulouse             | C. Bourgerette |
| Masques photolitho  | Soutien       | académique      | National                  | GREMAN           | Tours                | D Valente      |
| Détecteur à Pixels à Grille piégeante   | Développement | industriel      | National                  | CEA              | Saclay               | N. Fourches    |

| Nom du projet  | Nature        | Origine demande | National ou international | Nom du demandeur | Origine géographique | Contact       |
|--|---------------|-----------------|---------------------------|------------------|----------------------|---------------|
| I Cell   | Développement | industriel      | National                  | TE-Connectivity  | Toulouse             | E. Durupt     |
| Assemblage   | Soutien       | industriel      | National                  | Confidentiel     | Paris                |               |
| Assemblage de composants   | Soutien       | académique      | National                  | IRAP             | Toulouse             | Roudil Gilles |
| Masques ZF   | Soutien       | académique      | National                  | AIME             | Toulouse             | F Gessinn     |
| Imagerie de Champ Electromagnétique par Thermographie                        | Développement | académique      | National                  | CEMES            | Toulouse             | JF Bobo       |
| TEST siur le four d'oxydation Alox   | Soutien       | académique      | National                  | 3-5 Lab          | Palaiseau            | B Simozrag    |
| Electrochimie  | Développement | industriel      | International             | Magic Leap       | Lausanne             | S Gamper      |
| TUNNEL   | Soutien       | académique      | National                  | INL              | Lyon                 | N. Moulin     |
| Outil de caractérisation des propriétés magnétiques à l'échelle nanométrique | Soutien       | industriel      | National                  | SPEC             | Gif sur yvette       | A Solignac    |
| Masques LAUM   | Soutien       | académique      | National                  | LAUM             | Le mans              | B Achour      |
| IR Cell  | Développement | industriel      | National                  | TE-Connectivity  | Toulouse             | E. Durupt     |
| DNA Curtains   | Soutien       | académique      | National                  | CBI              | Toulouse             | F Erdel       |
| Capture et destruction des cellules métastatiques                            | Développement | académique      | National                  | IES              | Montpellier          | S Méance      |
| Réalisation maquette silicium  | Soutien       | industriel      | National                  | Safran Reosc     | Paris                | L. Macé       |
| Splitter   | Soutien       | académique      | National                  | LGC              | Toulouse             | P Bacchin     |
| Prefabrication TNO   | Développement | industriel      | International             | TNO              | Pays Bas             | D Brousse     |

| Nom du projet                             | Nature        | Origine demande | National ou international | Nom du demandeur     | Origine géographique | Contact              |
|---|---------------|-----------------|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Masque photolithographie                  | Soutien       | académique      | National                  | Université Tours     | Tours                | C Berger             |
| Monazite                                  | Soutien       | académique      | National                  | LGT                  | St Etienne           | AM Seydoux-Guillaume |
| Masque verre chrome                       | Soutien       | académique      | National                  | INSERM               | Marseille            | L Aoun               |
| Microelectrode arrays Unige               | Soutien       | académique      | International             | Université de Genève | Genève               | ML Tercier-Waeber    |
| Modulateur de lumière                     | Développement | académique      | National                  | Inphyni              | Nice                 | A Jullien            |
| Fabrication d'OFET                        | Développement | académique      | International             | UGB                  | Saint Louis          | A K Diallo           |
| MIST CHARACTERISATION MESH                | Soutien       | industriel      | National                  | NEMERA               |                      | A Regard             |
| Masque de photolithographie               | Soutien       | académique      | National                  | Cinam                | Marseille            | R. Parret            |
| SiO2 Piment                               | Soutien       | académique      | National                  | C2N                  | Saclay               | E Hertz              |
| Structures EIS                            | Soutien       | académique      | National                  | ISA                  | Lyon                 | N Jaffrezic          |
| BioBouchons                               | Soutien       | académique      | National                  | IMFT                 | Toulouse             | O Liot               |
| BeBop                                     | Soutien       | académique      | National                  | IMFT                 | Toulouse             | O Liot               |
| Réalisation DRL Titane                    | Soutien       | académique      | National                  | AMU                  | Marseille            | A Casanova           |
| <u>Masques NEMS@L2C</u>                   | Soutien       | académique      | National                  | UM                   | Montpellier          | A Noury              |
| Découpe Packaging Doc ISAE                | Soutien       | académique      | National                  | ISAE                 | Toulouse             | P Touron             |
| Cellule photovoltaïque interdigitée       | Soutien       | académique      | National                  | INL                  | Lyon                 | E. Fourmond          |
| Film photosensible pour photolithographie | Soutien       | académique      | National                  | PHENIX               | Paris                | J Fresnais           |

| Nom du projet  | Nature        | Origine demande | National ou international | Nom du demandeur | Origine géographique | Contact           |
|--|---------------|-----------------|---------------------------|------------------|----------------------|-------------------|
| Caractérisations FTIR                                  | Soutien       | industriel      | National                  | 3SP Photonic     | Nosay                | P Issert          |
| Dépot d'Or électrolytique 3SP                          | Développement | industriel      | National                  | 3SP Photonic     | Nosay                | P Issert          |
| Shadow Masks MTJ                                       | Soutien       | académique      | National                  | INSA             | Toulouse             | T. Blon           |
| Photonic Lab on Chip for light extinction spectrometry | Soutien       | académique      | National                  | ENSIACET         | Toulouse             | I. Rodriguez Ruiz |
| Fabrication d'un profil d'aile                         | Développement | académique      | National                  | IMFT             | Toulouse             | G Ehses           |
| Observations échantillons MEB                          | Soutien       | industriel      | National                  | TRAD             | Toulouse             | G Augustin        |
| Mesures à l'ellipsomètre                               | Soutien       | industriel      | National                  | Nanolike         | Toulouse             | L Digianantonio   |
| LIFT double pulse                                      | Soutien       | académique      | National                  | LP3              | Marseille            | A Casanova        |
| Substrats interférentiels                              | Développement | académique      | National                  | CEMES            | Toulouse             | W Bacsa           |
| Si nanocubes   | Développement | académique      | National                  | Institut optique | Bordeaux             | P Lalanne         |
| Réalisation maquette silicium 308                      | Soutien       | industriel      | National                  | Safran Reosc     | Paris                | L. Macé           |
| Masque et moules SU8 et RIE                            | Développement | académique      | National                  | INSERM           | Marseille            | L Aoun            |
| Structures IES   | Soutien       | académique      | National                  | ISA              | Lyon                 | N Jaffrezic       |
| Nanofilters  | Soutien       | académique      | National                  | Cinam            | Marseille            | A. Charrier       |
| Surface à mouillabilité hétérogène                     | Soutien       | académique      | National                  | LAPLACE          | Toulouse             | Lethuillier       |
| Report et reconnexion de Puce daisy chain TSV          | Soutien       | industriel      | National                  | Intraspec        | Toulouse             | Courjault         |
| Photomask for Silicon Lithography                      | Soutien       | académique      | National                  | AMU              | Marseille            | D Nikolaievskyi   |
| Report de Composant + Bonding                          | Soutien       | académique      | National                  | IMS              | Talence              | A. Bordet         |
|  |               |                 |                           |                  |                      |                   |



| Nom du projet                              | Nature        | Origine demande | National ou international | Nom du demandeur | Origine géographique | Contact        |
|--|---------------|-----------------|---------------------------|------------------|----------------------|----------------|
| Dry film SU8                               | Soutien       | académique      | National                  | IPGG             | Paris                | N. DINH        |
| Masque détecteur IR                        | Soutien       | académique      | National                  | IES              | Montpellier          | P Christol     |
| Serigraphie sur silicium                   | Développement | industriel      | National                  | Apix analytics   | Grenoble             | K Khelloufi    |
| MicroPoling                                | Développement | académique      | National                  | ICMCB            | Bordeaux             | M.Dussauze     |
| Nanostim                                   | Soutien       | industriel      | National                  | Cinam            | Marseille            | A Nasserredine |
| CTC-uCATCH                                 | Soutien       | industriel      | National                  | Smartcatch       | Toulouse             | A.Cerf         |
| Micro-oscillateurs fluidiques              | Développement | académique      | National                  | ICA              | Toulouse             | L Baldas       |
| Etude d'une profil de gravure lag par DRIE | Développement | académique      | National                  | IES              | Montpellier          | A Giani        |
| Micropuces FIB en Champ Pulsé              | Développement | académique      | National                  | LNCMI            | Toulouse             | M Leroux       |
| DRL Titane pour LIFT                       | Soutien       | académique      | National                  | LP3              | Marseille            | A Casanova     |
| Detection of outgassing Radon              | Soutien       | académique      | National                  | IRAP             | Toulouse             | L Lavergne     |

## SUIVI BUDGETAIRE RENATECH 2020

| AE = Engagements juridiques          |                                |   | Exécuté                                |              |              |              | BP           | Demande      |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|--------------------------------------|--------------------------------|---|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| DEPENSES liées à la TGIR             |                                |   | 2017                                   | 2018         | 2019         | 2020         | 2021         | 2022         | 2023         | 2024         | 2025         | 2026         | 2027         | 2028         | 2029         | 2030         | 2031         |              |              |
| <i>Fonctionnement</i>                |                                |   | 1,524                                  | 1,522        | 1,263        | 0,980        | 1,379        | 1,317        | 1,330        | 1,344        | 1,357        | 1,371        | 1,384        | 1,398        | 1,412        | 1,426        | 1,440        |              |              |
| <i>Investissement</i>                |                                |   | 1,456                                  | 1,008        | 0,355        | 0,675        | 2,837        | 1,306        | 0,408        | 0,408        | 0,408        | 0,408        | 0,408        | 0,408        | 0,408        | 0,408        | 0,408        |              |              |
| Personnel                            | <i>Personnel non permanent</i> |   | 0,130                                  | 0,073        | 0,054        | 0,103        | 0,086        | 0,087        | 0,077        | 0,078        | 0,079        | 0,080        | 0,080        | 0,081        | 0,082        | 0,083        | 0,084        |              |              |
|                                      | <i>Personnel permanent</i>     |   | 2,303                                  | 2,405        | 2,300        | 2,417        | 2,382        | 2,388        | 2,420        | 2,345        | 2,272        | 2,304        | 2,247        | 2,247        | 2,247        | 2,253        | 2,253        |              |              |
| <b>TOTAL DEPENSES</b>                |                                |   | <b>5,413</b>                           | <b>5,008</b> | <b>3,972</b> | <b>4,176</b> | <b>6,684</b> | <b>5,098</b> | <b>4,235</b> | <b>4,174</b> | <b>4,116</b> | <b>4,162</b> | <b>4,120</b> | <b>4,134</b> | <b>4,149</b> | <b>4,170</b> | <b>4,185</b> |              |              |
| AE = Engagements juridiques          |                                |   | Exécuté                                |              |              |              | BP           | Demande      |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|                                      |                                |   | 2017                                   | 2018         | 2019         | 2020         | 2021         | 2022         | 2023         | 2024         | 2025         | 2026         | 2027         | 2028         | 2029         | 2030         | 2031         |              |              |
| BUDGET CNRS                          | Budget CNRS<br>Ligne TGIR      | Fonctionnement                          | <i>Fonctionnement récurrent</i>        | 0,620        | 0,755        | 0,714        | 0,677        | 0,720        | 0,720        | 0,720        | 0,720        | 0,720        | 0,720        | 0,720        | 0,720        | 0,720        | 0,720        | 0,720        |              |
|                                      |                                |   | <i>Petits équipements</i>              |              | 0,075        | 0,101        | 0,118        | 0,080        | 0,080        | 0,080        | 0,080        | 0,080        | 0,080        | 0,080        | 0,080        | 0,080        | 0,080        | 0,080        | 0,080        |
|                                      |                                |   | <b>Total Fonctionnement</b>            | <b>0,620</b> | <b>0,830</b> | <b>0,815</b> | <b>0,795</b> | <b>0,800</b> | <b>0,800</b> | <b>0,800</b> | <b>0,800</b> | <b>0,800</b> | <b>0,800</b> | <b>0,800</b> | <b>0,800</b> | <b>0,800</b> | <b>0,800</b> | <b>0,800</b> | <b>0,800</b> |
|                                      |                                | Investissement                          | <i>Projets en cours de réalisation</i> |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|                                      |                                |   | <i>Nouveaux projets</i>                |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|                                      |                                |   | <b>Total Investissement</b>            |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|                                      | <b>TOTAL DOTATION TGIR [A]</b> |   |  | <b>0,620</b> | <b>0,830</b> | <b>0,815</b> | <b>0,795</b> | <b>0,800</b> | <b>0,800</b> | <b>0,800</b> | <b>0,800</b> | <b>0,800</b> | <b>0,800</b> | <b>0,800</b> | <b>0,800</b> | <b>0,800</b> | <b>0,800</b> | <b>0,800</b> |              |
|                                      | Budget CNRS<br>Autres lignes   | <i>CPER (2015-2020)</i>                 |  |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|                                      |                                | <i>Dotation complémentaire Institut</i> |  |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|                                      |                                | <i>Investissements d'avenir*</i>        |  | 0,080        | 0,093        | 0,067        |              | 1,414        | 0,898        |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| <i>Opérations Immobilières</i>       |                                | 0,150                                   | 0,240                                  | 0,160        |              | 1,015        |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| <i>Prestations labos académiques</i> |                                |   |  |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |

|                   |  |   |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |
|-------------------|--|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|
|                   |  | CDD (C2N)   |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |
|                   |  | FEI autre que ligne TGIR (LAAS)                                       |              |              |              | 0,272        | 0,275        | 0,200        | 0,202        | 0,204        | 0,206        | 0,208        | 0,210        | 0,212        | 0,214        | 0,217        | 0,219        |  |
|                   |  | <b>TOTAL autres lignes [B]</b>  | <b>0,230</b> | <b>0,333</b> | <b>0,227</b> | <b>0,272</b> | <b>2,704</b> | <b>1,098</b> | <b>0,202</b> | <b>0,204</b> | <b>0,206</b> | <b>0,208</b> | <b>0,210</b> | <b>0,212</b> | <b>0,214</b> | <b>0,217</b> | <b>0,219</b> |  |
|                   | Budget CNRS<br>Personnel<br>permanent  | ETPT**  | 28,4         | 29,8         | 28,4         | 29,9         | 29,4         | 29,5         | 29,9         | 28,9         | 28,0         | 28,4         | 27,6         | 27,6         | 27,6         | 27,7         | 28,6         |  |
|                   |  | Coût personnel permanent [C]**  | 2,124        | 2,226        | 2,123        | 2,230        | 2,195        | 2,201        | 2,232        | 2,157        | 2,089        | 2,120        | 2,063        | 2,063        | 2,063        | 2,069        | 2,136        |  |
|                   |  | <b>TOTAL CNRS [I =A+B+C]</b>  | <b>2,974</b> | <b>3,389</b> | <b>3,165</b> | <b>3,297</b> | <b>5,698</b> | <b>4,099</b> | <b>3,234</b> | <b>3,161</b> | <b>3,095</b> | <b>3,128</b> | <b>3,073</b> | <b>3,076</b> | <b>3,078</b> | <b>3,086</b> | <b>3,155</b> |  |
|                   |  | * Si le CNRS coordonne le projet                                      |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |
|                   |  | ** Personnel de service de la TGIR (hors recherche propre)            |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |
|                   |  |   | Exécuté      |              |              |              | BP           |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |
|                   |  |   | 2017         | 2018         | 2019         | 2020         | 2021         | 2022         | 2023         | 2024         | 2025         | 2026         | 2027         | 2028         | 2029         | 2030         | 2031         |  |
| AUTRES RESSOURCES | Contribution<br>d'autres<br>organismes | ANR - RTB   | 0,343        | 0,442        | 0,328        | 0,328        | 0,328        | 0,328        | 0,328        | 0,328        | 0,328        | 0,328        | 0,328        | 0,328        | 0,328        | 0,328        | 0,328        |  |
|                   |  | Ministère-déménagement  |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |
|                   |  | CEA   |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |
|                   |  | CNFM PMIPS  |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |
|                   |  | C'Nano IdF  |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |
|                   |  | CPER ETAT   |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |
|                   |  | IPVF  |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |
|                   | Contribution des<br>universités        | UFC   |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |
|                   |  | Université Fédérale de Toulouse (fonctionnement)                      | 0,010        | 0,011        | 0,072        | 0,038        | 0,033        | 0,033        | 0,033        | 0,034        | 0,034        | 0,034        | 0,035        | 0,035        | 0,035        | 0,036        | 0,036        |  |
|                   |  | UGA   |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |
|                   |  | Université Paris Sud (MRM) / Paris-Saclay<br>personnel non permanents |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |
|                   |  | Université Paris Sud (MRM) / Paris-Saclay                             |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |
|                   |  | Lille 1 fonctionnement  |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |
|                   |  | [Préciser]  |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |
|                   | Collectivités<br>territoriales         | Régions (autres financements)   |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |
|                   |  | CPER - équipement   |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |
|                   |  | DIM Ile de France   |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |
| RTRA              |  |   |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |
| Labex             |  |   |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |  |

|   |  |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|---|--|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
|   | Région Midi-Pyrénées                     | 0,317      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|   | CG91                                     |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|   | CPER CIA - Equipement (IEMN)             |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|   | CPER - Fonctionnement / salaires (FEMTO) |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|   | SESAME IdF                               |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|   | [Préciser]                               |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
| <b>Contrats</b>                             | ANR                                      |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|   | Investissements d'avenir**               | 0,076      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|   | industriels                              |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|   | Contrats nationaux                       |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|   | Contrats divers                          |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|   | Facturation interne sur divers contrats  | 0,357      | 0,400 | 0,201 | 0,287 | 0,400 | 0,350 | 0,354 | 0,357 | 0,361 | 0,364 | 0,368 | 0,372 | 0,375 | 0,379 | 0,383 |  |
|   | [Préciser]                               |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
| <b>Prestations / Services facturés</b>      | Laboratoires académiques                 | 0,033      | 0,056 | 0,029 | 0,037 | 0,037 | 0,037 | 0,038 | 0,038 | 0,038 | 0,039 | 0,039 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,041 |  |
|   | industriels                              | 0,305      | 0,269 | 0,125 | 0,080 | 0,081 | 0,082 | 0,083 | 0,084 | 0,085 | 0,085 | 0,086 | 0,087 | 0,088 | 0,089 | 0,090 |  |
|   |  | [Préciser] |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|   |  | [Préciser] |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|   |  | [Préciser] |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
| <b>Financements européens</b>               | Contrats européens                       |            | 0,185 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|   | FEDER                                    | 0,848      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|   |  | [Préciser] |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|   |  | [Préciser] |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
| <b>Autres</b>                               | Entreprises privées Françaises           | 0,097      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|   | Entreprises privées Etrangères           |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|   |  | [Préciser] |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|   |  | [Préciser] |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
| <b>Coût personnel Permanent (Hors CNRS)</b> | Lille 1                                  |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|   | UGA                                      |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|   | ENSMM                                    |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|   | UFC                                      |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|   | Université Fédérale de Toulouse          | 0,179      | 0,179 | 0,177 | 0,187 | 0,187 | 0,187 | 0,187 | 0,187 | 0,184 | 0,184 | 0,184 | 0,184 | 0,184 | 0,184 | 0,184 |  |
|   | Paris Sud                                |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|   | Paris 7                                  |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |

|  |   |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |               |               |               |               |              |     |
|--|---|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|-----|
|  | Total ETPT autres organismes<br>(hors CNRS) | 2,39         | 2,39          | 2,37         | 2,51         | 2,5          | 2,5          | 2,5          | 2,5          | 2,5          | 2,5          | 2,5           | 2,5           | 2,5           | 2,5           | 2,5          | 2,5 |
| <b>TOTAL AUTRES RESSOURCES [II]</b>      |   | <b>2,565</b> | <b>1,542</b>  | <b>0,932</b> | <b>0,957</b> | <b>1,066</b> | <b>1,018</b> | <b>1,023</b> | <b>1,028</b> | <b>1,029</b> | <b>1,035</b> | <b>1,040</b>  | <b>1,045</b>  | <b>1,050</b>  | <b>1,056</b>  | <b>1,061</b> |     |
| ** Si le CNRS ne coordonne pas le projet |   |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |               |               |               |               |              |     |
| <b>TOTAL RESSOURCES [I+II]</b>           |   | <b>5,539</b> | <b>4,931</b>  | <b>4,097</b> | <b>4,254</b> | <b>6,765</b> | <b>5,117</b> | <b>4,257</b> | <b>4,189</b> | <b>4,124</b> | <b>4,163</b> | <b>4,113</b>  | <b>4,121</b>  | <b>4,128</b>  | <b>4,142</b>  | <b>4,216</b> |     |
|  |   | 0,126        | -0,077        | 0,125        |              |              | 0,018        |              |              |              |              |               |               |               |               |              |     |
| <b>SOLDE ANNUEL</b>                      |   | <b>0,126</b> | <b>-0,077</b> | <b>0,125</b> | <b>0,078</b> | <b>0,081</b> | <b>0,018</b> | <b>0,022</b> | <b>0,015</b> | <b>0,008</b> | <b>0,001</b> | <b>-0,006</b> | <b>-0,014</b> | <b>-0,021</b> | <b>-0,028</b> | <b>0,031</b> |     |
|  |   |              |               |              |              |              |              |              |              |              |              |               |               |               |               |              |     |
| <b>SOLDE Cumulé</b>                      |   |              | <b>-0,077</b> | <b>0,048</b> | <b>0,126</b> | <b>0,207</b> | <b>0,225</b> | <b>0,247</b> | <b>0,262</b> | <b>0,270</b> | <b>0,271</b> | <b>0,264</b>  | <b>0,251</b>  | <b>0,229</b>  | <b>0,201</b>  | <b>0,232</b> |     |

## PLATEFORME DE MICRO ET NANOTECHNOLOGIES DU LAAS-CNRS : TARIF APPLICABLE

Le Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation français a publié [un guide](#) sur la politique tarifaire des infrastructures de recherche (I.R.).

Au-delà d'une harmonisation des pratiques, l'enjeu est entre autres de:

- Répondre aux risques associés au non-respect des règlements européens ou de normes relevant du droit français ; en particulier sous-facturation, concurrence déloyale envers des acteurs privés, voire entre les I.R.
- Préciser les assiettes pouvant faire l'objet d'un remboursement à la suite de prestations réalisées par les I.R. face à la complexité des règles d'éligibilité aux financements européens ou nationaux.

Pour répondre à ces recommandations, la plateforme de micro et nanotechnologies du LAAS-CNRS, affiliée au réseau RENATECH a établi, fait certifier et [publier](#) des tarifs (cf. Verso) qui se différencient par l'imbrication de quatre critères

### La "nature du client " (quelle que soit sa nationalité)

- Académique
- Secteur privé / prestation de service d'un académique pour le secteur privé

### L'origine du financement :

- Français
- International

### L'éditeur du bon de commande :

- CNRS
- Autres

### L'origine des personnes réalisant les travaux<sup>1</sup>

- Le demandeur
- Plateforme du LAAS-CNRS

Afin d'assurer que toute la procédure financière est réglementaire et éligible aux justifications, il est nécessaire de définir ensemble **et préalablement aux travaux** leur cadre du financement.

Pour définir le tarif qui est applicable à votre projet nous vous prions de nous retourner ce document complété, signé, avec le cachet du laboratoire / entité du secteur privé.

### REFERENCES DU PROJET RENATECH :

P - Demandeur du projet :

Nom du projet :

### CRITERES DE DETERMINATION DU TARIF APPLICABLE :

#### Nature du client

- Académique
- Secteur privé/ prestation de service d'un académique pour le secteur privé

#### Editeur du bon de commande :

- CNRS
- Autre

#### Origine du financement :

- Français
- International

#### Une partie des travaux dans la plateforme seront-ils réalisés par le demandeur ?

- Oui
- Non

A : Le :

Nom Signature

Cachet secteur privé/laboratoire

<sup>1</sup> Nous attirons l'attention sur le fait que certains travaux ne peuvent être réalisés que par les personnels de la plateforme pour des raisons de sécurité ou de temps de formation trop longs au vu du projet par exemple. Toutefois du personnel du demandeur pourrait mener de nombreuses opérations par lui-même.

| "Nature du client"   | Académiques   |   |  |  | Trans National Access  | Secteur privé ou prestations de service d'un académique pour le secteur privé   |   |
|--|---|---|--|--|--|---|---|
| Origine du financement   | Français  |   | International  |  | <a href="#">Programme TNA de l'UE</a>  | Secteur privé ou académique avec contrat de prestation pour le secteur privé  |   |
| Editeur du bon de commande   | Financement en gestion CNRS   | Financement en gestion Autre que CNRS   | Financement en gestion CNRS  | Financement en gestion Autre que CNRS  | Programme TNA  | Entreprise ou entité gérant le contrat de prestation  |   |
| Origine du réalisateur   | Non pertinent   |   | Non pertinent  |  | Non pertinent  | Demandeur   | Plateforme  |
| Acronyme du tarif  | ANC   | ANA   | AIC  | AIA  | TNA  | PPD   | PPP   |
| <b>Exemples non exhaustifs des situations correspondant aux tarifs</b> | <ol style="list-style-type: none"> <li>Tout <b>A</b>cadémique quelle que soit sa nationalité</li> <li>Financé par un organisme de recherche <b>N</b>ational (français)</li> <li>Avec bon de commande <b>C</b>NRS</li> </ol> <p>Ex : chercheur d'un laboratoire étranger ou français financé par ANR et bon de commande CNRS</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>Tout <b>A</b>cadémique quelle que soit sa nationalité</li> <li>Financé par un organisme de recherche <b>N</b>ational (français)</li> <li>Avec bon de commande <b>A</b>utre que CNRS</li> </ol> <p>Ex : chercheur d'un laboratoire étranger ou français financé par ANR et bon de commande autre que CNRS</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>Tout <b>A</b>cadémique quelle que soit sa nationalité</li> <li>Financé par un organisme de recherche <b>I</b>nternational</li> <li>Avec bon de commande <b>C</b>NRS</li> </ol> <p>Ex : chercheur d'un laboratoire étranger ou français financé par agence non française et bon de commande CNRS</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>Tout <b>A</b>cadémique quelle que soit sa nationalité</li> <li>Financé par un organisme de recherche <b>I</b>nternational</li> <li>Avec bon de commande <b>A</b>utre que CNRS</li> </ol> <p>Ex : chercheur d'un laboratoire étranger ou français financé par agence non française et bon de commande autre que CNRS</p> | <p>Tout chercheur ou toute entité du secteur privé qui bénéficie du soutien du programme <b>TNA</b>.</p> <p>Ex : Chercheur européen dont le projet est financé par le programme TNA.</p> | <p>Toute <b>P</b>restation de service de la <b>P</b>lateforme réalisée par le <b>D</b>emandeur, qu'il soit du secteur privé ou un chercheur qui réalise une prestation pour le secteur privé.</p> <p>Ex : Secteur privé qui réalise lui-même ses travaux dans la plateforme</p> | <p>Toute <b>P</b>restation de service de la <b>P</b>lateforme réalisée par la <b>P</b>lateforme, que le demandeur soit du secteur privé ou un chercheur qui réalise une prestation pour le secteur privé.</p> <p>Ex : Réalisation par la plateforme d'une prestation de service contractualisée entre un chercheur, quelle que soit sa nationalité, et le secteur privé</p> |