



**HAL**  
open science

## **Bilan des activités 2019 de la plateforme de micro et nanotechnologies du LAAS-CNRS**

Hugues Granier, Franck Carcenac, Pierre-François Calmon, Véronique Conédéra, Monique Dilhan, Samuel Charlot, Alexandre Arnoult, David Colin, Adrian Laborde, Éric Imbernon, et al.

► **To cite this version:**

Hugues Granier, Franck Carcenac, Pierre-François Calmon, Véronique Conédéra, Monique Dilhan, et al.. Bilan des activités 2019 de la plateforme de micro et nanotechnologies du LAAS-CNRS. Rapport LAAS n° 21084. 2020. hal-03187781

**HAL Id: hal-03187781**

**<https://laas.hal.science/hal-03187781>**

Submitted on 1 Apr 2021

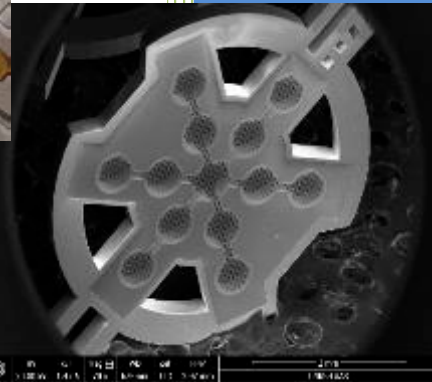
**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

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.



# 2019

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



Service TEAM

LAAS-CNRS

Mars 2020

<b>PREAMBULE</b>	<b>0</b>
<b>LE PERSONNEL</b>	<b>1</b>
<b>LES EQUIPEMENTS</b>	<b>10</b>
<b>LES PROCEDES</b>	<b>23</b>
<b>PARTENARIAT RENATECH</b>	<b>79</b>
<b>FORMATIONS</b>	<b>87</b>
<b>SECURITE</b>	<b>96</b>
<b>BUDGET</b>	<b>101</b>
<b>DEMANDES INTERNES</b>	<b>113</b>
<b>SYNTHESE</b>	<b>121</b>
<b>ANNEXES</b>	<b>130</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 2019 et se projette sur des actions à conduire en 2020 dans les différentes zones gérées par le service TEAM.

Les projet  et  cités dans ce document sont cofinancés 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

Organigramme fonctionnel

Evolutions en 2019

Éléments d'analyse pluriannuelle

Expression des besoins

Réflexions en cours au sein du service TEAM

## STRUCTURE DE FONCTIONNEMENT DU SERVICE TEAM

### **Le service TEAM**

Le service TEAM (Techniques et Équipements Appliqués aux Micro-nano-technologies) était au 1<sup>er</sup> février 2019 composé de 31 ITA. Ce service, directement sous l'autorité du Directeur du LAAS, assure le support technologique aux activités de recherche pour le prototypage de micro et nano composants. Ces recherches émanent à la fois du laboratoire, d'autres laboratoires nationaux ou internationaux, d'industriels de toutes origines. La communauté scientifique et technique concernée touche plus de 400 personnes impliquées sur 150 projets /an.

Pour assumer le soutien technique à ces recherches TEAM a la responsabilité d'une salle blanche de 1600 m<sup>2</sup> qui mutualise des équipements d'une valeur totale supérieure à 35M€. Cette plateforme est une composante du réseau RENATECH (Réseau National de Technologie) de 5 grandes centrales ; estampillé IR (Infrastructure de Recherche) du CNRS. Les équipements et les procédés développés vont de l'élaboration, la synthèse, la mise en forme des matériaux jusqu'aux étapes de caractérisation et d'intégration sur des supports compatibles avec les applications visées par les micros composants réalisés.

Si la responsabilité hiérarchique de tous les agents du service est uniquement assurée par le responsable de service, le service présente deux niveaux fonctionnels.

1. Un responsable de service assisté de quatre responsables adjoints en charge respectivement des actions et du développement des compétences des membres du service sur :
  - La formation
  - La sécurité et les conditions de travail
  - La prospective des équipements
  - Le partenariat, Renatech notamment.
2. Les responsables de zones qui gèrent un ensemble de moyens spécifiques à un domaine technique.

### **Les responsabilités assumées par les personnels**

Nous ne revenons pas ici sur celles assumées par le responsable de service et ses adjoints. Elles sont définies par la lettre de mission rédigée par le Directeur au moment de la prise de fonction du responsable de service.

La structure de fonctionnement du service TEAM demande aux personnels d'assurer au mieux, ou de se former à assumer au mieux, les responsabilités suivantes :

#### **Responsabilités dans les zones**

Les personnels impliqués dans les zones sont des spécialistes d'un équipement ou d'un ensemble d'équipements relatifs à une activité technologique homogène. Ils sont placés sous la responsabilité fonctionnelle d'un responsable nommé par le responsable de service.

#### **Responsabilités techniques**

- Parfaite connaissance des appareils de la zone ;
- En mesure d'y apporter des améliorations, d'en assurer la maintenance ;
- En capacité de rédiger les cahiers des charges lors des acquisitions et de faire une analyse technique lors des choix ;
- En capacité de développer les procédés nécessaires aux demandes des chercheurs ;
- Capitalisation et valorisation des savoirs ;
- Bibliographie au niveau des machines ou des procédés

#### **Responsabilités dans l'organisation**

- Organisation du travail en accord avec les modes de fonctionnement définis afin d'assurer le maximum de disponibilité des équipements ;

- Rendre compte de l'activité ;
- Présentation et exécution d'un budget de fonctionnement ;
- Prospective en investissement.

#### **Responsabilités dans la qualité de l'activité**

- Fiabilité des équipements et procédés ;
- Connaissance des limites des équipements et procédés ;
- Conseils aux demandes des différents intervenants.

#### **Responsabilités de formation**

- Formation personnelle à différentes techniques dans un objectif d'accroissement des compétences ;
- Formation pratique des utilisateurs sur les équipements selon les modalités d'accès à la zone ;
- Formations théoriques des utilisateurs sur les techniques disponibles dans la zone ;
- Respect de la sécurité.

#### **Relations avec les autres zones**

- Travailler en cohérence optimale avec les autres zones tant au niveau des procédés que dans le soutien aux projets de recherche.

#### ***Coordination de projet***

Le coordinateur de projet est le correspondant technique d'un projet scientifique à connotations technologiques.

C'est donc une mission "transverse" qui doit permettre :

- Aux membres du service :
  - D'acquérir une meilleure connaissance des activités au sein des différentes zones ;
  - De développer un élargissement de leurs compétences;
  - De minimiser le cloisonnement des zones ;
  - De faciliter les échanges et contribuer au dialogue entre les différents intervenants ;
  - D'être impliqué dans des filières technologiques.
- Aux porteurs de projets :
  - D'avoir un interlocuteur privilégié.

Le coordinateur de projet est désigné par le chef de service après concertation tripartite avec le chercheur responsable du projet.

L'ensemble des fonctions vers lesquelles doit tendre un coordinateur technique sont les suivantes :

- Participation (organisation) aux réunions de définition et de suivi technologique du projet afin d'en établir la trame technologique et la coordination inter zones.
- Conduite des études spécifiques qui constituent des verrous technologiques
- Potentiellement conduite de toutes les opérations technologiques selon la disponibilité d'autres réalisateurs dans le cadre du projet.
- Si un ou des étudiants sont impliqués le coordinateur de projet est l'interlocuteur privilégié :
  - Pour le suivi technologique ;
  - La coordination entre les zones ;
  - L'encadrement en salle blanche.
- Garantir la mémoire du savoir-faire.
- Etre associé à l'analyse et la valorisation des résultats.
- Formation d'autres IT à cette fonction et/ou aux technologies mises en œuvre.

***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.)
- Animation des quatre groupes sur la valorisation des savoir-faire technologique
- 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
- Participation au groupe « tarification dans les IR » organisé par le MESRI
- Etc.



# ORGANIGRAMME FONCTIONNEL (au 1er février 2019)

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

Responsable

**Hugues GRANIER, IRHC 90 %**

31 agents (13 IR, 6 IE, 11 AI, 1 apprenti)

Personnel CNRS : 23  
 1 Personnel contractuel : 5  
 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 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

### MISE EN SERVICE, DÉVELOPPEMENT, MAINTENANCE DES ÉQUIPEMENTS; FORMATION; ENCADREMENT; ACTIONS D'INTÉRÊT GÉNÉRAL

La première personne nommée assure la fonction de responsable de zone

**ASSEMBLAGE**  
**Samuel CHARLOT** IE CN 50 %

**CARACTÉRISATION**  
**Benjamin REIG** IR2 80 %  
**Emmanuelle DARAN** IR1 20 %  
**Andréa NICOLLET<sup>1</sup>** IR2 20 %

**CHIMIE**  
**Jean-Baptiste DOUCET** IE CN 30 %

**CVD**  
**Pascal DUBREUIL** IR1 20 %  
**Éric IMBERNON** IR1 10 %  
**Jean-Christophe MARROT** IE CN 10 %

**DÉPÔTS SOUS VIDE**  
**Ludovic SALVAGNAC** IE CN 20 %  
**Guillaume LIBAUDE** AI 40 %  
**Adrian LABORDE<sup>2</sup>** ASI 10 %  
**Séverine VIVIES<sup>1</sup>** AI 10 %

**ÉLECTROCHIMIE ET GRAVURE ANISOTROPE DU SI**  
**David BOURRIER** IE HC 50 %

**ÉPITAXIE PAR JETS MOLÉCULAIRES**  
**Alexandre ARNOULT** IR1 15 %  
**Quentin GRAVELIER** AI 50 %

**GRAVURE PLASMA**  
**Aurélié LECESTRE<sup>3</sup>** IGR2 30 %  
**Laurent BOUSCAYROL** AI 30 %

**JET D'ENCRE ET TRAITEMENTS DE SURFACE**  
**Fabien MESNILGRETE** AI 35 %

**LITHOGRAPHIE LASER**  
**Pierre-François CALMON** IR1 25 %  
**René-David COLIN** AI 30 %  
**Rémi COURSON<sup>1</sup>** IR2 20 %

**NANOLITHOGRAPHIES**  
**Emmanuelle DARAN** IR1 40 %  
**Franck CARCENAC** IRHC 25 %  
**Jean-Baptiste DOUCET** IE CN 20 %

**PHOTOLITHOGRAPHIE**  
**Laurent MAZENO** IE CN 50 %  
**Adrian LABORDE<sup>2</sup>** ASI 50 %  
**Julien JONEAU** Alter 30 %

**TRAITEMENTS THERMIQUES ET IMPLANTATION IONIQUE**  
**Éric IMBERNON** IR1 30 %  
**Jean-Christophe MARROT** IE CN 30 %  
**Pascal DUBREUIL** IR1 10 %

**SUPPORT ET SOUTIEN**  
**Hugues GRANIER** IRHC 10 %  
**SOUTIEN**  
**Monique DILHAN** IRHC 20 %  
**SUPPORT**  
**Thierry DO CONTO** AI 100 %  
**Antoine MAIORANO** AI 100 %

### SOUTIEN DIRECT AUX PROJETS DE RECHERCHE

**Alexandre ARNOULT** IR1 85 %  
**David BOURRIER** IE HC 50 %  
**Laurent BOUSCAYROL** AI 70 %  
**Pierre-François CALMON** IR1 85 %  
**Franck CARCENAC** IRHC 65 %  
**Samuel CHARLOT** IE CN 50 %  
**René-David COLIN** AI 70 %  
**Véronique CONÉDÉRA** IRHC 70 %  
**Rémi COURSON<sup>1</sup>** IR2 80 %  
**Emmanuelle DARAN** IR1 40 %  
**Monique DILHAN** IRHC 30 %  
**Pascal DUBREUIL** IR1 70 %  
**Jean-Baptiste DOUCET** IE CN 50 %  
**Quentin GRAVELIER** AI 50 %

**MARION HARRIBEY<sup>1</sup>** AI 100 %  
**Éric IMBERNON** IR1 60 %  
**Julien JONEAU** ALTER 20 %  
**Adrian LABORDE<sup>2</sup>** ASI 40 %  
**Aurélié LECESTRE<sup>3</sup>** IGR2 70 %  
**Guillaume LIBAUDE** AI 60 %  
**Jean-Christophe MARROT** IE CN 60 %  
**Laurent MAZENO** IE CN 50 %  
**Marion MÉCA<sup>1</sup>** AI 100 %  
**Fabien MESNILGRETE** AI 65 %  
**Andréa NICOLLET<sup>1</sup>** IR2 80 %  
**Benjamin REIG** IR2 40 %  
**Ludovic SALVAGNAC** IE CN 80 %  
**Séverine VIVIES<sup>1</sup>** AI 90 %



## EVOLUTIONS EN 2019

### 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

### Départs

Ils sont au nombre de 3

#### *3 contractuels*

- M. Harribey, AI, projet Opéra, fin de contrat
- M. Méca, AI, projet Opéra, fin de contrat
- A. Nicollet, IR, zone caractérisation 20%, projets matériaux énergétiques, fin de contrat

### Arrivées

#### *3 contractuels*

- G. Ardit, AI, zone Assemblage/intégration
- D. Ba, IE, zone gravure plasma
- T. Gouveia, AI, zones chimie 50% et électrochimie 50%

### 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 2019 n'a pas vu d'évolutions dans les responsabilités au sein du service

### Evolutions de carrières

Nous nous félicitons de la promotion de cinq agents :

- Fabien Mesnilgrete, passage IECN, concours interne
- Ludovic Salvagnac, passage IEHC, promotion au choix
- Alexandre Arnoult, passage IRHC, sélection professionnelle
- Emmanuelle Daran, passage IRHC, sélection professionnelle
- Monique Dilhan passage IRHC échelon exceptionnel, promotion au choix

### Synthèse

Après une baisse sèche de 6 agents soit 17% de l'effectif au 1<sup>er</sup> janvier 2018 l'année 2019 se solde par une stabilisation de l'effectif.

Cette situation est rendue possible par l'effort perpétué sur le budget IG du laboratoire qui a permis le recrutement de 3 personnels contractuels.

Le nombre de contractuels projets est, par essence même, amené à fluctuer. Leur immersion dans le service est un réel avantage à la fois pour les personnes concernées, le service et les projets

qu'elles soutiennent. Nous ne l'analysons pas plus car nous n'avons pas de moyen d'agir sur ce facteur.

La préoccupation essentielle porte sur le départ en 2018 de trois personnels permanents qui n'a pas été compensé par le poste d'AI obtenu via le recrutement CNRS. Cette perte s'ajoute à celle des années passées qui sera analysée plus loin. De plus 2020 annonce d'ores et déjà un solde négatif d'une personne ; puisque nous noterons un départ à la retraite et que la priorité numéro un du laboratoire qui concernait le service TEAM n'a pas été satisfaite par la tutelle.

Enfin le succès aux promotions, même s'il n'est jamais à la hauteur de ce que l'on souhaite, dans un contexte concurrentiel très fort montre que les responsabilités assurées permettent la valorisation des agents.

## ELEMENTS D'ANALYSE PLURIANNUELLE

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

### Evolution de l'effectif 2012-2019

Sur cette période le solde est de -4

- 6 départs : 2 pour des mutations internes, 4 pour des départs à la retraite.
- 2 recrutements.

A cela nous pourrions ajouter le départ d'un agent UPS qui était en ARTT à mi-temps. Ce qui porterait le solde négatif à -4.5.

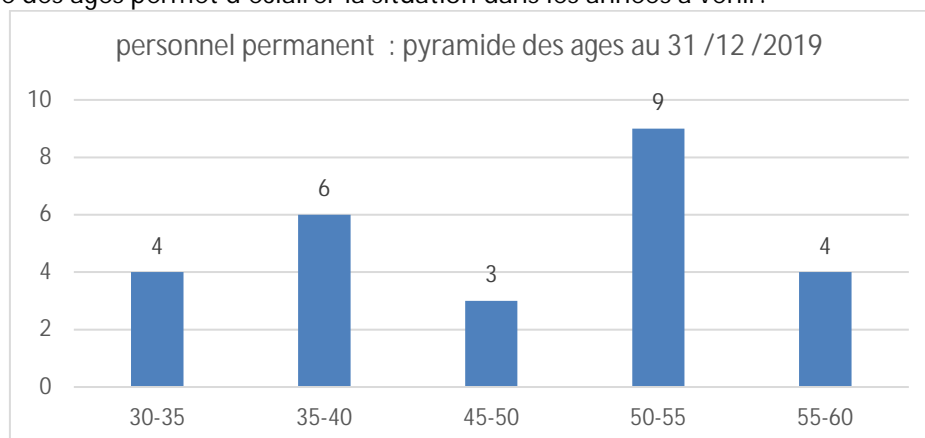
Si les évolutions dans l'organisation et dans les responsabilités ont permis de minimiser l'impact sur le soutien à la recherche, cette « agilité » atteint des limites et le constat de 2018 reste d'actualité

- **Des zones reposent sur une seule personne** (chimie, électrochimie, assemblage, caractérisation)
- **Une zone a disparu** (soutien). Elle n'apparaît dans l'organigramme 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 moyen et long terme à la fois sur les innovations proposées mais aussi sur la motivation des personnels qui seraient cantonnés à des tâches ingrates.

### Projection à 5 ans

La pyramide des âges permet d'éclairer la situation dans les années à venir.



Dès 2020 un agent va faire valoir ses droits à la retraite. Dans les 5 années à venir 3 agents le rejoindront.

Les possibilités actuelles qui font espérer au mieux un recrutement tous les 3 ans pour le service nous conduiront donc à l'échéance 2024-2025 à un solde de -6 ou -7 permanents.

Clairement si rien n'évolue dans le nombre ou les modalités de recrutement la structure globale et la qualité même du soutien apporté à la recherche seront mis en défaut.

### **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 et soutien.**

- **Support** : elle disparaîtra. Cela posera le problème du suivi de l'infrastructure salle blanche. Les efforts actuels de déploiement d'une application de suivi des paramètres (Gestion Technique Centralisée) ne pourront en rien remplacer une présence physique. De plus compte tenu des conditions actuelles le recrutement de personnel Bap G affecté uniquement à la salle blanche paraît très hypothétique. Plusieurs voies semblent possibles.
  - 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.
  - 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, 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**

Electrochimie

**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

**REFLEXIONS EN COURS AU SEIN DU SERVICE TEAM**

L'organisation décrite est issue d'évolutions successives. La dernière définition précises 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 l'année 2020 sera mise à profit par le service TEAM pour mener une réflexion interne quant à son mode d'organisation. Cette réflexion n'a pas été menée en 2019 faute de disponibilités.

# Les équipements

La cellule équipements

Les actions initiées

Les actions envisagées

Équipements installés en 2019

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
- Arnoult Alexandre (IRHC) responsable de la zone EJM;
- Dubreuil Pascal (IR1) responsable de la zone CVD ;
- Courson Rémi (IR2 CDD) responsable impression 3D haute résolution ;
- Salvagnac Ludovic (IEHC) responsable de la zone PVD

#### 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 2020)"

### Procédures d'appel d'offre

Le dernier suivi est celui du bâti métallisation par pulvérisation cathodique qui sera livré au troisième trimestre 2020.

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

La machine de dépôt est constituée d'un sas de chargement et déchargement des échantillons ; d'une chambre équipée de 6 cathodes et d'une alimentation DC pour le dépôt et une alimentation RF pour la polarisation du porte substrat. Les dépôts doivent être entièrement automatisés. Ce bâti de dépôt est destiné au traitement des substrats de dimension de quelques millimètres jusqu'à un diamètre 100 mm

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

Recensement sur Owncloud des dossiers administratifs machines (CCP, RC), leurs plans d'installation détaillés (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 2019".

## **ACTIONS ENVISAGEES**

### **Adaptation de l'infrastructure salle blanche pour les équipements**

Diverses actions sont à conduire avec la zone support pour maintenir la qualité de l'infrastructure et assurer le fonctionnement optimum des équipements. Ainsi actuellement

- Etude d'un nouveau SAS d'entrée des équipements en salle blanche qui se situerait à l'extérieur de la salle blanche côté grande porte implanteur ionique. Il permettrait :
  - De travailler en toute sécurité car nous avons vu les limites du SAS actuel pour l'introduction des 2 dernières grosses machines, le bâti TFE et l'imprimante CERADROP.
  - D'éviter le montage d'un SAS amovible à l'intérieur de la salle blanche et ainsi éviter les contaminations particulières
- Pour cette étude, nous devons contacter Monsieur Vialan de la DR

### **Procédures d'acquisition**

Nous lancerons la procédure d'acquisition d'une machine de développement et de gravure de masque de lithographie optique courant le deuxième trimestre 2020 avec le financement de reliquats RTB ; 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.

## **EQUIPEMENTS INSTALLES EN 2019**

### **PE-ALD (285k€ ISGE et RTB)**





Depuis janvier 2020, la zone CVD accueille un nouvel équipement de dépôt chimique avec assistance par plasma de chez SENTECH.

Cette machine est destinée au dépôt de couche atomique de RuO<sub>2</sub> (oxyde de ruthénium) ou RuO<sub>x</sub>Hy (Oxyde de ruthénium hydrogéné).

Le diamètre des plaquettes traitées varie de 100 et 150 mm mais avec un support adapté, des échantillons à géométrie variable de taille inférieure à 50mm peuvent être traités.

### **RIE ICP avec option DRIE (340k€ RTB)**



Depuis janvier 2020, la zone RIE accueille une machine de gravure par plasma de type GIR-PCI ou RIE-ICP de chez Sentech.

Cette machine est destinée à la gravure du silicium, du nitrure de silicium, de l'oxyde de silicium pour des épaisseurs comprises entre 100nm et 5µm.

Elle a l'option DRIE pour des gravures profondes dans le silicium jusqu'à 600µm.

### **Xurographie Graphtec FC8600 (4k€ MNBT et ELIA)**



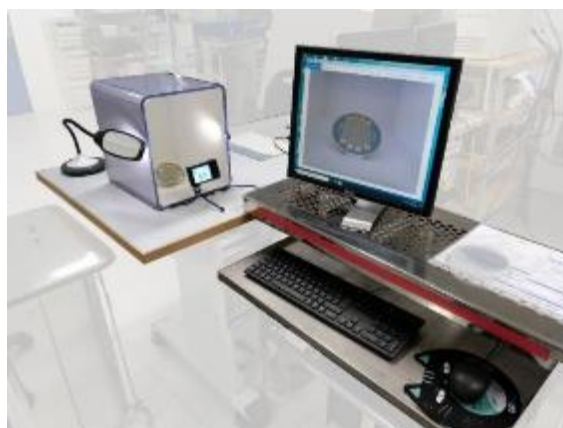
Cet équipement permet la découpe de substrats souples comme le papier, les adhésifs ou les polymères de type Kapton et PET. Il est doté d'une pointe très fine permettant le tracé, la découpe ou le détournage de matière à grande vitesse. Son utilisation se fait via un logiciel de CAO et de nombreux paramètres sont programmable pour une finition propre de la découpe en fonction de la nature des substrats.

### Impression 3D Formlabs Form 3 (5k€ Projet MultiFAB)



Imprimante SLA pour le prototypage de pièces polymères en 3D. Elle permet l'impression de couches allant de 25 à 300 $\mu$ m d'épaisseur suivant les matériaux utilisés. La puissance du laser est de 250mW et sa résolution en XY de 25 $\mu$ m. C'est un équipement facile d'utilisation qui permet le prototypage rapide de nombreuses résines techniques fonctionnelles (élastomères ou dure) et qui résistent à de nombreuses contraintes (cisaillement, température).

### Photo box (250€)



La photo box permet de prendre des photos de vos échantillons en limitant les réflexions parasites, parfait pour vos présentations.

### Remise à niveau des portes pointes pour I(V) (2.2k€)



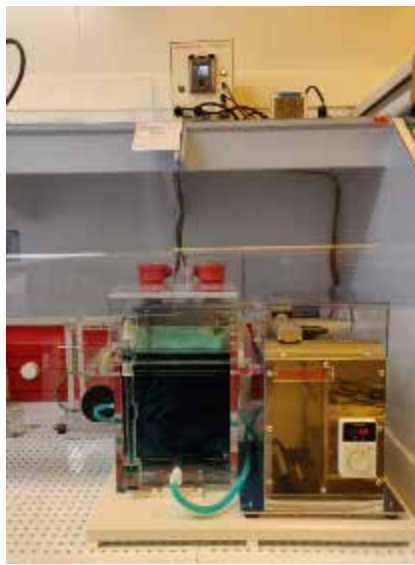
La caractérisation I(V) présente sur la zone permet de vérifier l'état de vos composants électroniques sans devoir les sortir de l'environnement propre. Utile avant de réaliser des mesures plus complètes hors salle blanche. Le passage en trois pointes pour mesurer l'effet transistor est prévu.

**PECVD 100 ApSy (100 k€ RTB)**

Cet équipement CCPECVD NOMOS a été rétrofité partiellement par la société Application-Système au cours de l'année 2018.

Installé fin 2018, il peut réaliser, à partir de mélange de gaz, des dépôts de matériaux SiO<sub>2</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> et SiON en mode CVD assisté par un plasma capacitif à 13.56MHz ou à 380KHz pour des températures de 200°C ou 300°C. Les substrats utilisés sont du Si, verre, de tailles différentes jusqu'à 150mm de diamètre, qui sont posés sur un plateau en aluminium.

Un outil mono-longueur d'onde avec un filtre de type OES relié à l'automate de commande permet de suivre en temps réel le nettoyage de la chambre de dépôts.

**Réacteurs Yamamoto (26 k€, ELIA et Photonique et NEO et MEMS et MICA et FEI Salle blanche) :**

Nous avons acheté et installé un nouveau réacteur de dépôt de Nickel compatible 4/6 pouces. La configuration de cet équipement permet d'obtenir des meilleurs résultats en termes de qualité de dépôts (rugosité, contraintes...) d'homogénéité, vitesse de dépôt mais aussi de conformité dans les moules à très haut rapport de forme. La fin d'année 2019 a été consacrée à sa mise au point. Aujourd'hui il est parfaitement opérationnel. Il permet d'obtenir des épaisseurs jusqu'à 500 µm avec des inhomogénéités allant jusqu'à 5 % tout en ayant doublé la vitesse de dépôt (1µm/min) comparé à l'équipement précédent. Les premiers transferts sur les wafers process sont bons, il y a encore quelques petits ajustements à tester pour être optimum. Mais ces résultats sont déjà nettement meilleurs que ceux obtenus avec le réacteur de dépôt RENA.

Avec cet équipement, nous avons reçu en natif toutes les évolutions/améliorations que nous avons développées avec la société Yamamoto ces 3 dernières années. Ces développements avec eux se poursuivent pour continuer à améliorer l'ergonomie et la reproductibilité pour les inhomogénéités inférieures à 3 %.

### **TEGAL : plasma O2 RF (Fin du rétrofit par I2C)**

Les équipements de plasma O2 micro-onde (TEPLA et DIENER) sont très utilisés. Un autre équipement de plasma O2 RF, dédié pour retirer la résine plus lentement que les plasma micro-onde, permettra d'avoir un 3<sup>e</sup> équipement complémentaire et soulagera l'équipement TEPLA qui est constamment utilisé.



### **OES : analyse plasma (21 k€ Photonique)**

Le projet région de l'équipe photonique va permettre d'acheter un nouvel équipement de caractérisation plasma in-situ.

### **Finalisation boîte à gants acide fluorhydrique et dérivés (16k€ RTB)**



La transformation du poste de chimie pour acide fluorhydrique en boîte à gants a été finalisée, ce poste permet désormais un traitement sécurisé des plaquettes (traitement et rinçage en bacs verticaux, avec suivi résistivimétrique du rinçage). La protection de l'opérateur est nettement renforcée, tout en allégeant le port des EPI. Ce système fermé se rapproche des systèmes clos légalement exigible pour les personnels non permanents manipulant l'acide fluorhydrique.

## PROSPECTIVE EQUIPEMENTS PRIORITAIRE, A MOYEN ET LONG TERME (JANVIER 2020)

Dans le tableau de la prospective (annexe 1), les équipements indiqués sur fond orange correspondent à une réponse commune de Renatech+ à un appel à projet ESR/EQUIPEX+ faite le 27/02/2020.

Cet AAP ne permet pas de financer des remises à niveau d'équipements existants et donc, les équipements proposés doivent adresser des thématiques innovantes.

Pour le LAAS, le projet proposé est autour des micro technologies pour la santé et l'environnement avec des équipements concernant le packaging, l'électrochimie et la caractérisation.

Enfin les paragraphes suivants présentent les argumentaires plus détaillées des prospectives prioritaires par zone

### Assemblage

#### **Découpe laser 600 K€**

Possibilité de découper des wafers en silicium, verre ou des feuillets polymères (type PET ou Kapton) avec des formes à souhait. La découpe laser permet aussi la découpe des structures fragiles sans l'ajout d'une résine de protection ou l'utilisation d'eau pour enlever les slurry de coupes comme avec la découpe traditionnelle utilisant une lame diamantée. Enfin, cela permettrait de soulager notre équipement actuel qui date de plus de 10 ans.

#### **Flip Chip 600k€**

Les petites pannes récurrentes de la machine de flip chip rendent son utilisation quotidienne difficile. L'achat d'un nouvel équipement permettrait de s'en affranchir et de développer de nouvelles techniques d'intégration (soudure ultrasonique ou thermo sonique, report précis par reflow, report par eutectique, plus de force sur une plus grande surface pour la thermocompression). Suivant les besoins et les critères exprimés, un équipement peut coûter entre 200 et 600K€. Une réflexion est menée en ce moment dans ce sens notamment à travers la définition de projets région comme liés à la filière d'intégration de capteurs ou l'intégration sur verre.

#### **Module plasma pour wafer bonder 150k€**

Le procédé de soudure par fusion nécessite des températures proches de la transition vitreuse des matériaux en jeu. Afin de diminuer cette contrainte et permettre une soudure de qualité sans dégrader la structure à assembler, un plasma est appliqué sur les tranches à souder. Son but est d'apporter l'énergie nécessaire à la création de liaisons covalente sans ajout d'énergie supplémentaire liée à la température.

### Caractérisation

#### **Profilomètre optique (option vibromètre ?) 50 à 290k€**

La profilométrie optique est une technique indispensable en salle blanche car elle permet la mesure sans contact d'échantillons souples ou durs, transparents ou réfléchissants avec des pentes plus ou moins importantes. De plus le remplacement du profilomètre interférométrique Wyko semble de plus en plus nécessaire (fonctionnant sous Windows NT4) car cet équipement n'est plus maintenu depuis plusieurs années (idem pour le confocal). Il va rapidement devenir nécessaire de prévoir un nouvel équipement dont les prix varient énormément suivant les options et le/les principe(s) de mesure (interférométrie, holographie, vibrométrie, réfractométrie, ...). Un équipement équivalent au Wyko coûte autour de 290k€ aujourd'hui.



## Chimie

### **Sorbonne rampe à vide/gaz (30ke)**

Sorbonne (vitre abaissable) équipée d'une rampe à vide/gaz neutre pour la réalisation de vide primaire (vide limite  $10^{-3}$  mbar) pour des applications variées (par exemple pour le remplissage sous pression réduite de petite canalisation ou des dégazages), la manipulation de substances à l'abri de l'oxygène et de l'humidité (par exemple pour des traitements de surface spécifiques), ou la protection de l'opérateur vis-à-vis de substances présentant un risque particulier. Ce type d'équipement permettrait ainsi d'accéder à de nouveaux traitements de surfaces ou de manipuler ou synthétiser de nouvelles substances ou matériaux (type résines HSQ par exemple).

### **Equipement de traitement des plaquettes par acide fluorhydrique en système clos (500-800 k€ selon configuration)**

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 CDD ou stagiaires dans le strict respect de la législation du travail. Contrairement à la Boite A Gants, il autorisera le traitement collectif des plaquettes ou des fragments de plaquettes en les traitants de manière automatisée avec une interface souris/clavier ou écran tactile comme ce qui se fait sur la plupart des équipements automatisés de traitement collectif des plaquettes au laboratoire (enduction, photolithographie, gravure sèches, dépôts...) avec un coût de l'équipement comparable à celui des équipements dédiés à ces techniques. Les autres avantages de ce type d'équipement sont un moindre encombrement et des besoins plus limités en extraction, eau déionisée, et produits chimiques que les systèmes par postes de chimie équipés de bacs, de même qu'une meilleure reproductibilité, rapidité et efficacité avec une sécurité optimale.

## CVD

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

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  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{SiON}$ . 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.

## Dépôts sous vide

### **Evaporation par canon à électrons**

Remplacement du Varian qui n'est plus adapté aux demandes des utilisateurs notamment à cause de son trop grand volume et de son ancienneté qui engendre des problèmes de maintenance.

## Electrochimie

### **2020-2021**

Nous sommes en cours d'acquisition d'un système permettant de retirer l'oxygène et l'azote dissous dans l'eau déionisée. Ce système qui est utilisé par les industriels du domaine devrait permettre de

réduire considérablement la présence de bulles d'air dans les motifs à haut rapport de forme et donc de limiter les défauts des dépôts liés à la présence de ces bulles.

Une nouvelle alimentation en courant > 25 A est nécessaire afin de remplacer une alimentation vieille de 19 ans qui a cessé de fonctionner.

Nous sommes également en train de faire l'évaluation de nouveaux systèmes de plasma à pression atmosphérique qui devraient nous permettre d'améliorer la mouillabilité de nos résines et également de se soustraire des contaminations croisées liées au plasma O<sub>2</sub> actuel.

## Epitaxie par Jets moléculaires

### **Panneaux cryogéniques MBE412 (100k€)**

Les panneaux cryogéniques du MBE412 sont saturés et doivent être nettoyés. A cause de leur taille et de la dangerosité du procédé (émission d'arsine), cette opération ne peut être effectuée que chez le fabricant, qui dispose des bains dimensionnés pour la décontamination chimique. Le nettoyage nécessite une immobilisation de l'équipement de plusieurs mois (4 si tout se passe bien). Aussi, nous souhaitons équiper la zone d'un jeu de panneaux cryogéniques de remplacement afin de permuter les deux jeux, et réaliser cette opération sans interruption longue de l'activité. L'alternative d'acheter un jeu à plusieurs laboratoires a été étudiée, mais chaque bâti d'épitaxie étant différent, cette option a été abandonnée.

## Gravure plasma

### **Retrofit DRIE STS 180k€**

Actuellement, l'équipement Alcatel, dédié à la gravure profonde du silicium, tombe régulièrement en panne, et nous avons de plus en plus de dérives de procédés. La seule personne en Europe qui effectue les maintenances préventives sur cet équipement va partir à la retraite. Par conséquent, il est possible qu'il n'y ait plus de support technique sur cet équipement en Europe.

De plus la maintenance de cet équipement est très coûteuse et impacte le coût facturé.

D'autre part, l'équipement STS qui était dédié à la gravure profonde, peut être rétrofité par la société ApSy. Ainsi, nous aurions deux équipements dédiés pour la gravure profonde de silicium un compatible MOS (Alcatel) et l'autre NOMOS (STS),

### **Traitement des gaz d'échappement : Bruleur-Laveur pour les gaz fluorés 100k€**

En 2017, nous avons commencé à traiter les gaz chlorés servant à graver les matériaux III-V (GaAs...). Pour cela, un système à cartouche (40k€) a été connecté sur 2 équipements de gravure RIE-ICP.

Nous souhaitons maintenant traiter les gaz d'échappement des autres équipements de gravure plasma utilisant des gaz fluorés.

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 SF<sub>6</sub> est 23 900 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone CO<sub>2</sub> qui sert de référence (PRG du CO<sub>2</sub>=1).

Actuellement, dans la zone gravure nous avons 5 équipements de gravure plasma qui utilisent des gaz fluorés. Dont 2 équipement 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 au procédés standards.

Nous consommons en moyenne par an : 2 bouteilles SF<sub>6</sub> (B20), 4 bouteilles C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> (B10), ½ bouteille CF<sub>4</sub> (B20), ½ bouteille CHF<sub>3</sub> (B10). Ce qui correspond à une utilisation d'environ 95kg de gaz fluoré par an.

Le moyen le plus efficace de traiter ces gaz est l'utilisation d'un bruleur/ laveur connecté sur ces 5 équipements.

## Jet d'encre et traitements de surface

### Traitement de surface par plasma à pression atmosphérique (200 k€)

Cet équipement correspond à une réponse commune de Renatech+ à un appel à projet ESR/EQUIPEX+ faite le 27/02/2020

Les plasmas à pression atmosphérique répondent à plusieurs manques dans notre centrale de technologie. Ils permettent de traiter les surfaces avec une chimie oxydante forte comme dans les Tepla et Diener avec la propriété d'un UV/ozone. Ils permettent aussi une chimie réductrice pour désoxyder les matériaux tel que le cuivre sans attaquer les matériaux avoisinants comme en chimie aqueuse. La chimie réductrice permet aussi de décontaminer une surface sans l'oxyder. Enfin, cette technologie permet de passiver avec un plasma azote, par exemple pour éviter une ré oxydation avant bonding.

## Lithographie laser

### Développement résine et gravure chrome pour masques et réticules 220 à 250k€

Remplacement de l'équipement Hamatech HMP 90 par un équipement de nouvelle génération. Certains organes de l'équipement actuel (conception du début des années 1990) ne sont plus réparables. Ce type d'équipement est indispensable pour fournir plus de 400 masques ou réticules par an avec la meilleure qualité et le meilleur délai. De plus il limite les expositions des personnels aux produits chimiques lors des procédés.

### Retrofit Nanoscribe Photonic Professional GT2 25 à 30k€

L'équipement Nanoscribe Photonic Professional GT pourrait évoluer vers une version GT2. Cette nouvelle version permettrait de traiter une plus grande diversité de format d'échantillons, l'usage d'un nouvel objectif (x10) pour l'insolation d'objet 3D plus volumineux et une mise à jour logiciel avec un nouveau PC de commande intégrant une carte vidéo plus performante.

## 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

### Jouvence Suss Microtec MA150 200K€



Figure 1 MA150 retroritee

La MA 150 est un aligneur de masque semi-automatique qui permet notamment le pré alignement automatique des wafers, paramètre important pour les procédés double-faces (MEMS) et gravures KOH. Suss Microtec a officiellement annoncé la fin du support pour 2021, dû à l'âge de la machine. Un rétrofit est cependant possible : cela inclus un remplacement des parties électroniques et de l'interface. Le coût de ce rétrofit demeure bien plus avantageux que l'achat d'une MA150 neuve, tout en garantissant un support à long terme.

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

Actuellement les alignements face arrière sont uniquement possibles sur la MA150 et sur la MA6 gen1, deux équipements en fin de vie. L'installation d'un BSA sur la MA6gen4 permettrait d'avoir cette option sur un équipement plus récent et fiable, et proposerait une meilleure précision d'alignement par rapport aux équipements actuels.

### Equipement de mesure d'épaisseur des résines 22K€

Nous ne disposons pas de moyens de mesures d'épaisseurs simple et rapide pour les dépôts de résines. Cet équipement permettrait de faciliter les mises au point de 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) type BARC, LOR...etc.



Figure 2 Fimetrics F20 NIR (proche-infrarouge)

## 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 (750 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  $1^{e18}$  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 2019 (extraction depuis l'application Myfab)**

Disponible en annexe 2.

# Les procédés

Développements

Calibrations

Valorisation

## DEVELOPPEMENTS

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.

Ce chapitre présente zone par zone les développements les plus marquants au cours de 2019 et ceux envisagés en 2020.

### Assemblage

#### Conduits en 2019

##### Rodage par découpe de la face arrière (projet H2MEMS)

Scellement d'une puce en verre sur un substrat SOI puis enlèvement de la face arrière du silicium par rodage à la scie diamantée suivie par une attaque au TMAH jusqu'à l'oxyde. Le rodage permet d'enlever rapidement de la matière sans altérer physiquement le substrat.



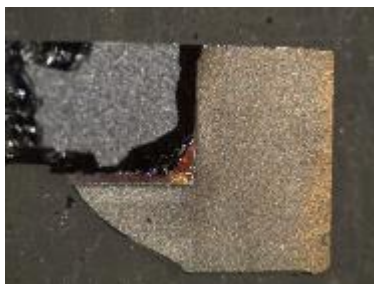
Vue face arrière : Rodage silicium



Vue de coupe du Silicium aminci (200µm)

##### Soudure par thermocompression de contacts en cuivre (IG)

Soudure de deux substrats avec des contacts métalliques en cuivre par thermocompression à 350°C sous vide. Les différents tests ont permis d'obtenir un scellement permanent du contact Cu/Cu. Après des tests d'arrachement par cisaillement (5MPa), on observe sur certaines puces la présence d'un oxyde à l'interface néfaste à la soudure dans le temps.



Cassure du silicium lors des tests d'arrachement par cisaillement



Cuivre oxydé lors de la thermocompression

##### Scellement hermétique de substrats Si (Projet SwitchMEMS)

Scellement direct et hermétique de substrat Si-SiO<sub>2</sub> à 500°C avec cavité.

## Envisagés en 2020

### **Optimisation des soudures par thermocompression de contacts en cuivre (IG)**

Réaliser des soudures Cu-Cu en utilisant des procédés de traitements de surface par voie plasma avant la soudure permettant un abaissement de la température et d'éviter l'oxydation du cuivre.

### **Développement de support adapté à l'intégration des composants (IG et projets MICA)**

Développement et réalisation de supports adaptés par impression 3D pour l'intégration de composants électronique ou MEMS. Etude et choix des matériaux en fonction de la fonctionnalité des composants et de l'environnement dans lequel ils vont évoluer.

### **Développement de procédés pour le report de très petites puces (150x150µm<sup>2</sup>) par flip chip (projet externe)**

Réalisation d'un outil adapté à la préhension de puces de petites tailles ainsi que son report précis à quelques microns sur un substrat grâce à des mires implantées sur l'outil.

## Caractérisation

### Conduits en 2019

#### **Développement des formations en 2 temps pour la microscopie électronique (IG)**

Les formations en microscopie électronique (MEB) se font maintenant en 2 temps :

- Formation théorique de base sur le moodle UPS (30 à 60 minutes)
- Formation pratique sur équipement (2 à 3h)

### Envisagés en 2020

#### **Développement des gravures par faisceau ionique (projet et IG)**

Gravure III-V : graver avec faisceau d'ions localisés pour la fabrication de lentille de Fresnel ou de DOE (Diffractive Optical Element).

Gravure sur échantillon biologique : développer un procédé générique pour la préparation et la coupe d'échantillon biologique pour visualiser l'ancrage et la forme des cellules.

#### **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

### Conduits en 2019

#### Mise au point et standardisation des conditions de gravure de métaux (IG)

Ces étalonnages visent à standardiser les gravures humides. Ces actions qui avaient dues être interrompus faute de personnel disponible, ont repris avec l'arrivée de Tom Gouveia en 2019. Suite au défaut d'un fournisseur, la composition des solutions standard de gravure du chrome et de l'or ont été modifiées. Les paramètres de gravure avec ces nouvelles solutions ont été déterminés et sont accessibles sur MYFAB, la sur-gravure a été quantifiée en fonction de ces paramètres et l'homogénéité de gravure optimisée. Des premiers essais de qualification de la gravure du cuivre ont par ailleurs été réalisés.

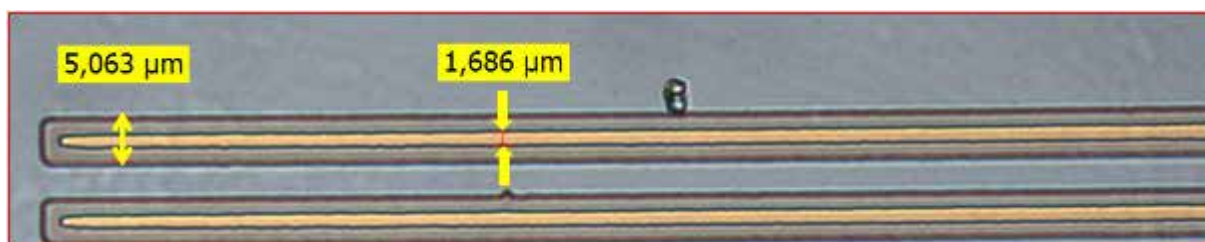


Figure 1 : micrographie optique de lignes de résines ayant protégé de l'or pendant une gravure humide. Le métal sous-jacent et la sur gravure sont visibles par transparence

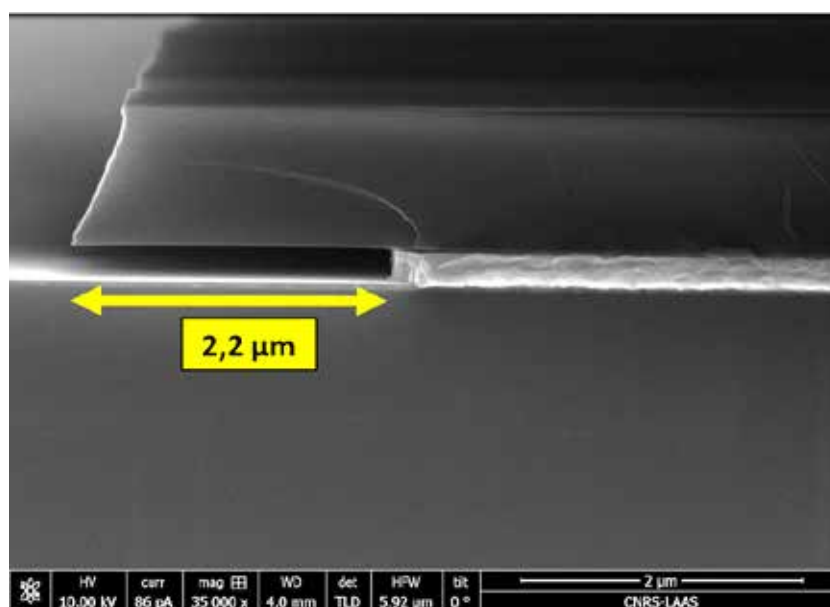


Figure 2 : image MEB montrant la sur gravure après gravure humide de métal protégé par de la résine

#### Qualification d'une gravure humide lente d'une silice déposée par ICPECVD et recuite (IG)

Dans le cadre d'un projet de recherche impliquant l'utilisation de couches très minces de silice et nitrure de silicium, nous avons déterminé les vitesses de gravure de silice et nitrure spécifiques lors d'une gravure humide lente de cette silice.

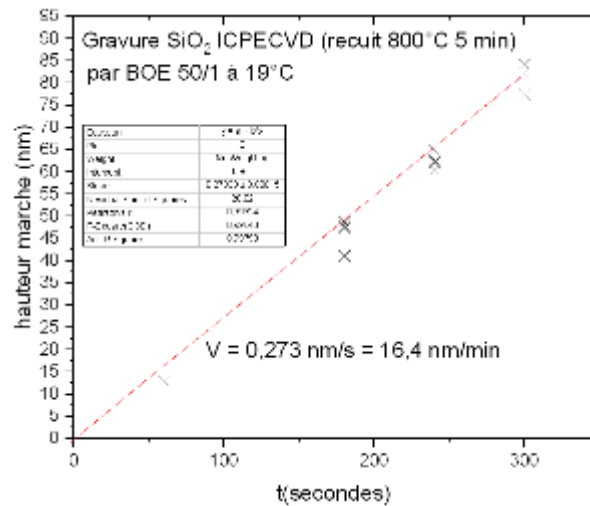


Figure 3 : Graphe de la profondeur de silice gravée en fonction du temps par une solution d'acide fluorhydrique fortement tamponnée, et vitesse de gravure déduite

### Recherche des conditions de mise en solution et de formation de couche mince de SAN (IG)

Dans le cadre d'un projet de recherche, étude de la solubilisation d'un copolymère (Styrène-Acrylonitrile) en solvants autorisés pour les non permanents, afin d'en former une couche mince par enduction centrifuge. En 2020 la couche formée devra intégrer du cryptophane.

## Envisagés en 2020

### Gravures humides (IG)

Finalisation 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 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 bio-sourcées (IG)

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

### Mise au point de techniques de fabrication de lentilles plan concave (IG)

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

# CVD

## Conduits en 2019

### Standardisation des conditions de dépôts SiO<sub>2</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, SiON (IG)

Ces étalonnages visent à standardiser les dépôts en LPCVD, CCPECVD et ICPECVD, sur les substrats Si, GaAs et verre. Des informations en épaisseur, indice et uniformité sont obtenues par ellipsométrie, et sont affichées.

**Avec plateau 1wafer (meilleure uniformité radiale <5%)**

SiO <sub>2</sub> BF	54 sccm SiH <sub>4</sub>	300°C	60"	5644A	$\Lambda=650\text{nm}$ $\Lambda=450\text{nm}$	1.48 1.49	-182MPa
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> BF	21 sccm SiH <sub>4</sub>	300°C	60"	1372A	$\Lambda=632\text{nm}$ $\Lambda=450\text{nm}$	1.99 2.00	-156MPa
SiON150BF	35 sccm SiH <sub>4</sub>	200°C	60"	2250A	$\Lambda=826\text{nm}$ $\Lambda=450\text{nm}$	1.64 1.67	-100MPa
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> MF	BF+HF en cycles 6+20	300°C	60"	2520A	$\Lambda=639\text{nm}$ $\Lambda=450\text{nm}$	1.96 2.00	-70MPa
SiO <sub>2</sub> HF	10 sccm SiH <sub>4</sub>	300°C	60"	475A	$\Lambda=650\text{nm}$ $\Lambda=450\text{nm}$	1.48 1.49	-460MPa
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> BF	18 sccm SiH <sub>4</sub>	300°C	60"	1250A	$\Lambda=632\text{nm}$ $\Lambda=450\text{nm}$	1.99 2.00	-200MPa

Recette    T° dépôt    épaisseur    indice    contrainte  
Données des dépôts génériques dans le CCPECVD

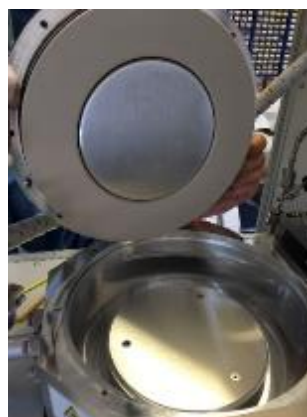
De plus, il a été mis en place un protocole pour chaque dépôt dans le CCPECVD et l'ICPECVD. Ceci a permis d'obtenir des dépôts reproductibles pour une même recette, et de ne plus ouvrir la chambre de dépôt pour la nettoyer mécaniquement.

Exemple : Dépôt dans le CCPECVD

- Nettoyage par plasma CF<sub>4</sub>/O<sub>2</sub> avec suivi OES
- Conditionnement 60sec avec plaque test
- Dépôt du matériau sur plaque device



Paramètres et suivi de la recette nettoyage



Etat de la chambre après recette nettoyage



### Dépôt peu épais de Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> par CCPECVD (projet Mesure de charge d'espace par microscopie à force électrostatique)

Il est possible de déposer 5nm de Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> à 300°C avec une uniformité de 6% sur du silicium en CCPECVD à 300°C, pour la fabrication d'électrodes latérales enterrées en métal Au, Al ou Cu, afin d'obtenir une meilleure sensibilité de mesure.

### Dépôt épais de SiO<sub>2</sub> avec rampe en température par CCPECVD (projet Renatech Micro résonateurs + ondes acoustiques)

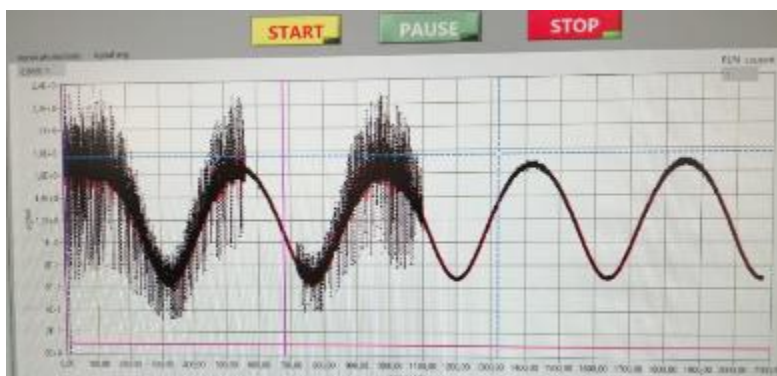
Il est possible de déposer du SiO<sub>2</sub> jusqu'à 4µm sur du verre à 200°C avec une uniformité de 5% par rampe en température, pour éviter les contraintes thermiques et les déformations dans le verre et le matériau déposé.

## Envisagés en 2020

### Utilisation d'un système de suivi laser pour ICPECVD (IG)

Ce système existe déjà sur l'équipement depuis 2017, mais les personnes formées ne sont plus au laboratoire.

Un laser @ 532nm placé sur un hublot au-dessus de la douchette de gaz, permet de suivre en temps réel le dépôt et son épaisseur via un logiciel développé en interne sur Labview. L'indice du matériau mesuré par ellipsométrie permet de connaître le nombre d'oscillations nécessaires à l'épaisseur souhaitée. Cependant, il est nécessaire de revoir le logiciel et apporter des modifications à ce système. Plusieurs pistes sont à l'étude, à partir des compétences Labview en interne à TEAM ou avec le service I2C.



### Utilisation d'un système de suivi laser pour CCPECVD (IG)

Il n'y a pas de suivi en temps réel des épaisseurs déposées sur l'équipement. Pour cela, nous nous appuyons sur la mise au point de EZ-curve développé en Epitaxie par Jets Moléculaires. Il s'agit du suivi optique de la courbure en temps réel du matériau déposé, grâce à la mesure du grandissement de l'image virtuelle d'un objet lumineux.

### Recensement 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 Ru(Ox) sur des collecteurs de courant poreux pour réaliser, et intégrer à terme, des électrodes de micro-super condensateurs.

## 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).

## Dépôts sous vide

### Conduits en 2019

#### Mise au point du dépôt Ti (action IG)

Variation contrainte en fonction des paramètres machine et une épaisseur de 100nm.

Puissance en W	Pression en mTorr	Contraintes en MPa
1000	4	-960
1000	8	-285
1000	12	-44.43

### Envisagés en 2020

#### TFE

- Poursuite des développements sur les nanothermites avec notamment l'intégration d'une couche de titane.

#### AC450

- Mise au point des dépôts de AuGeNi, Au, Cr, Ti, Pd en soutien à l'équipe PHOTO.

#### Univex

- Mise au point de dépôts de NiCu en soutien au projet « I CELL ».
- Qualification de WTi en contrainte et résistivité.

## Electrochimie

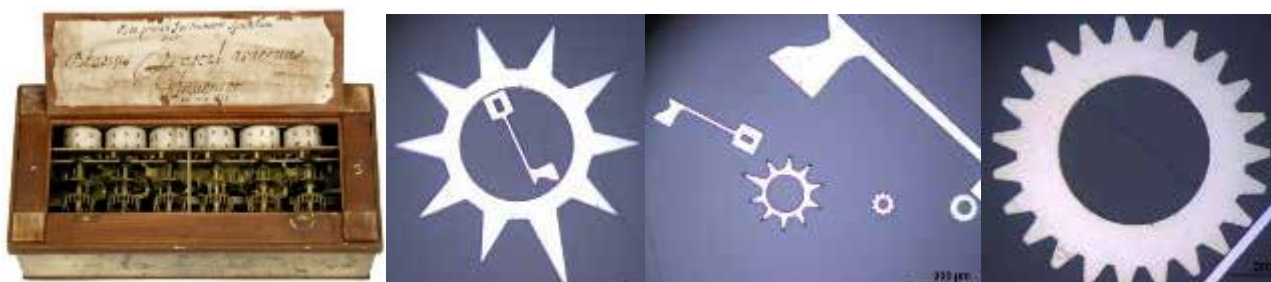
### Conduits en 2019

#### Dépôt de Nickel

Depuis les premiers dépôts en 2016 avec les nombreux procédés développés grâce à ce matériau, la demande en dépôt de nickel continue à augmenter. L'arrivée du nouveau réacteur et ses performances de dépôts (détaillées dans "équipement") devraient permettre de continuer à développer ce matériau. *Micro pièce mécanique*

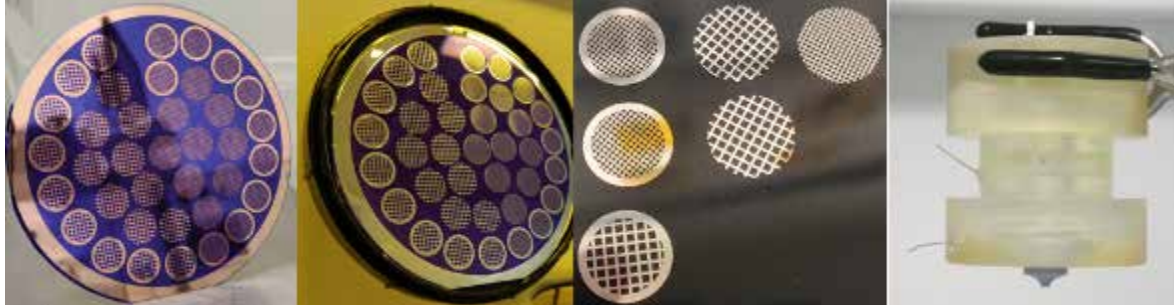
Du fait de ses propriétés mécaniques pour de faibles épaisseurs, le nickel est très utilisé pour fabriquer des micros pièces mécaniques fines et robustes.

#### Micro engrenages Renatech CEMES (Projet)



Dans le cadre d'un projet Renatech afin de miniaturiser des engrenages pour réaliser en 2D un outil mathématique, la Pascaline, nous avons proposé une fabrication collective et en nickel alors que jusqu'à présent ils étaient réalisés en résine et à l'unité par écriture laser. Cela permet d'améliorer nettement la reproductibilité et leur robustesse. Les engrenages sont en cours de montage au CEMES.

Micro grille MILE (Projet)

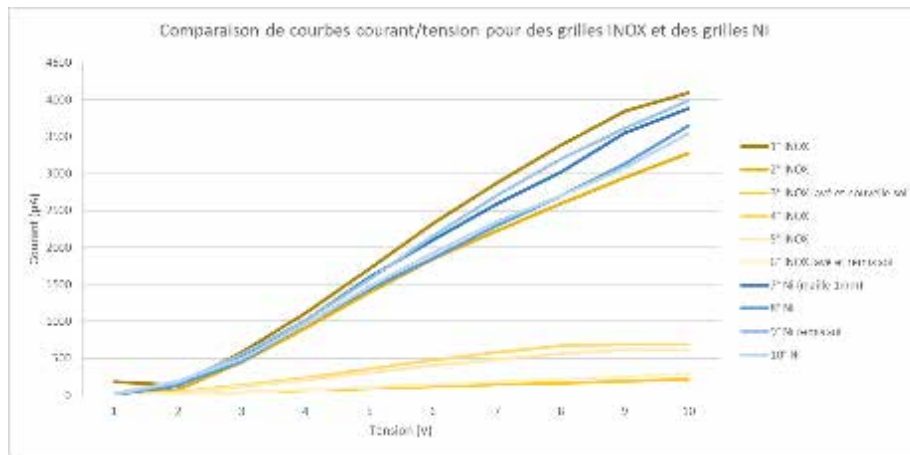


Résine 200 µm sur seed layer Cu

Résine 200 µm Plus Ni 100µm

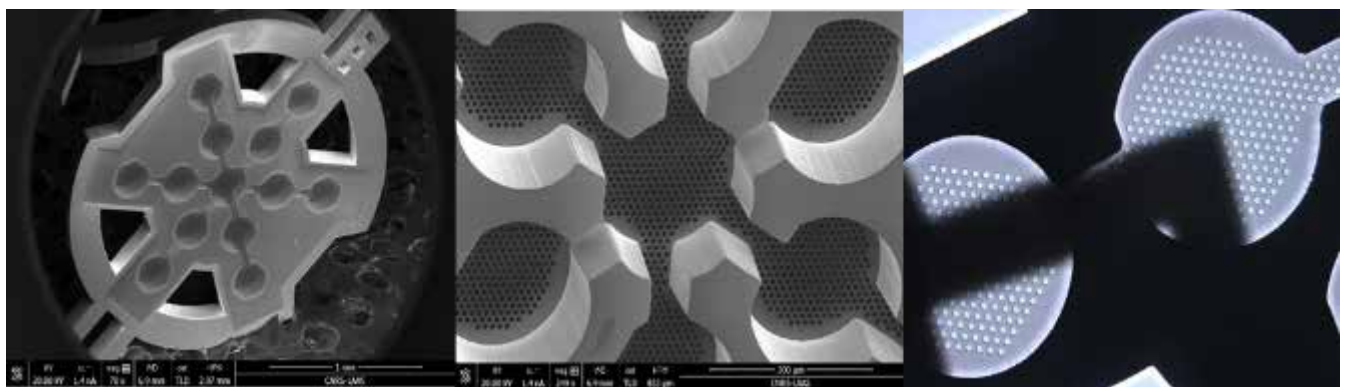
Grilles Ni 100 µm après libération

Réacteur d'analyses



Les grilles étaient jusque-là réalisées en inox avec une reproductibilité de conduction électrique assez dispersée (courbes en jaune). En les réalisant en Nickel, nous avons obtenu des grilles beaucoup plus reproductibles en dimension ce qui se traduit par une dispersion de conduction électrique beaucoup plus faible (courbes en bleu). L'utilisation du Ni permet également de tester différentes géométries de grille comme nouveau paramètre.

Micro Filtres cellules ELIA (Projet & IG) :



Face arrière membrane micro perforée

Face avant 150 µm de Ni & membrane micro perforée

Vue par transparence d'un objet sous la membrane

Jusqu'en 2018, les pièces étaient réalisées entièrement en métal électrochimique, c'est-à-dire tout en nickel ou en bi matériaux Ni/Cu ou Ni/Au selon les applications.

Nous avons développé un autre multi matériaux Ni 150 µm avec la membrane non contrainte de SiO<sub>2</sub>/SiN<sub>x</sub> 1.4 µm.

Un des avantages comparés aux autres multi-matériaux est que la membrane est transparente donc on peut facilement utiliser les techniques classiques d'observations biologiques ce qui facilite la caractérisation. Elles sont en cours de caractérisations (performance de filtration, toxicité biologique et robustesse).

Ce nouveau multi matériaux peut permettre de réaliser des structures sur membrane avec des designs plus compliqués, des épaisseurs beaucoup plus fines et des structures plus robustes que celles réalisées classiquement en silicium.

### **Bain de cuivre high speed (IG) :**

La mise au point de ce bain est finalisée ; nous pouvons maintenant faire des dépôts avec une vitesse de dépôt de 2.5 µm/min (45 µm en 18 min) contre actuellement 0.5 µm/min (45 µm en 90 min) avec une inhomogénéité jusqu'à 7 %. Les analyses chimiques pour maîtriser les concentrations de tous les constituants chimiques sont également maîtrisées. Il est maintenant qualifié pour les dépôts process 2D.

### **Envisagés en 2020**

#### **Bain de Nickel (IG) :**

Continuer les développements du dépôt appliqués aux shadow masks. Détermination des limites afin d'établir des designs rules, test de différentes structures pour de l'auto-alignement.

Application des dépôts nickel à de nouveaux domaines et/ou d'autres applications telles que des applications de thermoformage, de micro fluidique, de masquage métallique pour la gravure de verre par plasma ou encore de barrière de diffusion, micro outil pour la zone intégration...

En collaboration avec la zone lithographie laser, pour des masques avec peu de motifs et de grosse résolution, nous sommes en train de développer l'écriture directe d'un film sec de 100µm sur des substrats en inox. Le but est de continuer à diminuer le coût de fabrication des shadow masks.

#### **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) nous devrions faire les premiers tests de via filling de cuivre dans des substrats de silicium.

##### Dépôts métalliques 3D :

Reprendre les développements prometteurs de 2017 qui n'ont pas pu être poursuivis faute de temps sur les dépôts 3D à travers des masques réalisés grâce à la plateforme MultiFAB.

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

Nous poursuivons les développements avec la société pour améliorer l'ergonomie d'utilisation et les performances d'homogénéité.



### Analyses chimiques (IG) :

Les analyses des différents constituants de bain de cuivre de via filling ont besoin d'être mis au point avant de réellement pouvoir démarrer le remplissage de via.

## Dépôts sous vide et Electrochimie

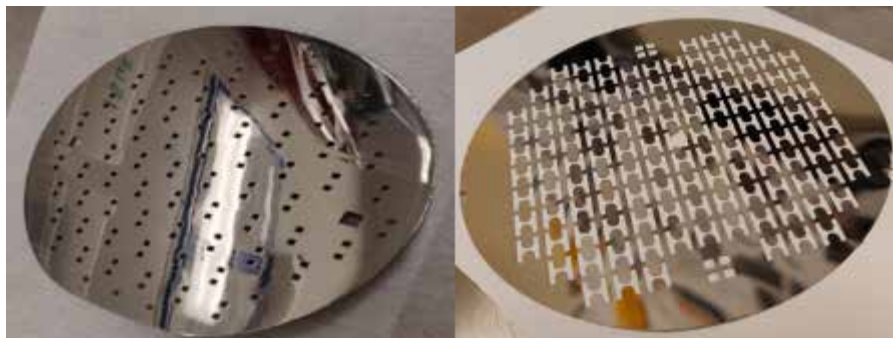
### Conduits en 2019

Fin 2018 les premiers prototypes de shadow mask en Nickel ont montré un fort potentiel pour remplacer dans certain cas les résines de lift off ou les shadow mask en Si. En 2019 la zone PVD et électrochimie ont réalisé de nombreux développements pour rendre plus robuste le process de fabrication, leurs qualités, mais aussi leurs conditions d'utilisation optimal lors des dépôts.

#### Fabrication

Avec l'arrivée du nouveau bâti de dépôt de Ni électrochimique nous avons pu améliorer nettement le procédé de fabrication en le fiabilisant, définir différentes techniques de fabrication en fonction des besoins en résolution, diminuer sa contrainte, son temps de fabrication (divisé par 5) et son coût (divisé par 3).

Diminution de la contrainte interne :



En cours de caractérisation

Shadow mask Haute résolution :

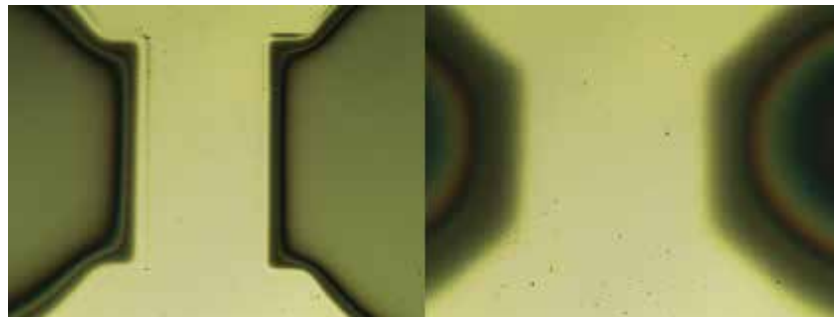


Contrairement au shadow mask basse résolution  $> 10 \mu\text{m}$ , ces shadow mask sont fabriqués en 2 étapes de dépôts électrolytiques de Ni. La première pour réaliser une membrane de Ni de quelques microns qui permet d'obtenir une résolution jusqu'à  $1.5 \mu\text{m}$  et une seconde étape qui permet de réaliser un cadre de Ni de  $40 \mu\text{m}$  d'épaisseur afin d'obtenir une rigidité nécessaire pour sa manipulation.

**Dépôt :**

Le dépôt d'un empilement de nanothermites se fait au travers d'un shadow mask en Si 525 µm. Les caractérisations montrent que les épaisseurs déposées ne sont pas homogènes sur la puce, lié à un effet de bord qui est dû au rapport de forme l'épaisseur déposée vs épaisseur du shadow mask. Les shadow mask Ni permettent de diminuer ce rapport de forme et donc d'améliorer les résultats.

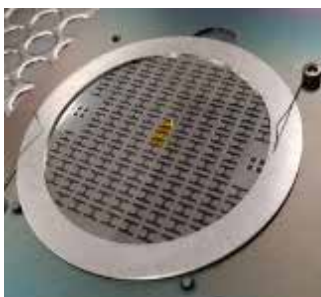
Comparé au shadow mask en Si ceux en Ni sont beaucoup plus solide mais moins rigide. Il est donc plus difficile de les plaquer correctement au substrat. S'ils ne sont pas correctement plaqués la qualité des dépôts n'est pas bonne.



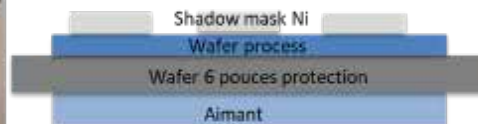
100 nm Al avec  
Shadow mask plaqué

100 nm Al avec  
Shadow mask non plaqué

Différents moyens de clampages ont été testé, classique (fil tungstène) avec ou sans anneau d'aluminium et en utilisant un aimant (10\*10 cm).



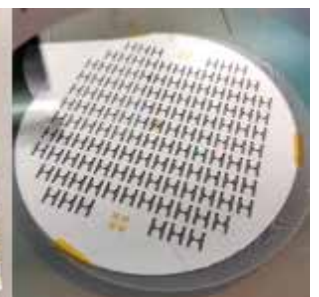
Wafer clampé  
classiquement



Vue en coupe

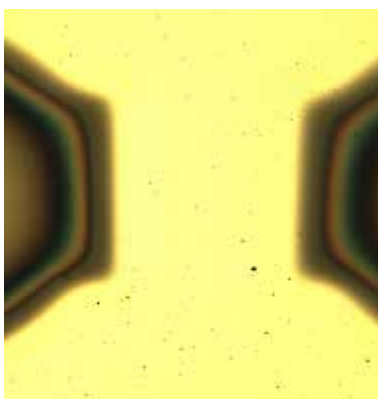


400 aimants 5\*5 mm  
= aimant 10\*10cm

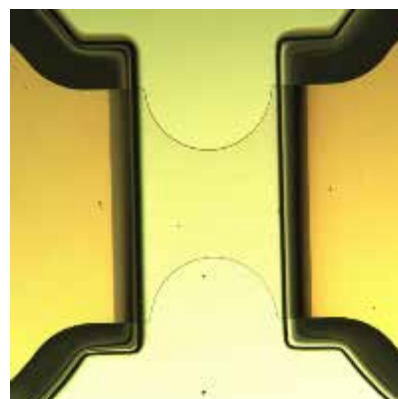


Wafer clampé  
magnétiquement

Les meilleurs résultats sont obtenus avec le clamping magnétique

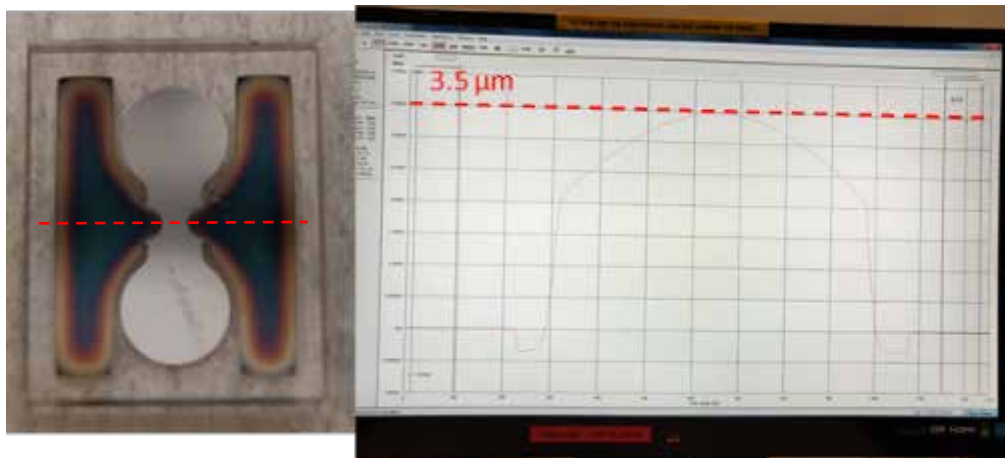
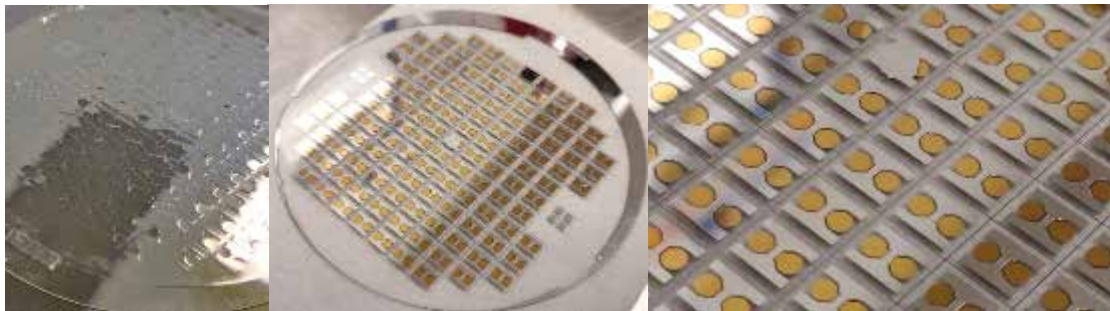


Dépôt avec un clamping classique

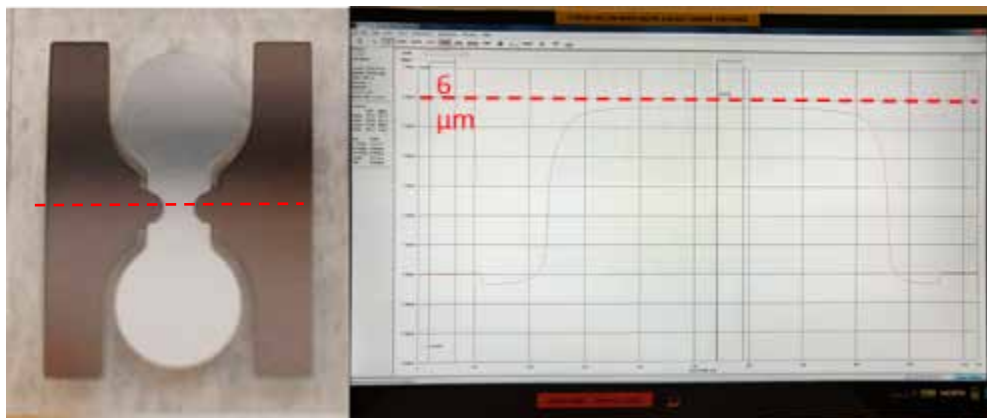


Dépôt avec un clamping magnétique

Les shadow mask ont été utilisé sur des wafers process dans le cadre du projet thermie. On constate une grande amélioration en termes de qualité de dépôt et d'homogénéité. On notera également que l'épaisseur déposée est en adéquation avec l'épaisseur demandée d'un empilement de  $6\mu\text{m Al/CuO}$  ( $200/200$ )  $\text{nm} \times 15$ .



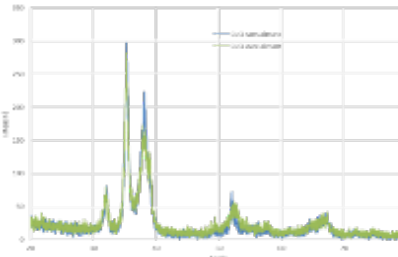
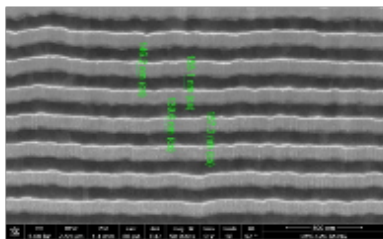
Homogénéité à travers un shadow mask Si 525  $\mu\text{m}$



Homogénéité à travers un shadow mask Ni 40  $\mu\text{m}$

Pour s'assurer que le clampage magnétique n'a pas d'impact sur la qualité des dépôts des mesures de champs magnétique, des mesures DRX et FIB ont été réalisées. Elles démontrent qu'il n'y a aucun changement de qualité lié à la présence d'un champ magnétique.

Distance de la mesure en cm	Champ magnétique mT
0	300
0.5	8
1	0.7



Mesure du champ magnétique en fonction de la distance de l'aimant

Coupe FIB du multicouche Al/CuO

Mesure DRX CuO

Les shadow mask en Ni sont en cours de test sur d'autres projets comme la métallisation de soie ou encore pour permettre de structurer des matériaux organiques par évaporation

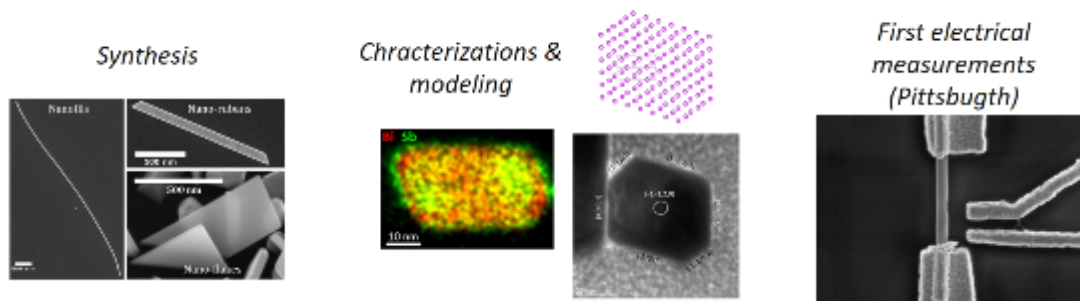
## Epitaxie par jets moléculaires

### Conduits en 2019

#### Mise au point de la croissance de nanofils de BiSb (projet 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 nanofils de  $\text{Bi}_x\text{Sb}_{1-x}$  dont la stœchiométrie est maîtrisée afin d'obtenir des propriétés originales : des isolants topologiques à l'échelle nanométrique.

#### Synthesis & Characterizations of new Topological Insulators nanostructures



#### Automatisation de l'EJM (IG-TTT)

Un travail sur l'automatisation du procédé d'épitaxie par jets moléculaires a été initié. Il est porté par la zone EJM, en collaboration avec Guilhem Almuneau (PHOTO) et Olivier Stasse (GEPETTO), et soutenu par une ingénieure CDD recrutée par TTT.

Différentes étapes simples du procédé d'épitaxie ont ainsi été abordées :

1. **Détection de fréquence de rotation :** un logiciel codé en C++ détecte la fréquence de rotation d'un substrat sur le flux vidéo provenant d'une caméra capturant l'image d'un diffractogramme de RHEED alors que la plaquette centrée est en rotation. De plus, l'algorithme détecte les images du flux vidéo pour lesquelles le cristal du substrat est aligné avec le faisceau d'électrons du RHEED. Le flux vidéo peut être un flux préenregistré ou un flux en direct issu d'une caméra (utilisation dans ce cas de la librairie Vimba).
2. **Détection de lignes sur les images RHEED :** un logiciel codé en C++ applique un prétraitement sur une image de RHEED prise pendant un procédé d'épitaxie par jets



moléculaires et applique un algorithme de détection de lignes sur l'image résultat. La détection des lignes (streaks) doit permettre d'analyser la reconstruction de surface.

3. **Détection de fin de désoxydation basée sur les profils des images RHEED** : un logiciel codé en C++ détecte la fin de la désoxydation sur un flux vidéo d'un RHEED en rotation pendant la phase de désoxydation d'un procédé d'épitaxie par jets moléculaires. Le flux vidéo peut être un flux préenregistré ou un flux en direct issu d'une caméra (utilisation dans ce cas de la librairie Vimba).
4. **Calibration d'une cellule par mesure de flux avant croissance** : un logiciel codé en C++ calibre le flux d'une cellule du bâti d'épitaxie : il détermine à quelle température il faut chauffer la cellule pour obtenir le flux désiré, envoie l'instruction de chauffe, mesure le flux résultant, et affine ce procédé jusqu'à l'obtention du flux désiré.  
Au préalable, le logiciel crée toutes les variables qui décrivent les équipements du bâti à partir du registre XML du serveur de Crystal XE, regroupant toutes les valeurs, et d'un fichier de configuration décrivant les équipements du bâti.

## Envisagés en 2020

### Laboratoire commun LAAS-Riber

Les développements d'outils de suivi in-situ de la croissance, dont deux qui ont fait l'objet de dépôt de brevet, nous ont permis d'être des acteurs reconnus sur le domaine (3 invitations à des conférences, organisation d'un atelier du GDR Pulse sur le sujet au LAAS). Ces outils permettent de mieux comprendre les mécanismes de la croissance, ou de mieux maîtriser les croissance complexes. L'industriel Riber, fabriquant de nos systèmes d'épitaxie, a bien compris l'intérêt de ses clients pour cette approche, et souhaite travailler avec nous dans le cadre d'un laboratoire commun.

Dans le cadre de ce laboratoire commun en gestation, Riber mettrait à la disposition du LAAS un système d'épitaxie original, dans lequel deux chambres de croissances permettraient de développer des empilements originaux, dont des croissances cryogéniques dans l'une des chambres. L'autre chambre et l'ensemble du système seraient automatisés entièrement, ce qui permettrait de mettre en œuvre les concepts d'automatisation développés au LAAS. Les outils développés au laboratoire seraient redéveloppés conjointement avec Riber dans une version plus robuste, aptes à être distribués à l'ensemble de ses clients.

### Synchronisation des mesures RHEED à la rotation par FPGA (IG)

L'analyse fine des images RHEED nécessite soit de les indexer précisément par rapport à l'angle que fait le substrat par rapport au faisceau d'électrons, soit de déclencher leur prise de mesure de manière très précise, toujours par rapport à cet angle. A cet effet, une carte PCIe contenant un circuit logique programmable (FPGA), une entrée analogique et deux entrée GigE a été achetée en 2019, et doit être programmée et mise en place en 2020.

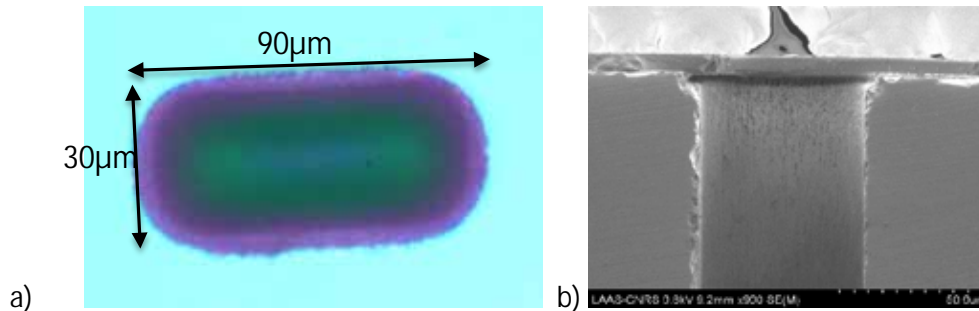
## Gravure plasma

### Conduits en 2019

<i>Machine</i>	<i>Echelle</i>	<i>Développements</i>	<i>Equipes</i>
P1	400µm	Gravure profonde Si	TEAM + MINC + MEMS + MILE : Stagiaire M2
P4	<50µm	Gravure verre	TEAM + MEMS + MILE
ICP2	<100nm	Gravure Au/Cr	TEAM + TE Connectivity

### Gravure profonde Si (Alcatel P1 : MINC, MILE, MEMS, TEAM)

- Une étude sur la gravure profonde du silicium a été effectuée par un stagiaire M2. Ceci a permis de mettre au point une nouvelle résine négative (AZ125NXT) compatible avec la gravure profonde.
- Une étude plus approfondie a été effectuée sur l'arrêt sélectif de la gravure sur la membrane en SiO<sub>2</sub>. Afin, de mieux contrôler l'arrêt de la gravure, la fin de la gravure a été effectuée avec une recette plus lente (2µm/min au lieu de 7 µm/min). Ensuite, après la gravure, il est possible d'observer la membrane au microscope optique : la couleur de la membrane nous donne une indication sur l'épaisseur de SiO<sub>2</sub> restant.



Observation de la membrane après la gravure profonde de silicium (Jérôme Riondet – MINC)

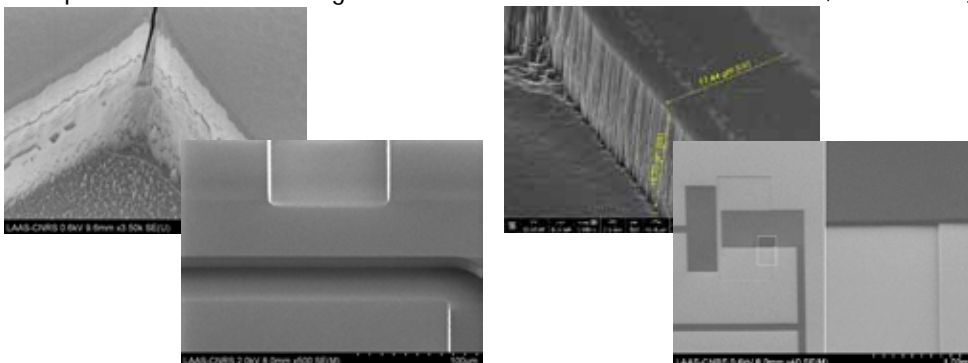
- a) Observation au microscope optique de la membrane de SiO<sub>2</sub>
- b) Observation MEB en coupe (découpe à la scie) de la membrane recouverte de résine.

### Gravure Verre (Alcatel P4 : MILE, MEMS, TEAM)

Le type de masquage représente une problématique importante pour la gravure du verre. En effet, toutes les résines positives utilisées au laboratoire ne tiennent à ce type de plasma. Un polyimide a été utilisé pour ce type de gravure, cependant ce produit est classé CMR et la méthode de dépôt n'était pas simple. Des films secs épais ont également été testés, mais la sélectivité était proche de 1 et la résolution était mauvaise. Ce sont les masques durs en silicium (LPCVD) ou en nickel (Ni) qui présentent une bien meilleure sélectivité (> 10). Une nouvelle résine négative AZ15NXT (17µm) a été mise au point pour la gravure du verre. Cette résine présente plusieurs avantages :

- Une seule étape (photolithographie) contrairement au masque dur qui nécessite 3 étapes (dépôt + lithographie + gravure pour définition des ouvertures du masque)
- Se dépose facilement (procédé de lithographie standard).
- Sélectivité : SiO<sub>2</sub> / AZ15NXT = 4
- Résolution : 5 µm

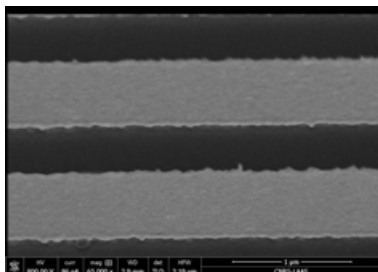
Nous avons remarqué une forte rugosité après gravure lorsque nous utilisons des substrats en B33. Lorsque nous effectuons la gravure sur des substrats en silice fondue, le fond de gravure est lisse.



Observations MEB de la gravure du B33 (Marianne ELIAS – MILE : Microfluidique pour membranes biomimétiques) et de la silice fondue (Maria Dolores MANRIQUE JUAREZ - MEMS : H2MEMS)

### Gravure de métaux (ICP2 : Renatech)

Dans le cadre d'un projet Renatech, la gravure d'une couche mince de métal a été optimisée dans le réacteur de gravure ICP2. Nous avons utilisé le réacteur ICP2, car il est équipé d'un système de traitement des gaz chlorés, et l'interféromètre laser est beaucoup plus précis que sur l'ICP3. Les paramètres de gravure ont été modifiés pour obtenir une attaque plus lente et plus chimique afin d'avoir un meilleur contrôle sur l'arrêt de la gravure sans micro-masquage. Les tests ont été effectués sur des morceaux d'échantillons collés sur un substrat oxydé.



Images MEB vue de dessus : wafer 6'' recouvert de motifs métallique

### Plasma O2 RF (TEGAL: TEAM)

Des tests de délaquage de résine en mode manuel ont été effectués, mettant en évidence l'efficacité du plasma O2. Une étude plus poussée sera effectuée lorsque l'équipement fonctionnera en mode automatique.

## Envisagés en 2020

### Gravure du verre Alcatel P4 (IG)

Plusieurs optimisations seront nécessaires afin d'obtenir :

- Vias de plus de 50 $\mu$ m de profondeur,
- Diminuer la rugosité pour le B33
- Piliers à haut rapport de forme.

### Gravure de métaux (IG - Renatech)

Nous allons également continuer à optimiser la gravure de métaux sur substrat 6''.

### SI500-DRIE (IG)

Sur le nouvel équipement de gravure Sentech, il va falloir optimiser les procédés de gravure standards de SiO<sub>x</sub>, SiN<sub>x</sub>, Si et polymères.

### OES (IG)

Des analyses in-situ du plasma par OES pourront être effectués sur tous les bâtis de gravure plasma. Ces analyses devront être effectuées pour les plasmas de nettoyage afin de vérifier la « propreté » du réacteur. L'OES sera également utilisé pour la détection de fin d'attaque et pour mieux comprendre la composition du plasma lors de la gravure de couches minces.

### Plasma O2 RF TEGAL (IG)

Lorsque tous les paramètres de cet équipement seront automatisés, il faudra créer et optimiser des procédés standards sur la gravure de la résine pour différentes vitesses d'attaque.

## Jet d'encre et traitements de surface

### Conduits en 2019

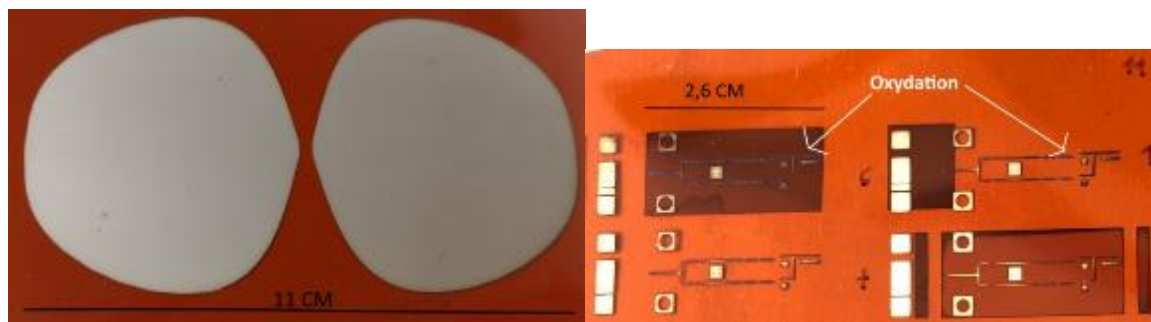
#### Encre argent résolution (projet MultiFAB)

Dans le cadre du projet MultiFAB, nous avons travaillé sur les résolutions minimales. Nous avons dans un premier temps obtenu des électrodes interdigitées de  $100\mu\text{m}$  espacées de  $100\mu\text{m}$ . En continuant les développements nous avons pu obtenir des électrodes interdigitées de  $50\mu\text{m}$  espacées de  $50\mu\text{m}$ .



#### Encre argent dispositifs RF (projet Optenloc)

Nous avons travaillé pour l'équipe MINC sur deux types de dispositifs. Un premier sur des antennes de récupération d'énergie de très grande surface (plusieurs dizaines de  $\text{cm}^2$ ) et avec une épaisseur importante (minimum  $3\mu\text{m}$ ). Le second dispositif porte sur des pistes d'interconnexion de composants avec des lignes de  $100\mu\text{m}$ . Sur ce dispositif le respect des côtes et la conductivité étaient les paramètres importants du cahier des charges.



Nous sommes en cours d'acquisition d'un module de recuit infrarouge pour pouvoir développer les dépôts forte épaisseur que nous n'avons pu recuire dans les fours.

### Envisagés en 2020

#### Impression de lentilles de grandes taille (projet Essilor)

Nous avons commencé à travailler sur l'impression de polymère transparent (SU8 prielex) pour faire des lentilles de grand diamètre ( $\sim 1\text{mm}$ ) avec un rayon de courbure très important (épaisseur  $< 1\mu\text{m}$ ). Nous avons travaillé sur la formulation de l'encre et avons obtenu des résultats prometteurs. De plus amples développements sont à prévoir pour résoudre le problème de l'inhomogénéité induite par l'évaporation des solvants.

### Encre argent résolution (projet MultiFAB)

Dans la continuité des développements conduits en 2019, nous allons travailler sur la réduction en dimension latérale des dépôts d'encre argent. Dans un premier temps nous allons développer un procédé pour imprimer des lignes d'argent de 25µm de large.

### Traitement de surface par plasma atmosphérique (action IG)

Après avoir vu une démonstration d'un équipement de traitement de surface par plasma atmosphérique nous souhaitons continuer à investiguer la technologie. Nous avons prévu de louer l'équipement durant 1 mois. Ce laps de temps nous permettra de tester la technologie sur un nombre important de type d'échantillons. De plus nous pourrons continuer les développements avec la zone électrochimie sur la mouillabilité des flancs de résine à haut rapport de forme.

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

Nous avons fait modifier l'équipement lors de la maintenance 2019. Nous allons reprendre le développement d'un traitement hydrophile par greffage de PEG en SAM commencé en 2016.

## Lithographie Laser

### Conduits en 2019

#### Procédé lift-off LOR3A+ECl sur GaN (projet OpGaN):

Un nouveau procédé bicouche LOR3A + ECl sur substrat 2 pouces GaN a été validé. Il permet des étapes de lithographie laser avec alignement après un 1<sup>er</sup> niveau de lithographie par stepper et une reprise d'épitaxie. La structuration de cette bicouche LOR3A + ECl est suivie par des opérations de gravure + lift-off (figure 1). Les 7 étapes de lithographie restantes pour la fabrication des composants se feront par insolation laser.

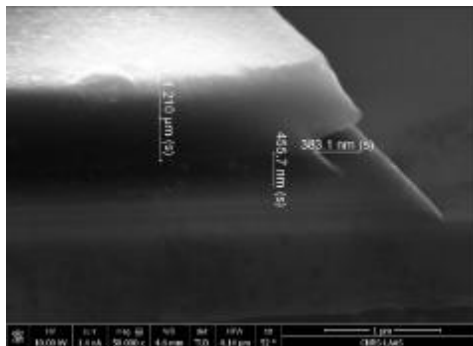


Figure 4 : LOR3A+ECl après gravure AlGaIn et avant dépôts métalliques (Chaymaa Haloui)

#### Shadow mask WBR2100 (action IG)

Un nouveau procédé est optimisé pour générer rapidement (quelques minutes) par écriture laser les formes géométriques d'un shadow mask. Le périmètre de ces formes est délimité par des murs de résine WBR2100 polymérisés par écriture laser (figure 2). Les murs de hauteur 100 µm et largeur 200 µm servent de moule pour la croissance électrolytique de nickel.



Figure 2 : WBR2100 pour la fabrication d'un shadow mask



### Adaptabilité des procédés développés avec la DS-3000 et le PEGDA avec la Dilase HR sur la Dilase 3D MR (projet Cellule en 3D) :

La Dilase 3D MR possède deux tailles de faisceaux : un de 5  $\mu\text{m}$  et un autre de 20  $\mu\text{m}$ . Du fait de la configuration optique différente entre les Dilase 3D HR et MR il a donc été nécessaire de re-calibrer la modulation laser, la vitesse d'écriture ainsi que le recouvrement entre chaque passage laser pour obtenir la résolution de 5 et 20  $\mu\text{m}$ , à la fois dans la résine DS-3000 mais également avec la formulation « maison » à base de PEGDA. Des échantillons microphysiologique représentant la paroi intestinale de volume  $2 \times 2 \times 0,7 \text{ mm}^3$  (Figure 3) ont pu être fabriqués en 40 min avec la Dilase MR contre 8h avec la Dilase HR montrant ainsi le gain (x12 dans ce cas) en terme de temps d'impression de par l'utilisation d'une double tête d'insolation. Ainsi, le bénéfice d'un double faisceau est donc démontré.

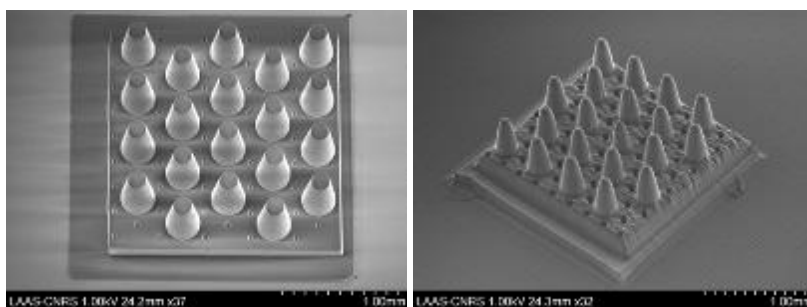


Figure 3: structures de  $2 \times 2 \times 0,7 \text{ mm}^3$  mimant la paroi intestinale en DS3000 (à droite) et en PEGDA (à gauche)

Ces résultats ont fait l'objet d'une partie d'une publication dans le journal biomaterials (J. Creff et al., Biomaterials, 2019).

Dans le cadre d'un autre projet, la fabrication de bioplumes (cf. Figure 4) en polymère (DS-3000) a été transférée sur la Dilase 3D MR. La Dilase MR permet de réduire le temps de fabrication d'une bioplume à 20 min (contre 3h30 avec la Dilase HR) et à 1h30 pour la fabrication de six bioplumes sur le même substrat.

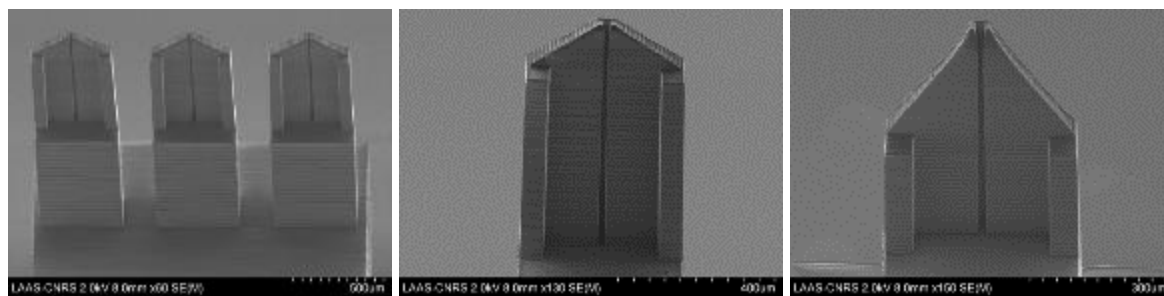


Figure 4: exemple de bioplumes de forme différentes fabriquées à la Dilase 3D



Figure 5: dépôt de solutions à l'aide d'un bioplume en polymère sur un substrat de silicium (à gauche) et sur une fibre optique (à droite)

Dans le cadre de l'ANR MOLY, ces bioplumes en polymères ont permis de fonctionnaliser des surfaces de fibres optiques nanostructurées (cf. Figure 5). L'utilisation d'un polymère a permis de par sa propriété élastique de déposer différentes biomolécules sur une fibre optique nanostructurée sans détériorer la surface.

Ces résultats ont fait l'objet d'un poster à la conférence MNE 2019 et d'une publication dans la revue sensors (C. Desmet et al., Sensors, 2020, 20, 511).

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

Dans le bilan ComTEAM de l'année précédente, la résolution de  $5 \times 5 \times 5 \mu\text{m}^3$  a été validée et montrée avec l'Ormocomp® et l'Ormoclear FX® (matériaux photosensibles développés par Microresist GmbH et dans le cadre du projet H2020 « HoliFAB »). Cependant, il ne semble pas possible de faire des objets tridimensionnels car les résines sont très peu absorbantes. Nous travaillons actuellement en étroite collaboration avec Microresist à la modification de ces résines photosensibles afin qu'elles soient compatibles avec les techniques de stéréolithographie disponibles au laboratoire.

### Capteur biomédical (projet DOCT-VCSEL) :

L'équipement Nanoscribe est équipé de porte échantillons autorisant l'introduction de substrats spécifiques. Nous avons détourné l'usage d'un porte substrat pour introduire des circuits PCB supportant des puces VCSEL. Une nouvelle procédure nous permet de détecter la surface de la puce et le centre du composant puis d'aligner l'optique du système bi-photons. Il est ainsi possible de fabriquer des éléments micro-optiques sur des puces VCSEL de largeur  $200 \mu\text{m}$  (figure 7).

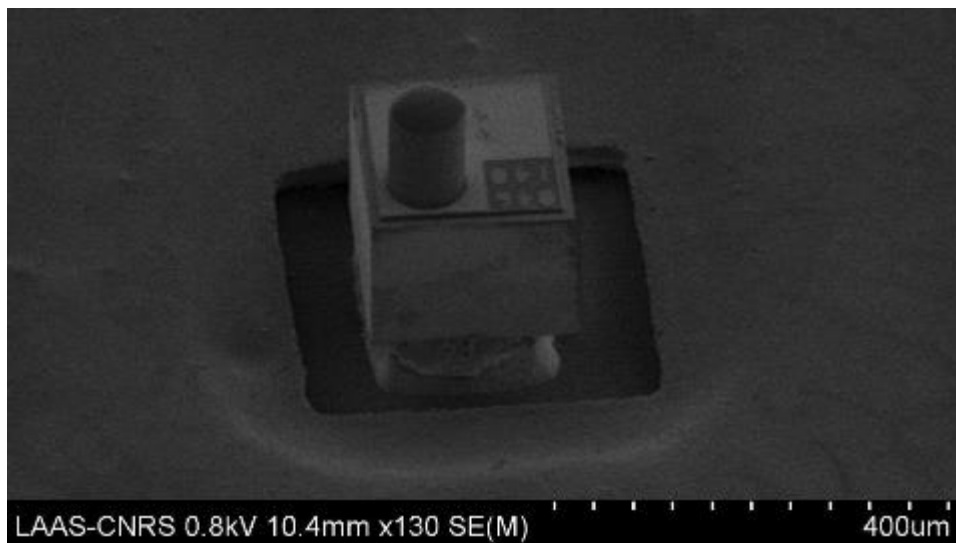


Figure 7: VCSEL + microlentille (Qingyue Li)

## Envisagés en 2020

### Développement de procédés sur les Dilase 3D MR et HR

Le gain en terme de temps de fabrication a été démontré grâce à l'utilisation de deux tailles de faisceau laser et d'une commutation automatique entre les deux. Le traitement optique sur ce dernier modèle de Dilase a été modifié afin d'avoir une profondeur de champ plus faible en comparaison de celle de la Dilase 3D HR. L'année 2020 sera consacré à vérifier ce paramètre. Un autre point sera de réaliser des puces microfluidiques avec des microcanaux fermés dans lesquels une structuration permettrait de fabriquer de façon monolithique un dispositif fonctionnel (micro-mélangeur, tri en taille de particules...)

La Dilase 3D HR embarque aujourd'hui un laser à  $375 \text{ nm}$ . Cette longueur d'onde permet d'avoir un meilleur contrôle sur l'épaisseur insolée dans le cas de structures suspendues. Cependant, le PDMS (couche de silicone présente au fond du réservoir) se dégrade très rapidement sous l'irradiation de



cette longueur d'onde. La conséquence directe est que le silicone n'est plus transparent à 375 nm et ne permet plus la polymérisation de la résine photosensible contenu dans le réservoir. L'année 2020 sera consacré à étudier ce phénomène et à identifier, si possible, une alternative satisfaisante à cette couche de silicone.

### Traitement laser de couches PtOx

En 2020 une cible de platine sera installée dans l'équipement PVD Univex pour effectuer une campagne de dépôts de PtOx. Ces dépôts permettront le développement de nouveaux procédés avec les équipements DWL 200 et Dilase 750.

## Nanolithographies Conduits en 2019

### Lithographie électronique :

- Utilisation du module d'insolation en continu (FBMS) couplé à l'utilisation d'une résine négative (maN2405) : réalisation de guides d'ondes sans raccord de champs (fonctionnelle - voir Figure 1)

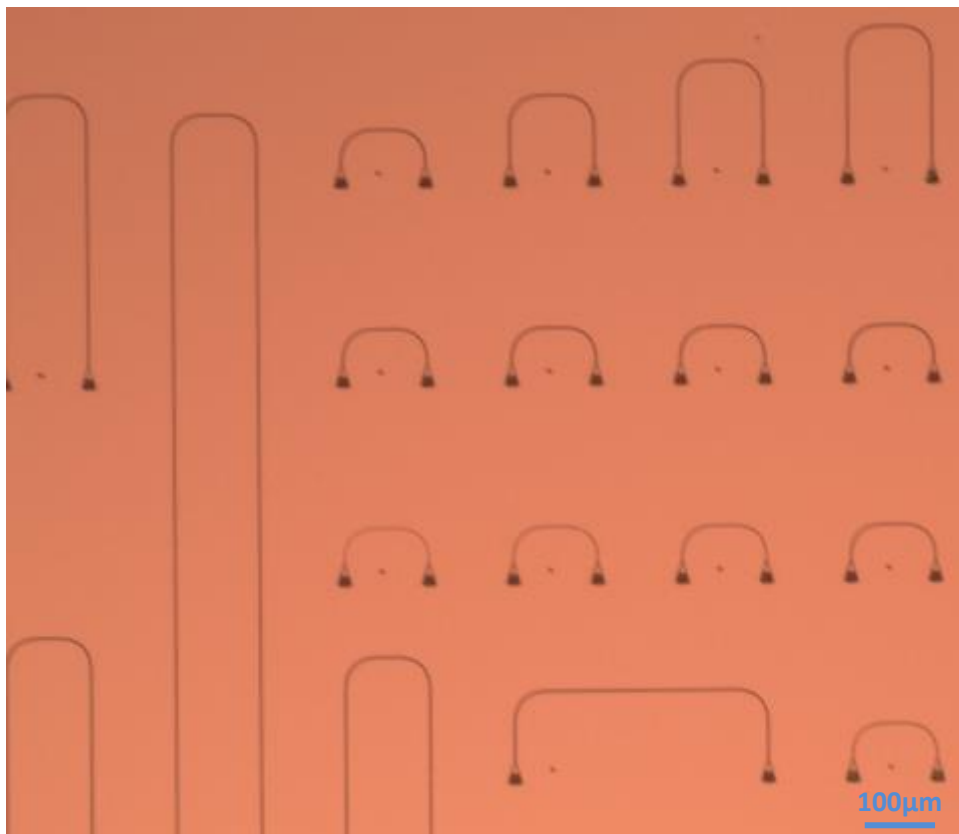


Figure 5 : Guides optiques avec réseaux de couplage réalisés à l'aide du module d'insolation continu (FBMS) du masqueur électronique – Clément Deleau (OASIS)

- Utilisation du module d'insolation en continu MBMS : réalisation de cavités LASER résonnantes (CRIGF) : la précision requise est à la limite du système (étude non terminée).

### Nano Impression :

- Développement d'une couche sacrificielle pour le lift-off en nano-impimpression (Clothilde Péra) : mise en solution du PVA et étude de la concentration pour obtenir des couches <50nm (en cours).

## Envisagés en 2020

### Lithographie électronique :

- Finalisation de l'étude du module MBMS
- Étude de 2 nouvelles résines : CSAR (positive résistante à la gravure), MEDUSA (négative très résistante à la gravure)

### Nano Impression :

- Finalisation de l'étude du lift-off en nano-impression
- Tests de films de bio polymères pour la réplique des moules
- Étude de l'introduction de biomatériaux dans nos procédés de nano fabrication
- Collaboration avec le laboratoire LCA (unité mixte INRA/INP-ENSIACET)

## Photolithographie

### Conduits en 2019

#### Nouvelles résines pour gravure profonde (Projets : MICROFLUIDIQUE POUR MEMBRANES BIOMIMETIQUES (MILE), 3D Brain (MEMS)) :

Ces développements ont été conduits en interne au sein du service avec le stage de Demba Ba (Master 2, financement MILE MEMS, MINC) dans la zone de gravure. Ils visent à tester de nouvelles résines négatives AZ15nXT et AZ125nXT pour la gravure plasma profonde du silicium et la gravure du verre. Ces procédés sont maintenant disponibles pour l'ensemble des utilisateurs de la plateforme. Le mode opératoire de ces résines est disponible sur Myfab/Tool documents.

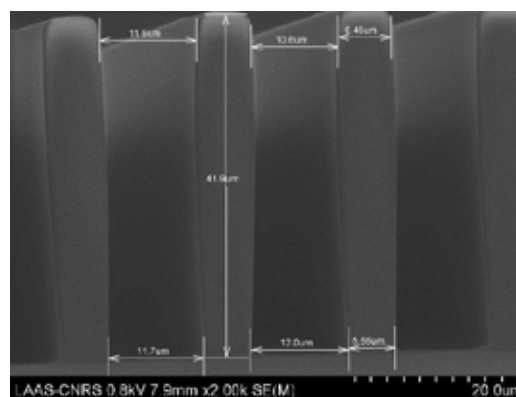
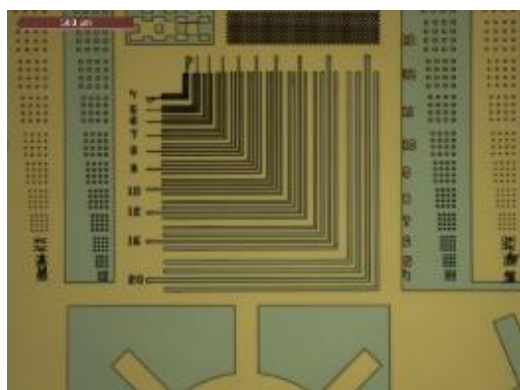


Figure 6 résine négative AZ125NXT épaisseur 30μm pour la gravure du silicium

#### Développement d'une technologie sur échantillons de 2x2 mm<sup>2</sup> et 3x3 mm<sup>2</sup> (Projet MOVeToDIAM)

Ces travaux ont été conduits par les équipes Photonique et ISGE pour le développement de dépôts de résines sur échantillons.

En effet, les dépôts de résines s'avèrent difficiles à la tournette en raison du bourrelet de résine (surépaisseur) à proximité du bord de la puce. L'utilisation du dépôt par spray évite ses défauts.

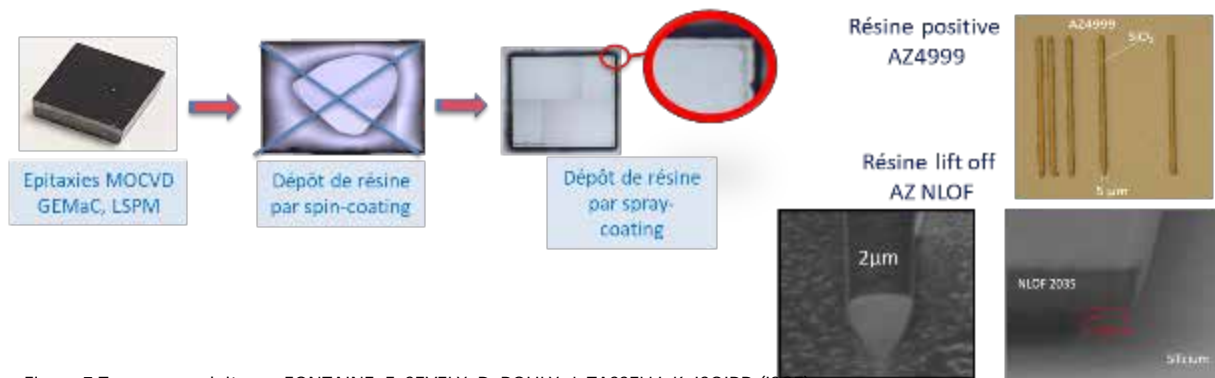


Figure 7 Travaux conduits par FONTAINE, F. SEVELY, D. ROULY, J. TASSELLI, K. ISOIRD (ISGE)

## Développement des procédés sub micrométriques (Projet Renatech avec TE Connectivity):

Dans le cadre d'un projet Renatech pour la gravure d'une couche mince de métal, nous avons réussi à augmenter les performances du stepper Canon dont la résolution limite est donnée à 350nm. Le procédé a été optimisé en utilisant de nouvelles conditions optiques sur la base de simulations réalisées avec le logiciel GenISys Lab. Ces travaux ont permis de définir des réseaux inférieurs à 300nm de résolution avec la résine ECI 1µm d'épaisseur.

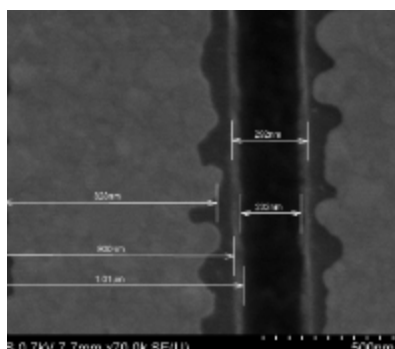


Figure 8 Structures après gravure du métal, protection résine ECI 1µm exposée au stepper

## Envisagés en 2020

### Développement du procédé de copolymères à blocs (Projet : diode laser à cristal photonique)

Julien Joneau a développé dans le cadre de son projet d'étude un procédé de mise en forme de motifs de 40nm de forme cylindrique et 20nm en lamellaire au moyen de copolymères à blocs PS-PMMA.. L'objectif de sa dernière année est d'utiliser cette brique technologique pour la nanostructuration de membranes photoniques en GaAs avec l'équipe Photonique.

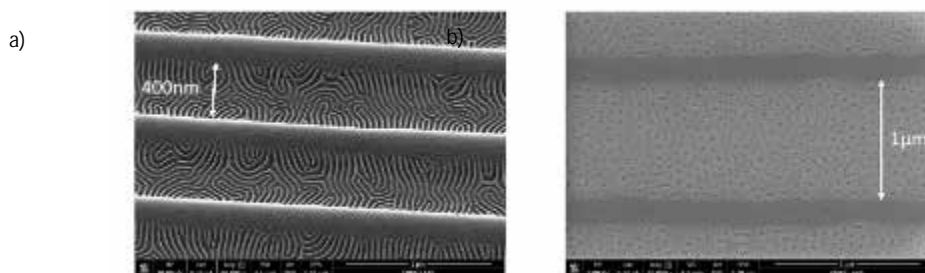


Figure 9 Structures en CPB, a) motifs de 20nm en lamellaire b) diamètre 40nm de forme cylindrique

## 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

**Procédés :** 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 le système UV LED
- Résolution et contraintes sur les procédés films secs
- ...

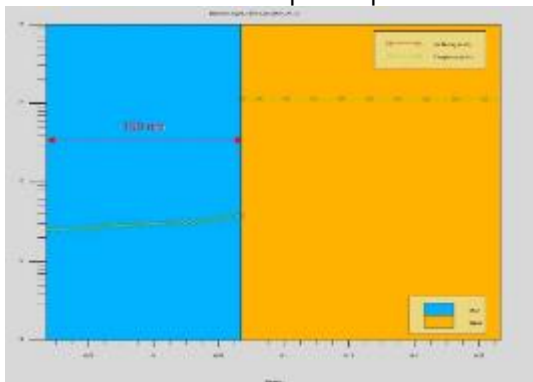
Ces problèmes sont ponctuellement résolus mais nécessitent un travail conséquent pour fiabiliser les procédés et assurer un bon rendement sur les projets.

**Suivi des données :** Réaliser un tableau de bord avec l'ensemble des données des résultats des procédés réalisés (données log Myfab). Ce tableau de bord sera accessible aux utilisateurs pour un meilleur suivi des procédés.

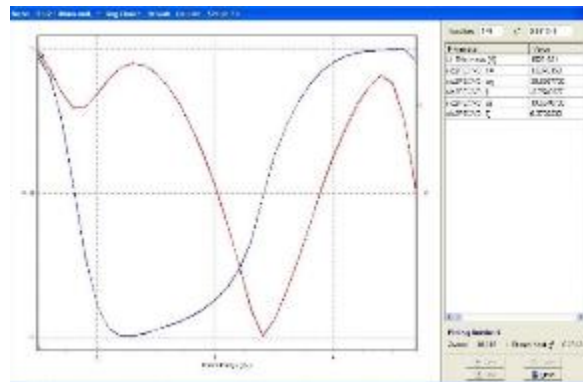
## Traitements thermiques et implantation ionique Conduits en 2019

### Réalisation d'une oxydation thermique humide sous HCl (projet Renatech pour Schlumberger)

Ce procédé, réalisé dans le cadre d'une demande Renatech, est une alternative à l'oxydation humide classique sous H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>. Ce procédé permet d'obtenir un oxyde humide de meilleure qualité diélectrique qu'un oxyde humide sous O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>. Cette oxydation a été effectuée à 1100°C sous O<sub>2</sub> et HCl à 1,5%. Il est à noter que les résultats obtenus par la simulation sous le logiciel SILVACO sont en bonne adéquation avec les résultats mesurés par ellipsométrie.



Résultat simulation SILVACO oxydation 150nm sur oxyde de 80nm



Résultat mesure oxydation 150nm sur oxyde 80 nm par ellipsométrie

## Envisagés en 2020

### 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. Toutefois, l'épaisseur est limitée à une vingtaine de nm car nous ne pouvons pas monter au-delà de 850 °C avec ces bâtis.

## 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. De plus on peut noter que les résultats ne sont pas plus disponibles sur les fiches de process. Ces comportements nuisent à une effectivité améliorée.

Une piste d'amélioration serait de configurer 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, entrainerait la suppression des fiches de processus. Il s'agirait 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 on peut consulter les résultats.

## Assemblage

### Existantes

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence	Où trouver les résultats ?
<b>Qualification report précis par flip chip</b>	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	Affiche à côté de l'équipement
<b>Qualification du report par wafer bonding</b>	Réglage du parallélisme des plateaux et de la force appliquée	A chaque changement de plateau et au minimum 1 fois par mois	Affiche à côté de l'équipement
<b>Qualification soudure anodique bonding</b>	Validation d'un scellement anodique	1 fois par semestre	Affiche à côté de l'équipement
<b>Qualification de la découpe</b>	Réglage de la hauteur, de l'épaisseur et du $\theta$ de la lame	A chaque changement de lame	Affiche à côté de l'équipement
<b>Qualification des procédés de polissage</b>	Mesure et rectification de la planéité du plateau	1 fois par semestre et à chaque utilisation	Affiche à côté de l'équipement
<b>Qualification de la sérigraphie</b>	Mesure en épaisseur, largeur et longueur de dépôt sérigraphiés suivant	Avant chaque dépôt	Affiche à côté de l'équipement

	un masque et une carte témoin		
<b>Qualification des procédés de grinding</b>	Mesure de la dérive de rugosité et de l'épaisseur d'un wafer Si standard de 525 $\mu\text{m}$ aminci à 300 $\mu\text{m}$ .	Avant chaque utilisation	Affiche à côté de l'équipement

## Caractérisation

### Existantes

<b>Objectif</b>	<b>Nature de l'action conduite</b>	<b>Fréquence</b>	<b>Où trouver les résultats ?</b>
Vérification de calibration AFM Dimension et Icon	Mesure étalon en XYZ, vérification des côtes et de la linéarité du piézo	1 fois par mois	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	1 fois par mois	MyFab onglet document de l'équipement
Vérification de calibration résistivimètre	Mesure et vérification de résistance carrée par rapport à un étalon en or	1 fois par mois	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	1 fois par mois	MyFab onglet document de l'équipement
Vérification de calibration des profilomètres optique	Vérification des mesures de l'étalon XYZ	1 fois par mois	MyFab onglet document de l'équipement
Vérification des dérives de la balance	Mesure des poids étalons	1 fois par semestre	Fait mais à compléter dans MyFab
Calibration de la DSC	Mesure des métaux étalons puis report des informations dans le soft	1 fois par semestre ou au changement de capteur	Fait mais à compléter dans MyFab

## Chimie

### Existantes

<b>Objectif</b>	<b>Nature de l'action conduite</b>	<b>Où trouver les résultats ?</b>
<b>Vérification du fonctionnement de la douche de sécurité et du rince œil</b>	Actionnement de la douche et du rince œil	Intervention en cas de dysfonctionnement



### Mises en place en 2019

Objectif	Nature de l'action conduite	Où trouver les résultats ?
Qualification du Confinement des postes de chimie	Mesure par société Dantec selon norme en vigueur du taux de SF <sub>6</sub> relargué en façade du poste quand il y est injecté	Certification sur les poste, rapport sur Myfab
Qualification Des nouvelles gravure Cr et Au	Mesure des vitesses de gravure et sur-gravure par gravure avec masquage par résine	MyFab

### A mettre en place

Objectif	Nature de l'action conduite	Année mise en place
Qualification des gravure cuivre et nitrure de silicium	Mesure des vitesses de gravure par gravure avec masquage adapté	2020

## 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) : Epaisseur et indice	Affiche à côté de l'équipement

### Mises en place en 2019

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> , SiON par CCPECVD et ICPECVD (2mois) Epaisseur et indice	Affiche à côté de l'équipement et dans Myfab
Qualification procédés de dépôts	Dépôt générique Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> sur Si par PE-ALD Fiji MOS (3mois) : Epaisseur et indice	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> sur Si par PE-ALD Sentech NOMOS (3mois) : Epaisseur et indice	2020



## 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	MyFab-
Décontamination enceinte de dépôts Métalliques (Sur l'assemble des équipements de la zone)	Nettoyage mécanique et chimique	2 fois par an	
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	

### 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 : Analyse XRR	2 mois

## Electrochimie

### Existantes

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

### Mises en place en 2019

Objectif	Nature de l'action conduite	Où trouver les résultats ?
Mesure des concentrations d'additifs dans tous les bains	Mesure CVS et Titration Cu high speed / Ni Yamamoto	Personnels zone
Mesure des concentrations d'ions métalliques	Mesure Titration Cu high speed / Ni Yamamoto	Personnels zone
Mesure Homogénéité, contrainte pleine plaque, résistivité	Mesure Tencor 10 points+ contrainte Cu high speed / Ni Yamamoto	MyFab

### 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 Cu via filling	2020
Mesure des concentrations d'ions métalliques	Mesure Titration Cu via filling	2020
Mesure taux de remplissage	Fib	2020

## 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 (typ. 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 absorption atomique	Développement d'un outil de mesure des flux	2020-2025

## Gravure plasma

Pour la calibration des procédés de gravure plasma, les étapes de lithographies et de caractérisation MEB sont indispensables, ce qui représente un temps considérable :

Vérification d'un procédé standard = ½ journée minimum.

Il y a au moins 3 procédés standards par équipement, ce qui correspond au moins à 20 procédés standards pour la zone gravure (soit 10 jours de calibration). Ceci n'est actuellement pas faisable de façon régulière. Pour pouvoir effectuer ces calibrations 4 fois par an il faudrait une personne supplémentaire qui effectuerait les étapes de lithographie / gravure / caractérisation (profilomètre / MEB). Actuellement, les vérifications des procédés se font au fur et à mesure des demandes de gravure en ajoutant un wafer test (préparé par le demandeur de la gravure).

La complétion systématique des logs dans l'application Myfab depuis le début 2020 doit permettre le suivi des résultats des gravures, permettant d'identifier rapidement les dérives. Il faut pour cela que les informations demandées soient toutes correctement renseignées.

## Existantes

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence
Vérification du fonctionnement des machines	Contrôle des paramètres machines.	1 fois par jour
Vérification des résultats de gravure	Vérification des vitesses de gravure obtenues	Après chaque gravure
Nettoyage chambre de gravure	Ouverture/nettoyage mécanique/changement céramique chemisage	P1/P4 : tous les mois ICP2/ICP3 : 1 fois/an

Chaque ouverture du réacteur est notée sur Myfab.

Les vitesses de gravure sont notées par les utilisateurs sur les fichiers Excel sur \\TRAIL.

**Remarque :** le retour d'information sur les gravures de la part des utilisateurs est indispensable.

## 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/O3	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

### Mises en place en 2019

Objectif	Nature de l'action conduite	Où trouver les résultats ?
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 Mesures et observations	<a href="http://lims.laas.fr">http://lims.laas.fr</a>
Alignement laser DWL 200	Alignement du laser Réglage machine	<a href="http://lims.laas.fr">http://lims.laas.fr</a>

### Mises en place en 2019

Objectif	Nature de l'action conduite	Où trouver les résultats ?
Calibration Dilase 750	Ecritures motifs critiques Mesures et observations	<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 Mesures et observations	2020

## Nanolithographies

### Existantes

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

### À mettre en place

Objectif	Nature de l'action conduite	Où trouver les résultats ?
Optimiser le développement du travail collaboratif	Organisation de réunions des utilisateurs afin d'avoir un retour détaillé par rapport	MYFAB

	aux problèmes qu'ils rencontrent et ainsi réduire leur délai de prise en compte, un meilleur suivi et une meilleure distribution des connaissances.	
--	---	--

## 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 / DF 100µm</li> </ul>	Réalisation des procédés	Sur MYFAB/Tool documents/photolithographie Lien <a href="#">ici</a>
<b>Qualifications équipements :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Machines d'alignement</li> </ul>	Vérification machine	Sur MYFAB/Tool documents/photolithographie Lien <a href="#">ici</a>
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Nettoyage, rangement, état des stocks,</li> </ul>	5S, heure soleil	Etat des stocks présent 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

## Support

### Existantes

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence	Où trouver les résultats
Suivi contamination particulaire	Mesure particulaire	2 fois/an (janvier/juin)	Affichage entrée sas
Suivi pureté bactériologique eau DI	Analyse de l'eau	Tous les 2 ans	Cahier de suivi
Sécurité des opérateurs	Contrôle et changement capteurs de détection des gaz	2 fois par an	NC
Suivi contamination	Contrôle ménage salle blanche	1 fois par mois	NC

## 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 Cartographie épaisseur et indice par ellipsométrie	Affiché dans MyFab
Qualification homogénéité Implantation ionique	Implantation ionique de Bore suivant un protocole bien défini. 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) Mesures électrique C(V)	2020
Qualification du masquage des résines implantées Bore et Phosphore	Implantation Bore et Phosphore à travers une couche de résine suivant un protocole bien défini. Cartographie de la résistivité des plaquettes	2020

## 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.

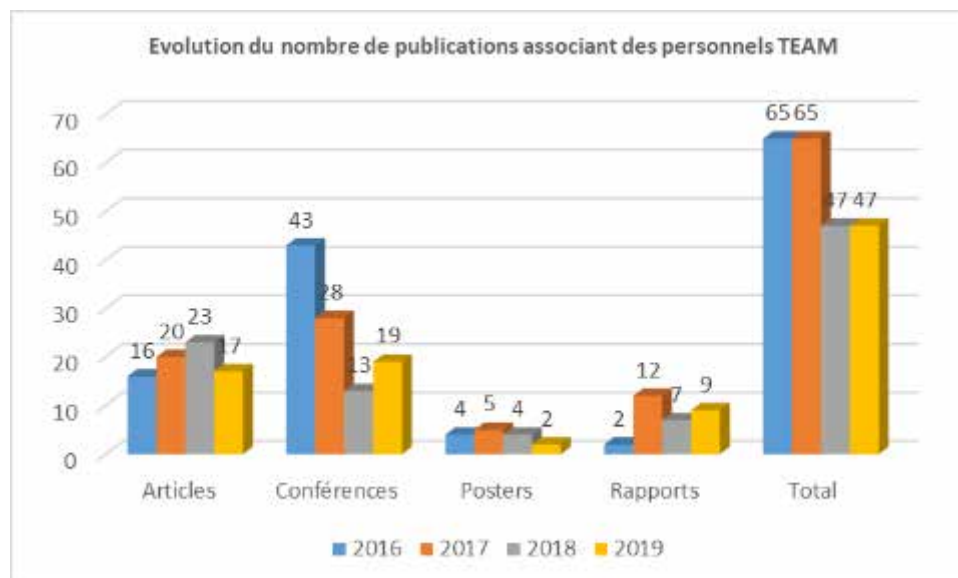
### Publications 2019

Elles s'élèvent au nombre de 47

- Articles : 17
- Conférences : 19
- Posters : 2
- Rapports (dont techniques) : 9 (8)

### Evolution pluriannuelle

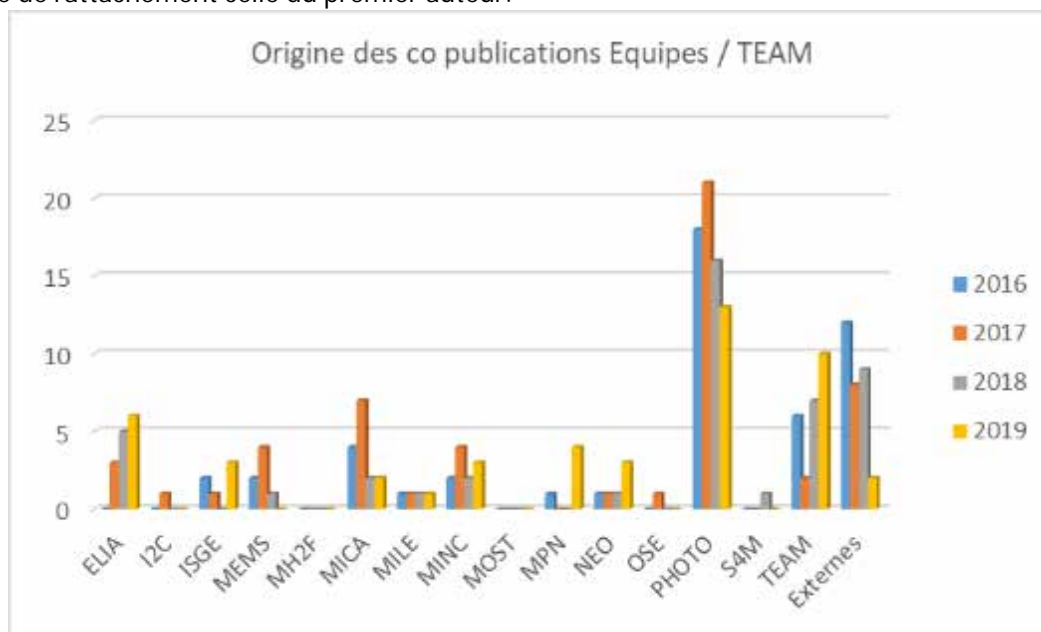
Pour les 4 dernières années elle est représentée sur la figure suivante



On peut voir une stabilisation en 2019, mais faire une analyse de court terme ne semble pas pertinent. Les travaux technologiques étant soumis au cycle de vie des projets soutenus il peut y avoir des variations importantes d'une année sur l'autre.

### 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 47 publications de 2019 neuf ne sont que le fait de TEAM (rapports techniques), nous avons donc 38 co-publications. Ce chiffre est à rapporter aux 224 publications des équipes du LAAS, soutenues par la salle blanche. Nous ramenons ce chiffre à 178 en retirant les publications des équipes peu "technologiques".

Cette analyse rapide indique que le personnel TEAM est associé à environ 21% des publications des équipes "technologiques". Ce chiffre apparaît comme une proportion à améliorer même si l'on considère que

- Les 178 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 41 % selon l'origine du premier auteur.

### 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 développements technologiques. 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

Eléments généraux

Organisation et bilan des zones

## ELEMENTS GENERAUX

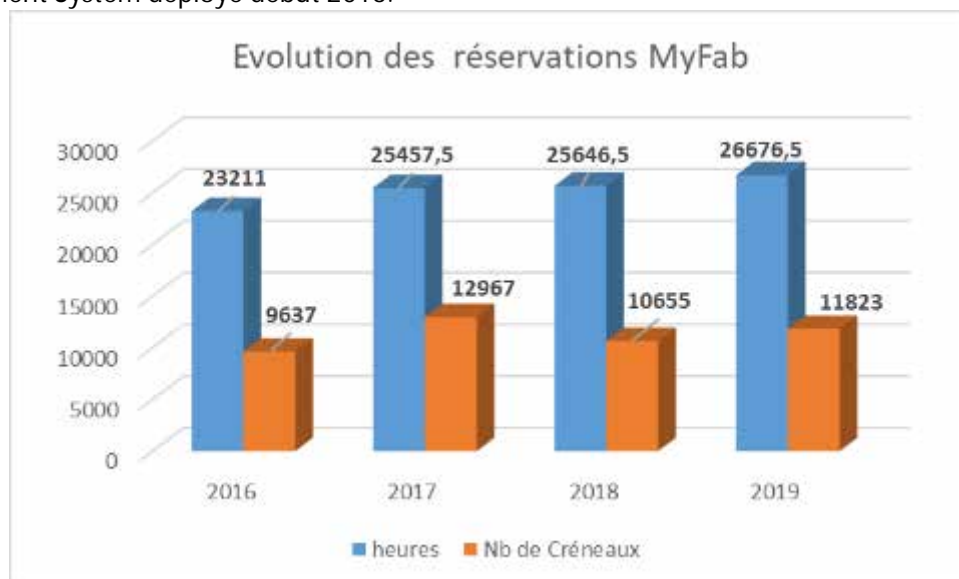
### Organisation générale des zones

Il existe deux types de zones.

- Zones en libre-service.
  - Les utilisateurs
    - § Sont formés à l'utilisation des équipements lors de la formation initiale d'accès à la salle blanche.
    - § A l'issue de cette formation ils travaillent en autonomie
    - § Peuvent réserver de façon autonome la totalité des équipements à l'exception de ceux qui demandent des formations plus poussées (ex : lithographie par projection)
  - Il s'agit des zones chimie, caractérisation, photolithographie, et du plasma O2 en gravure plasma.
- Zones à accès soumis à validation
  - Les utilisateurs
    - § Peuvent être formés sur des équipements spécifiques après analyse par le responsable de zone de plusieurs critères dont les plus importants sont
      - Pertinence du rapport temps de formation / temps d'utilisation.
      - Risques inhérents à l'équipements et aux procédés.
      - Sensibilité aux contaminations.
      - Qualité de l'implication de l'utilisateur
    - § A l'issue de la formation ils travaillent sur les équipements en concertation permanente avec les membres TEAM de la zone
    - § Les réservations sont faites
      - Par l'utilisateur si le niveau d'expertise atteint est satisfaisant
      - Par le personnel TEAM après sollicitation de l'utilisateur avec le souci de délais minimum.
  - Il s'agit de toutes les autres zones que celles en libre-service.

### 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. Le chiffre légèrement supérieur en 2019 peut s'expliquer par le fait que cette année la plateforme n'a été fermée que deux mois pour travaux contre trois en 2018.

### 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 2019 et projection 2020

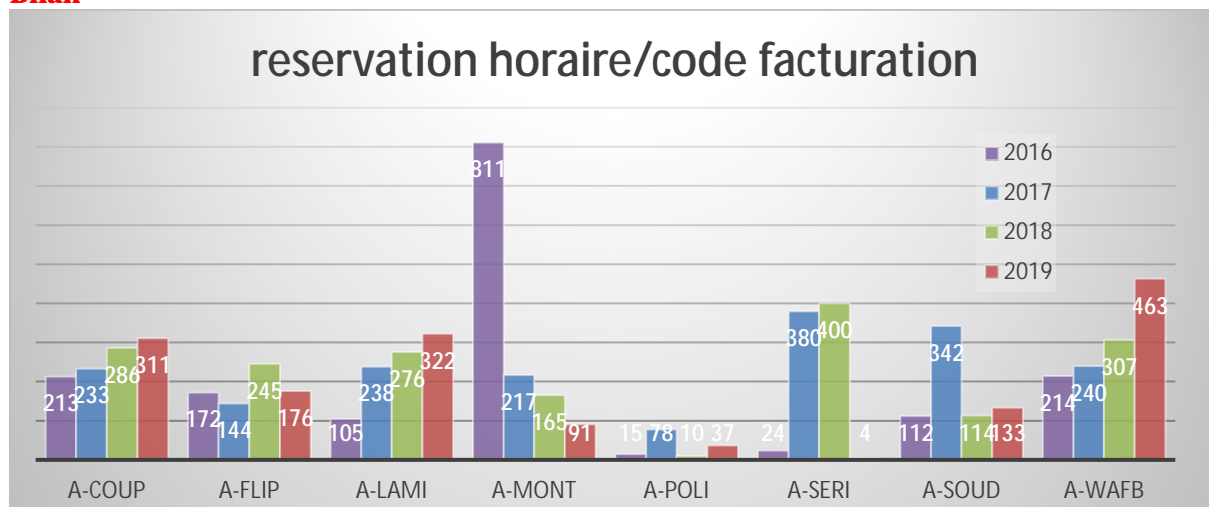
L'arrivée de Guy Ardit (en CDD) en cours d'année 2019 a permis de fluidifier le flux d'activité, notamment au niveau de la découpe et du montage. Au niveau organisationnelle, Guy Ardit s'occupe de la partie montage et Samuel Charlot intervient en montage et en intégration. Guy Ardit doit être reconduit jusqu'à l'été 2021.

#### Gestion des activités

Pour chaque action, le demandeur remplit une fiche de renseignements en interaction avec le personnel intervenant sur la zone. Cette fiche permet de préciser la demande et détailler le substrat sur lequel l'action doit être réalisée. Les paramètres liés à chaque réalisation sont répertoriés dans l'application Myfab lors de la réservation de l'équipement. Nous rappelons qu'aucune opération ne sera menée sans l'interaction directe entre le demandeur et l'intervenant.

Certains équipements sont en libre-service pour un nombre de personnes limité. Ce choix de personnes se fait en prenant en compte le temps à investir pour la formation et le gain que cela entraîne par rapport au volume de travail à réaliser. Le libre-service de certains équipements se fera peut-être de plus en plus en fonction des besoins et des disponibilités des personnels encadrants

### Bilan



Pour les opérations classique d'assemblage, on note une stabilité dans les opérations de montage avec une légère augmentation des découpes et des soudures. En ce qui concerne les activités liées à

l'intégration, elles fluctuent suivant les années et les projets. On note cependant une hausse des réservations horaires des lamineurs qui s'explique par l'utilisation d'une technologie mature des résines sèches afin de fabriquer des canaux fluidiques ou des masques pour l'électrochimie. En ce qui concerne l'activité de sérigraphie, il n'y en a eu aucune en 2019.

## Caractérisation

### Point marquants 2019 et projection 2020

En 2019, Andréa Nicolet présente à temps partiel sur la zone a permis d'assurer une présence plus importante en salle blanche sur la zone (suivi des utilisateurs), de stabiliser certaines procédures (formation générale et heure soleil) et aider à la fabrication de la photo box. Emmanuelle Daran pour sa part s'est investie sur les AFM.

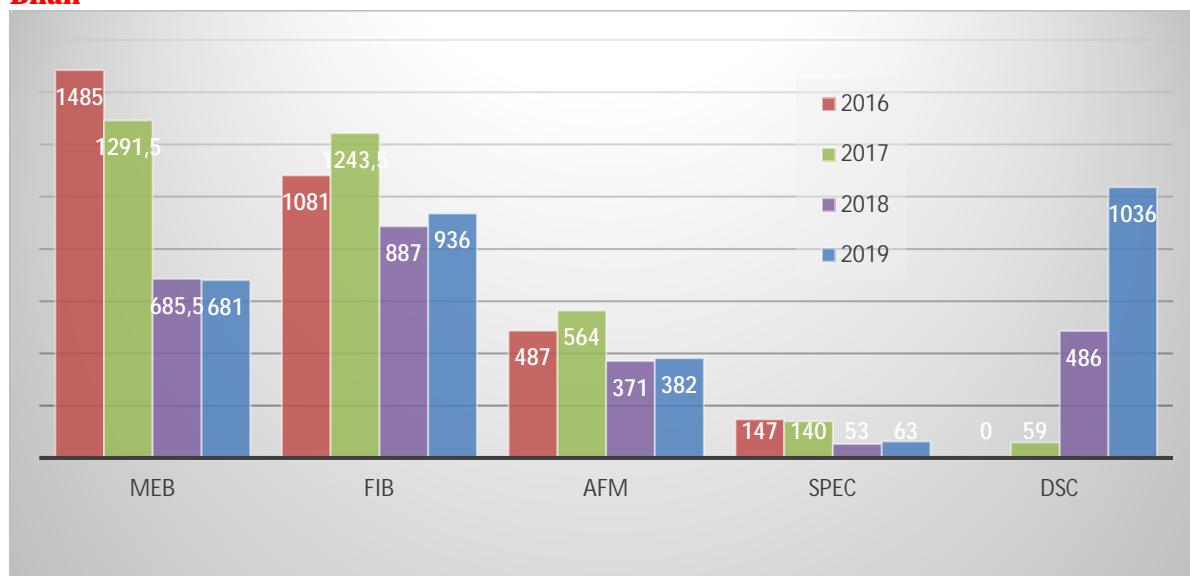
En 2020, le départ d'Andréa va limiter les développements et allonger les délais pour le soutien/formation sur la zone car il n'y a qu'une personne à temps plein sur la zone avec de l'aide de plusieurs permanents de façon très ponctuelle. Une demande de stage (Master) pour développer la coupe d'échantillon biologique par FIB est en cours.

### Gestion des activités

Tous les équipements de la zone de caractérisation sont en libre accès après formation et validation par un personnel de la zone. De plus, il est nécessaire de réserver les MEB, AFM, FIB, DSC et spectromètre (Ellipsomètre, FTIR et spectro UV-VIS) en plus de les logger.

Pour toute demande (formation, suivi, dépannage) merci de contacter les responsables d'équipements (identifié via MYFAB).

### Bilan



On remarque une baisse assez évidente en 2018 et 2019, cela vient en partie de l'arrêt de la salle blanche pendant 3 puis 2 mois.

La DSC est l'équipement le plus réservé car la moindre analyse nécessite plusieurs heures et les utilisateurs ont pris l'habitude de le réserver toute la journée.

En réalité (au temps d'utilisations réel) le FIB Hélios est l'équipement le plus utilisé car il permet d'observer des structures nanoscopiques tout en étant tilté. Aujourd'hui son occupation est acceptable mais si d'autres projets ont des nécessités de l'utiliser, l'acquisition d'un autre MEB HR sera nécessaire. Le MEB S-4800 est également beaucoup utilisé (très variable suivant les périodes de l'année) et

possède la même résolution que l'Hélios mais ne permet pas un déplacement rapide (Navcam), perd de la résolution dès que l'on doit tilter et n'est pas aussi facile à régler. Le faible taux d'utilisation des spectromètres (UV-VIS, FTIR et ellipsomètre) ne reflète pas la réalité car l'ellipsomètre est utilisé quotidiennement, de nombreuses personnes ne doivent pas se noter sur MyFab car ne l'utilisant que des temps assez courts (~5 minutes par mesure).

Il est par contre très important de noter que ces chiffres ne reflètent que les utilisations des équipements « réservés » et que la zone compte beaucoup d'appareils d'utilisation de courte durée non reportée ici (profilomètres optique et mécanique par exemple).

## Chimie

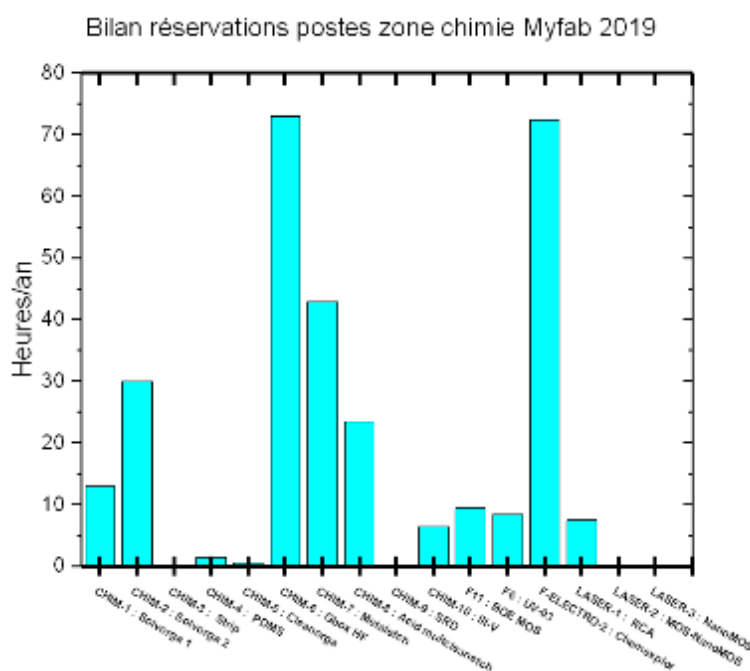
### Point marquants 2019 et projection 2020

Arrivée de Tom Gouveia, AI CDD à mi-temps sur la zone (autre mi-temps en électrochimie) depuis début mars 2019. Il est vivement souhaitable que ce poste soit maintenu en 2020 et au-delà car c'est un réel apport qui s'avère efficace pour améliorer la gestion de la zone, l'aide aux utilisateurs et à leur formation, le développement et la standardisation des procédés ainsi que la maintenance et les réparations des équipements pour en maximiser la disponibilité.

### Gestion des activités

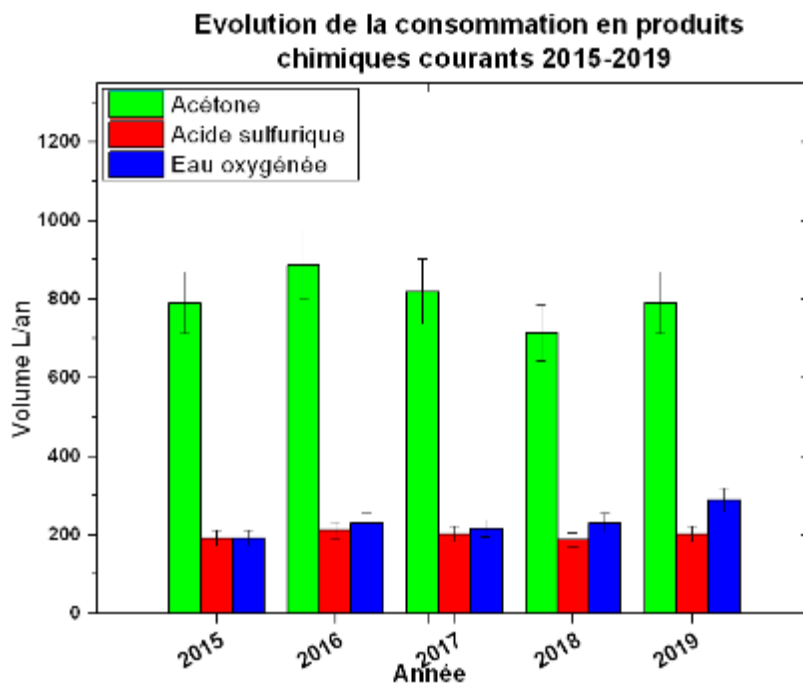
La zone chimie est une zone en libre-service après formation à la sécurité et à l'utilisation des équipements et procédés. Chaque poste est réservable sur Myfab (booking) et doit depuis 2020 y être noté (logging) au même titre que tous les équipements de la salle blanche.

### Bilan



La zone chimie étant en libre service après formation et, une grande partie des activités qui y sont menés étant des opérations courtes et multiples, les postes bien que très utilisés ont été peu réservés en 2019. Les réservations sur MYFAB telles que reportées dans le diagramme ci-dessus ne correspondent donc pas à la réalité des utilisations. Avec l'obligation de noter (booking) les utilisations

en 2020, on peut espérer un suivi plus réaliste l'an prochain. Les réservations des années antérieures étant encore moins fidèles à l'activité, le suivi de l'évolution des activités avec ces données n'aurait pas de sens. Le diagramme ci-dessous du suivi de la consommation en produits chimiques les plus courants reste pour le moment plus représentatif de cette évolution, qui montre une situation plutôt stable.



## CVD

### Point marquants 2019 et projection 2020

La zone CVD existe depuis janvier 2019.

**Personnel et équipements :** Actuellement, 4 personnes (2 IR, 1IE, 1CR) travaillent sur des équipements MOS et NOMOS CVD :

- 5 tubes fours LPCVD MOS,
- 1 CCPECVD (CVD assisté par Plasma à Couplage Capacitif) NOMOS,
- 1 ICPECVD (CVD assisté par Plasma à Couplage Inductif) NOMOS,
- 1 PE-ALD (ALD par CVD et assisté par Plasma à Couplage Inductif) MOS,
- 1 PE-ALD (ALD par CVD et assisté par Plasma à Couplage Capacitif) NOMOS.

En 2019, E. Imbernon est expert des fours LPCVD, J.C. Marrot est expert de l'ICPECVD, P. Dubreuil est expert du CCPECVD, de l'ICPECVD et acquiert les compétences en ALD. E. Scheid est expert en ALD. En 2019 il faut noter un fort investissement des personnels en formation. D'autres compétences seront acquises en 2020.

### Formations 2019 :

- P. Dubreuil a suivi plusieurs formations sur les dépôts chimiques de matériaux sous vide : un module SFV à l'IMN (Nantes), un module de cours Master au Laplace (Toulouse), un module technique de RAFALD au LAAS. Il a été formé par E. Scheid à l'utilisation de l'ALD MOS Fiji au LAAS.
- J.C. Marrot a été formé à l'utilisation du CCPECVD par la société Application-Système.



## Formations 2020 :

- P. Dubreuil se formera à l'utilisation du nouvel ALD NOMOS Si-ALD-LL de Sentech, et des fours LPCVD.
- J.C. Marrot se formera à l'utilisation des fours LPCVD par E. Imbernon.
- Éric Imbernon se formera à l'utilisation du Four vertical REVE par E. Scheid.

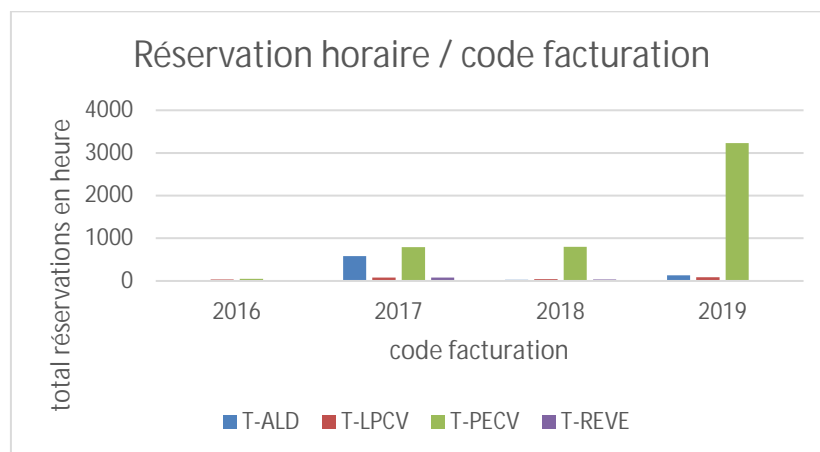
## Gestion des activités

Pour chaque action, le demandeur remplit une fiche de renseignements en interaction avec le personnel intervenant sur la zone. Cette fiche permet de préciser la demande et détailler le substrat sur lequel l'action doit être réalisée.

Les paramètres liés à chaque réalisation sont dorénavant répertoriés dans l'application MyFab lors de la réservation de l'équipement. Il y a un affichage qui explique la réservation et de la validation des équipements, et des PC connectés au réseau permettent ces opérations au sein de la zone CVD. Aucune opération ne sera menée sans l'interaction directe entre le demandeur et l'intervenant TEAM. De plus, aucune opération ne sera menée sans l'enregistrement de celle-ci au préalable dans MyFab.

En retour des caractérisations demandées, l'opération sera facturée et archivée dans MyFab à travers les logs.

## Bilan



Pour information, les dépôts CVD étaient gérés jusqu'en 2019, dans la zone de Traitements Thermiques. Les équipements CCPECVD et ICPECVD sont référencés dans T-PECV et sont réorganisés cette année en fonction des températures et des épaisseurs demandées pour les dépôts.

L'analyse de l'activité CVD sur le période 2016-2019 :

- La demande de dépôts de Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (<100nm) ou Sipoly par LPCVD 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 CVD assisté par plasma.
- Le retour du CCPECVD fin 2018, a permis de retrouver rapidement des procédés pour des dépôts (5nm à 3µm) à 200°C et à 300°C, plaque à plaque ou par lots de trois plaques, pour le SiO<sub>2</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> et SiON sur Si et verre, malgré les soucis rencontrés avec cet équipement dans l'année 2019.
- L'ICPECVD est utilisé à 100°C pour des dépôts plaque à plaque de SiO<sub>2</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> jusqu'à 300nm maximum sur Si, verre et GaAs. Les vitesses des dépôts sont plus faibles sur cette machine.
- L'activité dans l'ALD MOS reste faible, principalement des dépôts plaque à plaque de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (<50nm) sont faits sur Si.

## Dépôts sous vide

### Point marquants 2019 et projection 2020

Séverine VIVIES voit son contrat prolongé jusqu'au mars 2021.

### Gestion des activités

Gestion des équipements (maintenances, procédés et service) :

- La gestion des équipements se fait grâce aux plannings. L'inscription sur ces plannings se fait en salle blanche et en concertation entre les demandeurs et les référents afin d'organiser au mieux l'activité. Regroupement des dépôts identiques (réduction des coûts)
- Optimisation des techniques (évaporation ou pulvérisations)
- Optimisation des matériaux
- Optimisation des épaisseurs

Les équipements de pulvérisation cathodiques sont à accès restreint.

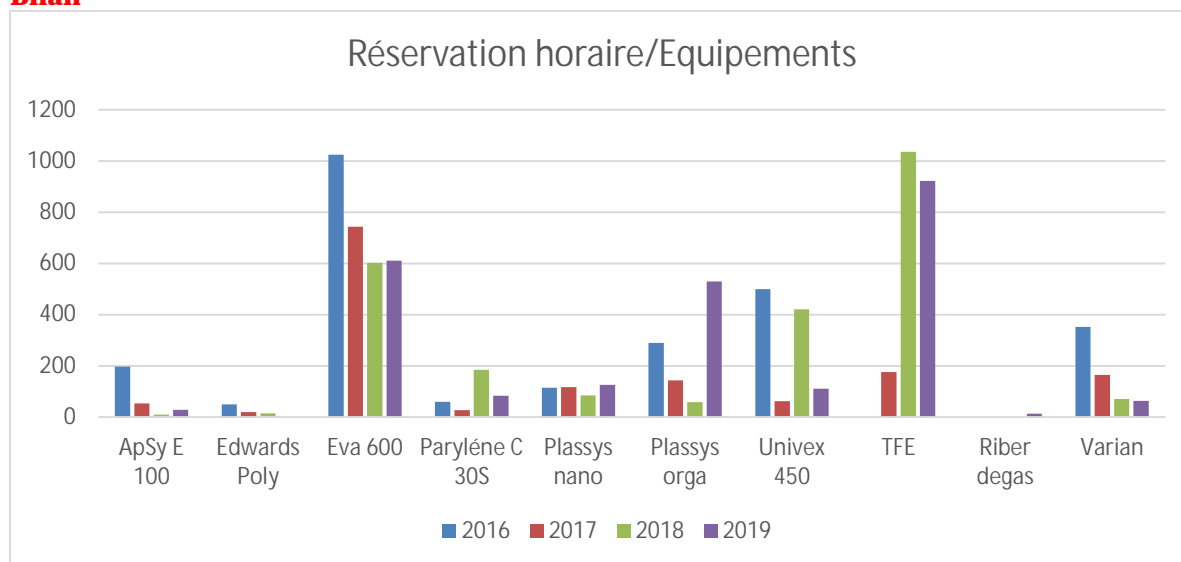
Les conditions pour pouvoir utiliser un équipement de façon autonome sont :

- Utilisation récurrente d'un procédé optimisé.
- Suivre la formation.
- Présenter de façon régulière les résultats des métallisations aux référents de la zone gravure.

Déroulement d'une métallisation :

- Demande de faisabilité auprès des personnels TEAM en charge de la zone.
- Réservation d'un créneau de métallisation sur l'application Myfab. Sinon, la réservation de l'équipement se fait avec les personnels TEAM en charge de la zone.
- Si le demandeur est formé sur l'équipement de métallisation, il fait lui-même les métallisations.
- Si le demandeur n'est pas formé, les personnels TEAM en charge de la zone effectuent les métallisations.
- Compléter le fichier LOG sur MyFab et remplir le tableau avec les résultats de la métallisation.

### Bilan



L'activité reste stable, en effet on compte un total d'heures de réservation de 2479.5 en 2018 pour 2486 en 2019.

Hors activités Renatech la répartition de l'activité sur les différentes équipes est assez équilibrée. Néanmoins les activités les plus importantes sont menées en soutien de l'équipe NEO plus particulièrement pour les thématiques sur les matériaux énergétiques très chronophage. On

notera également que la faible utilisation de l'Edwards Poly a conduit à le sortir de la salle blanche pour récupérer l'emplacement pour l'installation du nouvel équipement AC450.

## Electrochimie

### Points marquants 2019

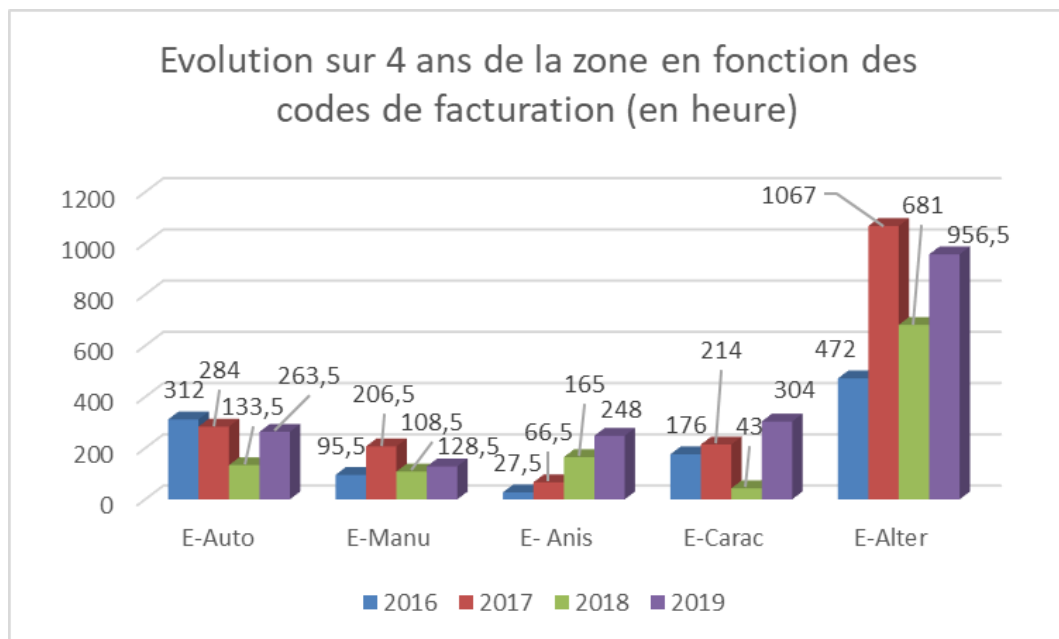
En mars 2019 T. Gouveia est arrivé en tant qu'AI CCD à 50 % de son temps dans la zone. Cela permet à la zone de fonctionner à 1.5 personnes contre 1 personne en 2018. Son arrivée a permis à la zone de reprendre un fonctionnement plus conventionnel et de répondre plus facilement aux besoins des utilisateurs.

### Gestion des activités

La particularité de l'électrochimie fait que chaque dépôt est unique ou presque. C'est pour cela que la demande de dépôt doit se faire bien en amont et directement auprès des membres de la zone. Afin de proposer les meilleures réponses en termes de qualité de dépôt (mask design rules, choix de résine, de bain ...). Cela permettra également d'organiser au mieux l'activité de la zone et de gagner en efficacité.

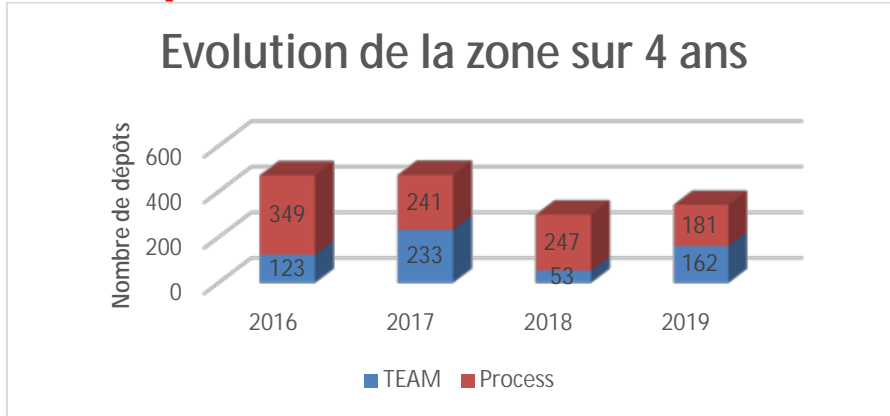
Un planning MyFab est disponible en ligne pour consultation. Les réservations seront toujours **EXCLUSIVEMENT** effectuées par le personnel référent de la zone.

### Bilan



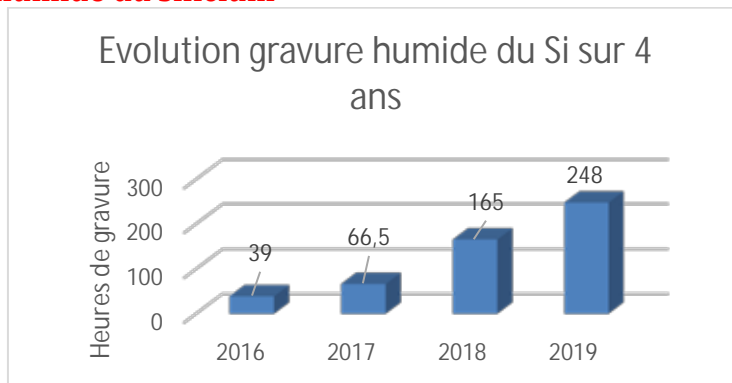
Le code E-Alter permet de recenser l'utilisation de la zone pour les expérimentations de très longue durée spécifiques à des projets ainsi que l'utilisation des paillasse dédiées aux développements et au stripping des résines épaisses

## Nombres de dépôts



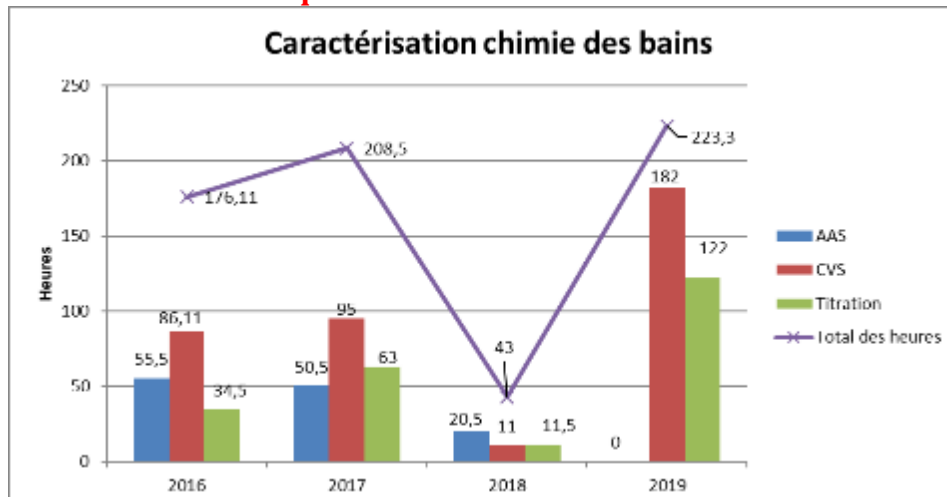
Cette année l'électrochimie a été sollicitée par tous les départements du LAAS et 9 projets Renatech. Si on extrapole le nombre de dépôts en comptant les 2 mois d'arrêt de la salle blanche, le nombre de dépôt est quasi identique aux années pleines. Avec l'arrivée de T. Gouveia dans la zone, nous avons pu à nouveau dégager un peu de temps pour développer de nouvelles briques technologiques. Ce qui explique le nombre de dépôts plus importants associés à TEAM.

## Gravure humide du silicium



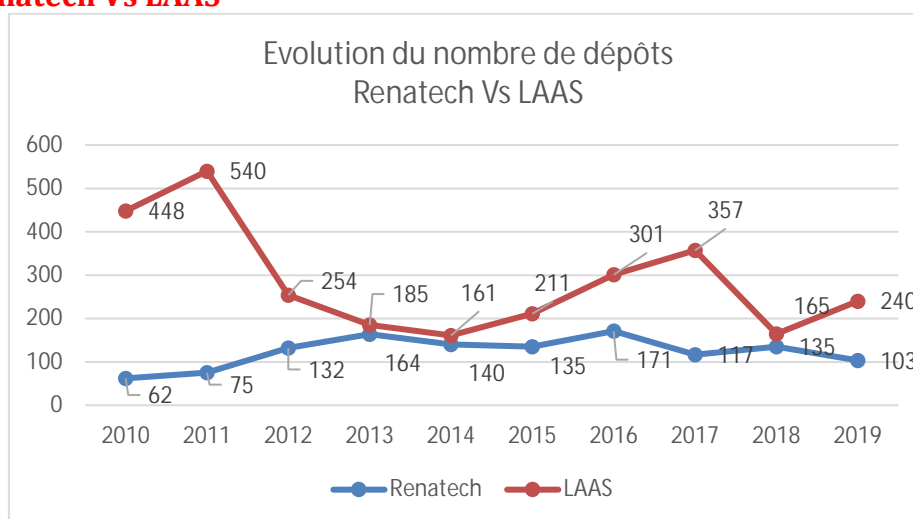
Le nombre de gravures humides continue à augmenter en 2019. Cette augmentation est liée aux nouveaux développements de dépôt de nickel électrochimique qui nécessitent l'attaque complète du silicium pour libérer les shadow mask ou les micro-pièces.

## Caractérisation chimique des bains



Pour garantir la bonne qualité des dépôts, les analyses chimiques sont indispensables. A l'heure actuelle cela représente 24 analyses chimiques par mois soit environ ½ journée par semaine auxquelles il faudra ajouter les 6 nouvelles analyses à mettre au point et à intégrer en routine. Pour les calibrations cela représente 6 dépôts pleine plaque avec réalisation des masques de dépôts, gravure chimique, mesure des contraintes, de l'homogénéité des épaisseurs (10 points de mesure), mesure de rugosité et de la résistivité. Ce qui représente également ½ journée par semaine de calibration physique. Jusqu'à l'année 2017, on voit qu'il y a un suivi hebdomadaire des bains. En 2018 on voit que le temps passé à faire ces analyses a drastiquement chuté. La présence d'un seul permanent imposait de diminuer les analyses pour répondre aux demandes. Cela s'est soldé par de plus nombreux dépôts de moins bonne qualité sur les wafers utilisateurs. Depuis mars 2019 avec l'arrivée de T. GOUVEIA nous avons pu reprendre un suivi efficace des analyses et en développer pour les nouveaux dépôts comme le nickel et cuivre high speed. Ces nouvelles procédures d'analyse sont en relecture finale avant leur publication.

### Renatech Vs LAAS



Le nombre de dépôts réalisés pour les projets Renatech est stable en 2019. L'électrochimie devrait être une ressource fortement demandée en 2020 : déjà plusieurs demandes RENATECH avec de nombreux wafers sont en préparation. Nous sommes fortement sollicités car nous sommes la seule centrale technologique du réseau à avoir une expertise sur plusieurs matériaux électro déposés, compatible 4 pouces et sur de très fortes épaisseurs.

## Epitaxie par jets moléculaires

### Point marquants 2019 et projection 2020

La zone a accueilli en 2019 une ingénieure CDD financée par TTT, Alexandra Gorry-Pollet, sur une durée de 9 mois. Elle a apporté son soutien dans le projet d'automatisation de certaines étapes du procédé d'épitaxie par jets moléculaire.

### Gestion des activités

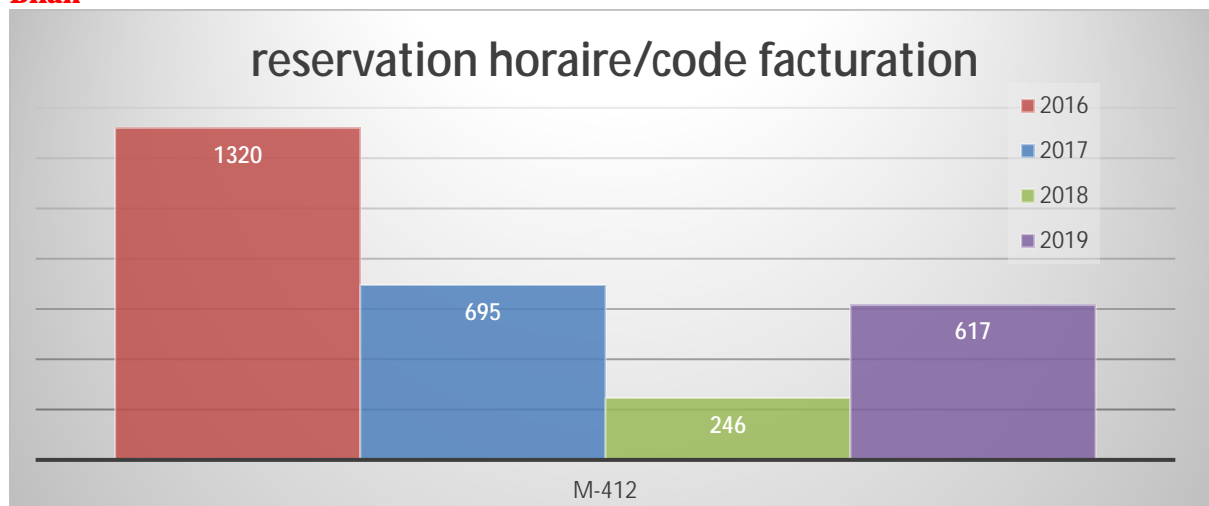
Deux doctorantes autonomes ont travaillé sur la zone en 2019, sur des projets distincts : la compréhension des mécanismes de croissance du GaAsBi pour Clara Cornille, encadrée par Chantal Fontaine, et la croissance de nanofils BiSb pour Dima Sadek, encadrée par Sébastien Plissard. Ces doctorantes sont autonomes dans l'utilisation du système d'épitaxie MBE412. Les croissances pour des demandes internes ou Renatech sont réalisées par l'IR de la zone (Alexandre Arnoult), suite à une définition en concertation des structures à faire croître. Il effectue aussi le

développement d'outils originaux de suivi in-situ de la croissance.

Quentin Gravelier (AI) assure quant à lui l'approvisionnement, les maintenances périodiques, le suivi technique et le soutien ou la réalisation de développements sur les équipements. Il effectue aussi des croissances d'étalonnages, les mesures par effet Hall, et la formation à la GIXRD sur le diffractomètre situé dans la zone.

Les maintenances lourdes (ouverture de la chambre de croissance) sont réalisées par les IT, avec l'aide active de tous les acteurs de la zone (chercheurs et doctorants).

## Bilan



L'activité de l'année 2019 sur le MBE412 a été soutenue pendant les périodes de disponibilité de l'équipement, c'est-à-dire jusqu'à fin juillet.

Notons que la maintenance lourde réalisée en octobre a été rendue nécessaire par la fuite d'un panneau à eau, elle-même consécutive aux travaux sur la boucle de refroidissement d'eau de la salle blanche. Le bâti a donc été indisponible d'août 2019 à mi-janvier 2020.

## Gravure plasma

### Points marquants 2019 et projection 2020

Laurent Bouscayrol a intégré la zone Gravure en Janvier 2019 afin de remplacer Pascal Dubreuil qui est maintenant responsable de la zone CVD. Depuis Novembre 2019, Demba Ba a été embauché en tant qu'IE (CDD de 1 an) afin de remplacer Aurélie Lecestre qui sera en congé maternité en 2020 (d'Avril à Septembre).

### Gestion des activités

#### Gestion des équipements (maintenances, procédés et service) :

L'utilisation des équipements de délaquage de résine (Diener et Tepla) est en libre-service après une formation qui est obligatoire à tous les nouveaux entrants en salle blanche.

#### Les équipements de gravure plasma RIE-ICP et DRIE sont à accès restreint.

Les conditions pour pouvoir utiliser un équipement de façon autonome sont :

- Utilisation récurrente d'un procédé optimisé.
- Suivre la formation.
- Présenter de façon régulière les résultats de gravure aux référents de la zone gravure.

Déroulement d'une gravure :

- Demande de faisabilité auprès des personnels TEAM en charge de la zone.
- Réservation d'un créneau de gravure sur l'application Myfab. Sinon, la réservation de l'équipement se fait avec les personnels TEAM en charge de la zone.

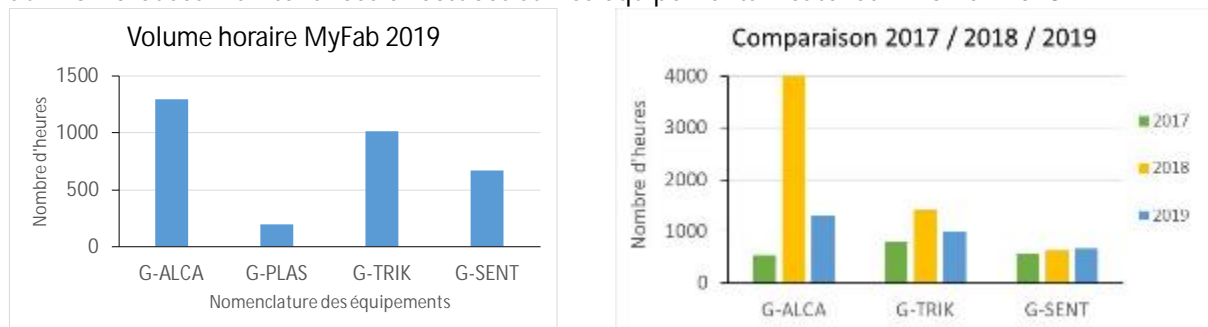


- Si le demandeur est formé sur l'équipement de gravure, il fait lui-même les gravures.
- Si le demandeur n'est pas formé, les personnels TEAM en charge de la zone effectuent les gravures.
- Compléter le fichier LOG sur MyFab et remplir le tableau avec les résultats de la gravure.

## Bilan

Le nombre d'heures affiché sur ces graphiques représente tous les procédés (service, développement, qualification/tests) et toutes les maintenances (maintenances préventives et pannes). Il faut noter que beaucoup d'heures de maintenances ont été comptabilisées sur les équipements Alcatel et Trikon.

Le nombre d'heures d'utilisation en 2018 est plus importants que les 2 autres années, ceci est due aux nombreuses maintenances effectuées sur les équipements Alcatel et Trikon en 2018.



Les utilisateurs des équipements de plasma O2 réservent très rarement l'équipement sur Myfab, donc le nombre d'heures d'utilisation « G-PLAS » ne représente pas la réalité. En effet, en 2019 il y a eu environ 2070 procédés effectués sur l'équipement TEPLA (correspondant à ~170h de plasma), et 230 procédés effectués sur l'équipement DIENER (correspondant à ~20h de plasma). Les heures comptabilisées sur Myfab pour TEPLA et DIENER représentent à peine la moitié du temps réel d'utilisation de la machine.

## G-ALCA

L'équipement le plus utilisée est Alcatel-P1 :

- Le réacteur P1 est dédié à la gravure du silicium pour des profondeurs submicroniques et microniques (jusqu'à 600µm) avec des rapports d'aspects élevés.
- Cet équipement est utilisé par quasiment toutes les équipes de recherche.
- Généralement le temps des procédés est long, car cet équipement a été conçu pour des gravures profondes.

L'équipement Alcatel-P4 :

- Le réacteur P4 est dédié à la gravure profonde du verre.
- Une nouvelle résine négative a été mise en place pour ce type de gravure. Ceci a permis de réaliser 2 nouveaux projets de gravure du verre.

## G-TRIK

Les équipements ICP2 et ICP3 :

- ICP3 est dédié aux gravures de nombreux matériaux dont les métaux, par conséquent les temps de gravure sont en moyenne inférieurs à 15min. ICP3 est très sollicitée par rapport à ICP2.
- ICP2 est utilisé pour la gravure des III-V en gaz chlorés. Depuis l'arrivée du nouvel équipement SI500, l'ICP2 est beaucoup moins utilisé.

## G-SENT

Les équipements Etchlab et SI500 :

- 4 équipes de recherche utilisent ces équipements (MPN, PHOTO, MICA, ISGE) et TEAM.
- Ces équipements sont dédiés pour des gravures submicroniques, par conséquent les temps de gravure sont très courts.
- Ces équipements ont été livrés fin 2015. Depuis, un travail important sur le développement des procédés a été effectué avec ces équipes de recherche.

### G-PLAS

- L'équipement Tepla est très utilisé pour le délaquage des résines et le traitement de surface pour les matériaux NoMos.
- L'équipement Diener est utilisé pour le traitement de surface sur silicium vierge avant lithographie, et pour le délaquage ou traitement de surface en technologie MOS.

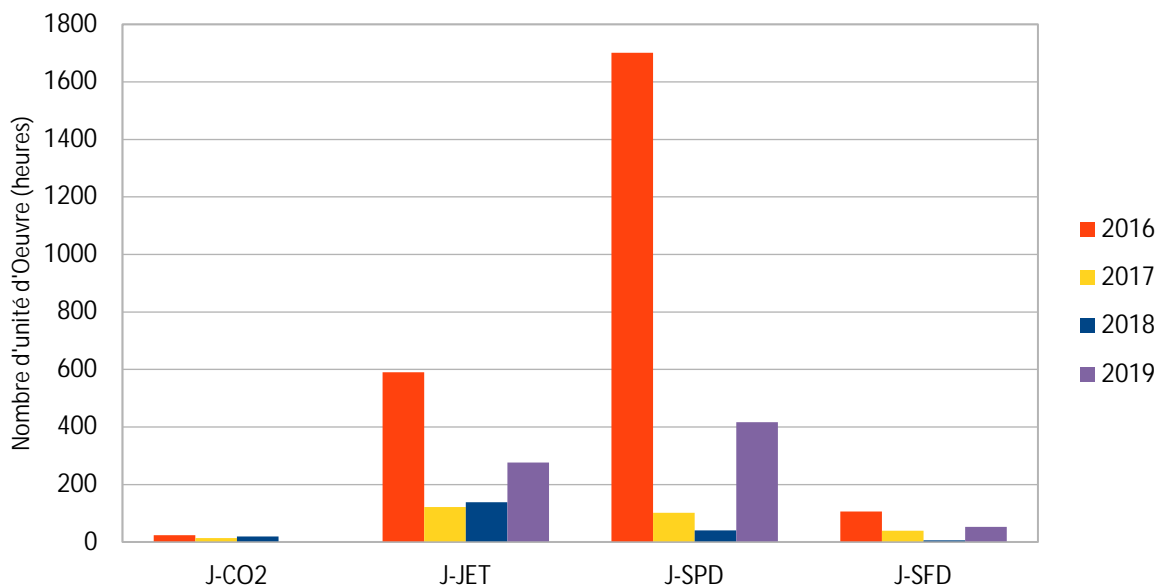
## Jet d'encre et traitements de surface

### Gestion des activités

Pour les procédés jet d'encre, les réalisations et les développements sont gérés par le personnel de la zone. Pour les procédés de traitement de surface et de séchage en CO2 supercritique, les personnes sont formées en fonction de l'utilisation prévue.

### Bilan

Utilisation des produits par année



En jet d'encre l'utilisation concerne principalement les développements de procédés sur la Ceradrop. Sur le SPD l'activité projet est régulière. Le pic d'utilisation en 2016 concerne la remise en route de l'équipement suite à une pollution due au développement d'un nouveau procédé. Le pic en 2019 est dû à l'arrêt pour la reprise de l'extraction puis pour le déménagement et les quelques maintenances. Sur le tousimis et le SFD l'activité est stable.

## Lithographie Laser

### Point marquants 2019 et projection 2020

David Colin a suivi des formations aux techniques laser et aux techniques de lithographie pour pouvoir mener des développements de procédés dans la zone. L'implication de David Colin dans la zone l'amène à se former aux techniques générales de photolithographie optique et de caractérisations pour mieux comprendre l'usage des différents types de masques qu'il fabrique.

### Gestion des activités

La zone lithographie laser regroupe trois activités :

- La fabrication de masques et de réticules optiques,
- La fabrication de structures 2D et 3D,

R Courson traite plus particulièrement le développement de procédés pour la structuration 2.5D ou 3D.

D Colin est impliqué à la vérification des dessins des masques, la commande du masqueur et les traitements chimiques pour la fabrication des masques et les insolations directes sur substrats.

PF Calmon traite plus particulièrement la fabrication des réticules et l'ajustement des paramètres d'écriture des systèmes de lithographie lasers DWL200, D750 et Nanoscribe.

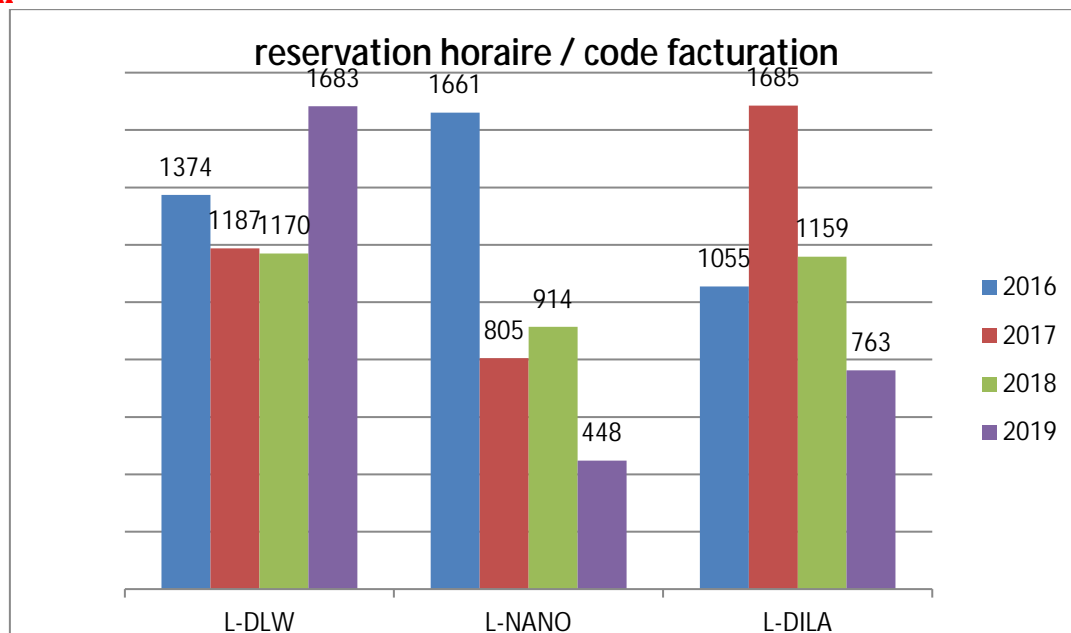
Les dessins des masques qui nous sont transmis, sont réalisés par des personnes ayant les compétences suivantes :

- Connaissances des procédés technologiques de la salle blanche
- Connaissances des logiciels de CAO

Au final, les dessins des masques doivent être validés par le responsable du demandeur.

Une bibliothèque des masques existants est archivée vers le lien : \\Pongo\partage\_team\Dessins des masques. Cette bibliothèque contient aussi des fichiers de mires d'alignement et des tableaux pour l'identification des masques: Liste des Masques.xls et l'enregistrement de nouvelles demandes: EXXX\_DEMANDE\_MASQ.xls.

### Bilan



La fabrication des masques ou réticules a augmenté de 29 % par rapport à l'année précédente. C'est en 2009 que nous avons fabriqué une quantité similaire de masques. Cette augmentation est principalement liée aux projets exogènes Renatech (+47%) et dans une moindre mesure aux projets

internes (+20%). Le volume de masques ou réticules destiné aux projets exogènes Renatech était de 41 % en 2017, 31% en 2018 et 35% en 2019.

Les équipements Dilase et PP Nanoscribe ont été moins utilisés en 2019 : l'équipement PP Nanoscribe est moins sollicité pour le développement des projets de l'équipe ELIA. Il est parfois utilisé pour des projets exogènes du réseau Renatech ou des projets internes (MICA et Photonique). Les équipements Dilase sont plus récemment utilisés pour traiter des petits échantillons ou effectuer des prototypages rapides.

## Nanolithographies

### Point marquants 2019 et projection 2020

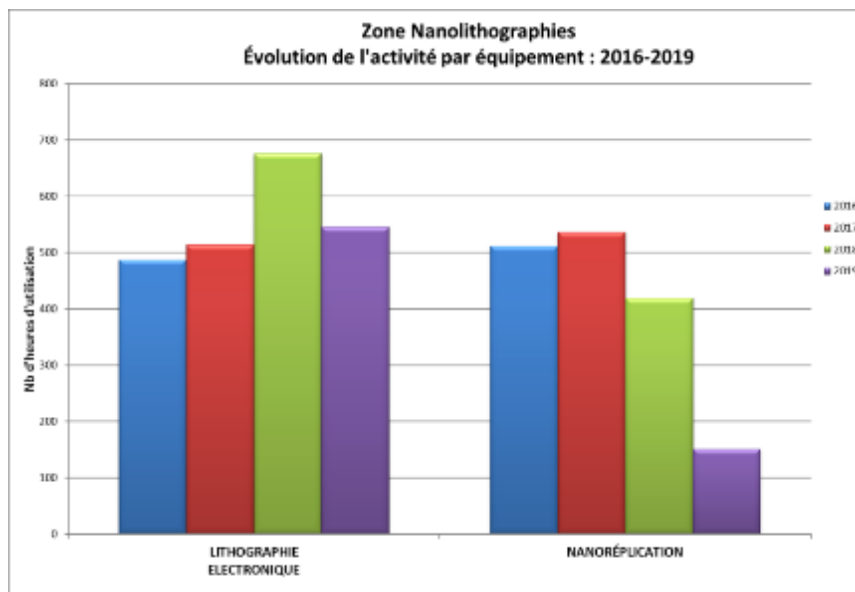
Arrivée de Clothilde Péra en octobre 2019 : apprentie ingénieure ENSIACET

### Gestion des activités

Elle repose sur le travail en équipe :

- o Franck Carcenac – IR : responsable lithographie électronique + participation en zone CARACTÉRISATION sur les MEBs
  - o Emmanuelle Daran – IR : responsable nanoréplication + participation en zone CARACTÉRISATION sur les AFMs
  - o Jean-Baptiste Doucet – IE : développement de nouveaux polymères et traitements chimiques des surfaces + responsable de la zone CHIMIE
  - o Clothilde Péra – Apprentie Ingénieure : utilisation de polymères bio-sourcés/biocompatibles/biodégradables en micro-nano-technologie ; développement des procédés de nano-impression (ex. : nouveaux polymères utilisés comme sous-couche pour le lift-off)
- Les agendas des personnels de la zone sont accessibles en ligne et à jour de tout ce qui est prévisible
  - Le fonctionnement de la zone repose sur l'ouverture, la formation et le partage des procédés. Toute personne formée quel que soit son statut peut utiliser les équipements et les procédés mis au point précédemment.

### Bilan



Activité stable en lithographie électronique.

Nous notons une diminution importante des temps de réservation de l'équipement de Nano Impression. Cela peut s'expliquer en partie par le fait qu'il n'y a pas eu de stagiaire en nano-impression en 2019 : le choix a été fait d'encadrer une stagiaire en e-learning. Nous n'avons donc pas développé de nouveaux procédés en collaboration avec les équipes de recherche cette année.

## Photolithographie

### Point marquants 2019 et projection 2020

Entre Juillet et Septembre 2019, Julien Joneau a réalisé un stage à l'ICN2 Barcelone dans le cadre de son cursus de formation d'ingénieur.

Plusieurs membres du service TEAM sont également impliqués dans la zone. Demba Ba en CDD aujourd'hui en gravure plasma a participé pendant son stage Master 2 au développement de nouvelles résines de photolithographie.

Enfin Laurent Mazenq a commencé à se former en lithographie électronique et Adrian Laborde commencera à se former à la lithographie 3D (Nanoscribe).

### Gestion des activités

Gestion des équipements (maintenances, procédés et service) :

Les équipements de la zone photolithographie sont en libre-service après formation. Cette formation est obligatoire lors de l'arrivée des nouveaux entrants dans la plateforme.

Les réservations des équipements se font au moyen de l'outil de réservation en ligne Myfab. Après utilisation des ressources de la zone, l'utilisateur note les résultats des opérations de contrôles (épaisseur de résines, défauts observés) sur Myfab.

### Bilan

Le graphique suivant représente l'ensemble des temps d'occupation machines, soit **3880h sur l'année**, composés du temps procédés (3719h) et temps maintenance (161h).

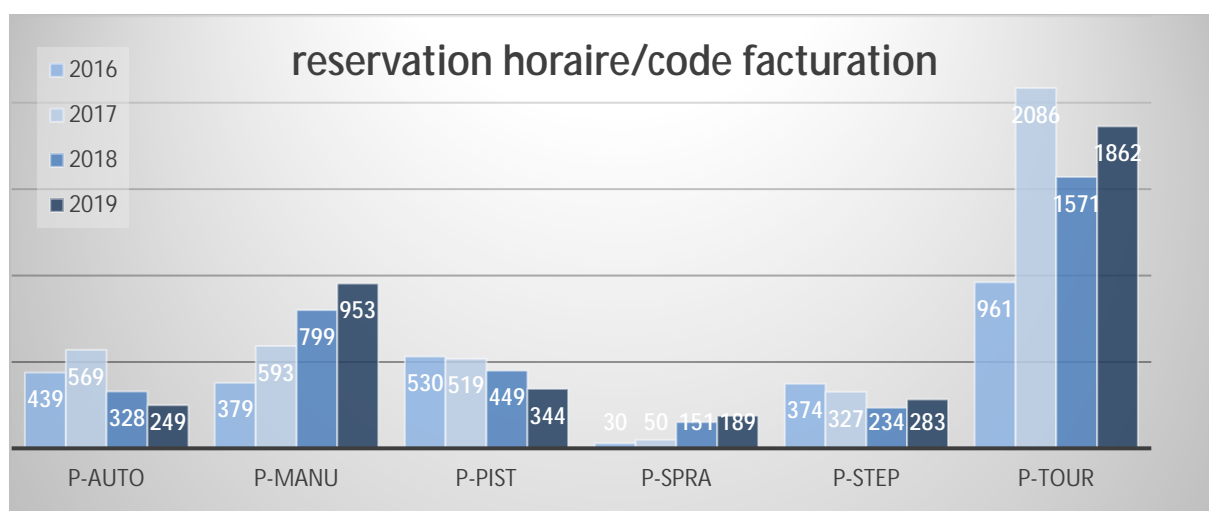


Figure 5 comparaison des réservations horaires

Sur l'ensemble du parc machines, l'activité est stable aux environs de 4000 heures d'utilisation dans l'année.

On constate une nette hausse des utilisations des équipements plus manuels (tournettes et MA6 gen4), au détriment des équipements automatiques (principalement la MA150 et les pistes EVG 120).

Les équipements automatiques sont plus adaptés pour réaliser des « grosses » séries de wafers (10 à 25 wafers), usage de moins en moins pratiqué sur l'ensemble des projets qui sont actuellement plus centrés sur des petites séries (2-3 wafers par run), où les équipements manuels se montrent généralement plus flexibles, modulables et facile d'utilisation (car plus modernes)

On remarque que le spray coater confirme sont statuts d'équipement incontournable de la zone depuis 2018, avec une forte utilisation chez les utilisateurs de petits échantillons notamment.

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

### Point marquants 2019 et projection 2020

Début 2019, avec l'arrivée de Pascal Dubreuil, la zone a été coupée en deux avec la création d'une zone CVD. La zone traitements thermiques et implantation est composé de deux personnes :

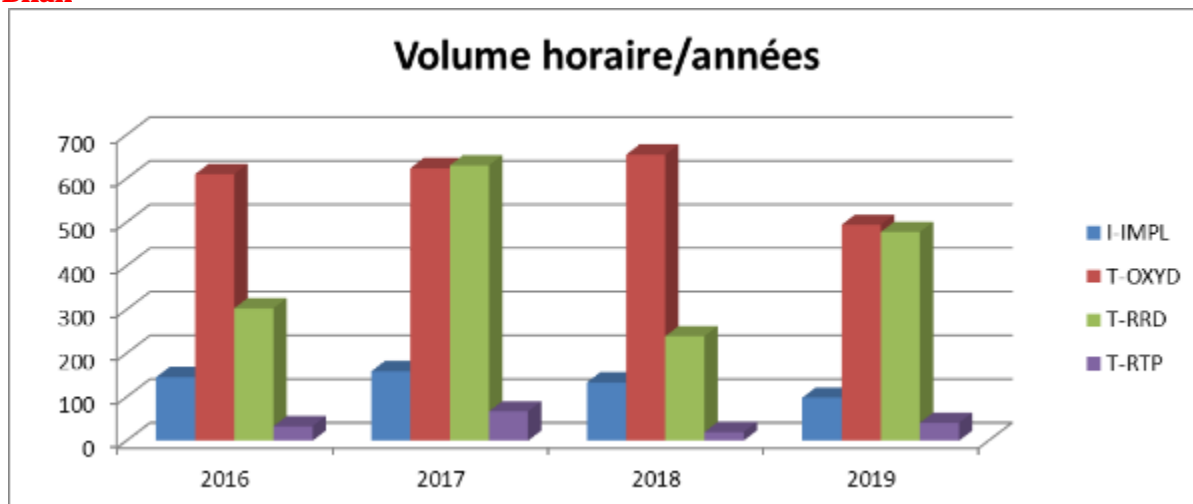
- Imbernon Éric (IR1) : responsable de zone, gère l'implanteur ionique et les bâtis d'oxydation, redistribution (AET et Centrotherm) ainsi que les bâtis de recuits métaux.
- Marrot Jean-Christophe (IE) est en charge de l'implanteur ionique ainsi que des bâtis de recuit métaux AET et recuits rapides. En 2020 il va se former sur les bâtis d'oxydation et de redistribution AET et Centrotherm.

### Gestion des activités

Aucune opération n'est menée sans l'interaction directe et préalable entre le demandeur et l'intervenant. Ces interactions permettent d'organiser au mieux la gestion du planning des équipements. Tous les procédés réalisés dans la zone sont archivés dans un fichier électronique. De plus Les paramètres liés à chaque réalisation sont dorénavant répertoriés dans l'application MyFab LIMS à travers les logs.

Mis à part les tubes de recuits métaux et les fours de recuits rapides qui sont en libre-service pour un nombre limité de personnes, les réservations seront toujours exclusivement effectuées par le personnel référent de la zone.

### Bilan



On note une certaine diminution de l'activité sans explication particulière. Cette évolution sera à juger sur le long terme.

De plus on peut noter une irrégularité sur la partie RRD (Recuit/Redistribution/Dopage). Cela dépend fortement des demandes qui nécessitent parfois des temps de recuits très long (plus de 10h), sur des polymides par exemple.



## Soutien

### Gestion des activités

Les activités apportent un soutien administratif et logistique à l'ensemble des acteurs impliqués dans la salle blanche. Elles visent à assurer la plus grande fluidité possible dans diverses procédures mises en place à la fois en interne par la plateforme ou par les tutelles.

La tendance est au développement de nouveaux outils numériques pour faciliter cette gestion, Du fait du départ de deux personnes de ces activités cela se fera au détriment d'un contact direct avec tous les intervenants.

A partir de 2019 l'ensemble des activités incombant à cette zone seront reportées sur d'autres membres du service. Ce qui accentue encore la pression sur ces personnes

### Bilan

#### Gestion des nouveaux arrivants (Cellule formation) 57 personnes

Il s'agit d'accueillir toutes les personnes qui entrent en salle blanche pour qu'elles disposent de toutes les informations et de tous les moyens qui leur sont nécessaires pour pouvoir travailler.

A l'issue de ces formations la responsabilité personnelle des nouveaux arrivants peut être engagée car ils ont reçu toutes les informations sur les procédures à suivre.

#### Stock salle blanche (Réparti sur les zones jet d'encre, chimie, électrochimie, PVD, EJM et M. Dilhan, H. Granier) 200 références

Le stock des consommables représente près de 200 références. Il faut constamment veiller à ce que celui-ci soit à jour et anticiper les demandes en période de forte affluence (ex : Surchausses), tenir compte des délais fournisseur.

Le catalogue numérique mis en place en 2017 a été abandonné.

#### Tenues salle blanche (H. Granier et M. Dilhan en 2019) 490 tenues

Les tenues de salle blanche sont nettoyées par une société extérieure. Il convient de préparer chaque semaine le lot des tenues à décontaminer, de vérifier l'état de celles-ci et si besoin, de les faire réparer. Cette action est maintenant réalisée le vendredi pendant le réapprovisionnement de la salle blanche (heure "soleil")

Tous les 3 ans, un appel d'offre est réalisé pour le contrat de nettoyage des tenues.

Le SAS est approvisionné chaque jour en gants, surchausses, charlottes et essuyeurs. Cette action est maintenant conduite par la société de nettoyage de la salle blanche. Le réapprovisionnement du stock étant assuré par M. Dilhan et H. Granier.

L'état de propreté du SAS est également vérifié quotidiennement par les membres du service TEAM entrants.

#### Fiches de process et facturation (M. Dilhan) 105 fiches internes + 52 fiches externes

Les fiches de process ont été un élément essentiel de la procédure de facturation. De plus elles constituaient une sorte de cahier de laboratoire simplifié

Dans le souci d'unification des informations sur un seul support depuis le 1<sup>er</sup> janvier l'ensemble des éléments contenus dans les fiches de process se retrouve sur MyFab.

La complétion des logs qui est maintenant obligatoire permet de noter les éléments process. Les nouveaux tarifs qui seront audités début 2020 sont tous à l'heure, ils s'appliqueront donc aux heures d'utilisation de la salle blanche.

Si cette nouvelle façon de faire simplifie la situation tout le processus de facturation restera inchangé une fois les données extraites de Myfab.

#### Demandes d'achats (Service gestion) environ 350 actes

Le chef de service pré affecte toutes les demandes d'engagements de dépenses sur les lignes budgétaires disponibles et spécifiques à la salle blanche. Les personnels du service gestion assurent

la vérification et la saisie des DED pour les passer en commandes. Une copie est systématiquement envoyée par mail au demandeur de la DED. Les non conformités à la facturation sont aussi gérées directement entre le demandeur et le service gestion. Ce système démontré sa très grande efficacité.

### Communication du service (S. Charlot)

Un site intranet dédié au service TEAM est régulièrement alimenté. Ceci permet aux nouveaux arrivants de pouvoir suivre la procédure d'accueil et facilite leurs démarches tout au long de leur séjour. On y retrouve notamment toutes les procédures d'accès à la plateforme, des informations essentielles sur le service TEAM ainsi que des rapports techniques. Malgré son départ du service V. Luque a accepté de poursuivre cette mission pendant quelques mois. C'est maintenant S. Charlot qui l'assure pour le service

### Heures soleil (H. Granier, M Dilhan)

Sous ce nom se cache l'organisation du nettoyage /approvisionnement collectif effectué tous les vendredis à 15h30 en salle blanche.

La séquence est la suivante :

- Planification trimestrielle de la liste des intervenants
- Diffusion hebdomadaire d'un message de rappel aux personnes concernées
- Mise en place des procédures écrites à l'entrée de la salle blanche.
- Gestion des éventuelles absences des personnes sollicitées.

## Support

### Gestion des activités

Les activités apportent un support logistique et technique dans la gestion de l'infrastructure. Il s'agit de gérer tous les intervenants externes nécessaires au fonctionnement des réseaux divers et des organes de sécurité. Une part important de l'activité porte également sur la préparation de l'installation des équipements. Quand une machine arrive tout doit être prêt pour son démarrage immédiat. Enfin la zone assure le suivi d'un certain nombre de contrats avec les prestataires extérieurs (ménage, capteurs de sécurité, air sec, portes automatiques, location bouteilles et achat gaz process)

- Les sollicitations sont multiples à la fois dans leur envergure, leur nombre et leur origine.
- Les personnels peuvent aussi être sollicités par d'autres plateformes du laboratoire pour des actions ponctuelles dans le suivi des infrastructures ou l'installation d'équipements.
- Il existe des relations étroites avec le service logistique du laboratoire dans la gestion de l'infrastructure, plus particulièrement sur le traitement d'air

### Bilan

**Maintenances préventives et curatives de tous les réseaux et suivi des contrats liés à l'infrastructure.**

<b>Traitement d'air :</b>	5 centrales d'air neuf équipées de deux humidificateurs 4 extracteurs 126 FFU avec système de pilotage
<b>Production eau déionisée :</b>	Prétraitement : adoucisseur, charbon actif, osmoseur Traitement : résine lit mélangé, "UV", filtration 0,22µm Régulation T° de la boucle eau DI Pompe de circulation

<b>Centrale eau de refroidissement : Réseau général</b>	Pompe de circulation 16M3/h -- 3Bars Echangeur eau glacée T° entrée 8°C sortie 15°C Filtration 3µm Régulation automatique 18°C – 22°C
<b>Centrale eau de refroidissement : Réseau dédié à la zone “four”</b>	Pompe de circulation 15M3/h -- 3Bars Echangeur eau glacée T° entrée 8°C sortie 15°C Filtration 3µm Régulation T° manuelle 20°C – 24°C
<b>Réseau gaz purs :</b>	Une trentaine de gaz différents : Hydrogène, azote hydrogéné, argon, oxygène, ammoniac, silane, disilane, dichlorosilane, hélium..... etc. Centrales Gaz
<b>Système sécurité gaz :</b>	Capteur : zone four gaz dangereux, MBE seuil O2 Scrubber PC commande
<b>Centrale vide :</b>	une pompe en service + une pompe en réserve pour intervention maintenance
<b>Contrôle qualité :</b>	Appareil de mesure particulaire Anémomètre à fils chaud
<b>Traitement rejets liquides</b>	Station traitement des effluents liquides. (neutralisation)
<b>Station traitement Air Sec</b>	Unité de filtration air sec installation générale. Sous station production air sec “Stepper “
<b>Sécurité</b>	Douches de sécurité, mesures COV stock chimie
<b>Azote liquide</b>	Tanker azote liquide et tanker azote gazeux
<b>Stock gaz</b>	Location des bouteilles et approvisionnement
<b>Portes automatiques</b>	Vérification périodique

#### Installation Machines :

Préparation de l'infrastructure et gestion des interactions avec les intervenants externes sur tous les équipements listés dans le chapitre sur les nouveaux équipements installés en 2019

Préparations pour 2020

- PVD III-V

#### Infrastructure

Travail avec le service « affaires immobilières et logistique » de la Délégation Régionale sur la réalisation de travaux permettant

- La rénovation du système de pilotage pour assurer la pérennité du fonctionnement de la salle blanche.
- L'optimisation énergétique tout en maintenant identique le niveau de sécurité pour les utilisateurs, les infrastructures et équipements ; et aussi la qualité de l'environnement.

Pour cela les travaux portent sur 4 aspects

- Rénovation du système de traitement d'air
- Installation d'un système centralisé de supervision (type GTC)
- Installations d'équipements de récupération d'énergie

La seconde phase de 2 mois s'est déroulée en 2019.

# PARTENARIAT RENATECH

La cellule Renatech  
Bilan des demandes  
Actions initiées  
Projets 2018

## CELLULE RENATECH

### Objectif

L'objectif de la cellule est de prendre en charge l'ensemble des demandes Renatech de la plateforme technologique. La cellule gère le traitement et le suivi des demandes.

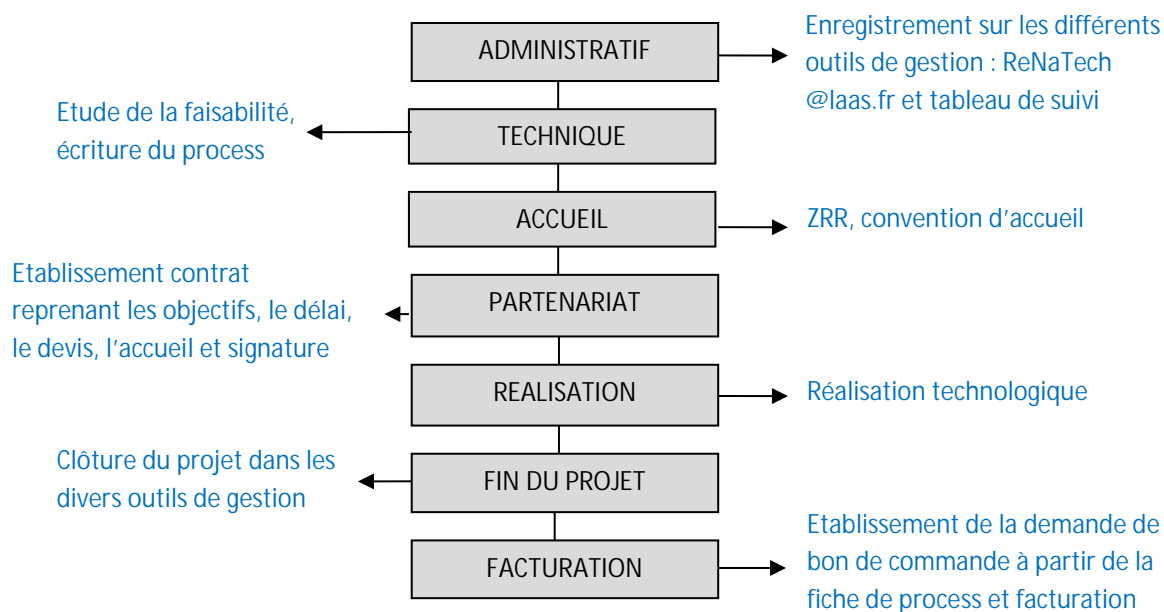
### Organisation

#### Personnel

- Dilhan Monique (IRHC) : Responsable adjointe au responsable du service TEAM
- Bourrier David (IEHC) : Responsable de la Zone « Electrochimie »
- 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/>).

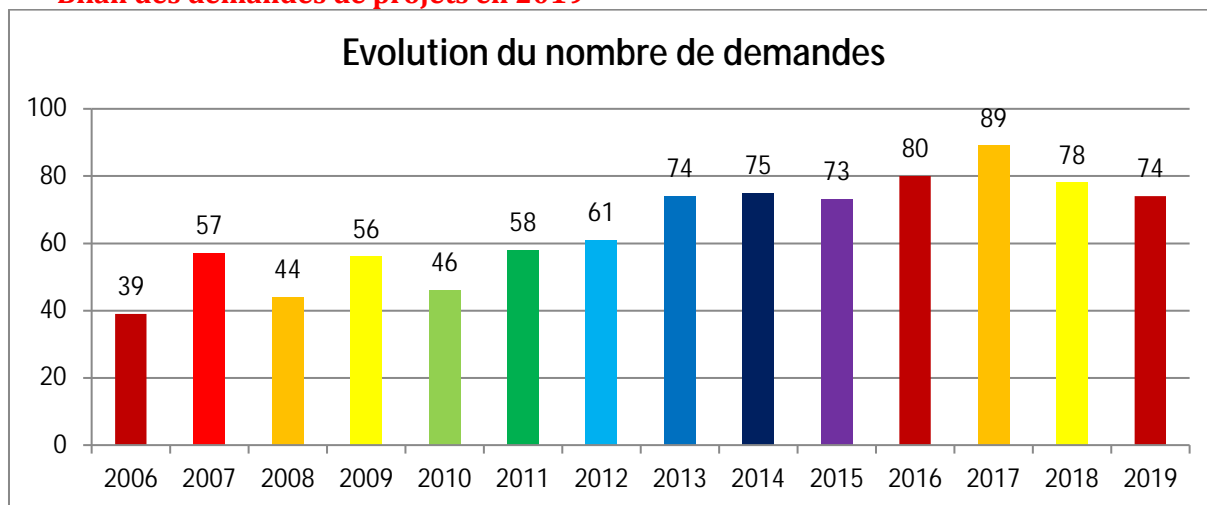
La répartition entre les membres de la cellule s'effectue en fonction de la problématique et de la disponibilité.

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

## BILAN

La salle blanche a fermé 2 mois en 2019.

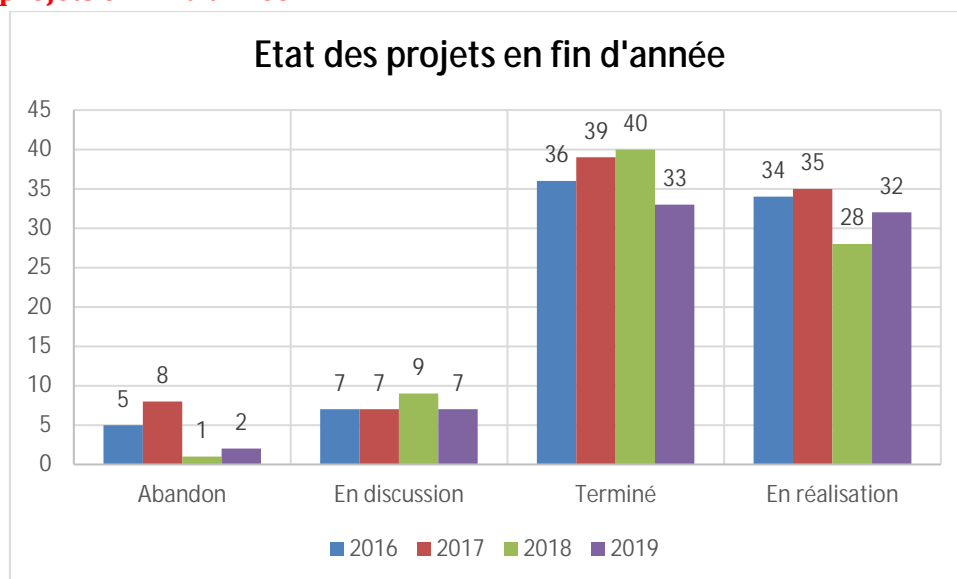
### Bilan des demandes de projets en 2019



L'ensemble des projets 2019 est listé en annexe.

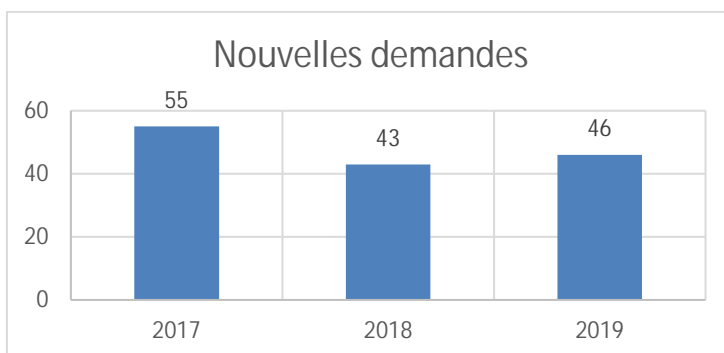
Le nombre total de projets baisse cette année encore mais il est important de regarder l'état des projets en fin d'années et particulièrement le report des projets d'une année sur l'autre.

### Etat des projets en fin d'année



Le nombre de projets qui reste en réalisation en fin d'année est comptabilisé dans le nombre de projets de l'année suivante. Hors en 2018, en raison de la fermeture de 3 mois, lors du 2<sup>ème</sup> semestre nous avons orienté les demandes vers les autres centrales du réseau Renatech. Cela a entraîné une diminution du nombre de projets prolongés en 2019 (28 au lieu de 34-35 les années précédentes). Donc si l'on regarde non pas le nombre de projets mais le nombre de nouvelles demandes, nous avons reçu en 2019 plus de nouvelles demandes qu'en 2018.





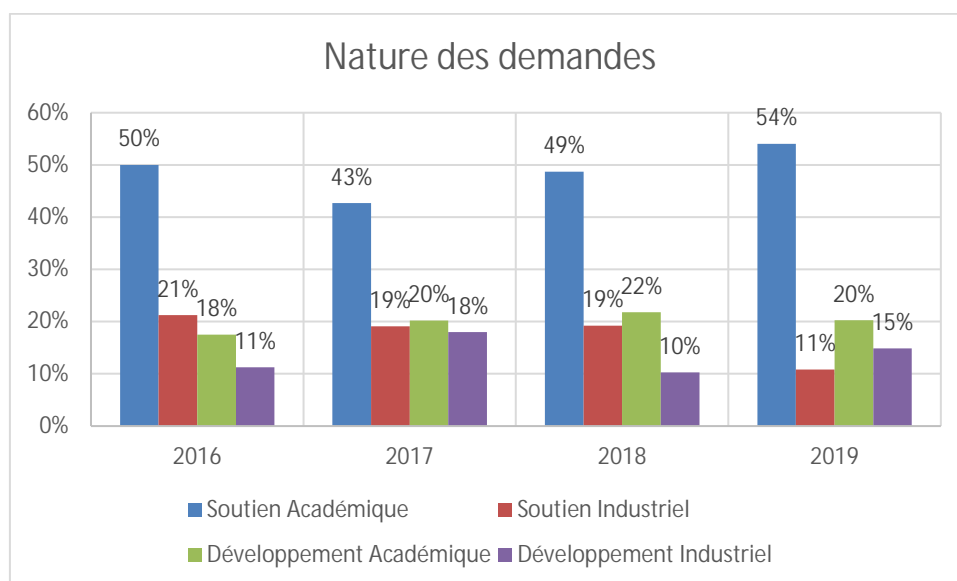
### Traitement des demandes

74 projets en 2019 dont 28 projets 2018 qui se sont prolongés:

- 2 abandonnées par le demandeur
- 33 projets terminés
- 32 demandes en cours de réalisation qu'on retrouvera en 2020
- 7 en discussion dont 5 enregistrées en fin d'année

### 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.



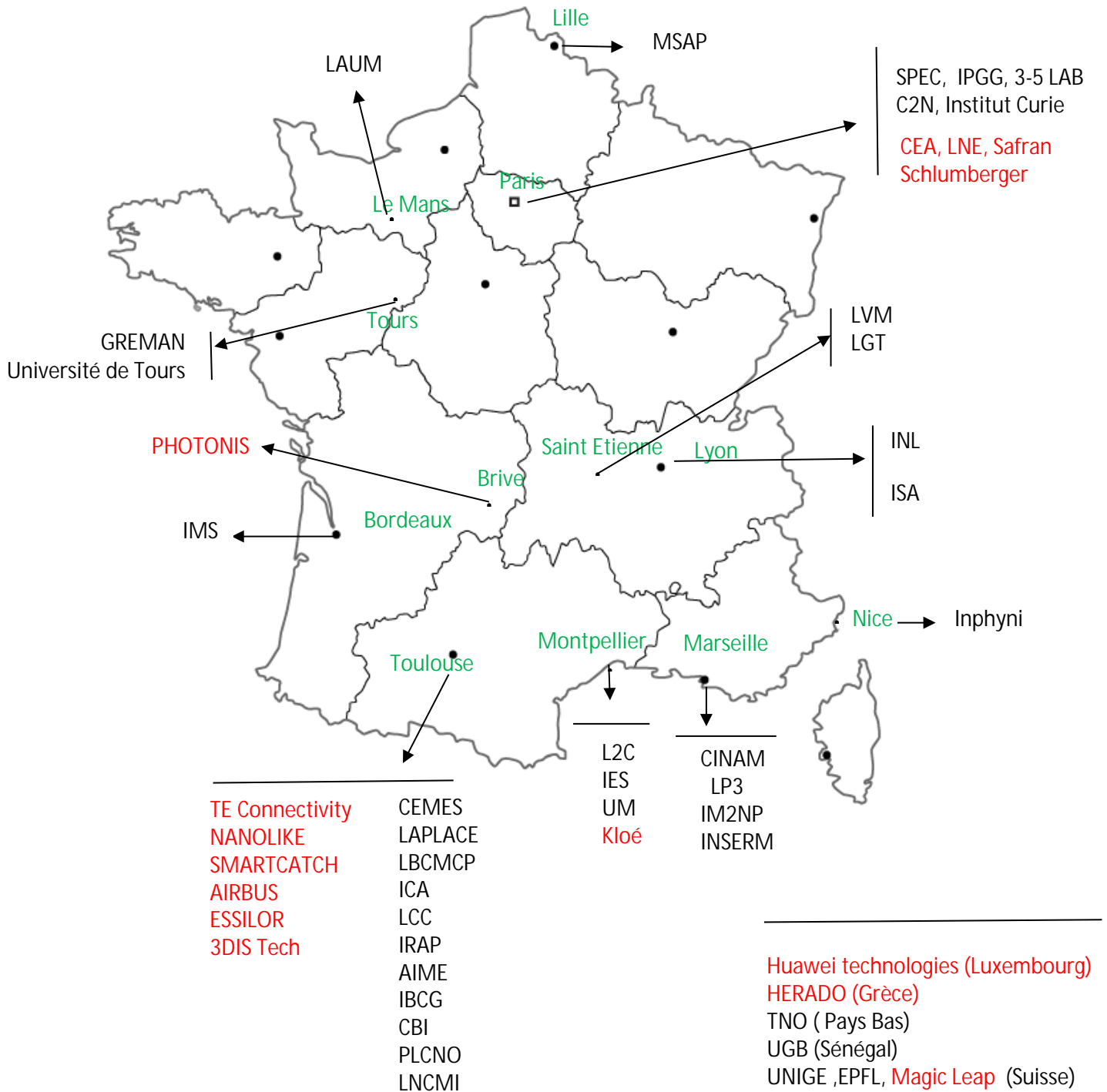
La demande académique (55) est égale à celle de 2018 ; mais la demande industrielle a chuté de 4. Des start-ups qui ont cessé leur activité (3), des collaborations pluri annuelles (EPFL) suspendues qui vont reprendre en 2020.

Les projets nécessitant peu de développement sont toujours majoritaires (65%).

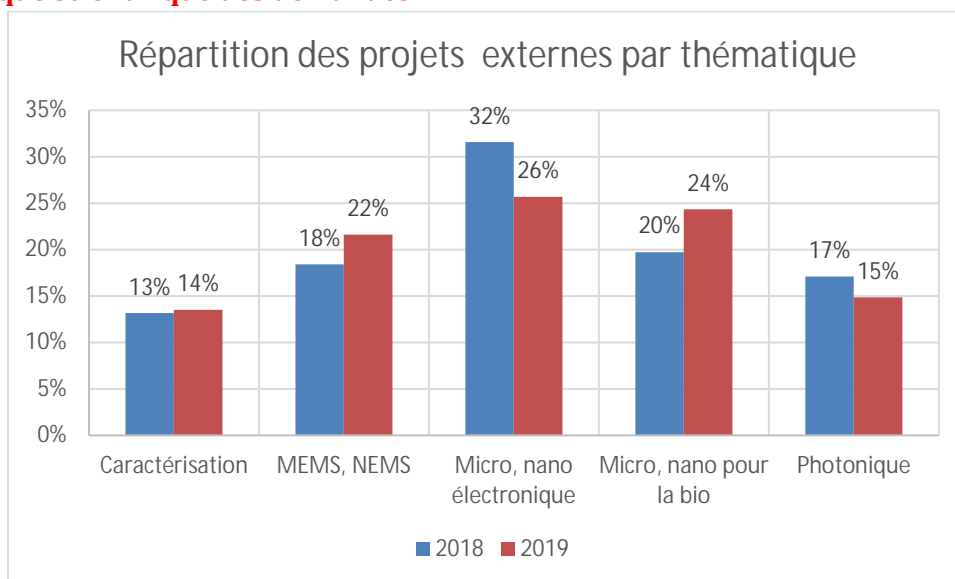
La demande internationale est faible 9 % (7 projets) mais stable depuis plusieurs années. En effet il existe d'autres réseaux nationaux dans les autres pays européens et nous sommes sollicités sur des compétences spécifiques

Ex : TNO pour les transistors, UNIGE pour les capteurs électrochimiques.

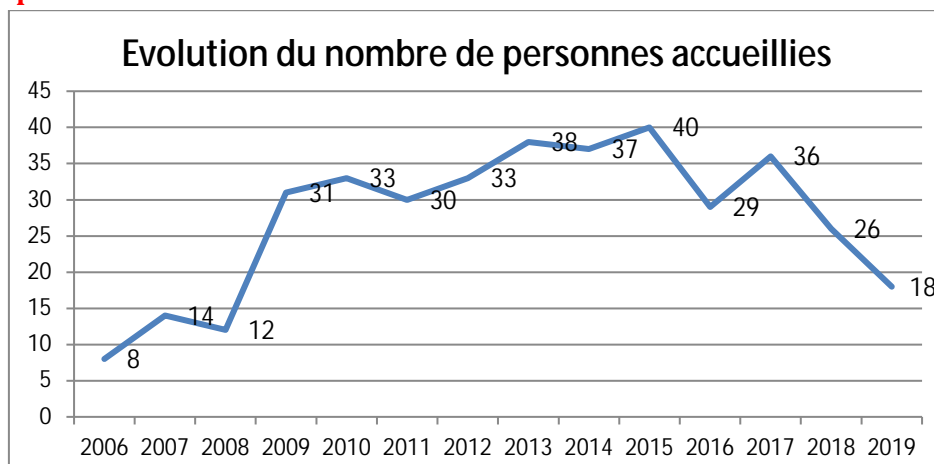
La cartographie de répartition de ces demandes est la suivante



## Thématique scientifique des demandes



## Accueil de personnes

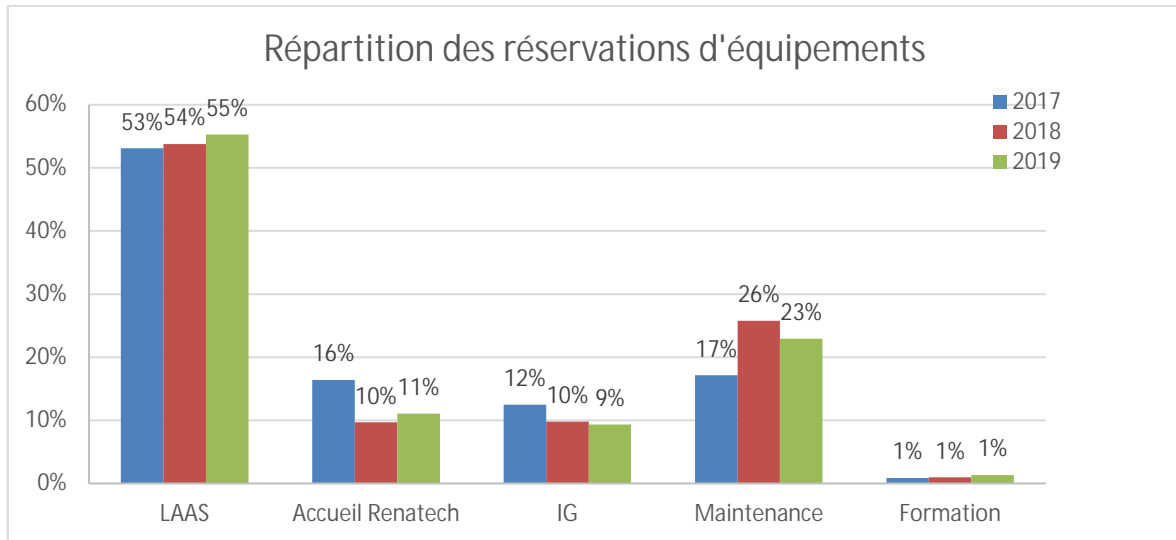


Le nombre de personnes accueillies est en baisse pour les mêmes raisons que celles invoquées l'an passé. A noter que pour la première fois, le personnel industriel accueilli représente 50% du total.

## 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 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 11 % de l'ensemble. Les réservations « projets » représentent 66% des réservations totales.

### Apports pour le laboratoire

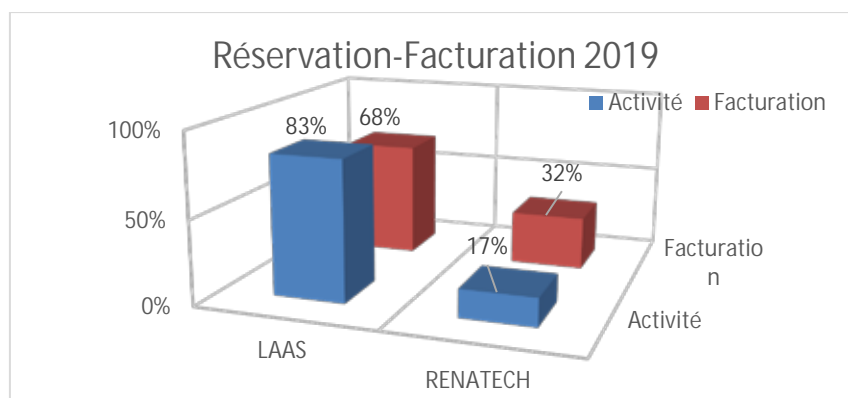
Au-delà du fait que cette ouverture nous permet de recevoir le financement RTB pour le développement de notre capacité technique elle amène d'autres aspects très positifs.

### 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
Sommes encaissées	363082	305074	322005	384445	335831	184631

La facturation des projets externes RENATECH représente 32% des sommes facturées pour 17% des réservations totales sur projets (LAAS plus Renatech). Le montant encaissé dans le cadre de Renatech est plus faible cette année en raison la diminution d'activité 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 existant 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 technique et financier (3 ans) 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 2019**

Disponibles en annexe 3

# 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 (MOODLE), 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 « utilisateurs salle blanche » et dans l'application MOODLE de l'Université Paul Sabatier puis sont sollicités pour participer aux formations obligatoires pour l'accès en salle blanche.

### Formation générale aux nouveaux utilisateurs

Cette formation donne une vision globale de la centrale de technologie. Dispensée mensuellement, elle est obligatoire pour obtenir l'accès à la salle blanche. En 2019, 47 participants (42 en 2018) ont suivi cette formation. En complément un guide de l'utilisateur de la centrale de technologie est délivré. Ce livret détaille l'organisation, les règles, les procédures et les conditions d'accès à la salle blanche : [https://www.laas.fr/plateformes/centrale-micro-nano/sites/www.laas.fr.plateformes.centrale-micro-nano/files/fichiers/Guide%20de%20l%27utilisateur%20de%20la%20centrale%20de%20micro%20et%20nanotechnologies%20du%20LAAS%20CNRS%20janvier%202018\\_0.pdf](https://www.laas.fr/plateformes/centrale-micro-nano/sites/www.laas.fr.plateformes.centrale-micro-nano/files/fichiers/Guide%20de%20l%27utilisateur%20de%20la%20centrale%20de%20micro%20et%20nanotechnologies%20du%20LAAS%20CNRS%20janvier%202018_0.pdf)



### **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. Le nouvel usage de l'application MOODLE de l'université permet aux nouveaux utilisateurs d'acquérir de manière autonomes les bases de ces techniques et de tester leurs connaissances avant d'être formés en salle blanche.

### **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 2019.

### **Encadrement stage master 1 E-formation et environnement numérique**

En 2019, nous avons encadrer le travail de Mme Kawthar Jarallah lors d'un stage de 2 mois. L'objectif de son stage était de nous apporter une méthode et des outils d'e-learning pour améliorer l'attractivité des cours que nous dispensons aux nouveaux entrants de la salle blanche. Ce travail nous permet actuellement de construire de nouveaux supports pour la formation générale aux nouveaux utilisateurs.

### **Formation continue**

CNRS formation entreprise a intégré dans son catalogue 2 nouvelles formations proposées par le service: Micro fabrication en salle blanche: réalisation d'un micro pyro système et Fabrication additive: dépôt par jet d'encre

### **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**

### **Application MOODLE pour les cours TEAM**

Une nouvelle présentation animée accessible en ligne servira d'introduction aux « cours TEAM ». Cette présentation permettra de définir l'objectif et le contenu des cours, préciser les activités et l'organisation de la salle blanche, identifier les matériaux étudiés et d'avoir une vue globale des technologies disponibles dans la salle blanche.

### **Cours TEAM**

En 2020 les « cours TEAM » seront dispensés au LAAS par une quinzaine de personnels TEAM. Un total d'une trentaine d'heures qui se décompose en une vingtaine de présentations techniques.

## FORMATIONS DISPENSEES

### Assemblage

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
<b>Cours TEAM</b>	<b>Procédés d'assemblage</b>	2h	1	2	10
<b>Formation pratique</b>	<b>Procédés de wire bonding</b>	4h	3	20	3
	<b>Procédé de lamination</b>	0,5h	10	5	10
	<b>Procédé de Pick&amp;Place</b>	2h	3	6	3
	<b>Procédé de wafer Bonding</b>	3h	3	9	3
	<b>Procédé de flip chip</b>	4h	2	8	2
	<b>Polissage</b>	1h	1	1	1
<b>TOTAUX</b>			23	11	32

Le nombre de personnes et d'heures de formation sont constantes au cours des ans. Il s'agit de personnes formées à l'utilisation d'équipement en libre-service nécessitant la fabrication de dispositifs en quantités significatives.

### Caractérisation

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	participants /an
<b>Cours TEAM</b>	Cours TEAM Caractérisation	2h	0	0	0
	Cours MEB	2h	0	0	0
<b>Formation pratique</b>	Présentation de la caractérisation + formation Tencor	1h30	20	30	55
	Formation AFM	3h	6	21	7
	Formation profilo optique	1h30	6	9	7
	Formation MEB-FIB	3h	21	63	32
	Autres formations	0.5-2h	60	80	60
<b>TOTAL</b>			113	203	161

Pas de formation théorique (cours TEAM) en 2019. Le temps de formation pratique de base est très important en caractérisation mais le suivi des utilisateurs (non comptabilisé) est au moins aussi chronophage. L'utilisation du moodle pour la formation MEB permet de gagner environ une demi-heure à chaque formation.

### Chimie

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
<b>Cours TEAM</b>	Prévention du risque chimique en salle blanche	1,5	1	1h30	12
<b>Formation pratique</b>	Prévention du risque chimique en salle blanche :	2,5	14	35	49

<b>Formation pratique</b>	aspects pratiques et risques locaux				
	Fonctionnement et utilisation de la zone chimie	2,5	14	35	43
<b>TOTAUX</b>			29	71H30	104

Une partie de la formation à la sécurité a été transcrite en formation électronique (moodle) et il est prévu de poursuivre dans cette voie.

### CVD

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
<b>Cours TEAM</b>	<b>CVD</b>	2h	1	2	10
<b>TOTAUX</b>		2	1	2	10

Le cours technologique sur les dépôts CVD (LPCVD, PECVD, ALD, PE-ALD) sera mis à jour pour la session 2021.

Une formation pratique à l'utilisation de l'ALD Sentech sera mis en place lors du premier trimestre 2020. Il est prévu de former 6 personnes.

### Dépôts sous vide

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
<b>Cours TEAM</b>	Technique de métallisation	1h30	1	1H30	
<b>Formation pratique</b>	Technique de métallisation	1h30	10	15	10
<b>TOTAUX</b>			3	16h30	10

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

### Electrochimie

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
<b>Cours TEAM</b>	<b>Cours dépôt électrolytique</b>	1.5	1	1.5	15
<b>Formation pratique</b>	<b>Formation Utilisation KOH - TMAH</b>	2	5	10	5
<b>TOTAUX</b>			6	11.5	20

Le planning des cours TEAM a été modifié en 2019 ce qui n'a pas permis son déroulement. En 2020 il est de nouveau au programme.

### Epitaxie par jets moléculaires

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
------	----------	-----------	-----------------------	--------------------	----------------------------------

<b>Cours TEAM</b>	<b>EJM</b>	2h	1	2	10
<b>Formation pratique</b>	<b>EJM</b>	8h	10	80	2
	<b>DRX</b>	0,5h	10	5	10
<b>TOTAUX</b>			21	87	22

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, et aussi par des 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/a	Durée totale/an(h)	Nombre total participants /an
<b>Cours TEAM</b>	La gravure par plasma	2h	3	6h	20
<b>Formations pratiques</b>	Plasma O2	0h30	18	9h	50
	Réacteur RIE-ICP	3x1h	10	30h	10
<b>TOTAUX</b>			30	45h	80

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
<b>Cours TEAM</b>	Cours jet d'encre et traitement de surface	2h	0	0	0
<b>Formation CNRS</b>	Fabrication additive – dépôt par jet d'encre	3J	1	0	0
<b>Formation pratique</b>	Viscosimètre	0h30	1	0.5	1
	Sécheur Tousimis	2h00	0	0	0
	SPD	0h30	6	3	6
	SFD	3h00	1	3	1
<b>TOTAUX</b>			8	6.5	8

Des formations sur la Ceradrop pourront avoir lieu sur les procédés que nous avons développés pour les projets qui en ont un besoin conséquent.

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. Les premières dates de formation sont pour 2020.

## Lithographie Laser

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Cours TEAM	Règles de dessin	2x	0	0	0
	Conception des masques	1h30			
	Lithographie laser				
Formation pratique	Logiciel CleWin5	1h30	12	18	20
	Dilase 750 et 3D	3h	8	24	8
	DWL 200	2h	10	20	1
	PP Nanoscribe	3h	4	12	4
<b>TOTAUX</b>			34	74	33

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.

## Nanolithographies

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Cours TEAM	Lithographie électronique	1	1	1	10
	Nano-impression	2	1	2	8
Formation pratique	Lithographie électronique	40	2	80	2
	Nano-impression	1	7	7	7
<b>TOTAUX</b>			11	88	27

Évolution des cours vers leur mise en ligne via la plate-forme Moodle.

## Photolithographie

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Cours TEAM	Procédés de photolithographie (réalisé par Laurent M)	1h	1	1	x
	Équipements et environnement en photolithographie (Réalisé par Adrian L.)	1h	1	1	x
	Procédés sur les résines épaisses (Réalisé par Véronique Conédéra)	1h30	1	1h30	x
Formation pratique	Formation nouveaux utilisateurs	1h30	14	21	47
	Formation équipements et procédés	1h	20	20	30
<b>TOTAUX</b>			34	41h	77

Hausse attendue du nombre de formation en 2019 par rapport à 2018 (fermeture de la salle blanche moins longue qu'en 2018). Le développement des cours en ligne sur MOODLE continue avec la cellule formation. Ajout des formations pratiques sur les équipements et procédés dispensées tout au long de l'année, ce qui représente un volume important.

## 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
Cours TEAM	Techniques de dopage	1h30	1	1h30	10
	Oxydation thermique	1h30	1	1h30	10
Formation pratique	Fours RTP	1h	2	2	5
	Fours de recuits métaux	0,5h	5	2h30	5
<b>TOTAUX</b>		4h30	8	7h30	30

Le cours sur les Techniques de dopage va évoluer avec l'intervention de Jean-Christophe Marrot sur la partie implantation ionique.

## 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 sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Cours "théoriques" <sup>1</sup>	25	41	160
Formations pratiques	290	613.5	407
<b>TOTAUX</b>	315	654.5	567

### Application MOODLE pour les formations salle blanche

En mai-juin 2019 nous avons encadré une stagiaire M1 e-formation et environnements numériques pour définir des scénarios pédagogiques et concevoir de nouveaux supports pour la formation générale. Cette expérience nous a permis d'amplifier nos actions de déploiements de modules en ligne. Néanmoins cette activité demande un investissement important qui ne pourra être pleinement assumé que sur un temps long.

Enfin ces formations en ligne sont menées sur le support Moodle de l'UPS ; mais les temps d'accès à l'ouverture des comptes par l'UPS ne sont pas toujours compatibles avec le besoin des utilisateurs d'être formé dans les meilleurs délais, et conduisent parfois à ce qu'ils soient formés en salle avant d'avoir suivie la formation électronique. Cela limite l'intérêt de la démarche. Un Moodle CNRS ou géré par le LAAS permettrait de s'affranchir de ce problème et allègerait la procédure d'inscription des étudiants.

En 2020, des nouveaux documents de type E-learning développés par le service TEAM viendront enrichir les contenus déjà déployés dans l'application MOODLE.

### Formation continue

Le succès des deux projets de filière technologiques déposés à la Région (Thermie et MultiFAB) nous a conduit à développer des formations à destination de l'extérieur (formation continue ou vers des

<sup>1</sup> Il s'agit ici des cours dispensés fin 2018

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 ou l'INSIS.

Le dernier paragraphe de ce chapitre rassemble les relevés issus de l'EVRP et du tableau de suivi interne à TEAM

## PRINCIPALES ACTIONS INITIEES

### Fin du plan de modification des postes de chimie :

Suite à la modification de nombreux postes de travail, le contrôle général du confinement des installations par un organisme certificateur a été réalisé. Exception faite de modification des installations, une validation annuelle peut désormais être faite par mesure des vitesses frontales.

Quelques travaux résiduels sont planifiés :

- 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

### **Fiches individuelles d'exposition aux risques :**

La validation annuelle de ces fiches est une obligation pour tous les personnels des laboratoires. Après discussion avec le service de médecine et le service de prévention de la DR il ressort que le laboratoire doit organiser la complétion de ces fiches, et leur collecte annuelle. Une application (DEFIE) a été développée avec le service IDEA (Julien Libourel). Un problème de jeunesse : le lien avec la base de données des produits chimiques du LAAS (RICH) qu'il a fallu mettre à jour (anciennes déclarations non-conformes pour une utilisation dans DEFIE).

### **Bilan sonore des zones :**

Suite au déplacement de l'extracteur principal, des vibrations et des nuisances sonores ont été créées : des silentbloks ont été installés qui ont minimisé les vibrations, un capotage du moteur va être réalisé. Ces travaux effectués nous vérifierons si la situation est rétablie.

## **PRINCIPALES ACTIONS ENVISAGEES**

### **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. Nous lancerons une campagne d'inventorisation des produits chimiques et de mise à jour des déclarations.

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

Les tests réglementaires, qui nous certifieront la protection effective des usagers, seront conduits annuellement sur l'ensemble des postes de chimie par une entreprise extérieure.

### **Suivi de l'exposition au bruit :**

Sur la base des observations faites sur les bilans sonores des zones, nous mettrons en œuvre, dans un premier temps et dans la mesure du possible, des solutions simples, efficaces et adaptées aux nuisances. Dans un second temps, nous validerons l'efficacité des actions mises en place aux différentes étapes des modifications et nous ouvrirons des réflexions sur les points plus complexes, à l'aide d'équipement de mesures de l'ambiance sonore.

## **RELEVÉ DES ACTIONS CONDUITES ET À CONDUIRE**

### **Boîte à gants pour la manipulation du HF :**

L'interdiction législative d'exposition des personnels non permanents à des risques chimiques, sur des postes de travail ouverts, nous a conduit à créer un poste de travail fermé de type boîte à gant qui est entré en fonction :

- Mode opératoire détaillé et illustré dans l'application LIMS
- Intégration dans le cursus de formation des nouveaux utilisateurs de la salle blanche
- Formation des anciens entrants concernés

### **Suivi de l'exposition aux rayonnements ionisants :**

- La durée d'exposition aux rayonnements ionisants (problème détecté sur la machine de gravure ALCATEL) a été minimisée par la mise en place d'une caméra plus adaptée.

### **Extraction EVRP liée à la salle blanche :**

Nous ne mentionnons ici que les actions conduites en 2019 et restant à conduire. 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
R66/2012	Salle Blanche	Partout	Risque chimique	poubelles : vapeurs toxiques	pas d'aspiration des vapeurs
R97.01/2015	Gravure Sèche	Partout	Risque chimique	odeur soufrée en salle blanche	Pb évacuation de l'extracteur
R124/2018	Partout	Partout	Ambiances / Conditions de travail	atmosphère bruyante	dans la norme mais améliorations possibles
R125/2018	Photolitho	Réfrigérateurs	Risque chimique	Inhalation de vapeurs/ouverture réfrigérateur résines	Absence d'extraction collective
R127/2018	Implantation	Implanteur Ionique	Rayonnement s ionisants	l'appareil génère des rayons X	pas de signalisation
R128/2018	Intégration	Lamineuse	Equipements de travail et matériel de laboratoire	chauffage rouleaux >100°C	
R130/2018	Fours	ICPECVD (Oxford)	Risque chimique	Exposition gaz résiduels/nettoyage	Enceinte non reliée à l'extraction
R132/2018	Fours	CCPPECVD ApSy	Risque chimique	Exposition produits résiduels/nettoyage.	Pas d'extraction de la chambre
R132/2018	Gravure Sèche	Alcatel	Risque chimique	Exposition produits résiduels/nettoyage.	Pas d'extraction de la chambre
R133/2019	Partout	Partout	Risque chimique	travail sur hotte ou sorbonne	mesure confinement et vitesse d'extraction
R135/2019	Electrochimie	Partout	Risque chimique	stockage produits chimiques en libre-service	produits dangereux en libre-service
R137/2019	RdC	Scrubber	Autres risques	exposition gaz chlorés et fluorés	manque de capteur de gaz
R138/2019	Gravure Sèche	Partout	Incendie	fuite de gaz inflammables/incendie	arrêt d'urgence des lignes de gaz
R140/2019	Partout	Partout	Autres risques	travail isolé	PTI : liaison radio impossible

### 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
Salle Blanche : général			
EJM			
Jet d'encre			
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 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>			
<b>Chimie</b>			
Sorbonne pour synthèse (rampe à gaz)	sept-18		Tout (rampe à gaz, rotavapor, pompe, ...) compris
Machine automatique fermée pour nettoyage acide	sept-18		prévention des risques et protection des utilisateurs vis-à-vis des acides concentrés pour le nettoyage ... dont le HF
Machine automatique fermée pour nettoyage acide MOS	sept-18		
<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>Electrochimie</b>			
réduction du bruit ambiant	2018		
<b>Photolithographie</b>			
mesures COV	2018		installation de capteurs COV en salle de photolithographie

Le tableau n'a pas été mis à jour en 2019 (aucune action réalisée notée) : si ce tableau s'avère toujours pertinent, nous étudierons les modalités pour un meilleur suivi en fin de CS TEAM par exemple.

# 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

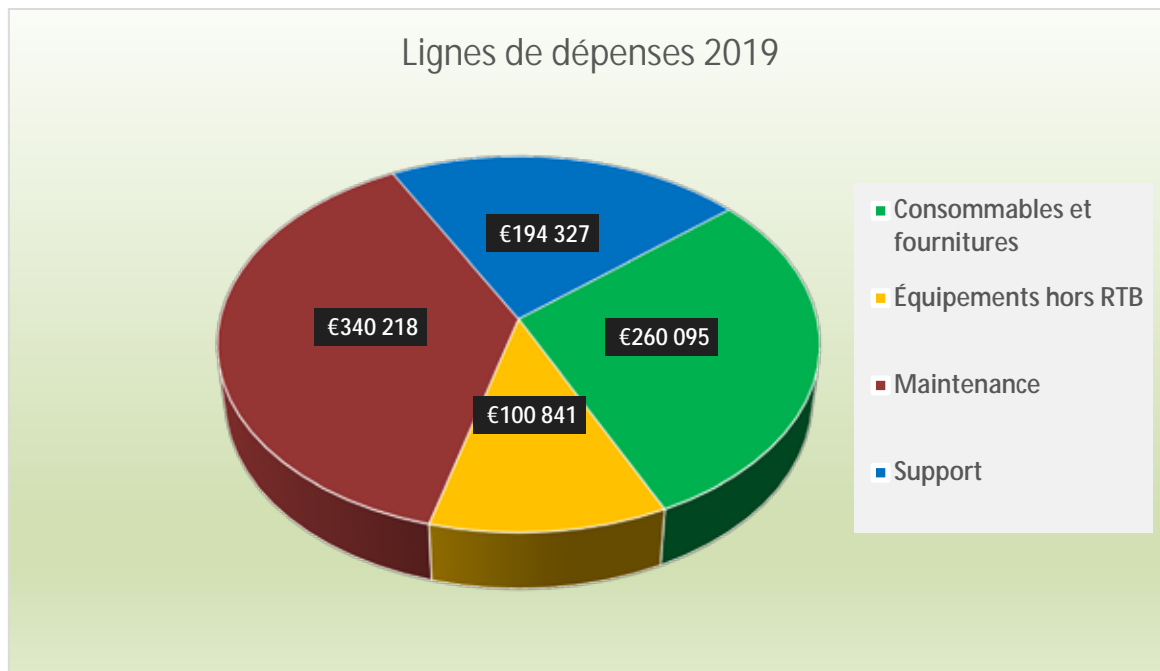
Il n'y a donc aucun prélèvement « à priori des opérations technologiques » sur les contrats supports des projets de recherche. Les seuls prélèvements sont ceux « a posteriori des opérations technologiques » de la facturation auditable.



## BUDGET 2019

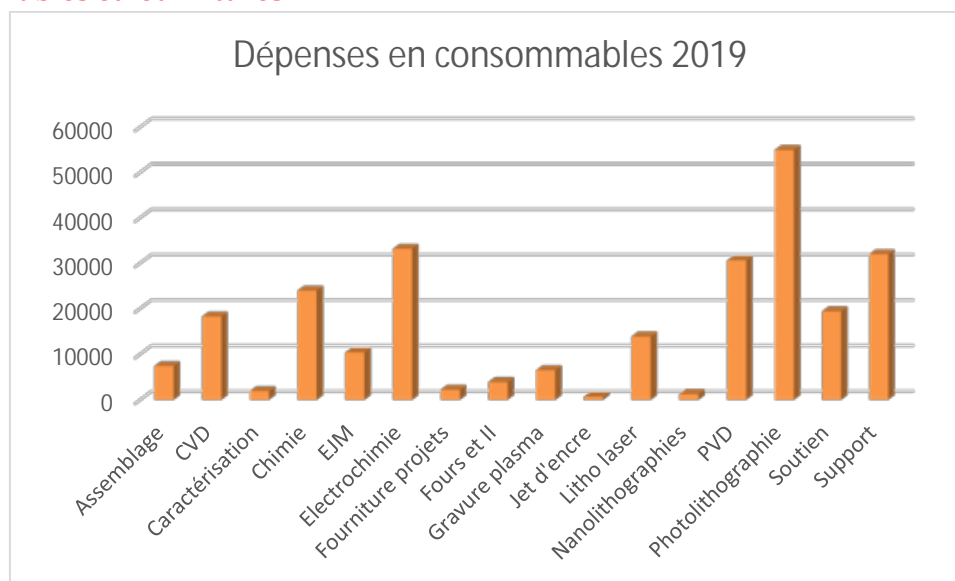
### Budget global

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 ne représente qu'environ 1% de la valeur totale du parc d'équipements.

### Consommables et fournitures

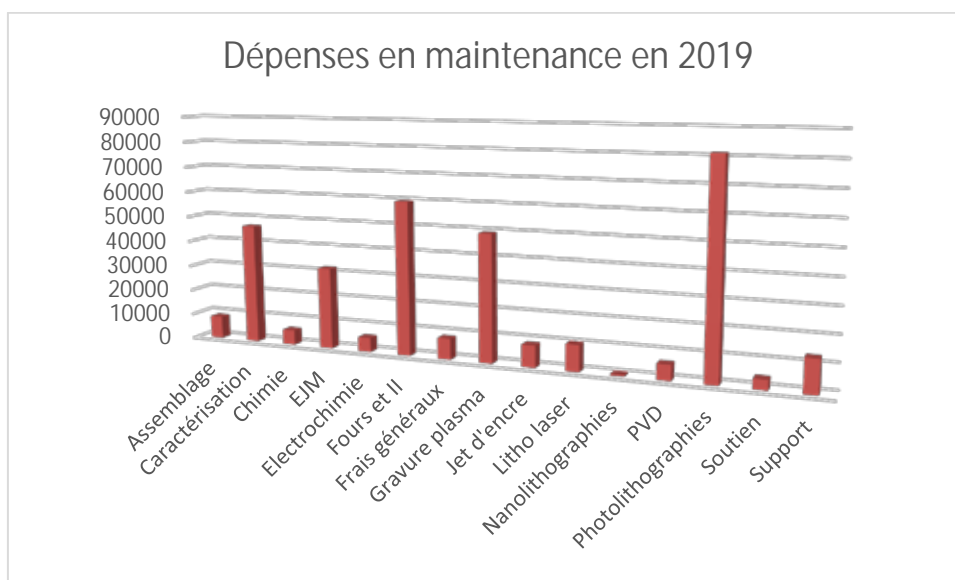


Les postes les plus élevés s'expliquent notamment par les raisons suivantes

- Photolithographie : achats des résines et développeurs, des substrats Si et Verre pour l'ensemble de la salle blanche

- Dépôts sous vides : achat des métaux précieux, dont le cours varie continuellement
- Electrochimie : renouvellement du bain d'or
- Soutien : consommables du quotidien (gants, charlottes, surchausses, etc.)
- Chimie : produits chimiques pour l'ensemble de la salle blanche
- Support : consommables pour les facilités de la salle blanche (filtres, eau DI, etc.)
- CVD : achat de précurseurs pour ALD

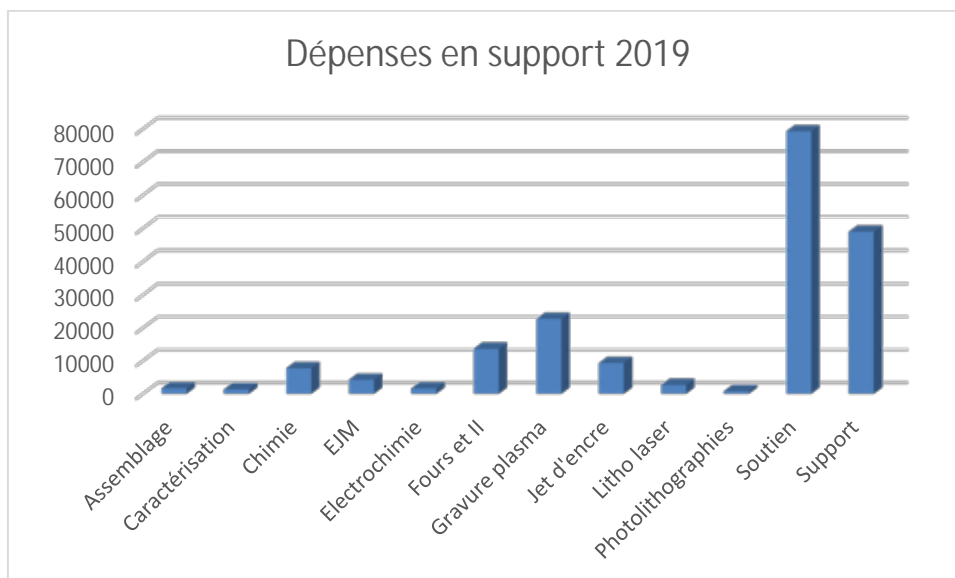
## Maintenance



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

- Photolithographie : contrats de maintenance des aligneurs et pistes
- Fours et Implantation : contrats de maintenance sur ALD et CVD
- Caractérisation : contrats de maintenance FIB et AFM
- Gravure plasma : intervention sur l'équipement Alcatel
- EJM : intervention sur le réacteur 412

## Support

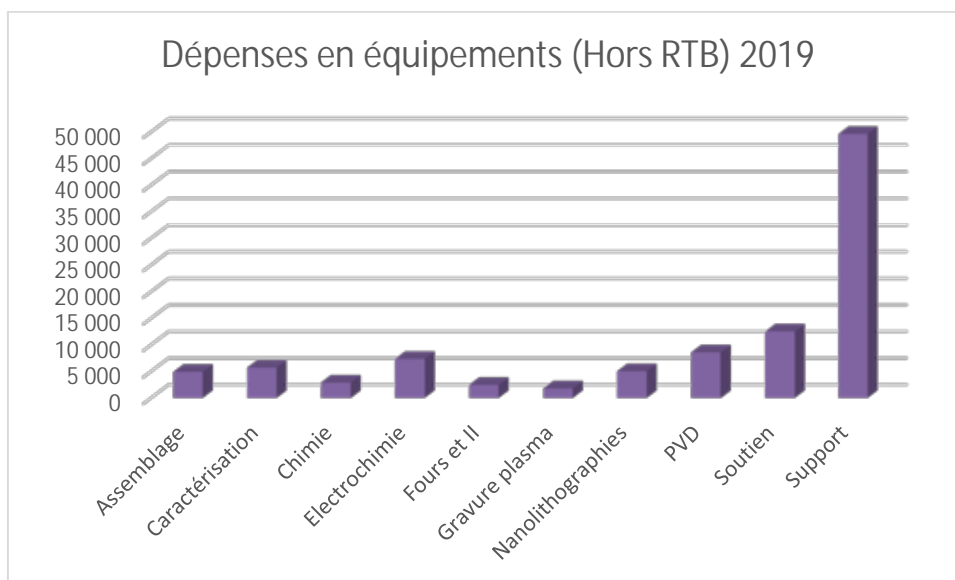


Les postes les plus élevés s'expliquent notamment par les raisons suivantes

- 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€).

### Equipements (hors RTB)

Il s'agit ici uniquement petits équipements financés hors RTB et contrats de recherche

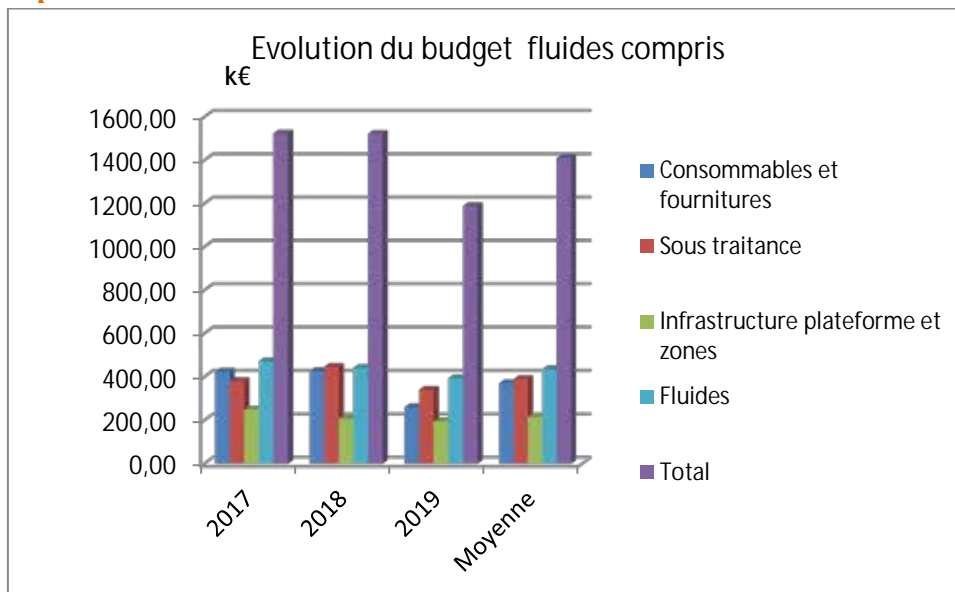


Les postes les plus élevés s'expliquent notamment par les raisons suivantes

- Support : rénovation de la station de production de l'eau déionisée et de la station de neutralisation des effluents liquides
- Soutien : moyens informatiques pour le service TEAM et la salle blanche.

### Evolution pluriannuelle

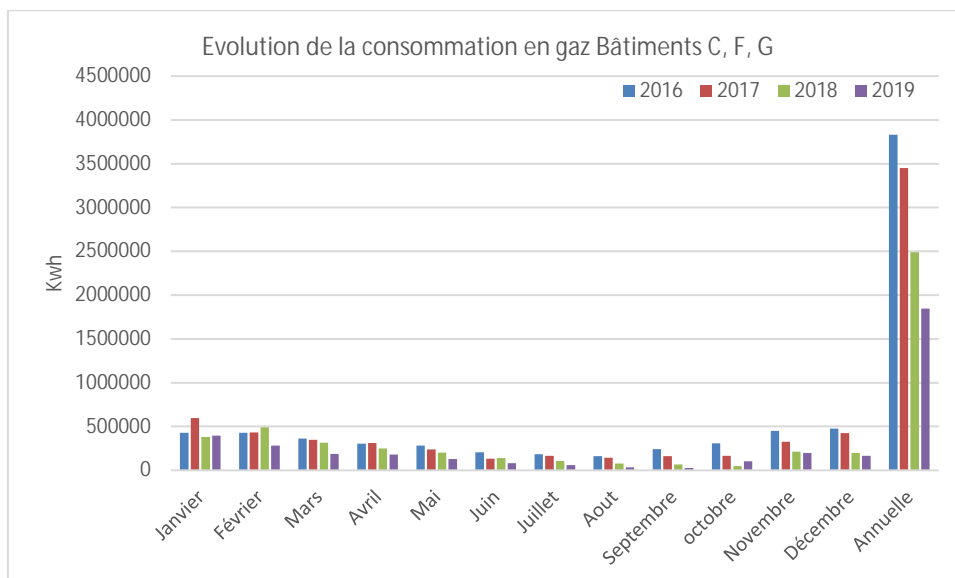
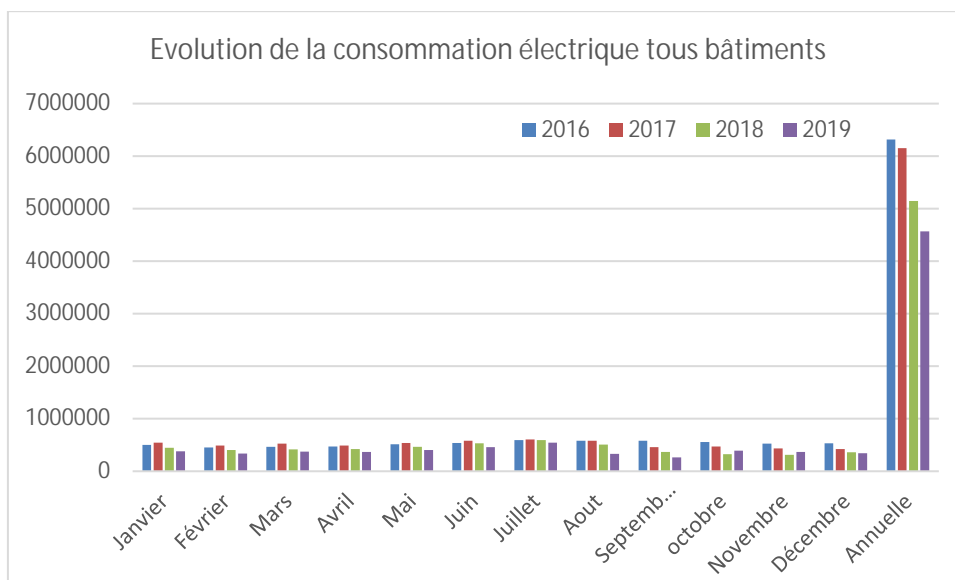
#### Fluides compris



Le budget exécuté (fluides compris) est inférieur aux années passées.

Une partie de cet effort s'explique par les premiers effets bénéfiques d'économies d'énergie engendrés par les travaux conduits au laboratoire (rénovation bâtiment A) et en salle blanche en 2018 et 2019 sur l'infrastructure.

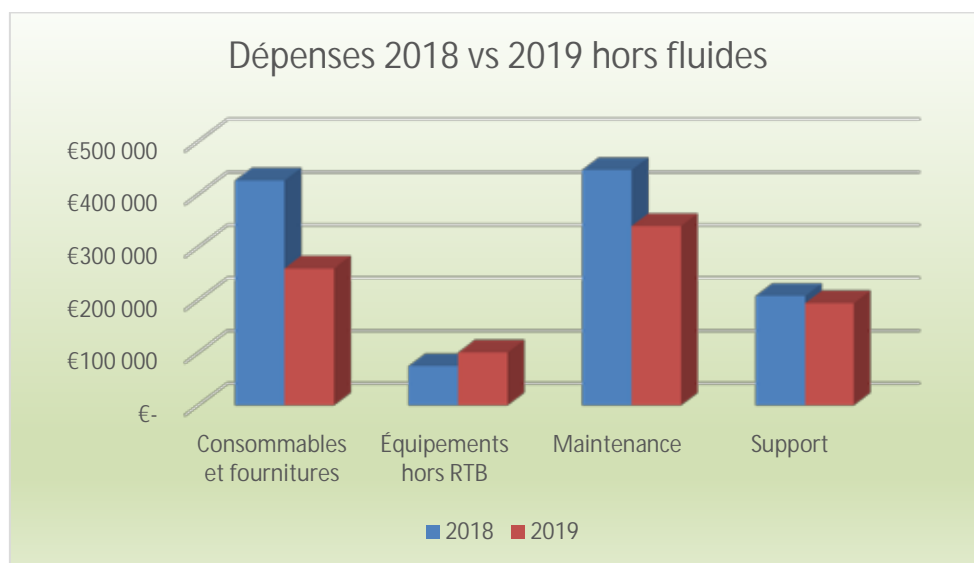
Par rapport à 2017 les relevés montrent une baisse de 26% de la consommation électrique de tout le laboratoire, et de 45% de la consommation de gaz qui ne concerne que les bâtiments F, G et C.



Malheureusement une partie de ces gains en kWh est contre balancée par une hausse des tarifs. Les travaux 2019 devraient améliorer la situation en 2020.

### Hors fluides

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



On note des baisses substantielles en consommables et maintenance.

La réduction en consommables est sans doute imputable au fait que nous avons provisionné en fin 2018. Il est probable que ce poste augmente en 2020.

Pour les maintenances une partie importante est liée aux contrats de maintenance. La partie fluctuante est liée à des pannes par essence imprévisibles. Sur ce point 2019 a donc été une année globalement bonne.

Le plus gros poste reste celui des consommables et fournitures. Le maîtriser mieux ne pourrait se faire qu'au détriment de la souplesse et de la facilité d'accès aux process ; en mettant par exemple en place une validation des procédés envisagés préalablement à tout process en salle blanche.

Le poste maintenance reste sous contrôle. Toutefois soyons conscients que le parc machine vieillit.

- Nous ne bénéficions plus d'un financement RTB à la hauteur de ce qui permettrait un ressourcement.
- Les équipements sont de plus en plus "fermés" est donc difficilement accessibles pour réparation à des personnels autres que ceux des équipementiers. Cela nous conduit parfois de façon un peu « forcée » à souscrire à des contrats de maintenance onéreux.
- La baisse du personnel permanent pourra aussi expliquer dans les années à venir une hausse de ce poste.
  - Parce que ce personnel restant n'aura pas le temps d'assurer seul toutes les maintenances même du "quotidien".
  - Parce qu'une plus grande partie d'équipements en libre-service se traduit par plus de risques de mauvaises manipulations.

## PREVISIONNEL 2020

### Validité du modèle

Chaque année la plateforme se livre à l'exercice de l'établissement d'un budget prévisionnel dans le cadre de la demande FEI au CNRS.

Cet exercice n'est pas aisé mais notre analyse semble relativement correcte. Ainsi en mai 2018 le prévisionnel 2019 (hors fluides généraux) s'élevait à 1 187 215€. Le budget réalisé a été de 895 481€. L'écart de 291 734€ environ représente 24% du budget estimé.

Le bilan 2018 ne montrait qu'un écart de 7.5%.

Il paraît donc pertinent de faire une analyse sur plusieurs années car des phénomènes cycliques ou non prévisibles (grosses pannes par exemple) peuvent expliquer ces écarts.

### **Demande FEI 2020 (hors fluides généraux)**

Le montant en est de 1 177 742€.

Référentiel budgétaire (unité €)	Prévisionnel 2020
A1 - FOURNITURES ET CONSOMMABLES DE BUREAU	1 000
A2 - MOBILIER ET MATERIEL DE BUREAU	0
A4-AUTRE DEPENSES	9 000
B2 : CONSOMMABLES DE LABORATOIRE, PETITS MATERIELS et EQUIPEMENTS DE PAILLASSE	132 068
B3 GAZ ET PRODUITS POUR LE PROCESS	248 800
B4 :GROS EQUIPEMENTS DE LABORATOIRE	13 400
B5 GROSSE INSTRUMENTATION SCIENTIFIQUE	68 291
B6 : OPTIQUE	0
B7 : ELECTRONIQUE / MESURES ELECTRIQUES	392 582
B8 : PHYSIQUE- MESURE PHYSIQUE-MECANIQUE	28 245
B12 : HYGIENE ET SECURITE	180 405
C1 : MISSIONS DEPLACEMENTS	25 000
D2 : ABONNEMENT CONSOMMABLES [LOGICIEL ET MATERIEL]	13 377
D3 : ACHATS [LOGICIEL ET MATERIEL]	2 500
E3 : CONSTRUCTION ET MAINTENANCE RELEVANT DU PROPRIETAIRE	63 174
	1 177 842

Ce budget reste dans la ligne des années précédentes. Il est en général légèrement surévalué par rapport au budget exécuté.

### **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

Demande TGIR/IR 2021-2030																		
Fiche TGIR-IR																		
LAAS																		
AE = Engagements juridiques		Réal				BP	Demande											
DEPENSES liées à la TGIR		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030		
Fonctionnement		1,444	1,524	1,522	1,263	1,288	1,314	1,340	1,367	1,394	1,422	1,450	1,479	1,509	1,539	1,570		
Investissement		0,763	1,456	1,008	0,355	0,403	0,403	0,403	0,403	0,403	0,403	0,403	0,403	0,403	0,403	0,403		
Personnel	Personnel non permanent	0,220	0,130	0,073	0,054	0,112	0,077	0,077	0,078	0,079	0,080	0,080	0,081	0,082	0,083	0,084		
	Personnel permanent	2,641	2,303	2,405	2,300	2,213	2,213	2,287	2,287	2,287	2,213	2,287	2,213	2,138	2,213	2,213		
<b>TOTAL DEPENSES</b>		<b>5,068</b>	<b>5,413</b>	<b>5,008</b>	<b>3,972</b>	<b>4,016</b>	<b>4,006</b>	<b>4,108</b>	<b>4,135</b>	<b>4,163</b>	<b>4,117</b>	<b>4,221</b>	<b>4,176</b>	<b>4,132</b>	<b>4,238</b>	<b>4,269</b>		
AE = Engagements juridiques																		
BUDGET CNRS	Budget CNRS Ligne TGIR	Subvention d'Etat TGIR NB (SE)		0,620	0,620	0,830	0,930	0,895	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800		
		Fonctionnement	dont Fonctionnement récurrent	0,620	0,620	0,755	0,829	0,820	0,725	0,724	0,722	0,720	0,719	0,717	0,716	0,714	0,712	0,710
			dont Petits équipements			0,075	0,101	0,075	0,075	0,077	0,078	0,080	0,081	0,083	0,084	0,086	0,088	0,090
		Investissement	dont Projets en cours de réalisation															
	dont Nouveaux projets																	
	<b>TOTAL DOTATION TGIR [A]</b>		<b>0,620</b>	<b>0,620</b>	<b>0,830</b>	<b>0,930</b>	<b>0,895</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>	
CPER (2021-2027)																		



Budget CNRS Autres lignes	<b>CPER (2015-2020)</b>																	
	<i>Dotation complémentaire Institut</i>																	
	<i>Investissements d'avenir*</i>																	
	<i>Opérations Immobilières</i>																	
	<i>Prestations labos académiques</i>																	
	<i>CDD (C2N)</i>																	
	<i>Autres [RP C2N]</i>																	
<b>TOTAL autres lignes [B]</b>		<b>0,055</b>	<b>0,230</b>	<b>0,333</b>	<b>0,227</b>													
Budget CNRS Personnel permanent	ETPT**																	
	Coût personnel permanent [C]**																	
<b>TOTAL CNRS [I =A+B+C]</b>		<b>3,118</b>	<b>2,974</b>	<b>3,389</b>	<b>3,280</b>	<b>2,931</b>	<b>2,839</b>	<b>2,914</b>	<b>2,914</b>	<b>2,914</b>	<b>2,839</b>	<b>2,914</b>	<b>2,839</b>	<b>2,765</b>	<b>2,765</b>	<b>2,765</b>		
* Si le CNRS coordonne le projet																		
** Personnel de service de la TGR (hors recherche propre)																		
		Réel				BP		Demande										
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030		
AUTRES RESSOURCES	Contribution d'autres organismes	ANR - RTB																
		<i>Ministère-déménagement</i>																
		CEA																
		CNFM PMIPS																
		C'Nano IdF																
		CPER ETAT																
		IPVF																
	Contribution des universités	UFC																
		Université Fédérale de Toulouse (fonctionnement)																
		UGA																
		Université Paris Sud (MRM)																
personnel non permanents																		
infrastructure																		

	Lille 1 fonctionnement																
	[Préciser]																
<b>Collectivités territoriales</b>	<b>CPER (Part Etat ou région) 2021-2027</b>																
	Régions (autres financements)																
	CPER - équipement																
	DIM Ile de France																
	RTRA																
	Labex																
	Région Midi-Pyrénées	0,130	0,317														
	CG91																
	CPER CIA - Equipement (IEMN)																
	CPER - Fonctionnement / salaires (FEMTO)																
	SESAME IdF																
	[Préciser]																
	[Préciser]																
	[Préciser]																
<b>Contrats</b>	ANR																
	Investissements d'avenir**	0,063	0,076														
	industriels	0,100															
	Contrats nationaux																
	Contrats divers																
	Facturation interne sur divers contrats	0,397	0,357	0,400	0,201	0,339	0,339	0,346	0,352	0,360	0,367	0,374	0,382	0,389	0,397	0,405	
[Préciser]																	
<b>Prestations / Services facturés</b>	Laboratoires académiques	0,020	0,033	0,056	0,029	0,035	0,035	0,036	0,037	0,037	0,038	0,039	0,040	0,041	0,041	0,042	
	industriels	0,297	0,305	0,269	0,125	0,249	0,254	0,259	0,264	0,270	0,275	0,281	0,286	0,292	0,298	0,304	
	[Préciser]																
	[Préciser]																
<b>Financements européens</b>	Contrats européens			0,185													
	FEDER		0,848														
	[Préciser]																
[Préciser]																	
<b>Autres</b>	Entreprises privées Françaises		0,097														

	<i>Entreprises privées Etrangères</i>															
	<i>[Préciser]</i>															
	<i>[Préciser]</i>															
<b>Coût personnel Permanent (Hors CNRS)</b>	<i>Lille 1</i>															
	<i>UGA</i>															
	<i>ENSM</i>															
	<i>UFC</i>															
	<i>Université Fédérale de Toulouse</i>	0,198	0,179	0,179	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177
	<i>Paris Sud</i>															
	<i>Paris 7</i>															
	<b>Total ETP (hors CNRS)</b>	<b>2,65</b>	<b>2,39</b>	<b>2,39</b>	<b>2,37</b>	<b>2,37</b>	<b>2,37</b>	<b>2,37</b>	<b>2,37</b>	<b>2,37</b>	<b>2,37</b>	<b>2,37</b>	<b>2,37</b>	<b>2,37</b>	<b>2,37</b>	<b>2,37</b>
<b>TOTAL AUTRES RESSOURCES [II]</b>	<b>1,730</b>	<b>2,565</b>	<b>1,542</b>	<b>0,932</b>	<b>1,176</b>	<b>1,182</b>	<b>1,194</b>	<b>1,207</b>	<b>1,220</b>	<b>1,234</b>	<b>1,247</b>	<b>1,261</b>	<b>1,275</b>	<b>1,290</b>	<b>1,304</b>	
** Si le CNRS ne coordonne pas le projet																
<b>TOTAL RESSOURCES [I+II]</b>	<b>4,848</b>	<b>5,539</b>	<b>4,931</b>	<b>4,212</b>	<b>4,107</b>	<b>4,021</b>	<b>4,108</b>	<b>4,121</b>	<b>4,134</b>	<b>4,073</b>	<b>4,161</b>	<b>4,100</b>	<b>4,040</b>	<b>4,054</b>	<b>4,069</b>	
<b>SOLDE ANNUEL</b>	<b>-0,220</b>	<b>0,126</b>	<b>-0,077</b>	<b>0,240</b>	<b>0,091</b>	<b>0,015</b>	<b>0,001</b>	<b>-0,014</b>	<b>-0,029</b>	<b>-0,044</b>	<b>-0,060</b>	<b>-0,076</b>	<b>-0,092</b>	<b>-0,183</b>	<b>-0,200</b>	
<b>SOLDE Cumulé</b>	<b>-0,220</b>	<b>-0,095</b>	<b>-0,172</b>	<b>0,068</b>	<b>0,159</b>	<b>0,174</b>	<b>0,175</b>	<b>0,161</b>	<b>0,132</b>	<b>0,087</b>	<b>0,027</b>	<b>-0,049</b>	<b>-0,141</b>	<b>-0,324</b>	<b>-0,525</b>	

# 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**

Référence	P-17-02302	P-17-02038	P-17-02055	P-15-01710	P-16-01718	P-20-03112
Nom	<a href="#">MOVEToDIAM</a>	<a href="#">Microsupercap 3D</a>	<a href="#">OPGAN</a>	<a href="#">HEMT GaN</a>	<a href="#">Exagan</a>	<a href="#">chip fuse</a>
Porteur	Isoid	Pech	Morancho	Morancho	Morancho	Bourennane
Objet	Composants puissance diamant	Micro super condensateurs	Optimisation composants de puissance GaN	HEMTs en Nitrure de Gallium « normally-off »	Assemblage HEMT de puissance	fusible intégré sur puce silicium
Coordinateur	Imbernon	Bourrier	Imbernon	imbernon	Charlot	Imbernon

**NEO**

Référence	P-17-02049	P-13-00209	P-19-02978	P-20-03073	P-20-03072
Nom	<a href="#">IDEX MUSE</a>	<a href="#">PyroMEMS</a>	<a href="#">PYROSAFE</a>	<a href="#">Actionneurs à nanothermite</a>	<a href="#">Nanolaminés</a>
Porteur	Rossi	Rossi	Rossi	Rossi	Rossi
Objet	Intégration nano-objets sur surfaces pour micro sources d'énergie	Micropyrosystèmes	microsystèmes de sécurité à partir d'aluminothermites particulières	ingénierie de couches énergétiques multifonctionnelles par 3D printing	comprendre processus réactionnels durant initiation réaction matériaux Al/Oxydes
Coordinateur	Mesnilgrete	Conédéra	Mesnilgrete	Mesnilgrete	Charlot

**MH2F**

**OSE**

**MOST**

Référence	P-13-00180	P-18-02464	P-17-02046	P-18-02427
Nom	<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>
Porteur	Grenier	Tap	Viallon	Llopis
Objet	Microdétecteurs hyperfréquence fluidiques et biologiques	Capteur photonique intégré pour la détection de gaz	Intégration de solénoïdes 3D à air	Assemblage par bonding
Coordinateur	Conédéra	Lecestre	Bourrier	Charlot

### PHOTONIQUE

Référence	P-13-00231	P-13-00232	P-15-01624	P-14-00729	P-14-01244
Nom	<a href="#">Diodes laser à cristal photonique</a>	<a href="#">Composants photoniques AIOX</a>	<a href="#">Labcom developement</a>	<a href="#">Composants nanophotoniques sur verre</a>	<a href="#">Composants Pour la photovoltaïque III-V</a>
Porteur	Gauthier Lafaye	Almuneau	Camon	Gauthier Lafaye	Almuneau
Objet	Filière nano pour diode laser à cristal photonique et laser aléatoire	Composants photoniques AIOx	Labo commun OPERA	Filtres spectraux à cristal photonique sur verre	cellules photovoltaïques III-V
Coordinateur	Dubreuil	Doucet	Conédéra	Daran / Dubreuil	Arnoult

Référence	P-17-02029	P-19-02366	P-20-03057	P-20-03058	P-20-03097	P-20-03098
Nom	<a href="#">Puces Atomes froids</a>	<a href="#">Dimension</a>	<a href="#">Active combs</a>	<a href="#">Reson</a>	<a href="#">AEM VCSEL</a>	<a href="#">MIMIC SEL</a>
Porteur	Gauthier Lafaye	Gauthier Lafaye	Calvez	Calvez	Almuneau	Aluneau
Objet	Puces magneto optiques	Croissance de MoS2 sur substrats structurés	Realisation 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
Coordinateur	Dubreuil	Mazenq	bouscayrol	Daran	Dubreuil	Dubreuil

### MINC

Référence	P-16-01840	P-18-02463	P-16-01723	P-19-02783
Nom	<a href="#">CARANUC</a>	<a href="#">Switch MEMS</a>	<a href="#">COCNANO</a>	<a href="#">OPTENLOC</a>
Porteur	Pons	Pons	Pons	Takacs
Objet	Capteur de radiation nucléaire pour l'instrumentation du bâtiment réacteur	Switch mécanique bistable sur membrane Si déformée par fluage	capteurs d'onde de choc	Intégration Optimale d'un système de Télé-alimentation en ENergie dans les tags intelligents de Localisation
Coordinateur	Charlot / reig	Charlot	Lecestre/Reig	Charlot

### MPN

Référence	P-13-00201			P-16-01775	P-14-00710	P-18-02694	P-19-02780	P20-03049	P-13-00185	P-20-03114
Nom	Nanofils			<a href="#">ORGADETECT</a>	<a href="#">NanOnSi</a>	<a href="#">Nano TI</a>	<a href="#">Etude activation dopants par hall différentiel</a>	<a href="#">Transistors verticaux</a>	<a href="#">DISPOS</a>	<a href="#">MundFab</a>
Porteur	Larrieu	Larrieu	Larrieu	Bedel	Plissard	Plissard	Bedel	Seguy	Seguy	fuccio
Objet	<a href="#">Dispositifs bio</a>	<a href="#">Structuration NFs top down</a>	<a href="#">Transistors 3D</a>	Elaboration caractérisation mélanges organiques pour photo détection	Croissance nanofils III-V	Growth characterizations BiSb materials	Etude activation dopants par hall différentiel	Transistors organiques verticaux	composants organiques	technologies traitement avancées basse température pour nanoélectronique
Coordinateur	Lecestre	Lecestre	Lecestre	Salvagnac	Arnoult	Arnoult	Imbernon	Salvagnac	Salvagnac	Imbernon Lecestre

### MICA

Référence	P-13-00181	P-18-02445	P-18-02456	P-14-00715	P-13-00189	P-13-00190	P-16-01754	P-13-00191
Nom	<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 matériaux capteurs Gaz</a>
Porteur	Bardinal	Raimbault	Raimbault	Temple	Launay	Ménini	Bardinal	Menini
Objet	Etudes réalisation fonctions optiques en polymères sur VCSELS	Actionneurs microfluidiques par lamination de films secs	Micro résonateurs 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
Coordinateur	Reig	Mesnilgrente	Conédéra	Mazenq	Laborde	Conédéra	Doucet	Mesnilgrente



### MILE

Référence	P-17-02316	P-16-01924	P-18-02430	P-16-01753	P-16-01735	P-18-02631	P-18-02686
Nom	<a href="#">Microfluidique pour membranes biomimétiques</a>	<a href="#">NEMESIS</a>	<a href="#">Bactéries magneto</a>	<a href="#">DBO MEMS</a>	<a href="#">μLAS</a>	<a href="#">méchano-chimostat pour cellules cancéreuses</a>	<a href="#">MICROMETA</a>
Porteur	joseph	joseph	Gue	Boukabache	Bancaud	Delarue	Delarue
Objet	Canaux microfluidiques pour étudier les membranes	microcanaux mimant la filtration	Séparer des bactéries magnéto tactiques	Développement d'un microsystème pour analyse de l'eau	biopuce microfluidique	contrôler l'environnement mécanique et chimique de cellules cancéreuses	mesure métabolisme cellules eukaryotes sous contraintes
Coordinateur	Laborde	Lecestre	Conédéra	Conédéra	Mesnilgrente	Mesnigrente	Mazenq

### ELIA

Référence	P-13-00216	P-17-02276	P-13-00219	P-13-00225	P-18-02504	P-13-00222
Nom	<a href="#">SANTECH</a>	<a href="#">MultiFAB</a>	<a href="#">NODENS</a>	<a href="#">Nanosystèmes a base de matériaux moléculaires</a>	<a href="#">IV-catch</a>	<a href="#">NANOMECELL</a>
Porteur	Vieu	Malaquin	Cerf	Thibault	Cerf	Vieu
Objet	Détection optique d'interactions biomoléculaires	Plateforme de fabrication additive multi échelles et multi matériaux	Fabrication de microdispositifs en 3D par lithographie laser	Nanostructuration de matériaux moléculaires	Dispositifs communicants pour capture de cellules tumorales in vivo	mesures forces amas de sphéroïdes de cellules vivantes
Coordinateurs	Carcenac	Courson	Bourrier	Carcenac	Bourrier	laborde

Référence	P-15-01401	P-18-02623	P-19-02873	P-20-03108	P-20-03122	P-20-03124	p-20-03125	P-20-3131
Nom	<a href="#">Cellules en 3D</a>	<a href="#">Exobiologie</a>	<a href="#">Graphics</a>	<a href="#">AFM in biology</a>	<a href="#">INSITU</a>	<a href="#">FIBIOSE</a>	<a href="#">COMBIOPSIE</a>	<a href="#">Meso Physiological Systems</a>
Porteur	Malaquin	Vieu	Trévisiol	Dague	Vieu	Vieu	Vieu	Malaquin
Objet	micro environnement 3D pour culture cellulaire	capteurs de biodétection spatialisable	Caractérisation AFM	Silanisation de pointes AFM et FluidFM	Intégration microélectrodes dans microdispositifs de capture	Caractérisation des interfaces biomatériaux/cellules par FIB/SEM	capture combinée de biomarqueurs circulants non cellulaires	culture/analyse cellulaire dans environnements contrôlés
Coordinateur	Calmon	Carcenac	Reig	Mesnilgrente	Bourrier	Reig	Mazenq	Laborde

## MEMS

Référence	P-17-02100	P-17-02330	P-13-00221	P-14-00709	P-13-00224
Nom	<a href="#">MOLY</a>	<a href="#">Agile muscle osmotique</a>	<a href="#">Nanofils</a>	<a href="#">MEMS</a>	<a href="#">PSI</a>
Porteur	Leichle	Mansard	Bergaud	Leichle	Leichle
Objet	laboratoire d'analyses moléculaires multiplexées sur fibre optique fonctionnant à distance, in situ et in vivo	Caractérisation de gels poreux	Dispositifs thermiques à nanofils pour chimie et biologie	Réalisation de NEMS	Réalisation de résonateurs NEMS pour la biodétection.
Coordinateurs	Mesnilgrente	Reig	Carcenac	Mazenq	Bourrier

Référence	P-16-01766	P-16-01772	P-15-01449	P-16-01771	P-19-02752	P-20-3115
Nom	<a href="#">Biodispositif implantable</a>	<a href="#">Soleil</a>	<a href="#">OLYMPIA</a>	<a href="#">Planarpore</a>	<a href="#">3D brain</a>	<a href="#">MEMS Orga</a>
Porteur	Bergaud	Leichle	Legrand	Leichle	Maziz	Nicu
Objet	Réalisation d'électrodes implantables	Intégration de nanofluidique sur multicouch	Sondes MEMS pour AFM	micro et nano canaux avec pores pour de la détection de sécrétions cellulaires	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
Coordinateurs	Laborde	Bourrier	Mazenq	Mesnilgrente	Laborde	Salvagnac

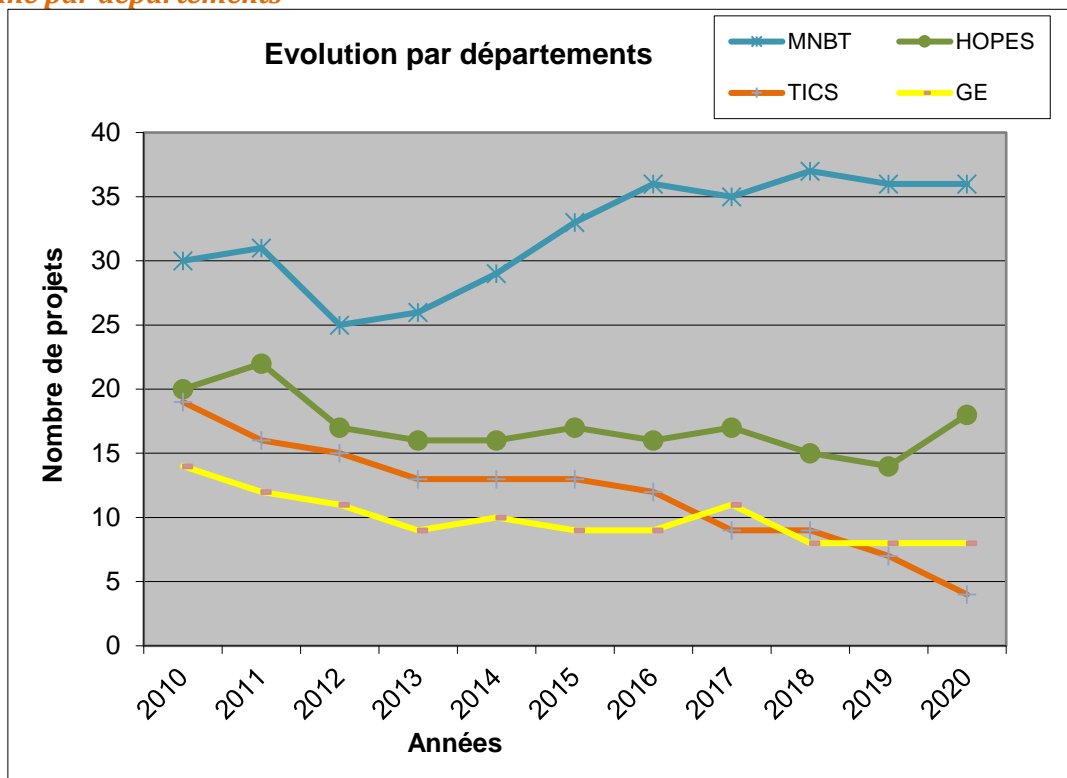
## ELEMENTS D'ANALYSE

**Projets 2020**

Un décompte brut sans analyse indique la stabilité (+1) du nombre total de projets demandant un support, pour arriver à 66 demandes.

Un peu plus finement on peut noter

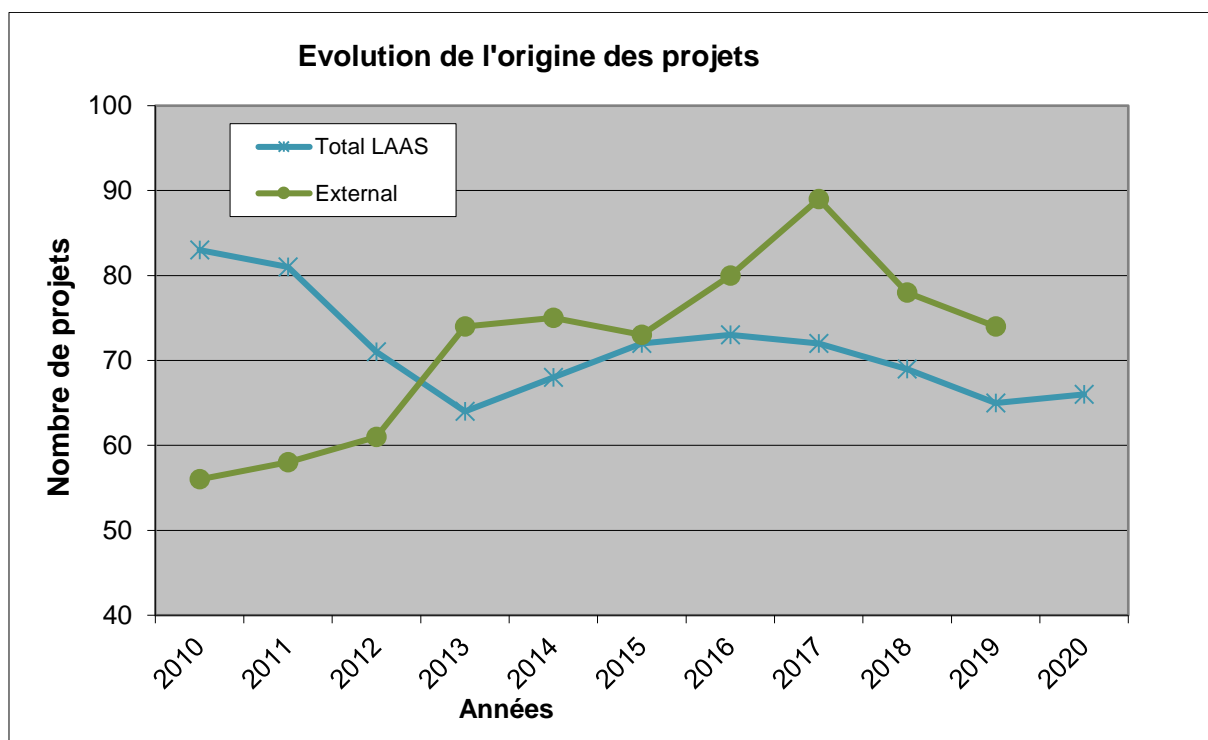
- La fin de 14 projets
- L'ouverture de 15 nouveaux projets.

**Evolution pluriannuelle***Origine par départements*

- Stabilisation du nombre de projets du département MNBT.
- Le département HOPES voit son nombre de projets rebondir, tendance à suivre dans les années à venir.
- Le département GE voit son nombre de projets rester stable
- Le département TICS voit le sien décroître. Ce département étant dissout et les équipes disséminées dans les autres départements il n'apparaîtra plus lors du bilan 2020 produit début 2021.

**LAAS vs demandes externes**

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



Le fléchissement des demandes externes se confirme sans que nous ayons d'explication particulière. Rappelons que la salle blanche a été fermée pendant 3 mois en 2018, et deux mois en 2019 ce qui a nui à l'accueil de demandes externes.

La baisse régulière depuis 2016 des projets internes s'est terminée cette année pour arriver à une situation stable..

De plus 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

#### Réorganisation de la zone

Depuis mai 2019, Guy Ardit s'est formé à la découpe, aux techniques de wire bonding et aux reports de composants. Il est maintenant opérationnel et gère l'arrivée et le suivi des demandes de la zone de montage. Cette présence permet d'assurer le "quotidien" de la zone sans créer de délai pour les demandeurs ; et à Samuel Charlot de s'investir dans des développements. Il faut donc veiller à pérenniser une seconde personne dans la zone.

#### Développement

Des développements sur le scellement de matériaux à basse température et notamment de métaux seront toujours à l'étude en 2020. Avec l'arrivée des équipements de xurographie et de l'imprimante 3D, des développements sur les procédés en fonction des matériaux utilisés seront à l'étude.

### 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. Cela n'est plus suffisant dès qu'un équipement est en panne et demande réparation, et a un impact important sur les développements qui n'ont pas pu être menés au fil des ans (ou très lentement). Une personne en complément sur la zone (30 à 50%) permettrait le développement de plus de techniques avancées avec les équipements déjà présents.

#### Équipement

La jouvence des moyens de microscopie optique est nécessaire (équipements plus maintenus) mais plusieurs autres techniques que celles présentes au laboratoire existent, une présentation de ces moyens sera proposée courant de l'année pour convenir de l'équipement/technique le plus approprié.

Toute utilisation d'appareil de caractérisation demande de comprendre à minima comment il fonctionne pour éviter les erreurs de mesures et leurs mauvaises utilisations, il est essentiel d'en tenir compte et de ne pas hésiter après réflexion à demander de l'aide.

### Chimie

#### Personnel :

L'arrivée de Tom Gouveia dans la zone est un bénéfice fort pour les utilisateurs et les actions de standardisations et calibrations des procédés ont également pu reprendre. Il est regrettable que ce poste ne soit pas un poste pérenne (toute la formation reçue et les savoirs acquis sont perdus quand le titulaire du poste est remplacé) et qu'il ne soit qu'à mi-temps (les actions prévues en 2019 n'ont pas toutes pu être menées à terme).

## Sécurité :

La finalisation des travaux d'infrastructure aéraulique et la qualification des postes modifiés sont de grandes avancées pour la sécurité des utilisateurs. La boîte à gants pour acide fluorhydrique est un progrès notable en terme de sécurité et nous rapproche d'une conformité stricte avec la législation. Toutes les utilisations d'acide fluorhydrique ne peuvent cependant pas être effectuées dans ce poste et seuls des système clos de type « Siconnex » ou équivalents assureraient une conformité totale.

## CVD

### Personnel

Pour faire suite au départ à la retraite d'un IR et gérer les dépôts CVD, il a été nécessaire de créer une zone CVD 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.

### Equipement

Prospective d'installer un outil de suivi en temps réel pour les dépôts sur le CCPECVD.

### Développement de procédés

Des développements de procédés de dépôts RuOx seront conduits sur l'ALD Si-ALD-LL et pour utiliser l'Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> déposé par ALD pour la photonique.

## 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 2020 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 complément indispensable pour les développements des activités sur les matériaux énergétiques

### Nouvelle équipement

Installation de l'équipement AC450 en soutien à la filière photonique.

## Electrochimie

### Activité

Avec l'arrivée de T. Gouveia, la zone électrochimie a pu retrouver un fonctionnement à peu près à l'équilibre. Contrairement à 2018 il y a eu beaucoup moins de dépôts non-conformes car les analyses chimiques sont faites et dans des cycles réguliers. Ces résultats et nos nombreuses années d'expériences avec des CDD, démontrent qu'il nous faut au minimum 1.5 personnes sur la zone pour répondre aux besoins essentiels et 2 personnes pour permettre à cette zone de répondre à toutes les demandes dans les temps et à insuffler de nouveaux développements innovants qui permettront de définir les briques de bases pour les années à venir.



## Epitaxie par jets moléculaires

### Disponibilité 2019

Le bâti MBE412 n'a été disponible que 7 mois en 2019. Cependant, des croissances originales, ou plus classique ont été réalisées pendant sa période de disponibilité.

### Nécessité de panneaux cryogéniques de remplacement

Les panneaux cryogéniques sont très saturés, ce qui 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.

Il serait pertinent d'acheter un jeu de remplacement, pour une somme de l'ordre de 100k€.

### Automatisation des croissances

L'action d'automatisation du procédé d'épitaxie engagée en 2019 a permis une collaboration transverse entre TEAM, PHOTO et GEPETTO, qui est le point de départ de projets plus ambitieux.

## Gravure plasma

### Réorganisation de la zone

Depuis le mois de janvier, le personnel en charge de la zone a changé, entraînant une période de transition de plusieurs mois. De plus, le stagiaire Master 2 qui a travaillé sur l'optimisation de la gravure plasma pendant 6 mois, a été embauché pour un CDD de 1 an pour remplacer Aurélie Lecestre en salle blanche. Tous ces changements ont généré des périodes d'adaptation non négligeables en 2019. Malgré tous ces changements, la zone gravure a fonctionné afin que les projets en cours ne soit pas affecté.

### Développement

De nombreux développements devront être effectués en 2020, ce qui prendra un temps non négligeable en plus des maintenances, des formations et du service. Ces développements sont indispensables pour la zone de gravure afin de répondre au mieux aux demandes de gravure plasma.

### Gravure profonde Si

L'équipement Alcatel est encore tombé en panne plusieurs mois cette année. Le plus gros problème actuellement concerne la reproductibilité des procédés (rugosité, black silicon), nécessitant des wafers tests avant chaque nouvelle demande de gravure. Le rétrofit de l'équipement STS nous permettrait d'avoir un équipement NOMOS (métaux acceptés) disponible lors des pannes récurrentes de la machines Alcatel.

## Jet d'encre et traitement de surfaces

### Jet d'encre

Suite à l'arrivée de la Ceradrop nous avons travaillé au transfert des anciens procédés puis au développement de nouveaux procédés, notamment avec les encres argent. De nouveaux développements sont prévus, en partie grâce au module de recuit infrarouge.

### Traitement de surface

Les développements se sont ralentis dans ce domaine par manque de temps mais vont reprendre dans les années à venir. Ceci grâce aux modifications ou achats d'équipements et avec la collaboration des autres zones de la centrale de technologie.

## Ressources humaines

L'activité de la zone va croissante, du fait de l'augmentation du parc d'équipements, avec la prise de conscience de l'intérêt de la maîtrise des états de surface et enfin avec le vieillissement du parc d'équipements. V. Conédéra qui apporte toujours son soutien dans la zone partira à la retraite dans 4 ans. Nous prévoyons qu'un recrutement sera nécessaire dans les années à venir pour continuer à développer la zone afin de répondre au mieux aux besoins des chercheurs.

## Lithographie laser

### Equipements d'écriture laser

L'ensemble des moyens de lithographie par lasers réunit au LAAS est unique en milieu académique. Cet ensemble est constitué de 5 types d'équipements lasers complémentaires permettant d'exploiter différentes techniques pour la structuration en 2D et 3D de matériaux en salle blanche. Une grande variété de matériaux est traitée avec ces équipements à différentes échelles : submicronique à centimétrique. Une évolution de l'équipement Nanoscribe Photonic Professional vers la version GT2 renforcerait ces moyens en augmentant les capacités de structuration 3D aux échelles micronique et millimétrique.

### Fabrication des masques et réticules

Malgré l'arrêt de l'équipement DWL 200 pendant 2 mois et les problèmes récurrents d'alignement du laser d'écriture lors du 1<sup>er</sup> semestre 2019 nous avons répondu à toutes les demandes de fabrication et livré 437 masques et réticules. Depuis septembre nous prospectons pour le remplacement de l'équipement Hamatech (fabriqué avant 2000) qui n'est plus maintenu par le constructeur. Dans le cadre d'une jouvence nous préparons un appel d'offre pour l'achat d'un équipement neuf permettant de traiter tous nos formats de masques et réticules (développement résine + gravure chrome).

## Nanolithographies

### Co-encadrement d'une apprentie ingénieure de l'ENSIACET

Cet apprentissage sera l'occasion de développer l'utilisation de résines et de films polymères « verts » et d'établir de nouvelles collaborations avec des laboratoires extérieurs. L'idée aussi est de se rapprocher de la lithographie 3D pour développer des procédés bio-compatibles nécessitant de la structuration multi-échelle.

D'un point de vue organisationnel, ce co-encadrement (Emmanuelle, Franck et Jean-Baptiste) est l'occasion de développer encore plus l'utilisation d'outils de coopération.

### Ressources humaines nécessaires à l'activité

**Nous avons besoin d'un poste pérenne, afin de pouvoir maintenir et développer la zone pour un service optimum aux projets de recherche :**

- Vieillesse des cadres : âge moyen ~54 ans, 1<sup>er</sup> départ à la retraite prévu dans 5 ans
- La tentative de former 2 personnes en interne n'a pas pu être finalisée par manque de disponibilité.
- Il faut 4 ans pour former une personne débutante aux technologies de micro/nanofabrication

## Photolithographie

### Développements

Cette année nous continuerons de tester de nouvelles résines afin de compléter notre catalogue de procédés et répondre au mieux aux besoins exprimés, notamment sur les résines hautes résolutions et pour la RIE.

Des tests sont également à mener sur le spray coater afin d'étoffer le nombre de résines disponibles sur l'équipement.

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

### Moyens matériels

Le parc d'équipements est vieillissant : stepper (1995), MA150 (1998), EVG120 (2005). Suss Microtec n'assurera plus de support sur la MA150 à partir de 2021 ce qui met en péril la continuité de filières technologiques. Nous avons la même problématique avec Canon qui ne garantit plus l'approvisionnement des pièces du stepper.

### Moyens humains

Julien Joneau termine cette année son cursus ingénieur en apprentissage. Adrian Laborde et Laurent Mazonq continuent les missions de développements de procédés, de maintenance, support et formation aux utilisateurs. Adrian Laborde s'implique davantage sur les actions d'intérêt général comme la gestion de stock des substrats ou participation à la cellule formation. Il est devenu en salle blanche un acteur privilégié et coordonnera cette année davantage de projets internes et externes Renatech.

## Traitements thermiques et implantation ionique

### Moyens humains

Début 2019, la zone a été réorganisée avec la création d'une zone CVD. La zone traitements thermiques/implantation ionique est dorénavant composée de 2 personnes.

### Equipements

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

## Soutien

### Personnel

L'année 2018 à vue le départ de V. Luque, la dernière personne qui était affectée à 100% des tâches de cette zone. Il n'y a donc plus de personne directement missionnée sur ces actions pourtant essentielles au bon fonctionnement général. Pour pallier à cette situation les solutions mises en place ont consisté à

- Répartir les actions sur des personnels du service, au détriment de leurs autres implications
- Développer avec l'aide du service IDEA des formulaires en ligne

Ces adaptations ont montré leur relative efficacité, en l'état et grâce aux efforts des membres du service nous arrivons à maintenir un soutien direct et quotidien aux utilisateurs, sans trop réduire la réactivité à leurs sollicitations.

## Support

### Personnel

T Doconto fera valoir ses droits à la retraite à l'automne 2020. Il sera 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 de plus en plus d'acuité.

### Travaux

2018 et 2019 ont été marquées par des travaux d'envergure qui ont nécessité une attention particulière. Ces travaux commencent à porter leurs fruits en termes de réduction des consommations énergétiques.

## SYNTHESE GENERALE

### Personnel

- Depuis 2012 le bilan sur les personnels permanents est de -4.
- Le poste d'IR matériaux classé premier du laboratoire n'a pas été soutenu par le CNRS
- Si l'on se projette à six ou sept ans au rythme actuel nous arriverons à -6 ou -7 postes permanents.
- Disparition de personnel attiré au soutien compensé par l'implication des autres personnels TEAM
- Sous-effectif en zones chimie, électrochimie, assemblage, caractérisation
- Sous-effectif à venir en zone 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 promotion par concours, deux promotions au choix, deux promotions par sélection professionnelle.

### Organisation

- Gravure plasma : départ de P. Dubreuil, arrivée de L. Bouscayrol qui vient de la zone soutien
- CVD : Création de la zone au 1<sup>er</sup> janvier 2019 avec Pascal Dubreuil comme responsable.

### Equipements

- Installation de onze équipements.
- Importants travaux de rénovation du système de traitement d'air
- Installation d'un équipement prévu en 2020

### 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 globalement stable

### Partenariat Renatech

- Activité en légère baisse due sans doute à la fermeture de 2 mois de la salle blanche.
- Ces activités représentent 11% de l'activité globale de la salle blanche pour environ 32% des sommes encaissées en facturation.

### Formations

- Plus de 500 heures de formations pratiques annuelles
- Développement de formations en lignes sur Moodle

### Sécurité

- Finalisation des aménagements des postes de chimie pour sécurisation des opérateurs dont la validation.
- Maîtrise du risque de manipulation du HF par réalisation d'une boîte à gants.

- Mise en place des fiches individuelles d'exposition au risque chimique

### **Budget**

- Budget exécuté en baisse par rapport à la moyenne des années précédentes.
- Fluidité de l'exécution liée à la mise en place du processus complet lié à la facturation auditable.

### **Demandes internes de soutien**

- Stabilité des demandes (+1) en 2020 pour arriver à 66.
- La technologie pour la biologie constitue toujours plus de la moitié des projets.

# ANNEXES

Prospective équipements à moyen et long terme de la centrale de micro et nanotechnologies du LAAS-CNRS (décembre 2019)

Liste des équipements au 31 décembre 2019 (extraction depuis l'application Myfab)

Projets Renatech 2019



**PROSPECTIVE EQUIPEMENTS A MOYEN ET LONG TERME DE LA CENTRALE DE MICRO ET NANOTECHNOLOGIES DU LAAS-CNRS (DECEMBRE 2019)**

	Jouvence /Evolution	Nouveau	Priorité	Micro nano électronique	Photonique / optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes
<b>Équipements prioritaires</b>							
Aligneur semi-automatique	165 000		P1 Photolithographie				
Panneau cryogénique et panneaux à eau	100 400		P1 EJM				
Profilomètre optique/vibromètre laser	200 000/100 000		P1 Caractérisation				
Micro structuration 2D/3D (découpe laser)		600 000	P1 Assemblage				
Tube SIC pour recuit 1150°C	150 000		P1 Traitements thermiques et Implantation				
STS DRIE	150 000		P1 gravure plasma				
Plasma atmosphérique		200 000	P1 jet d'encre/ P1 Electrochimie				
Option Nanoscribe pour fabrication objet 4mm	30 000		P1 Litho Laser				
Sorbonne rampe à vide/gaz		40 000	P1 Chimie				
Sous total	895 400	840 000					
<b>Équipements par ressources</b>							
Flip chip / montage de composants		600 000	P2 Assemblage				
CMP (chemical mechanical polishing)	300 000		P3 Assemblage				
Module plasma Wafer Bonder Suss		150 000	P4 assemblage				
EDX-XTREM		110 000	P2 Caractérisation				
Tomographe 3D		500 000	P3 Caractérisation				
AFM fastscan	110 000		P4 Caractérisation				
MEB HR	650 000		P5 Caractérisation				

Equipement	Jouvence /Evolution	Nouveau	Priorité	Micro nano électronique	Photonique / optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes
Equipement de spray solvants pour lift-off		150 000	P2 Chimie				
Traitement par HF en système clos		300 000	P3 Chimie				
Équipement dépôt à haut facteur de forme		150 000	P2 Electrochimie				
Micro usinage 3D du verre (Fracturation du verre)		600 000	P3 Electrochimie				
AUGER sur MBE 412		60 000	P2 EJM				
Ellipsomètre multi longueur d'onde		32 000	P2 EJM				
RHEED sur MBE412	27 000		P2 EJM				
Cellule Arsenic	110 000		P3 EJM				
Système de traitement de gaz		100 000	P2 gravure plasma				
Gravure matériaux grand gap		300 000	P3 gravure plasma				
Gravure par faisceau d'ions (RIBE)		130 000	P4 gravure Plasma				
Implantation par immersion plasma		800 000	P2 Traitements thermiques et Implantation				
Dépôt spray sur Ceradrop		170 000	P2 Jet d'encre				
Recuit photonique in-situ sur Ceradrop		160 000	P3 Jet d'encre				
Option BSA sur MA6 GEN4	40 000		P2 Photolithographie				
Dispense/développement automatique	600 000		P3 Photolithographie				
Sous total	1 837 000	4 312 000					
<b><i>Lithographies très résolues</i></b>							
Masqueur électronique		3 000 000	P1 Ebeam				
Photo répéteur 5X	3 000 000		P2 Photolithographie				
Evolution infrastructure	2 500 000		Infrastructure				
Sous total	5 500 000	3 000 000					
<b>TOTAUX</b>	<b>8 232 000</b>	<b>8 152 000</b>	<b>16 384 000</b>				

## LISTE DES EQUIPEMENTS AU 31 DECEMBRE 2019(extraction depuis l'application Myfab)

Nom (code facturation)	Responsable	Zone	Date installation	Equipementier	N° inventaire
Polisseuse PM5 (A-POLI)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	1998-12-16	Logitech	Prio 0
Wafer Substrate Bonding (A-POLI)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2015-12-15	Logitech	Prio 0
Hotte polissage ( A-POLI)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2006-12-13	unknOWN	(7848_CV) Prio 0
Scie diamanté DAD-321 (A-MONT2)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	DISCO	(6783_MEC) Prio 0
hotte montage (A-MONT2)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2006-12-20	unknOWN	(7849_CV) Prio 0
Report Eutectique (A-MONT2)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	1988-12-14	SET	Prio 0
Micro Injecteur (A-MONT2)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	1999-12-16	Narishige	(9480_W) Prio 0
polisseuse CDP41 (A-POLI)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2005-12-13	Logitech	(8006_W) Prio 0
Micro-soudeuse KnS 4526 (A-MONT2)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	Kulicke and Soffa	(9736_W) Prio 0
Micro-soudeuse KnS 484 (A-MONT2)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	Kulicke and Soffa	() Prio 99
Mesure planéité (A-POLI)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2010-12-15	Logitech	(10005_P) Prio 0
Micro-soudeuse KnS 484 (A-MONT2)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting		Kulicke and Soffa	() Prio 99
Micro-soudeuse TPT HB-16 (A-MONT2)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	TPT	(8333_0) Prio 1
Micro-soudeuse KnS 4700 (A-MONT2)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	Kulicke and Soffa	(9533_EV) Prio 1
Micro-soudeuse Delvotec 5430 (A-MONT2)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	Delvotec	(7594) Prio 99
polisseuse ESCIL (A-POLI)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2011-10-12	Escil	(10040_W) Prio 0
oscilloscope (F-FRAI)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2012-12-12	Tektronix	Prio 0
carotteuse ultra sonore (A-MONT2)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2007-12-12	fishione	(8478_W) Prio 0
Grinder G&N (A-POLI)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	Grinder	(7972_W) Prio 1
Scriber JFP-S100 (A-MONT2)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	CEFORI	(10639_W) Prio 0
Jauge de mesure d'épaisseur (A-POLI)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	Logitech	(10005_P) Prio 99
Etuve Horo (A-MONT2)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	HORO	() Prio 99
Etuve TETHYS ( A-MONT2)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	TETHYS	() Prio 99
Scriber Karl-SUSS RH-100 (A-MONT2)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	Karl-SUSS	() Prio 99
Scriber SET (A-MONT2)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	SET	() Prio 99
Report eutectique KnS 6482(A-MONT2)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	Kulicke and Soffa	() Prio 99
Film monter UH-115 (A-MONT2)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	Ultron Systems, Inc.	(8371_W) Prio 99
Nettoyage wafers UH-117 (A-MONT2)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	Ultron Systems, Inc.	(8372_W) Prio 99
Report/Collage Tresky T4907 (A-MONT2)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	Dr Tresky	(11144_PV) Prio 1
Report/Collage Tresky T3000 (A-MONT2)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	Dr Tresky	(8096_W) Prio 0
étuve Thermo (A-MONT2)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting		Thermo scientific	
Découpe Graphtec (A-MONT2)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2019-10-01	Graphtec	Prior 0
Form 3 (A-INTE)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2019-12-16	Formlabs	TEAM
Spectromètre UV-VIS (C-SPEC)	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	2017-03-14	PerkinElmer	

Profilomètre mécanique Tencor P17 (F-FRAI)	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	2017-06-19	KLA Tencor	
DSC (C-MEB) (C-DSC)	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	2017-10-04	NETZSCH	(12155_PB.01)
Testeur sous pointes (F-FRAI)	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	2014-03-03	SET	() Prio 99
Microscope optique Leica (F-FRAI)	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	2008-01-01	LEICA	(7657_W) Prio 0
Profilomètre mécanique Tencor P16+ (F-FRAI)	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	2009-01-01	KLA Tencor	(9645_W) Prio 0
PECS (D-PREC/STA)	Benjamin Reig	PVD	2002-01-01	GATAN	(7016_P) Prio 1
Profilomètre optique Wyko (F-FRAI)	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	2001-12-01	VEECO	(6841_PO) Prio 1
Profilomètre optique LEXT (F-FRAI)	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	2008-01-01	Olympus	(9131_PO) Prio 0
Résistivimètre manuel (F-FRAI)	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization		no	(11163_ELM) Prio 1
Résistivimètre automatique (F-FRAI)	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	2003-01-01	Changmin Tech	(11162_ELM) Prio 0
Ellipsomètre HJY (C-SPEC)	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	2005-01-01	Horiba Jobin Yvon	(7957_PO) Prio 0
Digidrop (F-FRAI)	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	2004-01-01	GBX Instrument	(7036_EL) Prio 0
FIB Dual Beam (C-FIB)	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	2012-06-01	FEI	(10427_PO) Prio 0
MEB S-4800 (C-MEB)	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	2005-01-01	HITACHI	(8046_W) Prio 0
MEB S-3700N (C-MEB)	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	2008-01-01	HITACHI	(9301_PO) Prio 0
AFM ICON (C-AFM)	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	2011-01-01	BRUKER	(10321_W) Prio 0
AFM DIMENSION (C-AFM)	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	2000-01-01	VEECO	(6896_PO) Prio 1
FTIR (C-SPEC)	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	2015-07-01	BRUKER	(115438_SE.01) Prio 1
wet bench metal etching (F-FRAI)	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches	2005-01-01	VACO	(8472_W)
UV -ozone (F-FRAI)	Jean-Baptiste Doucet	Traitement de surface / Surface treatment	2013-06-01	Jelight	(7872_W) Prio 1
optical microscope NIKON (F-FRAI)	Jean-Baptiste Doucet	Caractérisation / characterization	2005-01-01	NIKON	LAAS
wet bench III-V (F-FRAI)	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches	2005-01-01	Coillard	(8473 W)
wet bench with Spin Rinse Dryer (F-FRAI)	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches	2005-01-01	Coillard	LAAS
wet batch photoresist stripping by AZ100 remover (F-FRAI)	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches	2005-01-01	VACO	(7861_C) Prio 0
Glove box for HF based chemistry (F-FRAI)	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches	2005-01-01	DVTECH	(8472_W)
right organic solvents fume hood with lowerable window (F-FRAI)	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches	2000-01-01	Fluidair	LAAS
left organic solvents fume hood with lowerable window (F-FRAI)	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches	2000-01-01	Fluidair	LAAS
acid wet bench for multicleaning and etching(F-FRAI)	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches	2005-01-01	PTS	Prio 1
Batch Buffer Oxide Etching 1-7 MOS (F-FRAI)	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches	2005-01-01	to be precised	( 8471W) Prio 1
fume hood exploratory chemistry (F-FRAI)	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches	2008-01-15	to be precised	(C8474 W) Prio 1
sonication cabin	Jean-Baptiste Doucet	Other processes	2019-10-01	plasturgiste	
clean wet bench organic solvents (F-FRAI)	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches	2017-03-06	DV Tech	

wet bench organic solvents PDMS and outgasing (F-FRAI)	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches		PTS	
Paillasse Chime EJM - Solvants - III/IV (F-FRAI)	quentin gravelier	Epitaxie / Epitaxy		LAAS	
Paillasse Chime EJM- Acides - III/IV (F-FRAI)	quentin gravelier	Epitaxie / Epitaxy		LAAS	9082_W
MBE32P (MBE)	Alexandre Arnoult	Epitaxie / Epitaxy	1994-01-01	RIBER SA	
MBE2300	Alexandre Arnoult	Epitaxie / Epitaxy	1985-01-01	RIBER SA	
D8-Discover (M-DRX)	Alexandre Arnoult	Epitaxie / Epitaxy	2012-03-26	Bruker AXS	(10407_W) Prio 0
MBE412 (MBE)	Alexandre Arnoult	Epitaxie / Epitaxy	2011-05-03	RIBER SA	(10190_CE)Prio 0
Rena Cuivre 4 pouces (E-AUTO)	David Bourrier	Electrochimie/electroplating	2005-06-15	RENA	(7965_CV) Prio 0
Rena Nickel 4 pouces (E-AUTO)	David Bourrier	Electrochimie/electroplating	2010-07-14	RENA	(9925_CE) Prio 1
Rena Or 4 pouces (E-AUTO)	David Bourrier	Electrochimie/electroplating	2005-06-15	RENA	(7965_CV) Prio 0
Auroless (E-MANU)	David Bourrier	Electrochimie/electroplating	2006-06-15	Minaservices	(9681_CE) Prio 0
Paillasse de Développement & Ultrason (F-FRAI)	David Bourrier	Procédés humides / Wet process benches	2009-06-01	Minaservices	( 9681_CE) Prio 0
Paillasse de Développement & Stripping (F-FRAI)	David Bourrier	Procédés humides / Wet process benches		LAAS	() Prio 0
Gravure KOH (E-ANIS)	David Bourrier	Procédés humides / Wet process benches	2009-06-01	Minaservices	(9680_CE) Prio 1
Gravure TMAH (E-ANIS)	David Bourrier	Procédés humides / Wet process benches	2009-06-01	Minaservices	(9680_CE) Prio 1
AAS (E-CARA)	David Bourrier	Electrochimie/electroplating	2008-06-15	Perkin Elmer	(9096_W) Prio 0
Titration (E-CARA)	David Bourrier	Electrochimie/electroplating	2010-07-14	Metrom	(8686_W) Prio 0
Cvs (E-CARA)	David Bourrier	Electrochimie/electroplating	2007-06-15	Metrom	(8686_W) Prio 0
Polarographie (E-CARA)	David Bourrier	Electrochimie/electroplating	2007-06-15	Metrom	(8686_W) Prio 0
Paillasse dépôts Alternatifs (E-MANU)	David Bourrier	Electrochimie/electroplating	2005-06-15	LAAS	() Prio 0
Yamamoto Cuivre 4/6" (E-MANU)	David Bourrier	Electrochimie/electroplating	2015-09-01	LAAS	() Prio 0
Yamamoto 4" (E-MANU)	David Bourrier	Electrochimie/electroplating		Yamamoto	
Yamamoto Nickel 4/6" (E-MANU)	David Bourrier	Electrochimie/electroplating	2019-10-21	Yamamoto	() Prio 0
FOURNITURE	Hugues Granier	Support salle blanche		LAAS	
ALCATEL P1 (G-ALCA)	Aurélié LECESTRE	Gravure plasma / Plasma etching	2009-01-01	ALCATEL-ADIXEN	(9459_C) Prio 0
ALCATEL P4 (G-ALCA)	Aurélié LECESTRE	Gravure plasma / Plasma etching	2009-01-01	Alcatel - Adixen	(9459_C) Prio 0
DIENER plasma O2 (F-FRAI)	Aurélié LECESTRE	Gravure plasma / Plasma etching	2010-01-01	DIENER	(9760_W) Prio 0
TEPLA plasma O2 (F-FRAI))	Aurélié LECESTRE	Gravure plasma / Plasma etching	2002-01-01	TEPLA	(7045_CW) prio 0
Etchlab 200 (G-ICP)	Aurélié LECESTRE	Gravure plasma / Plasma etching	2015-09-03	SENTECH	(11530_VB.01) prio 0
SI500 (G-ICP)	Aurélié LECESTRE	Gravure plasma / Plasma etching	2015-09-03	SENTECH	(11529_VB.01) prio 0
ICP2 III-V et NoMos (G-ICP)	Aurélié LECESTRE	Gravure plasma / Plasma etching	2003-11-19	Trikon (SPTS)	(7334_W) Prio 0
Implanteur ionique IMC 200 (I-IMPL)	Eric Imbernon	Implantation	2007-05-08	Eaton	(11152_PV) Prio 0
Hotte implanteur (I-IMPL)	Eric Imbernon	Other processes		Minaservice	() Prio 1
plaque chauffante 300°C (A-INTE)	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting	2008-02-13	Sawatec	(7859_W)
Parylene C30S (D-PARY)	Guillaume Libaude	PVD	2016-02-29	Comelec	(118158_MA.01) Prio 0

Hotte Wafer Bonder (A-INTE)	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting	2017-02-06	Devetek	Prior 0
Pull shear testeur (A-MONT2)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting		Xyztec	Prior 0
hotte solvants (F-FRAI)	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting		Mina services	
Shipley 360 (A-INTE)	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting		Shipley	(7494_W) Prio 0
Shipley 3024 (A-INTE)	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting		Shipley	(8957_W) Prio 1
Report flip chip (A-INTE)	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting	2001-12-18	SET	(7028_PV) Prio 0
Wafer bonder AML (A-INTE)	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting		AML	(7840_W) Prio 1
sérigraphie (A-INTEI)	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting	2007-12-19	DEK	(8957_W) Prio 0
Etuve vieillissement thermique (A-MONT2)	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting	1996-12-11	Secasi	Prio 0
Wafer bonder SUSS (A-INTE)	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting	2011-12-14	SUSS	(10144_PV) Prio 0
microscope Leica (F-FRAI)	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting		Leica	(7028_PV) Prio 0
encolleuse (A-MONT2)	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting		Janome	Prio 0
Four de refusion (A-INTE)	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting		Madell	(9480_W) Prio 1
viscosimètre (F-FRAI)	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting	2009-12-16	Fungilab	(9652_W) Prio 0
étuve MEMMERT (A-MONT2)	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting		Memmert	(8373_W) Prio 0
Aligneur Suss (A-INTE)	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting	2011-12-20	SUSS	Prio 0
Altadrop (J-JET)	fabien mesnilgrete	Jet d'encre / ink jet	2007-09-01	Altatech	(8505_W) Prio 0
paillasse jet d'encre (F-FRAI)	fabien mesnilgrete	Procédés humides / Wet process benches	2015-12-15	Coillard	(9084_W)
paillasse electroless (E-Manu)	Véronique Conédéra	Procédés humides / Wet process benches	2015-12-15	Coillard	(9085_W)
viscosimètre (F-FRAI)	fabien mesnilgrete	Caractérisation / characterization	2007-06-13	anton paar	(8747_CM) Prio 1
UV Ozone (F-FRAI)	fabien mesnilgrete	Traitement de surface / Surface treatment	2012-06-13	Jelight	(10023_W) Prio 1
spectroline 248nm (F-FRAI)	Véronique Conédéra	Traitement de surface / Surface treatment	2014-09-16	spectroline	(11633_OA.38) Prio 0
balance (F-FRAI)	fabien mesnilgrete	Caractérisation / characterization	2010-05-11	Mettler	(9949_PB) Prio 1
Ceradrop (J-JET)	fabien mesnilgrete	Jet d'encre / ink jet	2018-04-05	Ceradrop	(12322_WA.21) Prio 0
DILASE 3D MR (L-DILAA)	Pierre-François Calmon	Lithographie laser / Laser lithography	2018-07-12	KLOE	(12431_WA.12) Prio 0
DILASE 3D (L-DILAA)	Pierre-François Calmon	Lithographie laser / Laser lithography	2016-03-15	KLOE	(10759_CV) Prio 0
Hotte Litho laser (F-FRAI)	Pierre-François Calmon	Lithographie laser / Laser lithography	2017-05-17	DV Tech	(11970_HA.23) Prio 1
MOS wet bench (F-FRAI)	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches		Minaservice	LAAS
RCA/Piranha cleaning MOS (F-FRAI)	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches	2005-01-01	VACO	(8475W) Prio 0
DWL 200 (L-DLW)	Pierre-François Calmon	Lithographie laser / Laser lithography	2005-07-01	HEIDELBERG INSTRUMENTS	(7581_W) Prio 0
DILASE 750 (L-DILAA)	Pierre-François Calmon	Lithographie laser / Laser lithography	2013-12-03	KLOE	(10759_CV) Prio 0
DILASE 650 (L-DILAA)	Pierre-François Calmon	Lithographie laser / Laser lithography	2012-12-05	KLOE	(ESSILOR) Prio 0
PHOTONIC PROFESSIONAL (L-NANO)	Pierre-François Calmon	Lithographie laser / Laser lithography	2013-07-02	NANOSCRIBE	(0773_PO) Prio 0
HMP 90 (L-DLW)	Pierre-François Calmon	Lithographie laser / Laser lithography	2007-03-13	SUSS	(8773_CV) Prio 1
Nano-imprint equipment (N-NEX)	Jean-Baptiste Doucet	Nano imprint	2010-06-15	Nanonex	(9931_PO) Prio 0
RAITH150 (N-RAIT)	Franck Carcenac	Lithographie électronique / Ebeam lithography	2005-01-03	RAITH	(7563_W) Prio0
Suss MJB3 Si (P-PHOTO)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	1985-01-01	Suss Microtec	(11160_PO)Prio1



Hotte nano (F-FRAI)	Franck Carcenac	Nano imprint	2017-12-15	DVTEch	LAAS
GeniSys lab (F-FRAI)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	2017-09-26	GeniSys	
Olympus MX50 (F-FRAI)	Aurélie LECESTRE	Caractérisation / characterization		Olympus	
Paillasse Chime EJM-1(F-FRAI)	quentin gravelier	Epitaxie / Epitaxy	2007-07-02	LAAS	
NanoMOS wet bench (F-FRAI)	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches		PTS-DVTECH	
SI500-DRIE (G-ICP)	Aurélie LECESTRE	Gravure plasma / Plasma etching	2020-01-06	SENTECH	(12764_VB.01) prio 0
HMDS Obducat (F-FRAI)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	2017-12-22	Obducat Solar Semi	
MA6 Gen4 (P-PHOTO)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	2018-04-13	Suss Microtec	
plaque chauffante SU8 n°2 (F-FRAI)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography		Suss Microtec	(6974_PV)Prio1
plaque chauffante SU8 n°1 (F-FRAI)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	2005-01-01	Suss Microtec	(7859_W)Prio0
étuve polymères (F-FRAI)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography		Memmert	(8008_W)Prio1
étuve HMDS auto (F-FRAI)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	2005-01-01	Yes	(8008_W)Prio0
étuve HMDS manuel (F-FRAI)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	1999-01-01	Yes	(8009_W)Prio1
microscope leica photo auto (F-FRAI)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography		Leica	(7982_W)Prio1
microscope leica photo manuel (F-FRAI)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography		Leica	(7957_W)Prio1
paillasse photo 1 : poste de développement (F-FRAI)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	2005-01-01	Minaservice	(7843_CV)Prio1
paillasse photo 1 : tournette 1 (F-FRAI)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	2005-01-01	Suss Microtec	(7844_CV)Prio1
paillasse photo 2 (procédés spécifiques) : (F-FRAI)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	2005-01-01	Minaservice	(7846_CV)Prio1
paillasse photo 2 (procédés spécifiques) : (F-FRAI)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography		Suss Microtec	(6769_CE)Prio1
paillasse photo 3 (procédés MOS) : (F-FRAI)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	2005-01-01	Minaservice	(7845_CV)Prio1
paillasse photo 3 (procédés MOS) : (F-FRAI)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	2005-01-01	Suss Microtec	(7852_CV)Prio1
EVG120 (P-PHOTO)	Adrian Laborde	Photolithographie / Photolithography	2005-06-16	EVG	(7582_W)Prio0
Suss SprayCoater (P-PHOTO)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	2010-10-16	Suss Microtec	(10163_W)Prio0
Stepper Canon (P-PHOTO)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	2009-01-01	Canon	(9522_W)Prio0
EVG620 (P-PHOTO)	Adrian Laborde	Photolithographie / Photolithography	2005-06-16	EVG	(7583_W)Prio1
Suss MA150 (P-PHOTO)	Adrian Laborde	Photolithographie / Photolithography	1998-01-01	Suss Microtec	(7037_I)Prio0
Suss MA6 (P-PHOTO)	Adrian Laborde	Photolithographie / Photolithography	1998-01-01	Suss Microtec	(9823_PV)Prio1
Suss MJB3 GaAs (P-PHOTO)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	1985-01-01	Suss Microtec	(11141_PO)Prio2
ICP3 NoMos (G-ICP)	Aurélie LECESTRE	Gravure plasma / Plasma etching	2003-11-19	Trikon (SPTS)	(7336_W) Prio 0
EVA 600 Evaporation (D-PREC/STA)	Ludovic Salvagnac	PVD	2010-01-01	Alliance Concept	(10008_P) Prio 0
Univex 450 Pulvérisation (D-PREC/STA)	Ludovic Salvagnac	PVD	2008-01-01	Oerlikon	(8536_W) Prio 1
Plassys Organiques (D-OLED)	Ludovic Salvagnac	PVD	2013-09-17	Plassys	(10760_CV) Prio 1
Varian Evaporation (D-PREC/STA)	Ludovic Salvagnac	PVD	1996-01-01	MTB Solutions	(0859_P) Prio 0
Edwards Poly (D-PREC/STA)	Ludovic Salvagnac	PVD	2004-01-01	Edwards	(7412_W) Prio 0

ApSy E100 (D-PREC/STA)	Ludovic Salvagnac	PVD	2010-01-01	Application Systemes	(10089_PE) Prio 0
Riber degas (D-PREC/STA)	Ludovic Salvagnac	PVD	2015-02-11	Riber	(11309PP) Prio 0
Tousimis (J-TRAIT)	fabien mesnilgrete	Other processes		Tousimis	(7592_w) Prio 0
SFD (J-TRAIT)	fabien mesnilgrete	Traitement de surface / Surface treatment	2014-12-18	31 degrees	(10884_W) J0
Plassys nano (D-PREC/STA)	Ludovic Salvagnac	PVD	2017-03-01	Plassys	(11992_VB.01) Prio 0
TFE 644 Pulvérisation (D-PREC/STA)	Ludovic Salvagnac	PVD	2017-11-13	Thin Film Equipment (TFE)	(12170_VA.11) Prio 0
Recuit métaux divers (sauf Au et Cu) sur Si (T-FOUR)	Eric Imbernon	Recuits / Annealing		ASM	(11147_PT) Prio 1
Recuit métaux sur substrats verre (T-FOUR)	Eric Imbernon	Recuits / Annealing		ASM	(11147_PT) Prio 1
Recuit Au et Cu sur Si (T-FOUR)	Eric Imbernon	Recuits / Annealing		ASM	(11147_PT) Prio 1
Four Tempress Si-poly (T-CVD)	Eric Imbernon	LPCVD		Tempress	(11148_PT) Prio 1
ALD-NOMOS (T-CVD)	Pascal Dubreuil	Other processes	2020-09-01	Sentech	
Four OXYBORE6 (T-FOUR)	Eric Imbernon	Oxydation		Centrotherm	(7980_W) Prio 0
Four OXYPROP6 (T-FOUR)	Eric Imbernon	Oxydation		Centrotherm	(7980_W) Prio 0
Four DIFPHOS6 (T-FOUR)	Eric Imbernon	redistribution, diffusion		Centrotherm	(7980_W) Prio 0
Four OXYPHOS6 (T-FOUR)	Eric Imbernon	Oxydation		Centrotherm	(7980_W) Prio 0
SPD (J-TRAIT)	fabien mesnilgrete	Traitement de surface / Surface treatment	2013-08-07	MEMSSTAR	(10745_CV) Prio 0
Four SIPOLY6 (T-FOUR)	Eric Imbernon	LPCVD		Centrotherm	(7981_W) Prio 0
Four Si3N46 (T-CVD)	Eric Imbernon	LPCVD		Centrotherm	(7981_W) Prio 0
Four RECUIT6 (T-FOUR)	Eric Imbernon	Recuits / Annealing		Centrotherm	(7981_W) Prio 0
Four OXYNIT6 (T-CVD)	Eric Imbernon	LPCVD		Centrotherm	(7981_W) Prio 0
Four AET Propre (T-FOUR)	Eric Imbernon	Oxydation		AET	(11146_PT) Prio 1
Four AET Bore (T-FOUR)	Eric Imbernon	Oxydation		AET	(11146_PT) Prio 1
Four AET Phosphore (T-FOUR)	Eric Imbernon	Oxydation		AET	(11146_PT) Prio 1
Four Alox (T-FOUR)	Guilhem Almuneau	Oxydation		AET	(8701_CE) Prio 0
Four AET Reve (T-CVD)	scheid emmanuel	LPCVD		AET	(11149_PT) Prio 0
PECVD 100 ApSy (T-CVD)	Pascal Dubreuil	PECVD	2018-11-30	ApSy	(10080_PV) Prio 1
ICPECVD (T-CVD)	Jean Christophe Marrot	PECVD		Oxford	(10107_PT) Prio 0
ALD MOS (T-CVD)	Pascal Dubreuil	Other processes	2013-04-19	Cambridge Nanotech	(10515_PE) Prio 0
RTP As-One (T-FOUR)	Jean Christophe Marrot	Recuits / Annealing		Annealsys	(9126_W) Prio 0
RTP As-Master (T-FOUR)	Jean Christophe Marrot	Recuits / Annealing		Annealsys	(9127_W) Prio 0
Recuit Polyimide (T-FOUR)	Jean Christophe Marrot	Recuits / Annealing		AET	(10235_PT) Prio 0
Recuit métaux lourds 6" (T-FOUR)	Jean Christophe Marrot	Recuits / Annealing		AET	(10235_PT) Prio 0
Recuit verre 6" (T-FOUR)	Jean Christophe Marrot	Recuits / Annealing		AET	(10235_PT) Prio 0
Recuit ferrite 6" (T-FOUR)	Jean Christophe Marrot	Recuits / Annealing		AET	(10235_PT) Prio 0



## PROJETS RENATECH 2019

Nom du projet	Nature	Origine demande	National ou international	Nom du demandeur	Origine géographique	Contact
Assemblage et interconnexion 3D de systèmes électroniques	Développement	indus	N	3DIS-Tech	Toulouse	Ghannam A.
Microrésonateurs+ondes acoustiques	Développement	aca	N	IMS	Bordeaux	Dejous C.
Hall effect and	Développement	aca	N	CEMES	Toulouse	Masseboeuf A.
Mesure de charge d'espace par microscopie à force electrostatique (EFM)	Soutien	aca	N	LAPLACE	Toulouse	Villeneuve C.
SUROP	Soutien	aca	N	LBCMCP	Toulouse	Mangeat T.
LabComDéveloppement	Développement	indus	N	ESSILOR	Toulouse	H. Camon
CAPTION	Soutien	aca	N	Cinam	Marseille	Anne Charrier
Micro-échangeurs de chaleur	Développement	aca	N	Laplace	Toulouse	MARIE Alexandre
MasqueC2N	Soutien	aca	N	C2N	Orsay	G Agnus
Plume pour électronébulisation	Développement	aca	N	MSAP	Lille	C Rolando
Développements et caractérisations de micro-dispositifs de capture SmartCatch	Développement	indus	N	Smartcatch	Toulouse	L Oudjedi
Process SLB	Développement	indus	N	Schlumberger		K. Danaie
Mécanismes de guérison des défauts d'irradiation dans LaPO4	Soutien	aca	N	LVM	St Etienne	A M Seydoux
Implantation ionique pour cellules solaires	Soutien	aca	N	IM2NP	Marseille	F Atteia

Nom du projet	Nature	Origine demande	National ou international	Nom du demandeur	Origine géographique	Contact
Micro cellule de détection par fluorescence	Développement	aca	N	ICA	Toulouse	L Baldas
Masques litho	Soutien	aca	N	IES	Charlot	B Charlot
Micro-Pompe Knudsen	Développement	aca	N	ICA	Toulouse	L Baldas
Micro et nano engrenages	Développement	aca	N	CEMES	Toulouse	C. Bourgerette
Masques photolitho	Soutien	aca	N	GREMAN	Tours	D Valente
TEM membranes	Soutien	aca	N	CEMES	Toulouse	A Masseboeuf
Procédés génériques CEMES	Développement	aca	N	CEMES	Toulouse	L. Séveno
Détecteur à Pixels à Grille piégeante	Développement	indus	N	CEA	Saclay	N. Fourches
Substrats à base de Si fortement dopé	Soutien	aca	N	LCC	Toulouse	M Puyo
Masque photolithographie	Soutien	indus	N	Photonis	Brive	F Lherbet
I Cell	Développement	indus	N	TE-Connectivity	Toulouse	E. Durupt
Matériaux Actifs pour la Modulation rapide de l'Indice optique dans des guides d'onde	Développement	aca	N	LCC	Toulouse	L Routaboul
Echantillons à géométrie contrôlée	Développement	aca	N	LAPLACE	Toulouse	N Lahoud Dignat
Fabrication de masques de lithographie optique	Soutien	indus	N	CEA	Saclay	A Solignac
Assemblage	Soutien	indus	N	Confidentiel	Paris	
Photolithographie films secs	Soutien	aca	N	IPGG	Paris	G. Laffitte

Nom du projet	Nature	Origine demande	National ou international	Nom du demandeur	Origine géographique	Contact
Découpe transistors	Soutien	indus	N	Airbus	Toulouse	J Tourbot
moules SU8	Soutien	aca	N	UTC	Compiègne	R. Jellali
Assemblage de composants	Soutien	aca	N	IRAP	Toulouse	Roudil Gilles
Masques ZF	Soutien	aca	N	AIME	Toulouse	F Gessinn
Imagerie de Champ Electromagnétique par Thermographie	Développement	aca	N	CEMES	Toulouse	JF Bobo
Masque gradient 2	Soutien	aca	N	INSERM	Marseille	L Aoun
GaAs/AlAs DBR epitaxial growth	Développement	aca	I	EPFL	Lausanne	A Mereuta
TEST siur le four d'oxydation Alox	Soutien	aca	N	3-5 Lab	Palaiseau	B Simozrag
Electrochimie	Développement	indus	I	Magic Leap	Lausanne	S Gamper
TUNNEL	Soutien	aca	N	INL	Lyon	N. Moulin
Outil de caractérisation des propriétés magnétiques à l'échelle nanométrique	Soutien	indus	N	SPEC	Gif sur yvette	A Solignac
Moules pour micro-puits	Soutien	aca	N	IBCG	Toulouse	N Campo
Gold electroplating	Développement	indus	I	Huawei Technologies	Belgium	Pichonat Tristan
MASQUES SCAP3D	Soutien	aca	N	GREMAN	Blois	Poirot Nathalie
Masques LAUM	Soutien	aca	N	LAUM	Le mans	B Achour
IR Cell	Développement	indus	N	TE-Connectivity	Toulouse	E. Durupt
Masques nanofluidiques L2C	Soutien	aca	N	L2C	Montpellier	A Noury

Nom du projet	Nature	Origine demande	National ou international	Nom du demandeur	Origine géographique	Contact
DNA Curtains	Soutien	aca	N	CBI	Toulouse	F Erdel
Cell tissue on nanogrooved substrates	Soutien	aca	N	Institut Curie	Paris	M Lacroix
Impression de cuivre	Soutien	aca	N	Laboratoire LP3	Marseille	P. Delaporte
Capture et destruction des cellules métastatiques	Développement	aca	N	IES	Montpellier	S Méance
Réalisation DRL Titane	Soutien	aca	N	LP3	Marseille	A Casanova
Mécanismes physiques dans la sénescence cellulaire	Soutien	aca	N	Cinam	Marseillle	E Helfer
Nanomeca@L2C	Soutien	aca	N	UM	Montpellier	A Noury
Dosimetres	Développement	indus	I	HERADO	Athènes	M Fragopoulou
Mask pour caractérisation multitechnique	Soutien	aca	N	Cinam	Marseille	F Leroy
Réalisation maquette silicium	Soutien	indus	N	Safran Reosc	Paris	L. Macé
Splitter	Soutien	aca	N	LGC	Toulouse	P Bacchin
Prefabrication TNO	Développement	indus	I	TNO	Pays Bas	D Brousse
Cold Solar Wind	Soutien	aca	N	IRAP	Toulouse	K W Wong
photolithographie film DF	Soutien	aca	N	LPCNO	Toulouse	F. Guerin
Puces pour echantillons FIB en champs pulses	Soutien	aca	N	LNCMI	Toulouse	M Leroux
Découpe de wafer	Soutien	indus	N	Nanolike	Toulouse	L Digianantonio
Découpe Wafer AsGa 3 pouces	Soutien	aca	N	LNE	Paris	F Ziade
Masque photolithographie	Soutien	aca	N	Université Tours	Tours	C Berger

Nom du projet	Nature	Origine demande	National ou international	Nom du demandeur	Origine géographique	Contact
Monazite	Soutien	aca	N	LGT	St Etienne	AM Seydoux-Guillaume
Masque verre chrome	Soutien	aca	N	INSERM	Marseille	L Aoun
Microelectrode arrays Unige	Soutien	aca	I	Université de Genève	Genève	ML Tercier-Waeber
Modulateur de lumière	Développement	aca	N	Inphyni	Nice	A Jullien
Fabrication d'OFET	Développement	aca	I	UGB	Saint Louis	A K Diallo
MIST CHARACTERISATION MESH	Soutien	indus	N	NEMERA		A Regard
Masque de photolithographie	Soutien	aca	N	Cinam	Marseille	R. Parret
SiO2 Piment	Soutien	aca	N	C2N	Saclay	
Structures EIS	Soutien	aca	N	ISA	Lyon	N Jaffrezic