



**HAL**  
open science

## **Bilan 2018 des activités de la centrale de micro et nanotechnologies du LAAS-CNRS et du service TEAM**

Hugues Granier, Pierre-François Calmon, Franck Carcenac, Véronique Conédéra, Monique Dilhan, Samuel Charlot, Benjamin Reig, Emmanuelle Daran, Andréa Nicollet, Jean-Baptiste Doucet, et al.

### ► To cite this version:

Hugues Granier, Pierre-François Calmon, Franck Carcenac, Véronique Conédéra, Monique Dilhan, et al.. Bilan 2018 des activités de la centrale de micro et nanotechnologies du LAAS-CNRS et du service TEAM. Rapport LAAS n° 19151. 2019. hal-02137930

**HAL Id: hal-02137930**

**<https://laas.hal.science/hal-02137930v1>**

Submitted on 23 May 2019

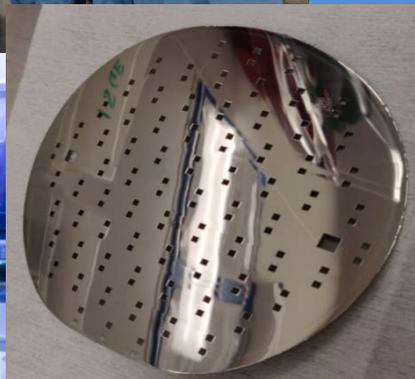
**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

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.



# 2018

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



Service TEAM

LAAS-CNRS

Mars 2019

<b>PREAMBULE</b>	<b>0</b>
<b>LE PERSONNEL</b>	<b>1</b>
Structure de fonctionnement du service team	2
<b>ORGANIGRAMME FONCTIONNEL (au 1er février 2019)</b>	<b>5</b>
<b>EVOLUTIONS EN 2018</b>	<b>6</b>
Elements d'analyse pluriannuelle	7
Expression des besoins	9
Reflexions en cours au sein du service team	9
<b>LES EQUIPEMENTS</b>	<b>10</b>
<b>CELLULE equipements</b>	<b>11</b>
Actions initiées	11
Actions envisagées	12
Equipements installés en 2018	13
<b>LES PROCEDES</b>	<b>19</b>
Développements	20
Domaines DE SAVOIR-faire	38
<b>CALIBRATIONS</b>	<b>39</b>
Valorisation	48
<b>BILAN DES ACTIVITES</b>	<b>50</b>
Elements generaux	51
Organisation et bilan des zones	52
<b>PARTENARIAT RENATECH</b>	<b>74</b>
<b>CELLULE RENATECH</b>	<b>75</b>
<b>BILAN</b>	<b>76</b>
<b>ACTIONS inities</b>	<b>80</b>
<b>FORMATIONS</b>	<b>81</b>
<b>CELLULE formation</b>	<b>82</b>
Actions initiees	82
Actions envisagées	83
<b>FORMATIONS DISPENSEES</b>	<b>84</b>
<b>DEVELOPEMENT des competences</b>	<b>87</b>
<b>SECURITE</b>	<b>92</b>
<b>CELLULE SECURITE</b>	<b>93</b>
<b>PRINCIPALES ACTIONS initiees</b>	<b>93</b>
<b>PRINCIPALES actions envisagées</b>	<b>94</b>
<b>RELEVE DES actions CONDUITES ET A CONDUIRE</b>	<b>95</b>
<b>BUDGET</b>	<b>99</b>
Elements de contexte	100
Budget 2018	101
prévisionnel 2019	104
Prévisionnel pluriannuel (Réseau Renatech)	105
Analyse de l'impact de la facturation auditable	109

**Analyse de l'impact DES projets reneatech 111**

<b>DEMANDES INTERNES</b>	<b>113</b>
Les demandes internes 2019	114
Eléments d'analyse	120
<b>SYNTHESE</b>	<b>122</b>
Synthèse par zone	123
Synthèse générale	130
<b>ANNEXES</b>	<b>132</b>
Prospective équipements à moyen et long terme de la centrale de micro et nanotechnologies du LAAS-CNRS (décembre 2018)	133
Liste des équipements au 31 decembre 2018 (extraction depuis l'application Myfab)	149
Projets reneatech 2018	157

## 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 2018 et se projette sur des actions à conduire en 2019 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 2018

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) est au 1<sup>er</sup> février 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, relatif 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 IECN 50 %

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

CHIMIE  
 Jean-Baptiste DOUCET IECN 30 %

CVD  
 Pascal DUBREUIL IR1 20 %  
 Éric IMBERNON IR1 10 %  
 Jean-Christophe MARROT IECN 10 %

DÉPÔTS SOUS VIDE  
 Ludovic SALVAGNAC IECN 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 IEHC 50 %

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

GRAVURE PLASMA  
 Aurélie 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 IECN 20 %

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

TRAITEMENTS THERMIQUES ET  
 IMPLANTATION IONIQUE  
 Éric IMBERNON IR1 30 %  
 Jean-Christophe MARROT IECN 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 IEHC 50 %  
 Laurent BOUSCAYROL AI 70 %  
 Pierre-François CALMON IR1 85 %  
 Franck CARCENAC IRHC 65 %  
 Samuel CHARLOT IECN 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 IECN 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 %  
 Aurélie LECESTRE<sup>3</sup> IGR2 70 %  
 Guillaume LIBAUDE AI 60 %  
 Jean-Christophe MARROT IECN 60 %  
 Laurent MAZENO IECN 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 IECN 80 %  
 Séverine VIVIES<sup>1</sup> AI 90 %



## EVOLUTIONS EN 2018

### 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 6

#### *3 permanents*

- G. Lacoste, IEHC, zone épitaxie par jets moléculaires, départ à la retraite
- V. Luque, TCN, zone soutien, mutation interne au laboratoire
- B. Rousset, IRHC, zone traitements thermiques, départ à la retraite

#### *3 contractuels*

- A. Dezalay, AI, projet Opéra, fin de contrat
- A. Durlach, AI, zones photolithographie et électrochimie, fin de contrat
- A. Lauvergne, AI, zone nanotechnologies, fin de contrat

### Arrivée

#### *1 permanent*

- Q. Gravelier, AI, zone épitaxie par jets moléculaires, passage du statut de contractuel IG au statut de permanent

### 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

Ces changements répondent à divers impératifs dont la volonté d'évolution des agents et le besoin d'adaptation de la structure des zones pour apporter la réponse la mieux adaptée aux sollicitations.

- L. Bouscayrol, AI, de la zone support à la zone de gravure plasma.
- D. Colin, de la zone assemblage à la zone lithographie laser
- P. Dubreuil, IR1, de responsable de la zone de Gravure plasma à responsable de la zone CVD qui est créée.
- A. Lecestre, devient responsable de la zone de gravure plasma.

### Evolutions de carrières

Nous nous félicitons de la promotion de deux agents

- David Bourrier, passage IEHC, promotion au choix
- Jean-Christophe Marrot, passage IECN, promotion au choix

## Synthèse

Le constat sur la seule année 2018 est à une **baisse sèche de 6 agents soit 17% de l'effectif au 1<sup>er</sup> janvier 2018.**

Toutefois il convient de noter que les deux contractuels IG seront remplacés au 1<sup>er</sup> avril 2019 grâce à l'effort perpétué sur le budget IG du laboratoire. Cette situation est un des indicateurs de besoins pérennes sur ces fonctions.

Le nombre de contractuels projets est par essence même amené à fluctuer. Si leur immersion dans le service est un net plus à la fois pour ces personnes, le service et les projets qu'elles soutiennent leur présence n'est quand même pas essentielle aux missions « régaliennes » du service. 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 de trois personnels permanents qui ne sont pas compensés par le poste d'AI obtenu via le recrutement CNRS. Cette perte s'ajoute à celle des années passées qui sera analysée plus loin.

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 2012-2018

Sur cette période le solde est de -4

- Nous avons fait face à 6 départs. Deux pour des mutations internes au laboratoire et quatre pour des départs à la retraite.
- Nous avons bénéficié de 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.**

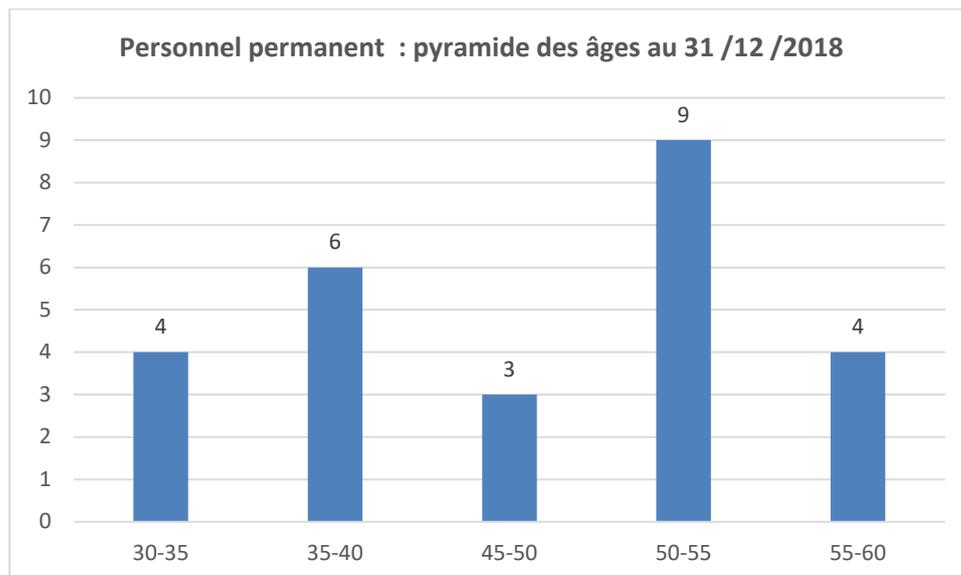
- **Quelques zones reposent sur une seule personne** (chimie, électrochimie, assemblage, caractérisation)
- **Une zone a disparu** (soutien). Elle n'apparaît dans l'organigramme que parce que les actions de cette zone essentielle au bon fonctionnement de la salle blanche sont conduites par les autres personnels du service en attendant une autre solution

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.



Dans les 5 années à venir 2 à 3 agents pourront faire valoir leurs droits à la retraite. Ce chiffre monte à 4 de façon certaine si l'on se projette à 6 ou 7 ans.

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 sera menacée de disparition par le départ de 1 ou 2 agents selon la période de référence considérée. 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 reposeront sur le service logistique. Sous réserve qu'il dispose des moyens humains pour cela.
- **Les nanolithographies** 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. Deux personnes sont en cours de formation, mais leur implication imposera d'arbitrer sur d'autres actions
  - 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 nanolithographies 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.

### **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, implication dans les fonctions soutien.

### **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 2019 sera mise à profit par le service TEAM pour engager une réflexion interne quant à son mode d'organisation.

# Les équipements

La cellule équipements

Les actions initiées

Les actions envisagées

Équipements installés en 2018

Prospective 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); adjoint au chef de service en charge des équipements
- Arnoult Alexandre (IR1) responsable de la zone EJM;
- Dubreuil Pascal (IR1) responsable de la zone de gravure plasma ;
- Courson Rémi (IR2 CDD) responsable impression 3D haute résolution ;
- Salvagnac Ludovic (IE2) responsable de la zone PVD

Cette année, Thierry Do Conto a souhaité se retirer de la cellule.

#### 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 et de l'argumentaire est disponible au paragraphe " PROSPECTIVE EQUIPEMENTS A MOYEN ET LONG TERME DE LA CENTRALE DE MICRO ET NANOTECHNOLOGIES DU LAAS-CNRS (DECEMBRE 2018)"

### Procédures d'appel d'offre

Les derniers suivis sont ceux des équipements ALD et RIE qui devraient être livrés à l'été 2019.

#### *PE-ALD (285k€: 185k€ ERC, 99.7€ RTB2016)*

La machine de dépôt chimique avec assistance par plasma permet le dépôt de couche atomique de RuO<sub>2</sub> (oxyde de ruthénium) ou RuOxHy (Oxyde de ruthénium hydrogéné). Le dépôt doit être entièrement automatisé.

Le diamètre des plaquettes à traiter sera de 100 et 150 mm Doivent pouvoir être également traités des échantillons de géométrie variable, de taille inférieure à 50 mm avec un support adapté.

#### *RIE ICP avec option DRIE (340k€ : RTB2017)*

La machine doit être un réacteur de gravure par plasma de type GIR-PCI ou RIE-ICP permettant de graver le silicium, du nitrure de silicium, de l'oxyde de silicium pour des épaisseurs comprises entre 100nm et 5µm. Il s'agit d'un système avec deux électrodes qui génère un plasma à partir d'une source haute densité planaire et multi-spires, et d'une cathode indépendante pour polariser les wafers 4" à graver. L'option DRIE permettra des gravures profondes dans le silicium jusqu'à 600µm et sera complémentaire à l'équipement Alcatel.

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

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

### Communication sur les nouveaux équipements

Les différentes communications menées en cours d'années concernant les nouveaux équipements sont disponibles au chapitre "équipements installés en 2018".

## 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
- Réflexion sur les aménagements nécessaires à l'arrivée potentielle d'un masqueur électronique nouvelle génération.
- Réflexion sur l'emplacement du bâti métal III/V vs hotte chimie PVD

### Procédures d'acquisition

Lorsque le financement RTB 2018 sera disponible, à priori au cours du premier trimestre 2019, nous lancerons la procédure d'acquisition du bâti de sputtering pour la réalisation des contacts ohmiques sur matériaux III-V, conformément à la décision prise collégalement à la fin 2017.

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 2018

### SYSTEME DE TRAITEMENT DE SUBSTRAT PAR HMDS (19,5 k€)



Depuis le 1<sup>er</sup> février 2018, la zone de lithographie optique de la Centrale de Technologie du LAAS accueille un nouvel équipement de traitement de substrat par hexaméthylsilazane (HMDS), la plaque chauffante QS V 200BM de OBDUCAT

Ses caractéristiques sont :

- Traitement des substrats jusqu'à 6 pouces de diamètre
- Traitement unitaire des substrats
- Durée maximale du procédé de traitement : 15 min
- Angle de contact du traitement sur substrat silicium vierge : 65°

### TOURNETTE AVEC CAPOT ROTATIF



(33,5 k€)



Depuis le 1<sup>er</sup> février 2018, la zone de lithographie optique de la Centrale de Technologie du LAAS accueille un nouvel équipement d'enduction de polymères en ambiance contrôlée par centrifugation, le Coater QSC200BM avec système rotatif RCCT de OBDUCAT.

Ses caractéristiques sont :

- Rotation de l'échantillon sous atmosphère saturée en solvant par le biais de la fermeture d'un capot
- Possibilité de programmer un certain nombre de cycles successifs avec des vitesses, des accélérations et des temps de rotation différents

- L'échantillon repose sur un porte échantillon muni de pions de levage automatique
- Porte échantillons pour :
  - Petits échantillons de quelques mm<sup>2</sup>
  - Substrat de 2 pouces de diamètre
  - Substrat de 4 pouces de diamètre
  - Substrat de 6 pouces de diamètre

MA6 Gen 4(179.4 k€)

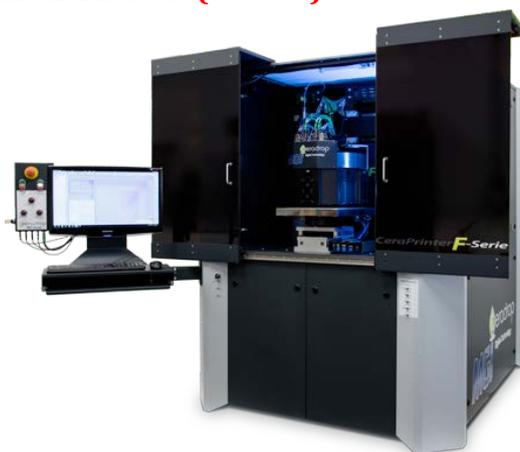


Installée le 9 Avril 2018, la nouvelle machine d'alignement de masque Suss Microtec MA6 Gen4 permet l'exposition UV de résines de photolithographie. Les membres de la zone photolithographie ont d'ailleurs été impliqués dans la conception de l'équipement chez le constructeur. Il s'agit du premier équipement avec un système d'exposition UV par LED installé par Suss Microtec en France. Ses caractéristiques sont :

- Système d'exposition UV LED 365nm, 405nm et 435nm, puissance 70mW.cm<sup>2</sup>
- Module optique MO Optics
- Système d'alignement manuel ou automatique
- Porte échantillons pour :
  - Petits échantillons jusqu'à 3mm de diamètre
  - Substrat de 2 pouces de diamètre
  - Substrat de 4 pouces de diamètre
  - Substrat de 6 pouces de diamètre
- Porte masque pour masques 2,5" à 7"

**Hotte nettoyage masques (19k€)**

La modification de la hotte nettoyage masque s'est faite en octobre 2018 et porte sur l'intégration d'un bac Piranha et d'un bac de rinçage avec contrôle de la résistivité de l'eau. Ces modifications permettent une amélioration de la répétabilité des opérations et donc une meilleure qualité des nettoyages des masques.

**IMPRIMANTE JET D'ENCRE CERADROP (300 k€)**

Depuis le 15 avril 2018, la zone de Jet d'encre accueille un nouvel équipement d'impression jet d'encre, la Ceradrop F série

L'équipement permet de déposer des matériaux fonctionnels par la technologie jet d'encre  
Ses caractéristiques sont:

- Un porte-tête d'impression équipé de 4 têtes
  - Tête Dimatix Cartridge (16 buses, 1pL à 10pL)
  - Tête Konica-Minolta 1024i (1024 buses; 6pL)
  - 2 emplacements libres pour le « futur »
    - Tête aérosol
    - Tête mono buse
- Une platine porte-échantillon
  - Taille maximale de substrat 30cm de côté
  - Température de 25°C à 60°C

## DILASE 3D MULTIREOLUTION(60 k€)



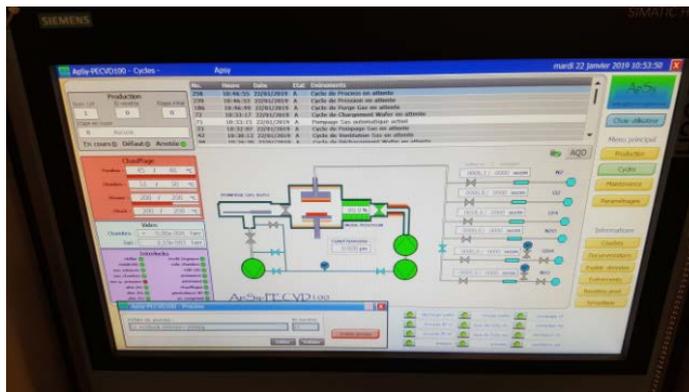
Depuis le 12 juillet 2018, la zone de lithographie laser accueille un nouvel équipement d'impression 3D multi résolution, la DILASE 3D MR KLOE

L'équipement utilise la technologie d'insolation laser 3D avec 2 tailles de faisceau focalisé pour polymériser une résine par stéréolithographie

Ses caractéristiques sont:

- Insolation par laser continu 375 nm avec une puissance de 70mW
- Vitesse d'écriture jusqu'à 150mm/seconde
- 2 résolutions d'écriture, 5µm et 50µm
- Objets écrits de taille maximale 10cm x 10cm x 5cm

## ApSy PECVD-100 (94 k€ RTB)



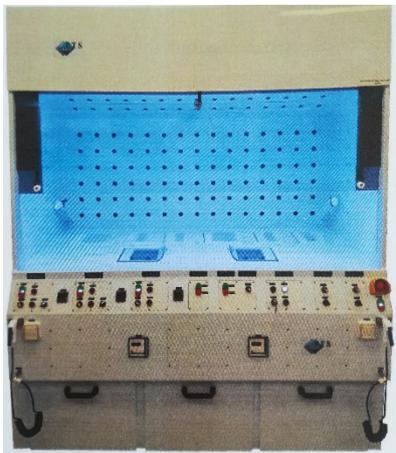
Depuis le 26 Novembre 2018, la zone des traitements thermiques accueille un équipement PECVD, STS rénové par la société ApSy renommé PECVD-100, pour réaliser des dépôts de couches minces par plasma capacitif, L'équipement permet de déposer du SiO<sub>2</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> sur des substrats 4'' et 6'' Si, 4'' verre et échantillons de GaAs.

Ses caractéristiques sont:

- Les dépôts se font par plasma capacitif avec 2 générateurs RF 13.56MHz (HF) et 380kHz (BF) en BF et/ou en HF avec le substrat chauffé à 300°C max, 1Torr max, (BF) 500W max et (HF) 30W min.
- Gaz: SiH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, CF<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>
  - CF<sub>4</sub>/O<sub>2</sub> : nettoyage du réacteur avec suivi OES + courbe.

- 2 procédés de dépôt  $\text{SiO}_2$  (BF) à 200°C et à 300°C.
- 4 procédés de dépôts  $\text{Si}_3\text{N}_4$  (BF), (HF), (BF+HF) à 200°C et à 300°C.
- 1 procédé de dépôt  $\text{SiO}_x\text{N}_y$  (BF) à 200°C.
- Le sas de chargement comprend 1 bras motorisé qui transporte un plateau porte-substrat 8 '' pour 1 seul wafer 4'' ou 6'', ou un plateau pour 3 wafers de diamètre 4''.

### Hotte multi nettoyage (105 € RTB)



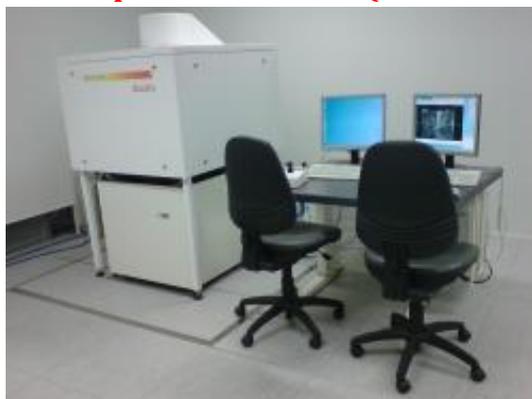
Depuis le 14 janvier 2019, la zone de chimie accueille une nouvelle hotte de chimie qui permet des traitements chimiques à partir de  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{SO}_4$  et de 5% HF sur des substrats de diamètre 4' (traitement lot de 25) et 6'' (traitement unitaire, 1 substrat).

### Transformation des hottes de chimie en sorbonnes (33 € RTB)

Modification des paillasse de photolithographie pour améliorer la sécurité des utilisateurs.



### Installation des modules traxx et periodix sur Raith (100 k€ RTB)



Les options TRAXX et PERIODIXX sont opérationnelles depuis fin juin 2018. Elles permettent respectivement :

- De pallier les limitations techniques en remplaçant le fonctionnement séquentiel par un fonctionnement continu qui supprime les raccords de champ
- D'insoler en continu des matrices d'objets identiques, là aussi sans raccord de champ

Ces options permettent aussi de diminuer d'un facteur 4 la durée d'insolation de la machine pour la réalisation de grandes surfaces.

### **Travaux d'infrastructure (600 k€ : 530 k€ CNRS, 70 k€ RTB)**

Les travaux ont porté sur des éléments essentiels de l'infrastructure. Nous avons pu rénover notre centrale de traitement d'air principale ainsi que les automates de contrôle.

Les équipements sous extraction sont équipés depuis le 2 novembre 2018 de registres d'extraction modulables. Sans sacrifier quoi que ce soit à la sécurité, l'utilisation de ces registres permet une optimisation énergétique de la salle blanche en réduisant très significativement ses consommations en électricité et gaz liées au traitement d'air.



Au printemps 2019 un système de Gestion Technique Centralisée (GTC) sera mis en service. Il permettra un suivi en temps réel de toute l'installation, le déclenchement d'alertes en cas de dysfonctionnement ; et ainsi l'optimisation du fonctionnement de l'infrastructure.

Les travaux se termineront en août et septembre 2019, ce qui occasionnera une nouvelle fermeture totale de la salle blanche, afin d'installer des systèmes de récupération d'énergie sur les extracteurs. Cela permettra de réduire encore l'empreinte écologique de la plateforme.

## **PROSPECTIVE EQUIPEMENTS A MOYEN ET LONG TERME DE LA CENTRALE DE MICRO ET NANOTECHNOLOGIES DU LAAS-CNRS (DECEMBRE 2018)**

Disponible en annexe

## **LISTE DES EQUIPEMENTS AU 31 DECEMBRE 2018 (extraction depuis l'application Myfab)**

Disponible en annexe

# Les procédés

Développements

Domaines de savoir faire

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 2018 et ceux envisagés en 2019.

### Assemblage

#### 2018

Du fait de la présence d'un seul permanent sur la zone et du volume d'activité à gérer aucun développement marquant n'a pu être conduit

#### 2019

##### Polissage

Continuer les travaux initiés les années passées sur le polissage "poli optique" par voie chimique du Si, verre et métaux avec l'équipement PM5.

##### Wafer bonding

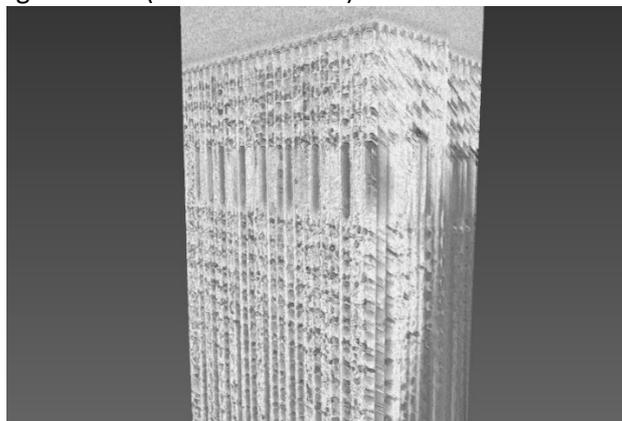
Continuer le développement des techniques de scellement par wafer bonder en utilisant d'autres matériaux comme le glass frit pour le scellement hermétique, l'utilisation de l'outil triple stack pour la soudure anodique ou l'utilisation de métaux AlGe, AuSi avec une barrière de diffusion (cible Ti/W achetée récemment) pour l'obtention de contacts électriques.

### Caractérisation

#### 2018 et 2019

##### Tomographie par FIB

Développement de tomographie par FIB (coupe + acquisition d'image Ok), notamment avec le travail sur le traitement de l'image associé (encore en cours).



*Exemple de reconstruction 3D sur du Si poreux*

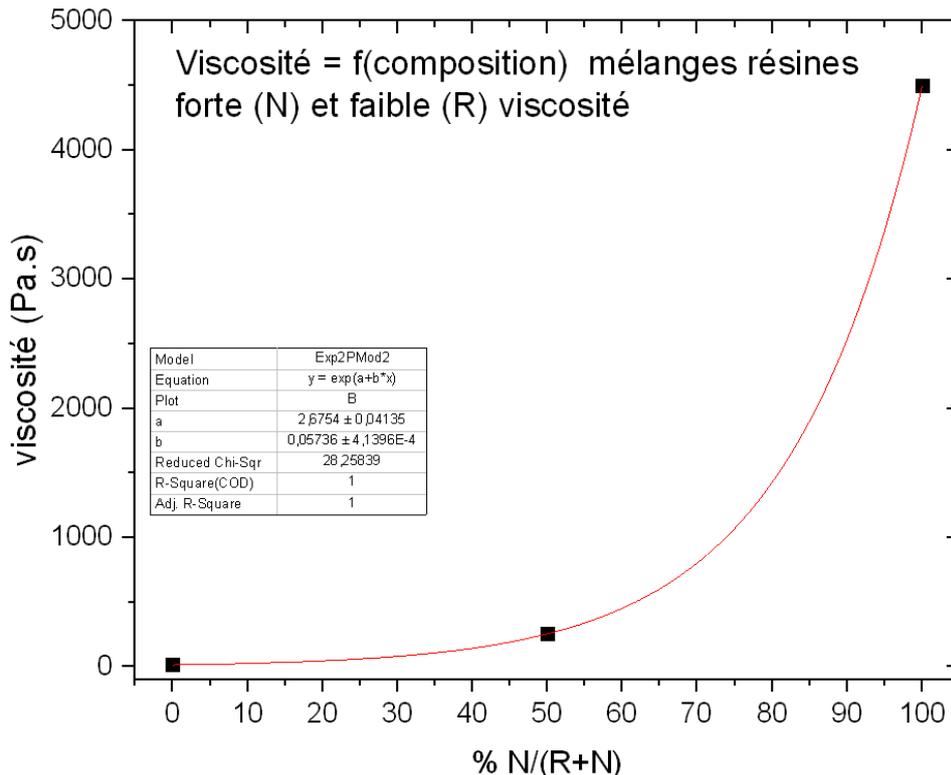
## Chimie

### 2018-2019

#### Mise au point et standardisation des conditions de gravure de métaux

Ces étalonnages visent à standardiser les gravures humides, suite au départ de Nathalie Lauber et en l'absence de budget pour des stages TEAM, n'ont pu être poursuivis en 2018. Avec l'arrivée d'un AI CDD à 50 % sur la zone en mars 2019 ces activités reprendront.

Des travaux d'adaptation de viscosité (après évaporation des diluants) pour les résines « maison » de nano impression ont été conduits. Ils visent à répondre à la problématique des moules épais et très localisés pour filtres optiques (stage 2018 DUT de Lucas Gatimel en nano impression TEAM/PHOTO).



Pour ces moules, l'homogénéité du fond de motif est plus difficile à obtenir, et une résine de viscosité adaptée permet d'améliorer cet aspect. Ces travaux doivent être poursuivis en 2019.

## Electrochimie

### 2018

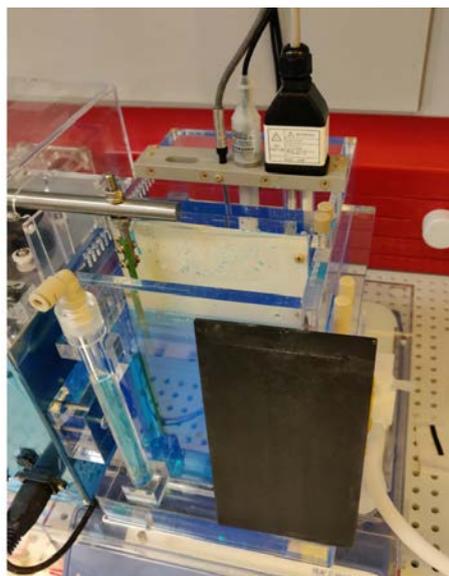
#### Réacteur RENA :

Un prototype manuel, développé en interne pour limiter l'évaporation d'eau et la consommation d'additifs dans le bain d'or, a été automatisé avec succès grâce à l'aide de T. Corbin du service I2C. Depuis, des discussions avec le fournisseur ont repris pour un éventuel transfert technologique.

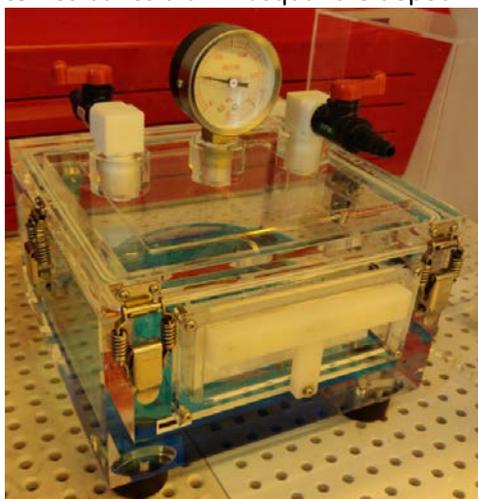
#### Réacteurs Yamamoto :

##### Réacteur 4 Pouces :

- Nouvelle anode en Ti/IrO<sub>2</sub> pour le réacteur Yamamoto 4'' cela permet la diminution de la consommation d'additifs et donc également le nombre d'analyses nécessaires à leur maintien dans les bonnes concentrations.



- Cuve à vide permettant avant dépôt le remplissage des structures à haut rapport de forme avec de l'électrolyte afin de limiter les bulles d'air masquant le dépôt.



**Poursuite de la collaboration avec la société YAMAMOTO avec le test et la validation :**

- Evolution du système d'agitation qui permet l'utilisation de différent wafer holder, un ajustement plus précis de l'angle et de la distance de l'agitateur. Cela permet une amélioration de la reproductibilité, de l'homogénéité et de l'ergonomie d'utilisation.
- Support anode et holder : améliorent l'ergonomie durant les périodes de standby.

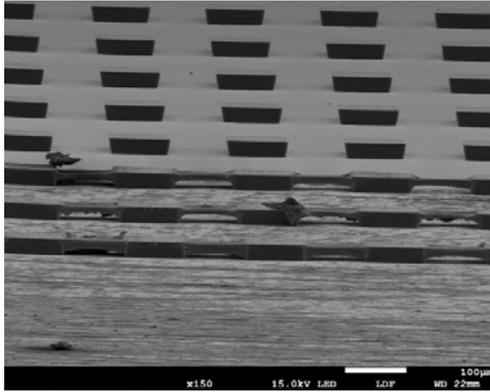
**Or poreux :**

Un nouveau réacteur a été développé et acheté pour le projet 3D Cap (D. PECH). Le but est d'améliorer la qualité des dépôts et d'être compatible aussi bien sur des échantillons centimétriques que sur des wafers 4 pouces.

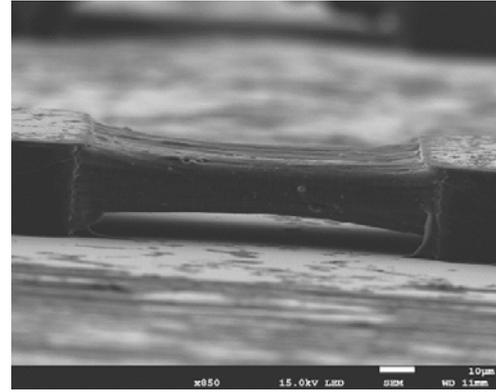
**Dépôt de Nickel**

Depuis la proposition de dépôt de Nickel fin 2016 le nombre de demande est en très nette augmentation. Son utilisation pour réaliser des dispositifs filtrant pour les projets de l'équipe ELIA est confirmée et devenue un dépôt de routine. En 2018 deux nouvelles applications ont émergé.

Les micros Bumps permettant de réaliser des dépôts sous champs de nano fil de cobalt :



Bump 200 µm de Nickel



Nanofils de Cobalt entre plot de Nickel

La problématique du dépôt de nickel est que nous n'avons pas d'équipement approprié pour réaliser des dépôts homogènes ce qui pose problème pour la majorité des projets. Afin de résoudre ce verrou, la prospective équipement 2019 est d'acheter un équipement de la compagnie YAMAMOTO avec laquelle nous travaillons déjà pour le cuivre et qui nous apporte une total satisfaction.

## 2019

### Bain de Nickel :

Continuer les développements du dépôt appliqués aux shadow masque. Détermination des limites afin d'établir des règles de dessin, test de différentes structures pour de l'auto-alignement. Détermination d'un procédé de dépôt basse contrainte ou d'un post traitement pour abaisser la contrainte des dépôts. Application à de nouveaux domaines et/ou d'autre applications telle que des applications de thermoformage, de micro fluidique, de masquage métallique pour la gravure de verre par plasma ou encore de barrière de diffusion.

### Bain d'or :

Le bain d'or est arrivé en fin de vie et nous devons le remplacer. Pour des raisons de sécurité le brillanteur du nouveau bain a été modifié par le fournisseur. Il nous faudra faire à nouveau la mise au point pour ce bain afin de retrouver les paramètres adaptés à nos process.

### Bains de cuivre :

Test d'une nouvelle chimie de cuivre qui permet des vitesses de dépôt 10 fois plus rapide. Les premiers tests sont très prometteurs : 2.7 µm/min comparé au 0.27 µm/min. Toutefois il reste de la mise au point pour optimiser l'inhomogénéité (15%) afin de rentrer dans nos standards de dépôts (<10%). 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.

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

Mise en place d'un procédé ENIG (Ni 3 µm/ Au 0.05µm) pour créer une couche de barrière de diffusion pour les applications d'intégrations de composants, de multicouche métallique (sur une couche d'aluminium), wafer bonding (métal/métal) ....

### Réacteur de dépôt Yamamoto :

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

### Analyses chimiques :

Les analyses des constituants du bain de nickel ont besoin d'être consolidées. Avec l'étude de 2 nouveaux bains de cuivre il faudra également mettre au point leurs analyses afin de maîtriser au mieux la qualité des dépôts.

## Dépôts sous vide et Electrochimie

### Conception et développement de nouveaux nanomatériaux et nanostructures réactifs pour la fabrication d'initiateurs pyrotechniques sécurisés de nouvelles générations.

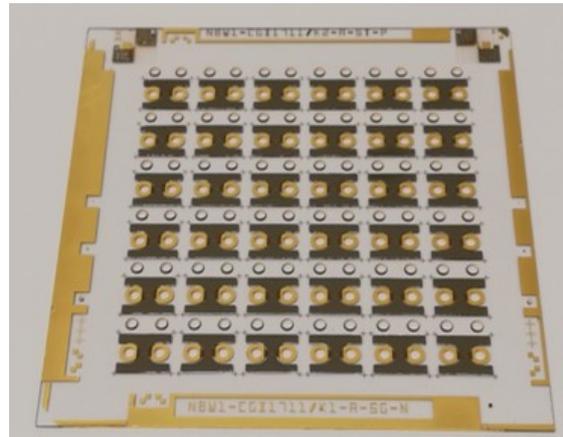
Après la mise au point des couches de CuO, Al et du bicouche CuO/Al (voir rapport LAAS n° 19046, 19045, 19042), cette empilement est déposé au travers d'un shadow masque de nickel développé en collaboration entre les zones de dépôts sous vide et d'électrochimie.

Côté dépôts sous vide cette option permet de stabiliser le procédé de réalisation de ces dispositifs. Les avantages sont aussi de ne pas faire de résine à avant chaque dépôt et ainsi cela permet d'éviter l'étape de lift-off qui dans certain process peut être un verrou technologique.

Par contre il y a aussi un inconvénient à prendre en compte avant son utilisation. L'alignement sur des structures déjà existantes est imprécis environ 100  $\mu\text{m}$  pour la première génération. Mais une étude essayant de l'améliorer en développant un auto alignement va être menée en 2019.



Shadow Masque en Nickel 150  $\mu\text{m}$



Dépôts de Al/CuO à travers un Shadow masque

## Epitaxie par jets moléculaires

**2018**

### Banc de photoluminescence

Une amélioration du système de réglage a été faite, afin de faciliter l'utilisation du banc. Les échantillons peuvent maintenant être posés à l'horizontale sur une platine permettant le réglage du focus, et la cartographie automatisée selon un diamètre.

### MBE32

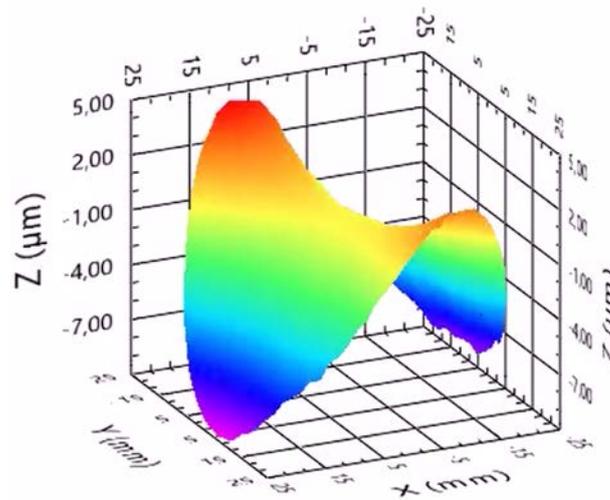
La ligne de plasma d'hydrogène a été retirée du MBE 32 afin d'être installée sur le MBE 412, en parallèle de la ligne d'azote de la cellule VRFN. Il est donc possible de procéder à un traitement H dans la chambre de croissance du MBE412

### Nouveaux outils de suivi in-situ

#### Suivi de courbure :

L'outil de suivi de courbure développé dans la zone permet de suivre les variations de courbures lors des croissances dans le MBE412. La technique a fait l'objet d'un dépôt de brevet (FR1754616), et est cours de transfert auprès d'un industriel.

Le logiciel de suivi de courbure a été amélioré afin de prendre en compte l'anisotropie, et de reconstruire la morphologie de la plaquette en croissance et en temps réel. Un nouvel algorithme permet de mesurer la forme absolue de la plaquette sans recours à une référence plane (en cours d'expertise par TTT).



Morphologie d'une plaquette de GaAs de diamètre 50mm (350μm d'épaisseur) à la température de croissance (580°C), mesurée en temps réel dans la chambre de croissance du MBE412  
 Un outil de mesure de flux par absorption atomique a été développé, avec une composante originale qui a fait l'objet d'un dépôt de brevet (FR1856743). Cet outil permet de mesurer en continu, pendant les croissances, les flux de Ga et Al. Des résultats très encourageants ayant été obtenus, nous envisageons de réaliser des tests avec les flux de In et Bi.



Capture d'écran de l'outil de mesure de flux par absorption atomique. Les changements de niveau correspondent aux ouvertures et fermeture des caches des cellules de Ga et d'Al.

Un travail sur l'automatisation de croissances est envisagé. Il s'appuierait sur les informations, souvent partielles, issues des différents instruments de mesure en croissance. Ce travail pourrait être initié par un stagiaire encadré en commun avec le groupe GEPETTO du LAAS.

### Nanofils III/V sur Si

Les conditions de nucléations des nanofils III/V sur Si sont étudiées. Cette étude est entièrement menée par Sébastien Plissard (MPN), avec l'aide de son doctorant Daya Dhungana qui a été formé sur le MBE412. A noter le développement de nanofils à base de BiSb.

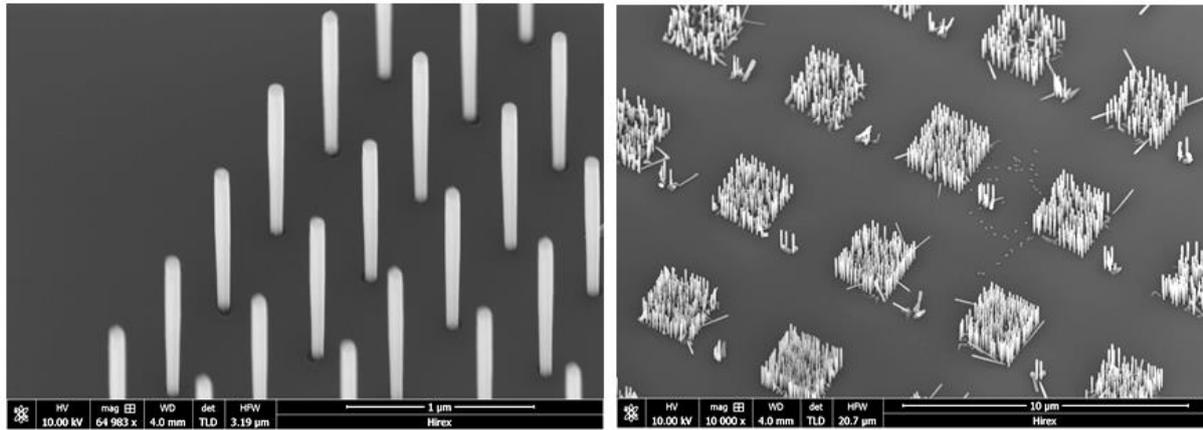


Figure : Nanofils III/V sur Si - LAAS

### Nouveaux alliages dans le MBE412

Des études pour la compréhension des mécanismes de croissance du GaAsBi sont en cours par Chantal Fontaine et sa doctorante Clara Cornille. En particulier, les conditions d'incorporation du Bi dans le GaAs sont étudiées en fonction des différents paramètres de la croissance (V/III, vitesse et température de croissance), et des résultats originaux ont été obtenus. Ces études utilisent principalement l'outil de mesure de courbure, et permettent aussi son amélioration.

### 2019

#### Développement d'un banc de mesures de courbures ex situ :

La technique de mesure in-situ de la courbure est étendue à un banc de mesures sur table de la morphologie complète d'une plaquette.

#### Développement d'un banc d'étalonnage BandIT :

**OFM Bi** : étendre la mesure de flux par absorption atomique à l'élément Bi. Achat d'une lampe à cathode creuse + alimentation – étude de la longueur d'onde optimale de suivi.

**Automatisation** : combiner les données partielles obtenues par les différents outils de suivi in-situ afin de les utiliser pour réaliser des croissances, d'abord simples, de façon automatique, via les mécanismes d'apprentissage ou la logique floue par exemple. Il faudrait un stagiaire, codirigé par TEAM, PHOTO et GEPETTO.

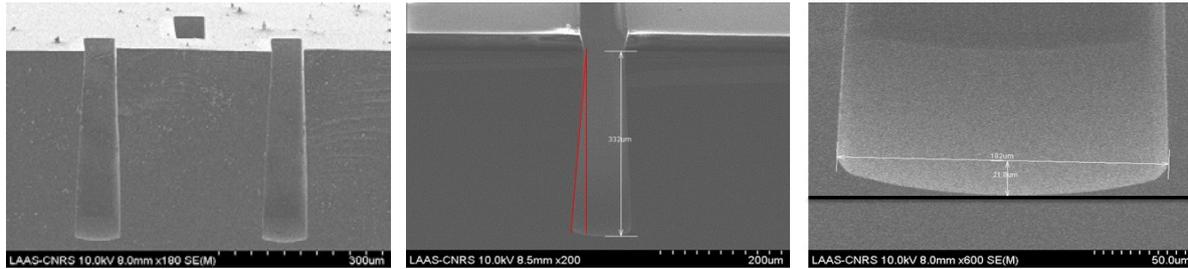
### Gravure plasma

### 2018

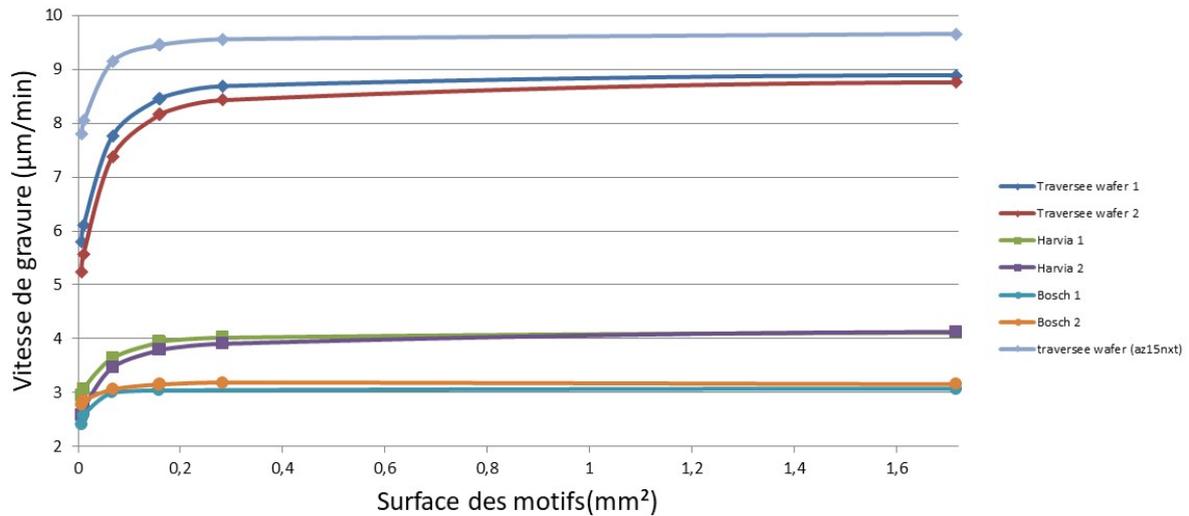
<i><b>Machine</b></i>	<i><b>Echelle</b></i>	<i><b>Développements</b></i>	<i><b>Equipes</b></i>
<b>P1</b>	400μm	Gravure profonde Si	<b>TEAM + MINC + MEMS</b> : Stagiaire M1
<b>Etchlab</b>	<1μm	Test suivi avec Epix	<b>TEAM</b>

#### Gravure profonde Si : Alcatel P1

- Une étude sur la gravure profonde du silicium a été effectuée par une stagiaire M1. Ceci a permis de quantifier l'ARDE (Aspect Ratio Depend : voir graphe), de caractériser au MEB les profils de gravure (angle de gravure), et de quantifier l'uniformité de gravure sur un wafer 4".
- Ces travaux ont également permis d'améliorer l'adhérence de la résine épaisse AZ40XT en utilisant une couche anti-réfléctive (BARC). Ainsi, nous n'avons plus de problème de décollement de résine au cours de la gravure.
- De plus d'autres types de masquages ont été testés : résines négatives (AZ15NXT, AZ125NXT), film sec.



Vitesse de gravure en fonction de la surface des motifs

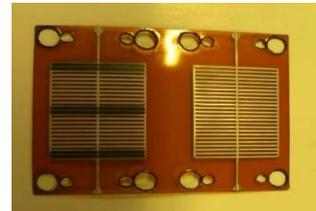


## Jet d'encre et traitements de surface

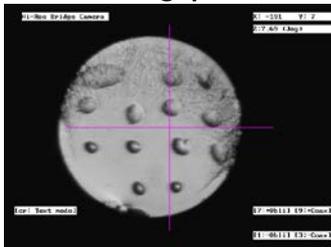
2018

### Encre argent

En 2017 sur l'Altadrop nous avons développé l'impression d'encre argent pour imprimer des pistes conductrices (photo : lignes de 300µm de large). Ceci pour répondre à une demande Renatech. En 2018 nous avons transféré ce procédé sur la Ceradrop. Nous avons également transféré le dépôt de graphène oxydé qui sert de couche sensible.



### Encre "biologique"



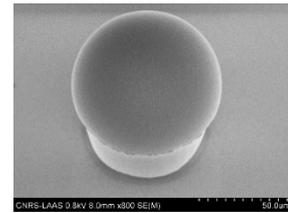
En 2017 sur l'Altadrop nous avons développé le jetting d'encre modèle biologique avec une buse de 15µm afin d'obtenir des gouttes plus petites. Nous avons ainsi pu déposer deux fois plus de gouttes sur une section de fibre optique de 300µm de diamètre. Nous pourrions déposer plus de matériaux différents sur la fibre et donc augmenter les capacités d'analyse de la fibre optique pour ce projet. En 2018 nous sommes passé des encres modèles aux encres chargées en molécules biologiques.

Nous avons développé l'impression d'encre contenant des anticorps de souris. Nous travaillons toujours à l'impression d'encre contenant des anticorps de lapin.

## Lentilles de focalisation

Nous avons également transféré sur la Ceradrop le dépôt de lentille pour la focalisation de VCSEL. Nous avons commencé par transférer le dépôt d'encre formulée au LAAS avec succès. Puis nous avons développé le dépôt de SU8 priplex pour faire ces lentilles. La SU8 a l'avantage d'être photo-réticulable tandis que l'encre LAAS est thermo-réticulable.

Nous avons démontré qu'une fonctionnalisation au Spectroline (UV 254nm) suivie d'un dépôt APTES par SFD200 permet de déposer le cuivre directement sur la SU8. Par contre, la fonctionnalisation par le laser 266nm au lieu du Spectroline n'est pas concluante pour la SU8.



## 2019

Pour 2019 les efforts de développements vont se concentrer sur le jet d'encre suite à l'arrivée de la nouvelle machine. Nous allons continuer l'impression d'encre argent afin d'imprimer des pistes conductrices, tel que défini dans la cadre du projet MultiFAB.

En traitement de surface nous souhaitons mettre en place le traitement hydrophile dans le SPD pour répondre à certains problèmes de microfluidique.

En electroless les développements envisagés l'an dernier avec le laser de longueur d'onde 266nm sont arrêtés ; ce laser est défaillant (puissance maxi 30mW au lieu de 100mW) or les premiers tests de fonctionnalisation ont démontré qu'une puissance maximale était requise. Le coût d'un tel laser se monte à 50K€.

## Lithographie Laser

### 2018

#### DWL 200 : Nouvelles mires d'alignement des masques et repères d'alignement pour la découpe :

Des nouveaux fichiers d'aide à la conception des mires d'alignement des masques et repères de découpe sont disponibles :

<http://lims.laas.fr/WebForms/Equipment/EquipmentView.aspx?toolId=183>.

Ils intègrent des motifs d'alignement automatique pour la nouvelle machine d'alignement de masques : <http://lims.laas.fr/WebForms/Equipment/EquipmentView.aspx?toolId=231> et des motifs de caractérisation.

#### Dilase 750 : fabrication de composants de puissance diamant :

L'équipement Dilase 750 permet d'améliorer les étapes de lithographie sur des très petits échantillons (2x2mm<sup>2</sup>). En association avec le dépôt par spray de résines photosensibles, les avantages de la lithographie laser par rapport aux machines d'alignement de masques adaptées aux petits échantillons sont :

- Une meilleure résolution d'insolation
- Une meilleure qualité d'alignement
- Les motifs réalisés sont modulables à l'infini (pas de masque physique)

Le développement de procédés des résines AZ4999 et Nlof pour la gravure et le lift-off déposées par spray et insolées par laser ont permis l'intégration de nouveaux motifs de tests et la réalisation de dispositifs sur petits échantillons de diamant (Figure 1).

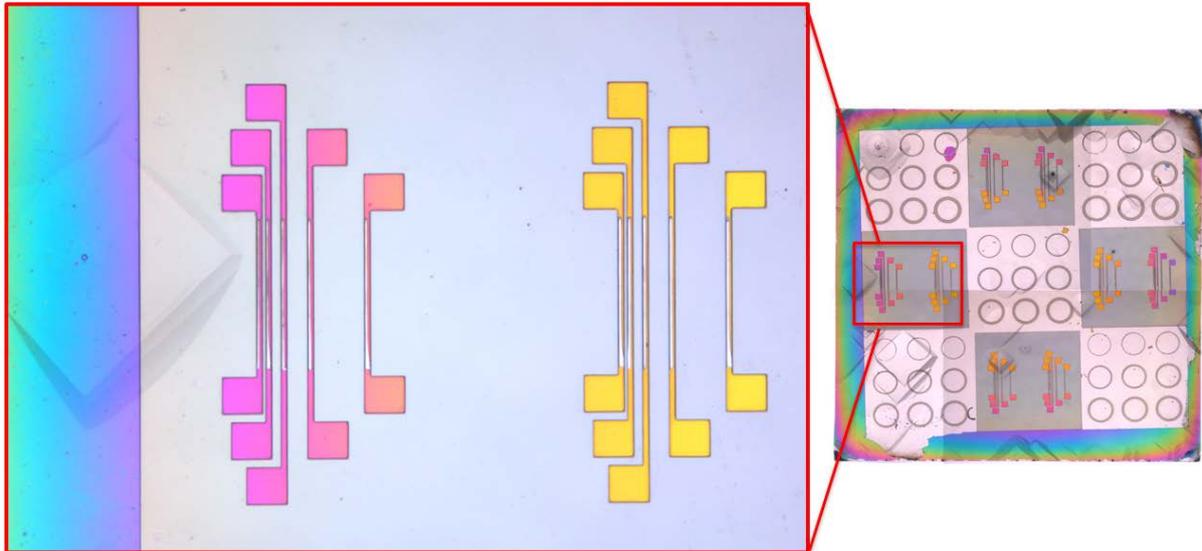


Figure 1 : alignement et insolation de motifs de test sur échantillon de diamant

### Dilase 3D (HR) Fabrication de structures millimétriques possédant des résolutions micrométriques :

L'équipement Dilase 3D permet d'écrire une structure tridimensionnelle millimétrique ayant des résolutions micrométriques <sup>[1]</sup>. Diverses réalisations brièvement décrites dans les Figures 2 à 6 suivantes, obtenue avec la résine photosensible DS-3000 (DWS), valident et illustrent ce propos.

La Figure 2 ci-dessous montre un objet poreux très complexe de type Gyroïde. Ce dernier a des pores cylindriques continus traversant en x, y et z mais également à 45°. De plus, à cette échelle (3x3x3 mm<sup>3</sup>), cette structure possède, par endroit, des parois inférieures à 50 µm.

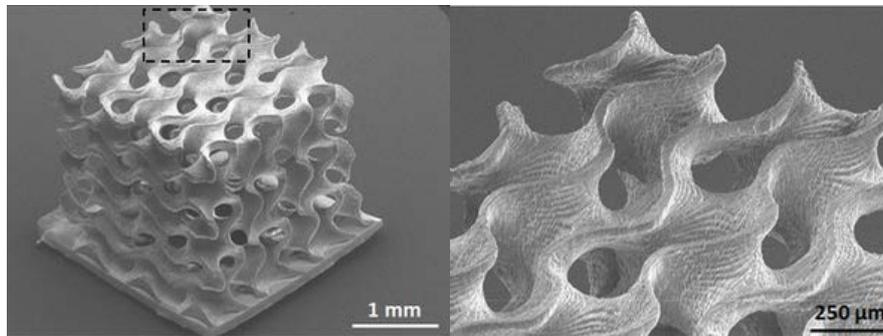


Figure 2 : structure type Gyroïde réalisé à la Dilase 3D HR (dimension de 3x3x3 mm<sup>3</sup>)

La Figure 3 montre une structure atomique. Cette dernière admet un volume de 4x4x4 mm<sup>3</sup> et des barreaux reliant les « atomes » de 50 µm de largeur.

Ces deux structures (atomique et Gyroïde) illustrent très bien le fait de fabriquer des objets millimétriques ayant des résolutions micrométriques.

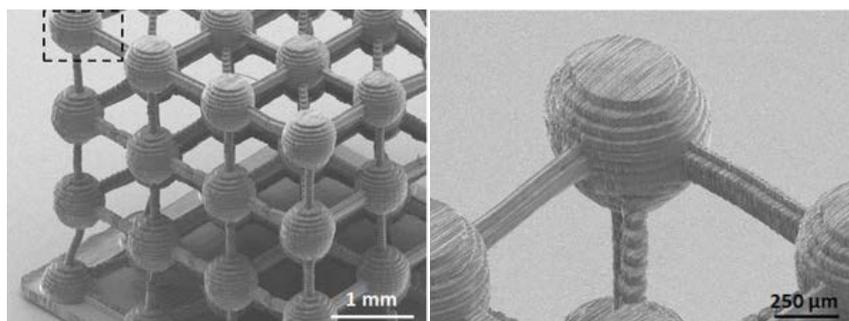


Figure 3 : exemple de structure atomique réalisée à la Dilase 3D (dimension de 4x4x4 mm<sup>3</sup>)

La Figure 4 ci-dessous montre une éponge de Menger de  $8 \times 8 \times 8 \text{ mm}^3$ . Ce design fractal a ses plus petites ouvertures, assimilables à des microcanaux, de  $100 \mu\text{m}$  de côté débouchant dans les trois directions de l'espace. Cet objet permet de pouvoir imaginer réaliser une puce microfluidique tridimensionnelle capable d'assurer différentes fonctions (marquage cellulaire, tri de particules...) dans les divers étages de canalisations.

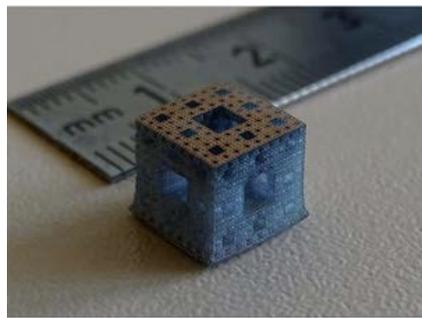
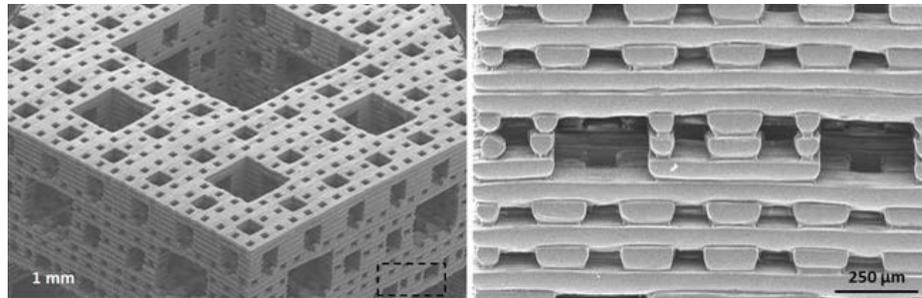


Figure 4 : éponge de Menger réalisée à la Dilase 3D (dimension de  $8 \times 8 \times 8 \text{ mm}^3$ )

Les Figures 5 et 6 illustrent la possibilité de réaliser, à la Dilase 3D, des dispositifs microfluidiques. En effet, la première (Figure 5) présente des structures de capture puis de fusion cellulaires type patchinkos intégrées au sein d'un laboratoire sur puce. Ces objets sont généralement fabriqués par photolithographie classique via un alignement entre deux niveaux. Ici la puce microfluidique est fabriquée en une seule étape avec une couche de  $14 \mu\text{m}$  et une autre de  $7 \mu\text{m}$ .

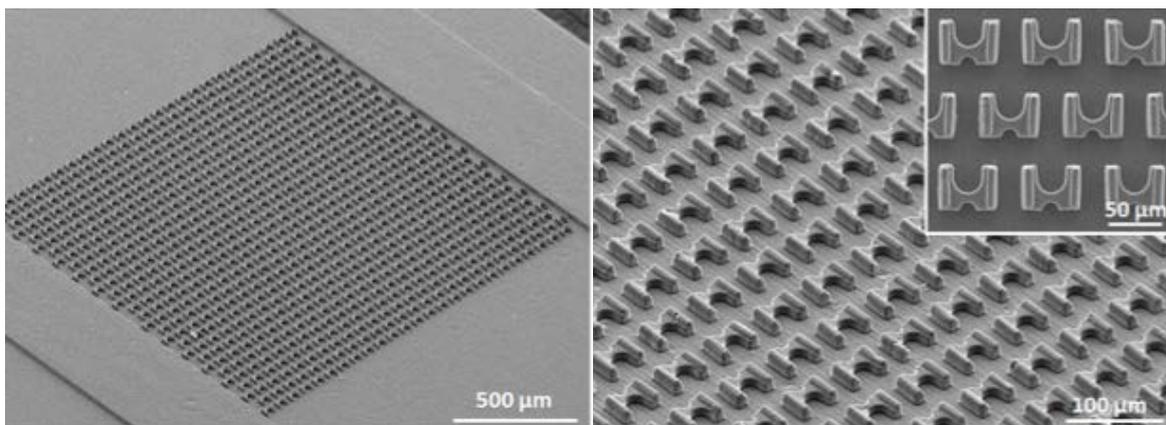


Figure 5 : dispositif microfluidique type patchinkos réalisés à la Dilase 3D (épaisseurs de couches de  $14 \mu\text{m}$  et  $7 \mu\text{m}$ )

La figure 6 ci-dessus montre un second dispositif permettant de faire du tri en taille de particules type DLD (Determinic Lateral Displacement). Celui-ci se compose de 5 niveaux intégrant des piliers de  $100 \mu\text{m}$  jusque  $5 \mu\text{m}$  de diamètre avec un rapport d'aspect de 1 :1. Ici, la résolution ultime de  $5 \times 5 \times 5 \mu\text{m}^3$  est démontrée.

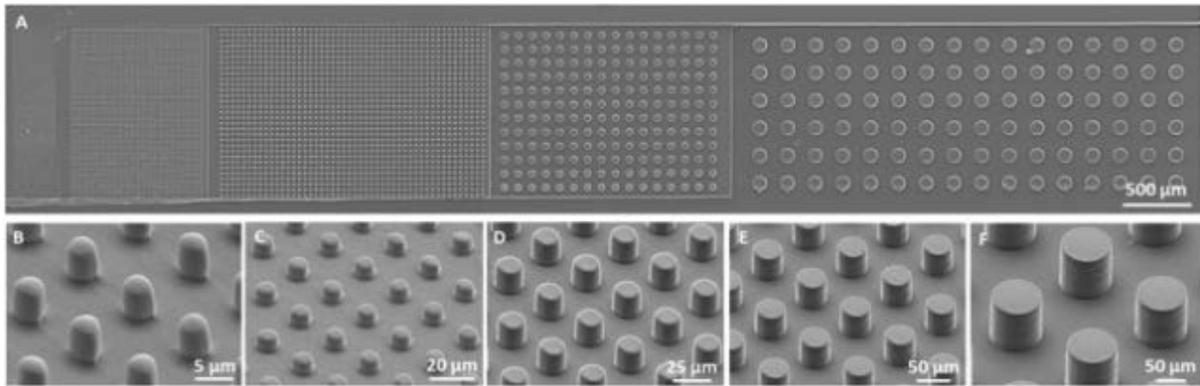


Figure 6 : dispositif microfluidique de tri en taille de particule type DLD (piliers de 100 à 5 µm de diamètre pour un rapport d'aspect de 1:1)

[1] A. Accardo, R. Courson, R. Riesco, V. Raimbault and L. Malaquin, *Additive Manufacturing*, **2018**, 22, 440-446

### Étude de nouveaux matériaux photosensibles :

Dans le cadre du projet Européen « HoliFAB » (Laurent Malaquin, ELIA), le LAAS travaille en étroite collaboration avec la société Microresist GmbH afin d'évaluer la mise en forme tridimensionnel de leurs matériaux. Ces derniers ont d'excellentes propriétés optiques (transparence dans la gamme du visible et très peu fluorescent) et sont donc des matériaux de choix pour la réalisation de dispositifs microfluidiques utilisant la fluorescence comme moyen de caractérisation.

Les matériaux étudiés sont l'Ormocomp, l'Ormoclear FX et le mr-UVCur26SF. La Figure 7 montre quelques exemples de structures micrométriques réalisées à la Dilase 3D obtenues en utilisant l'Ormocomp comme résine photosensible. La résolution de  $5 \times 5 \times 5 \mu\text{m}^3$  est également atteinte avec ce matériau.

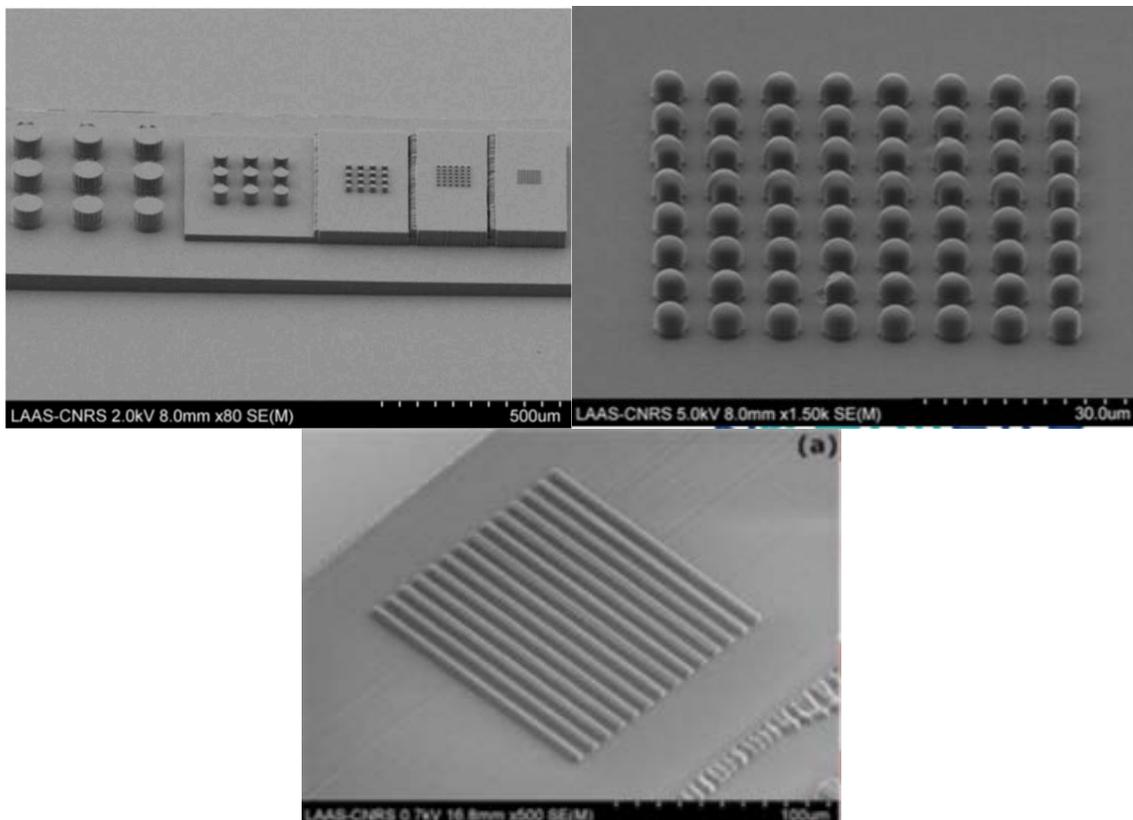


Figure 7 : piliers et lignes réalisés à la Dilase 3D avec de l'Ormocomp. Résolution limite de  $5 \times 5 \times 5 \mu\text{m}^3$ .

## 2019

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

La zone de lithographie laser est maintenant équipée de deux Dilase 3D. Ces dernières, afin de pouvoir être facilement différenciées, ont été rebaptisées Dilase 3D HR (High Resolution) et Dilase 3D MR (Multiple Resolution).

La Dilase 3D MR a été livrée et installée en zone de lithographie laser le 12 juillet 2018. Cette dernière est équipée de deux lignes lasers (une de 5 $\mu$ m et une de 20  $\mu$ m) avec commutation automatique entre les deux faisceaux. Les deux tailles de faisceaux vont permettre de diminuer le temps d'écriture. Cependant, en 2018, il n'a pas été possible de démontrer ce gain du fait de la fermeture de la salle blanche pendant 3 mois. Ce travail sera fait durant l'année 2019.

La Dilase 3D MR a été livrée avec un laser d'une longueur d'onde de 375 nm. La Dilase 3D HR embarque, quant à elle, un laser d'une longueur d'onde de 405 nm. Il a été décidé d'invertir ces deux lasers afin de gagner en épaisseurs insolées. En effet, il a été montré avec la Dilase HR et son laser à 405 nm, que l'épaisseur minimum dans le cas d'une structure suspendue était de 100  $\mu$ m. L'installation de ce laser à 375 nm sur cet équipement permettrait de diminuer grandement l'épaisseur insolée (et ainsi améliorer la résolution) du fait de la plus grande absorption des matériaux photosensibles à de plus courtes longueurs d'ondes. Nous nous attacherons à démontrer cela dans l'année 2019.

### Développement de procédés avec l'équipement Nanoscribe

L'équipement de lithographie 3D Nanoscribe nous a permis récemment de structurer des piliers et des microlentilles sur des VCSELs. En 2019 la conception de nouveaux PCB compatibles avec le porte échantillon Nanoscribe devraient permettre la fabrication sur mesure d'éléments micro-optiques (piédestaux et microlentilles en polymère) sur puces VCSELs montées sur PCB.

### Développement de procédés avec l'équipement Dilase 750

L'écriture par laser de contours successifs de formes micro-milli-métriques dans la résine négative WBR2100 devrait permettre la fabrication de moules de dépôt électrolytique. Une double insolation de cette résine par photolithographie UV et écriture laser permettra de réduire le temps de dépôt électrolytique pour la fabrication rapide d'objets sur mesure.

## Nanolithographies

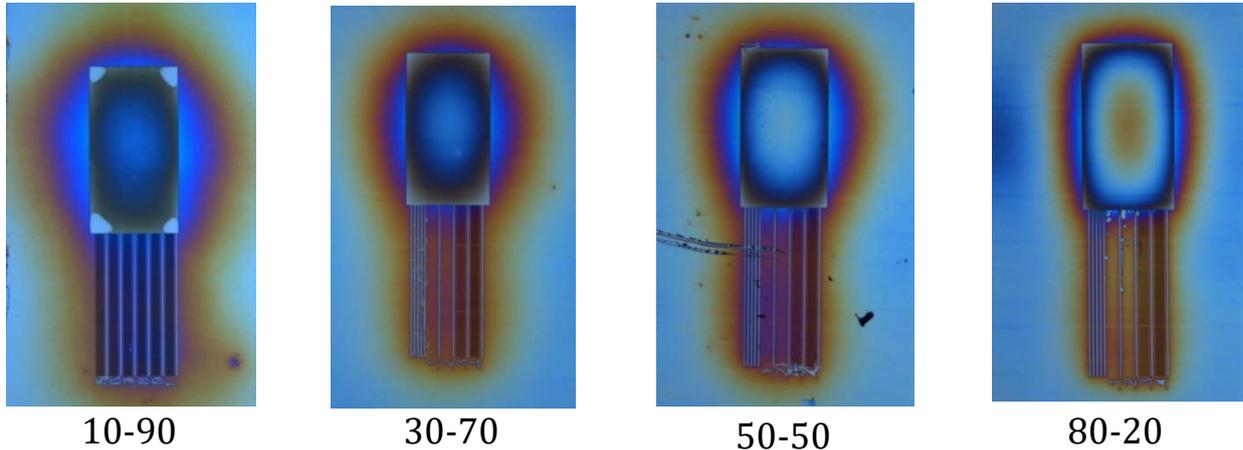
### 2018-2019

#### Lithographie électronique :

- Achat d'une nouvelle résine positive (CSAR-62) en lieu et place de la ZEP520A (étude en cours). Cette résine positive organique possède une meilleure résistance à la gravure sèche ce qui permet d'améliorer la latitude des procédés et parfois de supprimer des étapes
- Achat d'une résine négative (maN2405) possédant une bonne résistance à la gravure sèche et qui reste soluble après insolation contrairement à la HSQ (négative aussi mais qui se transforme en  $\sim$ SiO<sub>2</sub> après révélation)
- Achat d'une résine conductrice pour insolation sur substrats isolants ou recouverts de couche isolantes épaisses (SiO<sub>2</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, SiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>) : le premier essai est concluant. Ce polymère remplace l'étape de métallisation sur la résine de définition et améliore la reproductibilité des insolutions car elle est soluble à l'eau et peut être retirée facilement avant révélation, généralement, sans interaction avec les autres matériaux.

**Nanonex :**

- Développement de résines avec contrôle de la fluidité pour optimiser l'homogénéité de l'épaisseur résiduelle. En effet lors de la réplication de motifs complexes, ceux-ci perturbent le déplacement de la résine lors de l'étape de moulage avant réticulation UV : la fluidité du polymère est alors primordiale pour améliorer l'homogénéité obtenue après réticulation. Cette optimisation est d'autant plus importante que le procédé de nano-impression est suivi d'une étape de transfert par gravure ou d'une étape de lift-off.



Composition	10-90	30-70	50-50	80-20
épaisseur de fond de résine maximum	87	100	160	213
épaisseur de résine hors motif	160	160	160	160
épaisseur gravable	73	60	0	x

Illustration de l'influence de la composition de la résine sur l'épaisseur de résine en fond de motif (cf. : Rapport de stage de Lucas Gatimel)

**Extension de l'étude de la fabrication d'échantillons de calibration pour les microscopies super-résolues**

Dans le cadre d'un projet scientifique de réalisation d'échantillons de calibration pour les microscopies super-résolues, une première étape a été de réaliser des échantillons avec des marches de 5nm en combinant : lithographie électronique à niveaux de gris, la gravure plasma et la nano-impression dans un polymère d'indice 1.38.

Une étude a été réalisée afin d'étendre la gamme des marches jusqu'à 1.25µm par pas de 50nm : la faisabilité est démontrée mais sa finalisation dépend du financement de la technologie.

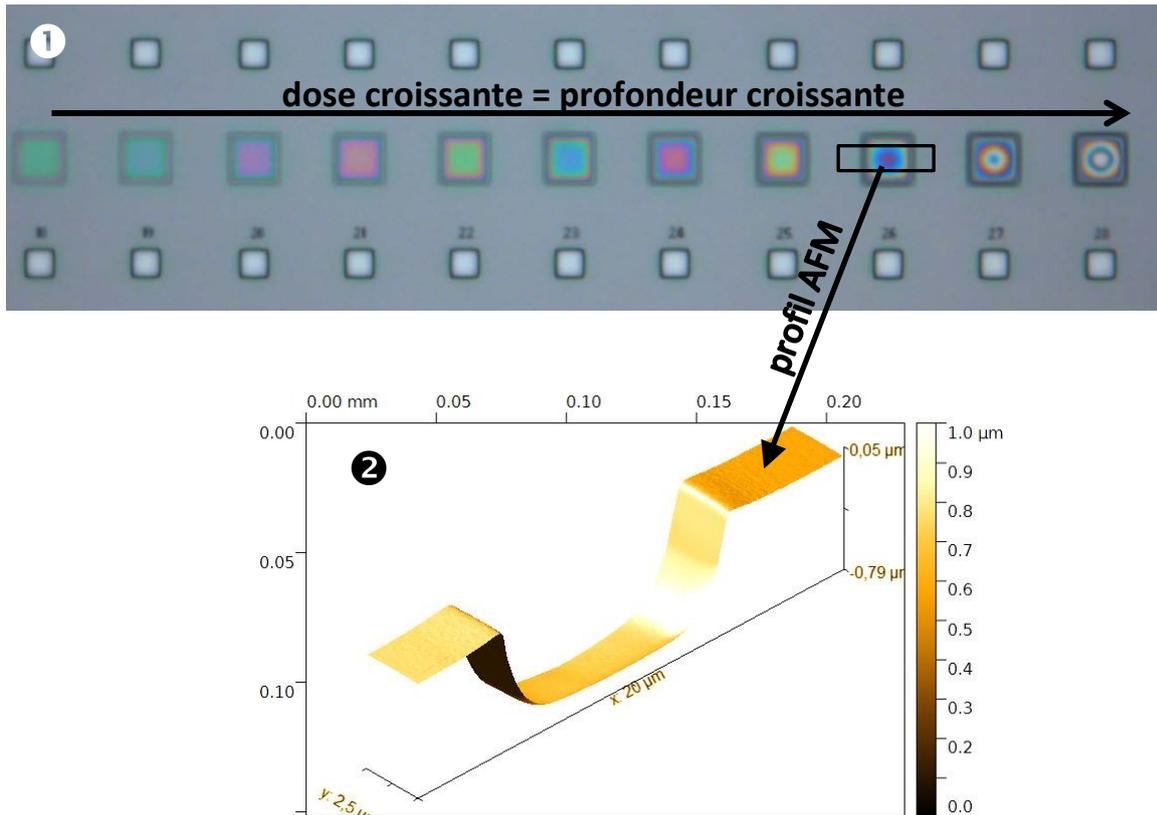


Figure 2 : Image au microscope optique de l'épaisseur restante de PMMA en fonction de la dose. La profondeur est contrôlable avec une précision <20nm

Figure 3 : Image 3D du profil du PMMA après insolation/révélation montrant une surface lisse et homogène sur  $\sim 3\mu\text{m}$  de largeur et  $760\text{nm}$  de profondeur. Le transfert dans le Si par gravure sèche permet d'atteindre une profondeur >  $1500\text{nm}$  avec une rugosité inférieure à  $20\text{nm}$

### Moule de Nano-Impression mono et multi-niveaux pour applications optiques

Dans le cadre de l'installation des modules d'insolation continue sur le masqueur électronique, nous nous sommes engagés, en contrepartie d'une réduction substantielle du coût (50%), à produire 2 notes d'applications (publications techniques type MNE).

Nous avons identifié 2 applications qui devraient nous permettre de remplir cet engagement et d'améliorer nos procédés de fabrication en termes de durée d'insolation et de réponses optiques des objets fabriqués :

- Guides optiques en lien avec un projet de l'équipe OSE
- CRIGF (Cavity Resonator Integrated Guided mode resonance Filter) – Olivier Gauthier-Lafaye

Les problèmes d'installation des modules, l'arrêt de la salle blanche et les pannes ont retardé les études concernées

Le procédé complet pour ces deux applications nécessite la fabrication de moules par lithographie électronique et gravure plasma, le traitement de surface antiadhésif du moule et sa réplique par nano-impession. Ces deux développements sont le fruit de collaborations avec les zones Chimie, Jet d'encre, Gravure par Plasmas, Caractérisation physique et Caractérisation optique (I2C) et les chercheurs.

## Photolithographie

2018

### Mise au point des procédés HMDS sur Obducat QSV200BM.

Le système est une plaque chauffante pour le traitement HMDS unitaire de substrats. Le procédé a été développé pour avoir un angle de contact optimal à 60° sur substrat silicium (spécifications 45-65°). La durée d'un procédé est inférieure à 1min contre 15min et 35min sur les autres équipements.



Figure 6 Equipement Obducat QSV200BM

### Mise au point des procédés sur la tournette Obducat QSC200BM.

La tournette est équipée d'un système capot fermé RCCT pour une meilleure uniformité des dépôts de résines sur petits échantillons jusqu'à 3mm de diamètre. 15 procédés conventionnels ont été mis au point sur cet équipement. Des procédés plus spécifiques à des projets ont également été mis au point par des utilisateurs.



Figure 7 Equipement Obducat QSC200BM

### Mise au point des procédés sur l'équipement MA6 Gen4.

Installée au laboratoire le 9 Avril 2018, la nouvelle machine d'alignement de masque Suss Microtec MA6 Gen4 permet l'exposition UV de résines de photolithographie.

Il s'agit du premier équipement avec un système d'exposition UV par LED installé par Suss Microtec en France.

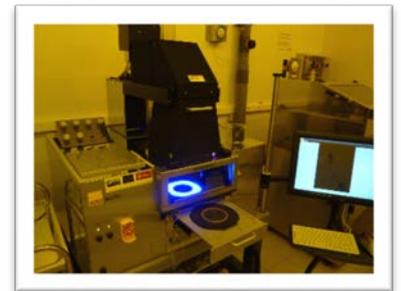


Figure 8 système lithographie UV MA6 Gen 4

Des procédés de résines ECI sont développés avec une résolution inférieure au micromètre.

Avec la zone de lithographie laser, le procédé d'alignement automatique a été mis au point en intégrant des mires d'alignement spécifiques sur tous les nouveaux masques. Des motifs de résolution ont été implémentés avec la cellule MEMS.

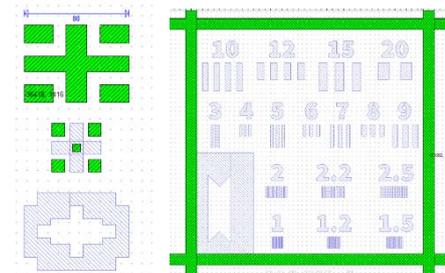


Figure 9 motifs d'alignement auto et résolution

### Dépôt de résine Nlof forte épaisseur par spraycoating

Le développement d'un procédé de dépôt de résine NLoF par spraycoating permet d'atteindre de fortes épaisseurs (5 à 25µm contre 5µm max en spincoating), rendant possible le lift-off de couche métallique épaisse, ainsi que les lift-off sur substrats à forte topographie.

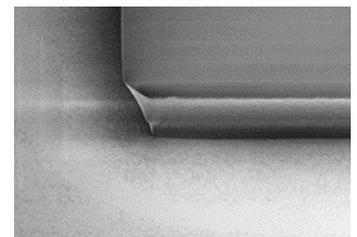


Figure 10 Résine Nlof déposée par spraycoating

2019

**Avec zone gravure plasma, nouvelles résines AZ 15nXT et AZ 125nXT pour RIE et DRIE**

Le développement de procédés de photolithographie avec les résines négatives AZ 15nXT et AZ 125nXT, pour des épaisseurs variant entre 15µm et 90µm, propose une meilleure tenue lors des procédés de gravure plasma et donne de bons résultats pour la gravure du verre notamment.

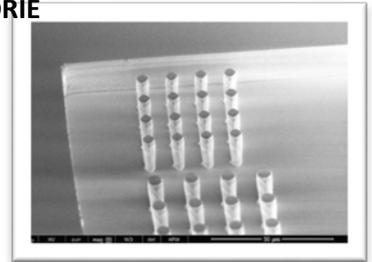


Figure 11 Résine AZ15nXT 15µm, résolution 4µm

**Etude de copolymères à blocs.**

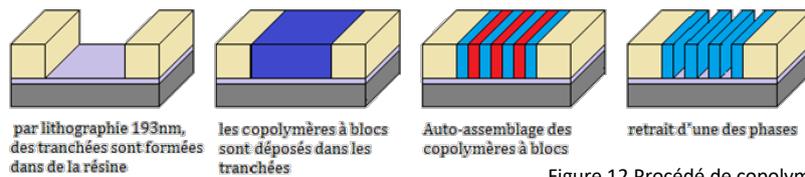


Figure 12 Procédé de copolymères à blocs type « lamellaire »

L'objectif est de développer un procédé pour réduire les dimensions critiques limitées actuellement à environ 350nm.

Les travaux ont été réalisés par Julien Joneau dans le cadre de son contrat d'apprentissage ingénieur.

Ces premiers travaux ont permis de mettre au point un procédé pour structurer des motifs lamellaires de 21nm de résolution pour une épaisseur de copolymères de 45nm. Les études actuelles portent sur un nouveau procédé de copolymères cylindriques avec une résolution de 40nm.

CPB 42		e = 45 nm																		
Substrat: Plasma 02 5 8000																				
Attention : Une couche de neutralisation (N) doit être déposée avant les CPB. Cette couche doit être reculée puis lavée avant de pouvoir commencer l'induction.																				
MANUELLE	INDUCTION	MANUELLE																		
SOLENE	SOLENE	SOLENE																		
COUVERCLE	COUVERCLE	COUVERCLE																		
JACTES	JACTES	JACTES																		
210°C	5 min	210°C																		
MANUELLE	INDUCTION	MANUELLE																		
SOLENE	SOLENE	SOLENE																		
COUVERCLE	COUVERCLE	COUVERCLE																		
JACTES	JACTES	JACTES																		
210°C	5 min	210°C																		
MANUEL	NETTOYAGE	MANUEL																		
SOLENE	SOLENE	SOLENE																		
COUVERCLE	COUVERCLE	COUVERCLE																		
JACTES	JACTES	JACTES																		
RECETTE	RECETTE	RECETTE																		
NETTOYAGE classique	NETTOYAGE classique	NETTOYAGE classique																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROFIL</th> <th>LARGEUR D'ORNE (µm)</th> <th>HAUTEUR (µm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>EVG 400</td> <td>100</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>MA 6</td> <td>100</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>			PROFIL	LARGEUR D'ORNE (µm)	HAUTEUR (µm)	EVG 400	100	20	MA 6	100	20									
PROFIL	LARGEUR D'ORNE (µm)	HAUTEUR (µm)																		
EVG 400	100	20																		
MA 6	100	20																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>SOLUTION</th> <th>Acide dilué</th> <th>10%</th> </tr> <tr> <th>TEMP</th> <th>1min 30sec</th> <th></th> </tr> <tr> <th>RINÇAGE</th> <th>EAU</th> <th>De base à l'arrêt et saignée</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">NETTOYAGE FACE ARRIERE</td> </tr> <tr> <td colspan="3">OBSERVATION au MEB</td> </tr> <tr> <td colspan="3">ME SURE EPAISSEUR à TELESCOPEMETRE ou à TAFM</td> </tr> </tbody> </table>			SOLUTION	Acide dilué	10%	TEMP	1min 30sec		RINÇAGE	EAU	De base à l'arrêt et saignée	NETTOYAGE FACE ARRIERE			OBSERVATION au MEB			ME SURE EPAISSEUR à TELESCOPEMETRE ou à TAFM		
SOLUTION	Acide dilué	10%																		
TEMP	1min 30sec																			
RINÇAGE	EAU	De base à l'arrêt et saignée																		
NETTOYAGE FACE ARRIERE																				
OBSERVATION au MEB																				
ME SURE EPAISSEUR à TELESCOPEMETRE ou à TAFM																				

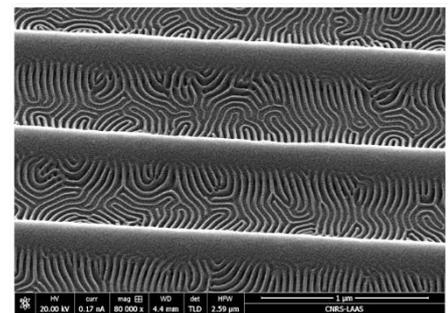


Figure 12 Fiche de procédé disponible sur la zone et image SEM de structures CPB lamellaire 21nm de résolution

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

2018

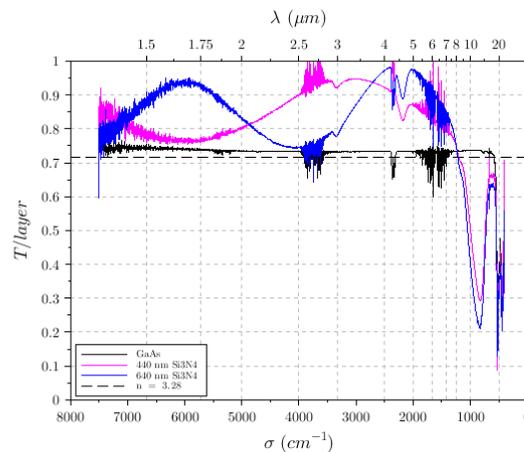
**Bâti PECVD ApSy**

Mise au point des recettes de l'ancien PECVD suite au rétrofit de celui-ci.

Procédé	Température de dépôt	Indice de réfraction à 450 nm	Contrainte	Uniformité
SiO2BF	300°C	1,49	-190 MPa	< 6%
Si3N4BF	300°C	2,00	-450 MPa	< 6%
Si3N4MF (BF + HF)	300°C	2,00	Non calculée	< 6%
SiONBF	200°C	1,67	-100 MPa	< 6%

Tableau des recettes disponibles dans le bâti PECVD ApSy Bâti ICPECVD

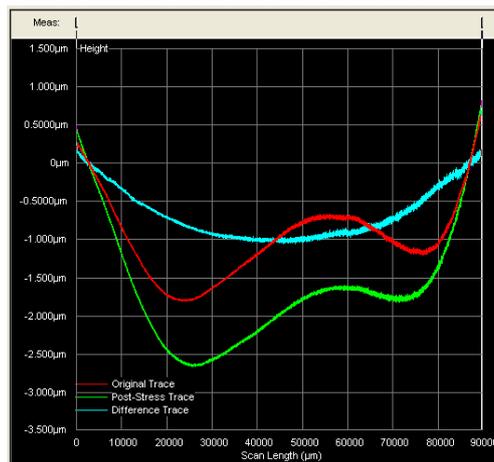
Dépôt de multicouches SiO<sub>2</sub>/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> et a-Si/SiO<sub>2</sub> dans le cadre de la réalisation de guides d'ondes avec de faibles pertes optiques pour l'équipe Photonique.



*Courbes de transmission des couches de nitrure déposées par ICP-PECVD*

#### Four LPCVD Centrotherm

Mise au point d'un dépôt de SiN<sub>x</sub> faiblement contraint d'une épaisseur de 145 nm et avec une contrainte tensile d'environ 90 MPa dans le cadre d'une demande Renatech.



*Courbes de stress d'un dépôt de SiN<sub>x</sub> faiblement contraint*

### 2019

#### Réorganisation fours de recuits métaux

Avec l'arrivée prochaine du nouvel ALD, le SPD va être déplacé à la place des anciens fours de recuits métaux AET (recuits Au et Cu sur Si) qui vont être sorti de la salle blanche.

Les recuits Au et Cu sur silicium se feront désormais dans le tube du milieu du four Freescale (four situé entre les fours d'oxydation AET et Centrotherm).

Les tubes de recuits métaux dans les fours Freescale sont donc affectés de la façon suivante:

- Recuit métaux divers sur Si excepté Au et Cu: tube du bas du four Freescale.
- Recuit tous métaux sur verre: tube du milieu du four Freescale
- Recuit Au et Cu sur Si: tube du haut du four Freescale.

Ces tubes seront en libre-service après formation.

#### Bâti ICPECVD

Nous avons demandé un devis à Oxford concernant l'ajout d'une ligne de gaz permettant le dépôt de TiO<sub>2</sub>. Cette demande émerge de la cellule photonique.

## DOMAINES DE SAVOIR-FAIRE

Lors de travaux précédents la communauté impliquée dans les micro et nanotechnologies au laboratoire a mené un travail de cartographie des savoir-faire technologiques. Cette action devait nous permettre de

- Présenter nos compétences de façon plus lisible pour nos partenaires non académiques
- Créer des groupes de travail interne impliquant chercheurs et IT afin de faciliter le partage des compétences, des problématiques ; d'initier des développements concertés ; d'alimenter l'argumentaire de la prospective en équipements

### Cartographie des domaines de savoir faire

#### *Optique / photonique*

- Photonique sur substrats transparents/optiques Réseaux sub-lambda
  - Optique pixélisée
  - Composants organiques OLED/OPD
- Composants III-V multifonctionnels intégrés
  - Sources optiques III\_V
  - Nouveaux matériaux III-V
- Capteurs optiques

#### *Micro nano électronique*

- Nano composants à nano fils
  - Fabrication des fils bottom-up / top-down
  - Nano transistors 3D , Si et III-V
- Microélectronique de puissance
  - Composants MOS et bipolaires sur Si
  - Composants grand gap (GaN, diamant)
  - Circuits intégrés de puissance

#### *Bioélectronique, biosystèmes, biophysique*

- Micro/nano fluide
  - Laboratoire sur puce polymère multiniveau / à actionnement intégré
  - Nano fluide Verre/silicium/polymères
- Micro capteurs
  - En phase vapeur
  - En phase liquide
- Micro Nanostructures avancées pour la bio détection
  - Nano probes
  - Nano transistors
- Technologie ADN pour matériaux avancés et capteurs

#### *Micro nano dispositifs, micro nano systèmes*

- Micro commutateurs RF à contact capacitif et résistif
- Capteurs sans fils passifs à transduction électromagnétique
- Micro stockage de l'énergie
- Actionneur pyrotechnique à base de nano matériaux réactifs
- Systèmes intégrés sur substrats souples
- Procédé faible température pour l'Intégration et l'interconnexion 3D

## Actions

Après la phase initiale d'échange et de lancement d'actions telles que la mise en place de calibrations, le développement de mires spécifiques, la contribution à la prospective équipements ces quatre groupes n'ont pas conduit d'action particulière au cours de l'année 2018.

Il est convenu à l'avenir de les solliciter lors d'actions spécifiques.

L'une d'entre elles pourrait être la réalisation de supports de communication qui seraient ajoutés à la plaquette de présentation de la plateforme. Un flyer recto verso pourrait améliorer la visibilité de nos savoir-faire.

## 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 un masque et une carte témoin	Avant chaque dépôt	Affiche à côté de l'équipement
<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

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence	Où trouver les résultats
Vérification de calibration AFM	Mesure étalon en XYZ, vérification des côtes et de la linéarité du piézo	1 fois par mois	LIMS onglet document de l'équipement
Dimension et Icon			
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	LIMS 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	LIMS 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	LIMS onglet document de l'équipement
Vérification de calibration des profilomètres optique	Vérification des mesures de l'étalon XYZ	1 fois par mois	LIMS onglet document de l'équipement

Les calibrations sont faites quand on remarque une dérive sur les appareils lors de la vérification ou sur demandes des utilisateurs.

Certaines calibrations sont directement demandées par la machine après un nombre d'heure d'utilisation ou au démarrage de la machine (spectromètre FTIR, UV-VIS et balance), il suffit de suivre les instructions données par le soft, ce que tout le monde peut faire.

### Qui vont être mises en place

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence	Où trouver les résultats
Vérification des dérives de la balance	Mesure des poids étalons	1 fois par mois	Ce sera dans LIMS

Calibration de la DSC

Mesure des métaux étalons puis report des informations dans le soft	1 fois par semestre ou au changement de capteur	Ce sera dans LIMS
---	---	-------------------

## Chimie

### Existantes

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence	Où les résultats sont-ils disponibles ?
Vérification des extractions sur postes de chimie pour la protection des opérateurs	Visualisation des flux d'air sous les postes de chimie par tube fumigène	2 fois par mois	Retour si problème
Vérification du fonctionnement de la douche de sécurité et du rince œil	Actionnement de la douche et du rince œil	2 fois par mois	Retour si problème
Vérification des résines nano impression après fabrication d'un lot	Réalisation d'un procédé d'impression et caractérisation du résultat	1 fois tous les deux mois	Résultats accessibles sur pongo\laasnano
Qualification des procédés de nettoyage RCA et piranha collectifs 6 pouces ainsi que du BOE	Réalisation d'un diélectrique SiO <sub>2</sub> après nettoyages chimiques/gravure et qualification du diélectrique par mesures C= f(V)	1 fois par an	Résultats accessibles auprès zone traitements thermiques
Qualification de bains de gravures de matériaux	Gravure de matériaux et qualification des résultats	Autant que nécessaire	Résultats accessible sur LIMS poste de chimie concerné

### Qui vont être mises en place

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence	Où les résultats sont-ils disponibles ?
Vérification des extractions sur postes de chimie pour la protection des opérateurs	Mesure des flux d'air par société extérieures	1 fois par semestre	Résultats accessible sur LIMS poste de chimie concerné

## Dépôts sous vide

### Existantes

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence	Où trouver les résultats
Qualification de couches métalliques (sur l'assemble des équipements de la zone)	Mesure de marches profilomètres tactile	1 fois tous les 15 jours	MyFab-LIMS

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

### Qui vont être mises en place

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence	Où trouver les résultats
Qualification de couches métalliques (sur l'assemble des équipements de la zone)	Suivie des contaminations : Analyse XRD	1 fois par mois	MyFab-LIMS

## Electrochimie

### Existantes

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence	Où trouver les résultats
Mesure des concentrations d'additifs dans tous les bains	Mesure CVS et Titration	Tous les 15 jours	Lien dédié LIMS
Mesure des concentrations d'ions métalliques	Mesure AAS et Titration	Tous les mois	Lien dédié LIMS
Mesure Homogénéité et contrainte pleine plaque	Mesure Tencor 10 points+ contrainte	Tous les mois	Lien dédié LIMS

A l'heure actuelle cela représente 36 analyses chimiques par mois soit environ ½ journée par semaine auxquelles il faudra ajouter les 10 nouvelles analyses à mettre au point et intégrer en routine.

Pour les calibrations cela représente 5 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.

Ayant été seul en 2018 cette cadence d'analyse n'a pas pu être maintenue et les résultats ont été moins constants. Les résultats de ces calibrations seront diffusés dans LIMS via un lien sur les équipements associés

## Epitaxie par jets moléculaires

### Existantes

Les calibrations des flux sont réalisées avant chaque croissance, quotidiennement. Les flux sont affinés suite à une mesure sur croissance test (RX, PL, MEB, etc...).

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence	Où trouver les résultats
Calibration du dopage N (Si) ou P (C)	Réaliser des couches de GaAs dopées uniformément en croissance (typ. 1µm)	Au besoin (typ. 5 par an)	\\MBE412\Data(D :) \@Fiches Croissances\
Niveau du dopage résiduel	Croissance d'une couche de 10µm de GaAs non dopée, et mesure par effet Hall VdP	Typ. Tous les 3-4 mois	\\MBE412\Data(D :) \@Fiches Croissances\
Calibrations des épaisseurs et compositions d'alliages	Croissance de structures test – mesures RX ou PL	Quasiment journalière	\\MBE412\Data(D :) \@Fiches Croissances\
Densité de défauts	Couche de GaAs de 1µm	Typ. 2/an	

Les informations sont partagées par les différents utilisateurs, et les redondances sont très rares.

### Qui vont être mises en place

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence
Mesure directe des flux par absorption atomique	Développement d'un outil sensible de mesure des flux	Systématique si efficacité avérée

### Gravure plasma

#### Existantes

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence	Où trouver les résultats
Vérification du fonctionnement des machines	Contrôle des paramètres machines.	1 fois par jour	Alerte mais en cas de pb
Vérification des résultats de gravure	Vérification des vitesses de gravure obtenues	Après chaque gravure	utilisateurs sur les fichiers excel sur \\TRAIL
Nettoyage chambre de gravure	Ouverture/nettoyage mécanique/changement céramique chemisage	P1/P4 : tous les mois ICP2/ICP3 : 1 fois/an	Créneau maintenance sur Myfab

## Jet d'encre et traitements de surface

### Existantes

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence	Où trouver les résultats
Suivi équipement Tousimis	Log des temps de refroidissement et de la consommation de CO <sub>2</sub>	A chaque run	Cahier de suivi
Suivi équipement SFD	Log des produits utilisés et de la consommation de CO <sub>2</sub>	A chaque run	Cahier de suivi
Qualification du viscosimètre	Mesure de viscosité de l'eau	Biannuelle	Lims documents
Qualification du procédé de traitement de surface par UV/O <sub>3</sub>	Mesure de l'angle de contact d'un polymère avant et après traitement	Mensuelle	Lims documents
Qualification du procédé de traitement de surface par UV254nm	Mesure de l'angle de contact d'un polymère avant et après traitement	Mensuelle	Lims documents

### Qui vont être mises en place

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence	Où trouver les résultats
Qualification des procédés du SPD	Réalisation des procédés génériques sur Si et Kapton	Mensuelle	Lims documents
Qualification de la propreté de la ligne du SFD	Run à blanc sur substrat Si et mesure de l'angle de contact	Tous les 10 runs	Lims documents

## Lithographie Laser

### Existantes

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence	Où trouver les résultats
Calibration DWL 200	Ecritures motifs critiques au bord des masques Mesures et observations	1 fois par semestre	<a href="http://lims.laas.fr/WebForms/Equipment/EquipmentView.aspx?toolId=183">http://lims.laas.fr/WebForms/Equipment/EquipmentView.aspx?toolId=183</a>
Alignement laser DWL 200	Alignement du laser Réglage machine	1 fois tous les 2 ans	<a href="http://lims.laas.fr/WebForms/Equipment/EquipmentView.aspx?toolId=183">http://lims.laas.fr/WebForms/Equipment/EquipmentView.aspx?toolId=183</a>

### Qui vont être mises en place

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence	Où trouver les résultats
Calibration Dilase 750	Ecritures motifs critiques Mesures et observations	1 fois par semestre	<a href="http://lims.laas.fr/WebForms/Equipment/EquipmentView.aspx?toolId=184">http://lims.laas.fr/WebForms/Equipment/EquipmentView.aspx?toolId=184</a>

## Nanolithographies

### Existantes

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence	Où trouver les résultats
<b>Insolation de nanostructures par lithographie électronique</b>	Insolations par les utilisateurs		Courriels et informations entre utilisateurs
<b>Qualification procédés de nano-impression</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Nano-impressions par les utilisateurs</li> <li>Duplication de nanostructures dans un film de COP ou COC</li> <li>Duplication de nanostructures à l'aide du test précédent sur du silicium et dans la résine NILUV-135</li> </ol>	1 fois par an, à la demande d'un utilisateur ou en cas de problème	
<b>Déterminer quand la lampe UV doit être changée</b>	mesure de l'émission de la lampe UV	Mensuelle	
<b>Qualification de la résolution en lithographie électronique</b>	Insolation générique sur PMMA (20kV – diaphragme 20um – 7mm de distance de travail) : test de résolution et test de raccordement des champs	1 fois par an, à la demande d'un utilisateur, en cas de problème ou suite à un arrêt prolongé de la machine	Myfab (courriel + résultats sur \\Stockholm)

### Qui vont être mises en place

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence	Où trouver les résultats
<b>Optimiser le développement du travail collaboratif</b>	Organisation de réunions des utilisateurs afin d'avoir un retour détaillé par rapport aux problèmes qu'ils rencontrent et ainsi réduire leur délai de prise en compte, un meilleur suivi et une meilleure distribution des connaissances.	1/an	Myfab (courriel aux utilisateurs)
<b>Qualification de la résolution en lithographie électronique</b>	Insolation générique sur PMMA (20kV – diaphragme 20um – 7mm de distance de travail) : test de résolution, test de raccordement des champs et test de fonctionnement des modules d'insolation en continu	1 fois par an, à la demande d'un utilisateur, en cas de problème ou suite à un arrêt prolongé de la machine	Myfab

## Photolithographie

### Existantes

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence	Où trouver les résultats
<p><b>Qualification des procédés de photolithographie les plus courants :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ECI 1.1µm stepper</li> <li>• ECI 1.1µm MA150</li> <li>• NLOF 5µm</li> <li>• AZ40XT 40µm</li> <li>• SU8 100µm / DF 100µm</li> </ul>	Réalisation des procédés	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 fois tous les 2 mois: Conformité procédé, épaisseur et résolution</li> <li>• 1 fois / trimestre : observations profils au SEM</li> </ul>	Disponibles sur LIMS « Qualification des procédés photolithographie » <a href="https://lms.laas.fr/WebForms/ToolDocuments/ToolDocumentList.aspx">https://lms.laas.fr/WebForms/ToolDocuments/ToolDocumentList.aspx</a>
<p><b>Qualification procédés HMDS</b></p>	Réalisation des procédés	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 fois / an : Mesure des angles de contact</li> </ul>	Disponibles sur LIMS <a href="https://lms.laas.fr/WebForms/Equipment/User/ToolHistory.aspx">https://lms.laas.fr/WebForms/Equipment/User/ToolHistory.aspx</a>
<p><b>Qualifications équipements :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Machines d'alignement</li> </ul>	Vérification machine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 fois par mois : Contrôle intensité lumineuse, homogénéité, changement lampe si nécessaire</li> </ul>	Disponible sur LIMS <a href="http://lms.laas.fr/WebForms/ToolDocuments/ToolDocumentList.aspx">http://lms.laas.fr/WebForms/ToolDocuments/ToolDocumentList.aspx</a>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tournettes et EVG 120</li> </ul>	Vérification machine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 fois / an : Vérification vitesse de rotation</li> </ul>	Disponibles sur LIMS (À partir de 2019) <a href="https://lms.laas.fr/WebForms/Equipment/User/ToolHistory.aspx">https://lms.laas.fr/WebForms/Equipment/User/ToolHistory.aspx</a>
<p><b>Vérif. installations / zone :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• paillasses</li> </ul>	Vérification des débits d'extraction	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 fois / an : Vérification des débits et flux laminaire</li> </ul>	

## Support

### Existantes

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence	Où trouver les résultats
Suivi contamination particulaire	Mesure particulaire	2 fois/an (janvier/juin)	Affichage entrées
Suivi pureté 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 (et dépôts CVD)

### Existantes

Fours	Nature de l'action conduite	Fréquence	Où trouver les résultats
<b>Qualification du SiO<sub>2</sub> déposé par PECVD</b>	Dépôt de SiO <sub>2</sub> par PECVD dans l'ICPECVD	Tous les mois	MyFab LIMS (PECVD ApSy)
<b>Qualification de l'épaisseur d'oxyde thermique</b>	1. Oxydations thermiques sèches et humides de 25 plaquettes par tube 2. Cartographie par ellipsométrie	Tous les semestres	MyFab LIMS (Oxydation)
<b>Qualification de la qualité de l'oxyde thermique</b>	1. Nettoyage RCA sur 25 plaquettes 2. Oxydations thermiques de 4 nm, 55 nm et 100 nm dans chaque tube 3. Caractérisations C(V) sur les plaquettes	Tous les semestres	

Implanteur ionique	Nature de l'action conduite	Fréquence	Où trouver les résultats
<b>Qualification de L'homogénéité d'implantation</b>	1. Cartographie de la résistivité d'un substrat 4" et d'un substrat 6" de type N 2. Oxydation thermique 100 nm 3. Implantation Bore à 50 keV et $1.10^{14}$ at.cm <sup>-2</sup> 4. Désoxydation 5. Recuit d'activation 30 min à 1000°C sous N <sub>2</sub> Cartographie de la résistivité des plaques	Annuelle	MyFab LIMS (Implanteur ionique)

### Qui vont être mises en place

Fours	Nature de l'action conduite	Fréquence	Où trouver les résultats
<b>Qualification du dépôt et du dopage du Si poly</b>	1. Dépôt de 300nm Si-poly dans le four LPCVD 2. Cartographie de l'épaisseur déposée 3. Dopage par diffusion de phosphore 4. Mesure 4 pointes de la résistivité	Tous les mois	MyFab LIMS

CVD	Nature de l'action conduite	Fréquence	Où trouver les résultats
<b>Qualification des dépôts par PECVD et ALD</b>	Dépôt de SiO <sub>2</sub> et Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> par PECVD dans les deux bâtis	Tous les mois	MyFab LIMS
<b>Mise à jour tableau des matériaux</b>	Dépôt Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 100cycles	Tous les 3 mois	(PECVD ApSy)
	Caractérisation élect, chimi, opti., phys. des matériaux	Tous les 6 mois	MyFab LIMS (ALD)

Implanteur ionique	Nature de l'action conduite	Fréquence	Où trouver les résultats
<b>Qualification du masquage des espèces Implantées (Bore et Phosphore)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cartographie de la résistivité de 8 substrat 4 pouces</li> <li>2. Oxydation thermique 40 nm sur 4 substrats</li> <li>3. Implantation Bore et Phosphore à 50 et 150 keV à 1 dose de <math>1.10^{16}</math> at.cm<sup>-3</sup></li> <li>4. Retrait de la résine</li> <li>5. Recuit d'activation 30 min à 1000°C sous N<sub>2</sub></li> <li>6. Désoxydation</li> <li>7. Cartographie de la résistivité des plaquettes</li> </ol>	Annuelle	MyFab LIMS (Implanteur ionique)

## 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.

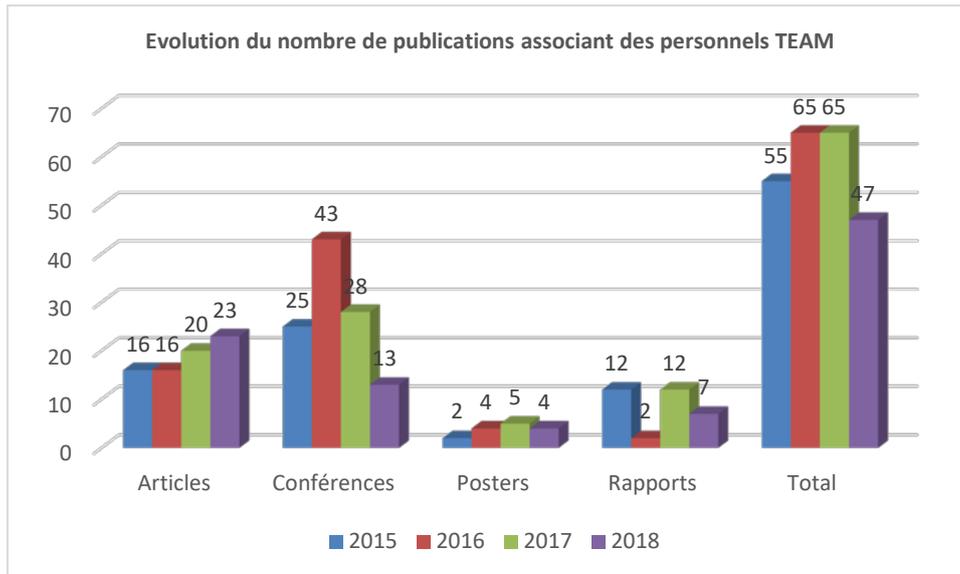
### Publications 2018

Elles s'élèvent au nombre de 48

- Articles : 23
- Conférences : 13
- Posters : 4
- Rapports (dont techniques) : 7 (7)

### Evolution pluriannuelle

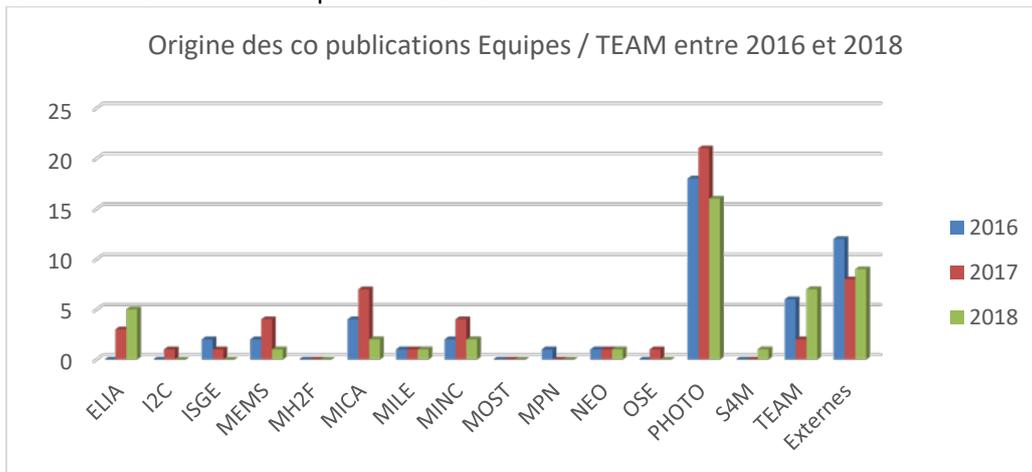
Pour les 4 dernières années elle est représentée sur la figure suivante



On peut voir un fléchissement en 2018, 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.



### 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 salles blanches.

Le service TEAM peut également améliorer ces actions. 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

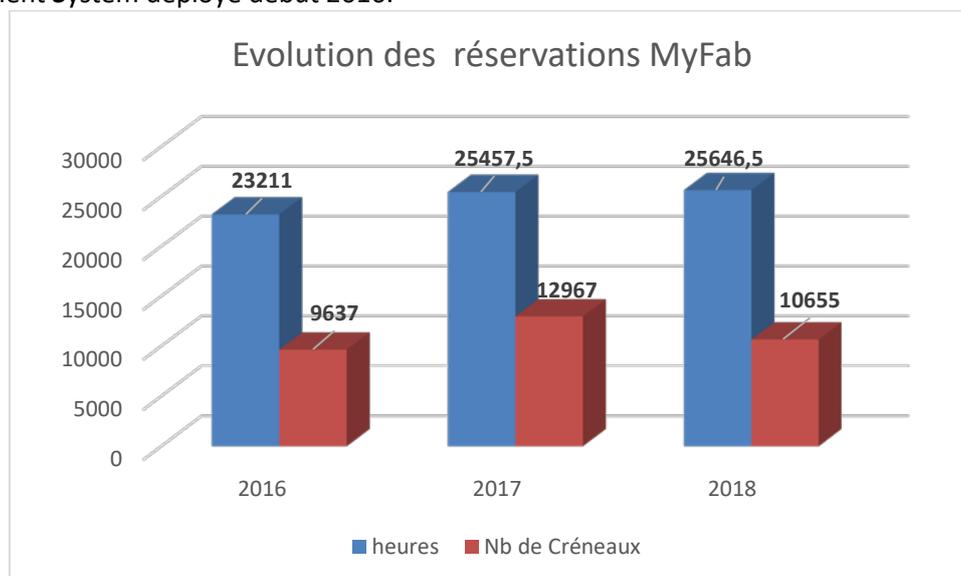
### Organisation générale des zones

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.



### **Stabilité globale de l'activité**

En première analyse on peut clairement indiquer une stabilité de l'activité globale de la plateforme. Une analyse un peu plus poussée permet néanmoins de souligner quelques points

Les chiffres moindres en 2016 s'expliquent par le fait que MyFab n'est entré en service qu'au courant du mois de février 2016. Une extrapolation sur 12 mois nous ramènerait à des chiffres proches de ceux de 2017

### **Meilleur suivi des réservations**

Si les chiffres 2018 et 2017 sont proches il ne faut pas oublier que la salle blanche est restée fermée près de 3 mois en 2018. On peut donc supposer que des réservations sur 12 mois et non 9.5 nous auraient conduit à des chiffres supérieurs en 2018. Ce que confirment les premiers chiffres 2019 disponibles à la mi-mars.

A notre sens cette augmentation ne traduit pas une croissance de l'activité mais une acceptation accrue de l'utilisation de MyFab.

Les efforts de sensibilisation des utilisateurs sur les enjeux représentés par l'utilisation aussi exhaustive que possible de l'application semblent commencer à porter leurs fruits. Il nous paraît nécessaire de poursuivre cet effort pédagogique. Ce d'autant plus qu'une utilisation toujours plus exhaustive nous permettra à terme de simplifier l'organisation en permettant par exemple 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 disposerait des informations qui lui sont utiles.

## **ORGANISATION ET BILAN DES ZONES**

### **Assemblage**

#### *Personnel*

- Charlot Samuel (IE) : responsable de zone

David Colin était en 2017 à 50% en zone d'assemblage et l'autre partie de son temps en zone lithographie laser. Depuis l'année 2018, il est à 100% en zone lithographie laser. La zone d'assemble comprenant la partie montage de composant ainsi que la partie intégration en salle blanche ne compte désormais qu'un permanent pour assurer toutes les actions de réalisation, développements, formations, maintenances et administratives. Un personnel CDD sur fonds propres du laboratoire sera disponible pour un an à compter d'avril ou mai 2019.

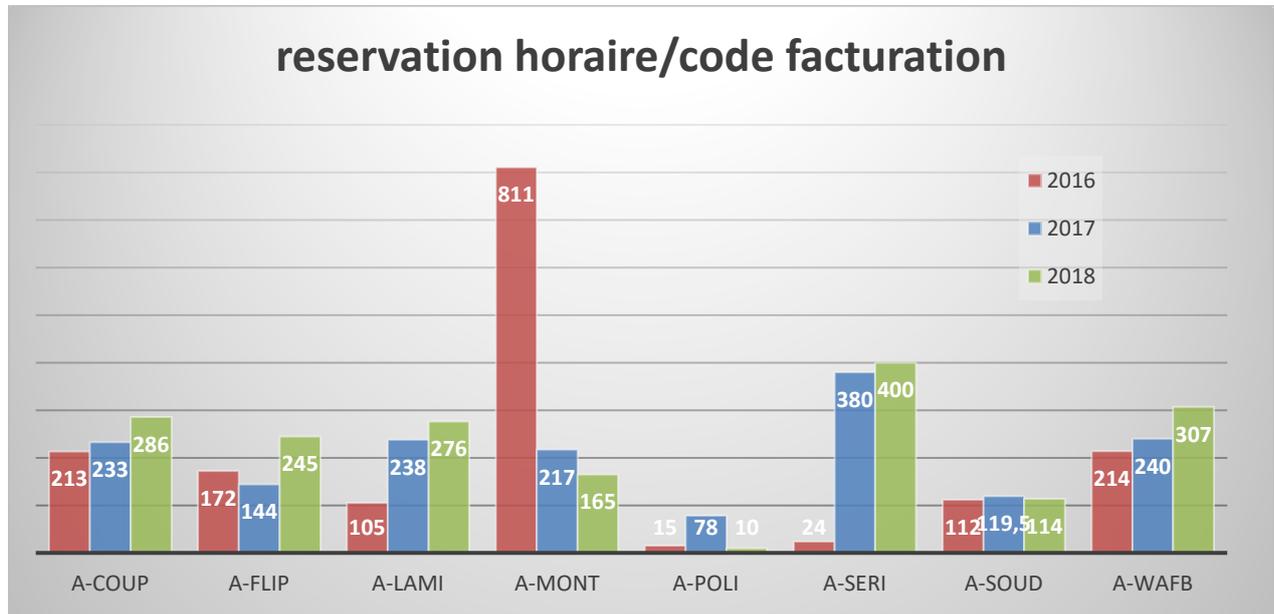
#### *Gestion des activités*

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. Nous rappelons qu'aucune opération ne sera menée sans l'interaction directe entre le demandeur et l'intervenant. De plus, aucune opération ne sera menée sans l'enregistrement de celle-ci au préalable dans la fiche de process.

Certains équipements sont en libre-service pour un nombre de personnes limité. Cela se fera peut-être de plus en plus en fonction des besoins et des disponibilités des personnels encadrants avec les problèmes que cela peut créer.

## Bilan

### Evolution au cours des années



On note dans l'ensemble une stabilisation de l'activité générale avec environs 1800 heures de réservation à l'année.

Pour les opérations classiques d'assemblage, on note une stabilité dans les opérations de montage avec une légère augmentation des découpes.

En ce qui concerne les activités liées à l'intégration, elles fluctuent suivant les années suivant les projets. On note cependant une hausse des réservations horaires des lamineurs qui peut être due aux opérations nécessitant une température haute et donc un temps de réservation plus long.

En ce qui concerne l'activité de sérigraphie, les chiffres élevés sont dus à la réservation sur des créneaux horaires très longs de la plaque chauffante à 300°C.

## Caractérisation

### Personnel

- Benjamin Reig (IR) : responsable de zone
- Emmanuelle Daran (IR) : aide technique + formation AFM
- Fabien Mesnilgrete (AI) : aide technique + formation Confocal et digidrop + soutien zone
- Andréa Nicollet va également s'impliquer sur la zone caractérisation à partir de janvier 2019 avec une action de soutien sur la zone.

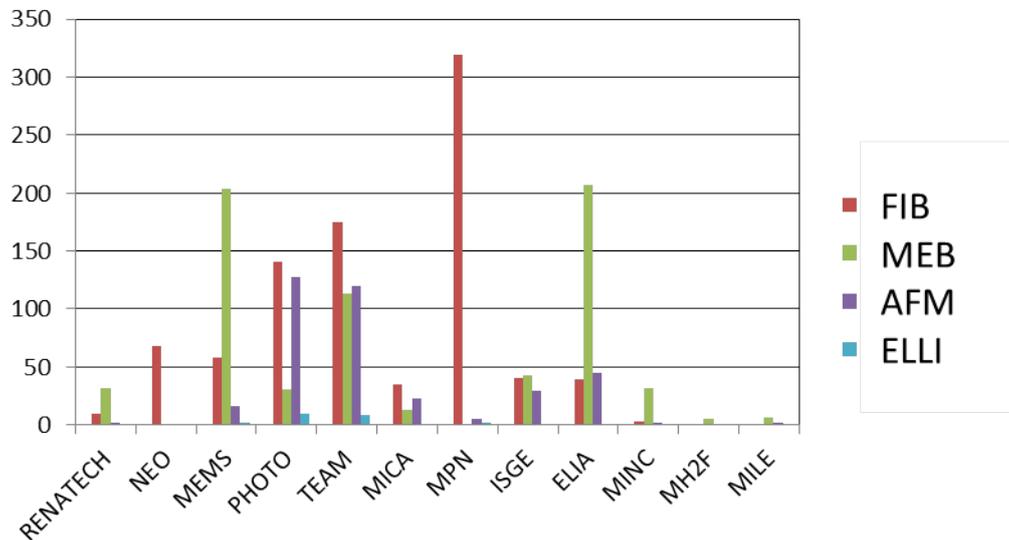
### Gestion des activités

Passage obligatoire des utilisateurs pour entrer en salle blanche avec une présentation hybride (dématérialisée et en présentiel) de la zone et une formation pratique sur le profilomètre mécanique. Zone en libre-service après formation pour tous les appareils de caractérisation et réservation obligatoire dépendant des machines.

## Bilan

### Par équipement

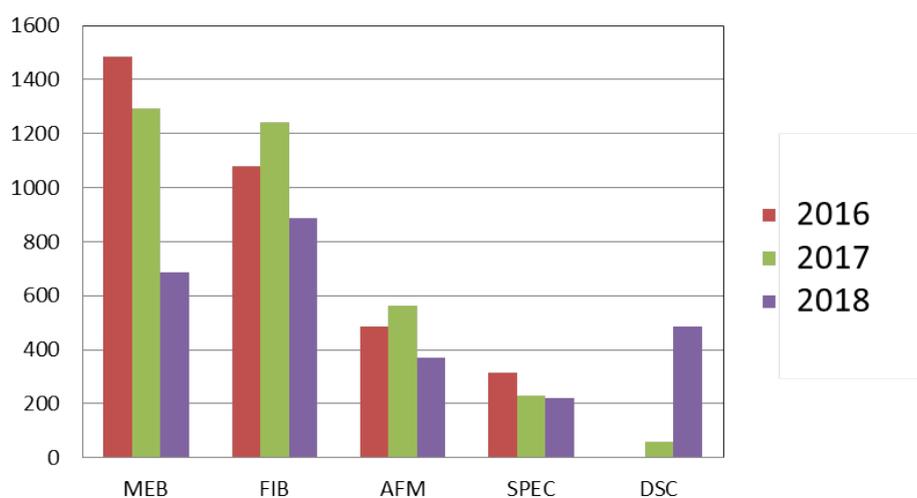
#### Nombre d'heure d'utilisation des équipements de caractérisation par équipe



Le FIB Hélios est l'équipement le plus utilisé, le groupe MPN en est l'utilisateur le plus important car ils sont spécialisés dans les structures de faibles dimensions et ils ont besoin d'analyses fines (préparations pour l'analyse TEM, observations de défauts sur nanofils). Aujourd'hui l'occupation du FIB est encore acceptable mais si d'autres projets ont des nécessités de l'utiliser, l'acquisition d'un autre MEB HR sera nécessaire. Le faible taux d'utilisation de l'ellipsomètre ne reflète pas la réalité car il est utilisé quotidiennement, de nombreuses personnes ne doivent pas se noter sur LIMS car ne l'utilisant que des temps assez courts (~5 minutes par mesure).

### Evolution au cours des années

#### Evolution du nombre d'heure d'utilisation des moyens de caractérisation par année



On remarque une baisse assez évidente en 2018, cela vient principalement de l'arrêt de la salle blanche pendant 3 mois. Pour la colonne MEB il faut aussi prendre en compte l'arrêt du pompage pour maintenance sur le MEB S-3700N. Il est par contre très important de noter que ces chiffres ne reflètent

que les utilisations des équipements « réservables » et que la zone compte beaucoup d'appareils d'utilisation de courte durée non reportée ici.

## Chimie

### Personnel

- Doucet Jean-Baptiste : responsable de zone
- Après la réaffectation de Nathalie Lauber à l'UPS à 100 % et donc son départ de la zone chimie en septembre 2017 il n'y a plus eu qu'une personne pour assurer le fonctionnement de la zone chimie en 218. A compter du 1<sup>er</sup> mars 2019 un AI CDD est affecté à 50% en chimie et 50% en électrochimie. Cette solution n'est pas complètement satisfaisante pour chacune des deux zones, mais elle apporte une partie du soutien nécessaire.

### Gestion des activités

Zone en libre-service après formation.

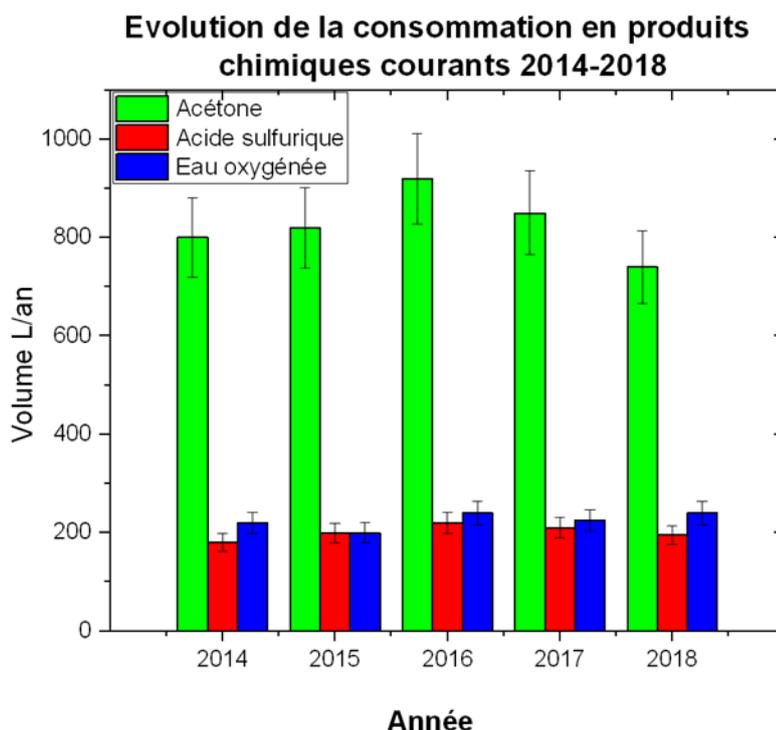
### Bilan

#### Par équipement

Les équipements de la zone chimie sont en libre accès après formation. Ils sont d'utilisation généralement nombreuses et sur des temps généralement limités, et la facturation de l'utilisation des produits chimiques et des équipements de la zone chimie se fait sous le code des frais généraux F-FRAIS. Une conséquence de ces faits est que les équipements de la zone sont peut réservés (même s'ils sont beaucoup utilisés) et il est donc difficile de cartographier leur utilisation...

#### Evolution au cours des années

Si la réservation des équipements n'est pas révélatrice du bilan d'utilisation de la zone il apparaît que l'analyse de l'évolution des consommations de produits chimiques « courants » donne une image plus fidèle.



La consommation en produits chimiques courant est relativement stable, un possible tassement de la consommation en acétone peut sans doute être attribué à la période de fermeture de la salle blanche.

## Dépôts sous vide

### Personnel

- Salvagnac Ludovic(IE) : responsable de zone
- Libaude Guillaume (AI)

### Gestion des activités

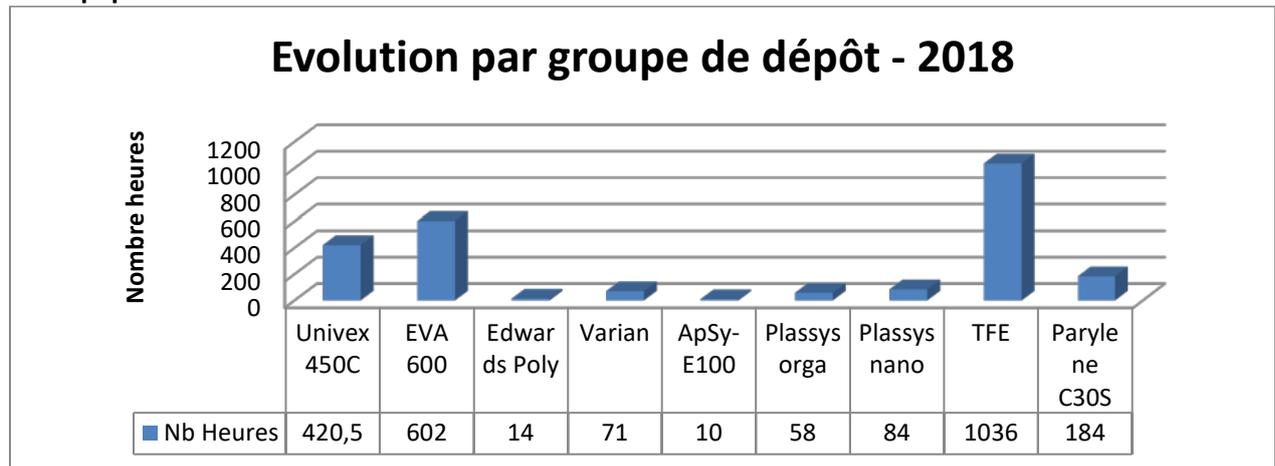
La gestion des équipements se fait grâce aux plannings. L'inscription sur ces plannings se fait en salle blanche et en concertation entre les demandeurs et les référents afin d'organiser au mieux l'activité.

- Regroupement des dépôts identiques (réduction des coûts)
- Optimisation des techniques (évaporation ou pulvérisations)
- Optimisation des matériaux
- Optimisation des épaisseurs

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

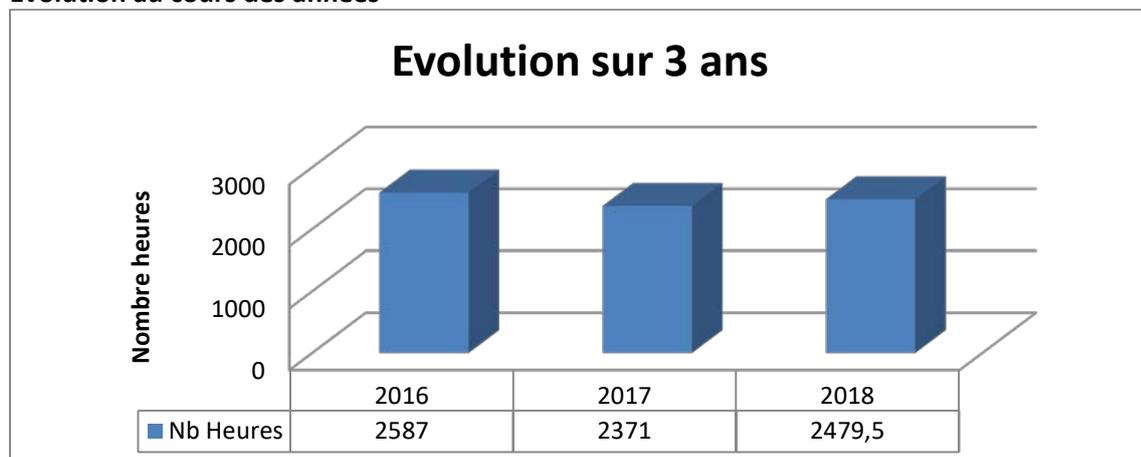
### Bilan

#### Par équipement



Hors bâti TFE qui est consacré au projet Thermie l'équipement les plus utilisés restent l'EVA 600 et le cluster Univex 450C. Les autres équipements sont plutôt réservés à des filières « spécifiques » impliquant peu de projets. Ils n'en restent pas moins nécessaires pour permettre l'existence de ces filières scientifiques.

#### Evolution au cours des années



L'activité se stabilise. 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 thermies.

## Electrochimie

### Personnel 2018

David Bourrier IE HC : responsable de zone

En 2018 toute la charge de travail est supportée par une seule personne au lieu de deux. Des choix ont été faits, limitant le nombre de développements dans la zone, le nombre de participation sur des projets ne relevant pas forcément de la zone électrochimie (projets RENATECH), l'implication sur de nouveaux projets internes, ou encore dans le cadre des diverses cellules impliquées sur des actions d'IG. Le manque de temps n'a pas permis de réaliser toutes les analyses nécessaires au bon comportement de la chimie des bains. Cela s'est répercuté par des résultats moins constants que la normale et plus de dépôts hors spécifications.

### Personnel 2019 :

A partir du 5 mars 2019 un Assistant ingénieur CDD sera présent pour une période d'un an. Il sera affecté à 50 % en électrochimie et à 50 % dans la zone chimie.

Avec le support de D. BOURRIER, ses missions dans la zone électrochimie seront :

- Toutes les analyses courantes et la mise au point des nouvelles analyses afin de maintenir l'équilibre chimique des bains et la qualité des dépôts effectués.
- Réaliser les wafers de calibrations des bains.
- Les dépôts ne nécessitant pas de mise au point.
- Support aux utilisateurs de la zone.
- Soutien aux développements de nouveaux procédés.

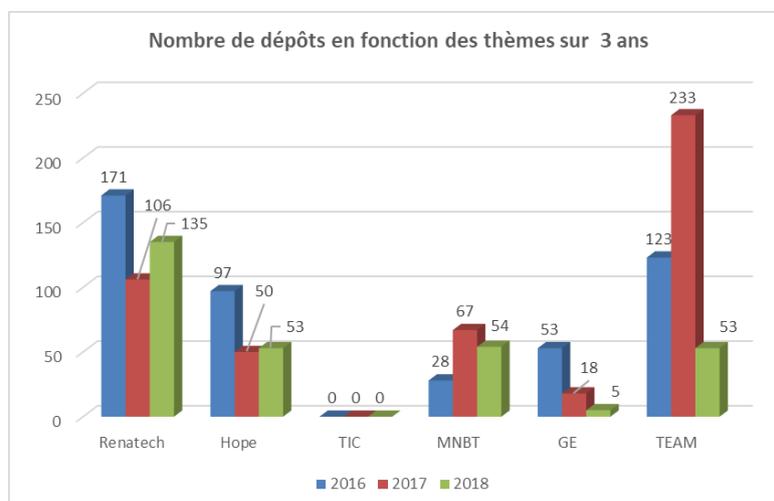
### Gestion des activités

La particularité de l'électrochimie fait que chaque dépôt est unique ou presque. C'est pour cela que la demande dépôt doit se faire bien en amont et directement auprès des membres de la zone. Afin de proposer les meilleures réponses en terme de qualité de dépôt (masque 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.

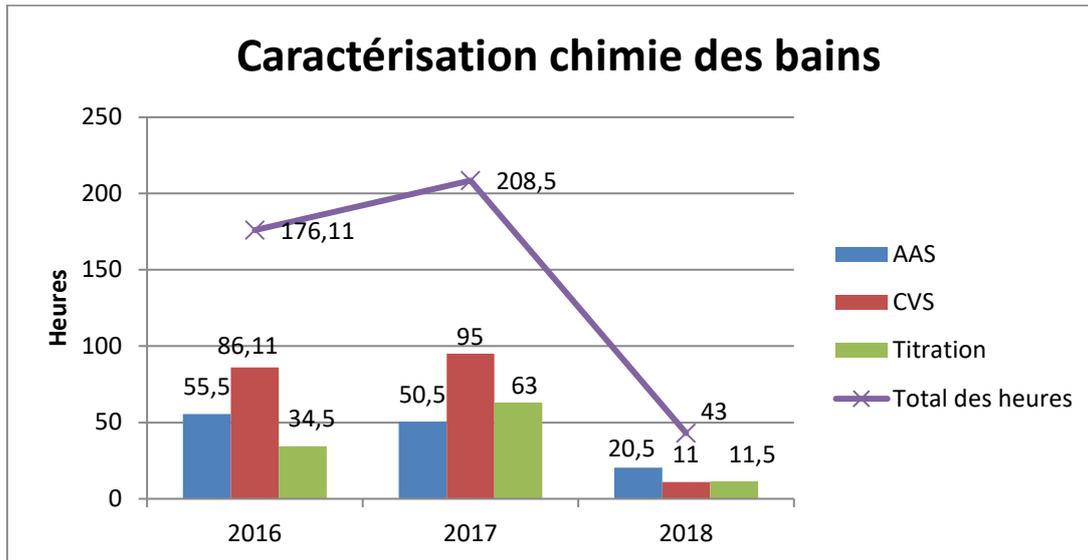
## Bilan

### Par thème



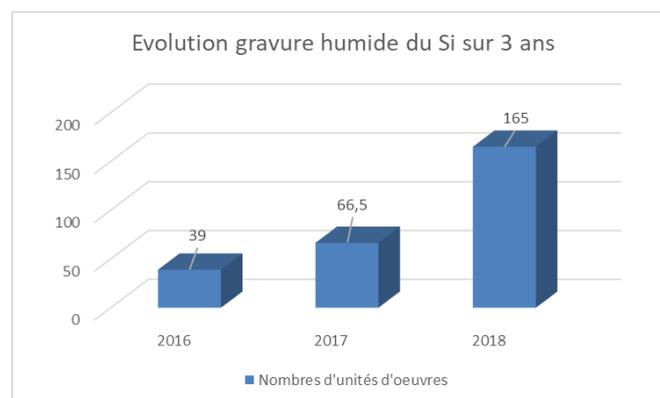
Cette année l'électrochimie a été sollicitée par quasiment tous les départements du LAAS et 7 projets Renatech. Il y a eu très peu de dépôts de développement & calibration effectués par TEAM : 53 dépôts vs 233 l'année passée. Ce qui s'explique par la mise en routine des développements de 2017 mais aussi par le manque de temps pour travailler sur de nouveaux développements du fait qu'il y ait un seul permanent dans la zone au lieu de deux.

### Caractérisation chimique des bains



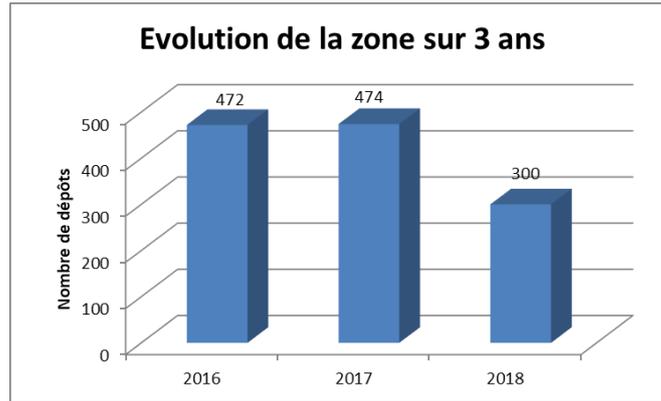
Pour garantir la bonne qualité des dépôts les analyses chimiques sont indispensables. Jusqu'à l'année 2017 on voit qu'il y a un suivi hebdomadaire des bains. En 2018 on voit que le temps passé à faire ces analyses a drastiquement chuté. Ceci est dû à la présence d'un seul permanent dans la zone au lieu de deux personnes. Ce choix de diminuer les analyses pour répondre aux demandes s'est soldé par de plus nombreux dépôts de moins bonne qualité et surtout détecté sur les wafers utilisateurs plutôt qu'être anticipé grâce aux analyses ou aux dépôts de calibration.

### Gravure humide du silicium



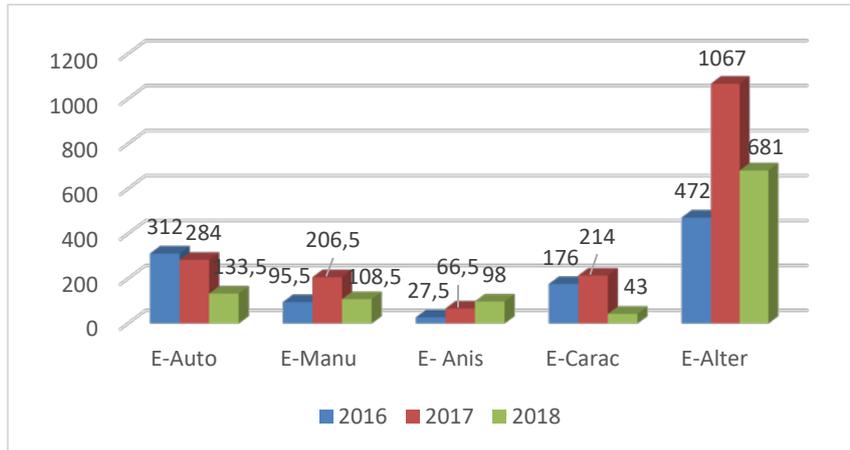
Le nombre de gravures humides a augmenté en 2018. Il y a eu plus de demandeurs cette année. Cette ressource devrait être plus utilisée en 2019 grâce aux nouveaux développements sur le Nickel qui nécessitent la dissolution du Si totale pour libérer les structures.

### Evolution au cours des 3 dernières années



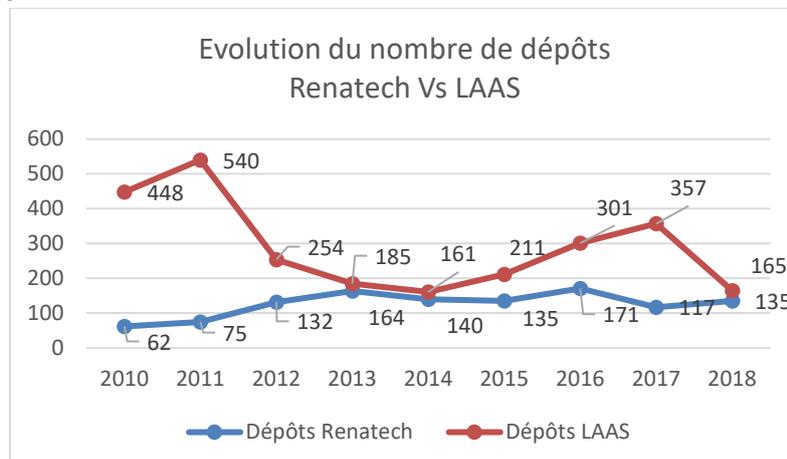
Si on extrapole par le nombre de dépôts en comptant les 3 mois d'arrêt de la salle blanche le nombre de dépôt est quasi identique à l'année passée. Par contre le nombre de dépôts utilisateurs a nettement augmenté. Comme dit précédemment le nombre de dépôt lié aux développements et calibration réalisés par TEAM ayant fortement diminué.

### Par code de facturation



Cette année nous avons créé un nouveau code E-Alter, qui permet de recenser l'utilisation de la zone pour les expériences chercheurs ainsi que l'utilisation des paillasse dédiées aux développements et aux stripping des résines épaisses. Se sont très souvent des manip longues ce qui explique un taux d'utilisation importante.

### Renatech Vs LAAS



Le nombre de dépôts réalisés pour les projets Renatech est en légère hausse en 2018. L'électrochimie devrait être une ressource fortement demandée en 2019 déjà plusieurs demandes RENACTECH avec de nombreux wafers sont enregistrées. 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 forte épaisseurs.

## **Epitaxie par jets moléculaires**

### **Personnel**

- Arnoult Alexandre(IR1) : responsable de zone
- Quentin Gravelier (AI)

Quentin Gravelier (AI), formé par G. Lacoste, A. Arnoult et C. Fontaine aux premières bases des techniques de l'ultra vide et de l'épitaxie a réussi le concours AI BAP B. Il intègre donc un poste de permanent dans le laboratoire, qui lui permet de poursuivre le travail qu'il mène depuis déjà 3 ans au sein de la zone. La formation de Quentin auprès de Guy Lacoste, avant son départ à la retraite, lui permet de poursuivre au mieux les missions de Guy au sein de la zone EJM.

### **Gestion des activités**

#### **Alexandre Arnoult assure**

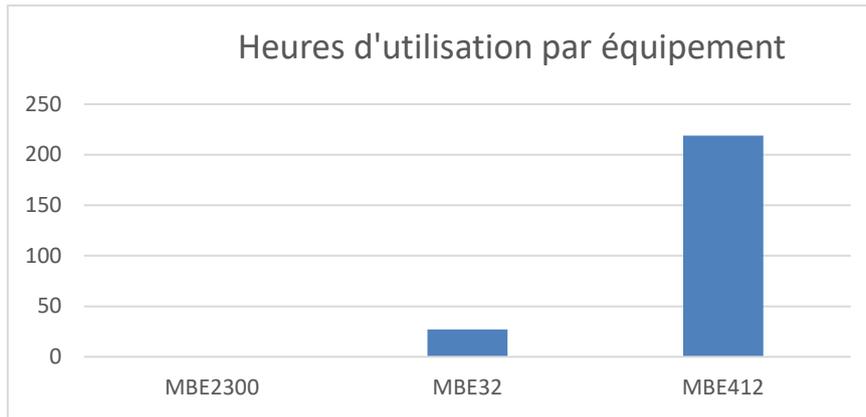
- Les croissances épitaxiales pour les groupes PHOTO et MICA, et les demandes Renatech
- La formation le cas échéant à l'utilisation du MBE412 (formation de C. Cornille, D. Sadek, doctorants, en 2018).
- La formation au projet de la zone d'épitaxie par jets moléculaires de Quentin Gravelier (AI)
- La maintenance des bâtis d'épitaxie et de leurs chambres ultravide annexes (ouvertures)
- La gestion du diffractomètre de rayons X (formation, mesures pour les groupes PHOTO, MICA, MPN, NEO, le CEMES, l'INSA-T, l'EPFL).
- Le développement de nouveaux outils de diagnostic in-situ de la croissance (développement des outils de mesure et de leur logiciel de pilotage) dans le but de fiabiliser le procédé.
- La communication sur le développement de nouveaux matériaux (Bismures, avec C. Fontaine, DR PHOTO).
- La gestion et l'approvisionnement des substrats de GaAs du laboratoire.
- L'évolution des systèmes de croissances

#### **Quentin GRAVELIER assure**

- La gestion de l'approvisionnement des matériaux d'épitaxie.
- La gestion des commandes de la zone.
- L'organisation technique des maintenances des chambres de croissances et des chambres annexes (approvisionnement des pièces, suivi et mise en place des protocoles de sécurité)
- La maintenance du diffractomètre de rayons X.
- L'évolution technique des chambres ultravide (par ex. : mise en place d'un RGA sur le module de dégazage).
- La formation aux techniques liées à l'ultravide et à l'utilisation des bâtis d'épitaxie aux doctorants.
- La formation de C. Cornille, doctorante, aux montages des composants pour les mesures par effet Hall.
- L'assistance aux besoins de la zone (par ex : mise en place d'un banc de mesure pour étalonnage du BandiT)

### **Bilan**

#### **Par équipement**

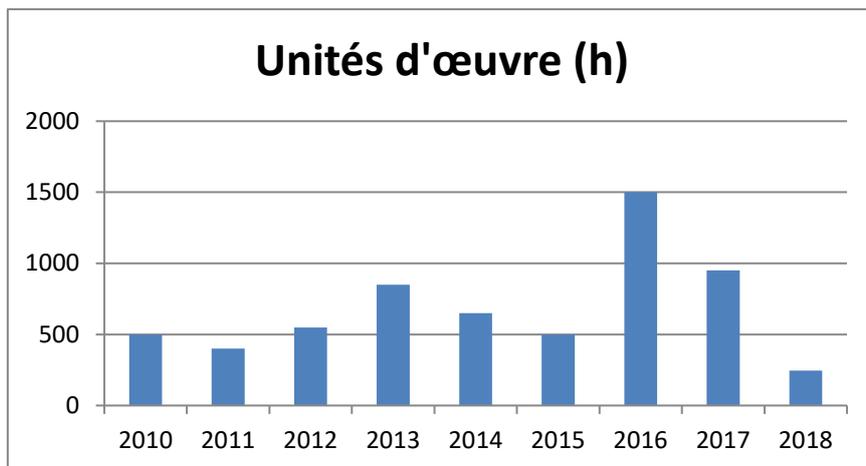


Le MBE2300 est à l'arrêt sous ultraviolet en attente de financements pour son éventuelle reconfiguration. Des projets ont été déposés afin de rénover le manipulateur et d'y installer de nouveaux matériaux.

Le MBE32 est très peu utilisé car sa géométrie particulière ne permet pas d'utiliser les derniers outils de mesures in-situ qui permettent des avancées majeures dans la compréhension de la croissance des matériaux nouveaux.

Suite à une maintenance longue en début d'année, et un arrêt de la salle blanche, le MBE412 a été relativement sous-utilisé cette année, malgré une activité quasi continue lors de ses périodes de disponibilité.

**Evolution au cours des années**



La baisse du nombre d'heures de croissances en 2018 est due à l'indisponibilité du MBE412 (intervention de maintenance en début d'année, fermeture de la salle blanche en milieu d'année).

**Gravure plasma**

*Personnel*

- Lecestre Aurélie (IR2) : responsable de zone
- Laurent Bouscayrol (AI)
  
- D'autres personnels du service TEAM et des services I2C et Logistique interviennent afin d'assurer la maintenance :
  - Fluides et extraction : A. Maiorano, T. Do Conto
  - Vide : J.C. Marrot
  - Électronique / Câblage : V. Brossa, T. Corbin

- Informatique : Sysadmin, D. Colin, F. Mesnilgrete
- Electricité : E. Tasselli

### Gestion des activités

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

Tous les équipements de la zone gravure sont gérés par Laurent Bouscayrol et Aurélie Lecestre. L'utilisation des équipements de délaquage de résine (Diener et Tepla) est **en libre, service après 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 :

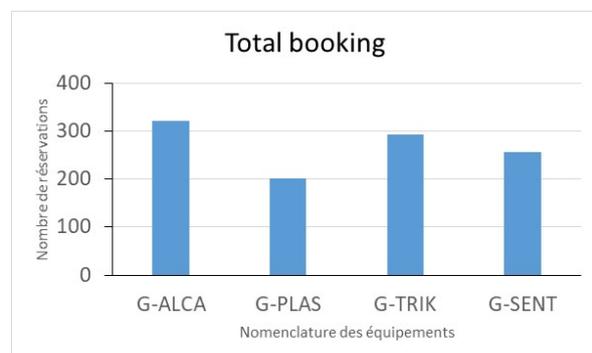
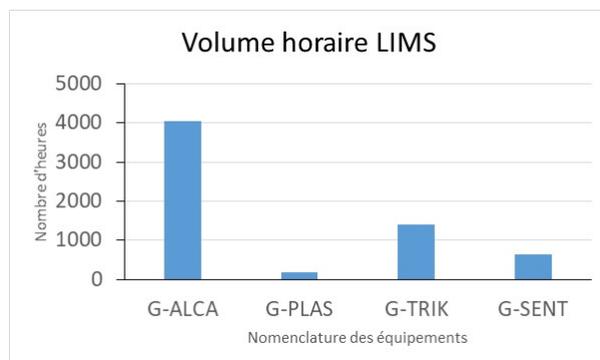
- Utilisation récurrente d'un procédé optimisé.
- Suivre la formation.
- Présenter de façon régulière les résultats de gravure aux référents de la zone gravure.

Déroulement d'une gravure :

- Demande de faisabilité auprès de Laurent et Aurélie et écrire sur la fiche numérique de suivi technologique.
- Réservation d'un créneau de gravure sur l'application en ligne, si la personne a les droits (personne formée et autonome). Sinon, la réservation de l'équipement se fait avec Aurélie ou Laurent (par mail).
- Si le demandeur est formé sur l'équipement de gravure, il fait lui-même les gravures et valide l'utilisation.
- Si le demandeur n'est pas formé, Laurent ou Aurélie effectuent les gravures.
- Remplir le tableau avec les résultats de la gravure.

### Bilan

Par équipement/nomenclature : 4 nomenclatures référencées en 2017



#### G-ALCA

L'équipement le plus utilisée est P1 :

- P1 est dédiée 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 P4 :

- P4 est dédiée à la gravure profonde du verre, mais reste moins utilisé.
- Un travail sur le développement de la gravure profonde du verre est en cours (masquage temporaire non métallique, masquage Si amorphe).

### 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

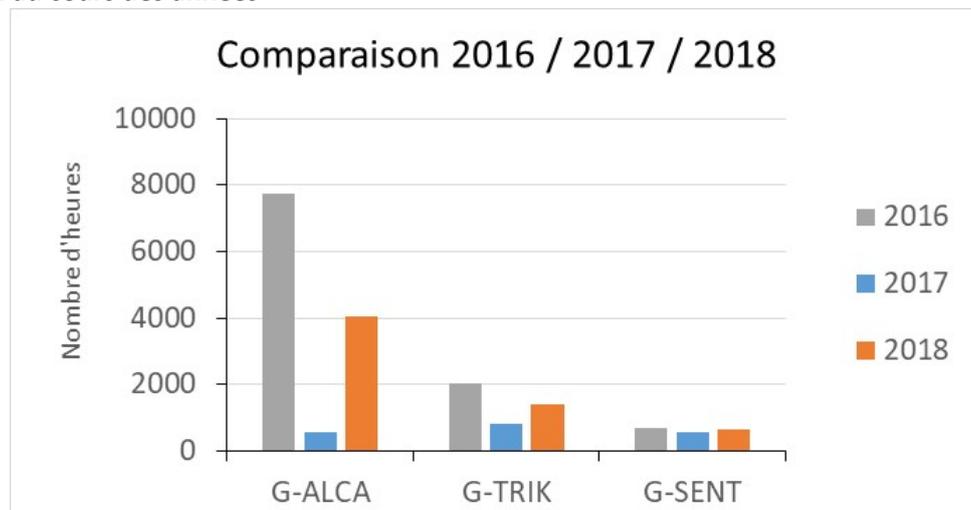
Les équipements Etchlab et SI500 :

- 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.  
Rem : très peu de personne réserve cet équipement sur LIMS. La valeur présente dans le graphe ne représente pas la réalité.
- 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.

### Evolution au cours des années



En 2018, l'activité est supérieure à celle de 2017 malgré l'arrêt de la salle blanche. Une moyenne de gravures autour de 1 300 runs est réalisée par an.

### Jet d'encre et traitements de surface

#### Personnel

- Mesnilgrete Fabien (AI) : responsable de la zone
  - Gestion du parc et des procédés jet d'encre et traitement de surface
- Conédéra Véronique (IR)
  - Développement de l'electroless

- Procédés jet d'encre CERADROP

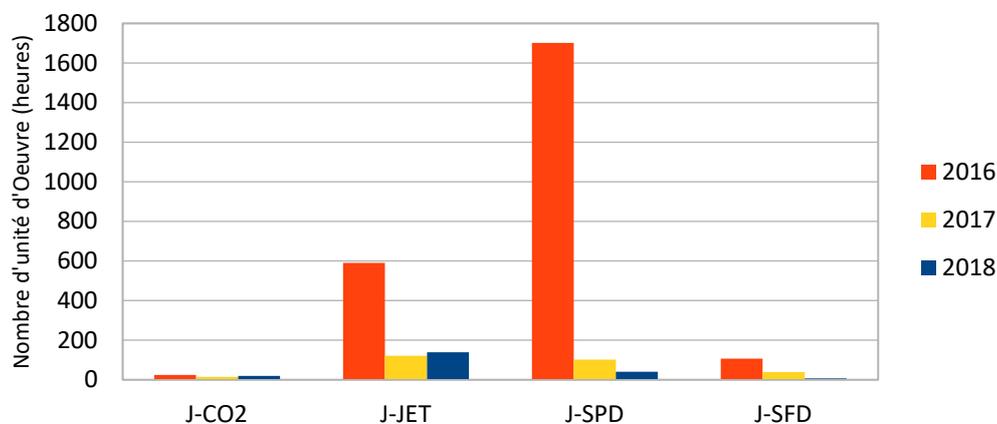
### Gestion des activités

Les demandes de traitement de surface sont gérées par Rémi Courson et Fabien Mesnilgrete. Pour les équipements UV et le SPD une formation est dispensée même pour une faible utilisation, ces équipements étant faciles à utiliser. Le SFD est un prototype, l'accès y est restreint, les formations sont dispensées dans le cas d'utilisation importante.

Les demandes de jet d'encre sont faites auprès de Fabien Mesnilgrete. L'équipement Altadrop est un prototype et son accès n'est pas ouvert. L'équipement Ceradrop nécessite une formation importante et pourra éventuellement être ouvert aux utilisateurs ayant une demande importante.

### Bilan

Utilisation des équipements par année



Le sécheur CO2 super critique Tousimis est utilisé ces dernières années uniquement pour sécher des structures très sensibles fabriquées sur le nanoscribe. Cela concerne très peu de personnes. En 2018 il a aussi servi pour un projet Renatech avec un industriel pour de la libération de Mems.

L'utilisation de la machine jet d'encre Altadrop a baissé en suivant le nombre de projets demandant un fort développement de procédé. L'arrivée de la Ceradrop a toutefois relancé l'activité jet d'encre. Le SPD a été arrêté plus de six mois le temps de faire faire les travaux pour adapter l'extraction. En 2016 de nombreuses heures portaient sur la remise en route de l'appareil suite à la pollution survenue lors de la mise en place d'une nouvelle molécule.

L'activité sur le SFD est en baisse, les procédés développés répondent à la plupart des demandes. Peu de développements ont eu lieu.

### Lithographie Laser

#### Personnel

- Pierre-François Calmon (IR1) : responsable de zone traite plus particulièrement la fabrication des réticules et l'ajustement des paramètres d'écriture des systèmes de lithographie lasers.
- David Colin (AI) est impliqué à la vérification des dessins des masques, la commande du masqueur et les traitements chimiques pour la fabrication des masques
- Rémi Courson (IR contractuel) traite plus particulièrement le développement de procédés pour la structuration 2.5D ou 3D.

### 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,
- La fonctionnalisation de surfaces par laser.

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

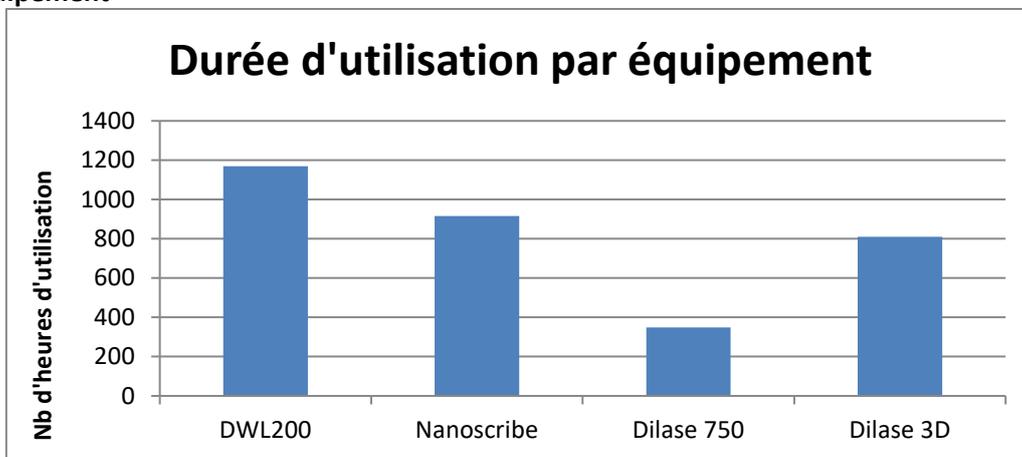
- Connaissances des procédés technologiques de la salle blanche
- Connaissances des logiciels de CAO

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

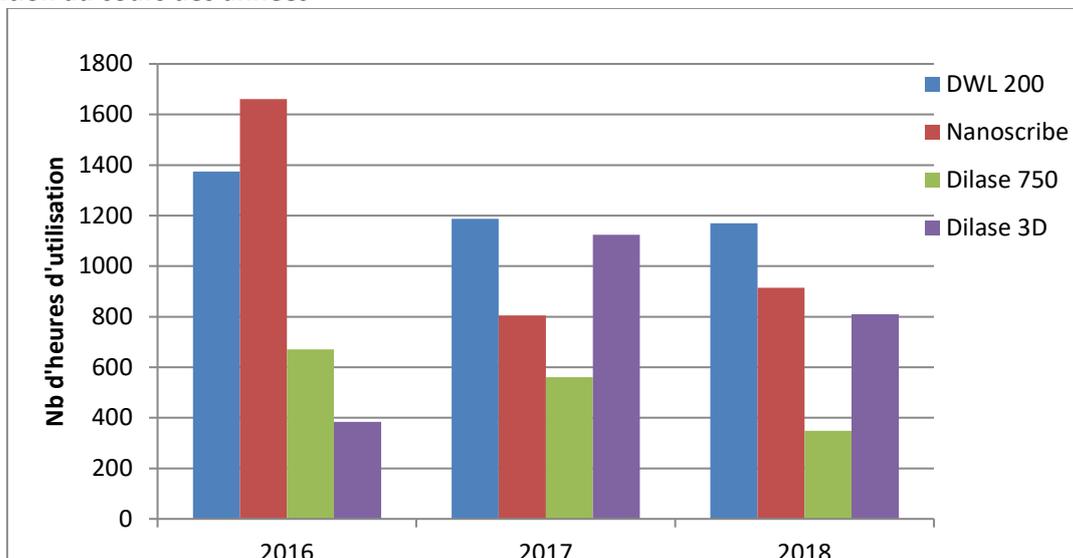
### Bilan

#### Par équipement



La fabrication des masques ou réticules pour des projets exogènes Renatech cesse de croître. Le volume de masques ou réticules destiné aux projets exogènes Renatech était de 25 % en 2015, 33% en 2016, 41 % en 2017 et 31% en 2018.

#### Evolution au cours des années



Le volume de masques ou réticules fabriqués lors des 3 dernières années reste stable avec un tiers des réalisations en réponse aux demandes exogènes du réseau Renatech.

Depuis 2016 l'équipement PP Nanoscribe est moins sollicité car le nouveau module GT permet de réduire significativement les durées d'écriture pour obtenir des structures 3D.

La Dilase 3D est régulièrement utilisé par Rémi Courson pour réaliser de nouvelles structures 3D et étudier de nouveaux matériaux.

La Dilase 750 est moins utilisée suite au départ de Lucie Séveno qui participait à de nombreux développements.

## Nanolithographies

### Personnel

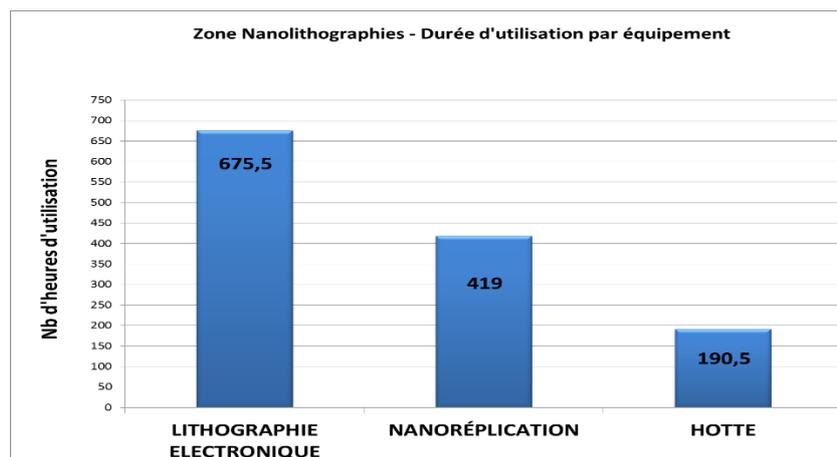
- Franck Carcenac – IR : responsable lithographie électronique - réalisation des moules de nano-impression, caractérisations MEB, mise au point de procédés formation des utilisateurs, encadrement et suivi des projets
- Emmanuelle Daran – IR : responsable nanoréplication - suivi des projets, caractérisations AFM et MEB notamment.
- Jean-Baptiste Doucet – IE : chimie de surface, nouveaux polymères, mise au point des nouveaux procédés, formation des utilisateurs, encadrement et suivi des projets, caractérisations AFM et MEB.

### Gestion des activités

- 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.
- Deux nouveaux permanents vont être formés sur la lithographie électronique dans un but de transfert de connaissance afin d'assurer la continuité des activités : Jean-Baptiste Doucet et Laurent Mazenq.

### Bilan

#### Par équipement

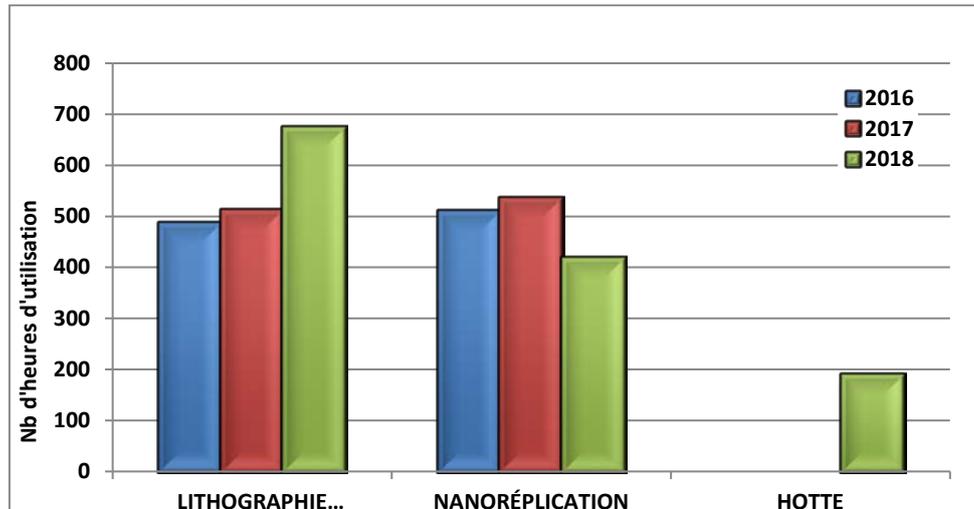


Lithographie électronique : activité en augmentation de 16%

Nano-impression : activité stable

Hotte à flux laminaire : le transfert de l'utilisation tournette/plaque chauffante de la zone photolithographie vers la zone nanolithographies s'est bien passé. Le nombre d'heures d'utilisation montre que l'analyse du besoin de cet équipement spécifique était pertinente.

## Évolution au cours des années



Le nombre d'heures d'utilisation s'est stabilisé pour la partie nano-impression. L'activité de la lithographie électronique semble augmenter et devrait se confirmer avec l'utilisation plus importante des nouveaux modules pour l'insolation de grandes surfaces ainsi que le démarrage de nouveaux projets et l'arrivée de nouveaux doctorants.

## Photolithographie

### Personnel

- Laurent Mazenq (IE) responsable de zone,
- Adrian Laborde (AI),
- Julien Joneau (Ingénieur en apprentissage).

### Gestion des activités

Les équipements de la zone photolithographie sont en **libre-service après formation**.

Les réservations des équipements se font au moyen de l'outil de réservation en ligne LIMS.

Les 3 membres de la zone suivent l'ensemble des actions. Un « point photolithographie » est tenu 2 fois par mois. La répartition des activités est la suivante :

### Formation :

Adrian L. est en charge des formations des nouveaux entrants.

Les 3 personnes de la zone s'organisent afin d'assurer, dans la mesure du possible, une présence sur la zone pour le support aux utilisateurs.

### Développements des procédés :

Laurent M. et Adrian L. assurent :

- Le suivi des procédés.
- Le développement de nouveaux procédés (nouvelles résines, procédés spécifiques, etc.).

Julien J. assure les qualifications des procédés et le développement des procédés à base de copolymères à blocs en partenariat avec la société Arkema.

### Maintenance équipements :

Adrian L. et Laurent M. organisent :

- La maintenance préventive (vérification des lampes UV, niveau HMDS).
- Les réparations de premier niveau.
- Le suivi des interventions des équipementiers.

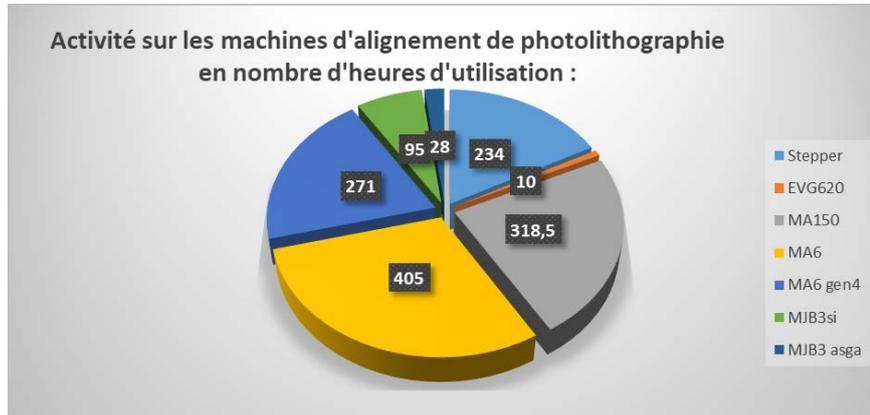
### Gestion des ressources :

Adrian L. et Laurent M. sont en charge de la gestion organisationnelle (bilans d'activité, budgets, qualité, sécurité),

- Adrian L. gère le stock des substrats.
- Laurent M. suit les consommables résines et développeurs.

### Bilan

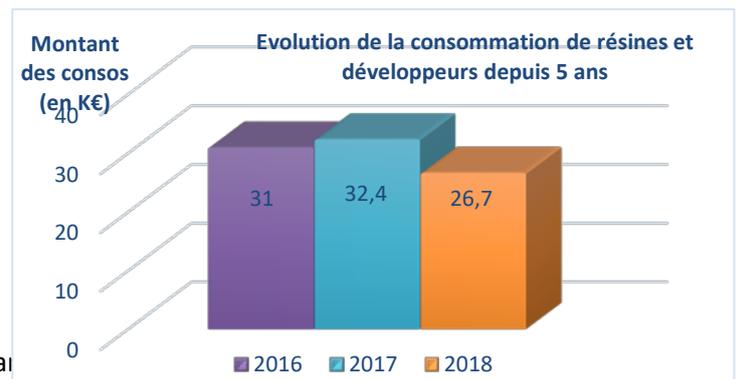
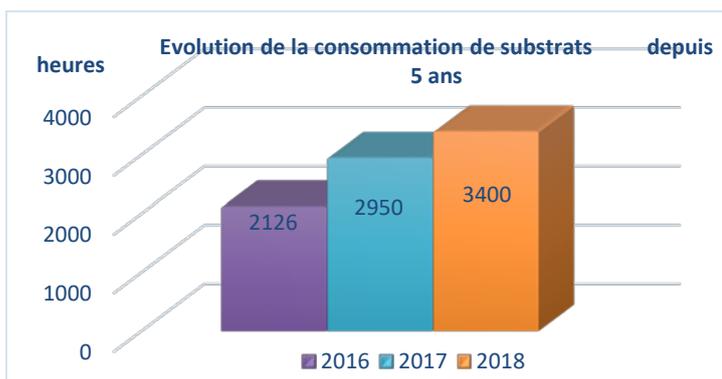
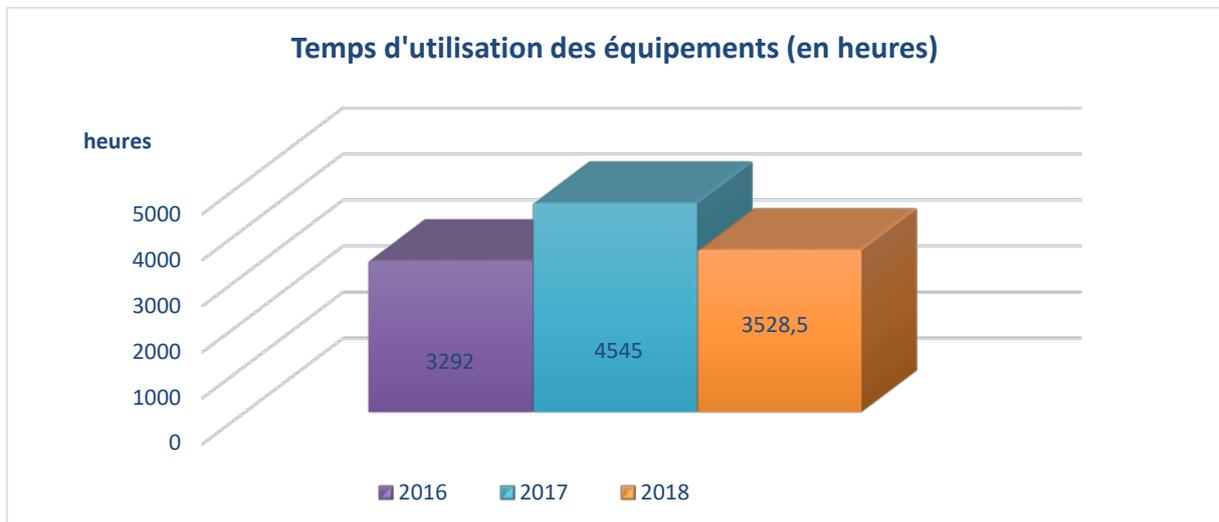
#### Par équipements



Répartition des heures d'utilisation par équipements :

- Temps total d'utilisation des machines d'alignement en 2018 : **1361.5 heures, 3528.5h** sur tous les équipements), **-8.6%** par rapport à 2017 (1490h, 1329h en 2016).
- L'équipement le plus utilisé en 2018 est le système de dépôt et développement automatique **EVG120 (449h)**.

#### Evolution au cours des années



La salle blanche a fermé quasiment 3 mois cette année. Cette fermeture annoncée a engendré une activité plus faible que l'an dernier.

On observe une tendance à la hausse de l'achat de substrats ces dernières années : cela est dû à une augmentation du stock prévisionnel pour éviter les problèmes d'approvisionnement.

La consommation de résines et développeurs réduit en raison de commandes échelonnées pour réduire les pertes de produits.

D'autre part, le transfert des procédés résines SU8 vers les films secs explique également cette réduction progressive.

## Soutien

### Personnel

- Granier Hugues (IRHC) : responsable de zone
- Monique Dilhan (IRHC)
- Luque Vinciane (TCN) : départ au 1<sup>er</sup> janvier 2019
- Caroline Uhlmann Malé : assistante administrative du service départ en juillet 2018

### 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 (V. Luque en 2018 – cellule formation en 2019) 52 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.

La nouvelle procédure en place en 2019 est abordée dans le chapitre sur la formation

#### **Stock salle blanche (V. Luque en 2018 – les zones concernées en 2019) 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 va être abandonné du fait du départ de V. Luque.

Nous jugerons au cours de l'année 2019 de notre capacité à continuer de proposer ce service

#### **Tenues salle blanche (V. Luque en 2018 – 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) 127 fiches internes + 52 fiches externes**

Les fiches de process sont un élément essentiel de la procédure de facturation. De plus elles constituent une sorte de cahier de laboratoire simplifié qui doit permettre le cas échéant de retracer l'origine d'un problème, ou de formaliser un processus réalisé avec succès

La séquence de gestion des fiches de process est la suivante :

- réception par e-mail de la demande de fiche faite à l'adresse <https://www.laas.fr/formulaires/ficheprocede>.
- Attribution d'un numéro chronologique par équipe
- Création de la fiche dans le répertoire partagé \\PONGO\Fiches\_Process\_Numeriques : remplissage de la partie administrative après avoir vérifié l'exactitude des renseignements fournis, et enfin e-mail pour informer les personnes que la fiche est accessible.
- Chaque étape ou opération réalisée en salle blanche est codifiée, ces étapes et codes sont reportés sur la fiche process
- La facturation intervient soit
  - À la demande du responsable du projet
  - Soit à la demande du service TEAM :
- Nous récupérons la fiche sur \\PONGO\Fiches\_Process\_Numeriques, après s'être assuré qu'elle corresponde bien à la fiche qu'utilise la personne et la stockons pour justification ultérieure.
- Nous reportons toutes les informations de la fiche dans un fichier Excel comportant une macro qui permet d'éditer le courrier facturation.
- Ce courrier est envoyé au responsable d'équipe pour validation. A réception de son accord, ou sans accord après 8 jours, la facturation est éditée et amenée au service gestion financière.
- Toutes ces étapes sont enregistrées sur un tableau de suivi.
- Une facturation implique des contacts avec le possesseur de la fiche, son responsable, le coordinateur TEAM, les responsables de zones en salle et enfin le service gestion

Pour 2018 les sommes en facturation interne ont été de 225 272 € et de 335 831€ pour la facturation externe (hors salaires et environnement des salaires de personnes hébergées)

### **Demandes d'achats (C. Uhlmann jusque mi 2018 – Service gestion depuis mi 2018) 359 DED**

Le départ de C Uhlmann a entraîné une modification de la procédure. Comme auparavant le chef de service TEAM 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 a montré sa très grande efficacité.

### **Communication du service (V. Luque)**

Un site intranet dédié au service TEAM est régulièrement alimenté. Ceci permet aux nouveaux arrivants de pouvoir suivre la procédure d'accueil de A à Z 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 peu chronophage.

### **Heures soleil (C. Uhlmann jusque mi 2018 – H. Granier, M Dilhan depuis mi 2018)**

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

### Personnel

- Granier Hugues (IRHC) : responsable de zone
- Do Conto Thierry (AI)
- Maiorano Antoine (AI)
- Bouscayrol Laurent (AI) qui quitte la zone au 1<sup>er</sup> janvier 2019

### 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 2018.

Préparations pour 2019

- RIE ICP
- ALD
- Déplacement SPD pour installation ALD
- Cf. le chapitre équipement

### 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
- Installations de registres de modulation des extractions

La première phase de 3 mois s'est déroulée en 2018. La seconde phase le sera aux mois d'août et septembre 2019.

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

#### Personnel

- Imbernon Éric (IR1) : responsable de zone, gère l'implanteur ionique et les bâtis d'oxydation, redistribution (AET et Centrotherm) et dépôts LPCVD (Centrotherm). Il s'investit également sur le bâti ALD.

- Rousset Bernard (IRHC), s'occupait de la partie ICPECVD et était le contact privilégié avec les fournisseurs et équipementiers. Bernard est parti à la retraite à la mi-août 2018 ce qui entraîne une restructuration de la zone.
- Pascal Dubreuil (IR1) intègre la zone et prend la responsabilité d'une nouvelle zone CVD début 2019.
- Marrot Jean-Christophe (IE) est en charge de l'implanteur ionique ainsi que des bâtis de recuit métaux AET et recuits rapides. Il s'implique fortement sur l'ICPECVD.
- De plus, Emmanuel Scheid (chercheur) du fait de sa forte compétence en matériaux intervient sur la zone pour la réalisation des dépôts sur le four Sipoly dopé Bore (Reve) et sur le bâti ALD.

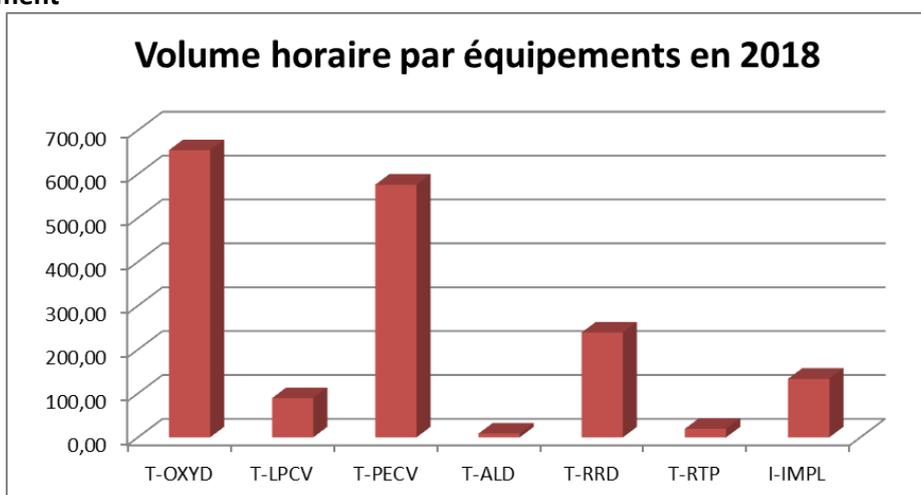
### Gestion des activités

Mis à part les tubes de recuits métaux qui sont en libre-service, les réservations seront toujours exclusivement effectuées par le personnel référent de la zone.

Tous les procédés réalisés dans la zone sont archivés dans un fichier électronique

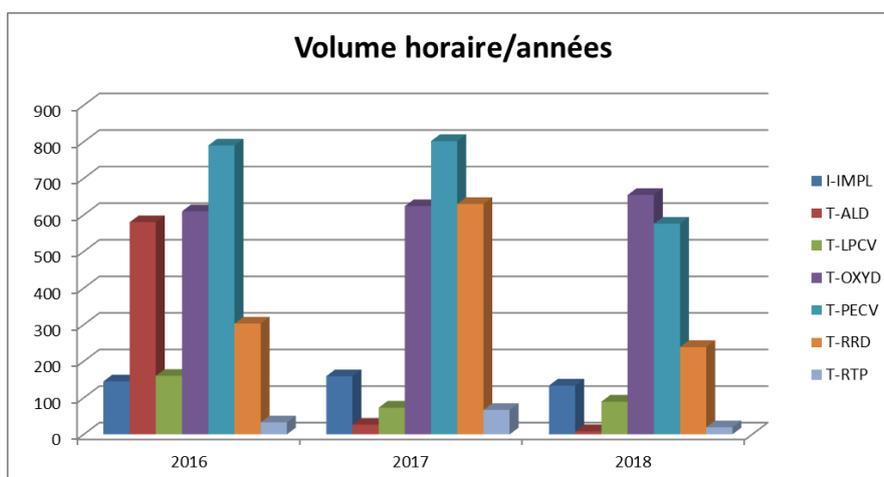
### Bilan

#### Par équipement



Les bâtis ALD et RTP ont été moins sollicités en 2018 suite à l'arrêt de certains projets utilisant fortement ces deux techniques. Le bâti PECVD a été très utilisé, notamment pour des projets conduits par l'équipe PHOTO.

#### Evolution au cours des années



L'activité est en diminution due notamment à la fermeture de la salle blanche durant 3 mois mais aussi à l'arrêt de certains projets, principalement au niveau des bâtis ALD et de recuits.

# PARTENARIAT RENATECH

La cellule Renatech  
Bilan des demandes  
Actions initiées  
Projets 2018

## CELLULE RENATECH

### Objectif

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

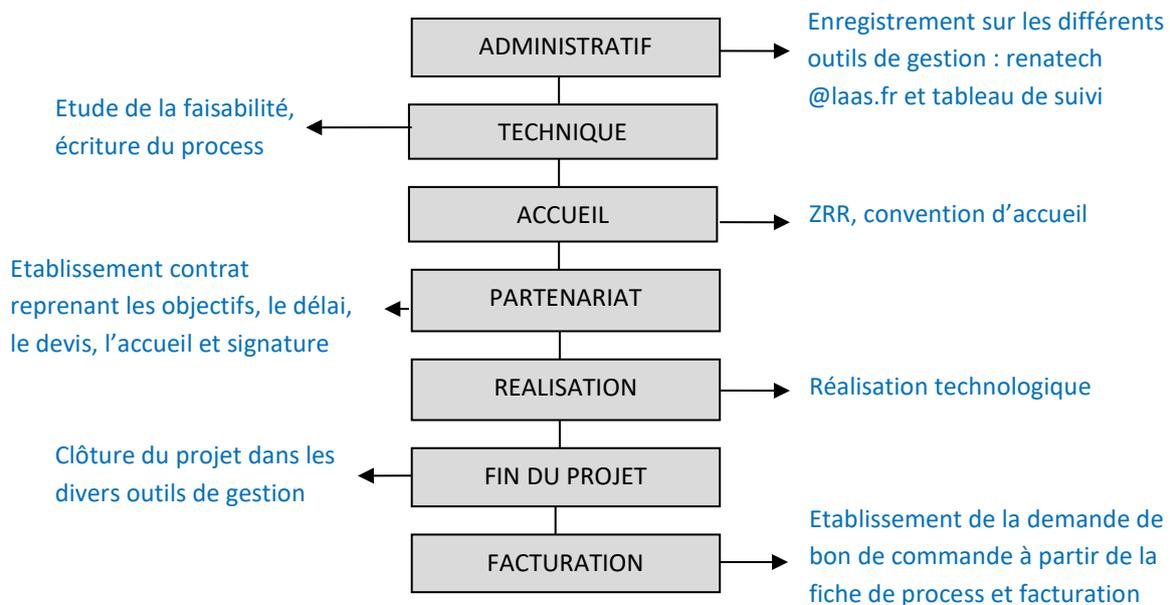
### Organisation

#### Personnel

- Dilhan Monique (IRHC) : Responsable adjointe 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 pôles, 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 LIMS (<https://www.renatech.org/projet/>).

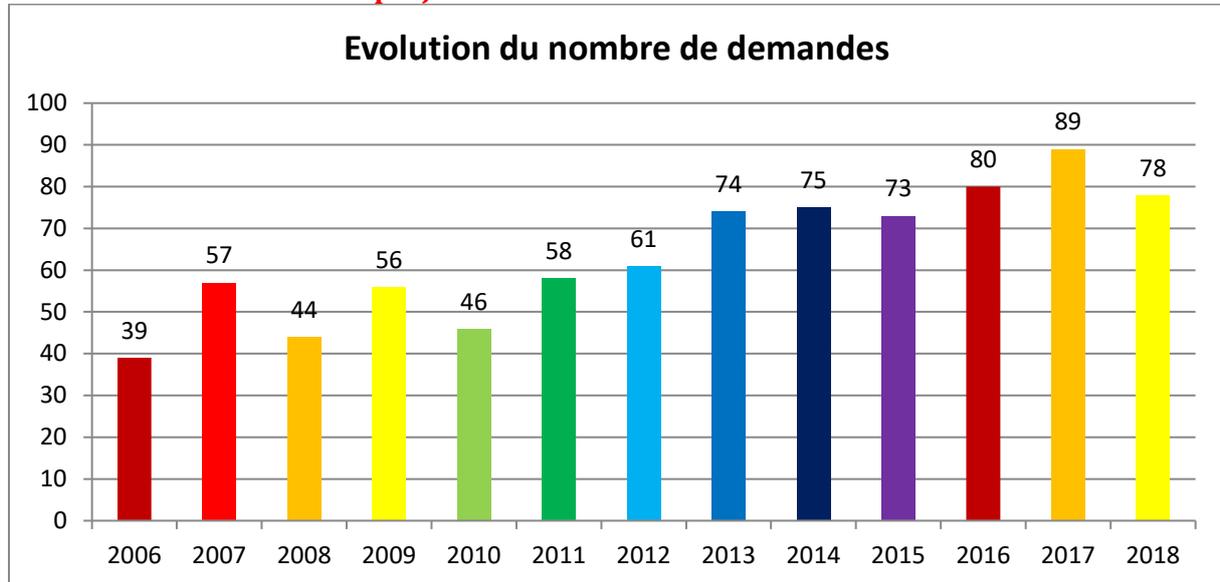
La répartition entre les membres de la cellule s'effectue en fonction de la problématique et de la disponibilité.

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 quasiment 3 mois cette année. Cette fermeture annoncée a engendré une forte activité durant les 7 premiers mois de l'année et une activité plus faible les 2 derniers mois. Cette baisse d'activité en fin d'année est encore plus marquée pour les projets externes car toutes les demandes, durant cette période, ont été orientées vers d'autres centrales. Dans ces conditions, il est difficile de tirer des tendances, conclusions pour les résultats de cette année.

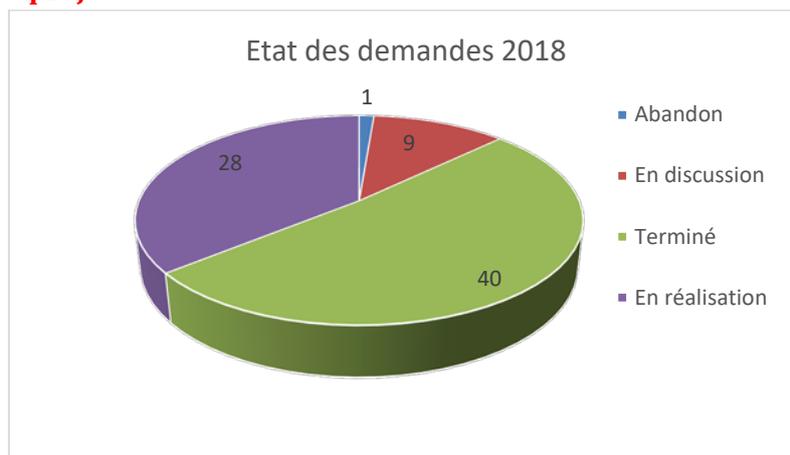
### Bilan des demandes de projets en 2018



78 demandes pour 9 mois d'activités en salle blanche. On est donc dans une stabilité du nombre des sollicitations.

L'ensemble des projets 2018 est listé au dernier paragraphe.

### Durée de vie des projets



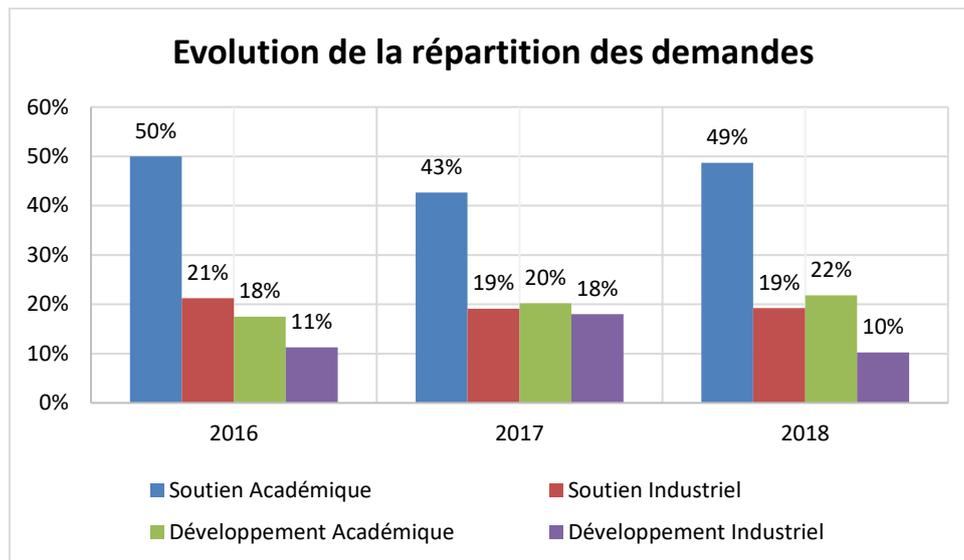
78 demandes en 2018 :

- 1 abandonnée par le demandeur
- 42 projets terminés
- 26 demandes en cours de réalisation qu'on retrouvera en 2019 (dont 18 des années 2014-2017)
- 9 En discussion dont 5 enregistrées en fin d'année

## Nature des demandes

Les demandes sont classifiées en quatre types ;

- 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.
- 



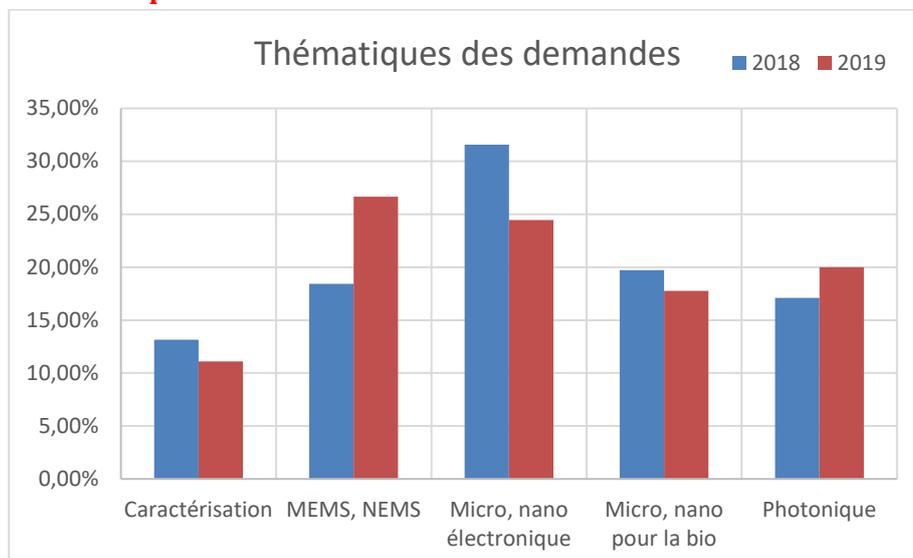
La demande académique (55) est proche de celle de 2017 (56) mais la demande industrielle a chuté de 10. Il y a eu des start-up qui ont cessé leur activité (3), des collaborations pluri annuelles (EPFL) qui vont reprendre cette année...

Les projets nécessitant peu de développement sont toujours majoritaires (68%).

La demande internationale est faible 8 % (6 projets) mais stable depuis plusieurs années. Cela peut s'expliquer par le fait de l'existence de réseaux nationaux dans les autres pays européens. Nous ne sommes donc sollicités sur des compétences spécifiques

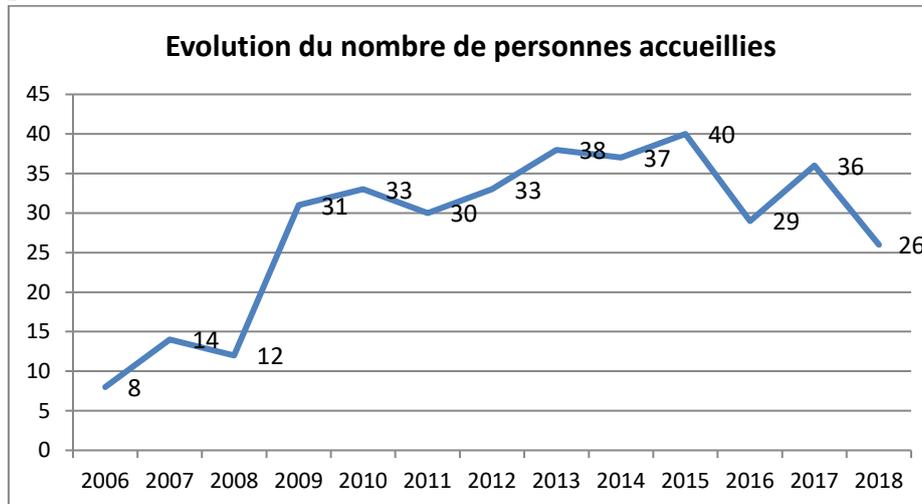
Ex : INTEL pour l'électrochimie, EPFL pour l'épitaxie.

## Thématique scientifique des demandes



On peut noter une bonne répartition de la nature des thématiques scientifiques soutenues pour les demandes externes. C'est un indicateur du large spectre de savoir faire couvert.

### Accueil de personnes

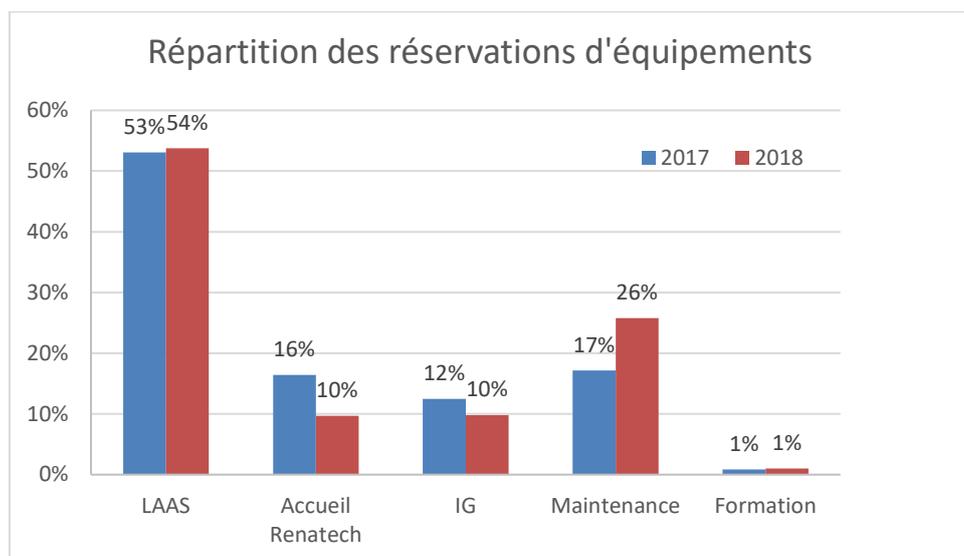


Le nombre de personnes accueillies est en baisse. Nous accueillons les années précédentes du personnel de start-up toulousaines qui ont cessé leur activité (Nanolike, Nanomade). Le personnel industriel accueilli représente environ 40% du total.

### 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



En moyenne sur 2017 et 2018 Les réservations les projets RENATECH représentent 13 % de l'ensemble des réservations quand les réservations « projets LAAS plus IG » représentent 64.5% des réservations totales.

### Apports pour le laboratoire

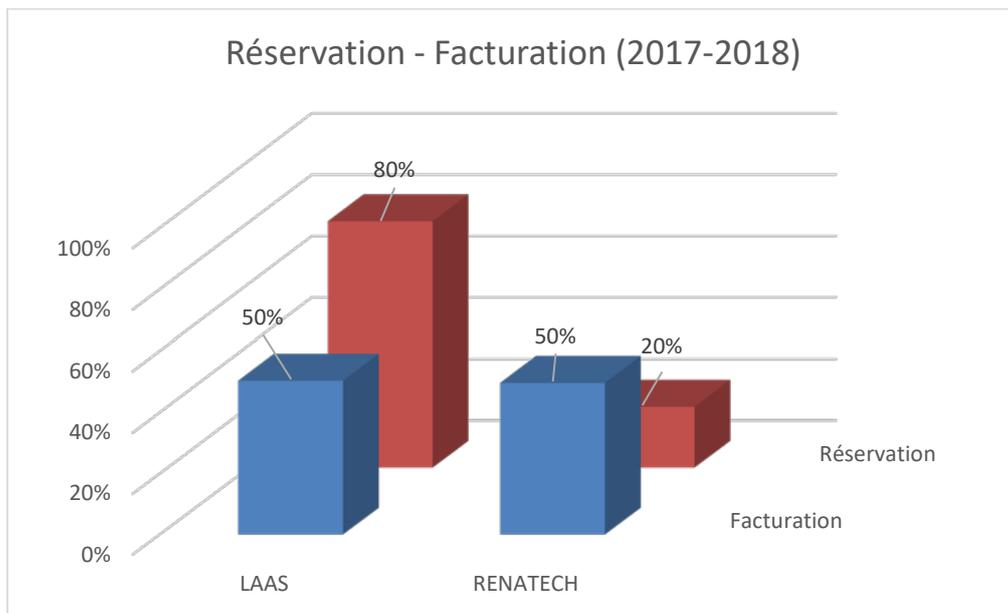
Au-delà du fait que cette ouverture nous permet de recevoir le financement RTB pour le développement de notre capacité technique elle amène d'autres aspects très positifs.

### 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
Sommes encaissées	363082	305074	322005	384445	335831

Si on fait la moyenne sur les années 2017 et 2018 des facturations de la centrale de technologies (projets LAAS, projets externes) on note que la facturation des projets externes RENATECH représente 50% des sommes facturées pour 20% des réservations totales sur projets (LAAS plus Renatech).



### 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 (labo commun Essilor)
- Des développements techniques (équipements) en partie financés par les externes (ex avec LEMOPTIX qui est maintenant Magic Leap)

### 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 collaborations Renatech permet d'offrir un soutien technique et financier aux travaux sans objectif de recherche partagée avec les chercheurs du LAAS à des start-ups émanant du laboratoire (3DisTech, Smart catch).

## **ACTIONS INITIÉES**

Dans un souci de d'amélioration continue de nos procédures diverses actions sont en cours avec les divers services administratifs du laboratoire ;

### **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 les services du 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 service.

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 2018**

Disponibles en annexe

# FORMATIONS

La cellule formation

Actions initiées

Actions envisagées

Formations dispensées

Développement des compétences

## 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 (IR1); membre de la zone caractérisation
- Laborde Adrian (AI); membre de la zone photolithographie
- Charlot Samuel (IE) ; responsable de la zone assemblage
- Lecestre Aurélie (IR2) ; membre de la zone gravure
- 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

Suite au départ de Vinciane Luque du service TEAM, une nouvelle procédure d'accueil des nouveaux utilisateurs de la centrale de technologie est mise en œuvre. L'entrée se fait en complétant un formulaire de demande d'accès à la plateforme : <https://www.laas.fr/formulaires/acces-salleblanche>.

A partir de ces informations, les nouveaux utilisateurs reçoivent des identifiants pour les applications LIMS et Renatech, sont inscrits à l'alias « utilisateurssalleblanche » et 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 2018, 42 participants (58 en 2017) ont suivi cette formation. En complément un nouveau guide de l'utilisateur de la centrale de technologie a été édité. 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 500 heures en 2018.

### **Application MOODLE pour les formations salle blanche**

En 2018, 15 personnels de TEAM ont été formés au logiciel Adobe Presenter pour alimenter des contenus dans l'application MOODLE de l'université. Des nouveaux supports de formation en ligne ont été créés pour s'initier aux règles de sécurité de la zone chimie et aux techniques de photolithographie, gravure plasma et caractérisation. Ces formations en ligne accessibles avec le MOODLE de l'université sont obligatoires pour les nouveaux utilisateurs de la salle blanche. Les apprenants doivent valider des tests de connaissances pendant chaque formation.

### **Cours TEAM**

Une fois par an les « cours TEAM » sont 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. En 2018 les présentations ont eu lieu entre septembre et novembre, 36 participants (34 en 2017) ont suivi une ou plusieurs présentations, soit 175 inscriptions (154 en 2017). La participation est globalement stable d'une année sur l'autre.

### **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 formations salle blanche**

En mai-juin 2019 nous encadrerons une stagiaire M1 e-formation et environnements numériques pour définir des scénarios pédagogiques et concevoir de nouveaux supports pour la formation générale. Ces nouveaux documents dédiés à introduire une formation générale simplifiée utiliseront des contenus vidéos, sons et textes. Ils seront accessibles dans l'application MOODLE pour les nouveaux utilisateurs de la salle blanche.

D'autres supports en lien avec les cours TEAM seront déployés dans l'application MOODLE.

### **Formation continue**

- Le succès des deux projets de filière technologiques déposés à la Région (Thermie et MultiFAB) nous conduit à développer des formations à destination de l'extérieur (formation continue ou vers des académiques). Leur contenu sera centré sur les procédés et techniques déployés dans ces deux filières. Il est important de noter que la mise en place de ces formations est un des

critères mis en avant par la Région pour le succès de la candidature. En collaboration avec CNRS formation entreprises nous proposons du 26 au 28 novembre 2019 la formation intitulée : Microfabrication en salle blanche : réalisation d'un micro-pyro-système.

- Des réflexions à l'état encore embryonnaire portent sur la mise en place éventuelle de formations sur le « clean concept » afin de valoriser nos compétences dans la gestion d'une infrastructure telle que la salle blanche. Elle pourrait d'ailleurs associer la plateforme de biologie qui a un fonctionnement un peu différent.

## 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	5	20	5
	<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>			25	51	34

On note une stabilité dans le volume horaire dispensé pour les formations pratiques

### Caractérisation

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	participants /an
<b>Cours TEAM</b>	Cours TEAM Caractérisation	2h	1	2h	20
	Cours MEB	2h	1	2h	10
<b>Formation pratique</b>	Présentation de la caractérisation + formation Tencor	1h30	20	30h	60
	Formation AFM	3h30	7	23h30	8
	Formation profilomètre optique	1h30	4	6h	4
	Formation MEB-FIB	3h	29	78h	39
	Autres formations	0.5-2h	60	80h	60
<b>TOTAL</b>			122	221h30	201

Le temps de formation pratique de base est très important en caractérisation mais le suivi des utilisateurs (non comptabilisé) demande au moins autant de temps.

### Formation en 2 temps

La formation hybride en dématérialisé et en présentiel a commencé pour les formations nouveaux entrants et pour la formation MEB. Pour ces 2 formations (TENCOR et MEB) et bientôt une troisième (AFM), l'apprenant commencera par un aperçu de la technique avec un cours sur un support dématérialisé (moodle) puis une formation pratique sur l'équipement.

## Chimie

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Cours TEAM	Prévention du risque chimique	1,5	1	1h30	40
Formation pratique	Prévention du risque chimique: aspects pratiques et risques locaux	2,5	12	30	43
Formation pratique	Fonctionnement et utilisation de la zone chimie	2,5	12	30	43
<b>TOTAUX</b>			<b>25</b>	<b>61H30</b>	<b>126</b>

## Dépôts sous vide

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

## Electrochimie

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Cours TEAM	Cours dépôt électrolytique	1h30	1	1h30	15
Formation pratique	Formation Utilisation KOH - TMAH	2	5	10	5
<b>TOTAUX</b>			<b>6</b>	<b>11H30</b>	<b>18</b>

## Epitaxie par jets moléculaires

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Formation pratique	Epitaxie par Jets Moléculaires	En continu	sur plusieurs mois	~20h	1
	Réflectivité X	4H	2	4	2
	GIXRD	4H	1	4	1
<b>TOTAUX</b>			<b>3</b>	<b>28</b>	<b>4</b>

## Gravure plasma

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
<b>Cours TEAM Formations pratique</b>	<b>La gravure par plasma</b>	2h	3	6h	20
	<b>Plasma O2</b>	0h30	18	9h	64
	<b>Réacteur RIE-ICP</b>	3x1h	10	30h	10
<b>TOTAUX</b>			30	45h	94

La formation concerne cette année 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>	<b>Cours jet d'encre et traitement de surface</b>	1h30	1	1h30	6
<b>Formation pratique</b>	<b>Viscosimètre</b>	0h30	0	1h30	0
	<b>Sécheur Tousimis</b>	2h00	2	4h00	2
	<b>SPD</b>	0h30	6	3h00	6
	<b>SFD</b>	3h00	0	0h00	0
<b>Totaux</b>		7h30	9	10h30	14

## Lithographie Laser

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
<b>Cours TEAM</b>	<b>Règles de dessin pour la fabrication des masques Lithographie laser</b>	2x 1h30	1	3h	30
<b>Formation pratique</b>	<b>Logiciel CleWin5 Dilase 750 et 3D DWL 200 PP Nanoscribe</b>	3h	A la demande	45h	30
<b>TOTAUX</b>				48h	60

## Nanolithographies

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
<b>Cours TEAM</b>	<b>Lithographie électronique</b>	1	2	2	~10
<b>Formation pratique</b>	<b>Lithographie électronique</b>	40	2	80	2
	<b>Nanoréplication</b>	1	5	5	5
<b>TOTAUX</b>			9	87	17

## Photolithographie

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Cours TEAM	<b>Procédés de photolithographie</b> (Réalisé par Laurent Mazonq)	1h	1	1h	27
	<b>Equipements et environnement en photolithographie</b> (Réalisé par Laurent Mazonq)	1h	1	1h	27
Formation pratique	<b>Procédés sur les résines épaisses</b> (Réalisé par Véronique Conédéra)	1h30	1	1h30	20
	<b>Procédés de photolithographie</b>	1h30	12	18	35
<b>TOTAUX</b>			15	21H30	109

Le nombre de formations pratiques en salle blanche est en baisse (-21 personnes), du fait de la fermeture prolongée de la salle blanche à l'automne 2018.

Avec la cellule formation, nous avons mis en place des formations en ligne sur la plateforme MOODLE (UPS). Ces modules sont suivis avant les formations pratiques salle blanche et sont évalués pour nous assurer de la maîtrise des notions de base et des consignes de sécurité avant le travail en salle blanche.

## 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	<b>Techniques de dopage</b>	1h30	1	1h30	20
	<b>Oxydation thermique</b>	1h30	1	1h30	20
	<b>Dépôts CVD</b>	1h30	1	1h30	20
Formation pratique	<b>RTP</b>	1h	1	1	2
	<b>ICPECVD</b>	3h	3	9	5
<b>TOTAUX</b>			7	14h30	67

## DEVELOPEMENT DES COMPETENCES

### Assemblage

#### Compétences acquises

Formation sur la gestion de projet afin de mener au mieux la coordination technique des projets.

#### Besoins

Recherche de formations liées aux nouvelles colles et sur les propriétés de surface et leur préparation pour le collage moléculaire

## Caractérisation

### Compétences acquises

Formations d'Emmanuelle Daran et de Benjamin Reig sur

- Le traitement d'image (ImageJ) pour les différents types de microscopie et la reconstruction 3D
- Moodle et Adobe presenter pour améliorer les cours en ligne

### Besoins

#### Caractérisations électriques par AFM

Emmanuelle et Benjamin prévoient une formation à l'extérieur (IEMN et/ou Bruker ou autre) sur les différents types de caractérisations électriques afin de pouvoir répondre aux demandes sur ces besoins notamment dans le cadre d'un projet sur des nanoparticules déposées sur un support hélicoïdal

## Chimie

### Compétences acquises

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Techniques formation	Utilisation moodle, adobe presenter	20	1	20	1
Technique sécurité	SST et utilisation ARI	12	1	12	1

### Besoins

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Techniques formation	Techniques pédagogiques	20	1	20	1
Technique	Lithographie électronique	120	1	120	1

Dans l'idée de permettre aux utilisateurs de pouvoir mieux accéder ou accéder de nouveau au contenu de ces formations et d'alléger à terme le temps consacré par le formateur à ces formations, ou de réattribuer une partie de ce temps à des aspects plus personnalisés à chaque utilisateur, une démarche de mise à disposition de leur contenu sur « Moodle » a été engagée. Dans ce but, des formations à l'utilisation d'outils de formation en ligne ont été suivies par le formateur et une première partie sur les aspects prévention du risque chimique, et plus particulièrement sur les problématiques relatives à l'acide fluorhydrique a été intégrée dans une première version en ligne. Par ailleurs l'arrivée en mars 2019 d'un Assistant Ingénieur à mi-temps sur la zone permettra également d'avancer, notamment sur la partie utilisation de la zone chimie où il est prévu la réalisation de vidéos de démonstration et leur intégration dans les formations en ligne.

## Dépôts sous vide

### Compétences acquises

Cette année la formation adobe presenter a été suivie ce qui doit permettre d'enrichir le contenu de la plateforme Module et la convivialité du cours sur les techniques de PVD.

### Besoin en formation du personnel de la zone.

Monter en puissance dans l'analyse par spectrométrie de masse et à l'interprétation de spectres de masse pour la détermination de structures de molécules afin d'apporter des réponses plus précises sur les échantillons analysés.

## Electrochimie

### Compétences acquises

Formation sur le logiciel Adobe Préparer qui devrait à terme permettre la publication du cours d'électrochimie et la partie pratique de l'utilisation de la paillasse KOH/TMAH online via l'application moodle.

### Besoins

Formations envisagées :

- Electrochimie
- Thermoformage
- Logiciel de conception 3D

Ce sont des formations spécifiques ayant pour but de développer de nouvelles connaissances en dépôt électrolytique (compréhension des nouveaux phénomènes liés aux spécificités de notre métier) et développement de nouveaux domaines d'applications comme la fabrication de canaux ou de micros objets par thermoformage ou en électrochimie 3D.

## Epitaxie par jets moléculaires

### Compétences acquises

Utilisation d'un FIB ultravide. Imagerie SEM associée : formation au FIB ultravide connecté au système de croissance.

LabVIEW temps réel : formation par National Instruments

### Besoins

Formation au vide/ultravide dispensée par le SFV pour formalisation des savoirs de Q. Gravelier

## Gravure plasma

### Compétence acquises

Laurent Bouscayrol se forme sur le « terrain » sur tous les équipements de gravure plasma (maintenance + procédés). Il se forme également sur les équipements de photolithographie et de caractérisation (profilomètre + MEB) afin de bien connaître les étapes présentes avant et après la gravure plasma. Ceci nous permet de mieux accompagner les utilisateurs au cours de leurs procédés et de répondre plus efficacement à leurs besoins.

### Besoins

Nous allons être formé sur la maintenance préventive de l'équipement Alcatel, sachant que la seule personne effectuant ces maintenances en Europe va prendre sa retraite en 2021.

La participation à des écoles d'été, workshop et conférences techniques nous permettrait de compléter et d'élargir nos connaissances théoriques et techniques.

## Jet d'encre et traitements de surface

### Compétences acquises

Nous avons suivi une formation 1<sup>er</sup> niveau à la Ceradrop. Nous avons également suivi des formations sur moodle pour les cours en ligne.

### Besoins

En traitement de surface nous avons besoin de formation pour approfondir nos connaissances sur les techniques de traitement de surface ainsi que les méthodes de caractérisation adaptées. En jet d'encre les besoins de formation sont sur la formulation d'encre fonctionnelle

## Lithographie Laser

### Compétences acquises

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Technique	Logiciel CleWin5				
	DWL 200	40h	1	40h	3
	Dilase 3D				
	Bac piranha				

La nouvelle Dilase 3D MR a permis d'acquérir de nouvelles compétences pour la fabrication 3D. La mise en service du système chauffant de nettoyage des masques permet de mieux sécuriser et d'optimiser les procédures de nettoyage des masques. Les nouvelles compétences acquises permettent de licencier de nouveaux utilisateurs.

### Besoins

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Technique	PP Nanoscribe				
	Dilase 750 et 3D	80h	1	80h	3
	Mesures au confocal				

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. L'ouverture de l'équipement PP Nanoscribe vers de nouveaux projets nécessite d'acquérir de nouvelles compétences dans l'usage des nouveaux objectifs optiques. Ces formations permettront aux nouveaux utilisateurs de mieux appréhender les principes de fonctionnement des équipements et assurer le suivi des réalisations.

## Nanolithographies

### Compétences acquises

Formation de 2 permanents TEAM sur la lithographie électronique dans un but de transfert des connaissances : Laurent Mazon et Jean-Baptiste Doucet.

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Pédagogique	Plate-forme d'enseignement MOODLE	8h (2 ½ j)	1	16	3

<b>Pédagogique</b>	<b>Adobe Presenter</b>	16h (2j)	1	16	3
<b>Ressources Humaines</b>	<b>Correspondante égalité</b>	32h (4j)	2	32	1

Utilisation de la plate-forme MOODLE et Adobe Presenter : une partie de notre travail portera sur le passage de nos cours TEAM actuels vers une version en ligne utilisant ces nouveaux outils pédagogiques.

### **Besoins :**

La formation de nouveaux acteurs permanents TEAM sur la technique de lithographie électronique nécessitera sans doute une formation sur l'intégration de celle-ci dans les technologies de nano fabrication et les projets du LAAS : elle se fera au fil de l'eau et de ce fait est difficile à évaluer.

## **Photolithographie**

### **Compétences acquises**

A. Laborde a suivi une formation de formateur proposée par l'université Paul Sabatier  
A. Laborde et L. Mazenq ce sont formés à l'utilisation d'Adobe Presenter.

### **Besoins**

Continuer les formations aux techniques et outils d'apprentissage et de pédagogie pour améliorer les actions de formation : Moodle, outils d'intelligence collective...

Sur un plan technique, formation sur d'autres techniques de lithographie : Adrian Laborde sur la lithographie Laser et Laurent Mazenq sur la lithographie électronique

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

### **Compétences acquises**

JC Marrot s'est formé "sur le terrain" sur l'ICPECVD et a suivi avec P. Dubreuil la formation sur le PECVD ApSy.

E. Imbernon et JC Marrot ont effectué une formation sur le dépôt de couches minces par CVD de façon à améliorer leurs connaissances dans ce domaine.

### **Besoins**

E. Imbernon et P. Dubreuil vont également chercher des formations sur la caractérisation des matériaux.

De plus, les membres de la zone vont se former sur la détection de fin de dépôt sur l'ICPECVD à l'aide du système développé en EJM.

# 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

### Mise en œuvre du plan de modification des postes de chimie :

Suite aux tests effectués en 2017, de nombreux postes de travail ont été modifiés conformément au plan prévu. Les nouveaux postes de travail installés ont bénéficié de cette expérience : casquettes plus légères, plus longues et rabattables par segments plus courts, ...

À des fins d'économie d'énergie, des registres automatisés sur la captation de l'air vicié des hottes/sorbonnes ont été installés et permettent de réduire le volume d'air extrait en dehors des horaires de travail. (Cf. chapitre sur les équipements)

Le contrôle général du confinement des installations par un organisme certificateur est planifié pour 2019. Une fois les équipements « certifiés » nous mettrons en place une validation annuelle par mesure des vitesses frontales.

De plus la GTC qui sera installée en 2019 permettra un suivi en temps réel des volumes extraits sur chaque poste équipé de registres et déclenchera une alerte en cas de problème. Cela contribuera encore à la sécurité des opérateurs.

### **Réfrigérateurs :**

Le réfrigérateur de la zone d'assemblage est plein : un inventaire a été réalisé en 2017. Les produits chimiques périmés et qui ne sont plus pertinents ont été éliminés. La déclaration des produits restants reste à faire. C'est un problème général qu'il va falloir traiter.

### **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 action doit être conduite avec le service IDEA pour développer une application en ligne qui permettrait de réaliser cela de la façon la plus simple possible. Cette action est toujours en cours : le cahier des charges a été défini et le développement devrait être réalisé sous la supervision du service IDEA.

### **Interdiction d'exposition des personnels non permanents à des risques chimiques définis par l'article D,4154-1 du code du travail :**

Afin que les personnels non-permanents puissent manipuler du HF un poste de travail est en cours de modification de façon à ce qu'il fonctionne comme une boîte à gants : protection frontale complète (écran + gants) et sas d'introduction des produits chimiques. C'est un prototype qui est en phase de mise au point : adaptation du SAS, adéquation des gants et de l'aspiration.

### **Bilan sonores des zones :**

La rédaction de bilans qui répertorient les différentes sources sonores présentes zones par zones sont en cours. 3 zones restent à faire et 3 zones sont en cours de relecture par leurs responsables. Ces bilans ont pour but de faire un état des lieux de l'environnement sonore actuel de chaque zone. En corrélation avec des mesures sonores, ils serviront de base de travail dans un objectif d'amélioration continu des conditions de travail en salle.

Un distributeur de bouchons d'oreilles a été installé dans le sas de la salle blanche et des EPI (équipements de protection individuelle) sont disponibles au magasin.

## **PRINCIPALES ACTIONS ENVISAGEES**

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

Suite à la modification de nos postes de chimie, nous lancerons une campagne de qualification basée sur les tests réglementaires qui nous assurerons de la protection effective des usagers.

### **Mobilier de stockage réfrigéré : gestion des stocks et des déclarations :**

Le stockage de produits chimiques dans les réfrigérateurs et dans les congélateurs pose un problème technique<sup>1</sup> doublé d'un manque de discipline dans la déclaration des produits dans la base de données

<sup>1</sup> ils ne peuvent pas être ventilés en interne donc les usagers sont exposés aux émanations des produits chimiques à chaque ouverture de porte. Nous équipons régulièrement ceux-ci avec des casquettes aspirantes afin de capter les émanations.

RICH<sup>2</sup> : nous devons en faire l'analyse et faire les meilleures propositions acceptables afin d'améliorer la situation.

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

Il y a une zone d'exposition avérée sur la machine de gravure ALCATEL : nous étudierons les différentes solutions de réduction du risque avec la responsable de zone.

### Suivi de l'exposition 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 A CONDUIRE

### Extraction EVRP liée à la salle blanche

Nous ne mentionnons ici que les actions conduites en 2018 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	Lieux / Postes	Modalités d'exposition	moyens de prévention	carence/dysfonctions
R110/2018	Métallisation / Pulvérisation RF	risque de combustion de nanothermite (couches de CuO et Al) due à l'apport externe d'une source d'énergie et pouvant provoquer un départ d'incendie ou des brûlures superficielles.	Port d'un pare visage lors de la sortie des nanothermites du bâti de métallisation	
R111/2018	Chimie préparation échantillons / Partout	Travail sur les hottes et plans de travail de chimie	Extraction collective. Equipements individuels de protection Formation obligatoire sur les risques et les procédures de manipulation	Suite à rapport d'audit améliorations à apporter sur le confinement des hottes
R112/2018	Chimie préparation éch. / Utilisation HF et BHF métaux admis	travail sur la hotte gravure HF		Non-conformité à l'article D,4154-1 du code du travail qui impose une enceinte close pour la manipulation du HF
R113/2018	Chimie préparation éch. / utilisation solvants orga.	Travail sur hottes multi nettoyages qui va remplacer la RCA 4"		Défaut d'extraction
R114/2018	Photolithographie / Postes de chimie	Travail sur les 6 postes de chimie de traitement des résines		Manque de confinement
R115/2018	Chimie masques optiques / Hotte Chimie	Travail sur le poste Buffer HF		Défaut de confinement de l'extraction
R116/2018	Chimie masques optiques / Hotte Chimie	Travail sur hotte RCA 6"		Manque de confinement de l'extraction
R118/2018	Techniques alternatives et de substitution / Hotte de chimie	Travail sur hottes de chimie		Défaut de confinement

<sup>2</sup> la méconnaissance des produits qui se trouvent dans les réfrigérateurs et les congélateurs ne permet pas de savoir ce qu'il convient de mettre en œuvre afin de protéger au mieux les usagers.

R122/2018	EJM / hottes de chimie	Travail sur hottes de chimie	Extraction collective. Equipements individuels de protection	Défaut de confinement de l'extraction
R123/2018	Chimie synthèse / Sorbonne chimie exploratoire	inhalations pendant manipulations produits chimiques	Formation obligatoire sur les risques et les procédures de manipulation	Défaut d'extraction quand vitre ouverte
R129/2018	Intégration / Hotte chimie KOH	Travail sur hotte KOH		Manque de confinement de l'extraction
R131/2018	Electrochimie	Travail sous hotte électrochimie		Manque de confinement de l'extraction
R117/2018	Chimie masques optiques / plaque chauffante	Inhalations de COV lorsque les substrats sont sur la plaque chauffante		Absence d'extraction
R119/2018	Gravure Sèche / Etchlab 200	Possibles inhalations de gaz lors de l'ouverture du réacteur	Equipements individuels de protection Formation obligatoire sur la sécurité et les procédures de manipulation	Pas d'extraction lors de l'ouverture du réacteur
R132/2018	Gravure Sèche / Cluster Alcatel	Exposition aux produits résiduels contenu dans la chambre de l'équipement lors de son ouverture lors des nettoyages.		Pas d'extraction de la chambre
R120/2018	Gravure Sèche / Si 500	Inhalation de gaz lors de l'ouverture du réacteur.	EPI Formation obligatoire à la manipulation	Absence d'extraction
R121/2018	Gravure Sèche / hotte Fomblin	Inhalation de vapeurs d'huile Fomblin lors de nettoyages des plaquettes	EPI Extraction collective	Manque de confinement de l'extraction
R124/2018	Salle blanche / Partout	Travail en salle blanche dans atmosphère bruyante	Mesures du niveau sonore effectué par entreprise extérieur bouchons d'oreilles ou casques	Le rapport montre que l'on est dans la norme mais qu'il peut y avoir des améliorations de la qualité de vie au travail
R125/2018	Photolithographie / Réfrigérateurs	Inhalation de vapeurs lors de l'ouverture du réfrigérateur résines	EPI	Absence d'extraction collective
R127/2018	Implanteur Ionique	l'appareil génère des rayons X	Dosimétrie, contrôle périodique externe et interne, dispositif de coupure des rayons X	absence de signalisation lors de l'émission de rayons X
R128/2018	Intégration / Lamineuse	les rouleaux utilisés pour la lamination de feuillets sont mis sous pression et peuvent chauffer au-dessus de 100°C.	Aucun organe de sécurité installé à part des boutons d'urgence coupe circuit	
R130/2018	Zone de traitements thermiques / ICPECVD (Oxford)	Exposition à des résidus de gaz lors de l'ouverture de la chambre de dépôt lors de son nettoyage	Port de lunettes et de gants	Enceinte non reliée à l'extraction

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

Historique des travaux concernant la prévention et la sécurité en salle blanche					
Nature des besoins exprimés	Date de l'expression du besoin	Date de réalisation des travaux	élément mis en place	Coût (€)	Remarques
<b>Jet d'encre</b>					
extraction céradrop	oct-18		réalisation de l'extraction		relier la céradrop à l'extraction : devis à réaliser Pas de registre IRIAN ... prévoir une vanne manuelle (voir avec Fabien pour la localisation)
tousimis	oct-18				modification extraction de l'éthanol
SFD	oct-18				mettre bac de rétention produit chimique et mettre un support adapté à la dimension des contenants
évaluation des niveaux sonores	oct-18				évaluation du niveau sonore des équipements de litho Kloé plus registre Irian
<b>Nanolithographies</b>					
pompage nano-impression	oct-18				mettre pompe primaire sous extraction
Report de la ligne inox servant à la remise à la pression atmosphérique de la chambre de la machine de nano-impression	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 (avec une aspiration forcée à l'ouverture du réfrigérateur) car : - le réfrigérateur est petit ("table top") - il est surmonté par le congélateur - il y a des tuyaux d'aspiration disponibles - l'air froid descend ainsi que l'air de la salle blanche et les vapeurs de la plupart des solvants
<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) voir 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>					

Aspiration localisée (ellipsométrie, Digidrop, spectro IR, DSC)		en cours	Bras aspirant articulé	~2000€	Récupéré sur le bâti de dépôt PARYLENE
Émission rayons-X MEBs	sept-18	nov-18	mesures par PCR	0€ - interne	Mesures de contrôle sur les MEB par la PCR suite incident constructeur
<b>Chimie</b>					
Sonde pour sonication	sept-18	sept-18	cabine séparée		Cabine séparée de la sorbonne
Sorbonne pour synthèse (rampe à gaz)	sept-18		sorbonne	~33k€	Tout (rampe à gaz, rotavapor, pompe, ...) compris
Machine automatique fermée pour nettoyage acide	sept-18			~300k€	prévention des risques et protection des utilisateurs vis-à-vis des acides concentrés pour le nettoyage ... dont le HF Diminution des débits d'air, d'eau, de produits chimiques et gain d'espace
Machine automatique fermée pour nettoyage acide	sept-18			~300k€	prévention des risques et protection des utilisateurs vis-à-vis des acides concentrés pour les attaques métaux ... dont le HF Diminution des débits d'air, d'eau, de produits chimiques et gain d'espace
Machine automatique fermée pour nettoyage acide	sept-18			~300k€	prévention des risques et protection des utilisateurs vis-à-vis des acides concentrés pour les nettoyages compatibles MOS ... dont le HF Diminution des débits d'air, d'eau, de produits chimiques et gain d'espace
<b>Gravure Plasma</b>					
Déplacement de lignes de gaz fluorés	2018	oct-18	Lignes de gaz en RDC salle blanche	3600,00	diminution du nombre de bouteilles (1 ligne C4F8 pour toutes les machines) La ligne C4F8 doit être chauffée : actuellement sur 2mètres à l'entrée du réacteur)
Bruit	2016		Parois insonorisantes	1.5k€	1 paroi clipsable et 2 fixes
<b>Four</b>					
procédure coupure gaz incendie	2015				mettre en place une procédure sur l'arrêt des gaz lors d'un incendie
Nettoyage des pièces PECVD (STS - ApSy)	sept-18				Voir si besoin en hotte pour la chambre (comme pour l'ICP-PECVD)
Installation de la nouvelle machine ALD : à prévoir	sept-18				Voir avec la zone support dès que les caractéristiques sont connues
<b>Electrochimie</b>					
réduction du bruit ambiant	2018				
<b>Photolithographie</b>					
mesures COV	2018		capteurs		installation de capteurs COV en salle de photolithographie

# BUDGET

Éléments de contexte

Budget 2018

Prévisionnel 2019

Prévisionnel pluriannuel (Réseau Renatech)

Analyse de l'impact de la facturation auditable

Analyse de l'impact des projets 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 au nombre de six.

Cinq pour les dépenses

- 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
- IG Salle Blanche Maintenance : tout ce qui touche la maintenance (pièces et main d'œuvre).
- IG Salle Blanche Support : tout ce qui concerne des adaptations ou évolutions de l'infrastructure salle blanche
- Salle blanche équipements : les achats d'équipements lourds qui seront amortis
- LEAF : les dépenses liées à l'équipex LEAF

Une pour les recettes générées par la facturation auditable

- Recettes salle blanche

Les cinq lignes de dépenses sont exclusivement alimentées par

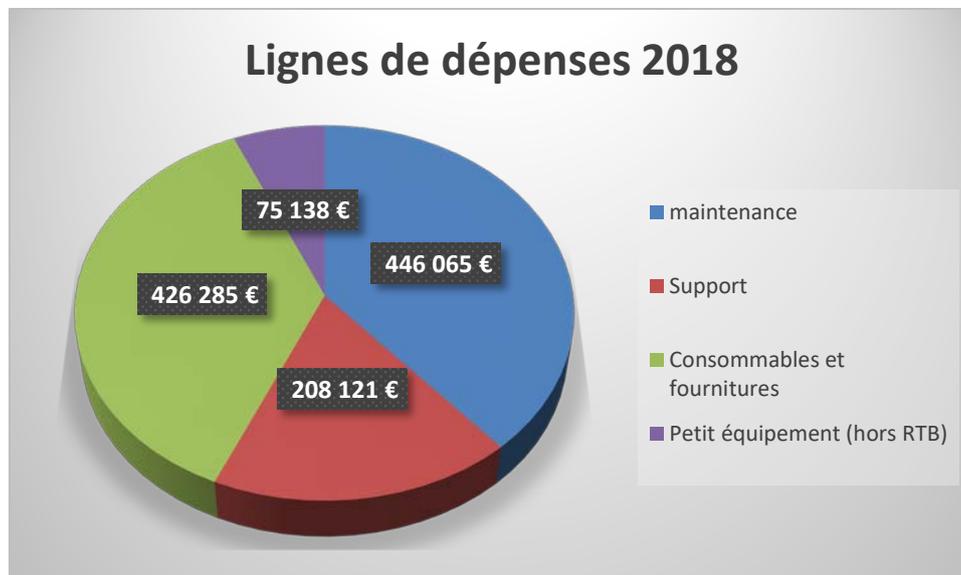
- La dotation TGIR dans le budget FEI du laboratoire
- Les recettes salle blanche
- L'abondement LEAF
- Les convention ANR RTB

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 2018

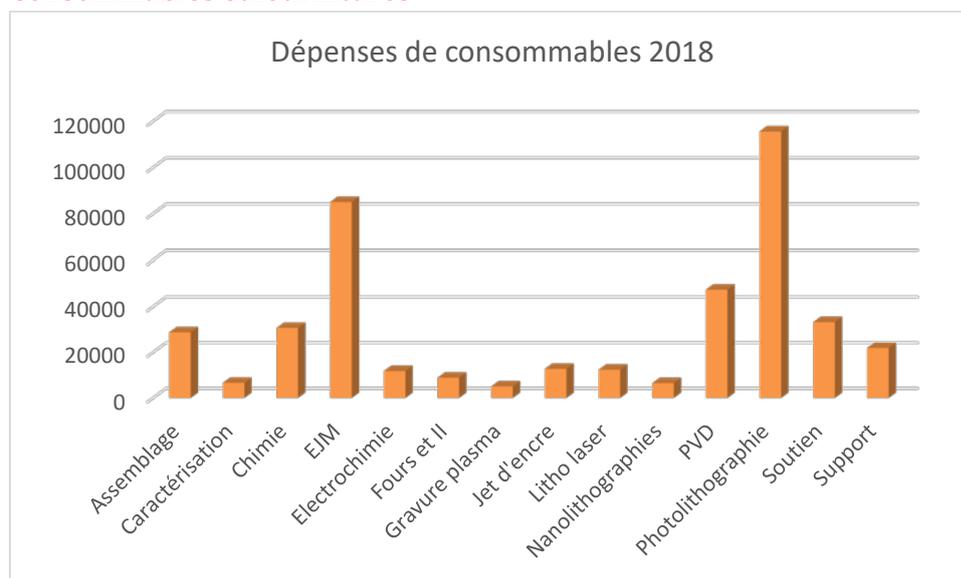
### Budget global

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 1.3% de la valeur totale du parc d'équipements.

### Consommables et fournitures

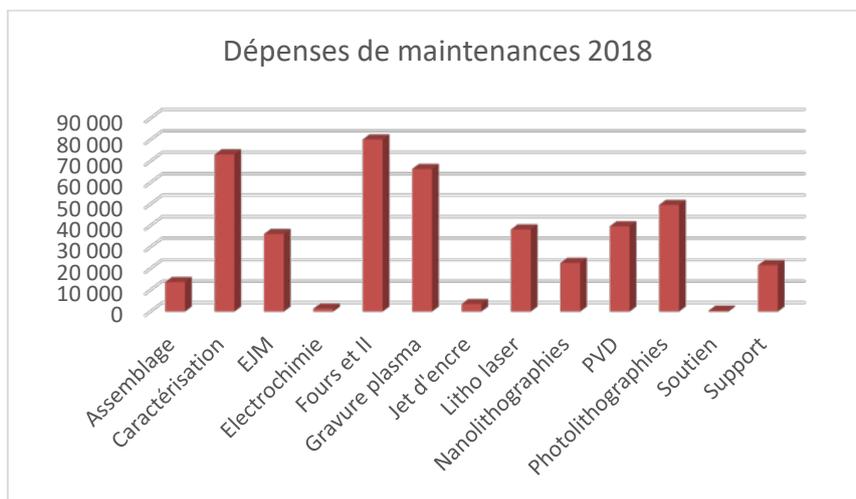


Les postes les plus élevés sont sans surprise

- Photolithographie : achats des résines et développeurs, des substrats Si et Verre pour l'ensemble de la salle blanche
- Epitaxie par jets moléculaires : réapprovisionnement du MBE412 après ouverture, ces coûts sont à lisser sur 2 ou 3 ans, achat des substrats d'AsGa pour toute la salle blanche.

- Dépôts sous vides : achat des métaux précieux, dont le cours varie continuellement
- Soutien : consommables du quotidien (gants, charlottes, surchausses, etc.)
- Chimie : produits chimiques pour l'ensemble de la salle blanche
- Assemblage : approvisionnement de films secs, ces coûts sont à lisser sur plusieurs années
- Support : consommables pour les facilités de la salle blanche (filtres, eau DI, etc.)

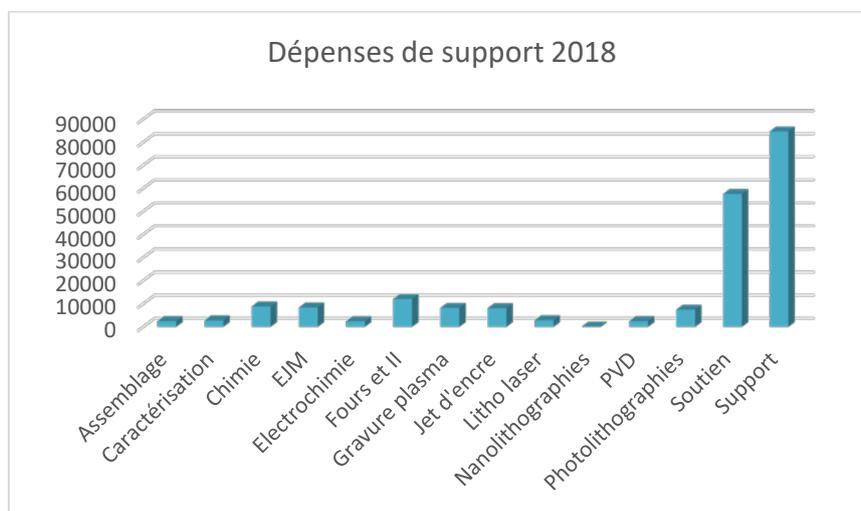
## Maintenance



Les postes les plus élevés sont

- Fours et Implantation : contrats de maintenance sur ALD et CVD qui prennent la moitié des sommes engagées
- Caractérisation : contrats de maintenance FIB et AFM qui prennent 80% des sommes engagées
- Gravure plasma : intervention sur l'équipement Alcatel qui représente près de 80% des sommes engagées
- Photolithographie : contrats de maintenance des aligneurs et pistes
- Dépôts sous vide : 75% du budget sur la maintenance du pompage cryogénique du cluster. Cette maintenance est bisannuelle.
- Lithographie laser : provision de pièces détachées dans le cadre de l'Equipex LEAF.
- Epitaxie : plusieurs maintenances « moyennes » (quelques k€)

## Support

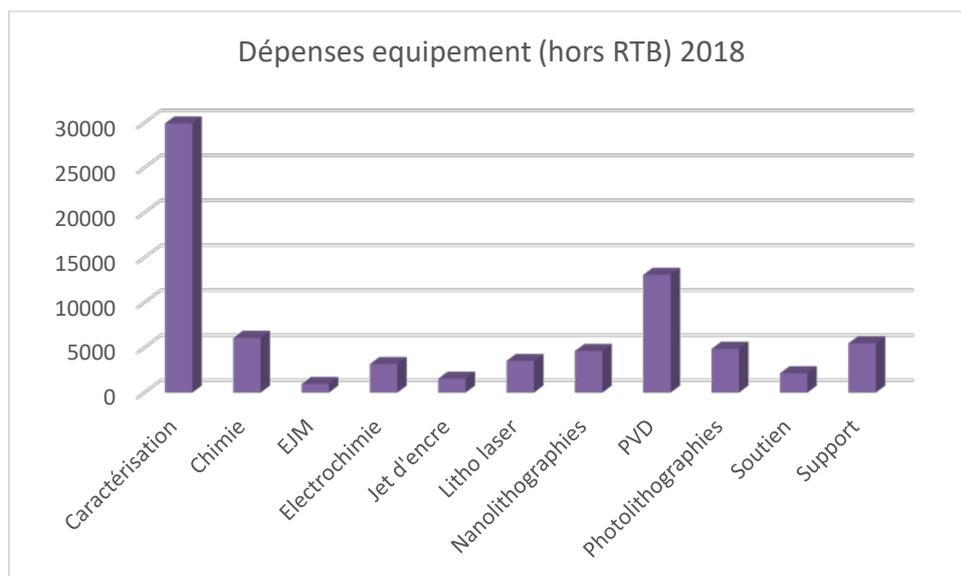


Les postes les plus élevés sont sans surprise

- 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€) auxquelles s'ajoutent la régularisation des licences MyFab pour 2016 et 2017.

### Equipements (hors RTB)

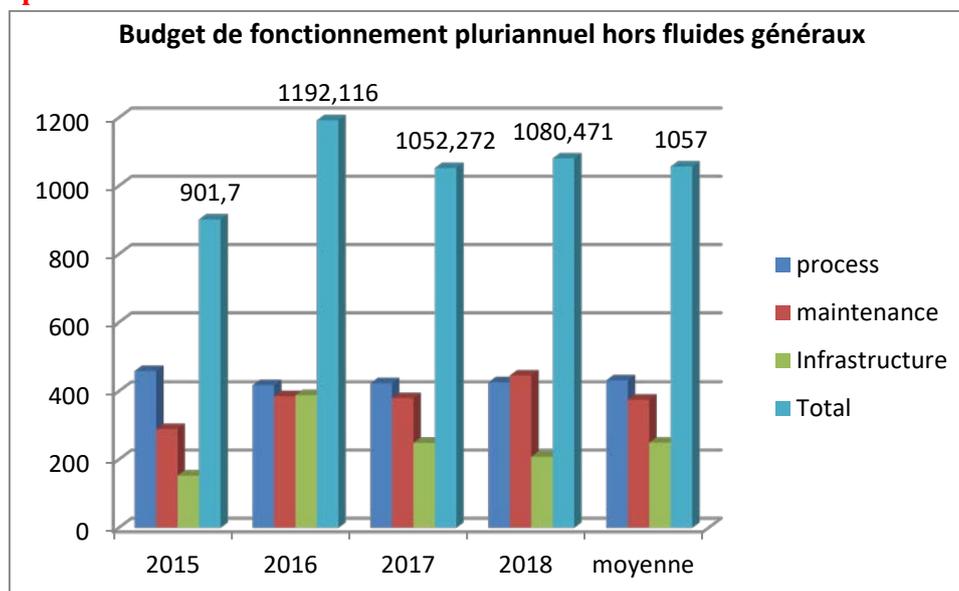
Il s'agit ici uniquement petits équipements financés hors RTB et contrats de recherche



Les postes les plus élevés concernent

- La caractérisation pour l'achat d'une tête de profilométrie de grande profondeur, la remis en service d'un testeur sous pointes manuel, l'achat de pompes « de secours » pour minimiser les éventuelles immobilisations des MEB.
- Les dépôts sous vide car il a fallu changer une pompe turbomoléculaire du cluster qui était définitivement hors de service.

### Evolution pluriannuelle



Le budget global exécuté est en ligne avec celui de l'année précédent et proche de la moyenne. Si l'on regarde ligne par ligne cette stabilité se retrouve.

Le budget exécuté est donc en ligne avec le relevé des activités qui indique une stabilité de l'activité.

Le plus gros poste reste celui des consommables et fournitures. Le réduire 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 2019

### Validité du modèle

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

Cet exercice n'est pas aisé mais notre analyse semble relativement correcte. Ainsi en mai 2017 nous prévisionnel 2018 (hors fluides généraux) s'élevait à 1 146 6775€. Le budget réalisé a été de 1 080 471€. L'écart de 86 000€ environ ne représente que 7.4% du budget estimé et 8 % du budget réalisé.

### Demande FEI 2019 (hors fluides généraux)

Le montant en est de 1 202 828€.

La ligne regardable concerne des actions qui pourraient ne pas être conduites en 2019 mais en 2020 ou 2021 au plus tard. Néanmoins en glissement annuel, des actions retardables de 2017 et 2018 seront exécutées en 2019. Ce qui explique que le budget total prenne en compte cette ligne.

Code référentiel budgétaire	Achats concernés	Prévisionnel 2019 éligible FEI		
		indispensable	Retardable	total
A1 - FOURNITURES ET CONSOMMABLES DE BUREAU	fournitures et consommables bureau	2000		2 000
A2 - MOBILIER ET MATERIEL DE BUREAU	meuble matériel de bureau	0		0
A4-AUTRE DEPENSES	autres dépenses IG TEAM	0		0
B2 : CONSOMMABLES DE LABORATOIRE, PETITS MATERIELS et EQUIPEMENTS DE PAILLASSE	Ce qui est nécessaire à la fabrication mais que l'on ne retrouve pas dans les composants	92 068		92 068

<b>B3 GAZ ET PRODUITS POUR LE PROCESS</b>	Ce qui est utilisé directement pour la fabrication des composants	246 190		246 190
<b>B4 :GROS EQUIPEMENTS DE LABORATOIRE</b>	Tout ce qui concerne les facilities	12500	0	12 500
<b>B5 GROSSE INSTRUMENTATION SCIENTIFIQUE</b>	Tout ce qui concerne les équipements de caractérisation	50016	18450	68 466
<b>B6 : OPTIQUE</b>	Rien en salle blanche car concerne directement les laser pas les systèmes avec des lasers qui sont en B7	0	0	0
<b>B7 : ELECTRONIQUE / MESURES ELECTRIQUES</b>	Tout ce qui concerne les équipements à l'exclusion de la caractérisation et du vide	290208	114159	404 367
<b>B8 : PHYSIQUE- MESURE PHYSIQUE- MECANIQUE</b>	Tout ce qui concerne le vide et l'ultravide	31545	0	31 545
<b>B12 : HYGIENE ET SECURITE</b>	Produits d'hygiène et de sécurité	129 405	88000	217 405
<b>C1 : MISSIONS DEPLACEMENTS</b>	Missions et déplacements	25000		25 000
<b>D2 : ABONNEMENT CONSOMMABLES [LOGICIEL ET MATERIEL]</b>	Abonnements applications et logiciels pour la salle blanche et TEAM	15 239		15 239
<b>D3 : ACHATS [LOGICIEL ET MATERIEL]</b>	Matériel informatique TEAM et salle blanche	14 600		14 600
<b>E3 : CONSTRUCTION ET MAINTENANCE RELEVANT DU PROPRIETAIRE</b>	Tous travaux, contrats, petits outillages relevant de la maintenance de la salle (pas les consommables qui sont en B2)	50 448	25 000	75 448

957 219 245 609 1 202 828

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 membres du réseau Renatech se livrent à l'exercice de l'établissement 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

LAAS Demande TGIR/IR 2020-2029																		
AE = Engagements juridiques			Exécuté				BP	Demande										
DEPENSES liées à la TGIR			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	
<i>Fonctionnement</i>			1,228	1,444	1,524	1,522	1,411	1,416	1,420	1,424	1,428	1,433	1,437	1,441	1,446	1,450	1,454	
<i>Investissement</i>			0,430	0,763	1,456	1,008	0,488	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328	
Person	<i>Personnel non permanent</i>		0,174	0,220	0,130	0,073	0,070	0,086										
	<i>Personnel permanent</i>		2,067	2,641	2,303	2,405	2,268	2,231	2,238	2,238	2,238	2,163	2,089	2,089	2,089	2,089	2,089	
<b>TOTAL DEPENSES</b>			<b>3,899</b>	<b>5,068</b>	<b>5,413</b>	<b>5,007</b>	<b>4,237</b>	<b>4,060</b>	<b>3,986</b>	<b>3,990</b>	<b>3,994</b>	<b>3,924</b>	<b>3,854</b>	<b>3,858</b>	<b>3,862</b>	<b>3,867</b>	<b>3,871</b>	
AE = Engagements juridiques			Exécuté				BP	Demande										
Subvention d'Etat TGIR NB (SE)			0,620	0,620	0,620	0,830	0,815	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	
BUDGET CNRS Ligne TGIR	Fonctionnement	<i>dont Fonctionnement récurrent</i>	0,620	0,620	0,620	0,755	0,760	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650	
		<i>dont Petits équipements</i>				0,075	0,055	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	
	Investissement	<i>dont Projets en cours de réalisation</i>																
		<i>dont Nouveaux projets</i>																
<b>TOTAL DOTATION TGIR [A]</b>			<b>0,620</b>	<b>0,620</b>	<b>0,620</b>	<b>0,830</b>	<b>0,815</b>	<b>0,700</b>										
BUDGET CNRS Autres lignes	<i>CPER</i>																	
	<i>Dotation complémentaire Institut</i>																	
	<i>Investissements d'avenir*</i>		0,070	0,055	0,080	0,093	0,065											
	<i>Opérations Immobilières</i>				0,150	0,240	0,160											
	<i>Presta. labo académiques (FEMTO)</i>																	
	<i>CDD (C2N)</i>																	
	<i>Autres [RP C2N]</i>																	
<b>TOTAL autres lignes [B]</b>			<b>0,070</b>	<b>0,055</b>	<b>0,230</b>	<b>0,333</b>	<b>0,225</b>											
Budget CNRS Personnel permanent	ETPT**		28,5	35,5	28,4	29,8	28,0	27,5	27,6	27,6	27,6	26,6	25,6	25,6	25,6	25,6		
	Coût personnel permanent [C]**		1,976	2,443	2,124	2,226	2,089	2,052	2,059	2,059	2,059	1,985	1,910	1,910	1,910	1,910		
<b>TOTAL CNRS [I =A+B+C]</b>			<b>2,666</b>	<b>3,118</b>	<b>2,974</b>	<b>3,389</b>	<b>3,129</b>	<b>2,752</b>	<b>2,759</b>	<b>2,759</b>	<b>2,759</b>	<b>2,685</b>	<b>2,610</b>	<b>2,610</b>	<b>2,610</b>	<b>2,610</b>		

\* Si le CNRS coordonne le projet \*\* Personnel de service de la TGIR (hors recherche propre)

		Exécuté				BP												
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029		
AUTRES RESSOURCES	Contribution d'autres organismes	ANR - RTB	0,343	0,423	0,343	0,442	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328	
		Ministère-déménagement																
		CEA																
		CNFM PMIPS																
		C'Nano IdF																
		CPER ETAT																
		IPVF																
	Contribution des universités	UFC																
		Université Fédérale de Toulouse (fonctionnement)		0,101	0,010	0,011	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
		UGA																
		Université Paris Sud (MRM)																
		personnel non permanents																
		infrastructure																
		Lille 1 fonctionnement																
	[Préciser]																	
	Collectivités territoriales	Région, autres collectivités																
		CPER - équipement																
		DIM Ile de France																
		RTRA																
		Labex																
		Région Midi-Pyrénées	0,110	0,130	0,317													
		CG91																
		CPER CIA - Equipement (IEMN)																
		CPER - Fonctionnement / salaires (FEMTO)																
		SESAME IdF																
		[Préciser]																
		[Préciser]																
Contrats	ANR																	
	Investissements d'avenir**	0,050	0,063	0,076														
	industriels		0,100															
	Contrats nationaux																	

	<i>Contrats divers</i>															
	<i>Facturation interne sur divers contrats</i>	0,247	0,397	0,357	0,400	0,400	0,401	0,402	0,404	0,405	0,406	0,407	0,408	0,410	0,411	0,412
	<i>[Préciser]</i>															
<b>Prestations / Services facturés</b>	<i>Laboratoires académiques</i>	0,032	0,020	0,033	0,056	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041
	<i>industriels</i>	0,320	0,297	0,305	0,269	0,298	0,299	0,300	0,301	0,302	0,302	0,303	0,304	0,305	0,306	0,307
	<i>[Préciser]</i>															
	<i>[Préciser]</i>															
<b>Financements européens</b>	<i>Contrats européens</i>				0,185											
	<i>FEDER</i>			0,848												
	<i>[Préciser]</i>															
	<i>[Préciser]</i>															
<b>Autres</b>	<i>Entreprises privées Françaises</i>			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>ENSMM</i>															
	<i>UFC</i>															
	<i>Université Fédérale de Toulouse</i>	0,091	0,198	0,179	0,179	0,179	0,179	0,179	0,179	0,179	0,179	0,179	0,179	0,179	0,179	0,179
	<i>Paris Sud</i>															
	<i>Paris 7</i>															
	<i>Total ETP (hors CNRS)</i>	2,0	2,65	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39
<b>TOTAL AUTRES RESSOURCES [II]</b>	<b>1,193</b>	<b>1,730</b>	<b>2,565</b>	<b>1,542</b>	<b>1,255</b>	<b>1,257</b>	<b>1,259</b>	<b>1,261</b>	<b>1,263</b>	<b>1,266</b>	<b>1,268</b>	<b>1,270</b>	<b>1,272</b>	<b>1,275</b>	<b>1,277</b>	
** Si le CNRS ne coordonne pas le projet																
<b>TOTAL RESSOURCES [I+II]</b>	<b>3,859</b>	<b>4,848</b>	<b>5,539</b>	<b>4,931</b>	<b>4,384</b>	<b>4,009</b>	<b>4,018</b>	<b>4,021</b>	<b>4,023</b>	<b>3,950</b>	<b>3,878</b>	<b>3,880</b>	<b>3,883</b>	<b>3,885</b>	<b>3,887</b>	
<b>SOLDE ANNUEL</b>	<b>-0,040</b>	<b>-0,220</b>	<b>0,126</b>	<b>-0,076</b>	<b>0,147</b>	<b>-0,051</b>	<b>0,032</b>	<b>0,030</b>	<b>0,028</b>	<b>0,026</b>	<b>0,024</b>	<b>0,022</b>	<b>0,020</b>	<b>0,018</b>	<b>0,016</b>	
<b>SOLDE Cumulé</b>		<b>-0,220</b>	<b>-0,095</b>	<b>-0,171</b>	<b>-0,024</b>	<b>-0,075</b>	<b>-0,043</b>	<b>-0,012</b>	<b>0,016</b>	<b>0,043</b>	<b>0,067</b>	<b>0,089</b>	<b>0,109</b>	<b>0,128</b>	<b>0,144</b>	

## ANALYSE DE L'IMPACT DE LA FACTURATION AUDITABLE

Par sa méthodologie basée sur le calcul des coûts complets de façon aussi précise que possible la facturation auditable pouvait faire craindre une augmentation mécanique de la facture technologique des équipes du laboratoire.

Nous avons analysé l'évolution des sommes globales payées par les équipes du LAAS entre 2008 et 2018, et donc au fil des évolutions des modes de facturation.

### **Les trois régimes de facturation entre 2008 et 2018.**

Entre 2008 et 2018 trois régimes se sont succédés

#### **2008-2011 : pas de pré affectation des commandes**

1. L'affectation du support payant les commandes émanant de la salle blanche se faisait au niveau des services financiers.
2. Lorsque la subvention d'état était épuisée il pouvait y avoir utilisation de crédits projets pour payer des commandes relatives à la salle blanche.
3. En fin d'année la facture des opérations technologique devait être réglée par les chercheurs sans tenir compte d'éventuelles sommes prélevées lors de l'étape 2.

#### **2012-2014 : pré affectation des commandes**

1. Une année N lorsque la subvention d'état était épuisée la pré-affectation du crédit projet payant les commandes émanant de la salle blanche se faisait au niveau du service TEAM au prorata des activités de l'année précédente des équipes en salle blanche.
2. Certaines dépenses attribuables à la salle blanche mais ne passant pas par elle pouvaient être affectées sur des crédits projets par les services financiers
3. En début d'année N+1 une "régularisation" était faite en comparant les sommes demandées en année N dans le cadre de l'étape 1 et les relevés sur les fiches de processus des sommes en payer. Une équipe trop prélevée disposait d'un "avoir" quand une équipe pas assez prélevée devait régulariser sa "dette".

#### **Depuis 2015 : facturation auditable**

1. La subvention FEI, FEI IR, et l'IG du LAAS sont les seuls supports de toutes les commandes relatives à la salle blanche. Ces commandes sont pré affectées au niveau du service TEAM puis validées par les services financiers.
2. La facturation est effectuée à intervalles réguliers ou à la demande des chercheurs, des sommes exactes relevées sur les fiches de processus.
3. Le prélèvement des sommes facturées se fait sur les crédits projets précisés par les chercheurs porteurs des projets.

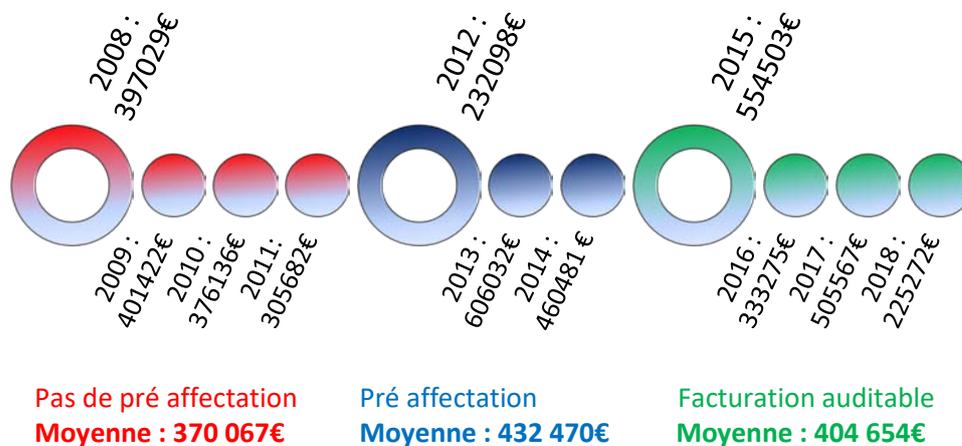
### **Evolution des sommes facturées aux équipes du LAAS entre 2008 et 2018.**

#### **Précisions sur les montants**

Il s'agit des montants remontés par le service TEAM auprès des services financiers. Avant l'établissement de la facturation auditable il pouvait y avoir un décalage de plusieurs mois voire plus d'une année entre cette remontée et l'encaissement effectif.

Ceci explique le décalage qui existe entre les chiffres présentés ici et ceux qui apparaissent dans les bilans financiers du laboratoire.

## Historique des sommes demandées aux équipes du LAAS-CNRS



### Analyse

#### Origine des fluctuations les plus importantes

- Sous facturation en 2012 en raison du changement de méthode qui a entraîné le report des factures à 2013, l'IG LAAS a fait l'avance des frais avant de se faire "rembourser" en 2013.
- Sur facturation en 2013 pour récupérer les avances faites par l'IG LAAS en 2012 du retard de l'année précédente
- Sur facturation en 2015 puis sous facturation en 2016 car quelques fiches process de 2015 se sont poursuivies jusqu'en octobre 2016 et sont imputées à 2015 dans cette présentation.
- Sur facturation en 2017 puis sous facturation en 2018 car beaucoup des fiches process de 2017 ont été poursuivies jusqu'en juillet 2018 date de la fermeture pour travaux et sont imputées à 2017 dans cette présentation.

#### Éléments de contexte sur la période

- Nombre d'utilisateurs (basé sur nombre tenues au contrats)
  - 2009-2012 : 91      2012-2015 : 168      depuis 2015: 201
- Nombre d'heures utilisation salle blanche
  - Relevé moyen sur l'application Grr entre 2011 et 2015 : 33 000 heures
  - Relevé moyen sur l'application Myfab depuis 2016 : 34 000 heures
- Comparaison en € constants
  - Inflation sur la période 2008 -2018 : 12,9% :
  - Si on rapporte la moyenne de la période 2008-2011 à 2018 en tenant compte de l'inflation cela ferait une moyenne 417 806 / an €

#### Conclusions

- La moyenne en € constant ne varie que 6 à 7% sur les 10 dernières années.
  - Ce qui reflète les variations d'activité
- L'hypothèse selon laquelle « le total reste le même parce qu'on fait moins de techno puisqu'elle est plus chère » ne paraît pas valable car
  - Le volume d'activité est stable
  - Le nombre d'utilisateurs est stabilisé.
- La facturation auditable n'a donc entraîné aucun changement notable dans le montant total facturé aux équipes. Des actions de politique scientifique interne permis par les sommes

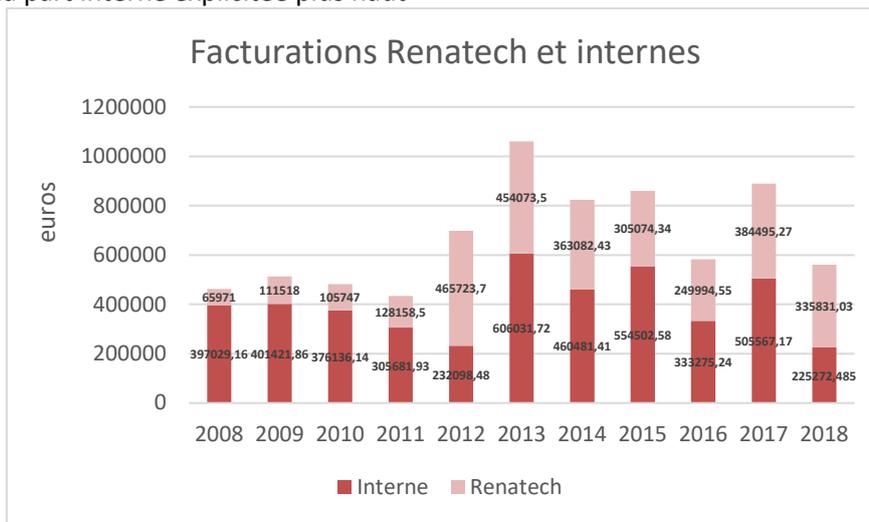
banalisées encaissées par l'IG LAAS permettent même d'affirmer que la facturation auditable a permis une baisse de l'ordre 33% du coût final de la technologie pour les équipes du LAAS.

## ANALYSE DE L'IMPACT DES PROJETS RENATECH

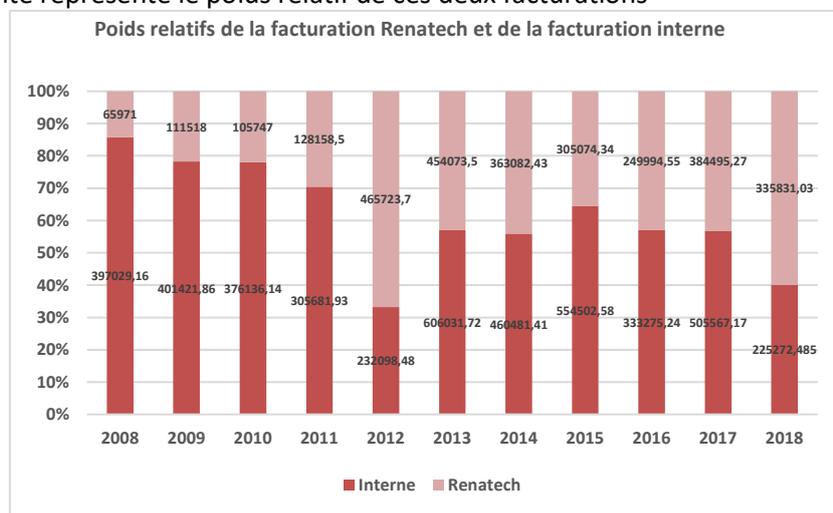
Comme indiqué dans le chapitre sur les activités Renatech celles-ci représentent moins de 12 % du volume global d'activité. Nous analysons ici de façon un peu plus précise le volet financier généré par ces projets

### Evolution des facturations Renatech vs internes

La première figure permet de visualiser l'évolution absolue des sommes facturées. Les fluctuations ont été pour la part interne explicitée plus haut



La figure suivante représente le poids relatif de ces deux facturations



### Analyse

Sur 10 ans les moyennes sont de

- Renatech : 296 970€ soit 45,9% du total
- Interne après éléments internes de politique scientifique : 349 743€ soit 54,1% du total

Depuis la mise en place de la facturation auditable ces moyennes sont

- Renatech : 318 949 € soit 54,4% du total
- Interne après éléments internes de politique scientifique : 267 061€ soit 45,6% du total

Si l'on peut conclure que les projets Renatech représentent près de la moitié des recettes pour 12% des activités attention toutefois à l'effet généré par l'activité Renatech dans le cadre du laboratoire commun Opéra qui représente la majeure partie des sommes.

Si l'on s'affranchi des activités et recettes générées au titre de projet Renatech la part des activités pour les extérieurs passe sous les 10% quand les recettes passent à 142 k€ soit environ 35 % du total ; contre 267 k€ pour les projets internes soit 65% du total.

# DEMANDES INTERNES

Les demandes  
Éléments d'analyse

## LES DEMANDES INTERNES 2019

Les projets surlignés en rouge sont terminés, ceux surlignés en vert sont nouveaux.

### ISGE

Référence	P-17-02302	P-17-02038	P-13-00175	P-17-02055	P-15-01710	P-16-01718
Nom	<a href="#">MOVeToDIAM</a>	<a href="#">Microsupercap 3D</a>	<a href="#">Cellules de commutation monolithique</a>	<a href="#">OPGAN</a>	<a href="#">HEMT GaN</a>	<a href="#">Exagan</a>
Porteur	Isoid	Pech	Bourenane	Morancho	Morancho	Morancho
Objet	Composants de puissance sur diamant	Micro supercondensateurs	Cellules de type aiguilleur de courant	Optimisation des Performances électriques des composants de puissance GaN	HEMTs en Nitrure de Gallium présentant la fonctionnalité « normally-off »	Assemblage de HEMT de puissance
Coordinateur	Imbernon	Bourrier	Imbernon	Imbernon	imbernon	Charlot

### NEO

### MH2F

### OSE

### MOST

Référence	P-17-02049	P-13-00209	P-13-00180	P-18-02464	P-17-02046	P-18-02427
Nom	<a href="#">IDEX MUSE</a>	<a href="#">PyroMEMS</a>	<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	Rossi	Rossi	Grenier	Tap	Viallon	Llopis
Objet	Intégration de nano-objets pour réaliser des micro sources d'énergie	Micropyrosystèmes	Microdétecteurs hyperfréquence fluidiques et biologiques	Capteur photonique intégré pour la détection de gaz	Intégration de solénoïdes 3D à air	Assemblage par bonding
Coordinateur	Mesnilgrente	Conedera	Conedera	Lecestre	Bourrier	Charlot

### PHOTONIQUE

Référence	P-13-00231	P-13-00232	P-15-01624	P-14-00729	P-18-02505
Nom	<a href="#">Diodes laser à cristal photonique</a>	<a href="#">Composants photoniques AIOX</a>	<a href="#">Labcom development</a>	<a href="#">Composants nanophotoniques sur verre</a>	<a href="#">Épitaxie de GaAsBi</a>
Porteur	Gauthier Lafaye	Almuneau	Camon	Gauthier Lafaye	Fontaine
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	Développement alliages GaASBi
Coordinateur TEAM	Dubreuil	Doucet	Conédéra	Daran / Dubreuil	Arnoult

Référence	P-15-01326	P-14-01282	P-14-01244	P-15-01404	P-17-02029
Nom	<a href="#">Réseaux optiques sol gel</a>	<a href="#">Score</a>	<a href="#">Composants Pour la photovoltaïque III-V</a>	<a href="#">EPIGRAVE</a>	<a href="#">Puces Atomes froids</a>
Porteur	Camon	Camon	Almuneau	Fontaine	Gauthier Lafaye
Objet	Réalisation de réseaux optiques en sol gel	Fabrication structures photoniques	cellules photovoltaïques III-V	Validation chaine EJM+FIB	Puces magneto optiques
Coordinateur TEAM	Conédéra	Dubreuil	Arnoult	Arnoult	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	Lecestre	Charlot	Charlot	Charlot

### MPN

Référence	P-13-00201			P-15-01337		P-16-01775	P-14-00710	P-18-02694	P-19-02780
Nom	Nanofils			<a href="#">MORLEX</a>	<a href="#">MOSDIIA</a>	<a href="#">ORGADETECT</a>	<a href="#">NanOnSi</a>	Nano TI	<a href="#">Etude de l'activation des dopants</a>
Porteur	Larrieu	Larrieu	Larrieu	Bedel	Bedel	Bedel	Plissard	Plissard	Bedel
Objet	<a href="#">Dispositifs bio</a>	<a href="#">Structuration NFs top down</a>	<a href="#">Transistors 3D</a>	Etude des défauts engendrés par le recuit laser sur silicium.	Structures effet hall	Elaboration et caractérisation de mélanges de semi-conducteurs organiques pour la photo détection	Croissance de nanofils III-V	Growth and characterizations of Nanoscale BiSb materials	Etude de l'activation des dopants par effet hall différentiel
Coordinateurs	Lecestre	Lecestre	Lecestre	Imbernon	imbernon	Salvagnac	Arnoult	Arnoult	Imbernon

### MICA

Référence	P-13-00181	P-18-02445	P-18-02456	P-16-01940	P-13-00185	P-13-00186
Nom	<a href="#">MOEMS VCSEL</a>	<a href="#">Actionneurs microfluidiques laminés</a>	<a href="#">Microrésonateurs optiques 850nm</a>	<a href="#">Capteurs microrésonateurs optiques</a>	<a href="#">DISPOS</a>	<a href="#">HYPOCAMP</a>
Porteur	Bardinal	Raimbault	Raimbault	Raimbault	Seguy	Bardinal
Objet	Etudes génériques et prospectives pour la réalisation de fonctions optiques en polymères (lentilles, MOEMS) sur composants optiques VCSELS	Actionneurs microfluidiques par lamination de films secs	Microrésonateurs optiques à couplage vertical et réseaux de couplage métalliques	Microrésonateurs optique pour applications capteur	Réalisation de composants organiques	VCSELS dont le faisceau est accordable spectralement
Coordinateur	Reig	Mesnilgrente	Conédéra	Carcenac	Salvagnac	Doucet

Référence	P-14-00715	P-13-00189	P-13-00190	P-16-01754	P-13-00191
Nom	<a href="#">ChemFET</a>	<a href="#">Eleccell</a>	<a href="#">Plateformes chauffantes</a>	<a href="#">DOCT VCSEL</a>	<a href="#">Intégration de nouveaux matériaux pour la filière capteurs de Gaz</a>
Porteur	Temple	Launay	Ménini	Bardinal	Menini
Objet	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	Mazenq	Mazenq	Conédéra	Doucet	Mesnilgrente

### MILE

Référence	P-17-02316	P-13-00205	P-16-01924	P-17-02328	P-18-02430
Nom	<a href="#">Microfluidique pour membranes biomimétiques</a>	<a href="#">DIGIDIAG</a>	<a href="#">NEMESIS</a>	<a href="#">Couplage mécano-chimique des cellules</a>	<a href="#">Bactéries magneto</a>
Porteur	joseph	Gue	joseph	Delarue	Gue
Objet	Canaux microfluidiques pour étudier les membranes	Laboratoire sur puce à actionnement magnétique	microcanaux mimant la filtration	Biopuce microfluidique	Séparer des bactéries magnéto tactiques
Coordinateur	Mesnilgrente	Conedera	Dubreuil	Mesnilgrente	Conédéra

**MILE**

Référence	P-16-01748	P-16-01753	P-16-01735	P-18-02631	P-18-02686
Nom	<a href="#">Neuraxe</a>	<a href="#">DBO MEMS</a>	<a href="#">μLAS</a>	<a href="#">Réalisation d'un mécano-chimio-stat pour cellules cancéreuses</a>	<a href="#">MICROMETA</a>
Porteur	Joseph	Boukabache	Bancaud	Delarue	Delarue
Objet	puces microfluidiques pour croissance de neurones	Développement d'un microsysteme pour analyse de l'eau	biopuce microfluidique	dispositif permettant de contrôler l'environnement mécanique et chimique d'une population de cellules cancéreuses	mesurer le métabolisme de cellules eukaryotes sous diverses contraintes chimiques et mécaniques
Coordinateur	Mesnilgrete	Conédéra	Mesnilgrete	Mesnigrente	Mazenq

**ELIA**

Référence	P-13-00216	P-17-02276	P-13-00219	P-18-02504	P-13-00222
Nom	<a href="#">SANTECH</a>	<a href="#">Multifab</a>	<a href="#">NODENS</a>	<a href="#">IV-catch</a>	<a href="#">NANOMEACCELL</a>
Porteur	Vieu	Malaquin	Cerf	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	Dispositifs communicants pour capture de cellules tumorales in vivo	mesures forces amas de sphéroïdes de cellules vivantes
Coordinateurs	Carcenac	Courson	Bourrier	Bourrier	laborde

**ELIA**

Référence	P-13-00225	P-14-01256	P-15-01401	P-18-02623	P-15-01694
Nom	<a href="#">Nanosystèmes a base de matériaux moléculaires</a>	<a href="#">MFG for MFM</a>	<a href="#">Cellules en 3D</a>	<a href="#">Exobiologie</a>	IRT Nano
Porteur	Thibault	Cerf	Malaquin	Vieu	Fourniols
Objet	Nanostructuration de matériaux moléculaires	Multi focus grating for Multi focal microscopy	micro environnement 3D pour culture cellulaire	capteurs de biodétection spatialisable	Qualification pâte de sérigraphie
Coordinateur	Carcenac	Mazenq	Calmon	Carcenac	Charlot

**S4M**

## 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="#">NEMS</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	Mesnilgrete	Reig	Carcenac	Mazenq	Bourrier

Référence	P-16-01766	P-13-00228	P-16-01772	P-15-01449	P-16-01771	P-19-02752
Nom	<a href="#">Biodispositif implantable</a>	<a href="#">Muscles artificiels</a>	<a href="#">Soleil</a>	<a href="#">OLYMPIA</a>	<a href="#">Planarpore</a>	<a href="#">3D brain</a>
Porteur	Bergaud	Bergaud	Leichle	Legrand	Leichle	Maziz
Objet	Réalisation d'électrodes implantables	etudes dépôts sur substrats divers	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
Coordinateurs	Laborde	Mesnilgrete	Bourrier	Mazenq	Mesnilgrete	Laborde

## ELEMENTS D'ANALYSE

### Projets 2019

Un décompte brut sans analyse indique une baisse de 9 du nombre total de projets demandant un support, pour arriver à 60 demandes.

Un peu plus finement on peut noter

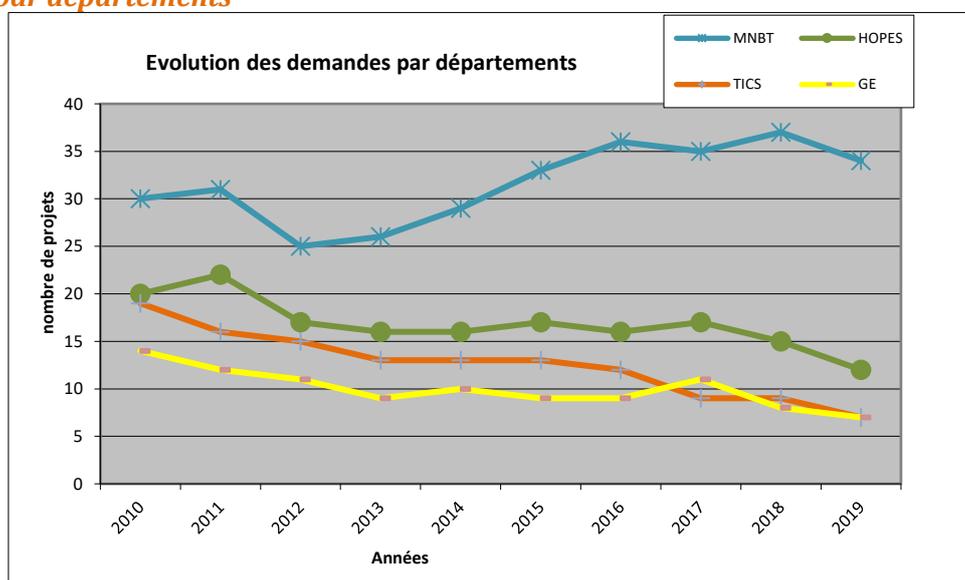
- La fin de 15 projets
- L'ouverture de 6 nouveaux projets.

Si le mode de financement sur projet explique des variations régulières du nombre de projets soutenus on remarque que la variation est particulièrement forte cette année.

Elle peut s'expliquer en partie par le fait que la plupart des projets clôturés ont plus de 4 ans, une durée supérieure à la durée moyenne d'un financement par une agence telle l'ANR.

### Evolution pluriannuelle

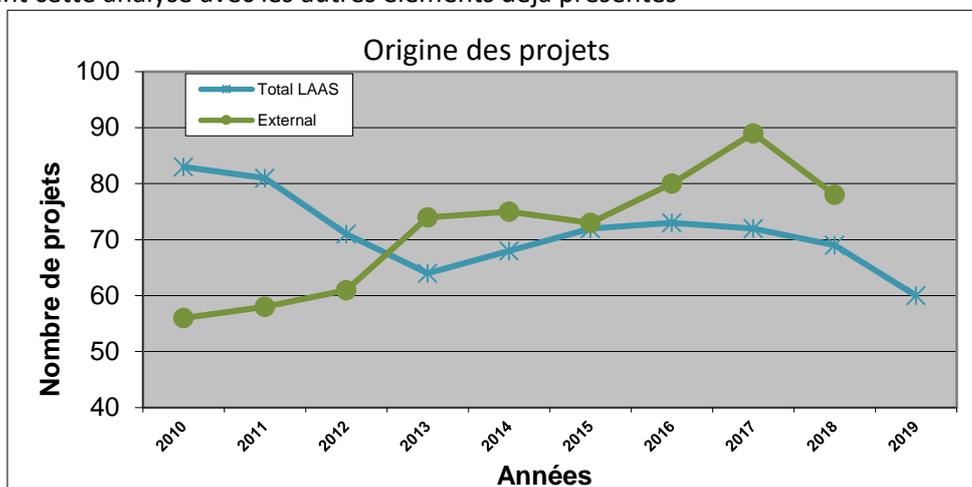
#### Origine par départements



La situation reste la même. Le département MNBT est le plus grand pourvoyeur de demandes. Enfin proportionnellement à leur sollicitation chaque département voit ses demandes diminuer.

#### LAAS vs demandes externes

Même si les deux éléments en 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 demande confirmation ou infirmation en 2019. Rappelons que la salle blanche a été fermée pendant 3 mois en 2018, ce qui a nuis à l'accueil de demandes externes.

De la même façon la baisse régulière depuis 2016 des projets internes demande confirmation ou infirmation car le nombre des sollicitations est fortement lié à l'obtention de financements. Nous pourrions tout à fait revenir à la situation connue au début des années 2010.

Depuis 2013, peu ou prou la proportion entre les deux natures de demandes reste régulière.

De plus si l'on considère que les activités pour les projets externes ne représentent que 12% 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

#### Activité

L'activité de la zone d'assemblage reste sensiblement stable depuis 2 ans dans son ensemble. L'activité d'assemblage répond essentiellement à des demandes classiques de découpe, montage et bonding de composants et des demandes ponctuelles relatives à certains projets sur les opérations de wafer bonding, sérigraphie, flip chip et polissage.

Pour finir, la fabrication de dispositifs essentiellement fluide utilisant des résines photosensibles par lamination semble fiable et mature. L'activité est en pleine croissance depuis 3 ans. D'ailleurs cela se ressent aussi dans le volume horaire des découpes qui est plus important. Le verre nécessitant un temps plus long à découper que le silicium.

En réflexion sur l'évolution de l'assemblage au sein de la plateforme, un projet PRRI est en cours de montage sur les aspects intégration. Celui-ci inclut des partenaires industriels ainsi que des Start up en partenariats avec des chercheurs du LAAS sur la thématique. Les équipements visés sont affichés en prospective et répondent à une demande exprimée dans les projets (capteurs de gaz, de pression, de PH, ainsi que l'intégration de matériaux pour la RF, la fluide ou le médical).

#### Personnel

Depuis 1 an, 1 seul permanent travaille en zone d'assemblage. Ceci implique des changements d'organisation de la zone à venir comme la poursuite de l'ouverture en libre accès à certains équipements après formation. Quoiqu'il en soit il faudra pallier à cette situation. La zone d'assemblage ne pouvant reposer sur les épaules d'un seul membre permanent. Une demande d'un AI pour assurer les tâches de découpe et montage a été acceptée par la direction et une offre d'emploi est en cours. Nous recevons actuellement des candidats et espérons un recrutement pour mai 2019. Si le projet PRRI est accepté, nous aurons une aide supplémentaire avec l'embauche d'un AI ou d'un IE pour 3 ans.

### Caractérisation

#### Formation utilisateurs

La formation et le suivi des utilisateurs demandent un investissement très important, il est donc nécessaire que les personnes qui ont suivi ces formations s'investissent pleinement et manipulent les appareils régulièrement pour s'assurer la maîtrise de ceux-ci, la formation en 2 temps devrait aider.

#### Utilisation machines

Les personnes ont pris l'habitude de réserver les machines les plus utilisées ce qui permet d'avoir un décompte plus précis du nombre d'heure. On remarque une réduction de l'utilisation des moyens de caractérisation ce qui reflète la baisse des travaux effectués dans la centrale de technologie en 2018 dû à l'arrêt de la salle blanche.

#### Personnels de la zone

En 2018, Emmanuelle Daran a intégré la zone caractérisation pour s'occuper dans un premier temps des AFM et aussi être un lien privilégié avec les projets de recherche sur les nano.

Depuis décembre 2018, Andréa Nicollet a aussi intégré la zone caractérisation (~20% de son temps) pour des actions d'intérêt général et soutien technique au jour le jour.

## Chimie

### *Refonte de la chimie en salle blanche*

De nombreuses évolutions ont eu lieu sur les équipements de chimie, dans le but d'améliorer la sécurité des opérateurs et d'ajouter de nouvelles fonctionnalités. Ces actions doivent se poursuivre en 2019.

Au terme de l'année 2019, la plupart des besoins en chimie devraient donc être couverts, à l'exception de la sorbonne comportant une rampe à vide destinée à l'espace de chimie exploratoire, et dont l'absence interdit pour le moment les applications nécessitant une atmosphère inerte. Une partie de l'amortissement d'un tel équipement pourrait par exemple provenir de la possibilité d'y fabriquer les résines HSQ actuellement très coûteuses de la lithographie électronique.

### *Personnel*

Plusieurs actions n'ont pu être menées à bien ou l'ont été avec retard du fait du départ de Nathalie Lauber en 2017, les tâches indispensables relevant des compétences d'un T ou d'un AI ayant été faites par le responsable de la zone au détriment d'autres tâches utiles à l'amélioration de la sécurité, aux projets de recherche, ou au développement de la zone (et de la nanoimpression) qui ont mécaniquement été reportées.

Pour 2019 il est prévu l'arrivée d'un AI en CDD à 50% sur le poste, ce qui permettra de rattraper une partie du retard accumulé dans les certaines tâches, d'assurer une plus large couverture des activités dans cette zone qui met à disposition des utilisateurs des produits chimiques pour certains particulièrement dangereux et nécessite une gestion rigoureuse, de développer des procédés standardisés pour les utilisateurs, de raccourcir les délais de réparation ou d'installation des équipements et permettra de dégager du temps de chimiste disponible pour des problèmes relevant de cette compétence.

### *Sécurité*

Au terme de 2019 nous aurons une cartographie des caractéristiques aérauliques de l'ensemble des postes de la zone chimie, et ils devraient tous être conformes aux normes en vigueur. La boîte à gants devrait permettre l'utilisation de l'acide fluorhydrique par tous les personnel y compris non permanents (système clos) mais toutes les opérations concernant l'acide fluorhydrique ne pourront y être conduites d'une part pour des raisons de contamination croisée, d'autre part parce que la manipulation de lot de plaquettes 4 pouces par exemple ni sera pas possible. Une solution pour que toutes les opérations impliquant l'utilisation d'acide fluorhydrique soient conduites en systèmes clos serait l'acquisition d'équipements de type automatisé qui pourraient alors permettre également l'utilisation d'autres acides dangereux pour des opérations de nettoyage ou de gravure. Ce type d'équipement a un coût comparable à celui des équipements utilisés en techniques sèches (gravure, PVD, etc...)

## Dépôts sous vide

### *Activité*

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 thermies demandent toujours un développement constant. L'année 2019 va permettre de développer des films de TiO<sub>2</sub> dans le TFE pour la réalisation de dispositifs de production d'hydrogène.

### *Equipement*

L'année 2019 devrait permettre de prospecter pour l'acquisition d'un bâti supplémentaire pour la réalisation des dépôts AuGe/Ni/Au indispensable à la filière photonique.

## Electrochimie

### Activité

L'année 2018 marque une stabilisation de l'activité si on s'en tient aux chiffres. En réalité nous avons une augmentation de l'activité liée aux projets du fait qu'il y a eu peu de développement d'intérêt général ou de calibration qui d'habitude représentent un grand nombre de dépôt.

### Personnel

L'année 2018 a été une première dans l'existence de la zone de dépôt électrolytique. C'est la première année où il y a une seule personne pour répondre à toutes les demandes. Elle a été le révélateur de nos craintes exprimées toutes ces dernières années. C'est-à-dire qu'une seule personne travaillant dans la zone n'est pas suffisante pour répondre à toutes les demandes, faire le suivi des bains, des calibrations, de réaliser de nouveaux développements, de répondre à tous les besoins courants de la zone...

Avec nos nombreuses années d'expériences avec des CDD, il nous faut au minimum 1.5 personnes sur la zone pour répondre aux besoins vitaux 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

### MBE32

Les croissances ont été menées par Chantal Fontaine (PHOTO).

### MBE412

Trois activités cohabitent avec succès : les croissances de nanofils sur Si, la recherche sur la compréhension des mécanismes de croissance de bismures dilués, et une activité à base de structures III-V pour les composants et nouveaux alliages III-V pour la photonique.

Outre l'équipement du MBE412 d'une ligne H, l'accent a été mis sur le développement d'outils de suivi in-situ de la croissance, dont le but est de parvenir à fiabiliser le procédé d'épitaxie. Ces outils se sont révélés très efficaces lors de la réalisation de croissances complexes (lasers VCSEL, lasers modulés, etc...). La stratégie mise en place est basée sur le couplage de techniques complémentaires afin de parvenir soit à une meilleure compréhension soit des mécanismes de la croissance (recherche sur la croissance du GaAsBi par exemple), soit à une adaptation en temps réel face aux dérives et fluctuations des sources des éléments épitaxiés.

### Personnel

Quentin Gravelier (AI), formé par G.Lacoste, A.Arnoult et C.Fontaine aux premières bases des techniques de l'ultra vide et de l'épitaxie a réussi le concours AI BAP B. Il intègre donc un poste de permanent dans le laboratoire, qui lui permet de poursuivre le travail qu'il mène depuis déjà 3 ans au sein de la zone. La formation de Quentin auprès de Guy Lacoste, avant son départ à la retraite, lui permet de poursuivre au mieux les missions de Guy au sein de la zone EJM.

## Gravure plasma

### Parc machine

- De nombreux matériaux et tout type de masquage utilisent l'ensemble des machines de gravure : l'acquisition d'un OES adapté, portable et peu encombrant nous permettra de contrôler les contaminations croisées et pourra valider nos calibrations régulières sur l'état des procédés.

- Les machines TRIKON ne sont plus fabriquées et les pièces pour la maintenance sont très limitées. Par conséquent nous allons acquérir un nouvel équipement SENTECH fluoré avec une option DRIE.
- L'équipement Alcatel est le plus utilisé en zone gravure plasma. En cas de maintenance, il est indispensable d'avoir d'autres équipements pouvant le remplacer. Dans cet optique, il devient nécessaire d'effectuer le rétrofit de l'équipement DRIE STS, sachant que le rétrofit du PECVD STS s'est bien passé.
- Pour des questions de sécurité et d'environnement, il est nécessaire de prévoir l'achat de filtres à gaz pour le traitement des gaz fluorés utilisés lors des gravures profondes du silicium et du verre.
- L'équipement TEGAL (plasma O<sub>2</sub>) est en cours de rétrofit par I2C (T. Corbin, V. Brossa, D. Lagrange). Des premiers tests en mode manuel ont été réalisés avec succès. Le mode automatique est en cours de développement sous Labview.

### ***Développements des procédés de gravure***

- Des optimisations de procédés génériques a pu être faites grâce à un stagiaire de Master 1. Etant très satisfait des résultats, nous allons continuer en 2019 à prendre un stagiaire de Master 2 dans la zone de gravure plasma. Ces stagiaires sont financés par différentes équipes de recherche (MINC, MEMS, MILE).

## **Jet d'encre et traitement de surfaces**

### ***Jet d'encre***

L'arrivée de la Ceradrop nous permet de conduire de nombreux développements. Son arrivée est importante puisque l'Altadrop subit des pannes que nous ne pouvons résoudre, faute de SAV. Sur la Ceradrop de nombreux modules sont disponibles, nous devons réfléchir au financement de ces options, aussi bien pour les petits modules de l'ordre de 15k€ que les gros modules de l'ordre de 150k€

### ***Traitement de surface***

En traitement de surface l'activité s'est stabilisée, il reste à développer sur le SPD la ligne pour le traitement hydrophile. De nouvelles molécules seront développées à la demande sur le SFD. Nous réfléchissons à l'intérêt d'acquérir un équipement de traitement de surface par plasma.

### ***Electroless***

Pour la SU8, nous avons optimisé le procédé de dépôt de cuivre directement sur la résine sans passer par une couche de nickel. La fonctionnalisation par le laser 266nm n'est pas faisable et donc la fonctionnalisation doit se faire par le spectroligne pleine plaque.

## **Lithographie laser**

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

Malgré l'arrêt de l'équipement DWL 200 pendant 3 mois et les problèmes récurrents d'alignement du laser d'écriture nous avons répondu à toutes les demandes de fabrication et livré 339 masques et réticules. La nouvelle paillasse équipée d'un bain piranha chauffé + bac de rinçage pour le nettoyage résine des masques est fonctionnelle pour traiter des lots de masques 4 et 5 pouces.

### ***Lithographie 3D***

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 de matériaux en 2D et 3D. Dans le cadre du projet MultiFAB de nouveaux équipements laser ont été installés en 2018 pour compléter ces moyens et

ainsi accroître les possibilités de structuration d'une échelle submicronique à centimétrique avec une plus grande variété de matériaux.

## Nanolithographies

### Ressources humaines nécessaires à l'activité

#### Question de la pérennité de la zone à moyen terme :

##### Constat :

- Vieillesse des cadres : âge moyen ~52 ans, 1<sup>er</sup> départ à la retraite possible dans 5 ans
- Il faut 4 ans pour former une personne aux technologies de nano fabrication.
- Un poste de CDD montre bien qu'un poste supplémentaire est indispensable car il permet un meilleur suivi des machines et le développement plus rapide de nouveaux procédés.
- Il n'y a que l'équivalent de 1.1 personnes dédiées aux procédés/projets dans la zone et c'est très insuffisant pour la développer à cause des implications dans une autre zone et/ou dans des actions d'intérêt général.
- Il n'y a eu aucun recrutement pérenne "jeune" en 18 ans
- Nous avons besoin d'un poste, de préférence pérenne, afin de pouvoir maintenir et développer la zone pour un service optimum aux projets de recherche.

##### Solutions :

- a) Former des personnels techniques en interne (TEAM) : 2 personnes sont en cours de formation.
- b) Nous pouvons, dans une certaine mesure, compenser le manque d'investissement du CNRS dans les moyens humains par des investissements dans des moyens techniques comme un masqueur électronique de nouvelle génération :
  - Avantages :
    - Technique bien connue et très stable
    - Automatismes très développés : focus, astigmatisme, chargement d'échantillons, ...
    - Meilleure résolution meilleure fiabilité et reproductibilité
    - Résolution : caractéristiques du faisceau (100keV – sonde plus fine, moins d'effets de proximité locaux)
    - Capacités étendues permettant d'insoler de plus grandes surfaces en un temps réduit : fréquence de balayage 100MHz (10 MHz actuellement) champs plus grands, courant plus important
    - Il faut moins de personnel très qualifié
  - Inconvénients :
    - Coût 3M€ (2M€ avec capacités réduites)
    - Maintenance annuelle : coût 100k€
    - Nécessite un aménagement des infrastructures :
      - Installation dans la salle actuelle : ~100k€ (caisson de préparation d'air, plateforme antivibratoire, boucle de compensation de champs magnétiques).  
À priori ce serait faisable : la société RAITH est prête à venir faire les mesures, et vérifications nécessaires, gratuitement.
      - au rez de chaussée de la salle : ~ 500k€ (chiffage à la louche qui nécessiterait une évaluation plus sérieuse par un bureau d'études). On y rassemblerait tous les appareils sensibles aux vibrations : les MEB, les AFM, le(s) masqueur(s) électronique(s), l'interféromètre FOGALE

### Lithographie électronique

Nous développerons prioritairement, en 2019 :

- Les procédés autour de nouvelles résines CSAR-62 et la réalisation de moules multi-niveaux pour la nano-impression
- L'étude des limites d'utilisation des 2 modules d'insolation en continu (TRAXX/Fixed Beam Moving Stage et PERIODIXX/Modulated Beam Moving Stage) : surface max insolable dans un temps raisonnable, amélioration significative de la réponse optique des échantillons fabriqués.

### **Nanoréplication :**

Nous allons étudier un procédé de lift-off en utilisant une couche sacrificielle afin de poursuivre l'intégration de la nanoréplication dans un procédé complet de nanofabrication.

Nous débutons une étude sur des matériaux biocompatibles et/ou bio-sourcés pour leur utilisation dans des procédés de nano-impression.

L'ensemble des activités de la zone est en interaction très forte avec les zones de photolithographie, gravure plasma et caractérisation (salle blanche et optique) ainsi qu'avec les chercheurs pour le développement des procédés liés aux projets scientifiques : merci à tous pour ce travail collectif !

### **Photolithographie**

#### **Organisation :**

Des actions sont prises pour améliorer les activités :

- Qualification des procédés,
- Maintenances préventives,
- Réduction des coûts,
- Coordination des formations,
- Gestion des stocks sur un tableau de bord (commandes, consommations).

#### **Moyens matériels :**

Le parc d'équipements de la zone est vieillissant (lithographie stepper, système automatique EVG 120, MA150). Cela engendre sur ces équipements une augmentation des pannes et des immobilisations équipements.

Nous nous organisons avec les principaux équipementiers (EVG, Suss Microtec, Canon) au moyen de contrats de maintenance afin de réduire le coût et améliorer le service aux utilisateurs.

Le remplacement de certains équipements (traitement de surface HMDS, tournette, machine d'alignement MA6 Gen4) a permis le développement de filières technologiques tout en assurant la continuité de technologies conventionnelles et maintenir nos savoir-faire.

Cet effort doit cependant être maintenu sur les autres équipements (lithographie par projection, systèmes automatiques) afin de fournir aux utilisateurs des moyens fonctionnels et assurer la pérennité des projets.

#### **Moyens humains :**

Julien Joneau est en contrat d'apprentissage ingénieur au LAAS depuis Septembre 2017. Julien Joneau s'est parfaitement intégré dans l'équipe. En parallèle des développements sur les copolymères à blocs, il a initié des développements de procédés sur les nouveaux équipements. Il est également en charge des qualifications des procédés.

Adrian Laborde et Laurent Mazon continue les missions de formations des utilisateurs, de support et les développements. Adrian Laborde s'implique de plus en plus dans des actions d'intérêt général comme la maintenance des machines d'alignement et la gestion des stocks des substrats qu'il a pris en main. Il participe à la cellule formation de la plateforme, il est devenu en salle blanche un interlocuteur privilégié et coordonnera cette année davantage de projets internes et externes Renatech.

## 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

Si ces adaptations montrent des insuffisances en 2019 nous n'aurons d'autre solution que de réduire le soutien direct et quotidien aux utilisateurs, ou de réduire la réactivité à leurs sollicitations.

### Activité

Elle est dépendante du nombre d'utilisateurs de la salle blanche. On note donc une relative stabilité depuis quelques années.

## Support

### Personnel

Fin 2018 L. Bouscayrol a rejoint la zone de gravure plasma. L'activité quotidienne repose donc sur deux permanents, dont un qui fera valoir ses droits à la retraite d'ici deux ans. Il sera alors très compliqué de poursuivre l'intégralité des actions de la zone à partir de 2021 sans doute.

Si e déploiement prochain d'une GTC facilitera 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 se pose avec de plus en plus d'accuité.

### Activité

Etant principalement basée sur la gestion de l'infrastructure elle est généralement constante.

Néanmoins 2018 et 2019 sont marquées par des travaux d'envergure qui ont nécessité une attention particulière.

Enfin en 2019 les activités liées à l'installation de nouveaux équipements devrait se réduire , nous n'attendons que deux nouvelles machines.

## Traitements thermiques et implantation ionique

### Personnel

Bernard Rousset est parti à la retraite à la mi-août et Pascal Dubreuil a intégré la zone avant de prendre en charge une nouvelle zone CVD début 2019.

La répartition des rôles est définie de la façon suivante:

- Eric Imbernon: implantation ionique, oxydations, redistribution, recuits classiques et RTP, dépôts LPCVD
- Jean-Christophe Marrot: implantation ionique, recuits classiques et RTP, dépôts PECVD
- Pascal dubreuil : dépôts ALD, PECVD et LPCVD.

### Equipements

Le bâti PECVD STS est revenu début décembre. Les calibrations ont été effectuées et sont consultables sur LIMS. Cet équipement est maintenant opérationnel.

## SYNTHESE GENERALE

Nous ne reprenons ici que les points essentiels

### Personnel

- Depuis 2012 le bilan sur les personnels permanents est de -4.
- 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.
- Deux promotions au choix en 2018.

### Equipements

- Installation de dix équipements en 2018
- Importants travaux de rénovation du système de traitement d'air
- Installation de deux équipements prévue en 2019
- Achat d'un bâti de pulvérisation cathodique dès réception de la convention RTB 2018.
- La réduction de l'abondement ERTB depuis quelques années va commencer à peser la jouvence des équipements les plus anciens.
- Des initiatives type PRRI Thermie et Multifab permettent encore une politique d'achat ambitieuse mais sur des filières bien spécifiques

### 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.
- Effort important sur les calibrations de procédés et surtout la mise à disposition des résultats.
- On ne peut toujours que déplorer de ne pas disposer de retours systématiques des utilisateurs quant aux procédés réalisés.
- Domaines de savoir-faire, actions en stand-by.

### Bilan des activités

- Evolutions au niveau de l'organisation des zones
  - 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 respectable
- Volume d'activité globalement stable

### Partenariat Renatech

- Activité en légère baisse due sans doute due à la fermeture de 3 mois de la salle blanche.
- Ces activités représentent 12% de l'activité globale de la salle blanche pour environ la moitié des sommes encaissées en facturation.
- Procédures de travail intégrées avec les services I2C, gestion et RCP.

### Formations

- Plus de 500 heures de formations pratiques annuelles
- Développement de formations en lignes sur Moodle
- Développement des compétences personnels TEAM sur des aspects
  - Techniques
  - Management de projets
  - Techniques pédagogiques

### Sécurité

- Aménagements des postes de chimie pour sécurisation des opérateurs dont la validation sera faite en 2019.
- Actions en cours sur la maîtrise du risque de manipulation du HF par réalisation d'une boîte à gants.
- Action sur la mise en place des fiches individuelles d'exposition au risque chimique
- Formalisation du suivi des actions par mise à jour des données EVRP et mise en place d'un tableau de suivi interne au service, pour plus d'agilité.

### Budget

- Stabilité budgétaire, en droite ligne des prévisionnels
- Fluidité de l'exécution liée à la mise en place du processus complet lié à la facturation auditable.
- La facturation auditable n'a généré aucun surcoût, au contraire même, pour les équipes du laboratoire.

### Demandes internes de soutien

- Neuf demandes de moins pour 2019. Mais il faut analyser la situation sur plusieurs années car les sollicitations sont cycliques en fonction de la durée de vie des financements.

# ANNEXES

Prospective équipements à moyen et long terme de la centrale de micro et nanotechnologies du LAAS-CNRS (décembre 2018)

Liste des équipements au 31 décembre 2018 (extraction depuis l'application Myfab)

Projets Renatech 2018

## PROSPECTIVE EQUIPEMENTS A MOYEN ET LONG TERME DE LA CENTRALE DE MICRO ET NANOTECHNOLOGIES DU LAAS-CNRS (DECEMBRE 2018)

Comme indiqué précédemment la liste 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.

### Introduction

La prospective présentée dans ce document s'appuie sur divers éléments dont principalement

1. Les besoins identifiés pour les projets de recherche et de développements actuels et envisagés dans les années à venir.
2. Les moyens et compétences développés au LAAS dans les quatre domaines de savoir-faire technologiques identifiés.
  - a. Micro nano électronique
  - b. Photonique optique
  - c. Microsystèmes pour la biologie
  - d. Microsystèmes (pour les autres applications)
3. L'équilibre entre
  - a. Les jouvences d'équipements clés.
  - b. Le développement de nouvelles technologies.

### Mise en page

#### *Equipements*

Chaque équipement sera précédé d'un visuel de synthèse qui précisera

- Si la demande porte sur une jouvence /évolution d'équipement existant ou l'acquisition d'un nouvel équipement
- Le montant de l'investissement
- L'ordre de priorité dans sa ressource (zone) de rattachement en salle blanche
- Lesquels des 4 domaines de savoir-faire seront soutenus par l'investissement.

#### *Rubriques*

Elles sont au nombre de 3

- Équipements prioritaires par ressource (zone) de rattachement en salle blanche
- Equipements de priorité moindre par ressource (zone) de rattachement en salle blanche
- Lithographies très résolues

#### *Synthèse*

Un tableau final récapitule les éléments essentiels.

## Équipements prioritaires par ressource (zone) de rattachement en salle blanche (Présentation par ordre alphabétique sans priorisation inter zone)

### Assemblage

#### Flipchip / montage de composants

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
	X	600 000	P1 Assemblage
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

Cet investissement est nécessaire du fait de l'obsolescence de l'ancien équipement dont les pièces d'usure hard et soft ne sont plus assurées par l'équipementier. De plus il permettrait le développement d'une nouvelle filière de packaging (plus de force, monitoring, ultrasons, cadence et auto alignement). Cela permettrait de faire des lots plus importants de manière automatisée permettant une étude de la fiabilité des composants qui est souvent demandée par les partenaires industriels. En effet si la fabrication des puces est collective sur les plaquettes l'assemblage est lui entièrement manuel, sauf à investir dans un tel équipement. Selon les options choisies l'investissement pourra varier entre 350 et 600 k€.

### Caractérisation

#### Profilomètre optique

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
X		200 000	P1 Caractérisation
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

Jouissance du profilomètre interférométrique Wyko (2001) qui n'est plus maintenu par un nouveau profilomètre interférométrique/holographique pour l'analyse dimensionnelle rapide nanométrique et micrométrique. Possibilité d'ajouter des options d'acquisition de mesure fonctionnelle (mécanique, optique) dans le même temps.

### Chimie

#### Hottes de chimie

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
X		100 000	P1 Chimie
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

Il s'agit là de finaliser la rénovation des hottes de chimie de type plan de travail en les transformant en type hotte close ou en sorbonnes. Ces rénovations sont également l'occasion de la réaffectation des procédés mis à disposition ; en ajoutant notamment des bacs de traitement chimique intégrés.

### Electrochimie

#### Plasma traitement de surface à hauts rapport de forme

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
	X	100 000	P1 electrochimie
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

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

### Epitaxie par jets moléculaires

#### Panneau cryogénique et panneaux à eau MBE412

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
X		170 000	P1 EJM
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

Le panneau cryogénique d'un bâti d'épitaxie par jets moléculaires est l'organe sur lequel se condensent la plus grande partie des éléments qui ne se déposent pas sur le substrat. Ils seaturent donc au cours du temps, et il faut le nettoyer complètement afin qu'il retrouve son efficacité. Cette opération dangereuse est sous-traitée au fabricant, et induit des délais non maîtrisés de plusieurs mois (4 à 6 mois minimum), pendant lequel le bâti est arrêté. Disposer d'un panneau cryogénique (et ses panneaux à eau associés) de rechange permettrait donc de ne pas arrêter complètement l'activité du MBE412 pour une longue période lors de cette opération.

### Fours

#### Tube phosphore sur les fours Centrotherm

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
X		150 000	P1 Fours et II
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

Sur les fours Centrotherm pour répondre à de nouvelles 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).

### Gravure plasma

#### STS DRIE

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
X		150 000	P1 gravure plasma
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

Actuellement, nous avons 1 équipement dédié pour la gravure profonde du silicium : Alcatel AMS4200. Le SAV n'est plus assuré par Alcatel, et il sera de plus en plus difficile d'acheter des pièces pour réparer cet équipement. Lorsque cette machine tombe en panne un nombre non négligeable de projet sont arrêtés. Le rétrofit de notre ancien équipement STS permettrait d'avoir un 2° équipement dédié à la gravure profonde du silicium.

### Jet d'encre

#### Plasma atmosphérique

Jouvence/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
	X	250 000	P1 jet d'encre
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

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

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

### Lithographie laser

#### Révélation résine et gravure chrome pour la fabrication des masques.

Jouvence/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
X		90 000	P1 Laser
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

La plateforme RENACTECH du LAAS répond à plus de 150 demandes de fabrication de masques chaque année réparti en 60% en interne et 40% en externe. Pour les demandes en externe nous fournissons essentiellement divers formats de masques aux centrales de proximité. Nous fabriquons environ 350 masques ou réticules par an. Cet équipement de conception du début des années 1990 contient des cartes électroniques qui ne sont plus fabriquées et maintenues. Cet équipement nous est indispensable pour répondre aux demandes de fabrication de masques.

### Photolithographie

#### Aligneur semi-automatique

Jouvence/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
X	X	400 000	P1 Photolithographie
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

L'aligneur automatique ou semi-automatique est un équipement de lithographie UV par contact permettant de structurer des résines avec une résolution de l'ordre du micromètre. L'objectif de cet

investissement est de remplacer l'équipement MA150 datant de 1998 et dont certaines pièces pour la maintenance ne sont plus toujours supportées par le fabricant. Cet équipement industriel permet la fabrication à l'échelle collective de composants pour toutes les filières technologiques.

### PVD

#### Équipement de dépôt de couche mince par pulvérisation cathodique

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
	X	300 000	P1 PVD
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

Les dépôts AuGe/Ni/Au pour la réalisation des contacts sur substrats III-V sont aujourd'hui impossibles dans la centrale de technologie du LAAS du fait de l'absence de bâti dédié suite à l'obsolescence de l'équipement réformé il y a 4 ans. C'est la dernière brique qui manque pour la réalisation de composants optimisés de la filière photonique. Cet équipement est donc indispensable à cette filière.

### Équipements par ressource (zone) de rattachement en salle blanche (Présentation par ordre alphabétique sans priorisation inter zone)

#### Assemblage

##### CMP (chemical mechanical polishing)

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
X		300 000	P2 Assemblage
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

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

##### Module plasma sur Wafer Bonder Suss

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
	X	130 000	P3 assemblage
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

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 covalentes sans ajout d'énergie supplémentaire liée à la température.

#### Découpe laser

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
	X	550 000	P4 Assemblage
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

Possibilité de découper des wafers en silicium ou des feuillets polymères (type PET ou Kapton) avec des formes à souhait. La découpe laser permet aussi la découpe de structures fragiles sans l'ajout d'une résine de protection ou l'utilisation d'eau pour enlever les contaminations de coupes comme avec la découpe traditionnelle utilisant une lame diamantée. Devis OK

#### Caractérisation

##### EDX-XTREM

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
	X	110 000	P2 Caractérisation
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

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

##### Tomographe 3D

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
	X	500 000	P3 Caractérisation
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

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

##### AFM fastscan

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
X	X	110 000	P4 Caractérisation
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

Jouissance de l'AFM Dimension (2000) qui n'est plus maintenue (pb sur le stage XY ne pouvant pas être réparé). Avec ce nouvel outil une option de scan rapide serait un plus.

##### MEB HR

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
X		650 000	P5 Caractérisation
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

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

### Chimie

#### Sorbonne rampe à vide/gaz

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
	X	30 000	P2 Chimie
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

Sorbonne 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 petites canalisations 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 des substances fragiles et couteuses (type résines HSQ par exemple).

#### Spray solvants pour lift-off

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
	X	175 000	P3 Chimie
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

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

### Traitement par acide fluorhydrique en système clos

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
	X	350 000	P4 Chimie
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

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

### Electrochimie

#### Équipement de via filling

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
	X	150 000	P2 Electrochimie
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

Aucune des machines actuelles ne permet de remplir des vias traversant. Cet équipement permettrait d'offrir de nouvelles solutions de prise de contact face avant/arrière, prise de contact enterré ou encore fabriquer des composants enterrés.

#### Dépôt « manuel » de Nickel en 4" et 6".

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
	X	30 000	P3 electrochimie
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

Équipement pour la réalisation de shadow mask, de moules de hot embossing.... Permettrait également d'avoir des dépôts épais très homogènes ce qui est indispensable pour répondre aux besoins des demandeurs

#### Fracturation du verre pour gravure chimique

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
	X	600 000	P4 Electrochimie
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

C'est équipement va nous permettre d'ouvrir de nouveaux champs des possibles au sein de notre laboratoire, fabrication 3 D en verre, via, structure 2.5, moule... Il couvrira donc tous les domaines de savoir-faire.

### *Epitaxie par Jets Moléculaires*

#### **AUGER sur MBE 412**

Jouvence/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
	X	60 000	P2 EJM
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

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

#### **Ellipsomètre multi longueur d'onde**

Jouvence/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
	X	32 000	P2 EJM
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

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

#### **RHEED sur MBE412**

Jouvence/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
X		27 000	P2 EJM
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

La croissance de nanofils est une activité importante du MBE412. Cependant, le canon RHEED fourni lors de l'achat du bâti se révèle insuffisant pour l'observation en croissance des nanofils. Un canon RHEED plus performant, dont les qualités ont été démontrées à l'Institut Néel (Grenoble), devrait permettre d'améliorer très significativement la résolution du diagramme de diffraction. Ce changement serait aussi très utile aux autres projets sur le bâti (informations sur la rugosité de surface, le régime de croissance, la suppression d'As, ...).

#### **Cellule Arsenic (108 K€)**

Jouvence/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
X		110 000	P3 EJM
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

Le MBE412 est équipé de deux cellules d'As, dont la capacité de 500cc chacune, assure l'émission d'As d'une campagne de croissance. Elles sont chargées de lingots taillés aux dimensions de leur réservoir de titane, qui sont extrêmement onéreux (9k€ pièce). De plus, nous avons démontré que ce modèle de cellule (Riber VAC500) était une source significative de défauts de surface. Enfin, l'As monopolise deux ports cellules du MBE 412 (qui en comporte 12). Une évolution serait d'équiper le MBE412 d'une cellule d'arsenic d'une capacité de 2000cc qui a fait ses preuves dans le milieu industriel (pas de défauts de surface sur les croissances imputées à cette cellule).

#### Système cluster MBE 2" type C21

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
	X	1 100 000	P4 EJM
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

La recherche sur les nouveaux matériaux ou sur la compréhension des mécanismes de la croissance se font dans le MBE412, qui est surdimensionné pour ces études. Elles bénéficient cependant de la géométrie de ce bâti semi-industriel qui permet l'utilisation des outils de contrôle in-situ de la croissance développés dans la zone. Un bâti de même géométrie mais plus petit serait moins coûteux à l'utilisation. De plus, ces recherches nécessitent d'évaporer des éléments incompatibles avec les contraintes de pureté des croissances technologiques de type VCSELs, miroirs de Bragg ou CRIGF. Enfin, un nouveau bâti permettrait d'explorer des thèmes innovants, comme la croissance à très basse température (typ. 110K), impossible dans le MBE412.

#### Gravure plasma

##### Système de traitement de gaz après procédés

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
	X	80 000	P2 gravure plasma
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

Cet investissement est lié à la sécurité. Actuellement, seul 2 équipements sur 8 ont un système de traitement de gaz. Il faut noter que nous avons 2 réacteurs dédiés pour la gravure profonde, utilisant des gaz halogénés et des temps de gravure de plusieurs heures. Par des soucis de sécurité et environnemental, il faudra installer des systèmes de traitement de gaz, en priorité sur les 2 réacteurs dédiés pour la gravure profonde, puis sur tous les équipements de gravure par plasma.

##### Gravure matériaux grand gap

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
	X	300 000	P3 gravure plasma
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

Cet équipement est le dernier manquant à la filière des composants de puissance GaN.

### Gravure par faisceau d'ions (RIBE)

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
	X	200 000	P4 gravure Plasma
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

Équipement qui permettra la gravure de métaux ou matériaux réfractaires

### Implantation ionique

#### Bâti implantation par immersion plasma

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
	X	800 000	P2 Fours et II
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

L'équipement permettrait de réaliser des implantations spécifiques que l'implanteur actuel ne permet pas de faire, telles que des implantations à très faible énergie et fortes doses, 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).

### Jet d'encre

#### Dépôt spray sur Ceradrop

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
	X	170 000	P2 Jet d'encre
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

La technologie spray est complémentaire de la technologie jet d'encre déjà présente au Laas. Cette technologie permet de descendre en résolution et donc en dimension de composant. La technologie de dépôt par spray permet également de travailler à forte distance de travail (jusqu'à 10mm) ce qui permet de déposer sur des substrats non conventionnels. Cet outil peut être intégré dans la machine jet d'encre existante.

#### Recuit photonique in-situ sur Ceradrop

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
	X	160 000	P3 Jet d'encre
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

Le recuit photonique in-situ permet de traiter une couche métallique déposée par jet d'encre ou spray sur des substrats sensibles à la température tels que le papier ou le PET. Ces substrats sont utilisés dans des domaines variés tels que l'IOT (internet des objets), le wearable electronics

(technologie mettable) ou les dispositifs biomédicaux. Cet outil peut être intégré dans la machine jet d'encre existante.

### Photolithographie

#### Module de dispense/développement automatique

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
X		600 000	P2 Photolithographie
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

Les systèmes de dispense et de développement automatiques de résines permettent une meilleure résolution ainsi qu'une meilleure reproductibilité des opérations de lithographie. L'objectif de cet investissement est de remplacer l'équipement EVG 120 installé dans la plateforme de technologies du LAAS en 2005. L'équipement, actuellement en libre-service, est très utilisé a fait l'objet de nombreuses pannes depuis 3 ans et de nombreux arrêts préjudiciables pour certains projets de recherche. En effet, l'équipement industriel est incontournable dans le fonctionnement de la salle blanche de LAAS et a permis le développement de filières technologiques : capteurs, nanofils silicium, microfluidique, gravures profondes.

#### Spincoating (jouissance tournette suss microtec, investissement jouissance approximatif : 70.000€)

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
X		70 000	P3 photolithographie
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

Le spincoater est un équipement de lithographie UV utilisé pour la dispense de résines photosensibles. L'objectif de cet investissement est de remplacer l'équipement Suss microtec installé au LAAS en 2003. Cet équipement permet la fabrication unitaire de composants pour toutes les filières technologiques

#### Plaque chauffante à rampe

Jouissance/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
X		50 000	P4 photolithographie
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

Les plaques chauffantes sont des équipements de lithographie UV utilisé pour la dispense de résines photosensibles. L'objectif de cet investissement est de remplacer l'équipement installé au LAAS en 2003. Cet équipement permet les recuits de résines épaisses SU8 et films secs pour la fabrication de dispositifs microfluidiques.

## Lithographies très résolues

Le laboratoire est équipé d'un masqueur électronique Raith 150 avec système de raccords de champs et d'un stepper iLine Canon X5. La complémentarité de ces deux équipements est essentielle pour couvrir les besoins en lithographie très résolue de l'ensemble des domaines de savoir-faire. Chacun présente des limites qui ont un impact sur les projets soutenus. De plus ces deux équipements nécessitent une jouvence pour permettre non seulement de rester à la pointe des technologies mais aussi d'accroître l'offre technologique.

Compte tenu de l'investissement qui est similaire sur les deux équipements, de l'ordre de 3 M€, le laboratoire commence à mener une analyse précise pour déterminer dans quel ordre les investissements pourraient être faits. Avec le souci premier d'assurer le soutien le plus efficace aux projets soutenus.

Dans le cadre de cette réflexion nous étudions aussi la possibilité d'une adaptation de l'infrastructure de la salle blanche. Elle permettrait notamment de

- Créer une zone exempte de vibrations au rez de chaussée et d'y installer tous les équipements qui nécessitent un tel environnement (Lithographie très résolue, AFMs, FIB, ...)
- Libérer des espaces dans la salle actuelle pour développer de nouvelles techniques, ou accueillir des équipements de partenaires académiques ou industriels.

Les argumentaires succincts sur les aspects équipements et infrastructure sont réunis ci-dessous.

### Lithographie électronique

#### Masqueur électronique

Jouvence/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
	X	3 000 000	P1 Ebeam
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

L'investissement dans un masqueur électronique de nouvelle génération est décisif pour le développement de la nanofabrication au LAAS-CNRS à qui il permettra d'affirmer sa position comme acteur essentiel dans les nanotechnologies : en apportant un accès simplifié à la technique (automatismes, chargeur 10 porte-échantillons); ainsi qu'une efficacité plus que décuplée (vitesse de balayage x12.5, courant de faisceau x35, ...).

En outre dans la perspective du réseau Renatech + ce serait le seul équipement de ce type dans l'ensemble du Grand Sud-Ouest de la France ; on peut même ajouter du Sud de la France. Les utilisateurs sont donc potentiellement nombreux

En alimentant les autres techniques nécessaires à la réalisation de nanostructures fonctionnelles (nano-impression, gravure plasma , épitaxie par jets moléculaires, ...), il permettra de développer les projets scientifiques dans les quatre domaines de savoir-faire.

### Photolithographie

#### Photo répéteur 5X

Jouvence/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
X		3 000 000	P2 Photolithographie
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

Le stepper est un équipement de lithographie UV par projection permettant de structurer des résines avec une résolution sub-micrométrique.

L'objectif de cet investissement est de remplacer l'équipement Canon datant de 1998 et dont les pièces pour la maintenance ne sont plus toujours supportées par le fabricant.

Cet équipement "industriel" permet la fabrication à l'échelle collective de composants. Le système pourra mettre en forme des résines d'1µm d'épaisseur avec des résolutions de l'ordre de 300nm, des résines épaisses jusqu'à 50µm et traitera des substrats 150mm, 100mm ou des échantillons.

### *Adaptation d'infrastructure*

#### Création d'une zone exempte de vibration

Jouvence/Evolution	Nouvel équipement	Prix	Priorité
X		2 500 000	Infrastructure
Micro nano électronique	Photonique optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes

L'évolution envisagée consiste en la création sur une partie du rez-de-chaussée de la salle blanche d'une nouvelle zone blanche. Cette zone communiquerait avec la salle actuelle. Nous serions ainsi sur le « sol naturel » avec la possibilité d'installer les équipements sensibles sur des puits antivibratoires. Les équipements concernés sont ceux sensibles aux vibrations tels que les lithographies fortement résolues, les AFM, MEB, FIB...

L'espace ainsi dégagé dans la salle blanche actuelle permettrait l'installation de nouvelles techniques et/ou d'équipements de partenaires académiques et industriels. Cette dernière situation pourrait favoriser des partenariats technologiques plus forts avec le tissu économique.

## Synthèse

Equipement	Jouvence /Evolution	Nouveau	Priorité	Micro nano électronique	Photonique / optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes
<i>Équipements prioritaires</i>							
Flipchip / montage de composants		600 000	P1 Assemblage				
Profilomètre optique	200 000		P1 Caractérisation				
Hottes de chimie	100 000		P1 Chimie				
Traitement de surface hauts rapport de forme		100 000	P1 Electrochimie				
Panneau cryogénique et panneaux à eau	170 000		P1 EJM				
Tube phosphore sur les fours Centrotherm	150 000		P1 Fours et II				
STS DRIE	150 000		P1 gravure plasma				
Plasma atmosphérique		250 000	P1 jet d'encre				
Révélation et gravure pour masques.	90 000		P1 Laser				
Aligneur semi-automatique	400 000		P1 Photolithographie				
Pulvérisation cathodique		300 000	P1 PVD				
<b>Sous total</b>	<b>1 260 000</b>	<b>1 250 000</b>					
<i>Équipements par ressources</i>							
CMP (chemical mechanical polishing)	300 000		P2 Assemblage				
Module plasma Wafer Bonder Suss		130 000	P3 assemblage				
Découpe laser		550 000	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				
Sorbonne rampe à vide/gaz (25 k€)		25 000	P2 Chimie				
Equipement de spray solvants pour lift-off		175 000	P3 Chimie				
Traitement par HF en système clos		350 000	P4 Chimie				
Équipement de via filling		150 000	P2 Electrochimie				
Dépôt « manuel » de Nickel en 4'' et 6''		30 000	P3 Electrochimie				
Fracturation du verre		600 000	P4 Electrochimie				

Equipement	Jouvence /Evolution	Nouveau	Priorité	Micro nano électronique	Photonique / optique	Microsystèmes pour la biologie	Microsystèmes
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 cluster MBE 2" type C21		1 100 000	P4 EJM				
Système de traitement de gaz		80 000	P2 gravure plasma				
Gravure matériaux grand gap		300 000	P3 gravure plasma				
Gravure par faisceau d'ions (RIBE)		200 000	P4 gravure Plasma				
Implantation par immersion plasma		800 000	P2 Fours et II				
Dépôt spray sur Ceradrop		170 000	P2 Jet d'encre				
Recuit photonique in-situ sur Ceradrop		160 000	P3 Jet d'encre				
Dispense/développement automatique	600 000		P2 Photolithographie				
Spincoating	70 000		P3 photolithographie				
Plaque chauffante à rampe	50 000		P4 photolithographie				
<b>Sous total</b>	<b>1 917 000</b>	<b>4 422 000</b>					
<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				
<b>Sous total</b>	<b>5 500 000</b>	<b>3 000 000</b>					
<b>TOTAUX</b>	<b>8 677 000</b>	<b>5 672 000</b>	<b>14 349 000</b>				

## LISTE DES EQUIPEMENTS AU 31 DECEMBRE 2018 (extraction depuis l'application Myfab)

Nom (code acturation)	Responsable	Zone	Installation	Equipementier	N° inventaire (Priorité)
Polisseuse PM5 (A-POLI)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	1998-12-16	Logitech	Prio 0
Wafer Substrate Bonding	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2015-12-15	Logitech	Prio 0
Hotte polissage	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2006-12-13	unknourn	(7848_CV) Prio 0
Scie diamanté DAD-321 (A-COUP)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	DISCO	(6783_MEC) Prio 0
hotte montage	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2006-12-20	unknourn	(7849_CV) Prio 0
Report Eutectique (A-SOUD)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	1988-12-14	SET	Prio 0
Micro Injecteur	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-SOUD)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	Kulicke and Soffa	(9736_W) Prio 0
Micro-soudeuse KnS 484 (A-SOUD)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	Kulicke and Soffa	() Prio 99
Mesure planéité	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2010-12-15	Logitech	(10005_P) Prio 0
Micro-soudeuse KnS 484 (A-SOUD)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting		Kulicke and Soffa	() Prio 99
Micro-soudeuse TPT HB-16 (A-SOUD)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	TPT	(8333_0) Prio 1
Micro-soudeuse KnS 4700 (A-SOUD)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	Kulicke and Soffa	(9533_EV) Prio 1
Micro-soudeuse Delvotec 5430 (A-SOUD)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	Delvotec	(7594) Prio 99
carotteuse ultra sonique	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2007-12-12	fishione	(8478_W) Prio 0
polisseuse ESCIL (A-POLI)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2011-10-12	Escil	(10040_W) Prio 0
oscilloscope	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2012-12-12	Tektronix	Prio 0
Scriber JFP-S100	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	CEFORI	(10639_W) Prio 0
Jauge de mesure d'épaisseur	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	Logitech	(10005_P) Prio 99
Grinder G&N (A-POLI)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	Grinder	(7972_W) Prio 1
Film monter UH-115	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	Ultron Systems, Inc.	(8371_W) Prio 99
Nettoyage wafers UH-117	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	Ultron Systems, Inc.	(8372_W) Prio 99
Report/Collage Tresky T4907 (A-MONT)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	Dr Tresky	(11144_PV) Prio 1
Report/Collage Tresky T3000 (A-MONT)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	Dr Tresky	(8096_W) Prio 0
Testeur sous pointes	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	SET	() Prio 99
Report eutectique KnS 6482(A-SOUD)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	Kulicke and Soffa	() Prio 99
Etuve Horo	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	HORO	() Prio 99

Etuve TETHYS	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	TETHYS	() Prio 99
Scriber Karl-SUSS RH-100	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	Karl-SUSS	() Prio 99
Scriber SET	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting	2014-03-03	SET	() Prio 99
Pull shear testeur (A-SOUD)	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting		Xyztec	
étuve Thermo	Samuel Charlot	Assemblage / Device mounting		Thermo scientific	
Olympus MX50	Aurélie LECESTRE	Caractérisation / characterization		Olympus	
Spectromètre UV-VIS (C-MEB)	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	2017-03-14	PerkinElmer	
Profilomètre mécanique Tencor P17	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	2017-06-19	KLA Tencor	
DSC (C-MEB)	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	2017-10-04	NETZSCH	(12155_PB.01)
viscosimètre	fabien mesnilgrete	Caractérisation / characterization	2007-06-13	anton paar	(8747_CM) Prio 1
balance	fabien mesnilgrete	Caractérisation / characterization	2010-05-11	Mettler	(9949_PB) Prio 1
optical microscope NIKON	Jean-Baptiste Doucet	Caractérisation / characterization	2005-01-01	NIKON	LAAS
Microscope optique Leica	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	2008-01-01	LEICA	(7657_W) Prio 0
Profilomètre mécanique Tencor P16+	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	2009-01-01	KLA Tencor	(9645_W) Prio 0
Profilomètre optique Wyko	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	2001-12-01	VEECO	(6841_PO) Prio 1
Profilomètre optique LEXT	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	2008-01-01	Olympus	(9131_PO) Prio 0
Résistivimètre manuel	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization		LAAS	(11163_ELM) Prio 1
Résistivimètre automatique	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	2003-01-01	Changmin Tech	(11162_ELM) Prio 0
Ellipsomètre HJY (C-ELLI)	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	2005-01-01	Horiba Jobin Yvon	(7957_PO) Prio 0
ellipsomètre AutoEL (C-ELLI)	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	1986-01-01	Randolph Research	(-) Prio 1
Digidrop	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-MEB)	Benjamin Reig	Caractérisation / characterization	2015-07-01	BRUKER	(115438_SE.01) Prio 1
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 Cuivre 4 pouces Verticale (E-AUTO)	David Bourrier	Electrochimie/electroplating	2005-06-15	RENA	(7965_CV) Prio 0

Rena Or 4 pouces (E-AUTO)	David Bourrier	Electrochimie/electroplating	2005-06-15	RENA	(7965_CV) Prio 0
Yamamoto Cuivre 4/6" (E-MANU)	David Bourrier	Electrochimie/electroplating	2015-09-01	LAAS	() Prio 0
Paillasse dépôts Alternatifs	David Bourrier	Electrochimie/electroplating	2005-06-15	LAAS	() Prio 0
Cvs	David Bourrier	Electrochimie/electroplating	2007-06-15	Metrom	(8686_W) Prio 0
Polarographie	David Bourrier	Electrochimie/electroplating	2007-06-15	Metrom	(8686_W) Prio 0
AAS	David Bourrier	Electrochimie/electroplating	2008-06-15	Perkin Elmer	(9096_W) Prio 0
Titration	David Bourrier	Electrochimie/electroplating	2010-07-14	Metrom	(8686_W) Prio 0
Auroless (E-MANU)	David Bourrier	Electrochimie/electroplating	2006-06-15	Minaservices	(9681_CE) Prio 0
Yamamoto 4" (E-MANU)	David Bourrier	Electrochimie/electroplating		Yamamoto	
Paillasse Chime EJM - Solvants - III/V	quentin gravelier	Epitaxie / Epitaxy		LAAS	
MBE32P (M32)	Alexandre Arnoult	Epitaxie / Epitaxy	1994-01-01	RIBER SA	
MBE2300 (M-2300)	Alexandre Arnoult	Epitaxie / Epitaxy	1985-01-01	RIBER SA	
D8-Discover (C-MEB)	Alexandre Arnoult	Epitaxie / Epitaxy	2012-03-26	Bruker AXS	(10407_W) Prio 0
Paillasse Chime EJM-1	quentin gravelier	Epitaxie / Epitaxy	2007-07-02	LAAS	
Paillasse Chime EJM-Acides - III/V	quentin gravelier	Epitaxie / Epitaxy		LAAS	9082_W
MBE412 (M412)	Alexandre Arnoult	Epitaxie / Epitaxy	2011-05-03	RIBER SA	(10190_CE)Prio 0
ICP2 III-V et NoMos (G-TRIK)	Aurélie LECESTRE	Gravure plasma / Plasma etching	2003-11-19	Trikon (SPTS)	(7334_W) Prio 0
ICP3 NoMos (G-TRIK)	Aurélie LECESTRE	Gravure plasma / Plasma etching	2003-11-19	Trikon (SPTS)	(7336_W) Prio 0
ALCATEL P1 (G-ALCA)	Aurélie LECESTRE	Gravure plasma / Plasma etching	2009-01-01	ALCATEL-ADIXEN	(9459_C) Prio 0
ALCATEL P4 (G-ALCA)	Aurélie LECESTRE	Gravure plasma / Plasma etching	2009-01-01	Alcatel - Adixen	(9459_C) Prio 0
DIENER plasma O2 (G-PLAS)	Aurélie LECESTRE	Gravure plasma / Plasma etching	2010-01-01	DIENER	(9760_W) Prio 0
TEPLA plasma O2 (G-PLAS)	Aurélie LECESTRE	Gravure plasma / Plasma etching	2002-01-01	TEPLA	(7045_CW) prio 0
Etchlab 200 (G-TRIK)	Aurélie LECESTRE	Gravure plasma / Plasma etching	2015-09-03	SENTECH	(11530_VB.01) prio 0
SI500 (G-TRIK)	Aurélie LECESTRE	Gravure plasma / Plasma etching	2015-09-03	SENTECH	(11529_VB.01) prio 0
Implanteur ionique IMC 200 (I-IMPL)	Eric Imbernon	Implantation	2007-05-08	Eaton	(11152_PV) Prio 0
Shiple 360 (A-LAMI)	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting		Shiple	(7494_W) Prio 0
Shiple 3024 (A-LAMI)	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting		Shiple	(8957_W) Prio 1
Report flip chip (A-FLIP)	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting	2001-12-18	SET	(7028_PV) Prio 0
Wafer bonder AML (A-WAFB)	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting		AML	(7840_W) Prio 1
sérigraphie (A-SERI)	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting	2007-12-19	DEK	(8957_W) Prio 0
microscope Leica	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting		Leica	(7028_PV) Prio 0

encolleuse	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting		Janome	Prio 0
Four de refusion (A-SERI)	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting		Madell	(9480_W) Prio 1
viscosimètre	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting	2009-12-16	Fungilab	(9652_W) Prio 0
étuve MEMMERT	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting		Memmert	(8373_W) Prio 0
Wafer bonder SUSS (A-WAFB)	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting	2011-12-14	SUSS	(10144_PV) Prio 0
Aligneur Suss (A-WAFB)	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting	2011-12-20	SUSS	Prio 0
Etuve vieillissement thermique	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting	1996-12-11	Secasi	Prio 0
plaque chauffante 300°C	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting	2008-02-13	Sawatec	(7859_W)
hotte solvants	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting		Mina services	
Hotte Wafer Bonder	Samuel Charlot	Integration/ Device mounting	2017-02-06	Devetek	Prior 0
Ceradrop (J-JET)	fabien mesnilgrete	Jet d'encre / ink jet	2018-04-05	Ceradrop	(12322_WA.21) Prio 0
Altadrop (J-JET)	fabien mesnilgrete	Jet d'encre / ink jet	2007-09-01	Altatech	(8505_W) Prio 0
RAITH150 (N-RAIT)	Franck Carcenac	Lithographie électronique / Ebeam lithography	2005-01-03	RAITH	(7563_W) Prio0
DILASE 3D MR (L-DILA)	Pierre-François Calmon	Lithographie laser / Laser lithography	2018-07-12	KLOE	(12431_WA.12) 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-DILA)	Pierre-François Calmon	Lithographie laser / Laser lithography	2013-12-03	KLOE	(10759_CV) Prio 0
DILASE 650 (L-DILA)	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
Hotte Litho laser	Pierre-François Calmon	Lithographie laser / Laser lithography	2017-05-17	DV Tech	(11970_HA.23) Prio 1
DILASE 3D (L-DILA)	Pierre-François Calmon	Lithographie laser / Laser lithography	2016-03-15	KLOE	(10759_CV) Prio 0
Four Tempress Si-poly (T-LPCV)	Eric Imbernon	LPCVD		Tempress	(11148_PT) Prio 1
Four OXYNIT6 (T-LPCV)	Eric Imbernon	LPCVD		Centrotherm	(7981_W) Prio 0
Four AET Reve (T-LPCV)	scheid emmanuel	LPCVD		AET	(11149_PT) Prio 0
Four SIPOLY6 (T-LPCV)	Eric Imbernon	LPCVD		Centrotherm	(7981_W) Prio 0
Four SI3N46 (T-LPCV)	Eric Imbernon	LPCVD		Centrotherm	(7981_W) Prio 0

Nano-imprint equipment (N-NEXT)	Jean-Baptiste Doucet	Nano imprint	2010-06-15	Nanonex	(9931_PO) Prio 0
Hotte nano	Franck Carcenac	Nano imprint	2017-12-15	DVTEch	LAAS
Hotte implanteur	Eric Imbernon	Other processes		Minaservice	() Prio 1
spin coater for exploratory chemistry (P-TOUR)	Jean-Baptiste Doucet	Other processes	2008-01-01	suss microtech	(7852 CV)
ALD (T-ALD)	Pascal Dubreuil	Other processes		Cambridge Nanotech	(10515_PE) Prio 0
Tousimis (J-CO2)	fabien mesnilgrete	Other processes		Tousimis	(7592_w) Prio 0
Test Tool 3	Martin (Admin) Klarqvist	Other processes		Intiro Development AB	
Four OXYBORE6 (T-OXYD)	Eric Imbernon	Oxydation		Centrotherm	(7980_W) Prio 0
Four OXYPROP6 (T-OXYD)	Eric Imbernon	Oxydation		Centrotherm	(7980_W) Prio 0
Four OXYPHOS6 (T-OXYD)	Eric Imbernon	Oxydation		Centrotherm	(7980_W) Prio 0
Four AET Propre (T-OXYD)	Eric Imbernon	Oxydation		AET	(11146_PT) Prio 1
Four AET Bore (T-OXYD)	Eric Imbernon	Oxydation		AET	(11146_PT) Prio 1
Four AET Phosphore (T-OXYD)	Eric Imbernon	Oxydation		AET	(11146_PT) Prio 1
Four Alox (T-OXYD)	Guilhem Almuneau	Oxydation		AET	(8701_CE) Prio 0
PECVD 100 ApSy (T-PECV)	Pascal Dubreuil	PECVD	2018-11-30	ApSy	(10080_PV) Prio 1
ICPECVD (T-PECV)	JC Marrot	PECVD		Oxford	(10107_PT) Prio 0
EVG120 (P-PIST)	Adrian Laborde	Photolithographie / Photolithography	2005-06-16	EVG	(7582_W)Prio0
Suss SprayCoater (P-SPRA)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	2010-10-16	Suss Microtec	(10163_W)Prio0
Stepper Canon (P-STEP)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	2009-01-01	Canon	(9522_W)Prio0
EVG620 (P-AUTO)	Adrian Laborde	Photolithographie / Photolithography	2005-06-16	EVG	(7583_W)Prio1
Suss MA150 (P-AUTO)	Adrian Laborde	Photolithographie / Photolithography	1998-01-01	Suss Microtec	(7037_I)Prio0
Suss MA6 (P-MANU)	Adrian Laborde	Photolithographie / Photolithography	1998-01-01	Suss Microtec	(9823_PV)Prio1
Suss MJB3 GaAs (P-MANU)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	1985-01-01	Suss Microtec	(11141_PO)Prio2
Suss MJB3 Si (P-MANU)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	1985-01-01	Suss Microtec	(11160_PO)Prio1
plaque chauffante SU8 n°2 (P-TOUR)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography		Suss Microtec	(6974_PV)Prio1
plaque chauffante SU8 n°1 (P-TOUR)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	2005-01-01	Suss Microtec	(7859_W)Prio0
étuve polymères	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography		Memmert	(8008_W)Prio1
étuve HMDS auto (P-TOUR)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	2005-01-01	Yes	(8008_W)Prio0
étuve HMDS manuel (P-TOUR)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	1999-01-01	Yes	(8009_W)Prio1

microscope leica photo auto	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography		Leica	(7982_W)Prio1
microscope leica photo manuel	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography		Leica	(7957_W)Prio1
paillasse photo 1 : poste de développement (P-TOUR)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	2005-01-01	Minaservice	(7843_CV)Prio1
paillasse photo 1 : tournette 1 (P-TOUR)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	2005-01-01	Suss Microtec	(7844_CV)Prio1
paillasse photo 2 (procédés spécifiques) : poste de développement (P-TOUR)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	2005-01-01	Minaservice	(7846_CV)Prio1
paillasse photo 2 (procédés spécifiques) : tournette 2 (P-TOUR)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography		Suss Microtec	(6769_CE)Prio1
paillasse photo 3 (procédés MOS) : poste de développement (P-TOUR)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	2005-01-01	Minaservice	(7845_CV)Prio1
paillasse photo 3 (procédés MOS) : tournette 3 (P-TOUR)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	2005-01-01	Suss Microtec	(7852_CV)Prio1
GenISys lab	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	2017-09-26	GenISys	
HMDS Obducat (P-TOUR)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	2017-12-22	Obducat Solar Semi	
MA6 Gen4 (P-MANU)	Laurent Mazenq	Photolithographie / Photolithography	2018-04-13	Suss Microtec	
clean wet bench organic solvents	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches	2017-03-06	DV Tech	
wet bench organic solvents PDMS and outgasing	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches		PTS	
wet bench metal etching	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches	2005-01-01	VACO	(8472_W )
paillasse jet d'encre	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)
wet batch photoresist stripping by AZ100 remover	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches	2005-01-01	VACO	(7861_C) Prio 0
dilute or buffered HF etching including metalized wafers	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches	2005-01-01	VACO	(8472_W)
right organic solvents fume hood with lowerable window	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches	2000-01-01	Fluidair	LAAS
left organic solvents fume hood with lowerable window	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches	2000-01-01	Fluidair	LAAS
fume hood exploratory chemistry	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches	2008-01-15	to be precised	(C8474 W) Prio 1
Paillasse de Développement & Ultrason	David Bourrier	Procédés humides / Wet process benches	2009-06-01	Minaservices	( 9681_CE) Prio 0
Paillasse de Développement & Stripping	David Bourrier	Procédés humides / Wet process benches		LAAS	() Prio 0

Gravure KOH (E-KOH)	David Bourrier	Procédés humides / Wet process benches	2009-06-01	Minaservices	(9680_CE) Prio 1
Gravure TMAH (E-TMAH)	David Bourrier	Procédés humides / Wet process benches	2009-06-01	Minaservices	(9680_CE) Prio 1
wet bench III-V	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches	2005-01-01	Coillard	(8473 W)
wet bench with Spin Rinse Dryer	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches	2005-01-01	Coillard	LAAS
Batch Buffer Oxide Etching 1-7 MOS	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches	2005-01-01	to be precised	( 8471W) Prio 1
RCA/Piranha cleaning MOS	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches	2005-01-01	VACO	(8475W) Prio 0
acid wet bench for multicleaning and etching	Jean-Baptiste Doucet	Procédés humides / Wet process benches	2005-01-01	PTS	Prio 1
PECS (D-EVAP)	Benjamin Reig	PVD	2002-01-01	GATAN	(7016_P) Prio 1
EVA 600 Evaporation (D-EVAP)	Ludovic Salvagnac	PVD	2010-01-01	Alliance Concept	(10008_P) Prio 0
Univex 450 Pulvérisation (D-SPUT)	Ludovic Salvagnac	PVD	2008-01-01	Oerlikon	(8536_W) Prio 1
Plassys Organiques (D-EVAP)	Ludovic Salvagnac	PVD	2013-09-17	Plassys	(10760_CV) Prio 1
Varian Evaporation (D-EVAP)	Ludovic Salvagnac	PVD	1996-01-01	MTB Solutions	(0859_P) Prio 0
Edwards Poly (D-EVAP)	Ludovic Salvagnac	PVD	2004-01-01	Edwards	(7412_W) Prio 0
ApSy E100 (D-EVAP)	Ludovic Salvagnac	PVD	2010-01-01	Application Systemes	(10089_PE) Prio 0
Riber degas (D-EVAP)	Ludovic Salvagnac	PVD	2015-02-11	Riber	(11309PP) Prio 0
Plassys nano (D-EVAP)	Ludovic Salvagnac	PVD	2017-03-01	Plassys	(11992_VB.01) Prio 0
Parylene C30S (D-EVAP)	Guillaume Libaude	PVD	2016-02-29	Comelec	(118158_MA.01) Prio 0
TFE 644 Pulvérisation (D-SPUT)	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-RRD)	Eric Imbernon	Recuits / Annealing		ASM	(11147_PT) Prio 1
Recuit métaux sur substrats verre (T-RRD)	Eric Imbernon	Recuits / Annealing		ASM	(11147_PT) Prio 1
Recuit Au et Cu sur Si (T-RRD)	Eric Imbernon	Recuits / Annealing		ASM	(11147_PT) Prio 1
Four RECUIT6 (T-RRD)	Eric Imbernon	Recuits / Annealing		Centrotherm	(7981_W) Prio 0
Recuit Polyimide (T-RRD)	JC Marrot	Recuits / Annealing		AET	(10235_PT) Prio 0
Recuit métaux lourds 6" (T-RRD)	JC Marrot	Recuits / Annealing		AET	(10235_PT) Prio 0
Recuit verre 6" (T-RRD)	JC Marrot	Recuits / Annealing		AET	(10235_PT) Prio 0
Recuit ferrite 6" (T-RRD)	JC Marrot	Recuits / Annealing		AET	(10235_PT) Prio 0
RTP As-One (T-RTP)	JC Marrot	Recuits / Annealing		Annealsys	(9126_W) Prio 0
RTP As-Master (T-RTP)	JC Marrot	Recuits / Annealing		Annealsys	(9127_W) Prio 0

Four DIFPHOS6 (T-RRD)	Eric Imbernon	redistribution, diffusion		Centrotherm	(7980_W) Prio 0
SPD (J-SPD)	fabien mesnilgrete	Traitement de surface / Surface treatment	2013-08-07	MEMSSTAR	(10745_CV) Prio 0
SFD (J-CO2)	fabien mesnilgrete	Traitement de surface / Surface treatment	2014-12-18	31 degrees	(10884_W) J0
UV -ozone	Jean-Baptiste Doucet	Traitement de surface / Surface treatment	2013-06-01	Jelight	(7872_W) Prio 1
UV Ozone	fabien mesnilgrete	Traitement de surface / Surface treatment	2012-06-13	Jelight	(10023_W) Prio 1
spectroline 248nm	Véronique Conédéra	Traitement de surface / Surface treatment	2014-09-16	spectroline	(11633_OA.38) Prio 0

## PROJETS RENATECH 2018

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.
Electrodéposition Cu	Soutien	Indus	I	INTEL	Lausanne	Khechana F.
Hall effect and	Développement	Aca	N	CEMES	Toulouse	Masseboeuf A.
PDMS micropillar - resist fabrication	Soutien	Aca	I	université of dundee	USA	V Bentivegna
Mesure de charge d'espace par microscopie à force électrostatique (EFM)	Soutien	Aca	N	LAPLACE	Toulouse	Villeneuve C.
SUROP	Soutien	Aca	N	LBCMCP	Toulouse	Mangeat T.
Accès aux moyens technologiques de la plateforme	Soutien	Indus	N	3SPgroup	Nozay	Pagnod-Rosssiaux
Procédés d'oxydation	Soutien	Indus	N	AET	Meylan	Schneider C
Réalisation de masques hautes résolutions pour la lithographie aux rayons X	Développement	Aca	N	CNRS/Thales	Palaiseau	Bouamrane F
Nanotechnology ratchet samples preparation	Soutien	Aca	N	INSA T	Toulouse	Portal JC
LabComDéveloppement	Développement	Indus	N	ESSILOR	Toulouse	H. Camon
Integrated silicon nitride waveguide	Soutien	Aca	I	ETH	Zurich	R. Diehl
HEUMAC	Développement	Aca	N	CEMES	Toulouse	N Bizière

Nom du projet	Nature	Origine demande	National ou international	Nom du demandeur	Origine géographique	Contact
CAPTION	Soutien	Aca	N	Cinam	Marseille	Anne Charrier
Process Photoswitches en AsGa	Développement	Aca	N	IMEP-LAHC	Le bourget du Lac	Perrier Anne Laure
Micro-échangeurs de chaleur	Développement	Aca	N	Laplace	Toulouse	MARIE Alexandre
MasqueC2N2017	Soutien	Aca	N	C2N	Orsay	G Agnus
PROMIS	Soutien	Aca	N	IES	Montpellier	julie.tournet
Développements et caractérisations de micro-dispositifs de capture SmartCatch	Développement	Indus	N	Smartcatch	Toulouse	L Oudjedi
Process SLB	Développement	Indus	N	Schlumberger	Elancourt	K. Danaie
Trap and Retrieve	Soutien	Aca	N	IGBMC	Strasbourg	T Aspert
MACAO	Développement	Aca	N	Unistra	Strasbourg	S LeCalvé
Mécanismes de guérison des défauts d'irradiation dans LaPO4	Soutien	Aca	N	LVM	St Etienne	A M Seydoux
Achat masques photolitho	Soutien	Aca	N	GREMAN	Tours	D Valente
Miroir de Bragg GaAs	Soutien	Aca	N	ILM	Lyon	C Symonds
Oxalate	Développement	Aca	N	Enciaset	Toulouse	V Gernigon
Microsystème thermique	Développement	Aca	N	LAPLACE	Toulouse	M Miscevic
Implantation ionique pour cellules solaires	Soutien	Aca	N	IM2NP	Marseille	F Atteia
Bioreacteur iPS	Soutien	Aca	N	UTC	Compiene	E Leclerc

Nom du projet	Nature	Origine demande	National ou international	Nom du demandeur	Origine géographique	Contact
Métallisation puces GaN	Développement	Indus	N	CEA Tech Occitanie	Toulouse	A.IZOULET
Dilase 3D	Développement	Indus	N	Kloé	Montpellier	P Coudray
Gravure plasma d'aluminium pour détecteurs 3D	Soutien	Aca	I	CNM	Barcelone	D Quirion
Micro cellule de détection par fluorescence	Développement	Aca	N	ICA	Toulouse	L Baldas
Ampleon	Soutien	Indus	N	Ampleon	Toulouse	R DePaolis
Découpe	Soutien	Indus	N	Nanolike	Toulouse	G Bayle
DiffractionX sur SR GaAs	Soutien	Indus	N	Riber	Bezons	C Chaix
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
Substrats SiO2 type NEGS1	Soutien	Indus	N	ONERA	Toulouse	E Grosjean
Masques photolitho	Soutien	Aca	N	GREMAN	Tours	D Valente
TEM membranes	Soutien	Aca	N	CEMES	Toulouse	A Masseboeuf
Alteration of the microcirculation of red blood cells	Soutien	Aca	N	Cinam	Marseille	Anne Charrier
Réalisation de dépôt électrolytique de Cu	Soutien	Indus	N	Kerdry	Montpellier	Damien Deubel
Procédés génériques CEMES	Soutien	Aca	N	CEMES	Toulouse	L. Séveno
Détecteur à Pixels à Grille piégeante	Développement	Indus	N	CEA	Saclay	N. Fourches
Structures EIS	Soutien	Aca	N	ISA	Villeurbanne	N.Jaffrezic

Nom du projet	Nature	Origine demande	National ou international	Nom du demandeur	Origine géographique	Contact
Substrats à base de Si fortement dopé	Soutien	Aca	N	LCC	Toulouse	M Puyo
biopuce hepatique	Soutien	Aca	I	LIMMS	Tokyo	E Leclerc
Masque photolithographie	Soutien	Indus	N	Photonis	Brive	F Lherbet
I Cell	Développement	Indus	N	TE-MEAS France	Toulouse	E. Durupt
Dépôts Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	Soutien	Aca	N	INL	Lyon	A. Fave
Photolithographies	Soutien	Indus	N	AET	Meylan	C Cano
Réalisation de dépôt électrolytique de Cu recouvert d'or electroless	Soutien	Aca	N	IES	Montpellier	A Giani
Matériaux Actifs pour la Modulation rapide de l'Indice optique dans des guides d'onde	Développement	Aca	N	LCC	Toulouse	L Routaboul
Critical Point Dryer	Soutien	Indus	I	Softant	Edinburgh	M.Taylor
Optimisation de croissance de TMDC par CVD	Soutien	Aca	N	Cinam	Marseille	F Cheynis
Réalisation masque lithographique	Soutien	Aca	N	IES	Montpellier	K Chamassi
Double T-junctions	Soutien	Aca	N	UTC	Compiègne	A.V. Salsac
Capteurs IR sur silicium	Soutien	Aca	N	ENSMSE	Gardanne	M. Saadaoui
NT@L2C2018	Soutien	Aca	N	UM	Montpellier	A Noury
Echantillons à géométrie contrôlée	Développement	Aca	N	LAPLACE	Toulouse	N Lahoud Dignat
Projet MEMS : LAAS/SuperGrid Institute	Soutien	Indus	N	SuperGrid institute	Villeurbanne	M Dalstein
Fabrication de masques de lithographie optique	Soutien	Indus	N	CEA	Saclay	A Solignac
Bolo-X	Soutien	Aca	N	PTA	Grenoble	R. Thibon

Nom du projet	Nature	Origine demande	National ou international	Nom du demandeur	Origine géographique	Contact
Fournitures Films	Soutien	Aca	N	XLIM	Limoges	A Pothier
Coherent phonon transport in acoustic microcavities	Soutien	Aca	N	INSP	Paris	P Atkinson
Demande EPIX	Soutien	Aca	N	P Prime	Poitiers	B Lamongie
Assemblage	Soutien	Indus	N	Confidentiel	Paris	
Photolithographie films secs	Soutien	Aca	N	IPGG	Paris	G. Laffitte
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
Masque gradient	Soutien	Aca	N	INSERM	Marseille	L Aoun
Masques ZF	Soutien	Aca	N	AIME	Toulouse	F Gessinn
Imagerie de Champ Electromagnétique par Thermographie	Développement	Aca	N	CEMES	Toulouse	JF Bobo