HAL
open science

Bilan des activités de la plateforme de micro et nano technologies du LAAS-CNRS

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

To cite this version:

Hugues Granier, Véronique Conédéra, Monique Dilhan, Franck Carcenac, Pierre-François Calmon, et al.. Bilan des activités de la plateforme de micro et nano technologies du LAAS-CNRS. Rapport LAAS n° 17056. 2017. hal-01485548

HAL Id: hal-01485548

https://laas.hal.science/hal-01485548v1

Submitted on 9 Mar 2017

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.

2016

Bilan des activités de la plateforme de micro et nano technologies du LAAS-CNRS

Service TEAM

LAAS-CNRS

22/02/2017

Table des matières

PREAMBULE 0

CONSIDERATIONS GENERALES 1
LITHOGRAPHIE LASER 9
NANOLITHOGRAPHIES 16
CHIMIE 23
PHOTOLITHOGRAPHIE 32
EPITAXIE PAR JETS MOLECULAIRES 42
PVD 51
ELECTROCHIMIE 56
JET D'ENCRE ET TRAITEMENT DE SURFACES 64
GRAVURE PLASMA 70
TRAITEMENTS THERMIQUES 77
IMPLANTATION IONIQUE 82
ASSEMBLAGE 85
CARACTERISATION 93
SOUTIEN 98
SUPPORT 102

CELLULE EQUIPEMENTS 106
CELLULE RENATECH 108
CELLULE PRÉVENTION DES RISQUES EN SALLE BLANCHE 112
CELLULE FORMATION 114

DOMAINE DE SAVOIR FAIRE MICRO ET NANO ELECTRONIQUE 116
DOMAINE DE SAVOIR FAIRE BIOELECTRONIQUE, BIOSYSTEMES, BIOPHYSIQUE 117
DOMAINE DE SAVOIR FAIRE MEMS/NEMS 119
DOMAINE DE SAVOIR FAIRE OPTIQUE / PHOTONIQUE 121

ANNEXE 1 : ORGANIGRAMME SERVICE TEAM (AU 1ER SEPTEMBRE 2016) 123

ANNEXE 2 : VISION SYNTHETIQUE DES PROJETS INTERNES SOLLICITANTS LA PLATEFORME ET DES ACTIVITES D'INTERET COLLECTIF DES PERSONNELS DU SERVICE TEAM 124

ANNEXE 3 : COMPTE RENDU DE LA REUNION DU 12/02/17 129

PREAMBULE

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

Elle offre aux domaines sensibles aux contaminations environnementales une concentration particulaire 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 m² 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 2016 et se projette sur des actions à conduire en 2017 dans les différentes zones gérées par le service TEAM.

CONSIDERATIONS GENERALES

EQUIPEMENTS

Nouveaux équipements

Origine des crédits

L'année 2016 à vue la concrétisation ou la mise en route de diverses procédures d'achats.
Ces achats sont le fruit :

- d'une procédure de concertation menée entre tous les acteurs impliqués dans la plateforme
- de l'obtention de financements multiples :
  - abondement RTB qui se situe depuis 3 ans au niveau 320-330 k€ et qui est à priori renouvelé pour les conventions 2016 et 2017
  - projets soutenus par les organismes financeurs ou des contrats directs

Achats finalisés en 2016 242.5 k€

Equipements	Montant (k€)	Financements (k€)	
Upgrade nanoscribe	100	RTB : 80	ELIA : 20
Pull shear tester	48	S4M : 18.15	MINC : 30
Dépôt Parylène	94.5	RTB : 32.4	ISGE : 62.1

Achats en cours de finalisation 478.7 k€

Equipements	Montant (k€)	Financements (k€)		Mise en service
PVD nano	320	RTB		Février
Hottes de chimie	158.7	RTB : 108.7	MINC : 50	1er trimestre

Achats avec procédure d'achat en cours 335 k€

Equipements	Montant (k€)	Financements (k€)		
PVD « Thermies »	320	Fablab		
Spectrophotomètre	15	MICA : 6	MNBT : 6	RTB : 3

Achats espérés dans le cadre de procédures à venir.

Ces achats sont suspendus aux résultats de nos candidatures aux appels à projet région « plateformes mutualisées » (projet Thermies) et Fablab (projet multifab)

Projet thermies

Equipements	Devis
Aligneur de masque	179,4 k€
Spin cotter	53.25 k€
Software Labkit	29 k€
Analyseur Sensys DSC	79.9 k€
Profilomette mecanique	76.43 k€
Testeur sous pointe (Cascade Microtech)	72.875 k€
Hotte de préparation chimique	13.229 k€

Projet Multifab

Equipements	Devis
Bio stéréolithographie laser	140 k€
Stéréo lithographie HR	120 k€
Hotte chimie	14 k€
Petits équipements divers	12 k€
jet d'encre	300 k€
Petits équipements ALIVE	10 k€
Imprimante 3D DWS ALIVE	90 k€

Prospective

Au sein du service TEAM nous avons créé une cellule équipement qui est en charge d'alimenter les réflexions collectives sur ce sujet, puis de conduire les procédures d'achat. Une synthèse de ses travaux est disponible au chapitre « cellule équipements ».

PERSONNEL

Organisation

Le service TEAM (**T**echniques et **E**quipements **A**ppliquées aux **M**icro et nanotechnologies) comprend 3 niveaux de responsabilités.

- La direction du service : un responsable et 4 adjoints en charge de coordonner les activités sur les équipements, la sécurité, la formation, l'accueil des demandes exogènes.
- Les responsables de zones techniques qui assurent les gestions techniques, financières et humaines liées à un parc d'équipements,
- Les coordinateurs de projets qui sont les interlocuteurs privilégiés des chercheurs dans la réalisation des projets,

Chaque membre du service exerce son expertise dans une zone spécifique. Il assure la gestion, le développement, la prospective des équipements et procédés ; la formation et l'encadrement des utilisateurs. Cette activité leur permet d'avoir une vision globale de l'ensemble des projets soutenus. En outre les personnels sont impliqués dans des projets scientifiques, au titre de coordinateur technique et/ou de réalisateur. Cette activité leur permet d'apporter un soutien adapté sur une problématique liée à leur expertise.
Cette double compétence (dans les zones et sur les projets) permet d'étendre le champ de leur compétence et d'éviter le cloisonnement.
Enfin les personnels sont amenés à intervenir dans des zones hors de leur responsabilité pour mettre en œuvre des compétences spécifiques dans un souci d'intérêt général. L'organigramme au 1er septembre 2016 est fourni en annexe 1.

Analyse

Nous présentons ici divers éléments qui alimentent la réflexion pour les besoins en personnels dans les années à venir

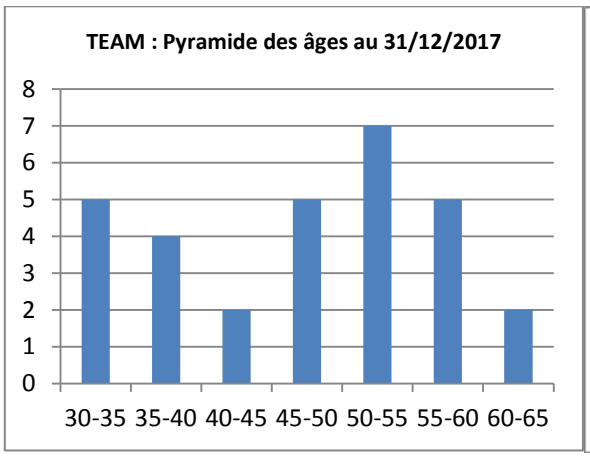
Permanents/ non permanents

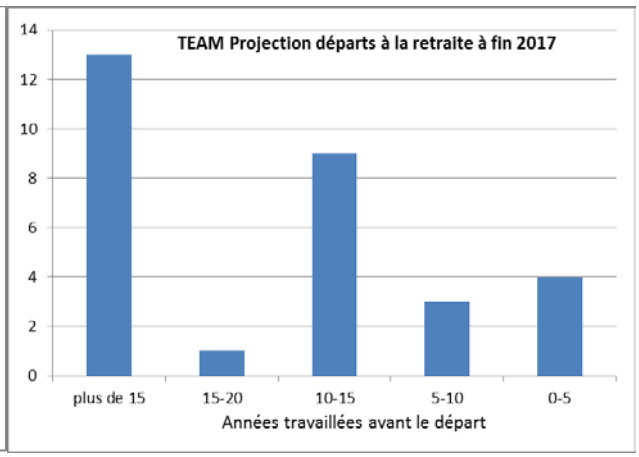
Le service compte 38 personnes au 1er septembre parmi lesquels

- 28 permanents dont 26 CNRS , 1 UPS et 1INPT
- 2 personnels en « détachement » (1 CNRS et 1 UPS en ARTT)
- 8 contractuels dont 5 sur des fonctions pérennes et 3 sur des projets spécifiques.

Pyramide des âges

Nous ne prenons en compte que les personnels permanents et en détachements





Le point marquant est le départ prévisible de 4 personnes dans les 5 années à venir dont

- un immédiat par le fait d'une mutation interne dans le laboratoire vers le service IST-EDI
- deux en 2018 sur des compétences liées à l'élaboration de matériaux
- un vers 2021 sur des compétences liées à la gestion de l'infrastructure

Ces départs vont s'ajouter à celui de M. Benoit en 2015 qui n'a pas été remplacée.

Besoins

Ces besoins sont exprimés après analyse

- de la pyramide des âges, de celle des départs prévisibles, et des départs non remplacés
- des nouvelles compétences à déployer pour répondre aux évolutions scientifiques, techniques et administratives.
- Des compétences déjà nécessaires et pourvues par du personnel CDD

Pour chaque poste nous ne présentons que les arguments spécifiques venant en complément de ceux plus généraux liés aux missions que doit assurer le service au sein du laboratoire et aussi de l'ouverture de la plateforme Renatech

EJM (AI Bap B 3F26)

- Départ Guy Lacoste (IEHC) début 2018
- Assurer la continuité de l'activité dans une zone avec des équipements très complexes et le développement de nombreuses thématiques de recherches.
- Présence d'un CDD depuis 1ans renouvelé en 2017.

Traitement de surface /chimie des polymères (IR Bap B 1F26)

- Départ de B. Rousset (IRHC) mi 2018
- Les compétences de B. Rousset dans les matériaux « classiques » ont été transférées vers d'autres membres du service et au vu des développements des années passées et de la prospective il est essentiel d'en développer vers les « nouveaux » matériaux polymères.
- Présence d'un CDD jusqu'en 2015 mais qu'il n'a pas été possible de continuer à financer sur ressources propres.

Electrochimie/ Photolithographie (AI Bap B 3F26)

- Départ de M. Benoit (AI) en 2015
- Continuité de l'activité
    - en zone électrochimie aujourd'hui avec un seul personnel permanent
    - en zone photolithographie qui voit passer la quasi-totalité des projets de la salle blanche

- Présence c'un CDD à 50 % sur chacune des deux zones renouvelé en 2017. En zone électrochimie cette présence de CDD dure depuis 5 ans.

Nano réplications (AI Bap B 3F26)

- Titulaire de la fonction doit être réaffecté hors de la salle blanche (raison médicale)
- Développement des compétences du laboratoire en nano réplications.
- Présence d'une CDD depuis 4 ans sur cette activité

Chimie (AI Bap B 3F26)

- Continuité de l'activité dans la zone chimie qui est centrale dans la salle blanche et qui dépend d'un seul permanent
- Soutien par un ARTT à 50% venant de l'UPS mais sans garantie de la poursuite de sa présence au-delà de la mi 2017.

Lithographie laser (IR Bap B 1F26)

- Développement des compétences du fait
  - des nombreuses nouvelles techniques mises en place dans cette zone (lithographie bi photon, 3D, bio impression HR)
  - des développements de procédés liés à l'équipex LEAF
- Départ d'une apprentie ingénieur à la mi 2017, et fin du soutien d'un ingénieur de la société Kloe présent dans le cadre d'une collaboration LAAS / KLOE

Enfin un profil qui a priori n'est pas affecté au sein du service TEAM mais qui est aussi primordiale pour le fonctionnement de la salle blanche.

Assistant en gestion administrative (AI Bap J 3X21)

- Mutation interne de C. Fourcade (TCE) vers le service IST-EDI
- Assistance à la gestion financière (facturation auditable, commandes), contractuelle (collaborations Renatech) et administrative du service TEAM et de la plateforme
- Fonctions assurées par des CDD successifs depuis de nombreuses années.

BUDGET

Exécuté en 2016

La présentation est différente de celle faite dans zones. Il ne s'agit pas ici de la somme des budgets exécutés dans chaque zone mais du calcul des coûts complets tel que préconisé pour la mise en place d'une facturation auditable. Les différences peuvent apparaitre notables car ici nous avons ajouté les sommes dues au titre des couts « non visibles » au niveau des zones mais réellement réglés par le laboratoire (ménage, électricité, gaz, ….).

2016	Fournitures et consommables	Prestation de Service (maintenance)	Infrastructure
Assemblage	8381.20	10192.04	65852.93
Caractérisation	924.00	59109.85	29194.33
EJM	41185.29	41892.26	50299.38
Electrochimie	9845.45	4106.86	15690.74
Fours et implantation ionique	3702.25	65486.08	110401.23
Frais généraux (chimie + soutien + support)	147171.72	57819.42	298118.35
Gravure plasma	5665.88	38181.82	33333.96

Jet d'encre	3771.17	5404.26	21053.59
Lithographie laser	2815.60	27944.79	24750.94
Nanoréplications	5203.00	5838.93	11706.31
Photolithographies	74805.09	57979.03	28487.20
PVD	28914.96	28577.61	20504.88
Totaux	332385.61	402532.96	709393.84
	1 444 312 .41		

Le fait que ce montant est supérieur de plus de 10% à celui affiché en 2015 est dû à l'intégration dans le calcul des résultats d'une analyse faite par le service Infrastructures de la DR14 et qui montre que 81.5% de la facture d'électricité est à imputer à la salle blanche et notamment au traitement d'air. L'estimation précédente basée sur les puissances installées en salle blanche affectait 30% de la facture d'électricité à la salle blanche
Un plan de travaux (600 k€) est envisagé pour permettre à échéance de 3 ans une réduction importante de cet impact. Ces travaux portent sur la rénovation des systèmes de climatisation, la mise en place d'une gestion centralisée et de systèmes de récupération d'énergie. Les économies escomptées s'élèvent jusqu'à 127k€/an sur une facture de l'ordre de 410 k€/an.

Prévisionnel 2017

Le budget prévisionnel établi en 2016 selon le code référentiel budgétaire pour la demande FEI 2017 a été le suivant :

Code référentiel budgétaire	Explication pour salle blanche	Montant
A1 - FOURNITURES ET CONSOMMABLES DE BUREAU	fournitures et consommables bureau	4 000
A2 - MOBILIER ET MATERIEL DE BUREAU	mobilier matériel de bureau	1 000
A3 : FLUIDES*	fluides généraux	216 400
A4-AUTRE DEPENSES	autres dépenses IG TEAM	150
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	102 258
B3 GAZ ET PRODUITS POUR LE PROCESS	Ce qui est utilisé directement pour la fabrication des composants	290 350
B4 :GROS EQUIPEMENTS DE LABORATOIRE	Tout ce qui concerne les facilitées	11 500
B5 GROSSE INSTRUMENTATION SCIENTIFIQUE	Tout ce qui concerne les équipements de caractérisation	88 164
B7 : ELECTRONIQUE / MESURES ELECTRIQUES	Tout ce qui concerne les équipements à l'exclusion de la caractérisation et du vide	308 605
B8 : PHYSIQUE- MESURE PHYSIQUE-MECANIQUE	Tout ce qui concerne le vide et l'ultravide	31 605
B12 : HYGIENE ET SECURITE et de sécurité	Produits d'hygiène 163 713	
C1 : MISSIONS DEPLACEMENTS	Missions et déplacements	25 000
D2 : ABONNEMENT CONSOMMABLES [LOGICIEL ET MATERIEL)	Abonnements applications et logiciels pour la salle blanche et TEAM	13 962
D3 : ACHATS [LOGICIEL ET MATERIEL)	Abonnements applications et logiciels pour la salle blanche et TEAM	16 700
E3 : CONSTRUCTION ET MAINTENANCE RELEVANT DU PROPRIETAIRE	"Tous travaux, contrats, petits outillages relevant de la maintenance de la salle (pas les consommables qui sont en B2)"	114761
TOTAL		1383 168

* Ce chiffrage ne tient pas compte de l'information sur les dépenses d'électricité à imputer à la salle blanche.

FORMATIONS

Organisation

Toute personne qui demande l'accès à la plateforme pour y travailler doit obligatoirement suivre des formations dispensées par le service TEAM. Ce n'est qu'après avoir suivi les premières formations que le badge d'accès sera activé et que la personne pourra travailler en autonomie.

La formation générale obligatoire

- La présentation générale de la plateforme et du service TEAM
- La présentation et l'analyse des procédures de travail en salle blanche
- Une présentation en situation de la plateforme (environnement, sécurité,..)
- Dispensée 1 fois /mois entre septembre et juin.

Les formations techniques obligatoires

- Elles permettent de se familiariser avec les procédures de travail des zones en libre-service après formation.
- Elles se déroulent tous les 15 jours :
- **Formation en chimie :**
  - " Le risque chimique en salle blanche"
  - La zone chimie: fonctionnement et utilisation pratique"
- **Formation photolithographie :**
  - fonctionnement de la zone et des consignes de sécurité.
  - Réalisation d'un procédé de photolithographie.
- **Formation plasma O2 :** Présentation et utilisation de 2 équipements de plasma O2.
- **Formation à la caractérisation :**
  - vue d'ensemble sur les appareils, pour imager et mesurer les composants.
  - formation pratique sur profilomètre mécanique.

Les formations techniques non obligatoires

- Selon la nature et l'ampleur des travaux qui sont conduits en salle blanche un utilisateur peut être formé sur la plupart des techniques disponibles en salle blanche

Les formations théoriques :

Ces formations théoriques ont pour objectif de donner les éléments nécessaires à la compréhension de tous les aspects mis en jeu lors de la réalisation des composants en salle blanche. Leur déroulement est en plusieurs phases :

- **Phase 1 obligatoire:** module sur une demi-journée au cours de laquelle sera faite une présentation transversale (interzone) des technologies disponibles au sein de la plateforme. A l'issue de cette phase chacun devrait avoir une idée générale des techniques et procédés disponibles, et plus particulièrement de ceux qui les intéresseront pour la réalisation de leurs projets.
- **Phase 2 obligatoire :** modules de 1H30 où sont détaillés les aspects théoriques, procédés et équipements concernant des techniques particulières.
  1. Règles et outils pour la fabrication des masques optiques
  2. Lithographie optique
  3. Caractérisation

- **Phase 3** (optionnelle) : 17 modules de 1H-1H30 où sont détaillés les aspects théoriques, procédés et équipements concernant les autres techniques disponibles en salle blanche

Bilan

	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Formations pratiques et théoriques	251	652	939

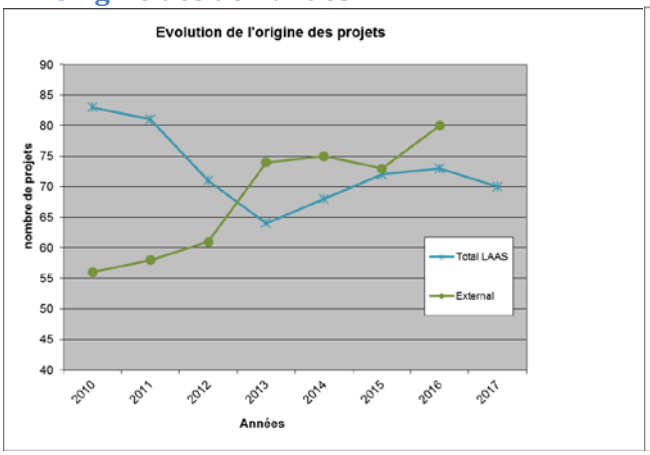
Ces actions de formation représentent un effort très important mais qui est essentiel pour la réussite des nouveaux utilisateurs de la salle blanche.
Nous avons mis en place une cellule formation dont l'objectif est d'améliorer encore la situation, de proposer de nouvelles voies pour valoriser tout ce travail vers d'autres publics.
Une dernière piste de valorisation serait l'édition d'un Cv pour chaque utilisateur qui quitte la salle blanche sur lequel apparaitrait l'ensemble des compétences pratiques et théoriques étudiées.

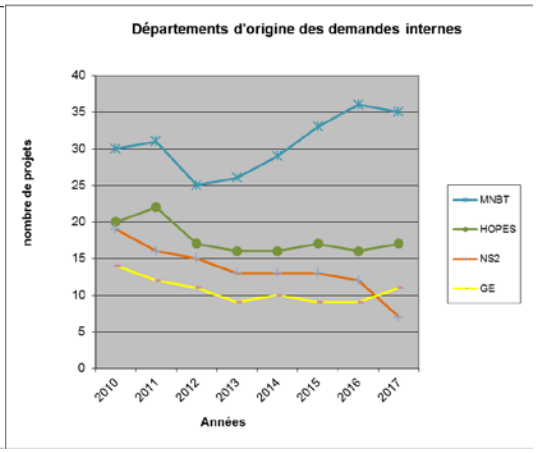
PROJETS SOUTENUS

Renatech

L'ensemble des demandes exogènes sont gérées par la cellule Renatech du service TEAM. (cf chapitre Cellule Renatech)

Origine des demandes





- On note une stabilisation du nombre total des demandes traitées autours de 150/an. Le nombre des projets internes étant début 2017 de 70.
- Ces projets sont très divers dans le volume d'activité qu'ils génèrent. De manière générale les projets internes sont plus conséquents que les demandes externes
- Au niveau des départements
  - MNBT reste le plus gros demandeur avec toutefois une stabilisation de la demande.
  - La baisse au niveau de NS2 ne fait que traduire le résultat des reconfigurations d'équipes au sein des départements.
- On note également une certaine dynamique dans le renouvellement des projets puisque 13 ont été clôturés et 10 nouveaux ouverts.

Domaines de savoir-faire technologiques

Les travaux conduits collectivement lors des comteam précédentes ont permis la mise en place de quatre groupes de travail chargés d'animer des réflexions et lancer des actions autours de quatre domaines de savoir-faire technologiques identifiés au sein de la salle blanche

- Micro nano électronique
- Microsystèmes
- Optique/Photonique
- Bioélectronique, biosystèmes, biophysique ;

Chacun de ces groupes à résumé ces premières actions dans un chapitre particulier de ce document.

MyFab LIMS (Laboratory Information Management System)

Déploiement

L'année 2016 a vu le déploiement de cette nouvelle application de management des ressources techniques de la salle blanche. (http://lims.laas.fr/default.aspx).
Développée par l'université de Chalmers ses différents modules permettent notamment la

- Gestion des acteurs
- Gestion des projets
- Gestion des équipements
- Possibilité de facturation à l'heure
- Communication entre les acteurs
- Suivi en temps réel des activités
- Constitution d'une base documentaire partagée

Evolution prévisibles

- Une action est en cours au niveau du réseau Renatech pour le déploiement dans d'autres centrales (IEMN, FEMTO, C2N). Le LAAS étant le premier utilisateur joue un rôle de coordinateur dans cette action.
- Les versions futures de l'application devraient porter sur des modules
    - Procédés (sorte de cahier de laboratoire numérique)
    - Déclaration des demandes de projets (lien à faire avec l'application LIMS- RENATECH)
    - Fourniture (gestion des stocks)

Facturation auditable

- 2016 a été l'occasion de rassembler les informations pour la mise à jour des tarifs proposés.
- Ces tarifs seront audités courant 2017. Dès leur parution ils remplaceront les anciens tarifs.
- Toutes les unités d'œuvres devenant des heures nous devrions être en capacité courant 2017 de basculer la facturation depuis les fiches de process numériques vers MyFab LIMS.

LITHOGRAPHIE LASER

EQUIPEMENTS

Liste

Nom	Libre service	Année d'achat	Valeur d'achat (k€)	n° inventaire	Référence dans LIMS	Priorité
Heidelberg DWL 200	Non	2004	858	8408	L1	0
Hamatech HMP 90	Non	2007	90	8773_CV	L6	1
Nanoscribe PP	Non	2013	288.2	0773_PO	L4	0
Kloe Dilase 750	Non	2013	626	10759_CV	L2	0
Kloe Dilase 3D	Non	2013	105	10759_CV	L5	0

Maintenances significatives

Année passée

Changement du laser He-Cad de l'équipement Heidelberg DWL 200 en début d'année

Année à venir

- Remplacement d'un moteur et de filtres dans l'équipement Hamatech HMP 90.
- Après 4 ans d'utilisation intensive, une maintenance coûteuse (20-50 k€) est à prévoir sur le laser de l'équipement Nanoscribe PP. Pour ce même équipement, l'acquisition d'un 2ème objectif 63x est nécessaire pour prévenir l'usure de l'objectif existant.

Evolutions significatives

- Installation et mise en route d'un prototype d'écriture laser 3D développé par la société KLOE.
- Mise en place d'un nouveau module GT dans l'équipement Nanoscribe Photonic Professionnal pour des écritures jusqu'à 100 fois plus rapides et le traitement de plus grandes surfaces. A titre exceptionnel Renatech a fourni 80 k€ suplémentaires sur la ligne RTB 2013 pour le financement de ce module.
- Concernant la Dilase 750, la ligne 0.5µm a été remplacée par une ligne de 1 µm bien moins contraignante en terme d'utilisation. En effet, cette nouvelle ligne est compatible avec l'objectif olympus 10x utilisé avec les deux autres lignes (2 et 20 µm) et permet ainsi de travailler sur de plus grandes surfaces d'échantillons.

Prospectives

Heidelberg DWL200 (40k€)

Fabrication des masques et réticules : rempacement du laser He-Cad 442 nm par un laser à diode 405 nm pour réduire la fréquence de changement du laser d'écriture, 10 ans au lieu de 2 ans.
La nouvelle longueur d'onde 405 nm permettra aussi de structurer des résines Nloff ou SU8 faible épaisseur en écriture directe.**Dilase 3D multi-résolution Kloé**Dans le cadre du projet Fablab, un nouvel équipement Dilase 3D avec deux tailles de faisceau pourrait être installé en salle blanche.**Paillasse de chimie pour délaquage des masques et réticules**Intégration d'un bac de rinçage et un bac chauffé pour un mélange piranha adaptés aux formats des masques et réticules optiques.

ORGANISATION

Personnel

- Pierre-François Calmon (IR1) : responsable de zone

- Vinciane Luque (TCN)
- Lucie Séveno (Apprentie Ingénieur)
- David Colin (AI 50 %)

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.

V Luque réceptionne et crée des dessins puis programme l'équipement d'écriture laser pour la fabrication des masques. PF Calmon traite plus particulièrement la fabrication des réticules et le développement de nouveaux procédés. D Colin apporte un soutien aux actions de chimie et la commande du masqueur pour la fabrication des masques. L Séveno participe à des nouveaux développements avec l'équipement Nanoscribe.
Nous bénéficions de l'aide d'un ingénieur KLOE, R Courson qui traite plus particulièrement le développement de procédés pour la fonctionnalisation de surface et la structuration 3D.

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.

Calibrations / validations des équipements et procédés.

Existantes

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence
Calibration DWL 200	Ecritures paramétrées au bord d'un masque Mesures automatiques DWL200 Analyse des résultats	1 fois par semestre
Changement laser DWL 200	Alignement du laser Réglage machine	1 fois tous les 2 ans

Qui vont être mises en place

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence
Suivi qualité des masques	Ecritures motifs critiques au bord des masques Mesures et observations Analyse statistique	1 fois par mois

BUDGET

Exécuté l'année passée

2016	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Sécurité
Montants En K€	15	3	27	6	1

Prévisionnel année à venir

2017	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Sécurité
Montants En K€	15	3	110	1	1

Un budget de maintenance de 20 keuros est utilisé tous les 24 mois pour le changement du laser He-Cad de l'équipement DWL 200. L'installation d'un laser à diode avec la mécanique et de nouveaux éléments d'optique nécessite un budget de 40 keuros. Puis le changement d'un laser à diode tous les 10 ans nécessitera un budget de 20 keuros. Il parait donc très interessant financièrement de mener cette opération dans le cadre du budget 2017.
Le laser du nanoscribe pourrait être dégradé dans quelques mois car il a été très utilisé. Le changement en partie ou total du laser coûte entre 20 et 50 keuros

FORMATIONS

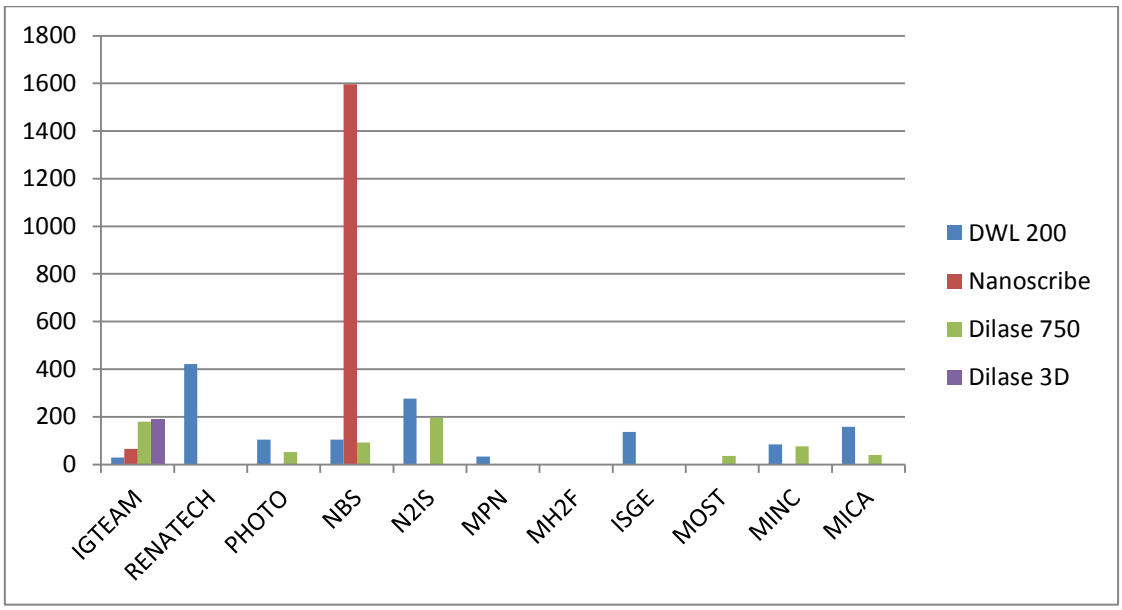
Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Cours TEAM	**Règles de dessin pour la fabrication des masques**	1h30	1	1h30	40
Formation pratique	**Logiciel CleWin5 Dilase 750 DWL 200 PP Nanoscribe**	14h	A la demande	60h	25
TOTAUX				61h30	65

Un nouveau cours TEAM sur les techniques de lithographie laser sera proposé cette année.

BILAN

Par équipement

Graphique(s) donnant par équipement ou famille d'équipement le nombre d'unités d'œuvres (celles définies en facturation auditable).

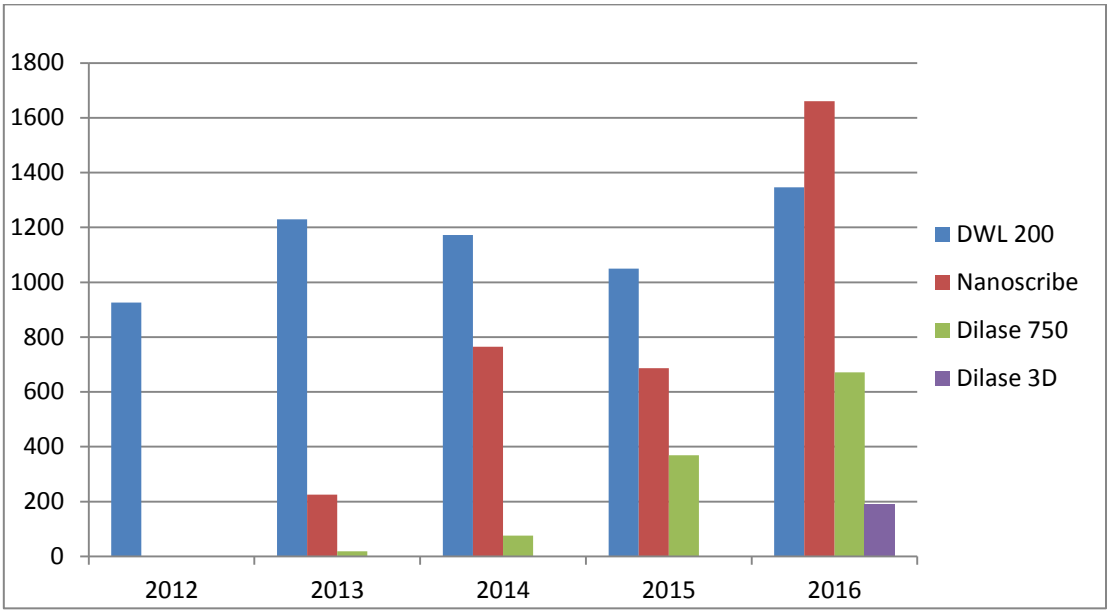


La fabrication des masques ou réticules pour des projets exogènes Renatech est passée de un quart à un tiers du volume entre 2015 et 2016.

L'équipement Nanoscribe est toujours utilisé essentiellement pour les projets de l'équipe ELIA; néanmoins suite à une présentation faite au laboratoire en novembre 2016 cette situation pourrait évoluer dans les années à venir. De nouveaux utilisateurs potentiels s'étant manifestés. Ce point est essentiel car il traduit une réelle ouverture de l'utilisation de cet équipement, conformément aux attendus du financement de 80 k€ dégagé par Renatech pour l'amélioration des performances de la machine.

Evolution au cours des années

Graphique(s) présentant une vue global de l'activité de la zone sur les **5** dernières années.



Le volume de masques ou réticules fabriqués lors des 5 dernières années reste stable même si la demande exogène Renatech croit chaque année. L'équipement Nanoscribe est très sollicité car l'écriture de quelques structures 3D durait plusieurs jours consécutifs avant l'installation du module GT en septembre.

Fonctionnalisation de surface par écriture directe à 266 nm

Un laser de fonctionnalisation était inscrit au CCP du LEAF et il ressortait d'une analyse bibliographique qu'un laser de courte longueur d'onde (193nm) permettait de fonctionnaliser du PET pour un dépôt electroless de Nickel. Ce laser s'inscrit donc dans les challenges 2 à 5 du projet EQUIPEX LEAF pour la structuration de polymères.

Or les lasers à diode à 193nm ne sont pas disponibles; nous nous sommes donc tourné vers un laser à 266nm, la plus courte longueur d'onde disponible pour un laser à diode. Les tests montrent un changement d'angle de contact du PET.

La fonctionnalisation localisée du PET par écriture directe à l'aide du laser 266 nm a été optimisée et est aujourd'hui reproductible.

Figure 1 : Fonctionnalisation structurée par écriture directe du PET à 266 nm

Après traitement de la surface, l'angle de contact d'une goutte d'eau passe de 80° (PET non fonctionnalisé) à 49°.

Après fonctionnalisation, une voie étudiée est de métalliser le PET par dépôt auto catalytique. Par ailleurs, on a démontré que l'electroless marchait avec une longueur d'onde de 254nm (spectroline) mais c'est un traitement sur toute la surface. Le laser 266nm nous donne la possibilité de structurer directement sans passer par une photolitho un dépôt métallique. On n'a pas encore réussi un dépôt electroless suite au traitement 266nm; ceux effectués au 254nm sont dépendants de la dose ce qui prouve que la dose et l'énergie sont des facteurs importants pour la réussite du procédé. Il faut donc trouver la bonne dose/énergie au 266nm pour un dépôt métallique

La fonctionnalisation structurée par écriture directe à 266 nm est également très intéressante a développer sur d'autres matériaux tels que, par exemple, la SU-8 et le film sec DF-1000. La faisabilité est en cours d'étude.

Fabrication additive

Nanoscribe

L'installation du module GT a permis d'étudier plus précisément les paramètres d'écritures (vitesse d'écriture, slicing et hatching) des différentes structures réalisées sur cet équipement. En effet, le système fabrique une structure poreuse de 300x300x300 μm^3 en 1h contre 72 h auparavant.

Trois objectifs de différents grossissement sont maintenant disponibles : 63x, 25x et 20x. Le 63x est réservé au résine de l'équipementier tandis que le 25x permet de structurer en 3D d'autres matériaux. Le 20x est utilisé pour la structuration en 2D. Actuellement, la structuration de résines photosensibles, formulées en salle blanche à partir de matériaux biocompatibles, est étudiée.

Angelo Accardo réalise avec l'objectif 63x des structures 3D pour la culture cellulaire (figure 1).

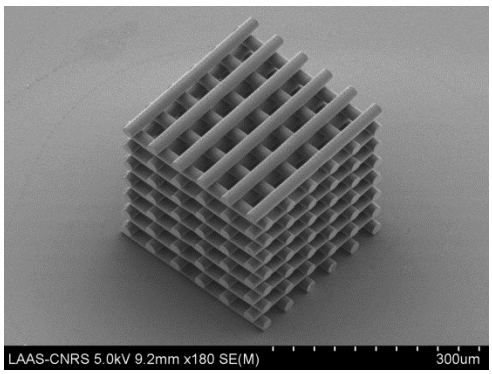
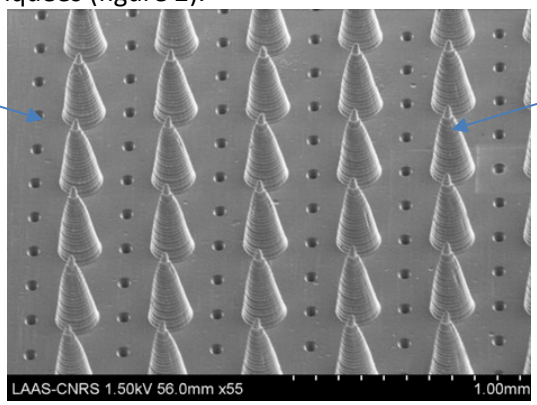


Figure 1 : Echaffaudage 3D pour la culture cellulaire neuronale

Dilase 3D

L'équipement est opérationnel depuis fin mai 2016. De nombreux procédés ont été mis au point à partir de trois matériaux : deux résines commerciales et une formulation, à base de matériaux biocompatibles, réalisée en salle blanche.
Dans le cadre d'une collaboration entre le LAAS (L. Malaquin), l'Institut Curie (J.L. Viovy), le CRCT (A. Besson) et le CPTP Purpan (A. Ferrand), des structures à fort rapport d'aspect, mimant la paroi intestinales, ont pu être fabriquées (figure 2).

Crypte de 40 µm de diamètre par 150 µm de hauteur



Villosité de 600 µm de hauteur (200µm de diamètre à la base et 20µm de diamètre sur le haut)

Figure 2 : Biomimétisme de la paroi intestinale à l'aide de la Dilase 3D et de la résine commerciale DS-3000

Dans le cadre d'une autre collaboration entre le LAAS (L. Malaquin) et l'IPBS (R. Poincloux), des structures microfluidiques de dimensions proches de la résolution maximales de l'équipement, ont été réalisées (figure 3). Ces structures permettent d'exploiter pleinement la résolution de la Dilase 3D.

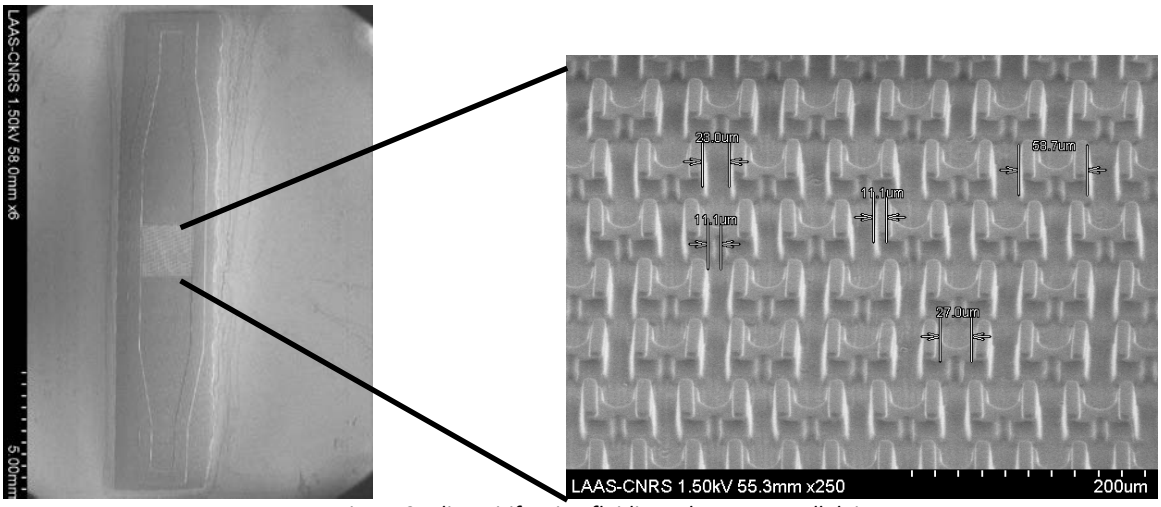


Figure 3 : dispositifs microfluidique de capture cellulaire

Sous l'impulsion de L. Malaquin nous avons également réalisé des structures plus complexes, comme une matrice osseuse trabéculaire (figure 4) faisant l'objet de plusieurs collaborations.

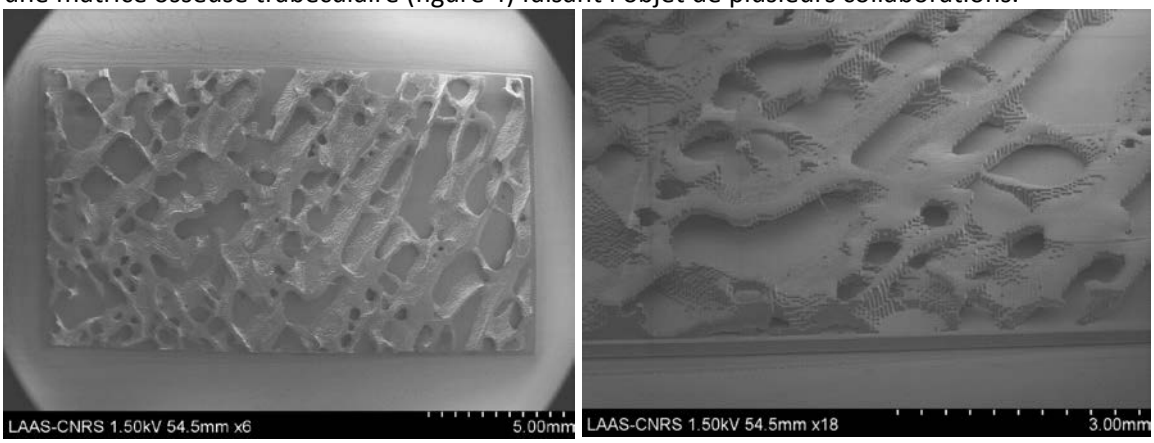


Figure 4 : Matrice osseuse trabéculaire

SYNTHESE

Fabrication des masques et réticules

Nous sommes de plus en plus sollicités pour la fabrication de masques 7 pouces et réticules 6 pouces. Les équipements d'écriture laser, développement résine et attaque chrome sont adaptés pour les plaques 6 et 7 pouces. En revanche nous sommes en attente d'une paillasse équipée d'un bain piranha chauffé + bac de rinçage pour le nettoyage résine des masques et réticules. Actuellement cette opération finale pour la fabrication des masques 7 pouces et réticules 6 pouces est difficilement réalisable avec nos moyens.

Lithographie 3D

La structuration en 3D de matériaux photosensibles est maintenant réalisable avec des nouveaux équipements plus rapides.

Personnel

Les nouvelles actions que mènent David Colin dans la zone permettent de fournir chaque semaine des masques totalement finis et propres pour la photolithographie. Après développement résine, attaque chrome et délaquage il informe les demandeurs de la disponibilté des masques. Plus récemment il génère en salle blanche les opérations logicielles nécessaires pour l'écriture des masques et se forme aux actions de contrôle et validation des demandes de masques. A terme il sera totalement autonome pour traiter les demandes et fabriquer des masques.
Vinciane Luque qui partage son temps avec les zones lithographie laser et soutien sera prochainement formée pour maitriser les logiciels de la Dilase 750 et ainsi conduire des écritures laser sur divers matériaux.
Lucie Séveno achève sa formation ingénieur dans quelques mois après avoir participé à de nombreux travaux dans la zone lithographie laser : nouveaux procédés pour la Dilase 750, nouvelle procédure pour le contrôle qualité des masques, gestion et conduite de l'équipement Nanoscribe PP, soutien aux projets et création d'un nouveau cours TEAM lithographie laser. Son départ va créer un manque pour le suivi et la gestion de l'équipement Nanoscribe PP à un moment où celui-ci pourrait s'ouvrir à des nouveaux projets. Le bilan de son passage au LAAS est positif : la formation qu'elle a reçue et l'expérience qu'elle a acquise lui permettent d'être totalement autonome pour de nombreuses actions qu'elle mène dans la centrale de technologie du LAAS. Il est regrettable que maintenant qu'elle est formée nous allons perdre ses compétences.

NANOLITHOGRAPHIES

EQUIPEMENTS

Liste

Nom	Libre service	Année d'achat	Valeur d'achat (k€)	n° inventaire	Référence dans LIMS	Priorité
Masqueur RAITH150	Oui	2005	907	7563_W	N1	0
Plateforme antivibratoire	-	2007	29	9760_CW	-	0
NANONEX NX2500	Oui	2010	269	9931_PO	N2	
Système de démoulage	Oui	2010	16			
Supports d'alignement	Oui	2010	14			
Pistolet ionisant	Oui	2010	1			
Tournette	Oui	2013	4.2			
Plaque chauffante	Oui	2013	1.5			
Hotte solvant calsse 10	Oui	2016	25.6	?		

Maintenances significatives

Année passée

- Changement de la lampe UV de la NANONEX

Année à venir

- Changement des lampes halogène de la NANONEX
- Réparation du système d'éclairage de l'alignement de la NANONEX
- Interféromètre LASER du masqueur électronique (possible)
- Afin de diminuer le bruit dans la salle Nanolithographies au moment de la descente du piston, de minimiser les mouvements d'air pour maintenir la classe 10, il faut prolonger l'évacuation des deux lignes d'azote (pilotage des vérins et évacuation de la pression de la chambre), pour rejeter l'azote à l'extérieur de la pièce par le faux plancher.

Évolutions significatives

Installation d'une hotte solvants de classe 10 avec tournette et plaque chauffante.

Prospectives

Évolution de la lithographie électronique (100k€)

Faute de financement pour l'achat d'un nouveau masqueur électronique l'investissement dans un système FBMS/MBMS sur notre masqueur actuel apparaît comme une solution permettant de débloquer la situation pour certains projets/développements : amélioration de la vitesse d'insolation, pas de raccords de champs limitant la réponse des structures optiques, ...

Le système restera limité en terme de performances (vitesse, précisions d'alignement et de positionnement) et ne restera accessible qu'après formation longue (30 – 40h) par manque d'automatisation (focus, astigmatisme, chargement d'échantillons).

Lithographie électronique (2-3M€)

Une réflexion pourrait être menée sur l'opportunité d'acquérir un équipement de lithographie électronique automatisé de nouvelle génération
Cet achat permettrait sans conteste d'affirmer la position du LAAS comme un acteur essentiel dans les nanotechnologies mais surtout il ouvrirait une très large fenêtre à de nouveaux procédés.

Des éléments importants de la réflexion sont les suivants :

- des qualités techniques nouvelles :
    - Chargeur automatique jusqu'à 10 échantillons (jusqu'à 6") : optimisation de l'exploitation (insolations de nuit), facilitation de l'ouverture (plus de projets internes et externes gérés)
    - Beaucoup plus d'automatismes (Auto-focus, auto-astigmatisme) : démocratisation de l'utilisation (formation moins lourde)
    - Insolations en continu (FBMS/MBMS) : pas de raccords de champs, diminution du temps d'insolation (grandes surfaces de plusieurs cm2 sans raccord accessibles),
    - Plaques de déviation au lieu de bobines : permet un balayage 10x plus rapide (100MHz au lieu de 10MHz) et donc un temps d'insolation plus court (nécessaire pour les grandes surfaces)
    - Système d'exploitation LINUX : évite toutes les erreurs et tous les plantages de WINDOWS
- Thématiques impactées dans le futur :
    - Photonique (grandes surfaces)
    - Optique guidée pas de raccord de champ = meilleure réponse optique
    - Résonateurs optiques, RF, …
    - nanofluidique
    - Surtout la facilitation de l'émergence de nouvelles thématiques : pas de blocage technique
    - Prototypage rapide :
        - technique et technologie connues et maitrisées
        - avec leurs limites et leur complémentarité avec la lithographie optique : épaisseur de résine max. 20µm
- Discrimination positive :
    - De la centrale du LAAS : ce masqueur permettrait de disposer de cette technique dans l'espace géographique MinaGSO issu du projet Renatech+
        - Du réseau Renatech : l'insolation en continu deviendrait disponible dans le réseau, ce qui nous alignerait sur les meilleurs laboratoires de recherche Européens.
        -
- Les points qu'il ne faut pas négliger :
    - nécessité d'une installation particulière :
        - aménagement RdC …mais pour tous les équipements sensibles aux vibrations : MEB, AFM, FIB, FOGALE et masqueur)
        - ou enceinte environnementale dans la salle actuelle : conditionnement d'air, champs magnétiques, champs électriques, vibrations mécaniques et sonores
    - Coût annuel de maintenance de l'ordre de 100k€

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 - mise au point des procédés, réalisation des moules, formation des utilisateurs, encadrement et suivi des projets, caractérisations AFM et MEB (en congés longue maladie jusqu'au mois de mars 2017)
- Jean-Baptiste Doucet – IE : chimie de surface, nouveaux polymères, mise au point des procédés, caractérisations AFM et MEB, formation des utilisateurs, encadrement et suivi des projets
- Alexandre Lauvergne – AI (CDD – depuis septembre 2016) : mise au point de procédés nano-impression, caractérisations AFM et MEB

Gestion des activités

Le fonctionnement de la zone repose sur la formation, l'ouverture et le partage des procédés. Toute personne formée quel que soit son statut peut utiliser les équipements et les procédés mis au point précédemment.

Calibrations / validations des équipements et procédés.

Existantes

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence
Insolation de nanostructures par lithographie électronique	Insolations par les utilisateurs	
Qualification procédés de nano-impression	1. Nano-impressions par les utilisateurs 2. Duplication de nanostructures dans un film ZEONOR 3. Duplication de nanostructures à l'aide du test précédent sur du silicium et dans la résine NILUV-135	1 fois par an minimum et à la demande d'un utilisateur ou en cas de problème
Déterminer quand la lampe UV doit être changée	• mesure de l'émission de la lampe UV	Mensuelle

Qui vont être mises en place

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence
Qualification de la résolution en lithographie électronique	Insolation générique sur PMMA (20kV – diaphragme 20um – 7mm de distance de travail)	1 fois par an minimum et à la demande d'un utilisateur ou en cas de problème
Déterminer quand les lampes halogènes doivent être changées	mesures de température (en cours)	trimestrielle

Les utilisateurs ne nous font pas assez de retours par rapports aux problèmes qu'ils rencontrent ce qui ne permet pas un suivi rapide et induit une perte de connaissances distribuables.

BUDGET

Exécuté l'année passée

2016	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Sécurité
Montants En K€	0	5.2	0.92	3.6	0

Maintenance générale de la machine NANONEX effectuée par nos soins (contrat de maintenance 20k€ peu intéressant d'après les autres centrales de technologie possédant le même matériel).

Prévisionnel année à venir

2017	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Sécurité
Montants En K€	2	5.2	8	3.6	1.5

Fournitures : correspond à l'achat de résines spécifiques pour un projet

Consommables : fonctionnement tournette, résines, produits chimiques, membranes NanoImpression, …

Maintenance : Compte tenu de notre choix précédent nous devons prévoir une maintenance de notre générateur de haute pression (changement des joints - fabricant Allemand et succursale en France). Nous devons aussi provisionner une panne (LASER interféromètre, pompes, chiller, tournette…)

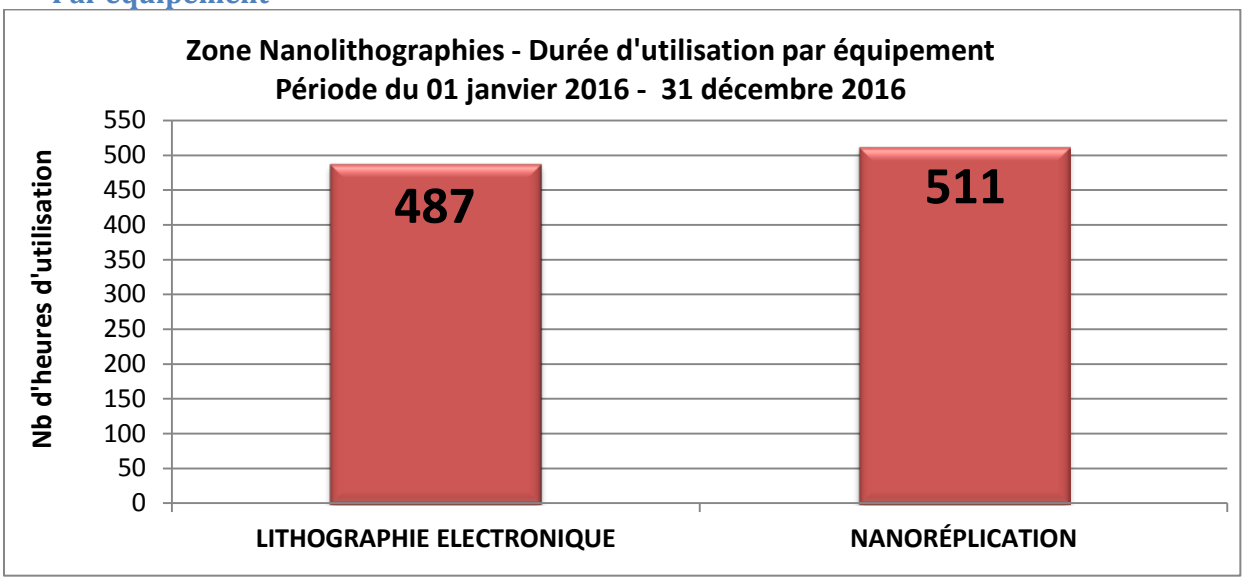
Support : nous devons installer des lignes de gaz en dur (azote, vide et air comprimé) pour la machine de lithographie UV (MJB3); sur la machine de nano-impression nous devons aussi déporter les lignes de remise en pression atmosphérique sous plancher. Il nous faut aussi séparer les éclairages entre la zone de la NANONEX et la zone du masqueur électronique pour que les personnes qui travaillent sur les 2 machines ne se gênent pas mutuellement (une armoire sera disposée entre les 2 zones de la salle de façon à ce que l'éclairage d'une zone ne perturbe pas trop l'autre).

Sécurité : mettre la poubelle sous extraction

FORMATIONS

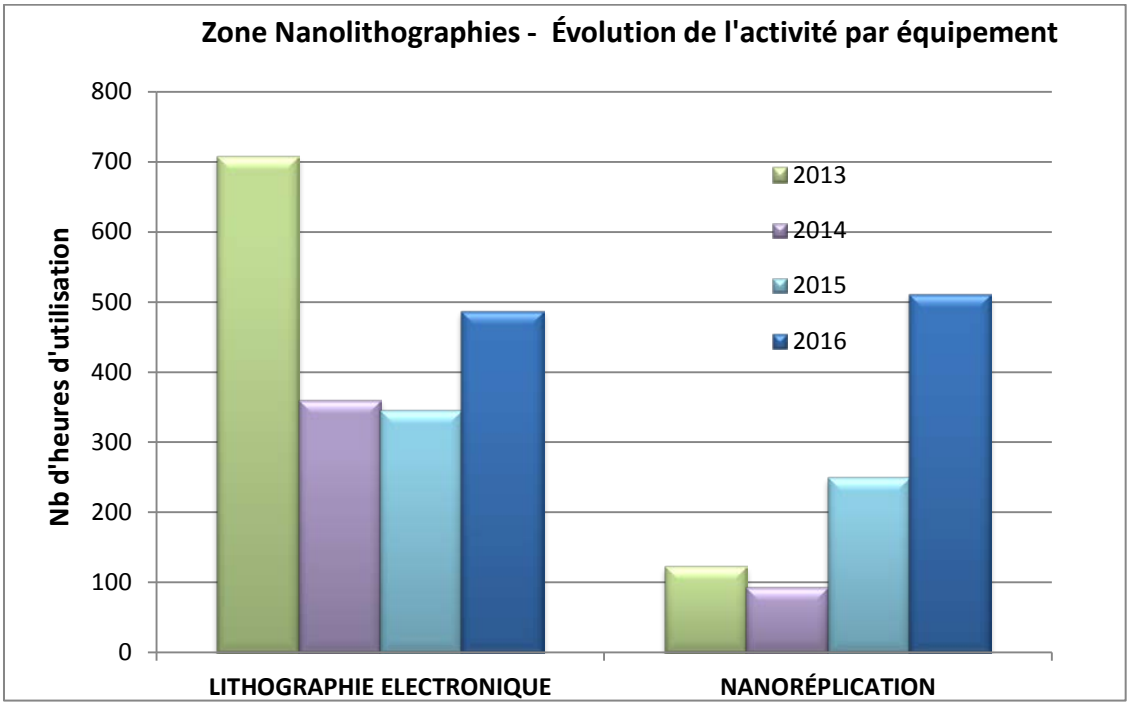
Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Cours TEAM	MEB	2	1	2	~15
Cours TEAM	Lithographie électronique	2	1	2	~10
Formation pratique	Lithographie électronique	40	2	80	2
	Nanoréplication	1	NA	5	5
TOTAUX			NA	89	32

Par équipement



Lithographie électronique : activité stable
Nano-impression : beaucoup de développements en lien avec le stepper optique (fabrication de moules 6" par l'équipe Photonique), nombreux de tests pour trouver la source d'instabilité dans les procédés (fuite sur le vide entre membranes, source UV, régulation de la température) et test de reproductibilité pour mettre en place les contrôles réguliers des paramètres vitaux (machine et procédés)

Évolution au cours des années



La lithographie électronique: augmentation conjoncturelle due peut-être à la comptabilisation des heures de réservation par LIMS qui ne correspondent pas exactement aux heures d'utilisation : la durée habituelle d'utilisation oblige les utilisateurs à réserver des créneaux plus long que l'utilisation réelle.
L'utilisation de la Nanoréplication a par contre beaucoup progressé. Ceci est lié à l'évolution des procédés

EVOLUTIONS DE PROCEDES

NanoImpression

Les travaux menés conjointement avec l'équipe Photonique, la zone Photolithographie et la zone Nanolithographies ont permis des progrès importants dans l'évolution de nos procédés et l'intégration de la nano-impression dans une filière technologique : mise au point d'une résine de réplication UV, mise au point de moules 6" réalisés au stepper UV et stabilisation des procédés de réplication.
Des travaux préliminaires sur le lift-off ont été réalisés par Jean-Baptiste et Alexandre pour un projet d'Isabelle Séguy : l'adjonction d'une sous-couche devrait permettre d'améliorer la technique et donc d'ouvrir un nouveau champ d'application de la nanoréplication pour la production rapide de nanostructures.

SYNTHESE

Ressources humaines nécessaires à l'activité

Un CDD est un soutien indispensable à la zone mais les règles administratives actuelles nous obligent à reformer complètement une nouvelle personne tous les 2-3 ans tandis que la formation à ces techniques de pointe est longue (1 an environ). Nous avons donc besoin d'un poste pérenne afin de pouvoir maintenir et développer la zone pour un service optimum aux projets de recherche.

Lithographie électronique

De nombreuses demandes de réalisation ont émergées cette année. Afin de pouvoir mener toutes les actions à bien (maintenance machine, support aux utilisateurs, développement et suivi des projets) Alexandre Lauvergne a commencé à être formé à la lithographie électronique. Les projets serviront de travaux pratiques pour cet apprentissage.
Nous développerons prioritairement, en 2017 la réalisation de moules multi-niveaux.
Nous devrions installer 2 options (Fixed Beam Moving Stage et Moving Beam Moving Stage – 100k€) qui nous permettront de pouvoir diminuer les temps d'insolation ainsi que les raccords de champs. La réponse optique des échantillons fabriqués sera améliorée de manière significative.
Enfin il faut poursuivre les efforts sur la prospective en équipement : l'investissement dans un masqueur électronique de nouvelle génération (3M€) serait un plus pour la pérennisation de la technique et la facilitation de son accès car les machines actuelles sont très automatisées.

Nanoréplication :

L'ensemble des activités de la zone est en interaction très forte avec les zones de photolithographie, gravure plasma et caractérisation ainsi qu'avec les chercheurs (principalement PHOTONIQUE) pour le développement des procédés liés aux projets scientifiques. Les succès obtenus, concernant l'intégration de la Nanoréplication dans un procédé complet de fabrication (voir Figure 1), l'ont été grâce à l'effort de tous et particulièrement aux développements réalisés par Sylvain Pelloquin (CDD) pour la fabrication de moules 6" au stepper composé d'un réseau de lignes submicroniques).

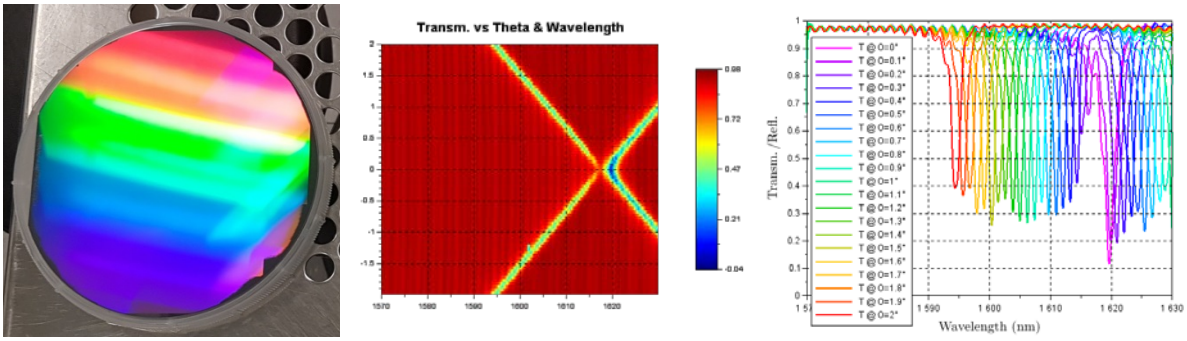


Figure 5 : Filtre spectral à réseau résonnant a) moule 6" réalisé au stepper, b) & c) réponse optique du filtre réalisé par nanoréplication

Le soutien technique d'Alexandre Lauvergne (CDD) a été déterminant pour la maintenance de la machine et des procédés, la mise en place de tests systématiques de suivi et le développement de nouveaux procédés pour la biologie. On peut noter aussi plusieurs utilisations non conventionnelles (collage de films secs, planarisation de couche de résine, …) qui enrichissent la palette des applications possibles de la Micro-nanoréplication et qui montrent la dynamique importante de développement de cette partie de la zone.

Nous développerons prioritairement, en 2017 :

- l'utilisation de la résine NIL-UV135 pour le lift-off (avec l'adjonction d'une sous-couche)
- la technique d'alignement de la nanoréplication.

Ces 2 savoir-faire maitrisés permettront d'intégrer la nano-impression comme technique de lithographie à part entière dans les procédés de fabrication.

CHIMIE

EQUIPEMENTS

Liste

Nom	Libre service	Année d'achat	Valeur d'achat (k€)	n° inventaire	Référence dans LIMS	Priorité
Armoire de stockage simple PP	Oui	2016	1			
Armoire de stockage double PP	Oui	2016	2			
Hotte solvants et PDMS	Oui	2016	10	11969_HA23		
Hotte solvants propres	Oui	2016	7	11968_HA23		
Hotte chimie exploratoire	Oui	2008	14	8474_W	F13(C8474 W)	1
Poste de nettoyage RCA et piranha collectif 6 ''	Oui	2005	122	8475_W	F12 (8475W)	0
Poste de nettoyage RCA et piranha collectif 4 ''	Oui	1990	61	-	F10	1
Poste chimie GaAs	Oui	2005	23	8473_W	F8 (8473 W)	
2 sorbonnes	Oui	2000	46	-	F4 F5	
Poste inox de délaquage de résine avec 2 bacs chauffants agités par ultrasons	Oui	2005	31	7861_C	F3(7861_C)	0
Hottes chimie • 1 poste de chimie technologie MOS • 2 postes de chimie	Oui	2005	46	8472_W	F2(8472_W) F9 F1(8472_W)	
Poste d'attaque collectif par Buffer HF pour technologie MOS	Oui	2005	21	8471_W	F11 (8471W)	1
Centrifugeuse Semitool avec rotor 4 pouce	Oui	1990	24	7797_C		
Centrifugeuse Semitool avec rotor 6 pouces	Oui	2005	34			
Equipement de nettoyage par UV/ozone	Oui	2013	13	7872_W	F6(7872_W)	1

Maintenances significatives

Année passée

- Sur poste AZ100 remover panne du générateur d'ultrasons bac 2 (réparation en cours par IBS) et panne du bain thermostaté (commande en cours chez IBS).
- Panne sur la semitool 4 pouces (provenant vraisemblablement du contrôleur électronique, un essai de réparation de la carte est actuellement testé en interne, à l'issu de cette démarche nous saurons si nous devons faire intervenir un spécialiste extérieur et/ou remplacer le contrôleur.
- Diverses pannes de commandes de fluides.

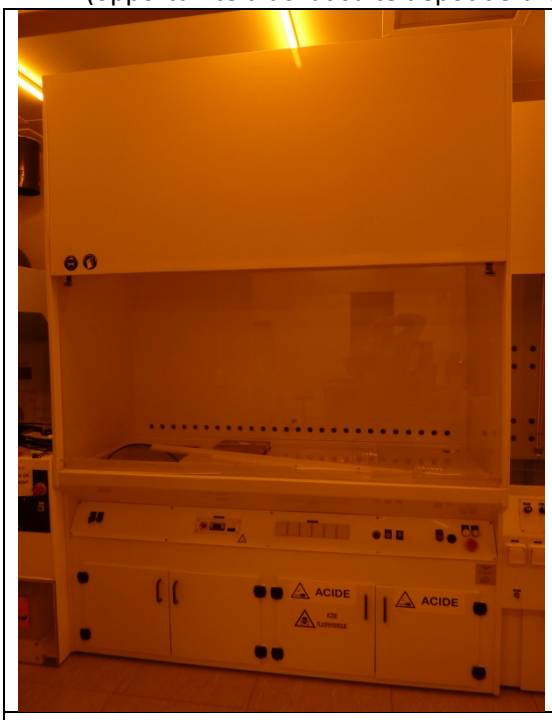
Année à venir

- Changement de la lampe de l'UV ozone à prévoir.
- Réparation contrôle de température bac HNO_3 RCA 6 pouces,
- rétrofit commandes de fluides + refroidissement couvercle AZ100 remover.

Evolutions significatives

Refonte des moyens en chimie

Réalisation dans le cadre de la refonte de la chimie en salle blanche, des postes de la zone chimie qui font partie de ce premier volet : ce sont les postes « solvants propre » et « solvants et PDMS » qui permettent de combler l'espace dégagé par le déménagement des équipements MOS dans un espace dédié en salle de lithographie laser. Un poste nanoMOS polyvalent a également été réalisé pour cet espace. Un autre poste MOS polyvalent destiné à cet espace a également été reçu (opportunité d'achat suite dépôt de bilan société minaservices).



Poste MOS polyvalent

Poste nanoMOS polyvalent

Nouvelles fonctionnalités qui seront apportées par ces postes dont l'installation en conditions opérationnelles est prévue début 2017 :

Poste « solvants propres » : Poste solvants permettant de manipuler des solvants organiques en l'absence de contaminations, notamment de particules métalliques telles que celles produites par les procédés lift off.

Poste « solvants et PDMS » : Poste solvants qui sera équipé d'une pompe chimique à membrane (vide limite 2 mbar) et d'un contrôleur de vide permettant par exemple le dégazage (PDMS ou autre) ou le remplissage de cavités par utilisation d'une pression réduite controlée et sans risque de dégrader le réseau de vide primaire de la salle blanche.

Poste « nanoMOS » polyvalent : Sorbonne dédiée aux activités nanoMOS permettant de travailler en sécurité dans un espace exempt de contaminations susceptibles de nuire à cette technologie.

Poste MOS polyvalent : Sorbonne dédiée aux activités MOS (standard ou nano) permettant de travailler en sécurité dans un espace exempt de contaminations susceptibles de nuire à cette technologie.

Aménagement de sécurité sur postes existants :

Une prolongation des côtés de la partie surmontant le plan de travail du poste chimie « gravure métaux » a été réalisée pour une meilleure canalisation des flux d'air (protection des opérateurs).

Une première version d'une extension non rabattable en partie haute sur ce même poste et dans le même but ainsi que pour mieux prévenir les projections a également été réalisée. Si cette configuration est retenue, elle sera étendue au poste « HF métaux » voisin. Dans le cas contraire d'autres options devront être étudiées, notamment la mise en place en partie haute de volets rabattables.

Déménagement en cours des postes RCA 6 pouces et BOE dans l'espace MOS nouvellement créé et positionnement en cours des postes « gravure métaux » et « HF métaux » du côté « acides » le but étant au final d'avoir un côté « organique-solvants » (côté droit en entrant dans la zone) et un côté « minéral-acides » pour une meilleur lisibilité et la prévention de mélanges hasardeux.

Prospectives

Les prochains postes en perspectives sont les suivants :

Aménagement de sécurité sur postes existants (5-10 k€)

Application sur le poste « HF métaux » de la stratégie adoptée pour le poste gravure métaux. Implémentation de de volets rabattables si nécessaire.

Sorbonne HF/acides (17 k€)

Sorbonne (vitre abaissable) destinée à manipuler l'acide fluorhydrique concentré (ex : gravures HNA, révélation de dopages, gravures verres épais, HF vapeur) où d'autres mélanges acides agressif (ex : HBr/oxydant pour gravure isotrope III/V) dans de meilleurs conditions de sécurité.

Remplacement du poste RCA 4 pouces par un poste de nettoyages/gravures acides par lots et individuels (140 k€)

Installation à la place du poste RCA 4 pouces obsolète (fonction actuellement assurée par le poste RCA 6 pouces) d'un poste destiné au traitement collectif ou individuel en 4 ou 6 pouces de nettoyages H_2O_2/H_2SO_4 (sur plaquettes silicium, verre ou masques) avec deux niveaux de propreté, de traitements par HF ou Buffered HF, ou de gravure de Si_3N_4 par acide phosphorique. Ce poste fournira notamment une solution au problème du nettoyage de plaquettes 6 pouces pour lesquels la méthode totalement manuelle n'est pas satisfaisante.

Sorbonne rampe à vide/gaz (25 k€)

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

Cabine de sonication (5 k€)

Cabine permettant d'accueillir le sonicateur (utilisé par exemple pour la mise en suspension de particules) pour une utilisation plus aisée de cet équipement et afin de libérer l'espace sous la sorbonne de chimie exploratoire (manipulation des produits CMR et nanoparticules).

Mise en place de couvercles refroidissants sur le poste de délaquage par AZ100 remover et autres mise à jour (6 k€)

Modification de ce poste permettant de condenser les vapeurs d'AZ100 remover afin de limiter les condensats dans le système d'extraction de la salle blanche tout en limitant la consommation de produit et les impacts sur l'environnement. Reprise des réseaux et asservissement en température du résistivimètre.

Equipement de spray solvants pour lift-off (175 k€)

Ce type d'équipement permettrait de traiter les lift-off par spray solvants (simplification, gain de temps, meilleurs efficacité du procédé et moindre encombrement)

ORGANISATION

Personnel

- Doucet Jean-Baptiste : responsable de zone
- Lauber Nathalie : Technicienne chimiste ITRF UPS BAP B MESR en ARTT jusqu'à 2,5 J/semaine.

Gestion des activités

Zone en libre service après formation.

Calibrations / validations des équipements et procédés.

Existantes

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence
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
Vérification du fonctionnement de la douche de sécurité et du rince œil	Actionnement de la douche et du rince œil	2 fois par mois
Vérification des résines nanoimpression après fabrication d'un lot	Réalisation d'un procédé d'impression et caractérisation du résultat	1 fois tous les deux mois
Qualification des procédés de nettoyage RCA et piranha collectifs 6 pouces ainsi que du BOE	Réalisation d'un diélectrique SiO_2 après nettoyages chimiques/gravure et qualification du diélectrique par mesures C= f(V)	1 fois par an
Qualification de bains de gravures de matériaux	Gravure de matériaux et qualification des résultats	Autant que nécessaire

Qui vont être mises en place

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence
Vérification des extractions sur postes de chimie pour la protection des opérateurs	Mesure des flux d'air par anémomètre calibré	1 fois par semestre

BUDGET

Exécuté l'année passée

2016	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Sécurité
Montants En K€	0	31	1	3	4,5

- Consommables : correspond aux produits chimiques.
- Maintenances : réparation d'un générateur d'ultrasons poste AZ100 remover
- Support : Installation des postes de chimie à leur emplacement + modification casquette sur poste existant
- Sécurité : évacuation et retraitement des déchets chimiques + achat gluconate de calcium

Prévisionnel année à venir

2015	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Sécurité
Montants En K€	0	30	6	14	4

- Consommables : correspond aux produits chimiques.
- Maintenances :
  - AZ100 remover : réparation générateur d'ultrason + changement bain thermostaté non réparable (1458€) + ajout couvercle refroidissant et retrofit électronique
  - RCA 6 : pouces réparation bac HNO3 et vidange HF dilué
  - Electronique semitool 4 pouces selon bilan
- Support : raccordement des postes déménagés et nouveaux à leur emplacement + modifications casquettes sur postes existants
- Sécurité : évacuation et retraitement des déchets chimiques

FORMATIONS

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/ an(h)	Nombre total de participants /an
Cours TEAM	Prévention du risque chimique en salle blanche	1h30	1	1h30	40
Formation pratique	Prévention du risque chimique en salle blanche : aspects pratiques et risques locaux	2	16	32	56
Formation pratique	Fonctionnement et utilisation de la zone chimie	2	16	32	56
TOTAUX			33	65H30	152

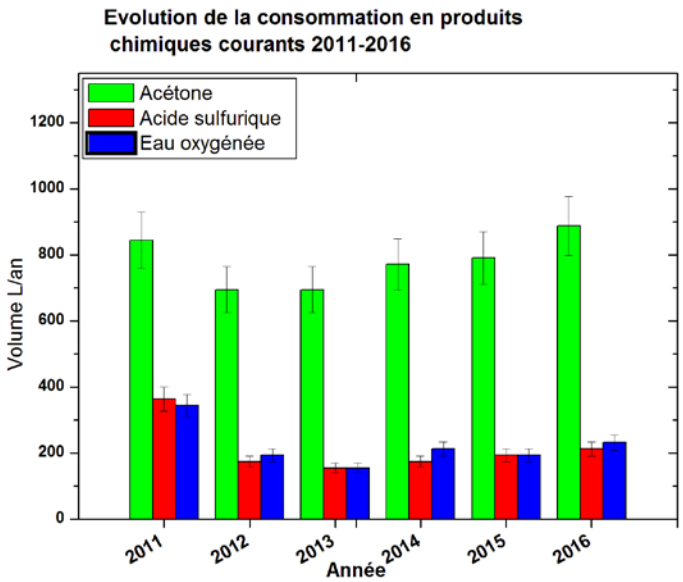
Nathalie Lauber à réalisé une formation (les deux modules) en parfaite autonomie. A terme nous visons à ce que dans une session de formation l'un des modules soit fait par l'un des membres de la zone et l'autre module par l'autre membre de la zone de manière à ce que tous les nouveaux intervenants connaissent les deux personnes. A terme nous envisageons de rendre une partie des formations utilisables en ligne (vidéo ou autre).

BILAN

Par équipement

Les équipements de la zone chimie sont en libre accès après formation. Ils sont d'utilisation généralement fréquente et courte, 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. Il est difficile de demander aux utilisateurs de réserver toute utilisation d'équipement de la zone chimie, le temps consacré à ces multiples opérations administratives n'étant pas négligeable devant le temps que prennent les petites opérations fréquentes qui y ont souvent lieu. Globalement le code F-FRAIS comptabilise 9419 H de réservation en 2016 mais il ne s'git pas là que des heures liées aux hottes de chimie mais à tous les équipements qui patissent des même usages de réseravtion car utilisés sur des périodes très courtes mais fréquentes.

Evolution au cours des années

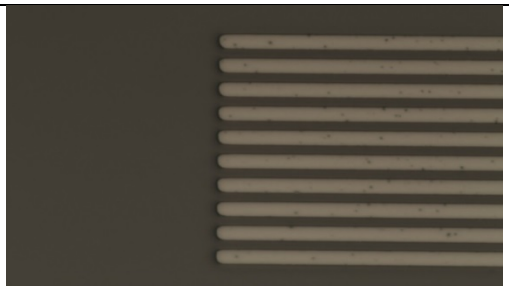


La consommation en produits chimiques courant est relativement stable.

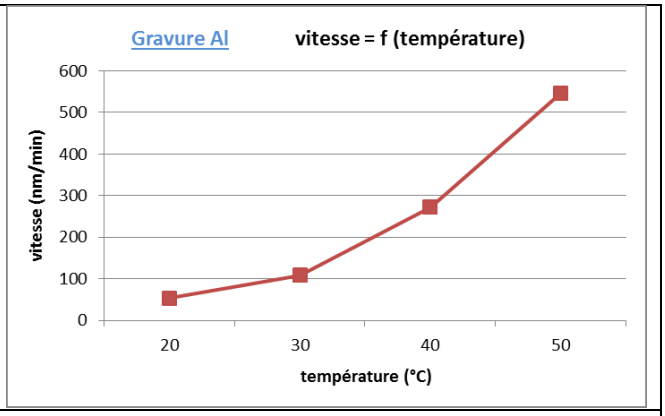
EVOLUTIONS DE PROCEDES

Mise au point et standardisation des conditions de gravure de métaux

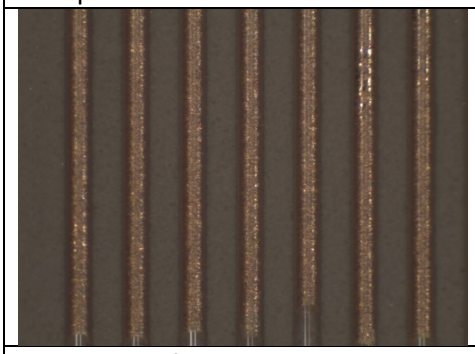
En 2016 Nathalie LAUBER à étalonnée les vitesses de gravure de l'aluminium en fonction de la température par la solution classiquement utilisée au LAAS pour cette gravure. Des premiers tests d'évaluation de solutions de gravure du cuivre ont par ailleurs été réalisés (notamment de cuivre épais (35µm) pour cartes électroniques).



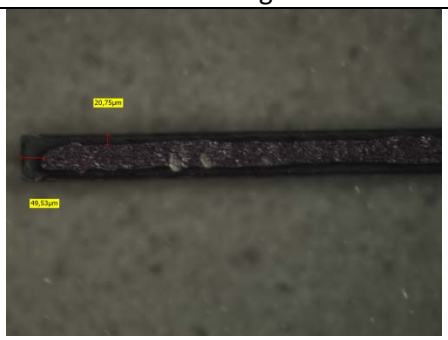
Aluminium gravé localement au travers d'un masque de résine



Graphe de la vitesse de gravure de l'aluminium par la solution standard de gravure au LAAS



Cuivre gravé localement au travers d'un masque de résine



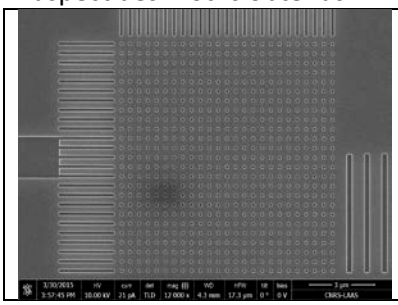
1er test de gravure de cuivre épais (35µm)

Ces étalonnages visent à standardiser les gravures humides, nous comptons les poursuivre en 2017.

Mise au point et formulation de résines de nanolithographie

Des adaptations de la résine NILUV-135(résine « maison pour procédés de nanoimpression) ont été réalisées en 2016 (modification d'épaisseur). D'autres modification sont prévues pour 2017 : modification du système d'amorçage pour favoriser la réticulation aux épaisseurs < 80 nm ; modifications d'indice ou d'autres propriétés. Des formulations de résines et mise au point de procédés visant à pallier les modifications de dimensions inhérentes à l'utilisation du procédé « zéonor » en zone nanolithographie sont prévues.

Un premier procédé d'inversion de moule par lift-off a été mis au point en zone chimie avec la résine NILUV-135 afin d'obtenir un moule protubérant apte à mouler des polymères conducteur par déformation thermoplastique. Les travaux doivent être poursuivis pour améliorer la fidélité et l'aspect des motifs obtenus.



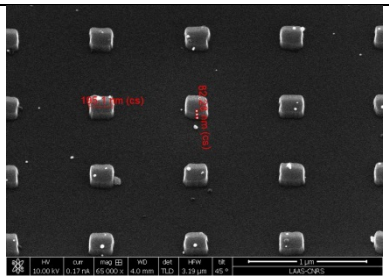


Image en microscopie à balayage du moule en creux	Détail du moule protubérant obtenu à partir du moule en creux ci-contre

SYNTHESE

Refonte de la chimie en salle blanche

Un premier volet de la refonte de la chimie en salle blanche est en cours de réalisation. Les modifications d'infrastructures nécessaires à l'accueil des postes de chimie dédiée dans le nouvel espace MOS ont été réalisées et les postes seront disponibles dans cet espace début 2017. Cela permettra une meilleure protection de ces technologies très sensibles aux contaminations croisées provenant d'autres technologies.
Deux nouveaux postes solvants-organiques ont été reçus et seront également disponibles début 2017. L'un permettra d'utiliser des solvants ou produits organiques sur un poste exempts de particules métalliques ou autres pollutions (qui sont omniprésentes sur les postes de solvants existants où sont réalisés notamment les lift-off). L'autre sera équipé d'un système de vide primaire contrôlé afin de réaliser des dégazages (type PDMS) , le remplissage de canaux ou tout autre manipulation nécessitant un vide primaire en présence de produits chimiques.

L'appel d'offre pour une sorbonne Acide/HF (manipulation de mélanges impliquant des acides concentrés et émettant des vapeurs corrosives et toxiques) doit intervenir en 2017.
Le lancement de l'appel d'offre pour un poste de traitement sécurisé collectif ou individuel des nettoyages piranha/HF ou de gravure (BOE ; H_3PO_4) est également envisagé pour 2017(ce poste prendra la place du poste RCA 4 pouces dont seule la partie piranha/HF est aujourd'hui fonctionnelle).

Au terme de l'année 2017, la plupart des besoins en chimie devraient donc être couvert, 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 couteuses de la lithographie électronique.

Personnel

Après s'être investie dans la zone chimie, Nathalie Lauber apporte aujoud'hui un réel soutient à cette zone du point de vue de son organisation, de la formation, du soutien aux utilisateur comme des développements qu'elle conduit. Toutefois sa situation vis-à-vis de l'Université reste précaire. Il semble qu'il ne soit toujours pas envisagé par cette tutelle que Nathalie occupe un poste à temps complet au LAAS, et il parait même possible que l'Université réclame son retour à temps complet dans ses locaux. Les incertitudes quand à son devenir sont dommageable tant pour elle que pour son activité. Il est plus difficile de rester efficace en alternant deux postes en deux lieux différents, et après l'investissement qu'elle a réalisé au laboratoire, et que le laboratoire a réalisé en la formant, il serait vraiment regrettable de la voir repartir sans plus jamais utiliser les compétences qu'elle à acquises au LAAS et qu'elle met en œuvre quotidienement.
De plus si l'Université faisait le choix de la reprendre à temps complet, le problème de recruter une personne pour la remplacer dans ses activités en zone chimie se poserait.

Sécurité

La zone chimie est une zone en libre-service où le risque chimique est fortement présent. La maitrise et la prévention de ce risque passe par des mesures telles que l'information et la sensibilisation des utilisateurs, la mise à disposition d'Equipements de Protection Individuels mais aussi et surtout la mise en place et l'amélioration de la protection collective. Si ces trois axes peuvent et doivent

bénéficier d'amendements dans une démarche d'amélioration continue, c'est donc tout particulièrement sur le dernier que des efforts doivent être consentis. Pour le moment, et dans le contexte de la refonte de la chimie en salle blanche, le jeu des financements et autres aspects pratiques faisant intervenir des considérations qui débordent du cadre de la zone, cet aspect n'a pas toujours pu être traité en priorité. Il ne faut cependant pas le perdre de vue. Du point de vue du risque physico-chimique ce qu'on doit obtenir en premier lieu pour améliorer les choses est :

- Une meilleure protection vis-à-vis des vapeurs acides très fortement toxiques générés par certains procédés et des risques de projections associés (utilisations d'acide fluorhydrique concentré, acide bromhydrique/brome, eau régale, oxydes d'azote…). Ces opérations sont peu fréquentes, mais le risque associé est très élevé. La protection doit passer par la mise en place de la sorbonne (vitre abaissable) acide (appel d'offre et installation prévus en 2017).
- Une meilleure protection vis-à-vis des projections et des vapeurs ou aérosols associés lors des nettoyages par procédés acides (eau oxygénée/acide sulfurique, acide fluorhydrique dilué ou tamponné) les risques associés sont plus faibles que ci-dessus, mais ces opérations sont très fréquentes et exposent un grand nombre d'utilisateurs. La mise en place de bacs verticaux destinés à accueillir ces opérations vise à limiter ces risques. L'acquisition du poste comportant ces bacs (à la place du poste RCA 4 pouces) est prévu (appel d'offre et installation en 2017).
- Une meilleure protection vis-à-vis des projections, vapeurs ou aérosols sur les postes acides existants par l'extension des protections surmontant le plan de travail. Des premier essais ont été effectué, une qualification des postes ainsi modifiés doit être obtenue.

Sur ce dernier point, ces modifications et ces qualifications concernent d'autres postes que ceux de la zone chimie, avec notamment le risque d'intoxication chronique par expositions aux vapeurs organiques (a priori bien maitrisé en zone chimie mais moins sur d'autres postes) et le risque incendie dont ces mêmes vapeurs peuvent être à l'origine. Cette problématique dépasse donc le cadre de la zone et relève par ailleurs d'aspects réglementaires mieux connus des personnes ayant des fonctions adaptées.

PHOTOLITHOGRAPHIE

EQUIPEMENTS

Liste

Nom	Libre service	Année d'achat	Valeur d'achat (k€)	n° inventaire	Référence dans LIMS	Priorité
EVG 120	Oui	2003	892	7582_W	P1	0
EVG 620	Oui	2003		7583_W	P5	1
Spraycoater	Oui	2011	166.7	10163_W	P2	0
Stepper Canon	Oui	2009	984	9522_W	P3	0
Stepper Ultratech	Oui	2013	0	11140_W	P4	1
Suss MA150	Oui	1998	457	7037_I	P6	0
Suss MA 6	Oui	2002	137.2	9823_PV	P7	1
Suss MJB3 GaAs	Oui	1985	61	11141_PO	P8	2
Suss MJB3 Si	Oui	1980	58	11160_PO	P9	1
Plaque chauff. SU8 n°1	Oui	2005	26	7859_W	P10	0
Plaque chauff. SU8 n°2	Oui	2002	26	6974_PV	P11	1
Etuve HMDS auto JPK	Oui	2005	46.3	8008_W	P13	0
Etuve HMDS manuelle YES	Oui	1999	17	8009_W	P14	1
Tournette Labspin n°1 (procédés ECI & NLOF)	Oui	2015	7.6		P18	1
Tournette RC8 n°2 (Tous les procédés)	Oui	2003	23	6769_CE	P20	1
Tournette RC8 n°3 (procédés MOS)	Oui	2003	16.7	10163_W	P22	1
Etuve polymère	Oui			8008_W	P12	1
Microscope Leica automatique	Oui	2005	12.5	7957_W	P16	1
Microscope Leica manuel	Oui	2005	12.5	7982_W	P15	1
Paillasses photo 1, 2 et 3	Oui	2006		7843_CV, 7844_CV, 7846_CV, 7845_CV, 7850_CV, 7847_CV	P17 à P22	1
Semitool 4 et 6 pouces	Oui	2013	0			1
Etuves (4)	Oui			7064_CV		1
Plaques chauffantes (x5)	Oui	2010	1.26	9821_W 9820_V		1
Armoires réfrigérées (x2)	Oui	2005	4000	7943_W		1

Maintenances significatives

Année passée

- EVG 120 :
  - Intervention du fabriquant sur le bras de développement hors service,
  - Chuck 100 mm changé,
  - Remplacement du système pneumatique de dispense,
  - 3 semaines d'arrêt liées à la maintenance (44 interventions TEAM sur l'année).
- Spray Coater :
  - panne sur la carte électronique du moteur, changement connectiques de la buse.
- Stepper :
  - Casse du tray 4 pouces lors d'une manipulation, remplacement,
  - 2 semaines d'arrêt (45 interventions TEAM sur l'année).
- Machine d'alignement EVG 620 :
  - Un contrôleur changé, maintenance de l'équipementier.
- Machine d'alignement MA150 :
  - Changement du boitier d'alimentation BSA, sonde UV, système d'illumination, tourelles microscope,
  - 2 semaines d'arrêt (15 interventions TEAM sur l'année).
- Machine d'alignement MA6 :
  - Problème sur le WEC (Wedge Error Compensation),
  - 3 semaines d'arrêt, (27 interventions TEAM sur l'année).
- Tournette :
  - Chucks petits échantillons pour tournette n°3 MOS, réparation système gyrset.
- Sécurité :
  - Paillasses photo n°3 : installation d'un système type « casquette » pour améliorer l'aspiration sur les postes de travail.
- Don au Cinam Marseille de l'équipement Suss Microtec MA56.

Année à venir

- Maintenances préventives constructeurs Canon, EVG et Suss Microtec.
- Changement tournette n°2 RC8 par un équipement Labspin (idem tournette n°1).
- Sécurité :
  - Paillasses photo n°3 : amélioration d'un système type casquette sur la paillasse photo 3,
  - Généralisation sur les deux autres postes,
  - Installation d'un bras d'extraction sur les réfrigérateurs.

Evolutions significatives

- Stepper Canon :
  - Achat d'un système de chargement pour substrats 2 pouces.
- Tournette Labspin n°1 :
  - Changement du capot.

Prospectives

Machine d'alignement par contact (type MJB4 ou MA6) 150-300 k€

Renouvellement du parc en remplacement d'un des équipements MJB3 (années 1980 et 1985), plusieurs options en fonction du budget :

Caractéristiques des deux équipements :

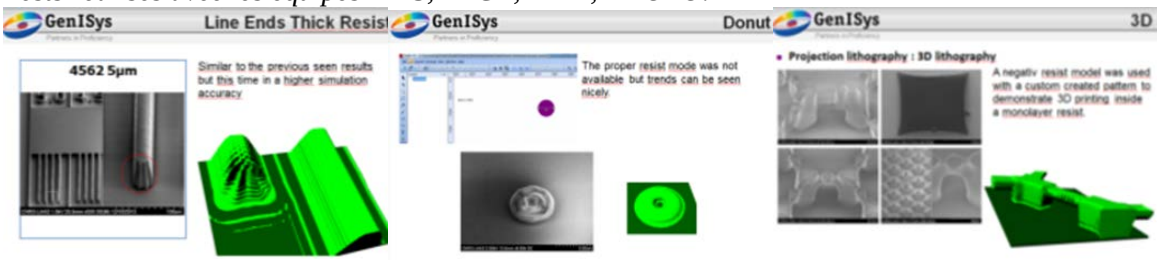
Machine d'alignement MJB4, budget ≈150K€

Machine d'alignement MA6, budget ≈300K€

Logiciel GenSys Lab : 20 k€ + 8-9K€/module

C'est un logiciel de simulation des procédés de lithographies UV, laser et électronique. Il permet d'ajuster les paramètres d'exposition en fonction de la nature des substrats, des résines (nature, type, épaisseur) et des motifs à générer. L'apport de ce logiciel est un gain de temps en mise au point de procédés et une meilleure fiabilité des opérations : respect des dimensions et des géométries, réduction des effets de proximité et des effets liés à la diffraction, amélioration de la résolution.

Tests réalisés avec les équipes N2IS, MICA, MPN, PHOTO.

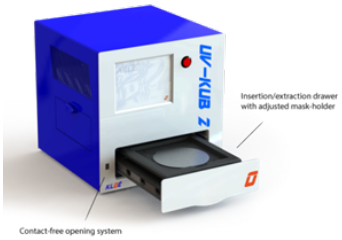


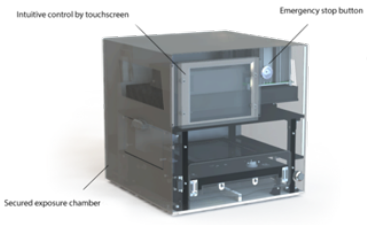
Sécurité : Tournette photo 2 Labspin 7,5 K€

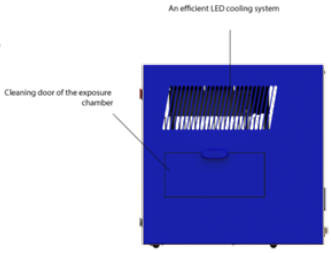
Travail sur les postes de travail de photolithographie afin d'améliorer l'aspiration et la sécurité des opérateurs.

Kloé UV Kub 2 -3 15-40 k€

« Petit équipement » de lithographie UV pour procédés simples et rapides, exposition par LED : plus économique et suppression du risque lié à l'explosion des lampes à vapeur de mercure.
Budget : 15 à 40K€ en fonction des options : http://www.kloe.fr/equipement/en/uv-kub-3







Equipement de lithographie par projection BSA : 1 M€ à 3M€

Jouvence du stepper Canon (année 1995) :

- exposition d'échantillons 2 pouces à 150mm,
- résolution 350nm,
- alignement TSA +/-30nm,
- Back Side Alignement +/-30nm.

L'objectif est d'anticiper le renouvellement de l'équipement actuel arrivé au LAAS en 2009.
Même si les rapports avec l'équipementier sont très bons (réactivité des interventions, support à distance), le fabricant ne garantit plus la fourniture des pièces pour les équipements >20ans.
En 2016, 19 projets ont fait appel au stepper dans plusieurs filières : nanofils, réseaux. Ces étapes ne peuvent pas être réalisées sur d'autres équipements au LAAS ou dans d'autres centrales du réseau Renatech.
De plus, les nouvelles générations de stepper I Line permettent des alignements face arrière à +/- 30nm qui n'est pas disponible sur l'équipement actuel.

Système de dispense et développement automatique : 600 K€

Jouvence de l'équipement actuel EVG 120 (année 2005)

- substrats 2, 4 et 6 pouces,
- système automatisé pour le transfert des substrats, pré-alignement,
- dispense de plusieurs résines (par bouteille et système seringue),
- deux lignes de développeur.

L'EVG 120 est un équipement incontournable dans la zone photolithographie. L'équipement en libre-service a plus de 10 ans et a fait l'objet de plusieurs pannes onéreuses depuis 2 ans et de nombreux arrêts.

ORGANISATION

Personnel

- Mazenq Laurent : responsable de zone,

- Adrian Laborde (AI),
- Durlach Arnaud (AI CDD) : à 50% sur la zone (et 50% en zone électrochimie).

Arnaud est prolongé en CDD en 2017 dans le cadre d'un projet GateOne avec les sociétés Sentron et Ondilon.

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.

La répartition des activités est la suivante :

Formation (Adrian Laborde) :

Adrian L. est en charge des formations des nouveaux entrants,
Arnaud D. et Laurent M. assurent le support aux utilisateurs.

Procédés (Laurent Mazenq) :

Laurent Mazenq assure
- le suivi des procédés,
- le développement de nouveaux procédés,

Arnaud D. assure les qualifications des procédés.

Equipements (Adrian Laborde) :

Adrian Laborde est en charge d'organiser
- les réparations de premier niveau,
- l suivi des interventions des équipementiers.

Gestion (Laurent Mazenq) :

- Laurent Mazenq est en charge de la gestion organisationnelle (bilans d'activité, budgets, qualité, sécurité),
- Adrian L. et Arnaud D. assurent le suivi des ressources matérielles.
- Vinciane Luque participe au suivi des procédés avec Arnaud Durlach dans la zone.

Calibrations / validations des équipements et procédés.

Existantes

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence
Qualification des procédés de photolithographie les plus courants : • ECI 1.1µm stepper • ECI 1.1µm MA150 • NLOF 5µm • AZ40XT 40µm • SU8 100µm	Réalisation des procédés	• 1 fois par mois : Conformité procédé, épaisseur et résolution • 1 fois / trimestre : observations profils au SEM
Qualification procédés HMDS	Réalisation des procédés	• 1 fois / trimestre : Mesure des angles de contact
Qualifications équipements : • Machines d'alignement	Vérification machine	• 1 fois par mois : Contrôle intensité lumineuse, homogénéité, changement lampe si nécessaire (si t>650h)

• Tournettes et EVG 120 **Vérif installations / zone :** • paillasses • Nettoyage, rangement, • état des stocks,	Vérification machine	• 1 fois / trimestre : Vérification vitesse de rotation
	Vérification des débits d'extraction	• 2 fois / an : Vérification des débits et flux laminaire
	5S, heure soleil	• 1 fois / semaine

Le suivi des opérations de contrôle après photolithographie a été mis en place. Il consistait à centraliser sous forme d'un tableau de bord les mesures des épaisseurs des résines après chaque opération. Cependant, ce système n'a pas été suivi par les utilisateurs et cette action a donc été abandonnée, dans l'attente d'un système informatique pour le suivi des procédés.

BUDGET

Exécuté l'année passée

2016	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Sécurité
Montants En K€	35.5	31	74.9	0	1.5

- Fournitures :
  - Evolution par rapport à 2015 : -29%

L'essentiel des commandes est passé lors d'avis de publicité afin d'obtenir des conditions économiquement plus avantageuses.

- Consommables :
  - Evolution par rapport à 2015 : -37%

Les commandes sont réalisées en début d'année et échelonnées afin de réduire les pertes de résines. D'autre part, les films sec et permettent une baisse des coûts par rapport aux résines SU8 très onéreuses.

- Maintenances :
  - Stepper Canon : achat d'un support pour substrats 2/4 pouces : 9.7K€
  - EVG 120 :
    - Panne sur le bras de développement : 8.8K€ (intervention constr.).
    - Changement du chuck : 2,8K€
  - EVG 620 : Contrôleur stage 10,6K€ (intervention constr.).
  - MA150 :
    - Changement boitier alim : 6.2K€ (intervention constr.).
  - MA6 : Changement système WEC 3,2K€.
    - ***Evolution par rapport à 2015 : -4,2%***
- Bilan :
  - Dépenses : 142,9K€, soit -37,8K€ par rapport au budget prévisionnel

Prévisionnel année à venir

2017	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Sécurité
Montants En K€	36.2	31.6	69,9	6	1.2

Le budget prévisionnel est calculé par rapport aux dépenses de 2016, 144,9K€. Il était de 173,8K€ en 2015.

FORMATIONS

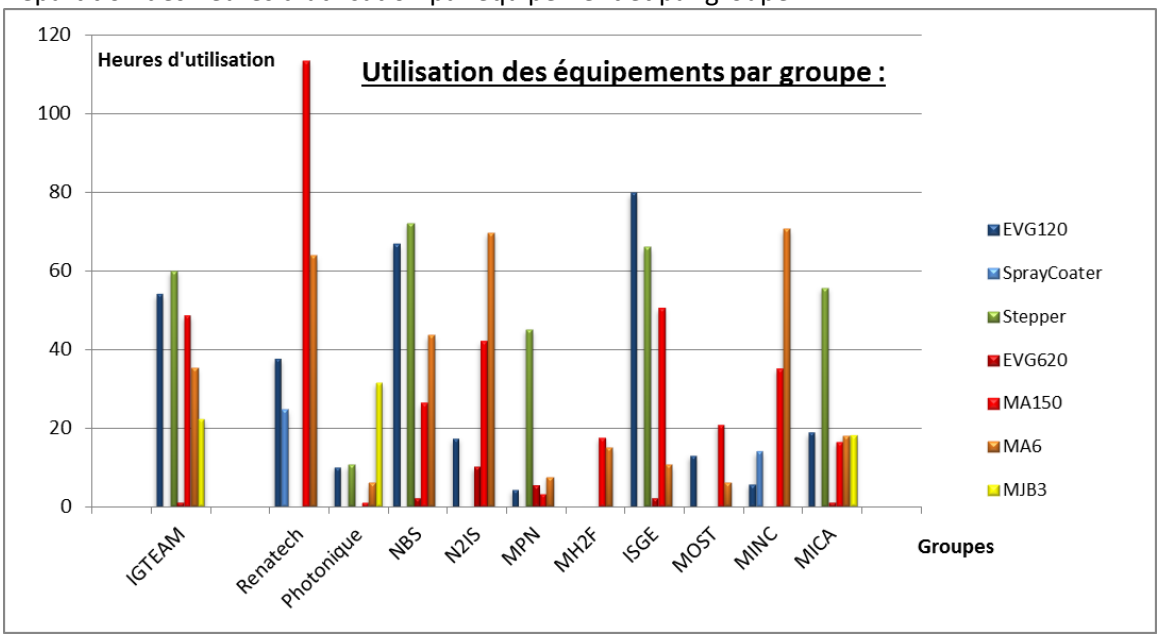
Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Cours TEAM	**Procédés de photolithographie** (Réalisé par Laurent Mazenq)	1h	1	1h	27
	Equipements et environnement en photolithographie (Réalisé par Laurent Mazenq)	1h	1	1h	27
	Procédés sur les résines épaisses (Réalisé par Véronique Conedera)	1h30	1	1h30	20
Formation pratique	**Procédés de photolithographie**	1h30	16	24	49
TOTAUX			19	27H30	123

- Amélioration du processus de formation des nouveaux entrants :
  - coordination des sessions de formation avec les autres zones,
  - affichage du planning accessible sur l'intranet,
  - création d'un « kit de formation » (délivrance du cahier, pinces, etc…).

BILAN

Par équipements

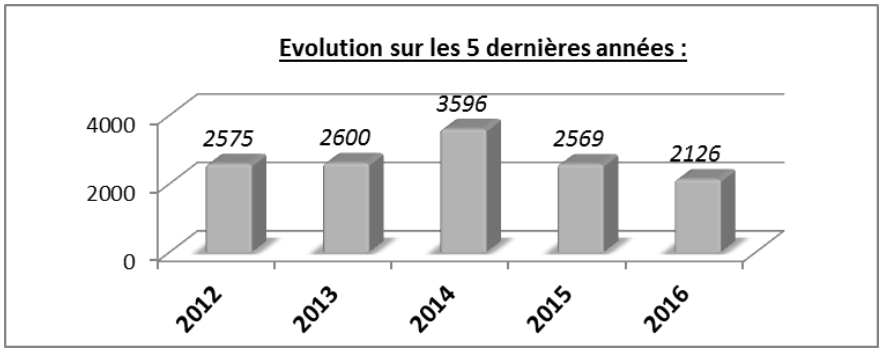
Répartition des heures d'utilisation par équipement et par groupe :



- Temps total d'utilisation des machines d'alignement sur 2016 : **1329 heures** (8004h sur tous les équipements).
- **L'équipement le plus utilisé en 2016 est la machine d'alignement MA150** (470h).
- **Renatech est le groupe qui a le plus utilisé les équipements** (177h) suivi de NBS (144h) et ISGE (129h).

Evolution au cours des années

Evolution de la consommation de substrats sur les 5 dernières années :



- Volume de substrats commandés en 2015 : **2216 substrats**.
  - *Evolution par rapport à 2015: -21%*

L'évolution expliquée par un changement des comportements. Pour des raisons économiques, les procédés sont réalisés sur 2-3 substrats maximum au lieu de 10 substrats de façon conventionnelle il y a quelques années.

EVOLUTIONS DE PROCEDES

Lithographie par projection sur substrats 2 pouces et fils secs

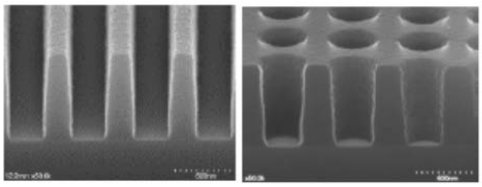
- Le nouveau support Canon permet d'exposer des substrats 2 pouces sur le stepper Canon. Jusqu'à présent, l'équipement ne pouvait exposer que des substrats 100 (avec un support) et 150mm. Les résolutions obtenues sont inférieures à 500nm.
- Un procédé a été mis au point pour structurer la résine Shipley S1813 sur film sec. Ce procédé permet d'obtenir des dimensions sub-micrométriques.

Prospective procédés :

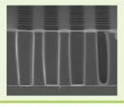
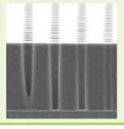
Tests de nouvelles résines et de nouveaux matériaux :

Une campagne de tests de nouvelles résines sera lancée en 2017 dans le but d'augmenter les performances et la fiabilité des résines classiquement utilisées (ECI 3012, NLOF 2035 et AZ 40XT).

- Résine positive haute résolution
- Résines épaisses
- Films secs



AZ® MiR 701 Photoresist
0.35µm lines and 0.40µm contact holes in 1.08µm film
AZ Aquatar TARC
AZ® 300 MIF Develop (60s)

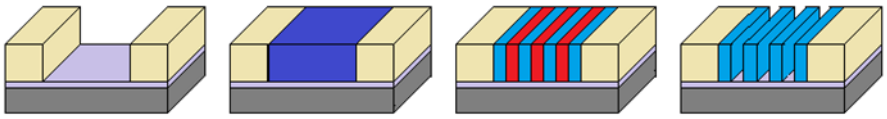
SEM				
Exposure tool	ALIGNER	ULTRATECH	CANON	ULTRATECH
Film thickness	50um	80um	60um	~75um
CD	10um	10um	5um	25um
Aspect ratio	5:1	8:1	12:1	3:1

Résine Iline haute résolution Az MiR 701 ***Résine épaisse AZ IPS-6000 pour gravure plasma et croissance électrolytique***

Etude de copolymères à blocs.

Des développements vont être conduits au 1er semestre 2017 sur l'étude de la lithographie UV par projection couplée avec l'approche par copolymères à blocs auto-alignés.

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



par lithographie 193nm, des tranchées sont formées dans de la résine | les copolymères à blocs sont déposés dans les tranchées | Auto-assemblage des copolymères à blocs | retrait d'une des phases

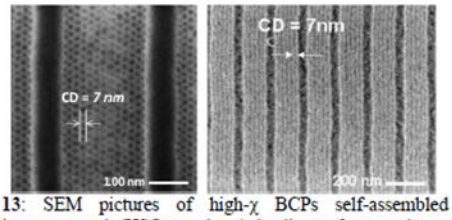


Figure 13: SEM pictures of high-χ BCPs self-assembled within graphoepitaxy approach (HSQ templates), leading to features down to 7 nm.

Ces travaux pourraient être conduits en collaboration avec la société Arkema qui synthétise ces résines.

Un stagiaire licence professionnelle sera recruté début Avril dans le cadre de cette étude avec les équipes MILE et Photonique.

SYNTHESE

Organisation :

Des actions sont prises pour améliorer les activités :

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

Ressources humaines

En 2016, Laurent Mazenq a réalisé un mémoire Cnam sur le projet Olympia (NBS) sur la partie instrumentation pendant 12 mois à 50% de ses activités. Il a donc été moins présent qu'habituellement sur la zone photolithographie. Il va retrouver son niveau d'implication en 2017 tout en évoluant plus vers la gestion de projets.

Adrian Laborde a pris en charge en 2016 les aspects formation et la maintenance des équipements de la zone. Il va continuer à s'impliquer dans d'autres responsabilités sur la zone photolithographie (cours TEAM), à coordonner plus de projets et à s'impliquer dans des actions d'intérêt général (conseil de laboratoire).

Arnaud Durlach a remplacé Laurent Mazenq pendant cette période. Il a exercé son activité sur 2 zones distinctes, ce qui n'est pas facile au niveau technique et organisationnel. Il est à présent complètement autonome sur les équipements ce qui lui permettra de s'impliquer sur certains projets de recherche (GateOne, copolymères à blocs). Sa présence est primordiale pour le bon fonctionnement de l'activité sur la zone et plus généralement en salle blanche.

Evolution de l'activité

- La zone photolithographie est une zone clé dans le fonctionnement de la salle blanche car en soutien de la majorité des projets en salle blanche.
- 49 nouveaux utilisateurs ont été formés en 2016. Ce chiffre est constant depuis quelques années et nécessite du temps pour l'assistance et le suivi des projets en salle blanche. Il est regrettable que des projets pâtissent d'un manque de formation ou d'un mauvais suivi des étudiants.
- La maintenance du parc d'équipements vieillissant est une activité chronophage et le suivi avec les équipementiers est difficile. Malgré cela, nous essayons de communiquer sur le suivi des interventions auprès des utilisateurs, ou trouver des alternatives afin de ne pas les pénaliser.

- Enfin, des développements seront conduits cette année afin d'enrichir l'offre technique (films secs sur stepper, nouvelles résines) et de conduire des développements conjoints avec les équipes de recherche.

EPITAXIE PAR JETS MOLECULAIRES

EQUIPEMENTS

Liste

Nom	Libre service	Année d'achat	Valeur d'achat (k€)	n° inventaire	Référence dans LIMS	Priorité
MBE412	Oui	2011	1285	10190_CE	M1	0
MBE32	Oui	1994	190	-	M2	0
MBE2300	Oui	1985	110	-	M3	0
Hotte	Oui	2008	15	9086_W	M5	
Hotte	Oui	2008	15	9082_W	M6	
RX D8	Oui	2012	305	10407_W	M4	0

Maintenances significatives

Année passée

MBE-32 : 3 ouvertures du réacteur : recharge des cellules, nettoyage hublots, mise en place d'un hublot chauffant, remplacement écran RHEED, puis changement creuset et recharge Bi et remplacement hublot chauffant défectueux
MBE-412 : Changement des roulements de l'automate de chargement.

Année à venir

MBE-32 : RAS
MBE2300 : RAS
MBE 412 : Ouverture de la chambre de croissance pour gratter le panneau cryogénique, nettoyer les hublots, recharger les cellules, changer le filament de la jauge de flux.

Evolutions significatives

MBE32 et 2300

Changement du logiciel de pilotage du bâti et de ses équipements associés : le logiciel développé par Jean Louis Rastoul (en retraite) a été remplacé par le logiciel Riber (Crystal XE), que la société Riber a fourni gratuitement au LAAS . Ce logiciel est le fruit d'une interaction forte entre le LAAS et Riber. Nous avons profité de cet upgrade pour re-câbler les automates de régulation de températures de cellules Eurotherm. Enfin, le nouveau logiciel permet le pilotage de la cellule cracker As.

Le MBE32 a été équipé d'une fibre optique, d'un hublot chauffant et d'un montage optique permettant de bénéficier de l'outil de mesure de température par mesure du gap optique (BandiT) du MBE412. Cet outil est particulièrement efficace aux basses températures (gamme accessible : RT-700C).

MBE412

Upgrade de l'automate pour pouvoir accueillir le FIB UHV connecté au cluster (changement du moteur theta, ajout de cartes électronique, changement de la palette de contrôle et de son logiciel). Cet upgrade a été pris en charge entièrement pas Riber, dans le cadre du projet Ultinatool.
Upgrade du logiciel de pilotage vers Crystal XE.
Mise en place de la chambre de retournement Riber permettant la connexion au FIB ultravide (fabriquée par RIBER, projet Ultinatool).

Un outil d'analyse des recettes générées par Crystal XE et de calcul de la réflectivité totale et de la répartition du champ électrique dans la structure a été codé en LabView dans la zone afin de contrôler les recettes avant épitaxie. Cet outil s'est révélé particulièrement utile pour le débuggage des recettes complexes (plus de 3000 empilements) (Fig. 1 et 2).

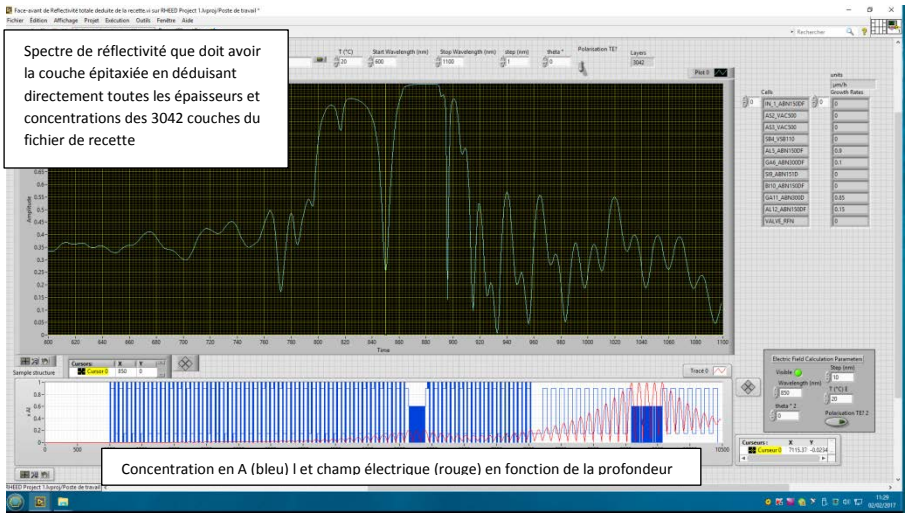


Figure 1 : Logiciel d'analyse des fichiers de recettes Crystal XE – épitaxie A639 : VCSEL + modulateur optique intégré.

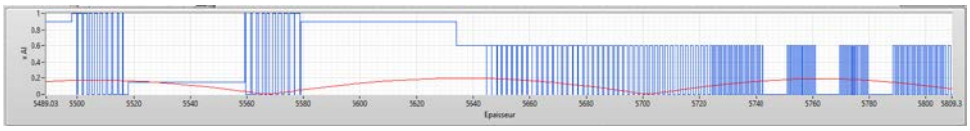


Figure 2 : Zoom de l'image précédente sur une période du miroir de Bragg est le début de la cavité du VCSEL contenant les trois puits quantiques. La courbe en rouge représente l'amplitude du champ électrique.

Des outils de suivi in-situ de la croissance ont été développés en interne dans la zone, en Labview, et testés :

- Analyse en temps réel de la réflectivité temporelle et comparaison directe avec les variations de réflectivité attendues en fonction des historiques de températures de cellules afin d'étalonner les vitesses de croissance (Fig. 3)
- Montage d'une manip test d'absorption atomique afin de mesurer le flux Ga au cours du temps. Des résultats très prometteurs ont été obtenus et une extension au flux d'Al est en cours (Fig 4).
- Développement d'une manip originale de mesure de déformation de plaquette en cours de croissance. Une sensibilité au dépôt de quelques monocouches a été obtenue.
-

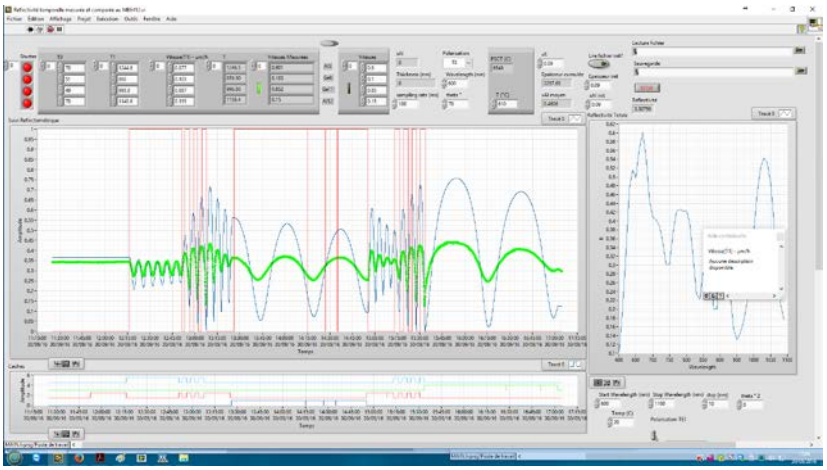


Figure 3 : Suivi de la réflectivité d'une épitaxie d'étalonnage des deux vitesses de croissance Ga et Al (vert) et fit en temps réel (bleu) en fonction des paramètres de calibration. Tout l'historique de la croissance (changements de température des cellules, états des caches) est pris en compte à chaque affichage.

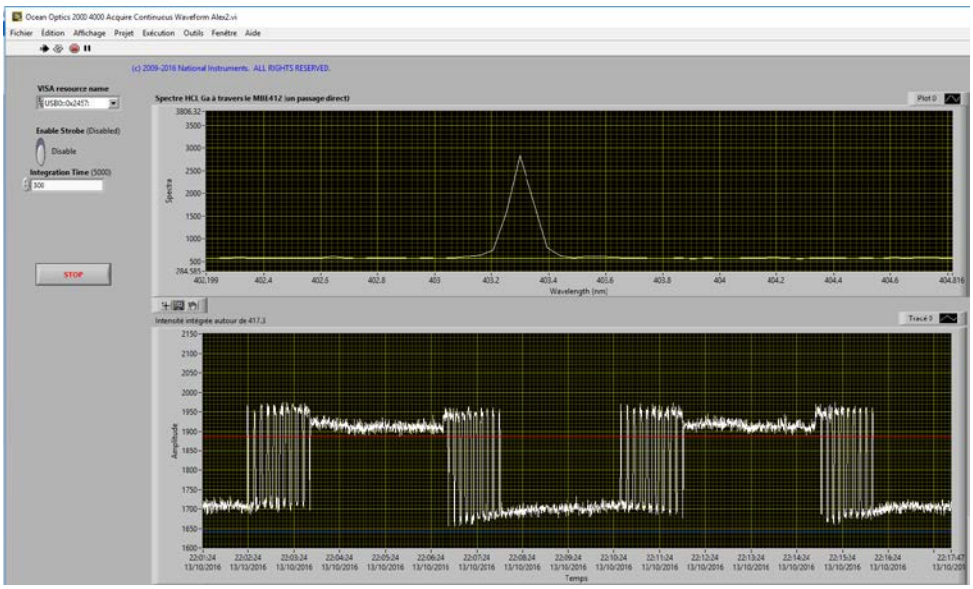


Figure 4 : Suivi de l'absorption atomique du Ga lors de la croissance de miroirs de Bragg pour un VCSEL (montage maison). Les dérives mesurées sont réelles et reproductibles.

Tous ces outils ont été intégralement développés en interne par l'IR de la zone (Alexandre Arnoult). La mesure de déformation de plaquette en cours de croissance est développée par Alexandre Arnoult et Jonathan Colin (Postdoc).

Enfin, la cellule plasma H montée sur le module de dégazage du cluster MBE412 a été testée avec succès et mise en service.

FIB Ultravide

Le prototype de FIB ultravide (FUI Ultinatool) a été installé au LAAS. Cependant, une avarie lors de l'installation a conduit la société Orsay Physics à rapatrier la station dans ses locaux afin de le remettre en état de fonctionnement.
Un premier prototype de chambre de retournement Riber, faisant l'interface entre le cluster du MBE412 et le FIB, a été testé, mais s'est révélé peu efficace. Un deuxième prototype, plus avancé, devrait être livré au LAAS courant février.

Prospectives

AUGER (60 K€)

La mise en service et le test du FIB Ultravide (FUI Ultinatool) permettra l'étude de la reprise de croissance sur des surfaces structurées. Cependant, l'état de surface, et surtout sa contamination seront essentiels, et un outil de mesure in-situ de contaminants de surface serait extrêmement utile. Un port ultra-vide a été prévu à l'achat du MBE412, sous le module de park, afin d'accueillir cet Auger.

Ellipsomètre multi longueur d'onde (32 K€)

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. En effet, la longueur d'onde d'émission du puits quantique GaAs/AlGaAs dépend au premier ordre de son épaisseur qui doit être contrôlée au plan atomique près. Ces puits quantiques sont le cœur des VCSELs, et la moindre erreur sur leur épaisseur condamne à l'échec une croissance de 18H et plus de 3000 empilements différents. Aujourd'hui, nous comptons sur des astuces indirectes, mais le taux de réussite est faible comparé à l'investissement demandé (humain, temps machine, etc…). Un ellipsomètre in-situ devrait permettre de grandement améliorer ce taux de réussite.

RHEED sur MBE412 (27 K€)

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 surpression d'As, …).

Cellule Arsenic (108 K€)

Le MBE412 est équipé de deux cellules d'As, dont la capacité de 500cc chacune assure en théorie l'émission d'As d'une campagne de croissance. Cependant, afin de tenir toute la campagne, les cellules sont chargées chacune d'un lingot taillé 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 formation de défauts en surface, ce qui peut se révéler désastreux lors de la croissance de composants sensibles aux défauts de surface (VCSELs, filtres, etc…). Enfin, l'As monopolise deux ports cellules du MBE 412 (qui en comporte 12). Une évolution envisagée 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 imputés à cette cellule). Cette plus grande capacité permettrait en outre d'utiliser des morceaux d'As, et non un lingot pour la charger, sans pour autant perdre en autonomie. Ces morceaux sont deux fois moins chers que les lingots. Enfin, cette opération libèrerait un port cellule du MBE412.

OFM sur MBE412

Une mesure d'absorption atomique simple, basée sur un petit spectromètre UV, a été montée sur le MBE412 et a montré la faisabilité. Cependant, le but ultime étant de rétro-agir sur le pilotage des cellules, le signal doit encore être amélioré. Pour cela la détection par photomultiplicateur et analyseur de phase devrait permettre d'améliorer le rapport signal/bruit.

ORGANISATION

Personnel

- Arnoult Alexandre(IR1) : responsable de zone
- Lacoste Guy (IEHC)
- Quentin Gravelier (AI contractuel)

Gestion des activités

Alexandre Arnoult assure

- les croissances épitaxiales pour les groupes PHOTO et MICA, et pour les demandes Renatech (EPFL, U. Arizona, LNE).
- la formation le cas échéant à l'utilisation du MBE412 (formation de K. Louarn et L. Martigo-Lombard, doctorants, en 2016).

- la formation à l'épitaxie par jets moléculaires de Quentin Gravelier (AI contractuel)
- la maintenance des bâtis d'épitaxie et de leurs chambres ultravide annexes (ouvertures)
- la gestion complète du diffractomètre de rayons X du LAAS (formation, mesures pour les groupes PHOTO, MICA, MPN, NEO, le CEMES, l'INSA-T, l'EPFL).
- la maintenance du diffractomètre de rayons X
- 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

Guy Lacoste assure
- la gestion de l'approvisionnement des matériaux d'épitaxie
- l'organisation technique des maintenances des chambres de croissances et des chambres annexes (approvisionnement des pièces)
- l'évolution technique des chambres ultravide (par ex. : connexion d'une cellule plasma H)
- la formation aux techniques liées à l'ultravide et l'épitaxie par jets moléculaires de Quentin Gravelier
- La formation de Kevin Louarn doctorant aux montages des composants et à leurs caractérisations par effet Hall
- la formation de D.Dhungana doctorant à l'utilisation d'une cellule hydrogène permettant la préparation de surface pour la réalisation de nanofils.

Quentin Gravelier est arrivé dans la zone en avril 2016. Il s'est très vite intégré à l'équipe technique de la zone, et est formé quotidiennement par Guy Lacoste aux techniques très spécifiques liées à l'épitaxie par jets moléculaires (ultravide, etc…) et Alexandre Arnoult à la croissance épitaxiale en elle-même. Il a participé activement à la mise en place du nouveau logiciel de pilotages de bâtis d'épitaxie et de son interface avec les automates de régulation de température qu'il a re-câblés entièrement lui-même.

Le **MBE2300** est en stand-bye, en attente de résultats de demandes de financement.
Les croissances sur le **MBE32** sont réalisées par Chantal Fontaine et sa doctorante, Clara Cornille. Le personnel TEAM assure toutes les fonctions support et une assistance à la réalisation de certaines épitaxies quand nécessaire.
Sur le **MBE412**, Sébastien Plissard et son doctorant (Daya Dhungana) réalisent les croissances à base de nanofils. Alexandre Arnoult réalise les croissances répondant aux autres demandes internes au LAAS, ou externes via le réseau Renatech (structures III/V). A noter cette année la formation de Kévin Louarn (doctorant PHOTO) pour la croissance en quasi autonomie de couches pour le photovoltaïque, et la participation de Ludovic Marigo-Lombard (doctorant PHOTO) dans la croissance de VCSELs avec modulateur optique intégré.

Calibrations / validations des équipements et procédés.

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
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)
Niveau du dopage résiduel	Croissance d'une couche de 10µm de GaAs	Typ. Tous les 3-

	non dopée, et mesure par effet Hall VdP	4 mois
Calibrations des épaisseurs et compositions d'alliages	Croissance de structures test – mesures RX ou PL	Quasiment journalier
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 de mesure des flux	Systématique si efficacité avérée

BUDGET

Exécuté l'année passée

2016	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Sécurité
Montants En K€	0	24	47	6.3	0

Prévisionnel année à venir

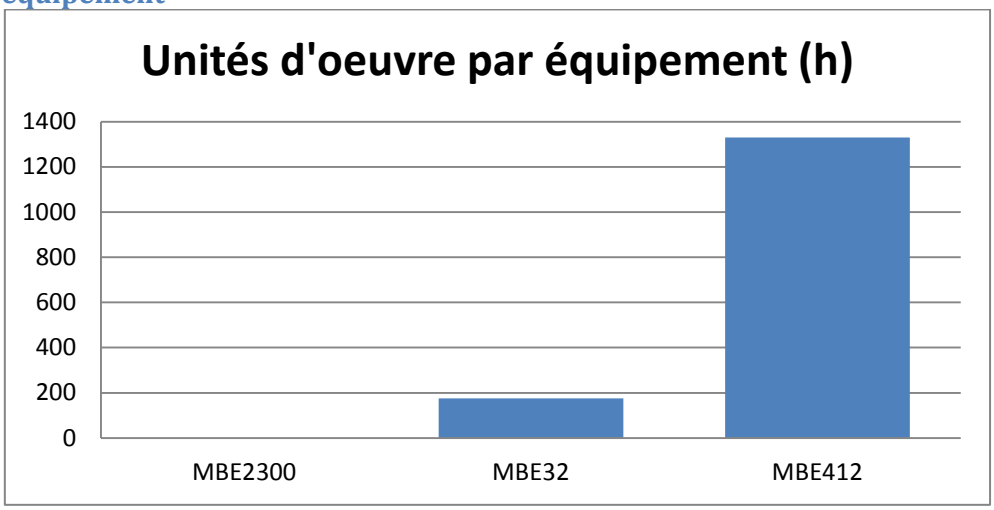
2017	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Sécurité
Montants En K€		68	8.9	36.5	3.5

- Les écolutions majeures portent sur
  - Consommables : nous allons procéder à un rechargement des cellules du 412. Cette opération survient en moyenne tous les 2 ans.
  - Pas de maintenance importante prévue cette année.

FORMATIONS

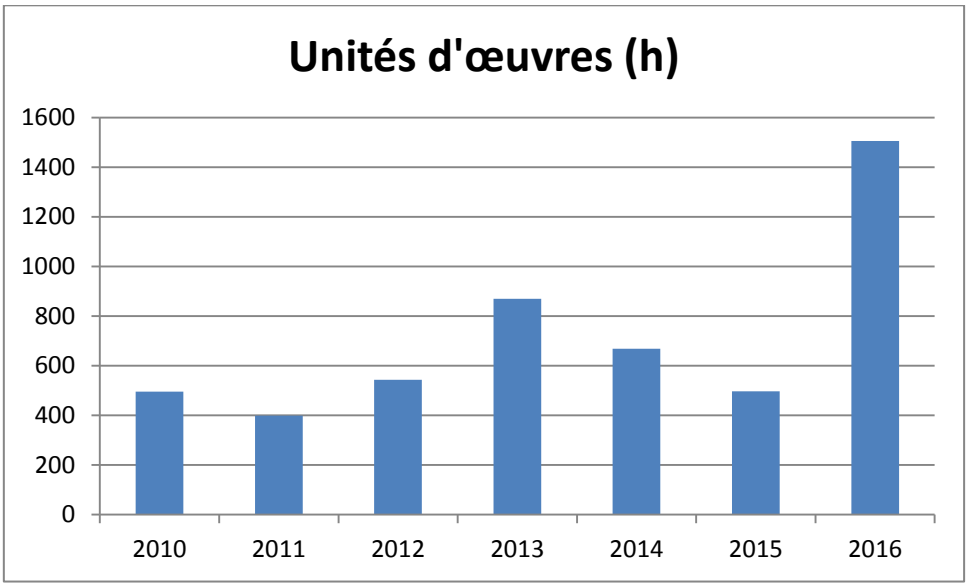
Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Formation pratique	**Epitaxie par Jets Moléculaires**	En continu	sur plusieurs mois	~50h	3
Formation pratique	**Réflectivité X**	4H	3	12	3
Formation pratique	**GIXRD**	4H	2	8	2
TOTAUX			5	70	8

Par équipement



Le MBE2300 est à l'arrêt sous ultra-vide 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 a subi une maintenance standard dont le but principal était le rechargement des cellules, Son activité a été principalement centrée sur des croissances de jonctions tunnel pour le photovoltaique et d'alliages à base de Bi.
Le MBE 412 a subi une avarie de son automate de chargement. En effet, des roulements sous UHV et une poignée magnétique UHV ont dû être changés. Dans l'attente de l'intervention, l'automate était piloté en manuel, ce qui a conduit à chute d'un molyblock (porte substrat) dans la chambre de croissance. Ce molyblock obstrue maintenant l'une des deux cellules de Ga et ne pourra être retiré que lors de la prochaine ouverture, planifiée en 2017.

4.2 Evolution au cours des années



En 2016, le MBE412 a trourné à plein régime, sans grosse interruption, malgé les problèmes du robot cluster. Par contre, le MBE32 a été utilisé seulement 175H.

EVOLUTIONS DE PROCEDES

Nouveaux outils de suivi in-situ

De nouveaux outils ont été développés dans la zone afin de mieux suivre le procédé de croissance et de le fiabiliser (voir la première partie de ce bilan).

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.

Croissance de VCSELs

Des VCSELs comportant plus de 3000 couches différentes ont été épitaxiées avec succès par Alexandre Arnoult et Ludovic Marigo-Lombard (doctorant) grâce notamment au logiciel développé dans la zone permettant l'analyse graphique de la recette. Un gros travail sur la calibration des flux a aussi été réalisé afin de tenir les tolérances nécessaires. Celui çi a montré la nécessité des outils de diagnostic in-situ développés dans la zone.

Nouveaux alliages dans le MBE412

Dans le cadre du projet Européen SOLCELL, des croissances d'alliages de GaInAsN, GaAsSb, GaInAsSb, et AlAsSb ont été réalisées avec succès grâce au développement en interne mesure in situ, et en rotation, de la déformation de plaquettes.

SYNTHESE

MBE32

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

MBE412

Deux activités cohabitent avec succès : les croissances de nanofils sur Si, et une activité de service à base de structures III-V.

Des structures très complexes (VCSEL avec modulateur) ont été réalisées avec succès, malgré les instabilités de flux des cellules d'effusion, grâce notamment aux outils de diagnostic in-situ développés.

Le déploiement du nouveau logiciel de pilotage des bâtis, ouvre la voie à la rétroaction par les outils de contrôle in-situ de la croissance avec les paramètres de croissance (durée des couches, températures des cellules ou ouverture de vannes). La rétroaction ne sera possible qu'au prix d'une fiabilisation des paramètres mesurés. Il faudra notamment améliorer le rapport signal/bruit de l'OFM développé en interne, et extraire de manière fiable les paramètres issus de l'analyse de la réflectivité et de la déformation de plaquette en temps réel.

Personnel

Quentin Gravelier (AI CDD) a été formé par G.Lacoste , A.Arnoult et C.Fontaine aux premières bases des techniques de l'ultra vide et de l'épitaxie. Ainsi il a pu participer aux 3 interventions complexes du réacteur MBE32

Il a effectué la maintenance de pompes cryogéniques, à membranes, rajouté une commande pneumatique sur le système de pompage du MBE32 afin de la sécuriser en cas de panne de secteur,

il a également suivi l'échange des roulements de l'automate du MBE412 permettant de pouvoir transférer les échantillons
Ayant suivi une formation aux risques chimiques il a pu utiliser les différents bains d'attaques chimiques permettant de nettoyer les supports d'échantillons ainsi que les pièces équipant les réacteurs. Il s'est impliqué à l'utilisation d'une cellule hydrogène permettant la préparation des échantillons du MBE412.
Il a contribué à la mise en place du logiciel Crystal XE de commande des réacteurs MBE32 et 2300 qu'il maîtrise maintenant. Il a participé à la mise en place du prototype FIB ultra vide (FUI Ultinatool).
Quentin a déjà participé à plusieurs formations (salle blanche, sécurité gaz , risques chimiques..) néanmoins il souhaite continuer à participer à d'autres formations internes et externes afin d'acquérir de nouvelles compétences.
Guy Lacoste (IE) prendra sa retraite en 2018, et la zone risque alors de n'être plus gérée que par Alexandre Arnoult (IR), qui a de plus la charge des croissances pour les groupes PHOTO, MICA, et pour l'accueil Renatech, ainsi que la charge du diffractomètre de rayons X du laboratoire, ainsi que le développement des nouveaux outils de diagnostic in-situ.
La technicité de la zone est très spécifique (UHV, arséniures) et les compétences nécessaires au maintien et à l'évolution des équipements d'épitaxie par jets moléculaires ne peuvent s'acquérir qu'après des longues années au contact de cet environnement. C'est pourquoi il est fondamental de recruter rapidement dans la zone un assistant ingénieur qui pourrait alors bénéficier de tout le savoir de Guy Lacoste avant que celui-ci ne parte en retraite.

.

PVD

EQUIPEMENTS

Liste

Nom	Libre service	Année d'achat	Valeur d'achat (k€)	n° inventaire	Référence dans LIMS	Priorité
EVA 600	non	2010	165	10008-P	D1	0
Edwards	non	2003	691.5	6771-C	D5	0
Univex 450	non	2008	900	8536-W	D2	1
Varian	non	1996	160	0859-P	D4	0
ApSy-E100	non	2010	130	10089-PE	D6	0
Plassys	non	2013	350	10760-CV	D3	1
Plassys 550 SL	non	2016	380	11992-VB.01	D9	0
Parylène	non	2016		11815-MA.01	D8	1
Ribber	non	2015		11309-PP	D7	0
Hotte traitement chimique	oui	2004		7690-C		
Etuve ventilée	oui	2002		6922-CV		

Maintenances significatives

Année passée

La maintenance est assurée principalement par Guillaume Libaude et Ludovic Salvagnac. Elle représente 2 à 4 heures par personne et par semaine. Ce qui fait un total d'environ 8 heures par semaine

- Maintenance préventive :
  - tous les mois pour la zone (vérification des paramètres de dépôts des différents équipements)
  - tous les 6 mois décapages des enceintes de dépôts
  - annuelle effectuée à l'arrêt de la salle blanche 10 jours pour vérifications et entretient des groupes de pompages.
- Réparations :
  - EVA 600 : Pompe cryogénique

Année à venir

Univex 450C :

- Maintenance des six pompes cryogéniques.
- Cryostats

Nouveaux équipements

PVD Nano

L'année 2016 a permis de finaliser l'arrivé d'un équipement d'évaporation par canon à électrons et de fonctionnalisation de surface par canon a ions. Cet équipement vient enrichir la zone PVD et ainsi permettre de maitriser les dépôts métalliques d'épaisseurs nanométriques. L'année 2017 va permettre de fournir un gros investissement dans la mise au point des procédés.

PVD Thermie

Cette année va permettre de conclure la commande d'un bâti PVD de pulvérisation cathodique réactive pour la réalisation de films énergétiques. Ce bâti de dépôt de couches minces en ligne est équipé de 4 cibles (Al,CuO,….) et d'une station de fonctionnalisation. Cet équipement est destiné au traitement de substrats jusqu'à 6''.

Prospectives

PVD III-V (300 k€)

Les dépôts AuGe/Ni/Au étaient réalisés dans l'Alcatel 450 en pulvérisation cathodique, cet équipement est hors d'usage.
Une solution était de réaliser ces dépôts en évaporation par effet joule dans l' ApSy. Les essais ne sont pas satisfaisants.
Une autre hypothèse serait l'achat d'un bâti de pulvérisation dédié. Il conviendra de déterminer collectivement à quel rang de priorité, et avec quel financement.
Ce bâti de dépôt de couches minces serait équipé d'au moins 4 cibles ((Au,AuGe, Ni….).

ORGANISATION

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 ce 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 couts)

- Optimisation des techniques (évaporation ou pulvérisations)
- Optimisation des matériaux
- Optimisation des épaisseurs

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

Calibrations / validations des équipements et procédés.

Existantes

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence
Qualification de couches métalliques (sur l'assemble des équipements de la zone)	Mesure de marches profilomètres tactile	1 fois tous les 15 jours
Décontamination enceinte de dépôts métalliques (sur l'assemble des équipements de la zone)	Nettoyage mécanique et chimique	2 fois par an
Analyse du dégazage des nouveaux matériaux avant introduction dans bâtis sous vide (dans la zone et autres zones)	Dégazage sous vide avec spectroscopie des gaz	Quand arrivée d'un nouveau matériau

Qui vont être mises en place

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence
Qualification de couches métalliques (sur l'assemble des équipements de la zone)	Suivie des contaminations : Analyse XRR	1 fois par mois

BUDGET

Exécuté l'année passée

2016	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Sécurité
Montants En K€	24	2	1.6	2.6	0

Prévisionnel année à venir

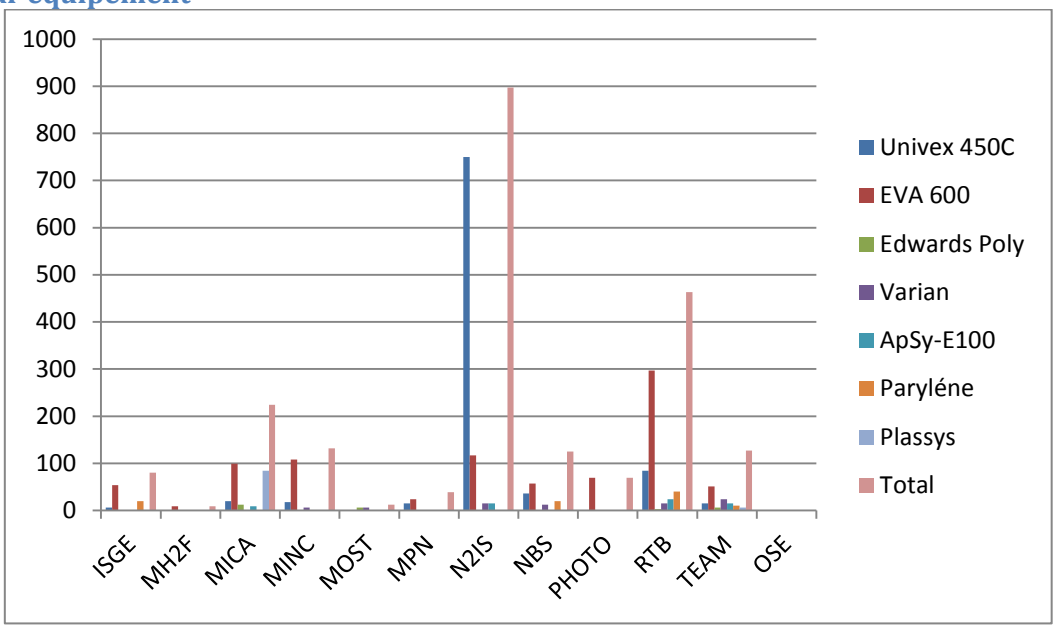
2017	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Sécurité
Montants En K€	25	2.5	30	3	0

- Le cout des Fournitures est élevé car il comprend les métaux précieux (Au, Pt…)
- Le cout de la maintenance augmente fortement car cette année il faut prévoir une intervention sur les 6 pompes cryogéniques de l'Univex.

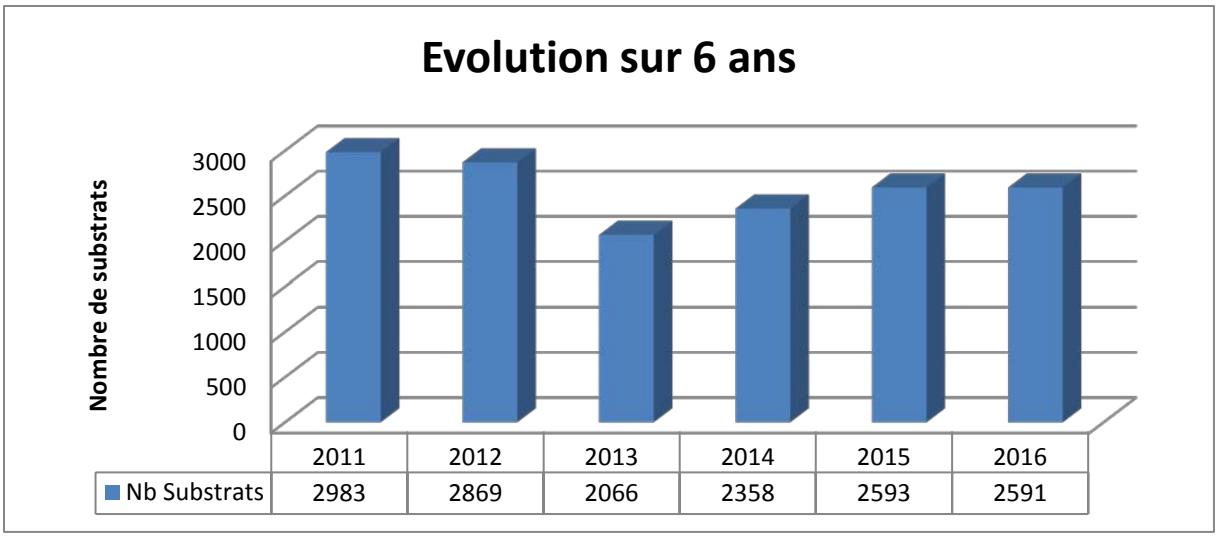
FORMATIONS

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	13	10
TOTAUX			11	14H30	10

Par équipement



15.1. 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 très chronophage en termes de dépôt.

Renatech représente 33% du volume global ce qui est stable par rapport à l'an dernier.

EVOLUTIONS DE PROCEDES

Développement sur les effets des rayons X sur les matériaux organiques

La réalisation de dispositifs en électroniques organiques nécessite une attention particulière en raison de la grande sensibilité des semi-conducteurs organiques aux contaminants. L'exposition aux rayons X, par exemple lors du fonctionnement d'un canon a électrons dans une chambre de dépôt, peut modifier les propriétés optoélectroniques des couches semi-conductrices organiques. Nous étudions l'influence de l'exposition des OLED de structures ITO / PEDOT: PSS / NPB / MADN / Al en fonction de la tension d'accélération du canons électrons, du temps d'exposition et de la nature de la cible bombardé parle faisceau électronique (Al ou Co). Par comparaison avec des échantillons vierges, un changement spectaculaire des caractéristiques I-L (V) des OLED est remarqué avec une dérive de l'électroluminescence et un décalage de la tension de seuil (typiquement de 5 V à 18 V) et une chute importante de courant d'émission. Les spectres de photoluminescence révèlent également des changements significatifs de l'émission maximale en termes d'énergie, d'intensité et de largeur. Tous ces effets indiquent la création de nouveaux niveaux d'énergie localisés liés à la présence de pièges dans les structures des matériaux organiques. Des mesures de magnétorésistance sont en cours afin d'étudier le rôle de tels états de piège sur la magnétorésistance organique.

SYNTHESE

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.

Equipement

La zone PVD c'est enrichie d'un nouveau bâtit pour les dépôts métalliques d'épaisseurs nanométriques. La maitrise de ce nouveau équipement va demander de fournir un gros investissement dans la mise au point des procédés.
L'année 2017 devrait permettre d'acquérir un bâti supplémentaire pour la réalisation des films énergétiques. La qualification des procédés va également demander un investissement soutenu.

ELECTROCHIMIE

EQUIPEMENTS

Liste

Nom	Libre service	Année d'achat	Valeur d'achat (k€)	n° inventaire	Référence dans LIMS	Priorité
Hottes flux (x2)	Oui	1996	22	5881_CV 7212_CV		0
Hottes flux (x4)	Oui	2008	38.7	9081_W 9083_W 7798_C 7774_CV		0
Réacteurs RENA	non	2004	219	7965_CV	E1 E2 E4	0
Générateur de courant 1 A	oui	1996	5			0
Générateur de courant 2 A	oui	1999	12.5			0
CVS + Titration	non	2007	15	8686_W	E11 E14	0
AAS	non	2008	15.9	9096_W	E13	0
6 agitateurs	oui	2006	9			0
Bac à Ultra sons	oui	2008	0.7			0
Béchers, électrodes…	non	2008	1			0
bacs thermo-régulés sur la paillasse KOH-TMAH	oui	2009	30.5	9680_CE	E20 E21	1
bacs thermo-régulés sur la paillasse Anodisation	oui	2009	27	9679_CE	E10	0
bacs thermo-régulés sur la paillasse traitement de surface	oui	2009	33.4	9681_CE	E15 E16 E17	0
Générateur de courant pulsé 50 A	oui	2009	7.3			0
Générateur de tension 300V	oui	2009	2.8			0
Support wafer RENA contacts face arrière	non	2009	3.9			0
3 supports avec protection face avant gravure KOH et TMAH	oui	2009	4			0
Réacteur Or RENA 6 Pouces	non	2010	100	9925_CE	E3	1
Module pompe RENA NI	non	2016	2.5	11836_VA 01		0
Camera Microscope	oui	2016	1.5	11752OA. 11		0
Agitateur 3D	oui	2016	1.2		E19	0
Optrode Metrohm	non	2016	2.7	11922_NC .71	E14	0
Réacteur Yamamoto Cu	Non	2016	19.6	11896_NB .61	E7	0

Nouveaux équipements

- Un réacteur de dépôt de cuivre Yamamoto compatible 4-6 pouces

- Deux Réacteurs de développement avec la société Yamamoto un de dépôt et le second dédié au développement en température des résines épaisses après exposition
- Nouvel agitateur 3 D
- Nouvelle sonde de mesure chimique pour toutes les analyses colorimétriques
- Caméra sur microscope

Maintenances significatives

Année passée

Les maintenances majeures effectuées en 2016 :

- Ventilateur cryostat Rena Cuivre
- Automate pompe Rena Nickel
- Mise à jour automate de contrôle Rena Nickel
- Holder Rena cuivre vertical

Année à venir

Rena Cu horizontal :

- Changement de la source de chauffage (remplacement du cryostat par une résistance)

Dépôt Manuel :

- Alimentation en courant 5 A

Evolutions significatives

Un prototype développé en interne pour limiter la consommation des additifs dans le bain d'or et son évaporation a été testé tout au long de l'année avec succès. Discutions entamées avec RENA pour un transfert de connaissance et une fabrication optimisée avant déploiement sur nos équipements

Prospectives

Réacteur de dépôt

Jusqu'à présent nous testions et développions la chimie des bains dans des béchers, mais leurs conceptions ne permettent pas d'obtenir des dépôts homogène et reproductible. Fin 2016 nous avons reçus des équipements de dépôt sur paillasse de la société Yamamoto, nous espérons à terme que ces équipements remplaceront les béchers. Ce qui nous permettra d'améliorer nettement la qualité des dépôts manuels et limitera également le temps de transfert des bains des équipements manuels vers les équipements automatiques.

ORGANISATION

Personnel

- David Bourrier IE 2 : responsable de zone
- Arnaud Durlach AI CDD à 50%

Gestion des activités

A.Durlach est en charge de l'analyse des bains électrolytiques afin de maintenir l'équilibre chimique des bains et la qualité des dépôts effectués. Il réalise une partie des dépôts de routine et du support aux utilisateurs de la zone. Il prend également en charge le développement du cuivre épais sur la machine RENA vertical.
D.BOURRIER est en charge du reste des dépôts de routine ainsi que de tous les développements et le support pour les projets de recherche interne et externe. Il est également en charge du développement des nouvelles briques technologiques associées à l'électrochimie.
2016 était la première année où nous avions une personne partagée à 50% entre deux zones (électrochimie / photolithographie). Nous avons testé la répartition des 50% sur une semaine mais il

s'avère que ce n'est pas la situation la plus adaptée pour être efficace. En 2017 nous fonctionnerons avec A.Durlach en alternance une semaine sur deux en électrochimie.

Calibrations / validations des équipements et procédés.

Existantes

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

Qui vont être mises en place

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence
Définition de la sécurité des hottes	Mesure débit d'air et test fumigène	Tous les 3 ou 6 mois

BUDGET

Exécuté l'année passée

2016	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Sécurité
Montants En K€	11	7	17	0	0

Le dépassement du budget estimé 2016 est en partie dû aux tests de plusieurs versions de bain de nickel avant d'approvisionner les 25 l nécessaires pour le développer définitivement dans le réacteur RENA.

Prévisionnel année à venir

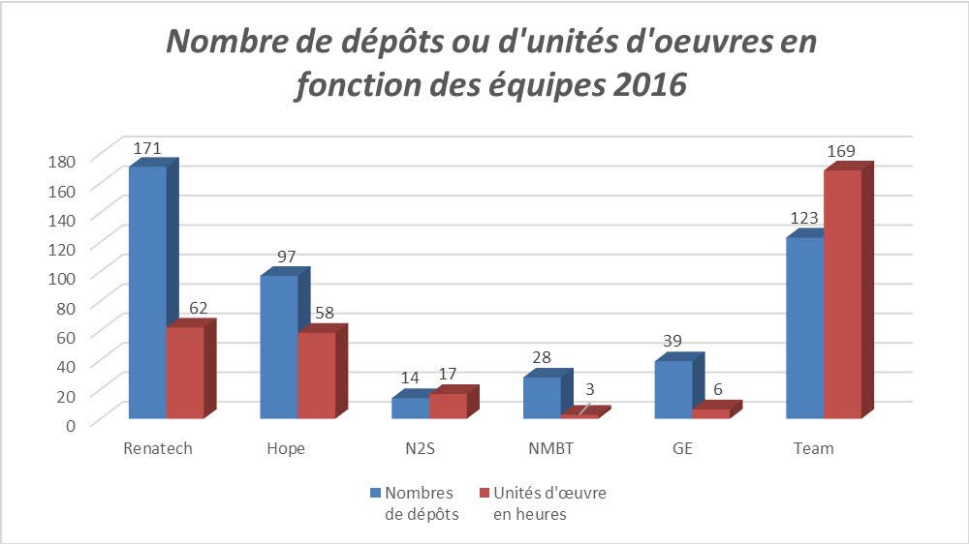
2017	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Sécurité
Montants En K€	2	4	9.5	0	0

En 2016 nous avons fait face à des maintenances non prévues ce qui a fait augmenter cette ligne de budget. En 2017 nous espérons revenir sur des couts maintenances maitrisés.

FORMATIONS

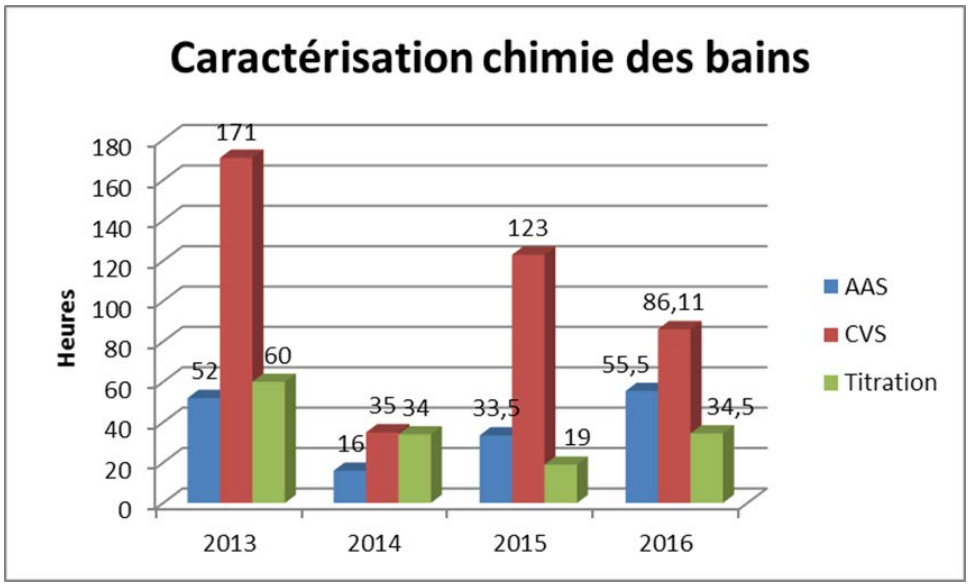
Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Cours TEAM	Cours dépôt électrolytique	1h30	1	1h30	20
Formation pratique	Formation Utilisation KOH - TMAH	2	2	4	0
TOTAUX			3	5H30	20

Par équipement

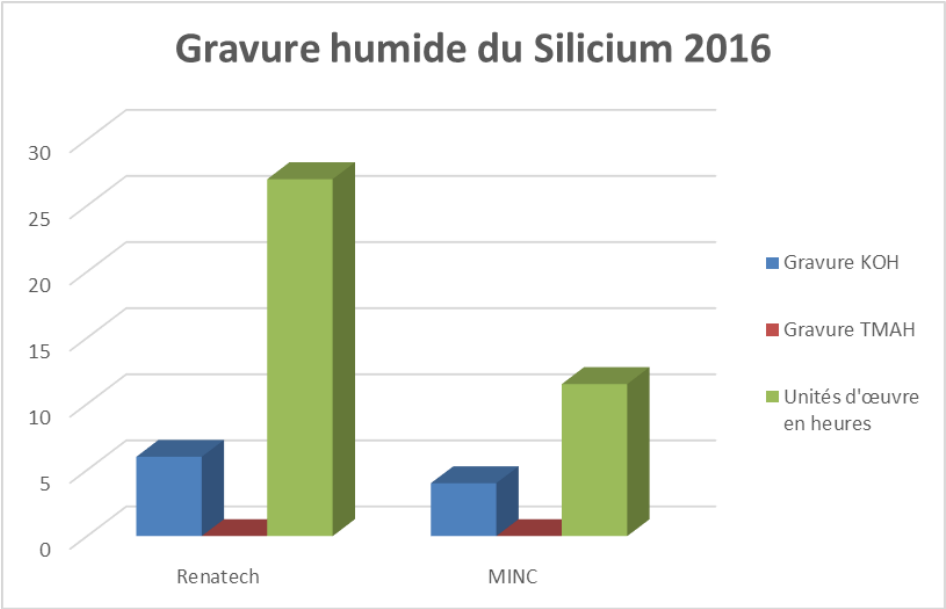


Cette année l'électrochimie a été solicitée par tous les départements du LAAS et plusieurs projets Renatech. TEAM a pris en charge le transfert du cuivre épais du bécher vers une machine automatique RENA, nous avons également mis en place un bain de nickel dans un premier temps dans un bécher pour son évaluation et après validation nous l'avons tranféré dans une machine autmatique RENA. Nous avons pris en charge tous les wafers tests nécessaires pour certifier la qualité des dépôts, ce qui explique que TEAM soit le deuxième utilisateur.

Pour les dépôts Renatech on peut remarquer que le temps machine est faible par rapport aux nombres de dépôts réalisés. Mais malgré ces temps courts ils restent très consommateurs de ressources humaines, en terme de préparation des échantillons, caractérisation et gestion administrative.

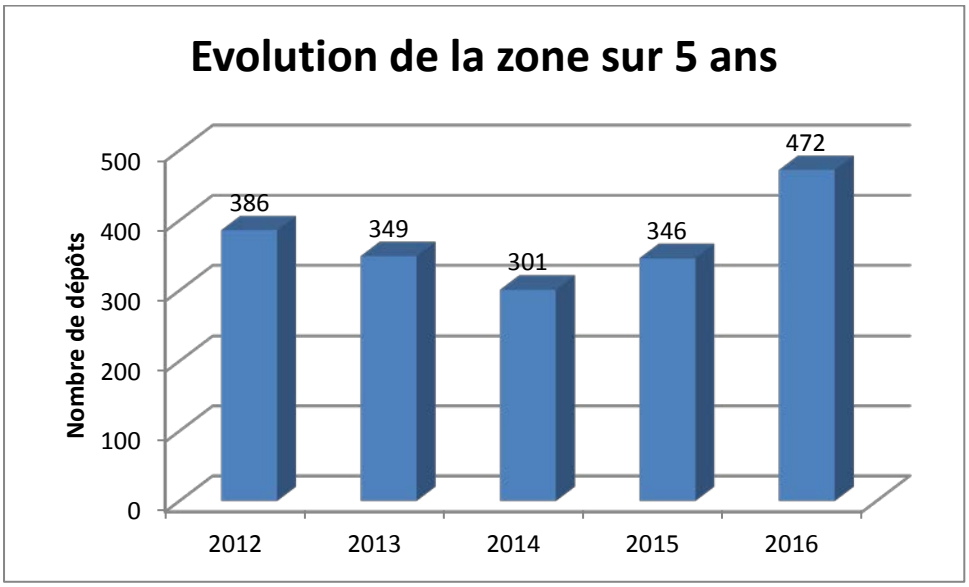


L'utilisation des applications GRR et LIMS en 2016 nous permet d'avoir un bilan des temps que nous passons pour la caractérisation de la chimie des bains. Pour l'année 2016, cela représentait en moyenne une demi-journée de caractérisation chimique par semaine.

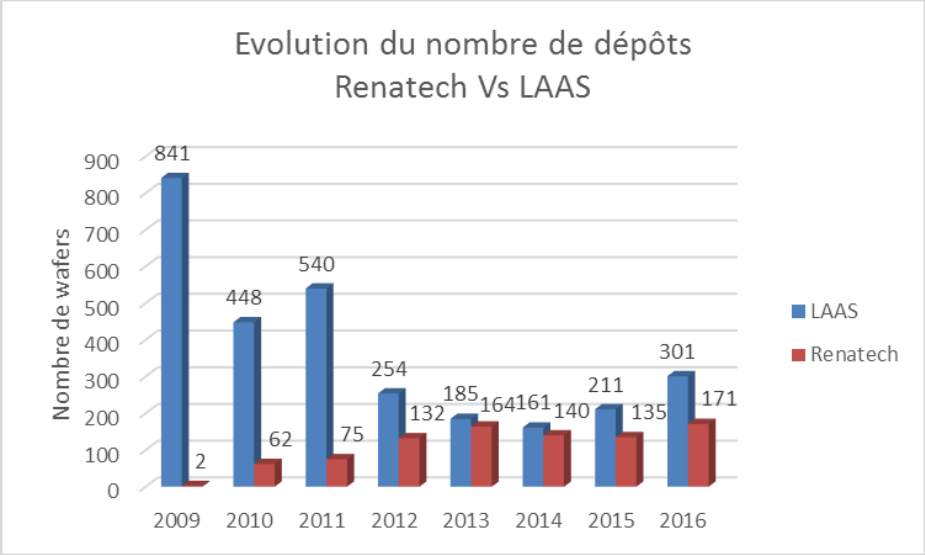


Le nombre de gravures humides a diminué par rapport à 2015. Ce qui peut s'expliquer en partie par le fait que la paillasse ait été transférée dans la zone integration afin de limiter les risques de contaminations des composants MOS par des ions K+. Pour ce tranfert la paillasse a été immobilisée 4 mois.

Evolution au cours des années



Cette année le nombre de dépôts a augmenté par rapport à 2015. Ceci est dû à la mise en place du nouveau bain de nickel et à l'augmentation des demandes de dépôt via des projets Renatech.



Le savoir-faire du LAAS continue à se faire connaître, via différentes interventions ou par le bouche à oreille, ce qui permet d'avoir toujours une forte demande via les projets Renatech aussi bien pour des laboratoires que pour des industriels. Cette année a encore confirmé la forte demande de l'électrochimie dans les projets Renatech. En effet, 5 projets demandeurs de cette ressource ont été effectués au LAAS en 2016, ce qui représente une augmentation du nombre dépôt par rapport à 2015, cette tendance devrait se poursuivre en 2017.

EVOLUTIONS DE PROCEDES

Dépôt de Nickel

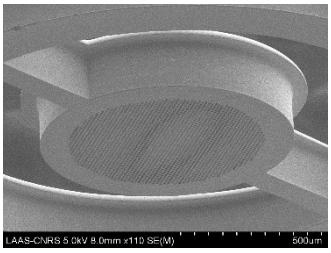
Ces dépôts ont été développés pour alimenter le catalogue des briques technologiques génériques disponibles pour la communauté.
Initialement pour:

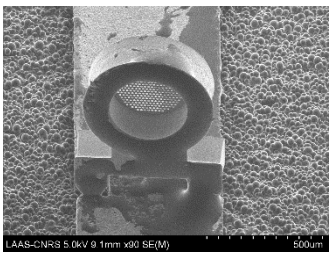
- La fabrication de moule en nickel pour réaliser des canaux micro-fluidique via du Hot Embossing dans des matériaux polymères type COC
- Créer une couche barrière pour limiter les inter-diffusions métallique pour les interconnexions et le packaging

Mais avant même sa finalisation de mise au point, il a déjà trouvé plusieurs voies applicatives.

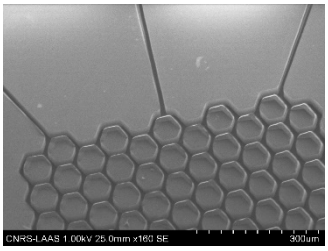
- Masquage en dur pour la gravure profonde du verre
- Réalisation de micro pièces pour la capture de cellules cancéreuse.

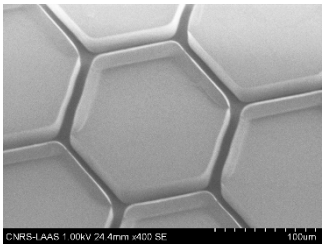
Il y a encore beaucoup de mise au point à faire mais la demande est déjà là.
Nous avons validé la chimie du bain correspondant à nos besoins et réalisé les premières preuves de concept pour la réalisation de micros structures et moules pour le thermoformage.
En 2017 nous devons mettre en place ce bain dans une machine RENA pour améliorer la qualité des dépôts surtout en homogénéité. Nous devons développer des procédés standards d'utilisation.





Micro filtre en Nickel électro-déposé puis libéré du substrat

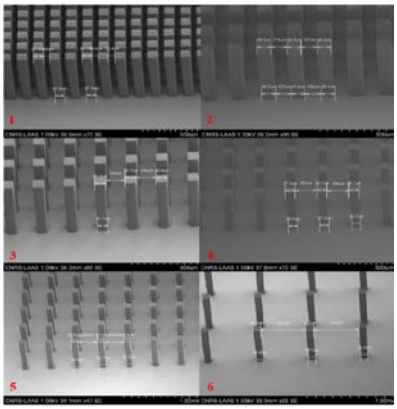




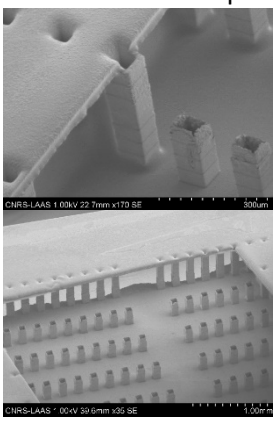
Micro canaux réalisés par thermoformage d'un COC sur un moule de nickel

Dépôt électrolytique sur polymère à très haut rapport de forme

On s'est engagés depuis plusieurs années à réaliser des composants sur substrat souple pour cela nous avons déjà transféré tous nos procédés de dépôts sur de tels substrats. Maintenant il faut intégrer des composants et des nouvelles fonctions directement sur substrat souple. C'est pour cela que nous avons besoin de réaliser des dépôts à très haut rapport de forme pour fabriquer en majeur partie des bump pour intégrer des composants via du flip chip et ou remplir des vias pour interconnecter des composants entre eux.
En parallèle aux mises au point de la zone PVD, nous avons pu démontrer la faisaibilité du dépôt de couche épaisse de métal électrolytique sur des structures denses comportant des pilliers de 75 µm espacés de 75 µm avec une hauteur de 500µm.
Nous pouvons également déposer dans des vias polymère de 100µm de coté sur 400 µm de profond



Piliers de Su8 500µm selon différente densité recouvert d'un dépôt d'or électrolytique



Via de 400 µm de cuivre après retrait de la résine

Protocoles

Les protocoles d'utilisations des équipements manuels ont été finalisés et publiés en rapport interne. Des avenants ont été ajoutés aux protocoles AAS et CVS avec de nouvelles méthodes d'analyses pour des mesures d'aluminium et de cuivre en très faible concentration.
Le protocole pour l'analyse du ruthénium par AAS est en cours de relecture, et les protocoles concernant les analyses photométriques du nouveau bain de nickel (Concentration en Nickel, acide borique et additifs) sont en cours de rédaction.

Mesures Chimiques

Suite aux différentes présentations de la zone et des possibilités de caractérisations chimiques, pour la troisième année, la zone électrochimie continue à être sollicitée par plusieurs équipes pour réaliser différentes mesures de concentrations.

Prospectives procédés

- 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) ….

- Poursuite du développement des dépôts sur des structures à Haut rapport de forme.
- Mise en place de procédé standard de nickel pour des applications de thermoformage, de micro fluidique, de masquage métallique pour la gravure de verre par plasma ou encore de barrière de diffusion.
- Développement du cuivre épais sur le réacteur Rena vertical.
- Mise en place des nouveaux équipements de dépôt Yamamoto en vue de supprimer les dépôts dans les béchers.

Générale

L'année 2016 marque une augmentation de l'activité. Le nombre de dépôts demandé par les projets Renatech a augmenté et représente plus de 50% du nombre de dépôts de la zone.
Nous avons également été sollicités par d'autres laboratoires (IEMN, , C2N…) pour notre expertise et pour notre aide en vue de développer l'activité électrochimie dans ces laboratoires.

Ressources humaines

Le besoin d'un deuxième poste pérenne dans la zone électrochimie est très important afin de continuer à répondre correctement à toutes les demandes, à développer de nouvelles briques technologiques et de nouveaux procédés. Jusqu'en 2015 un poste CCD permettait de répondre à ce besoin à 100%, mais depuis 2016 uniquement 50 % de ce temps CDD est dédié à la zone électrochimie.

Ce mi-temps nous a obligé à redéfinir l'organisation et les priorités de la zone. Dans un premier temps A. Durlach a été formé à la technologie, aux différents équipements de la zone et de la salle blanche. Depuis il réalise le suivi chimique des bains ainsi qu'une partie des dépôts de routine. David Bourrier s'occupe du reste des dépôts de routine et des développements pour les projets. De ce fait, le temps dédié aux développements de nouvelles briques technologiques, d'évaluation de nouveaux bains et son implication dans les projets Renatech autres que ceux liés à l'électrochimie ont fortement diminué.

La zone électrochimie est encore plus fragilisée, car ce n'est encore qu'un poste CDD et à 50% sur une activité pérenne à temps plein. Ce poste à mi-temps va limiter fortement l'activité de développement de la zone électrochimie. A la fin de son contrat en Janvier 2018, nous nous retrouverons dans la situation de 2009, 2010 et 2012, c'est-à-dire à ne pouvoir assumer que les dépôts courants, sans pouvoir pérenniser les développements et mettre au point de nouveaux matériaux.
Faute de poste permanent, ces contrats CDD sont indispensables à la bonne poursuite de l'activité de la zone électrochimie. Mais les procédés de recrutement et de formation sont très chronophages, énergivores et se font au détriment des projets et des développements de nouvelles briques technologiques.

JET D'ENCRE ET TRAITEMENT DE SURFACES

EQUIPEMENTS

Liste

Nom	Libre service	Année d'achat	Valeur d'achat (k€)	n° inventaire	Référence dans LIMS	Priorité
Machine Altadrop	Non	2007	345	8505_W	J4 (8505_W)	0
Viscosimètre Anton Paar	Oui	2007	186	8747_CM	J7 (8747_CM)	0
Cuve ultrasons	Non	2008	1			
Étuve Memmert	Non	2009	0.5			
Granulomètre Horiba	Oui	2009	29	9447_W	J8 (9447_W)	2
Centrifugeuse Fisher	Non	2009	1.5	9728_CE		
Microbalance	Oui	2010		11142_CM	J11 (9949_PB)	1
Homogénéisateur Ultra Turrax	Non	2012	2.142			
Agitateur chauffant Lab Mix	Non	2012	2.773	10084_CV 10085_CV 10086_CV		
Mesure sédimentation	Non	2012	0.273			
Traitement UV Ozone	Non	2012	1	10023_W	J9 (10023_W)	1
Traitement UV 248nm	Oui	2014	2.033		J10 (11633_OA.38)	0
SPD MEMSSTAR	Oui	2013	428.4	10745_CV	J1 (10745_CV)	0
Sécheur Supercritique TOUSIMIS	Oui	2004	76.2	7592_W	J2 (7592_w)	0
CO_2 supercritique SFD200 (31°)	Oui	2013	160	10884_W	J3 (10884_W)	0

Le traitement de surface fait appel aux 4 équipements suivants : l'UV Ozone, l'UV 248nm, le SPD MEMSSTAR (Surface Preparation Deposition) et le SFD 200, 31 DEGREES (Supercritical Fluid Deposition).

Maintenances significatives

Année passée

Le viscosimètre a été renvoyé chez le fabricant suite à une panne pour réparation et recalibrage.
Sur l'altadrop, le mode d'impression « ON THE FLY » a été réparé par le changement d'une alimentation du FPGA.
Sur la pompe du SPD, suite à un problème en alimentation en eau de refroidissement, changement d'une partie de la ligne et de la panoplie. Maintenance préventive de la pompe roots coordonnée avec les autres zones par Jean-Christophe Marrot.

Année à venir

Le SPD est en fonctionnement depuis 4 ans, il faudra prévoir une maintenance préventive.
Toujours sur le SPD, un changement du régulateur de débit d'azote du FDTS est à prévoir. Celui-ci génère une erreur une fois sur deux par manque de réactivité. De plus le bulleur pour le PEG sera changé pour un plus grand volume pour éviter les problèmes de contamination.

Evolutions significatives

Nous avons opéré un changement des paillasses de la zone pour gagner en surface de travail et séparer les procédés jet d'encre et electroless. La praticité et la sécurité sont améliorées et les

risques de contamination réduits. La paillasse electroless n'est pas encore complètement en service, une adaptation de la conduite d'extraction doit être réalisée.

Prospectives

Jet d'encre et spray 300k€

La société Altatech n'assure plus la maintenance sur le Hardware et le Software de la machine jet d'encre Altadrop. Si elle tombe en panne, nous n'avons plus de technologie pour déposer des nanoparticules. C'est sur cette machine qu'ont été développés entre autres des capteurs de gaz plus d'autres projets présentés dans les bilans des années précédentes. Un projet en cours fait appel à cette technologie pour les matériaux énergétiques constitués de nanoparticules Al/CuO. Un autre projet est le dépôt de lentilles en polymère sur des plots pour un projet dephotonique/optique.
De plus l'équipement actuel est équipé de têtes d'impression monobuse, la nouvelle serait équipée de tête multi buses. L'intérêt est la vitesse d'écriture et de remplissage pour certaines structures. Par exemple pour un projet exogène de l'IMS Bordeaux pour la réalisation de structures à base d'oxyde de graphène déposé par jet d'encre.
Un équipement de jet d'encre a été demandé dans la réponse à l'appel à projet FABLAB afin de préparer une panne irrémédiable de l'altadrop. Nous nous orientons sur une CERADROP série F hybride pour un coût de 300k€. Cet équipement plus récent et doté de plus de fonctions permettra d'utiliser des technologies de tête différentes et des procédés de dépôts qui n'étaient pas possibles avec l'Altadrop.
Si l'appel à projet réussi, de nombreuses options pourront être ajoutées sur la Ceradop, la première étant l'ajout d'un module de dépôt par spray (150k€). Les secondaires sont des modules de recuit (UV, IR, Photonique) et d'autres technologies de tête d'impression.
Quelques-uns des domaines scientifiques porteurs sont :

- électronique sur substrat souple,
- électronique imprimée (cf séminaire captronic organisé par jessica) : pistes conductrices => grandes surfaces à imprimer.
- impression d'encre conductrice sur de grandes surfaces pour faire des antennes.

Densimètre 20k€

Un densimètre haute résolution permet de mesurer la masse volumique des liquides jusqu'à 5.10^{-6} kg/L. La mesure de la viscosité et de la tension de surface d'une encre nécessitent de connaitre la masse volumique du liquide à caractériser. La viscosité et la tension de surface d'une encre avec la masse volumique sont les caractéristiques qui permettent d'évaluer la « jettabilité » théorique d'une encre. Cet appareil serait donc utilisé pour le travail préalable aux tests de jet d'encre.
De plus il permettrait de caractériser la reproductibilité de la formulation d'une encre, notamment sur la concentration en matériau à déposer. Cela se traduit par une nette amélioration de la repétabilité sur l'épaisseur des couches déposées.

ORGANISATION

Personnel

- Mesnilgrente Fabien (AI) : responsable de la zone
- Conédéra Véronique (IR)

Gestion des activités

La zone Jet d'Encre regroupe trois activités : le dépôt par impression jet d'encre, le dépôt par voie auto catalytique (électroless) et le traitement de surface (séchage supercritique et fonctionnalisation). F. Mesnilgrente a en charge plus particulièrement le jet d'encre et le traitement

de surface aidé pour cette dernière technique par R. Courson , Ingénieur Kloe travaillant en salle blanche. V. Conédéra a en charge le dépôt électroless.
Les équipements dits en libre-service ne le sont qu'après une formation spécifique et ne sont accessibles qu'après enregistrement en ligne.
Les demandes de dépôt jet d'encre se font auprès de F.Mesnilgrente

Calibrations / validations des équipements et procédés.

Existantes

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence
Suivi équipement Tousimis	Log des temps de refroidissement et de la consommation de CO_2	A chaque run
Suivi équipement SFD	Log des produits utilisés et de la consommation de CO_2	A chaque run
Qualification du viscosimètre	Mesure de viscosité de l'eau	Bi-annuelle
Qualification du procédé de traitement de surface par UV/O3 (2016)	Mesure de l'angle de contact d'un polymère avant et après traitement	Mensuelle
Qualification du procédé de traitement de surface par UV254nm (2016)	Mesure de l'angle de contact d'un polymère avant et après traitement	Mensuelle

Qui vont être mises en place

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence
Qualification des procédés du SPD	Réalisation des procédés génériques sur Si et Kapton	Mensuelle
Suivi de la dérive de l'équipement Tousimis	Analyse des temps de refroidissement et de la consommation de CO_2	Trimestrielle
Qualification de la propreté de la ligne du SFD	Run à blanc sur substrat Si et mesure de l'angle de contact	Mensuelle

BUDGET

Exécuté l'année passée

2015	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Sécurité
Montants En K€	0	1	3,5	3,2	0

Prévisionnel année à venir

2015	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Sécurité
Montants En K€	0,5	0,8	7,8	3	0

Le cout en maintenance concerne principalement le SPD (nouveau bulleur, maintenance préventive, remplacement d'un MFC).

FORMATIONS

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Cours TEAM	**Cours sur le jet d'encre**	1h30	1	1h30	6
Formation pratique	**Viscosimètre**	0h30	3	1h30	3
	Sécheur Tousimis	2h00	2	4h00	2
	SPD	0h30	5	2h30	5
	SFD	3h00	2	6h00	12
TOTAUX			13	15H30	28

Le cours TEAM sera complété dès cette année d'une partie traitement de surface, complémentaire de la formation obligatoire.

BILAN

Par équipement

Sont inclus dans les produits J-JET et J-SPD l'utilisation de tous les équipements de traitement de surface ainsi que les paillasses. La forte utilisation de J-SPD par TEAM est en grande partie due aux tests de remise en route des procédés suite à la pollution des lignes.

Evolution au cours des années

Nous avons remarqué pour 2016 une faible activité en jet d'encre, la remontée sur le graphique est due à l'utilisation des outils annexes. Nous avons aussi remarqué une stabilisation des utilisations des traitements de surface (hors tests suite à la pollution) et de séchage par CO2 supercritique.

EVOLUTIONS DE PROCEDES

Evolution des procédés jet d'encre

Une large variété d'encres est fiabilisée : NTC, SnO2, CuO, Au:ZnO, ZnO, PEDOT et Polymère (synthèse maison pour la fabrication de µlentille).
Une encre argent pour piste conductrice sera étudiée en 2017.
En cas d'arrivée de la nouvelle machine jet d'encre, de nombreux développements seront à réaliser.

Evolution des procédés de dépôt auto-catalytiques (electroless)

Nous travaillons sur les dépôts de Nickel et de Cuivre sur SU8 et sur film DF laminé sur silicium

Deux procédés de fonctionnalisation de surface avant dépôt de nickel sont étudiés :

a) fonctionnalisation de surface par traitement plasma NH3/N2 réalisée dans le bâti ICPECVD
Nous maîtrisons l'adhérence du nickel mais celle du cuivre sur le nickel reste toujours à optimiser. Pour pallier à ce problème, nous déposons du nickel auto catalytique suivi d'un cuivre électrochimique au travers d'un moule de résine.
Les derniers tests réalisés sur des films acrylates montrent qu'il n'y a pas de problème d'adhérence du cuivre sur du nickel (rappel, les films SU8 et DF ont une chimie époxy); on en conclut que l'adhérence cuivre sur nickel dépend de la chimie du film déposé. Une prochaine campagne de tests sur différentes chimies de films sera menée pour confirmer ou infirmer nos premiers résultats.

b) fonctionnalisation par UV 254nm (spectroline) suivi d'un dépôt APTES par SFD200
Cette fonctionnalisation permet de déposer une couche de nickel sur un film SU8 ; par contre, on constate que le temps d'exposition aux UV254 nm influe sur l'adhérence du Ni sur la SU8 ; un temps trop long entraîne une non adhérence du nickel ce qui veut dire qu'une surdose empêche le dépôt de nickel. Afin de structurer la couche de nickel sur la SU8, l'exposition aux UV 254 nm au travers d'une résine ECI structurée sur la SU8 sera la solution à adopter en attendant la mise au point du procédé avec le laser 266nm du LEAF ; les premiers essais réalisés avec ce laser ne sont pas concluants. On a vu qu'avec les UV 254 nm, la dose est un facteur très important pour le succès d'un dépôt de nickel.

Evolution des procédés de traitement de surface

SPD

L'achat d'un bulleur de plus grand volume permettrait d'implémenter et de pérenniser la ligne du précurseur hydrophile PEG.
Des études préliminaires ont montré un comportement inattendu du flux d'évaporation des précurseurs en fonction du débit du gaz porteur. Des tests complémentaires doivent être réalisés pour comprendre les phénomènes en jeu.

SFD

Les procédés de greffage de SAM (Self Assembled Monolayer) développés sur l'équipement ont confirmé leur fiabilité.
Nous avons développé le dépôt de poly(HEMA) sous forme de couche mince sur de la SU-8. L'épaisseur de dépôt a été contrôlée par ajustement de la concentration de la solution mère. Le SFD permet donc d'obtenir une épaisseur uniforme de poly(HEMA) à la surface de la SU-8 ce qui n'était pas possible auparavant (dépôt d'une goutte de poly(HEMA) sur la surface de SU-8 et attente de l'évaporation du solvant).
De plus un procédé de nettoyage de l'équipement a été mis au point et se fait après chaque utilisation. Ce nettoyage est en plus de la séparation des produits sur différentes lignes en fonction de leur réactivité chimique.

ITO

L'accueil d'une stagiaire a permit de travailler sur la décontamination de l'ITO pour des applications très sensibles telles que la fabrication d'OLED. Nous avons également travaillé sur les greffages de SAM sur ITO par des fonctions siloxane et acide phosphonique. Les résultats en décontamination et en greffage sont encourageants et doivent être approfondis.

SYNTHESE

Equipement

Si l'appel à projet FABLAB est concluant, l'arrivée d'un nouvel équipement de jet d'encre permettra d'étendre les capacités de fabrication en jet d'encre. L'Altadrop n'étant plus supportée par le constructeur cet équipement complémentaire serait le bienvenu pour la pérennité des projets utilisateurs de cette technologie. La perspective équipement pour la zone est principalement l'acquisition d'un module de spray pour le nouvel équipement de jet d'encre. Ce module permet d'utiliser des encres plus visqueuses et peut atteindre des résolutions de l'ordre de 10µm. Le coût d'ajout de ce module est de 150 k€.

L'équipement SFD permet de déposer un grand nombre de molécules ce qui devrait répondre aux besoins de fonctionnalisation des biotechnologies et nous rappelons que la technologie de jet d'encre permet de déposer aussi des encres chargées en ADN, protéines, cellules, etc.

Procédés

En jet d'encre l'arrivée d'un nouvel équipement impliquera un temps de prise en main et le développement de nouveaux procédés.
En electroless, nous avons démontré qu'une fonctionnalisation aux UV 254nm suivie d'un dépôt d'APTES au SFD permettait de déposer une couche de nickel sur de la SU8 ; il nous reste à démontrer qu'une fonctionnalisation avec le laser 266nm du LEAF permettrait un dépôt electroless structuré par l'écriture du laser.
En traitement de surface de nombreux procédés de greffage de molécules sont disponibles. Pour autant de nouveaux précurseurs peuvent être développés, ce qui sera fait en fonction des demandes. Les surfaces de Silicium et d'Or sont bien connues, des travaux ont été conduits sur l'ITO et doivent être complétés, d'autres éléments intéressants sont à étudier tels que les surfaces d'Aluminium.

GRAVURE PLASMA

EQUIPEMENTS

Liste

Nom	Libre service	Année d'achat	Valeur d'achat (k€)	n° inventaire	Référence dans LIMS	Priorité
Tepla	Oui	2002	91.5	7045_CW	G7	0
ICP2	Non	2003	325	7334_CW	G1	0
ICP3	Non	2003	---	7336_CW	G2	0
ICP1	Non	2003	---	7337_CW	G3	0
P1	Non	2009	870	9459_C	G4	0
P4	Non	2009	---	9459_C	G5	0
Diener	Oui	2010	65	9760_CW	G6	0
Si500	Non	2015	269.5	11529-VB.01	G9	0
Etchlab	Non	2015	150	11530-VB.01	G8	0

Maintenances significatives

Année passée

Maintenance curative :

- Alcatel P1 : réparation chiller (Eratis)
- TEPLA : changement source plasma magnétron (MBelectronics)

Maintenance préventive :

- Alcatel : nouveaux disques durs

- Installation de l'équipement TEGAL (plasma O2) : branchement + mise sous tension

Année à venir

- Alcatel : Maintenance préventive
- Remise en route de l'équipement TEGAL (plasma O2) provenant du LTM
- Rétrofit du TEGAL provenant de Freescale
- Remise en route de ICP1 (audit / réparation)

Evolutions significatives

- 2 plasma O2 à mettre en route.

Prospectives

Scrubber (40k€ + 10k€ installation)

Traitement des gaz en sortie de pompage : en priorité les gaz chlorés (SI500+ICP2).
Une armoire à cartouche à granulats semblerait le plus adapté à nos besoins.

DFA OES (20k€)

Le système actuel est obsolète et le logiciel est défaillant. Un système actualisé et portable pour être adapté sur toutes les machines est nécessaire pour qualifier la propreté des chambres de gravure et le suivi des gravures.

Ligne SF6 (P4) (8900€)

Afin de pouvoir faire des gravures profondes dans le silicium pour les technologies NoMOS, la chambre P4 peut être adaptée pour cela.

Jouvence ICP (250k€)

Les 3 machines ICP TRIKON ne sont plus fabriquées et les pièces de maintenance sont très rares. ICP3 est la machine la plus utilisée et pour tous les matériaux. Il faudrait remplacer dans un premier temps cette machine par une machine ICP neuve.

Gravure ionique (130k€)

ICP3 grave dans la mesure du possible des matériaux réfractaires comme les métaux, mais la plupart des composés de réaction ne sont pas volatiles et restent dans la chambre de gravure. De plus, l'usinage nécessaire pour ce genre de matériaux n'est pas adapté avec la configuration de ICP3. Pour pallier à ces demandes, un usineur ionique doit faire partie du parc des machines disponibles.

Gravure grand gap (300k€)

Les matériaux grands gap comme le diamant ou le GaN nécessitent des gravures profondes et des chimies chlorées/fluorées pour le GaN. Ces matériaux sont utilisés pour les composants MOS. ICP3 est actuellement utilisée pour ces gravures.

ORGANISATION

Personnel

- Dubreuil pascal (IR1) : responsable de zone
- Lecestre Aurélie (IR2) : en formation externe pendant 6 mois, est actuellement supplée par Laurent Jalabert.
- Laurent Jalabert : (IR1) en charge de la gestion de P1 et P4
- Benjamin SALIS : stagiaire IUT 3 mois (2016)

- D'autres personnels du service TEAM et des services I2C et Logistique interviennent afin d'assurer la maintenance :
  - Vide et diagnostic électronique : L. Bouscayrol, J.C. Marrot
  - Fluides et extraction : A.Maiorano, T. Do conto
  - Électronique : D. Lagrange, R. Costes
  - Informatique : Sysadmin, D. Colin, F. Mesnilgrente
  - Electricité : E. Tasselli

Gestion des activités

Gestion des équipements (maintenances, procédés et service) :
Pascal DUBREUIL : TRIKON (ICP1, ICP2, ICP3)
Aurélie LECESTRE : ALCATEL (P1, P4), SENTECH (Etchlab, SI500), TEPLA, DIENER

L'utilisation des équipements de délaquage de résine (Diener et Tepla) est **en libre, service après formation**.

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 Pascal et Aurélie
- Réservation d'un créneau de gravure sur l'application en ligne.
- Pascal ou Aurélie valident ou non la réservation
- Si le demandeur est formé sur l'équipement de gravure, il fait lui-même les gravures
- Si le demandeur n'est pas formé, Pascal ou Aurélie effectuent les gravures.
- Remplir le tableau avec les résultats de la gravure

Calibrations / validations des équipements et procédés.

Existantes

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence
Vérification du fonctionnement des machines	Contrôle des paramètres machines. Répertorier les paramètres machine sur tableau excell (vide, alarmes…)	1 fois par jour 1 fois par jour
Vérification des résultats de gravure	Vérification des vitesses de gravure obtenues	Après chaque gravure

<u>Remarque :</u> le retour de la part des utilisateurs est indispensable.

Qui vont être mises en place

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence
Mesure de la contamination des chambres de gravure	TXRF : mesure des éléments présents dans les chambres	1 fois par trimestre
Mesure de la « propreté » des chambres de gravure	OES (spectre raie oxygène)	1 fois par semaine

BUDGET

Exécuté l'année passée

2016	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Sécurité
Montants En K€	-	5.666	20.948	21.212	-

Consommable : Gaz process TRIKON (1748€), Gaz process ALCATEL (3918.05€), Galden (1954€).
Maintenance : TRIKON (9890.79€), ALCATEL (12497.69€), SENTECH (7460€).
Support : SI500 raccordement pompe (21212.5€).

Prévisionnel année à venir

2017	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Sécurité
Montants En K€	0	3.3	40.5	16.2	40

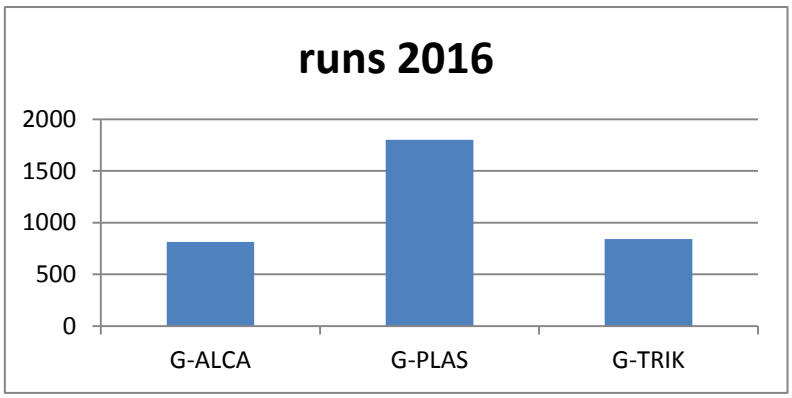
- **Consommables :** Gaz (3297€)
- **Maintenances :** Maintenance préventive sur Alcatel (14859.50€ P1 / 9563.55€ P4) + 13600€ (déplacement/frais journaliers 2 personnes), sablage ICP2,3 (300€), camera P1 (2200€).
- **Support :** Installation du scrubber aux pompes des équipements ICP2 et S500 (10k€), table travail (1k€), tableau blanc (200€), installation Tegal / plasma O2 (4k€), soufflette N2 (1k€).
- **Sécurité :** Achat du scrubber (armoire avec cartouches à granulats) (40k€).

FORMATIONS

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Cours TEAM	La gravure par plasma	1h30	1	1h30	15
Formation pratique	Plasma O2	0h30	18	9h	45
	ICP3	4h	5	20h	5
	P1	4h	3	12h	3
TOTAUX			27	42H30	68

BILAN

Par équipement



G-PLAS concerne le délaquage de résines sur équipements TEPLA et DIENER

G-ALCA

La machine la 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 traversantes.

La machine Alcatel P4 :

- P4 est dédiée à la gravure profonde du verre, mais reste moins utilisée.
- Un travail important sur le développement de la gravure profonde du verre est en cours.

G-TRIK

Les machines ICP2 et ICP3 :

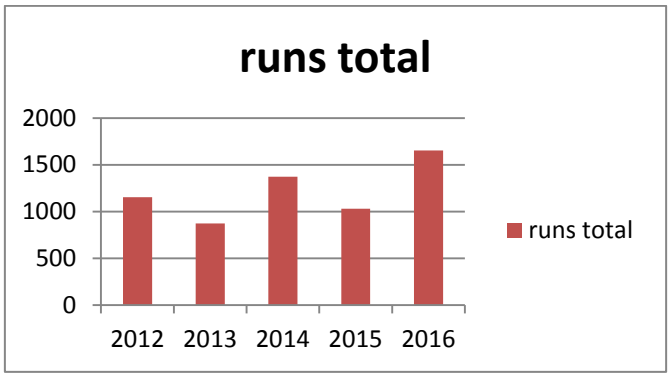
- ICP3 est dédiée aux gravures de nombreux matériaux dont les métaux, par conséquent les temps de gravure sont en moyenne inférieurs à 15min. ICP3 est très sollicitée par rapport à ICP2.

Les machines SI200 et SI500 :

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

Evolution au cours des années

Graphique présentant une vue globale de l'activité de la zone sur les 5 dernières années.



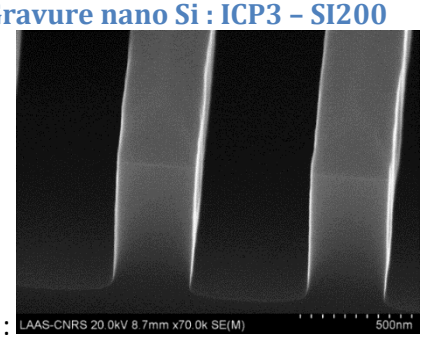
L'évolution du nombre du runs au cours des 5 dernières années montre une moyenne de gravure autour de 1036 runs par an. L'évolution entre 2015 et 2016 résulte de l'ajout de 2 machines supplémentaires (Si500 et Si200) dans l'activité gravure sèche.

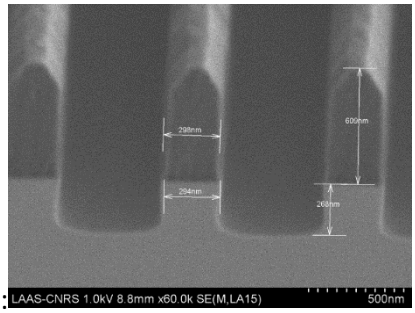
EVOLUTIONS DE PROCEDES

Bilan des développements effectués en 2016

Machine	*Echelles*	*Développements*	*Equipes*
ICP3	<1µm	Gravure anisotrope de Si nano	**TEAM** (stagiaire IUT : B. Salis)
	<1µm	Tungsten	**MPN** (F. Cristiano)
	1µm	TiN	**TEAM** (PF. Calmon)
Alcatel P4	<200µm	Gravure du verre (Photoresist)	**TEAM** (D. Bourrier, A. Lecestre)
	<200µm	Gravure du verre (polyimide)	**TEAM** (P.Dubreuil, S.Charlot, G.libaude))
Alcatel P1	400µm	Gravure Si avec un masque en Alu	**TEAM** (L. Jalabert)
	50µm	Amincissement de wafer Si	**MINC** (J. Philippe)
SI500	600nm	Nanofils GaAs	**MPN** (N. Mallet)
	<10nm	Al2O3	**MPN** (N. Mallet)
	200nm	Al	**MPN** (N. Mallet)
	800nm	Nanofils GaAs/Si	**MPN** (N. Mallet)
SI200	<1µm	Gravure anisotrope de Si nano	**TEAM** (stagiaire IUT : B. Salis)
	<10nm	SiO2	**MPN** (B. Durand)
	<50nm	RA32	**PHOTO** (S. Pelloquin)
	200nm	BARC	**PHOTO** (S. Pelloquin)

Gravure nano Si : ICP3 – SI200

ICP 3 : 

SI200 : 

Pour l'ICP3, les paramètres de gravure ont été optimisés afin de réduire la vitesse de 240nm/min à 50nm/min tout en conservant la verticalité des flancs de gravure (anisotropie).
Dans le nouvel équipement SI200, un nouveau précédé a été établi afin d'obtenir une gravure du Si anisotrope avec une vitesse de 40nm/min.
Ces travaux d'optimisation et de développement de procédé ont été effectués par un stagiaire d'IUT (B. Salis).

Gravure du verre : Alcatel P4

Nous avons comparé différents verres, et différents masques de gravure :

Matériaux	Vitesse de	Masques	Vitesse de gravure
Fused Silica	~ 430nm/min	BPN	~ 500nm/min
Fused Silica	~ 490 nm/min	polyimide	~ 65nm/min
AF32	~ 170 nm/min	SU8	~ 65nm/min
AF32	~ 170 nm/min	polyimide	~ 65nm/min
BF33	~ 450 nm/min	Film sec	~ 500nm/min
BF33	~ 450 nm/min	polyimide	~ 65nm/min

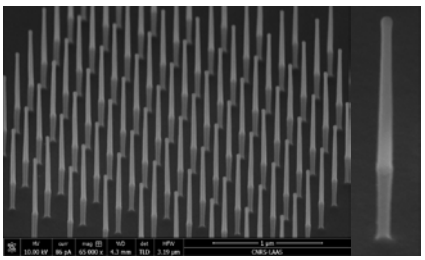
Si l'on tient compte de l'importance de la sélectivité du masque par rapport au matériau gravé, et si l'on tient compte de la facilité de la mise en œuvre du masquage pour graver les verres : le masquage SU8 et polyimide permettraient d'obtenir des gravures de quelques microns à 200µm.

Gravure Bosch avec un masque en Alu : Alcatel P1

Afin d'effectuer des gravures traversant (400µm) avec un masque haute résolution, nous sommes en train de développer un procédé de gravure avec un masque en aluminium.
Les premiers résultats sont encourageants : nous obtenons une gravure parfaitement verticale, cependant nous avons actuellement quelques résidus en fond de gravure. Ces résidus proviendraient de la pulvérisation du masque en Alu ce qui créerait du micromasquage (black silicon).

Gravure de nanofils hétérostructurés : SI500

Dans le cadre d'une application microélectronique (équipe : MPN) des nanofils de GaAs sur Si(100) ont été synthétisés par lithographie électronique et gravure plasma (SI500) à partir de substrats fabriqués au CEA par MOCVD (réseau Renatech). Nous avons poursuivi la gravure dans le substrat en Si, afin d'obtenir des nanofils en GaAS/Si.



Gravure de m étaux : ICP3

- Tungstène :

Deux procédés de gravure du Tungstène ont été développés dans l'équipement. Le 1° procédé permet de graver très rapidement la couche mince de tungstène (100nm/min). Le second procédé permet d'arrêter la gravure « en douceur » sur le substrat en silicium (17nm/min).

- TiN :

Deux procédés ont été testés pour graver le TiN. Un procédé à base de fluor qui grave le TiN à 30nm/min. Et un autre procédé à base de chlore qui grave le TiN à 105nm/min.

Equipement Sentech :

Des procédés de gravures ont été transférés puis adaptés dans les 2 nouveaux équipements Sentech (S500 et SI200). Ceci concerne les matériaux suivants : Al, Al2O3, SiO2, BARC, RA32.

SYNTHESE

Parc machines

- Suite à l'acquisition d'un nouvel équipement RIE-ICP, nous avons maintenant 2 équipements qui utilisent des gaz chlorés (Cl2, BCl3) et qui sont dédiés à la gravure du GaAs. Par conséquent, il devient urgent d'installer un système de traitement de gaz.
- De nombreux matériaux et tout type de masquage utilisent l'ensemble des machines de gravure : le contrôle in situ de l'état de propreté des chambres de gravure par un OES adapté, portable et peu encombrant est impératif ; ainsi que le redémarrage du TXRF acquis à Freescale pour contrôler les contaminations croisées.
- Les machines TRIKON ne sont plus fabriquées et les pièces pour la maintenance sont très limitées. Une jouvence d'une de ces machines est obligatoire. Enfin, pour pallier à l'utilisation en mode pulvérisation de ICP3 pour la gravure de métaux, ou matériaux réfractaires, il faudrait acquérir une machine de type IBE.

Développements des procédés de gravure

- Les procédés standards de gravure profonde existant au LAAS reposent sur l'utilisation de masques de résine épaisse (40µm) qui limitent la résolution de motifs de photolithographies, mais aussi lors de gravure très longue pour graver des surfaces de Si importantes (>50%). Pour s'affranchir de ces limites, nous visons à remplacer ces résines par des masques métalliques fins (100-300nm) et à mettre au point un procédé de gravure adapté.
- La gravure du verre, continuera à utiliser un masque polyimide. Cependant, il faudra qualifier un nouveau produit et l'adapter soit en monocouche soit en bicouche en fonction de la profondeur à graver.
    - Le transfert de procédés de gravures des III-V dans la Si500 sera à faire dans l'année 2017.

TRAITEMENTS THERMIQUES

EQUIPEMENTS

Liste

Nom	Libre service	Année d'achat	Valeur d'achat (k€)	n° inventaire	Référence dans LIMS	Priorité
Bâti de fours 4" d'oxydation et redistribution AET (3 tubes)	Non	1986	305	11146_PT	T16-T18	1
Fours dépôts LPCVD Tempress 4" (3 tubes)	Non	1988	53,4	11148_PT		1
Fours recuits AET 4" (2 tubes)	Oui	1986	30,5	10235_PT	T24-T25	1
Réacteur de dépôt PECVD STS	Non	2000	364	10080_PT	T21	1
Réacteur de dépôt LPCVD vertical	Non	1996	200	11149_PT	T20	0
Bâti de fours 6" d'oxydation, diffusion et redistribution Centrotherm (4 tubes)	Non	2006	520	7980_W	T1-T4	0
Bâti de fours 6" de dépôts LPCVD et recuit Alu Centrotherm avec le système d'abattement des gaz (4 tubes)	Non	2006	585	7981_W	T5-T8	0
Bâti d'oxydation AsGa AET	Non	2008	80	8701_CE	T19	0
Bâti de recuit 6" AET (4 tubes)	Non	2011	155	10235_PT	T9-T12	0
Bâti de recuit rapide Si 6"/8" Annealsys	Non	2008	228	9127_W	T14	0
Bâti de recuit rapide AsGa 4"/6" Annealsys	Non	2008	99,6	9126_8	T13	0
Réacteur de dépôt ICPECVD basse température OXFORD	Non	2011	406,7	10107_PT	T22	0
Bâti de dépôt ALD	Non	2012	350	10515_PE	T23	0
Bâti de fours de recuit SEMCO 6" (3 tubes)	Non	1997	304,194	11147_PT		

Maintenances significatives

Année passée

- Préventives annuelles ALD, ICPECVD, Centrotherm .
- Réparation d'un PC industriel "Cesar" sur un four Centrotherm.
- Nettoyage et réparation de pièces en quartz (Four Reve).

Année à venir

- Préventive du scrubber Centrotherm
- Préventives ALD, ICPECVD, Centrotherm
- Changement des Eurotherm sur les fours de recuits métaux Au et Cu

Evolutions significatives

- Evolution pour moins dépendre des équipementiers tels que Centrotherm.
  - Au niveau hardware, achat de MFC compatibles.
  - Au niveau soft, duplication des programmes de base.

Prospectives

Bâti PECVD STS (115 k€)

Deux solutions sont envisagées pour la remise à niveau du PECVD STS.

- La première consiste à rétrofiter la partie software en interne dans le cadre d'un projet COM2I.
- La deuxième permettrait un retrofit complet (soft + hard) par une entreprise extérieure.

La meilleure solution serait un retrofit complet de la machine. Cela va dépendre du financement possible ou non de cette intervention (115 k€).

SCA (Surface Charge Analyser) (4,5 k€)

- Démarrage du SCA (Surface Charge Analyser) par la societé Veonis Technologies.

ORGANISATION

Personnel

- Imbernon Eric (IR1) : responsable de zone
- Rousset Bernard (IRHC)
- Marrot Jean-Christophe (AI)

Intervention ponctuelle de Nathalie Lauber dans le cadre de la qualification des oxydes thermiques. De plus, Emmanuel Scheid intervient fortement sur la zone pour la réalisation des dépôts sur le four Sipoly dopé Bore (Reve) et sur le bâti ALD.

Gestion des activités

La gestion des équipements se fait grâce à un planning qui permet d'organiser au mieux l'activité.
Tous les procédés réalisés dans la zone sont archivés dans un fichier électronique.
Mis à part les tubes de recuits métaux 6" et Polyimide 4" qui sont en libre-service, les réservations seront toujours exclusivement effectuées par le personnel référent de la zone.

Calibrations / validations des équipements et procédés.

Existantes

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence
Qualification du SiO2 déposé par PECVD	Dépôt de SiO2 par PECVD dans l'ICPECVD	Tous les mois
Qualification de l'épaisseur d'oxyde thermique	1. Oxydations thermiques sèches et humides de 25 plaquettes par tube 2. Cartographie par éllipsométrie	Tous les semestres
Qualification de la qualité de l'oxyde thermique	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

Envisagées

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence
Qualification du dépôt et du dopage du Si poly	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

BUDGET

Exécuté l'année passée

2016	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Sécurité
Montants En K€	0	3,2	68,5	0	0

Le budget maintenance est conséquent et principalement dû aux préventives de l'ALD et de l'ICPECVD (35 k€) et à la réparation du quartz du four Reve. De plus, cette année, nous avons continué à reconstituer le stock de débitmètres massiques (7 k€). Le budget consommable est essentiellement dû aux gaz process (O2, H2, Ar, BCL3, N2H2,…)

Prévisionnel année à venir

2017	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Sécurité
Montants En K€	4,5	4,5	51	4,5	5

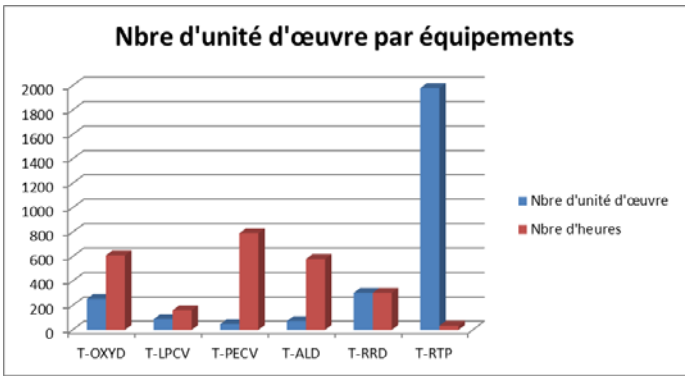
Le budget prévisionnel maintenance est en diminution car nous ne prévoyons pas l'achat d'autant de MFC que l'an dernier. De plus, nous prévoyons dans la partie support le démarrage du SCA. La partie consommables correspond aux process et à l'achat d'un suscepteur pour la four RTP As-One.

FORMATIONS

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Cours TEAM	**Techniques de dopage**	1h30	1	1h30	20
	Oxydation thermique	1h30	1	1h30	20
	Dépôts CVD	1h30	1	1h30	20
Formation pratique	**RTP**	1h	1	1	2
	ICPECVD	3h	3	9	5
TOTAUX			7	14h30	67

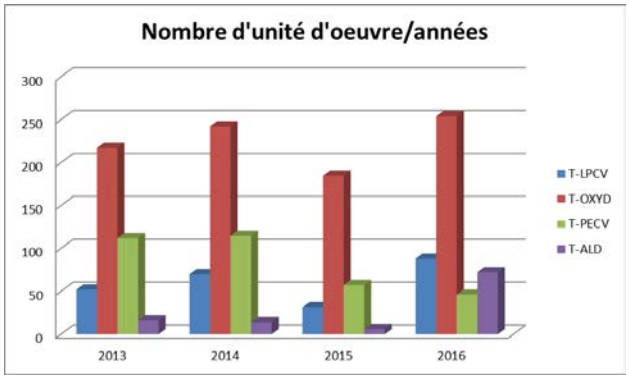
BILAN

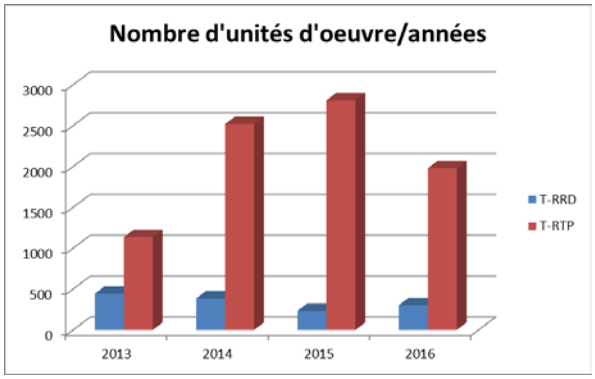
Par équipement



Nous avons représenté sur ce graphique le nombre d'unité d'œuvre (Epaisseurs pour T-OXYD, T-LPCV, T-PECV et T-ALD, nombre d'heures pour T-RRD et nombre de minutes pour T-RTP)sur l'année 2016 ainsi que le nombre d'heures de réservation pour chaque famille d'équipements.

Evolution au cours des années





Nous pouvons remarquer que l'activité est en légère augmentation cette année mis à part sur les fours RTP dû à la fin du projet Segton.

EVOLUTIONS DE PROCEDES

Four LPCVD Tempress

Des premiers tests ont été effectués sur le contrôle de dopage en Bore des dépôts de Si polycristallin. Le procédé de dépôt de nanofils de Si à partir de plots d'Or sera mis en place au retour d'Aurélie Lecestre.

SYNTHESE

Personnel

Jean-Christophe Marrot est maintenant formé sur tous les fours de recuits et sur le bâti ICPECVD.
Eric Imbernon est formé sur le bâti ALD et va se former sur le four REVE et le bâti ICPECVD.
Dès que le PECVD STS sera opérationnel Eric et Jean-Christophe seront formés dessus.
Bernard Rousset s'est investi dans les différents projets de retrofit actuels (TEGAL) et futurs (PECVD STS).

Equipements

Le four Tempress a été rétrofité par Manuel Cavarroc (I2C) et la partie thermique est maintenant opérationnelle.

Le four REVE constitue toujours un élément fondamental dans la zone notamment pour le remplissage de tranchées profondes dans le cadre du projet Tours 2015.

La priorité pour 2017 est le retrofit du bâti PECVD STS car c'est un équipement essentiel pour la réalisation de composants nécessitant de fortes épaisseur de diélectriques que le bâti ICPECVD ne peut pas faire.

IMPLANTATION IONIQUE

EQUIPEMENTS

Liste

Nom	Libre service	Année d'achat	Valeur d'achat (k€)	n° inventaire	Référence dans LIMS	Priorité
Eaton 4206	Non	1995	351			
IMC 200 (Upgrade du 4206)	Non	2007	331	11152_PV	I1	0
Hotte à flux	Oui	2007	10		I2	1
Upgrade IMC 200	Non	2009	20			

Maintenances significatives

Année passée

Maintenances annuelles classiques: Sources, jauges Pirani.

Année à venir

Changement de l'absorbeur du compresseur, des 2 pompes cryogéniques et de la pompe à diffusion d'huile suite à une contamination de la ligne d'He.
Changement tube accélérateur.

Prospectives

Pas d'évolutions ou d'achat de machines prévues l'année prochaine.

ORGANISATION

Personnel

- Imbernon Eric (IR1) : responsable de zone
- Marrot Jean-Christophe (AI)

Gestion des activités

La gestion de l'équipement se fait grâce à un planning qui permet d'organiser au mieux l'activité en permettant notamment le regroupement des implantations par espèces et la programmation de la maintenance préventive de l'équipement.
Les implantations réalisées sont archivées dans un fichier électronique.

Calibrations / validations des équipements et procédés.

Existantes

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence
Qualification de l'homogénéité d'implantation	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} $at.cm^{-2}$ 4. Désoxydation 5. Recuit d'activation 30 min à 1000°C sous N2 6. Cartographie de la résistivité des plaques	Annuelle

Qui vont être mises en place

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence
Qualification du masquage des espèces Implantées (Bore et Phosphore)	1. Cartographie de la résistivité de 8 substrat 4 pouces 2. Oxydation thermique 40 nm sur 4 substrats 3. Implantation Bore et Phosphore à 50 et 150 keV à 1 does de 1.10^{16} at.cm^{-3} 4. Retrait de la résine 5. Recuit d'activation 30 min à 1000°C sous N2 6. Désoxydation 7. Cartographie de la résistivité des plaquettes	Annuelle

BUDGET

Exécuté l'année passée

2016	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Sécurité
Montants En K€	0	0	2.5	0	1

En 2016, pas de grosses dépenses car nous n'avons pas changé le tube accélérateur comme prévu.

Prévisionnel année à venir

2017	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Sécurité
Montants En K€	0	1,4	26	0	1

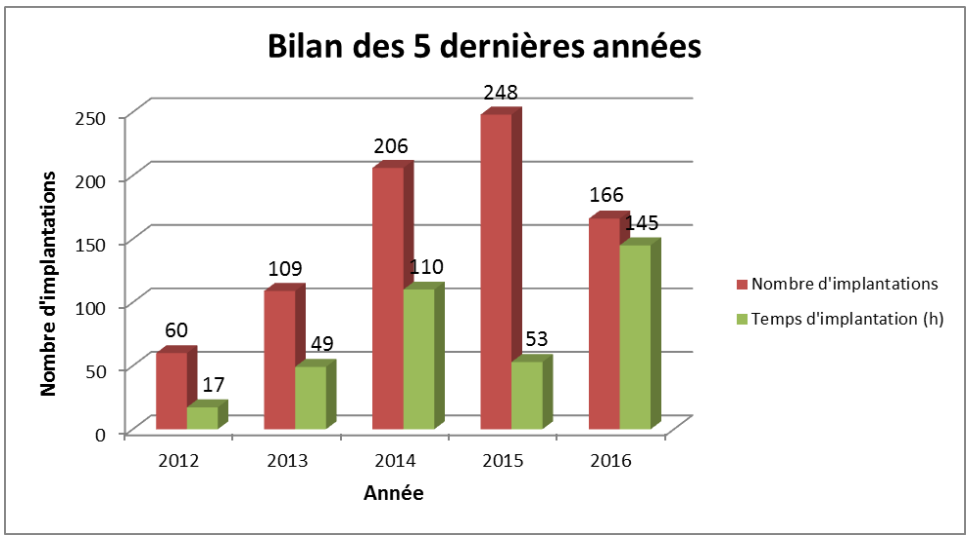
En 2017, de grosses dépenses à prévoir car, en plus du tube accélérateur, nous devons changer les 2 pompes cryogéniques (dû à la contamination de la ligne d'He) et de la pompe à diffusion qui est tombée en panne.

FORMATIONS

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Cours TEAM	**Techniques de dopage**	1h30	1	1h30	15
TOTAL			1	1H30	15

BILAN

Evolution au cours des années



Le nombre d'implantations est en baisse par rapport à l'année dernière mais en hausse au niveau du nombre d'heures d'implantation. Cela est dû aux doses d'implantation demandées qui étaient plus importantes cette année.

SYNTHESE

Activités 2016

Le nombre d'implantations est fortement lié aux projets de l'équipe ISGE pour la réalisation de composants MOS de puissance avec le projet Tours 2015 et l'ANR ConvPlus.

Activités 2017

Les projets d'ISGE vont encore continuer en 2017 et d'autres, qui n'ont pas pu se faire en 2016 suite à l'arrêt de l'implanteur vont se réaliser en 2017.

ASSEMBLAGE

EQUIPEMENTS

Liste

Nom	Libre service	Année d'achat	Valeur d'achat (k€)	n° inventaire	Référence dans LIMS	Priorité
DAD321	Non	2001	65	6783_MEC	G1	0
KS HR 100	Oui	1989	10	-	G2	0
SET	Oui	1987	10	-	G3	0
MPS 2R300	Non	2005	60	7972_W	G4	1
Logitech PM5	Oui	1998	61	-	G5	0
Tresky 4907	Oui	1998	33,6	11144_PV	G6	1
Tresky 3000	Oui	2006	19	8096_W	G7	0
SET tr5230	Oui	1990	38	-	G8	0
K&S 6482	Oui	1985	23	-	G9	0
Tpt HB 16	Oui	2006	33,5	8333_O	G10	1
K&S 4526	Oui	2009	20	9736_W	G11	0
K&S 4700	Non	1988	23	9533_EV	G12	1
K&S 484	Oui				G13	0
K&S 484	Oui				G14	0
Delvotek 5330	Non	2005	27	7594	G15	0
Memmert	Oui	2000	0,5	8373_W	G16	0
Horo	Oui	1980	0,5	-	G17	0
Thetys	Oui	1999	0,5	-	G18	0
Logitech WSB1	Oui	1998	30,5	-	G19	0
Hottes 1	Oui	2006	20	7848_CV	G20	0
Hottes 2	Oui	2006	20	7849_CV	G21	0
SETsc910	Oui	1988	23	-	G22	0
IM 300	Oui	1999	1	9480W	G23	0
UH 115	Non	2006	40,2	8371_W	G24	0
UH 117	Non	2006	107,6	8372_W	G25	0
CDP41	Non	2005		8006_W	G26	0
FC 150	Oui	2001	244	7028_PV	G27	0
AML WB4	Oui	2005	110	7840_W	G28	1
Shipley360	Oui	2004	4,5	-	G29	0
DEK horizon01i	Non	2007	185	8957_W	G30	0
Fischione ultrasonique	Oui	2007	114	8478_W	G31	0
Plaque chauffante 350°C	Oui	2008	28	7859_W	G32	0
Four de refusion	Oui	2008	3,7	9480_W	G33	1
Viscosimètre	Oui	2009	2,7	8747_CM	G34	0
Jauge de mesure d'épaisseur	Oui	2010	10	10005_P	G35	0
Mesure de planéité	Oui	2010	15	10005_P	G36	0
Wafer bonder SUSS	Non	2011	376,7	10144_PV	G37	0
Laminateur Shipley 3024	Oui	2011	prêt	8957_W	G38	1
Polisseuse ESCIL ESC200	Non	2011	3,5		G39	0
Encolleuse ESSILOR	Non		prêt		G40	0
Scribber AsGa	Non	2013			G41	0
Weller	Oui				G42	0
Tektronix TDS-2012	Oui				G43	0
Microscope Leica	Oui			7028_PV	G44	0
Etuve Memmert	Oui	2006	Prêt	8373_W	G45	0
Etuve Secasi	Oui	1996			G46	0
Aligneur SUSS	Non	2011			G47	0
Hotte Wafer Bonder	Oui	2016	63			0
Machine Xyztec	Oui	2016	48			0

Maintenances significatives

Année passée

Tous les ans, nous répartissons et programmons des maintenances préventives sur différents équipements. Cette année, ce sont les équipements de wire bonding TpT et K&S ainsi que le grinder G&N pour l'amincissement qui ont été entretenus. Seul l'équipement de découpe de substrat Disco a subi une intervention non programmée pour la réparation de cartes électroniques défaillantes.

Année à venir

Dans le déroulement des maintenances préventives programmées chaque année, en 2017 est prévue une maintenance sur l'équipement de flip chip qui montre des défauts de plus en plus récurrents ainsi que le rechapage des rouleaux sur les équipements de lamination.

Evolutions significatives

Installation début d'année 2017 d'un équipement de nettoyage par mégasons modifié et programmé par Denis Lagrange (I2C). Vont aussi être installé, 2 grands bacs ultrasons et une paillasse pour le nettoyage chimique des substrats avant bonding. Cette paillasse est équipée de bac thermostaté SC1 et SC2 ainsi qu'un bac piranha, HF et deux bac de rincage d'eau ionisée avec résistivimètre intégré.

Machine d'ultrasons

Mégasons

Hotte Wafer Bonder

Un équipement de shear/pull test a été commandé fin d'année 2016 par les équipes S4M et MINC a été mis en service au début de l'année. Il permet de réaliser des tests en traction ou cisaillement sur des puces ou composants avec des forces pouvant atteindre 200Kgf.

Equipement de traction/cisaillement Xyztec

Désormais la salle de montage est équipée d'un système de protection contre les ESD (décharges électrostatiques) responsable de la dégradation de certains composants électroniques. Pour ce faire, nous avons fait appel à la société SERMA TECHNOLOGIES (spécialiste du domaine) pour

effectuer un audit préalable. Suite au rapport d'audit, nous avons équipé la salle d'assemblage de tout le matériel nécessaire pour être en conformité avec la norme IEC 61340-5-1. Un protocole de bonne utilisation du système sera mis en place.

Mise en place d'un système de test aux ESD et de tapis antistatique relié à la masse sur les paillasses.

Prospectives

Triple stack wafer bonding

Achat d'un module complémentaire triple stack pour le scellement anodique de substrats par l'équipe MINC sur l'équipement de wafer bonding AML.

Flip Chip

Les petites pannes récurrentes de la machine de flip chip rendent sont utilisation quotidienne difficile. L'achat d'un nouvel équipement permettrait de s'en affranchir et de développer de nouvelles techniques d'intégration (soudure ultrasonique ou thermosonique, report précis par reflow, report par eutectique, plus de force sur une plus grande surface pour la thermocompression).

ORGANISATION

Personnel

- Charlot Samuel (IE) : responsable de zone
- Colin David (AI)
- Gil Aurélien : Apprenti licence professionnelle (jusque fin février 2017)

David Colin a émis le souhait en début d'année 2016 de s'impliquer dans la zone de lithographie laser. Ceci s'est fait ponctuellement en début d'année et s'est accentué en fin d'année par une présence dans la zone à 50%. En 2017, la zone d'assemblage comptera 1 ½ permanent pour effectuer les opérations d'assemblage et continuer à développer les procédés. Il faudra donc en tenir compte dans la gestion des RH du service.

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. Toutes les actions réalisées sont ensuite archivées avec les

principaux paramètres de réalisation sur un tableau de sauvegarde. A partir de 2017, ces paramètres seront répertoriés dans l'application LIMS lors de la réservation de l'équipement

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

Pour les opérations génériques, S Charlot et D Colin assurent le soutien de tous les groupes sans exclusivité. D Colin est plus particulièrement impliqué dans les réalisations de montage et S Charlot dans l'intégration.

Calibrations / validations des équipements et procédés.

Existantes

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence
Qualification report précis par flip chip	Réglage parallélisme du bras de report et auto collimation du microscope sur l'équipement FC150	A chaque changement d'outil et au début de chaque campagne de report
Qualification du report par wafer bonding	Réglage du parallélisme des plateaux et de la force appliquée	A chaque changement de plateau et au minimum 1 fois par mois
Qualification soudure anodique bonding	Validation d'un scellement anodique	1 fois par semestre
Qualification de la découpe	Réglage de la hauteur, de l'épaisseur et du théta de la lame	A chaque changement de lame
Qualification des procédés de polissage **Mise en place 2016**	Mesure et rectification de la planéité du plateau	1 fois par semestre et à chaque utilisation
Qualification de la sérigraphie **Mise en place 2016**	Mesure en épaisseur, largeur et longueur de dépôt sérigraphiés suivant un masque et une carte témoin	Avant chaque dépôt

Qui vont être mises en place

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence
Qualification des procédés de lamination	Réalisation des procédés générique sur films sec	1 fois par trimestre
Qualification des procédés de wire bonding	Mesure de la force d'arrachement des fils de bonding (avec pull tester)	1 fois par mois
Qualification des procédés de grinding	Mesure de la dérive de rugosité et de l'épaisseur d'un wafer Si standard de 525 µm aminci à 300µm.	Semestrielle

BUDGET

Exécuté l'année passée

2016	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Sécurité
Montants En K€	0,2	13,5	11	26	0

On peut noter les frais importants liés à l'item support qui comprends les moyens mis en œuvre pour la réfection et la mise en place des équipements de la zone intégration.

Prévisionnel année à venir

2017	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Sécurité
Montants En K€	2	6	5	5	5

Plusieurs consommables ont été commandés en grande quantité en 2016, ce qui justifie le montant dans cette rubrique pour l'année 2017. De même les coûts en support vont diminuer du fait de la fin des travaux d'aménagement de la zone intégration.

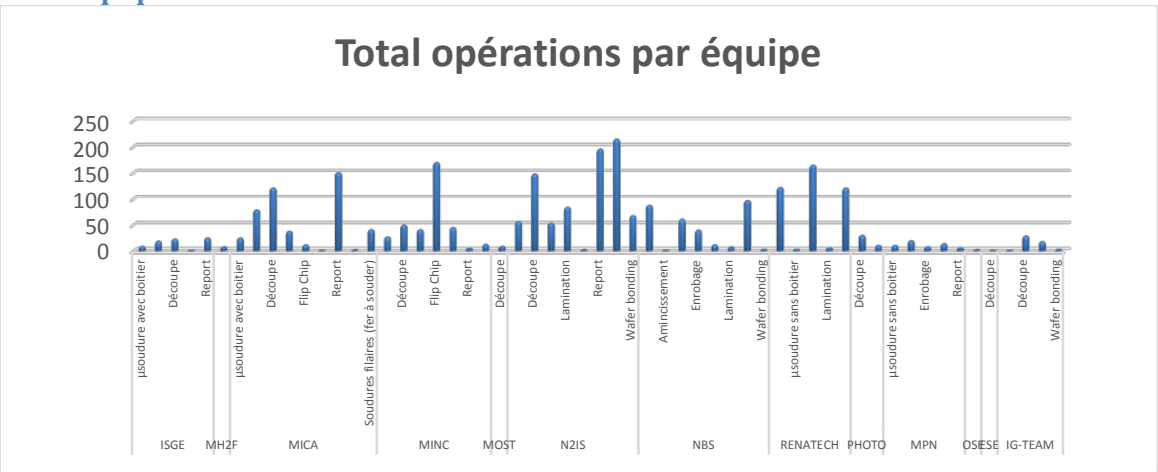
FORMATIONS

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Cours TEAM	Procédés d'assemblage	2h	2	4	30
Formation pratique	Procédés de wire bonding	4h	3	12	3
	Procédé de lamination	0,5h	5	2,5	5
	Procédé de Pick&Place	2h	3	6	3
	Procédé de wafer Bonding	3h	4	12	4
	Procédé de flip chip	4h	2	8	2
TOTAUX			19	44.5	47

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

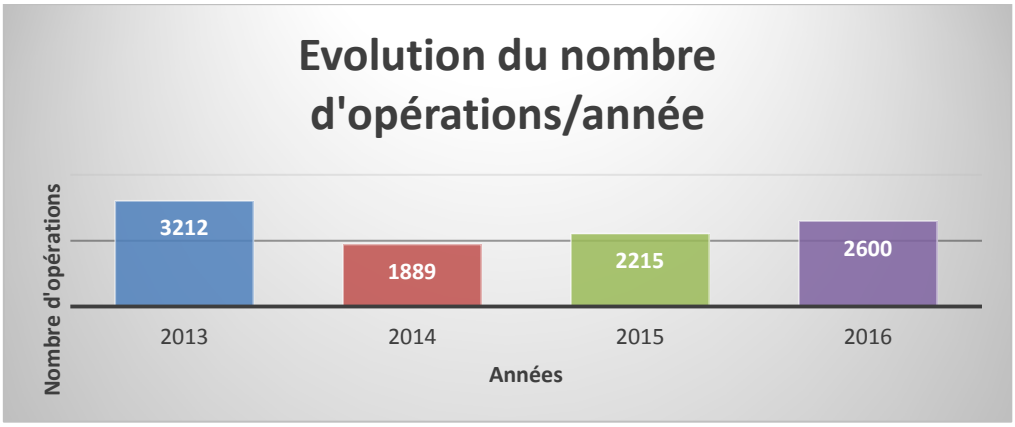
BILAN

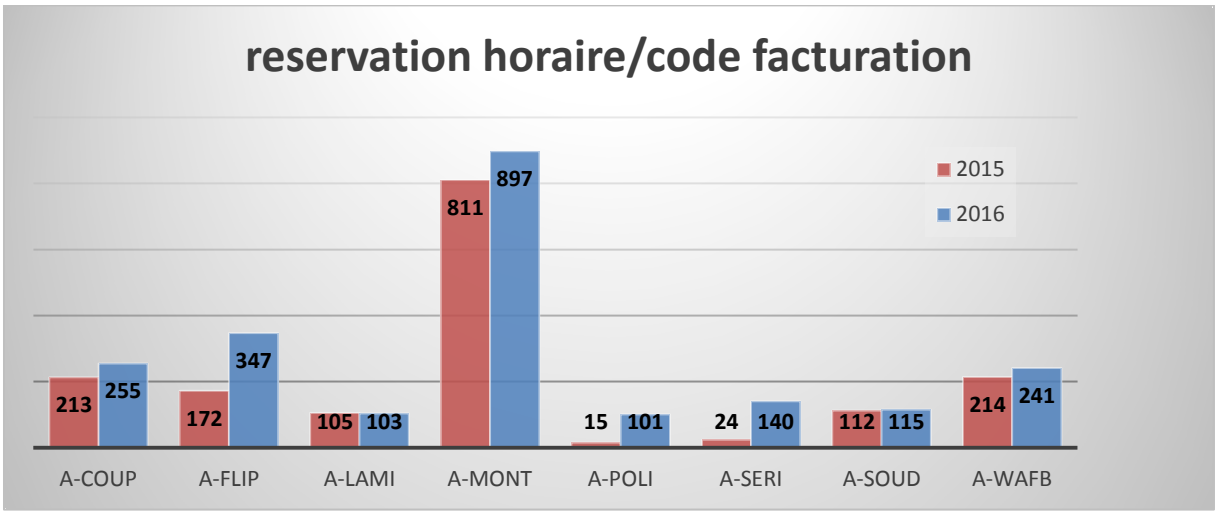
Par équipement



On note que la répartition des activités de chaque équipe est constante au fils des ans et que les équipements les plus sollicité sont les opérations dites classiques d'assemblage telles que la découpe, le report et le câblage par ultrasons.

Evolution au cours des années



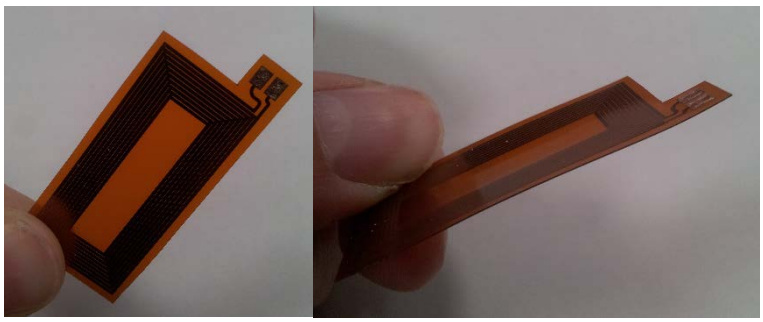


On note dans l'ensemble une légère hausse de l'activité des opérations classique d'assemblage ainsi qu'une stabilité dans les opérations dites d'intégration comme le wafer bonding ou la lamination. Certaines opérations demandées par les équipes MILE et MINC comme la sérigraphie, le flip chip ou le polissage ont beaucoup augmenté dû à des développements visant à qualifier les procédés. Le volume des activités d'assemblage lié à Renatech a augmenté de 30% par rapport à l'an dernier du au montage de petites séries de capteurs.

EVOLUTIONS DE PROCEDES

Evolution 1

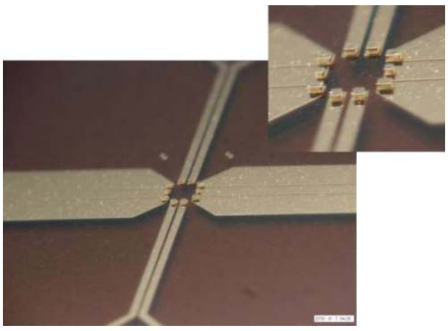
Réalisation d'une antenne RF sur substrat souple de type Kapton de 125µm au vue d'une intégration plus complexe de celle-ci couplée à un module de géolocalisation pour former un patch souple (Projet SACHA de l'équipe S4M). L'antenne réalisée fait 5x2 cm et 150µm d'épaisseur, elle comprend 3 niveaux de polyimide et 2 niveaux de métallisation de cuivre électrodéposé de 17µm chacune connecté entre elles par des vias.



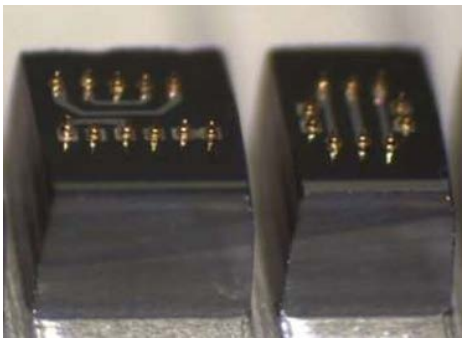
Antennes RF sur substrat souple

Evolution2

Réalisation de bump en or par électrodéposition de 40µmx40µm de côté et 30µm de hauteur sur Kapton pour le report de puces nues en silicium de petite dimension (Projet Intégration sur substrat souple et SMARTER des équipes MINC et ISGE). Cela évite l'opération délicate du bonding sur petite puce et l'endommagement de celle-ci et permet un meilleur contrôle de la dimension des bumps.



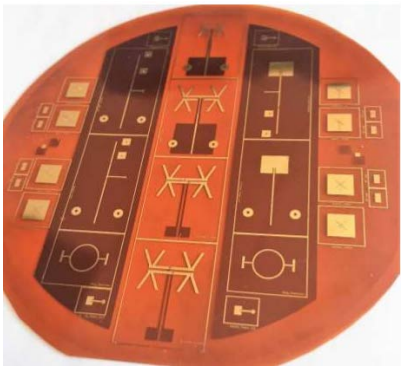
Pillers en Or de 30µm sur substrat souple



Piliers en Or de 70µm sur puce silicium

Evolution3

Réalisation d'antennes RF sur Kapton de 125µm d'épaisseur avec métallisation double face obtenue par lamination de résine photosensible et insolation par lithographie laser afin d'adapter les paramètres d'élongation du Kapton en cours de procédé (plusieurs projets de l'équipe MINC). La connexion des deux faces se fait par vias réalisés au préalable par usinage.



Antennes RF sur substrat souple avec plan de masse face arrière

Activité

L'activité de la zone d'assemblage a augmenté sensiblement depuis 2 ans. Cette augmentation fait suite à des projets technologiques ayant traits directement à l'assemblage. L'activité d'assemblage relative à Renatech est elle aussi en hausse de 25% contrairement aux 2 dernières années ou l'activité avait tendance à beaucoup diminuer. Cette augmentation est due à l'assemblage de nombreux capteurs pour un projet bien défini qui devrait se poursuivre en 2017.
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 fluidique utilisant des résines photosensibles par lamination semble fiable et mature car l'activité est constante depuis 2 ans.

Personnel

Depuis le mois de novembre, David Colin travaille à 50% dans la zone de lithographie laser. 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. Quoi qu'il en soit à terme il faudra pallier à cette situation. La zone d'assemblage ne pouvant reposer sur les épaules d'un seul membre permanent.

CARACTERISATION

EQUIPEMENTS

Liste

Nom	Libre service	Année d'achat	Valeur d'achat (k€)	n° inventaire	Référence dans LIMS	Priorité
Hélios (FIB)	Oui	2012	985	10427_PO	C1	0
S-4800 (MEB)	Oui	2005	450	8046_W	C2	0
S-3700N (MEB)	Oui	2008	150	9301_PO	C3	0
Icon (AFM)	Oui	2011	161	10321_W	C4	0
Dimension (AFM)	Oui	2000	114	6896_PO	C5	1
Tensor (FTIR)	Oui	2015	21	115438_SE.01	C6	1
Uvisel (Ellipsometre)	Oui	2005	150	7957_PO	C7	0
AutoEL (Ellipsometre)	Oui	<2000	-	-	C8	1
Digidrop	Oui	2004	?	7036_EL	C9	0
Résistivimètre manuel	Oui	<2000	-	11163_ELM	C10	1
Résistivimètre auto	Oui	2003	~20	11162_ELM	C11	0
Wyko (interféromètre)	Oui	2001	229	6841_PO	C12	1
LEXT (confocal)	Oui	2008	117	9131_PO	C13	0
Leica (microscope)	Oui	2008	22	9300_PO	C14	0
Tencor P15	Oui	2000	92	06629C	C15	1
Tencor P16+	Oui	2009	82	9645_W	C16	0
PECS	Oui	2002	60	7016_P	C17	1
TXRF	Non	2013	-	104078W	C18	1

Maintenances significatives

Année passée

Maintenance importante sur plusieurs machines, elles sont dues à 3 faits :

- Vieillissement des machines comme pour le Tencor P15 et pour le TXRF (chiller).
- Maintenance normale pour le FIB (changement des sources électronique et ionique, et des diaphragmes), et pour l'AFM (préventive).
- Pannes sur le FIB (carte de communication, jauge de vide, moteur omniprobe).

Le contrat de maintenance sur le FIB a été pris ce qui permettra de limiter le temps d'arrêt de cette machine très utilisée

Remise en l'état du système de chauffage sur le digidrop pour les mesures en température.

Année à venir

- Maintenance alternée pour les Tencors et le LEXT (en cours).
- Changement du canon à électron du S-4800 et rétrofit de la tête AFM du Dimension.
- Maintenance à faire au niveau des groupes de pompage (MEB, TXRF) qui n'ont pas pu être faites cette année.

Prospectives

Spectromètre UV/VIS – 15k€

Arrivé d'un spectromètre UV/VIS en début d'année permettant l'analyse de la transmission/réflexion de film et de résine dans la gamme 190-900nm.

Tencor – 80k€
Remplacement du Tencor P15 par un Tencor P17 si les financements sont suffisants (appel à projet en cours).

EDX-XTREM – 80-110k€
Changement d'un EDX classique par un EDX pouvant faire des analyses à basse tension (à partir d'1keV) ce qui permettrait les mesure sur verre et sur des nano-objets (taille de la sonde ~1µm aujourd'hui).

Profilomètre optique – 200k€
Remplacement du profilomètre interférométrique Wyko qui n'est plus maintenu par un nouveau profilomètre interférométrique/holographique.

Réflectomètre – 15k€
Appareil de mesure de couche mince en doublon de l'ellipsomètre.

ORGANISATION

Personnel
- Benjamin Reig (IR) : responsable de zone
- Fabien Mesnilgrente (AI) : aide technique + formation Confocal et digidrop + soutien zone
- Franck Carcenac (IR) : aide technique + formation MEB/FIB

Gestion des activités
Passage obligatoire des utilisateurs pour entrer en salle blanche avec une présentation générale de la zone et une formation sur le profilomètre mécanique.

Zone en libre-service après formation pour tous les appareils de caractérisation et réservation obligatoire dépendant des machines.

Calibrations / validations des équipements et procédés.

Existantes

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence
Vérification de calibration AFM Dimension et Icon	Mesure étalon en XYZ, vérification des côtes et de la linéarité du piezo	1 fois par mois
Vérification de calibration Tencor P15 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
Vérification de calibration résistivimètre	Mesure et vérification de résistance carrée par rapport à un étalon en or	1 fois par mois
Vérification de calibration ellipsomètre	Vérification des zéros des polariseurs, de l'intensité de la lampe et mesure de l'étalon	1 fois par mois
Vérification de calibration des profilomètres optique	Vérification des mesures de l'étalon XYZ	1 fois par mois

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

Qui vont être mises en place

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence
Vérification de la contamination des équipements de gravure plasma	Mesure contamination des wafers avec le TXRF	Tous les semestres

Cela devrait être étendu dès que le TXRF sera de nouveau opérationnel.

BUDGET

Exécuté l'année passée

2016	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Sécurité
Montants En K€	1.5	1	53.7	0.6	0

Le coût des maintenances a subit une forte augmentation du fait du contrat de maintenance pour le FIB comme cela l'avait été annoncé les années précédentes. Le montant total est plus bas que le prévisionnel annoncé l'année dernière car certaines interventions n'ont pas pu être réalisées (sur le TXRF notamment).

Prévisionnel année à venir

2017	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Sécurité
Montants En K€	3.5	20	67	1.5	0

Cela représente un budget supérieur à celui de l'année 2016, cela provient de la nécessité de changer la pointe FEG du S-4800, ce qui entrainerai une facture de 10k€ en plus. Il y a également les interventions prévu en 2016 qui n'ont pas pu être faites sur le TXRF et le LEXT.

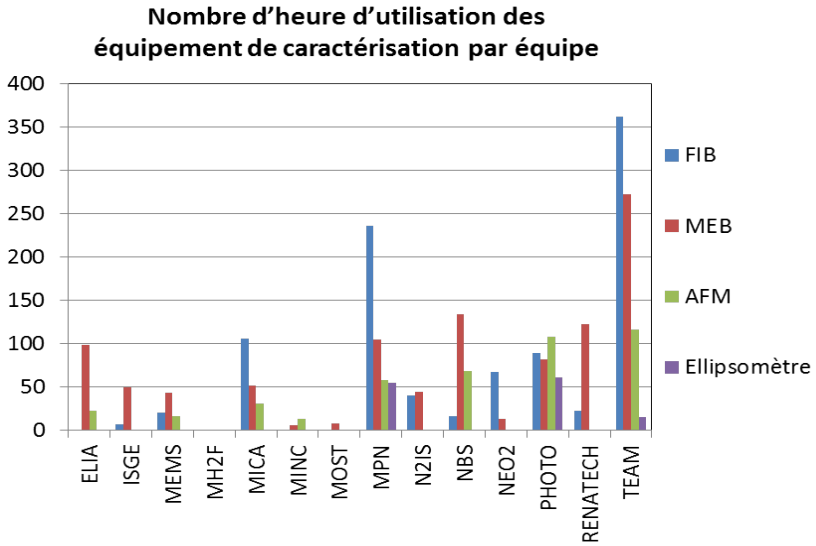
FORMATIONS

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	participants /an
Cours TEAM	Cours TEAM Caractérisation	2h	1	2h	40
Formation pratique	Présentation de la caractérisation + formation Tencor	1h30	18	27h	60
	Formation AFM	3h	5	15h	6
	Formation LEXT	1h30	1	1h30	1
	Formation MEB-FIB	3-4h	12	45h	15
	Autres formations	0.5-2h	60	80h	60
TOTAL			97	170.5	182

Le temps de formation pratique est important en caractérisation mais le suivi des utilisateurs (non comptabilisé) demande au moins un temps égal.
Une des évolutions que l'on souhaite mettre en place est la formation en 2 temps avec une partie dématérialisé (cours) et l'autre partie pratique (sur la machine) afin de gagner du temps et de donner plus d'informations sur les équipements que les utilisateurs sont amenés à utiliser.

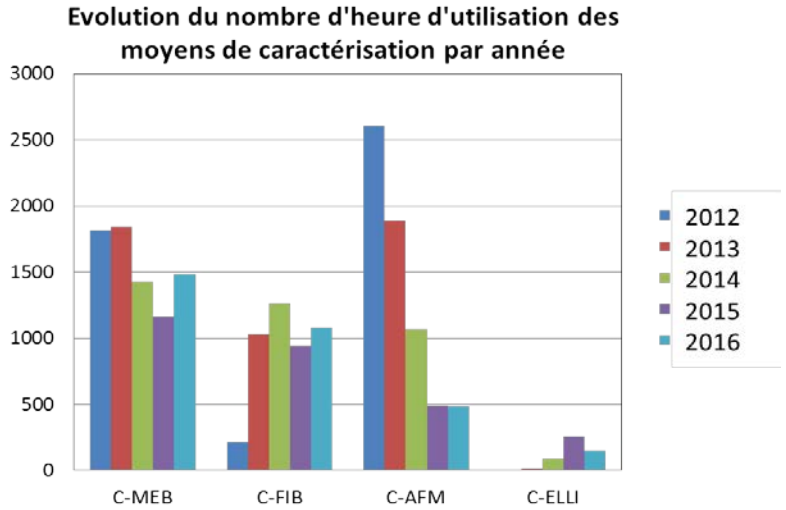
BILAN

Par équipement



On remarque un grand nombre d'heure d'utilisation des équipements par TEAM, cela vient du fait que de nombreuses caractérisations sont faites par TEAM que ce soit pour du développement de procédé ou en service pour des personnes non formées. Deux appareils, Le MEB S-4800 et le FIB Hélios sont énormément utilisés (>50% du temps de travail en caractérisation « réservé »). Le faible taux d'utilisation de l'ellipsomètre ne reflète pas la réalité car il est utilisé quotidiennement, de nombreuse personnes de doivent pas se noter car ne l'utilisant que des temps assez courts (~5 minutes par mesure).

Evolution au cours des années



On remarque que l'on arrive à une stagnation dans les utilisations des équipements après quelques années de diminution, cela est particulièrement flagrant pour l'utilisation des AFM. 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 reporté ici.

EVOLUTIONS DE PROCEDES

Il n'y pas eu de grande évolution cette année car elle a plutôt été consacré à travailler sur la formalisation de nombreux aspects (LIMS, calibrations, notices, formations).

Il est cependant prévu de travailler sur 2 points cette année :

Tomographie par FIB

Développement de tomographie par FIB, notamment avec le travail sur le traitement de l'image associé.

Formation en 2 temps

Formation en 2 temps avec un travail autonome avec un support dématérialisé (ex : cours en ligne) puis formation pratique sur l'équipement. Cette année, le but est de le réaliser pour la formation MEB.

SYNTHESE

Budget

Le contrat de maintenance pour l'Hélios (FIB) fait augmenter de façon significative le budget de la zone à parti de cette année. Cela est nécessaire si on veut pouvoir utiliser cette machine de manière intensive (immobilisé 4 mois en 2016).

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 maitrise de ceux-ci.

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 stagnation de l'utilisation des moyens de caractérisation ce qui reflète les travaux effectués dans la centrale de technologie.

SOUTIEN

ORGANISATION

Personnel

- Granier Hugues (IRHC) : responsable de zone
- Fourcade Christine (TCE)
- Luque Vinciane (TCN)

- Caroline Uhlmann Malé : secrétariat du service

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, tout en gardant la volonté d'un contact direct avec tous les intervenants. Ces développements coexistent parfois avec les anciennes façons de procéder, ce qui peut entrainer de la complexité. L'effort sera donc maintenant porté dans le déploiement définitif des nouvelles solutions pour simplifier les actions conduites.

BUDGET

Nous présentons ces budgets avec deux lignes

- la première concerne les commandes directes de divers consommables et actions de support
- la seconde ligne rassemble les contrats avec prestataires extérieurs qui sont financièrement gérés directement par le service gestion financière après que la zone soutien ait réalisé les procédures d'appel d'offre
    - Licence MyFab lims *
    - Ménage salle blanche**
    - Tenues salle blanche**

1.1. Exécuté l'année passée

2016	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Hygiène et Sécurité
Montants	0	32	0	2,9	0.8
En K€	0	0	0	10*	83**

1.2. Prévisionnel année à venir

2017	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Hygiène et Sécurité
Montants	0	35	0	4	1
En K€	0	0	0	10*	76**

La baisse envisagée en H&S en 2016 est liée au nouveau contrat de nettoyage de la salle blanche qui est cours de négociation.

ACTIVITES

Gestion des nouveaux entrants 61 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.
La procédure est la suivante
Le demandeur et son responsable se connectent sur le site du service TEAM (https://www.laas.fr/public/fr/team/) pour télécharger les divers documents.
Une fois les documents renseignés ils se présentent aux personnels de la zone afin de formaliser ensemble

- Leur inscription administrative
- La mise à disposition d'une tenue et des petits équipements individuels
- L'inscription aux formations impératives avant validation de l'accès en salle blanche.
- Les divers es inscriptions sur les outils de management des activités

Ce n'est qu'à l'issue de l'ensemble de ce processus et notamment de celui des formations que l'accès à la salle blanche est validé.
Ces personnes sont ensuite suivies tout au long de leur présence en salle blanche.
L'origine de ces demandeurs peut être autant interne au laboratoire qu'exogène (demandes Renatech)

Consommables du stock de la salle blanche 199 références

Le stock des consommables représentent 199 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.
En 2016, une solution numérique a été implémentée avec l'aide du service IDEA. Après un temps de consolidation, cet outil facilite la gestion du stock.
Cette année, un catalogue numérique va permettre au demandeur d'envoyer sa demande de fournitures par mail. Ensuite, ses articles seront mis à disposition dans le SAS de la salle blanche.
Ceci permettra une meilleure gestion du temps pour la zone soutien.

Tenues salle blanche 455 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.
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.
L'état de propreté du SAS est également vérifié quotidiennement.

Fiches de process 152 fiches

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 sur owncloud : remplissage de la partie administrative après avoir vérifié l'exactitude des renseignements fournis, protection de la fiche, partage du fichier avec les

personnes concernées et enfin e-mail pour informer les personnes que la fiche est accessible sur owncloud.

Début 2017 les dernières fiches papier ont été facturées. Tout ce fait donc maintenant avec ces fiches numériques.

Facturation auditable 45 factures

La facturation auditable permet la justification financière des financements obtenus par les chercheurs. Elle est maintenant pleinement dans les règlements de la plupart des organismes financeurs dont l'ANR. Seuls les appels européens H2020 semblent ne pas l'accepter en l'état.

La séquence de gestion de la facturation au niveau de la zone soutien est la suivante :

- 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 owncloud , 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 2016

- les sommes en facturation interne ont été de 308 k€
- de nouveaux tarifs sont en cours de calcul pour validation courant 2017 après audit de la DR.

Demandes d'achats 335 demandes

La zone gère toutes les pré-saisies de demandes d'achat. Cela permet à la fois de désengorger légèrement le service gestion sur ces actions et aux membres du service TEAM d'avoir un suivi « personnalisé » des commandes.

De plus cette pré-saisie est un élément de la procédure de facturation auditable car elle permet de préparer un nouvel audit des tarifs, et de suivre d'éventuelles dérives de ces tarifs au cours du temps.

La séquence et la suivante

- Les demandes d'achats sont pré-saisies dans Geslab.
- Il faut veiller à ce que les codes « Nacre » et les codes « facturations » soit bien notés, que les montants correspondent bien au devis (remises).
- Noter le numéro chrono de la pré-saisie sur le devis et le monter au service gestion qui va éditer la commande.
- Noter le numéro chrono puis le numéro commande dans les tableaux de suivi pour la facturation auditable.

Les membres du service peuvent ensuite solliciter la zone pour connaitre la situation administrative de leur demande d'achat.

Projets Renatech 80 dossiers

Il s'agit ici d'assurer la part de suivi administratif des demandes Renatech qui relève du service. Ces actions sont conduites en relation avec la cellule Renatech de TEAM et avec les services rcp, gestion et personnel du laboratoire.
Dans la zone la séquence est la suivante :

- Pour une demande classique envoi de la fiche de finalisation (devis) pour acceptation au client, avant de débuter les travaux.
- En cas d'accueil de personnes et suivant le cas on traite avec le service du personnel et le service RCP pour toute la partie administrative.
- Lorsque les travaux sont terminés on transforme la fiche process en fichier excel qui va servir à la demande de bon de commande.
- Envoi d'une demande de bon de commande au client et à réception de ce bon, il faut joindre la demande et le bon et amener l'ensemble à la gestion financière qui va éditer la facture.

Communication du service 152fiches

Un site intranet dédié au service TEAM est alimenté et mis à jour régulièrement. 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.
De plus une photothèque scientifique est disponible sur un espace réservé au service rassemblant les plus beaux clichés de réalisations de composants. Elle permet d'illustrer les travaux de recherches lors de manifestations diverses.

Heures soleil

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.

SYNTHESE

L'activité de soutien apportée par C. Fourcade et V. Luque est essentielle au bon fonctionnement de la structure.
Elles permettent d'assurer la continuité des opérations quotidiennes et déchargent d'autant leurs collègues.
La mise en place de nouvelles procédures de formation, de facturation, de gestion des stocks absolument nécessaires du fait de l'ampleur du nombre de personnes entrant en salle blanche entrainent une augmentation de la charge purement administrative.
Cela se fait au détriment de la disponibilité de C. Fourcade et V. Luque pour un soutien direct aux projets de recherche.
La nouvelle organisation envisagée par la direction (mise en place d'assistants aux responsables de services en lieu et place des secrétaires) nous apparait comme une bonne solution à priori car elle permettra de mieux répartir l'ensemble des tâches à assumer.
Notons que cette année C ; Fourcade va quitter le service au cours du second trimestre. Nous avons travaillé à répartir au sein du service les diverses fonctions qu'elle assure. Cette solution n'est possible que par l'apport très important de Caroline Uhlmann-Malé, assistante de gestion administrative contractuelle, qui a fait sienne la très grande majorité des procédures développée. Il est donc d'une importance essentielle de pérenniser ce poste dans les meilleurs délais.

SUPPORT

EQUIPEMENTS ET INFRASTRUCTURE

Liste

Traitement d'air :	5 centrales d'air neuf équipées de deux humidificateurs 4 extracteurs 126 FFU aevc système de pilotage
Production eau désionisée :	Prétraitement : adoucisseur, charbon actif, osmoseur Traitement : résine lit mélangé, ''UV'', filtration 0,22µm Régulation T° de la boucle eau DI Pompe de circulation
Centrale eau de refroidissement : Réseau général	Pompe de circulation 16M3/h -- 3Bars Echangeur eau glacée T° entrée 8°C sortie 15°C Filtration 3µm Régulation automatique 18°C – 22°C
Centrale eau de refroidissement : Réseau dédié à la zone ''four''	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
Réseau gaz purs :	Une trentaine de gaz différents : Hydrogène, azote hydrogéné, argon, oxygène, ammoniac, silane, disilane, dichlorosilane, hélium……. etc Centrales Gaz
Système sécurité gaz :	Capteur : zone four gaz dangereux, MBE seuil O2 Scrubber PC commande
Centrale vide :	une pompe en service + une pompe en réserve pour intervention maintenance
Contrôle qualité :	Appareil de mesure particulaire Anémomètre à fils chaud
Traitement rejets liquides	Station traitement des effluents liquides. (neutralisation)
Station traitement Air Sec	Unité de filtration air sec installation générale. Sous station production air sec ''Stepper ''
Sécurité :	Douches de sécurité.

Maintenances significatives

Année passée

- Maintenances préventives et curatives de tous les réseaux de l'infrastructure.
- Quinquennale du compresseur principal.
- Maintenance sur le PC de pilotage du système de sécurité gaz

Année à venir

- Maintenances préventives et curatives de tous les réseaux de l'infrastructure.
- A priori, sauf panne, pas de maintenance de grande envergure autre que les maintenances « classiques » qui nécessitent des fermetures de quelques heures de la salle blanche.

Evolutions significatives

Finalisation de l'installation d'une nouvelle CTA et d'un extracteur

Pour les zones Nano et Masques afin d'augmenter le débit de soufflage et d'extraction pour les besoins de nouvelles hottes chimiques du bâtiment G2.

- Ces travaux devaient s'accompagner d'une modification des réglages dans l'objectif de réaliser des économies d'énergie lors des heures de fermeture. Du fait de la configuration des installations issue des travaux initiaux de construction cela n'a pas été possible. Une action est envisagée dans les années à venir (cf prospective)

Installation Machines :

- Hottes de chimie, douches de sécurité et armoires de stockage dans les zones
  - Chimie
  - Lithographie laser
  - Nanoréplication
  - EJM
  - Assemblage
  - Gravure plasma (hotte décollage fomblin)
  - Electrochimie

Ces travaux d'installation n'ont été possibles que par la réalisation au préalable de travaux sur l'infrastructure des différents réseaux qu'il fallait connecter aux machines (électricité, eau, évacuations, vide, etc…)

- Bâti Parylène (zone PVD)
- Bâti PVD Nano (zone PVD)
- Fib sur le bâti EJM 412 (zone EJM)
- Sécurité : travail en zones chimie et photolithographie pour la conception et l'installation de nouvelles « casquettes » sur des hottes test.

Prospectives

PVD

- Installation de l'équipement pour les « thermies »

Diverses zones

- Si succès aux appels d'offres région (cf chapitre considération générales) de nombreux équipements devraient être à installer. Au mieux en fin d'année 2017 ou en 2018

Gravure plasma

- Poursuite des travaux avec le service I2c et la zone de gravure plasma pour la remise en service des réacteurs de délaquage TEGAL récupérés chez Freescale.

Sécurité

- Hottes de chimie : Poursuite des travaux d'amélioration des casquettes sur les anciennes hottes de chimie
- Cellule sécurité : étude pratique et déploiement des actions qui seront préparées en accord avec la cellule sécurité.

Infrastructure

Suite aux travaux d'extension des capacités de traitement d'air il est apparu

- que la configuration actuelle ne permettait pas la programmation de réductions pendant les heures de non activité. Cette programmation serait pourtant source d'importantes économies d'énergie (estimées à 127k€/an sur une facture de l'ordre de 410 k€).
- que le système d'automates pilotant le traitement d'air était obsolète et plus maintenu par le fabricant. En cas de défaillance complète de l'un de ces automates la salle blanche pourrait être fermées pour une très longue période

Nous travaillons donc 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.

Emmanuel Vialan , responsable du service à la Délégation Régionale a obtenu une partie importante du financement de la première tranche de ces travaux, le LAAS a complété afin d'arriver à hauteur du tiers de la valeur totale estimée , soit 200 k€ sur les 600 k€. La première phase étant déclenchée et les objectifs d'économies et de pérennité étant très forts il y a de fortes probabilités que le programme soit soutenu jusqu'à son terme ; même si aujourd'hui rien n'est définitivement acquis.

La procédure d'appel d'offre d'un maître d'œuvre est en cours. Celui-ci mènera une étude puis conduire le chantier sous la maitrise d'ouvrage de la DR et du LAAS. Sans augurer du résultat de l'étude la DR et le LAAS souhaiterait atteindre 4 objectifs

- Rénovation du système de traitement d'air
- Installation d'un système centralisé de supervision (type GTC)
- Installations d'équipements de récupération d'énergie
- Mise en place de réductions pendant les heures non travaillées.

ORGANISATION

Personnel

- Granier Hugues (IRHC) : responsable de zone
- Do Conto Thierry (AI)
- Maiorano Antoine (AI)
- Bouscayrol Laurent (AI)

Gestion des activités

- Au-delà des activités quotidiennes les personnels suivent la réalisation de plusieurs contrats pluriannuels de maintenance
    - CVC
    - Air sec
    - Portes automatiques
    - Ménage salle blanche
- Les sollicitations sont multiples à la fois dans leur envergure, leur nombre et leur origine. Un outil informatique de suivi des demandes similaire à celui utilisé par sysadmin a été mis en place en 2016. Il peut être utilisé par le personnel du service TEAM pour enregistrer une demande d'intervention des personnels de la zone support. Il ne substitue aucunement en la nécessité d'une interaction directe avec ces personnels.
- 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
  - L'installation des équipements, plus particulièrement sur les aspects électriques.

Calibrations / validations des infrastructures.

Objectif	Nature de l'action conduite	Fréquence
Suivi contamination particulaire	Mesure particulaire	2 fois/an (janvier/juin)
Sécurité des opérateurs	Mesures extraction débits hottes et machines	1 fois par an (février)
Sécurité des opérateurs	Mesure COV stock chimie	2 fois par an (janvier, juin)
Suivi pureté eau DI	Analyse de l'eau	Tous les 2 ans
Sécurité des opérateurs	Contrôle et changement capteurs de détection des gaz	2 fois par an
Suivi contamination	Contrôle ménage salle blanche	1 fois par mois

BUDGET

Exécuté l'année passée

2016	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Hygiène et Sécurité
Montants En K€	0	10.4	55.87	59.85	0

Prévisionnel année à venir

2017	Fourniture	Consommables	Maintenances	Support	Hygiène et Sécurité
Montants En K€	0	12	55	40	0

Pas d'évolution notable à priori

SYNTHESE

Activités :

Cette année encore cette zone est en forte activité.
Par leurs compétences les trois intervenants sont complémentaires. La grande technicité demandée et la réactivité nécessaire au fonctionnement des installations permettent d'en assurer la pérennité et d'en maîtriser les aspects qualité et coût de fonctionnement au service des projets de recherche.
De plus il faut pointer la lourde charge représentée par l'interface avec nos fournisseurs.

- La réactivité de leur côté n'est pas toujours au rendez-vous.
- La qualité des travaux nécessite une attention constante de notre part.

Les actions liées à la sécurité sont une priorité dès qu'elles sont identifiées et les solutions élaborées. La mise en place de la cellule sécurité au sein du service devrait ajouter à cette réactivité et à l'anticipation des éventuels problèmes.

Infrastructure

Le chantier de rénovation du système de traitement d'air doit être considéré comme une priorité, surtout dans sa première phase. Si ces travaux ne sont pas accomplis nous pourrions à terme nous trouver devant un arrêt complet et de très longue durée de la salle blanche. L'action menée avec la DR est donc primordiale. Le soutien du CNRS pour la réalisation des phases 2 et 3 sera essentiel.

CELLULE EQUIPEMENTS

OBJECTIF

L'objectif de cette cellule 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 ;
- Salvagnac Ludovic (IE2) responsable de la zone PVD
- Do Conto Thierry (AI) membre de la zone support

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 sera présentée en COMTEAM pour être ensuite discutée dans les départements. Ces mêmes départements pourront l'enrichir avec leur propre vision et proposer des arbitrages.
Une réunion sous l'égide de la direction réunira 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 TEAM

Priorisation des futurs équipements à acquérir et/ou jouvence d'équipements (photolitho, four et gravure)

Apprentissage des procédures d'appel d'offre

Appel d'offre (CCP et RC) expliqué à la cellule afin qu'elle assure une veille sur les procédures et une aide pour leur montage auprès des responsables de zone
Le dernier suivi est celui du PVD en mode horizontal pour les matériaux énergétiques

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.

ACTIONS ENVISAGEES

Préparation de l'installation des équipements

Consolider la check-list existante de ce qui doit être fait pour l'installation d'un nouvel équipement jusqu'à la communication.

Développement de l'argumentaire

Formaliser l'argumentaire de base pour chaque équipement de la prospective 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, …)

Adaptation de l'infrastructure salle blanche pour les équipements

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

- En photolithographie, étudier la déformation de la dalle en ciment due au poids du stepper sur 6 mois
- Etude d'un nouveau SAS d'entrée des équipements en salle blanche.

CELLULE RENATECH

OBJECTIF

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

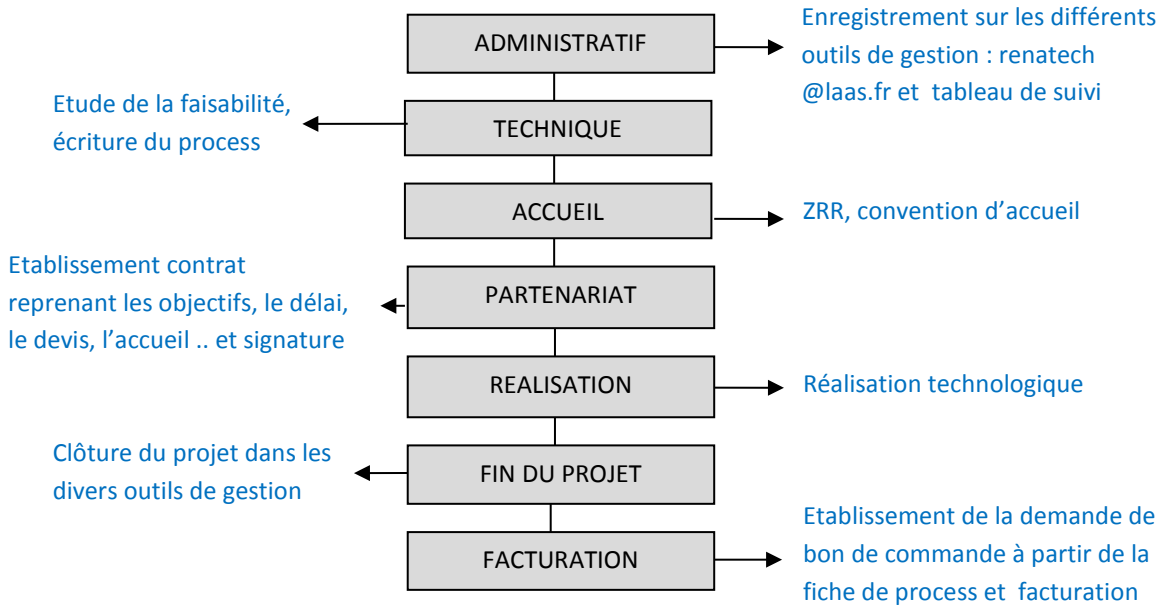
ORGANISATION

Personnel

- Dilhan Monique (IRHC) : Responsable adjointe du service TEAM
- Bourrier David (IE) : Responsable de la Zone « Electrochimie »
- Imbernon Eric (IR) : Responsable de la Zone « Traitements thermiques »
- Mazenq Laurent (AI) : Responsable de la Zone «Photolithographie »
- Fourcade Christine (TCE) *jusqu'en avril 2017* : Zone « Soutien »
- Uhlmann Caroline (AI) : Secretariat TEAM, I2C

Fonctionnement

Le déroulement du traitement des demandes est indiqué dans le logigramme suivant :



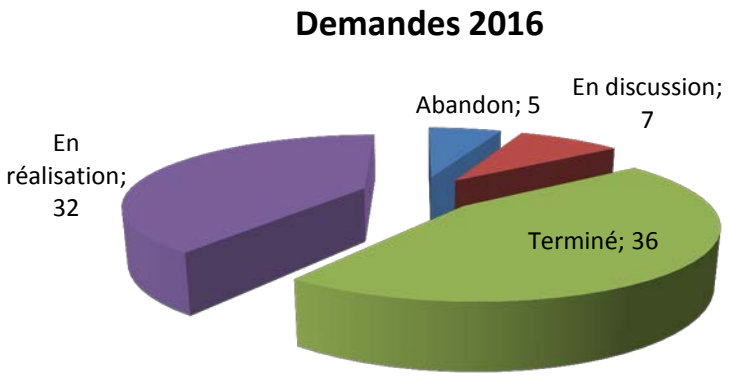
La première étape de l'analyse des demandes est de vérifier qu'il n'y ait pas conflit d'intérêt avec les recherches menées au laboratoire. Si tel est le cas, nous mettons en contact le chercheur du LAAS et le demandeur pour voir si une collaboration est possible. Si non, le projet est refusé et renvoyé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

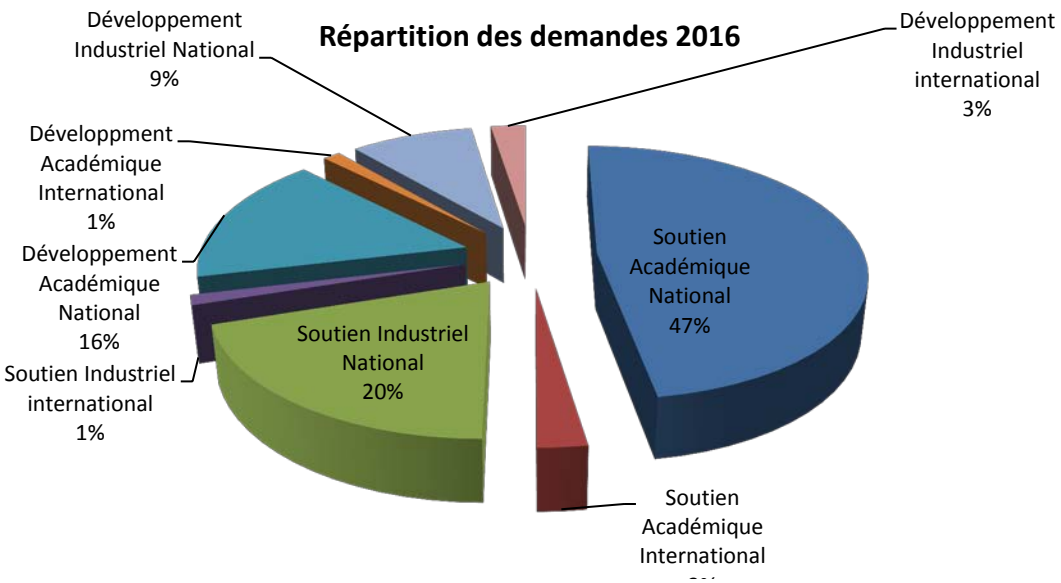
BILAN

Bilan des demandes de projets en 2016

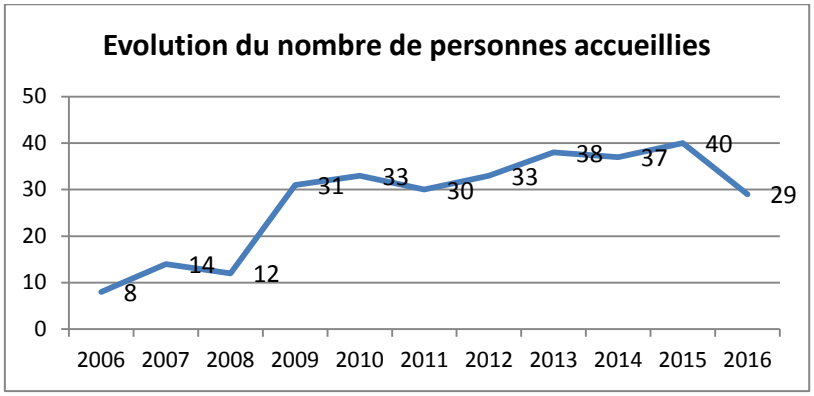


80 demandes en 2016 :

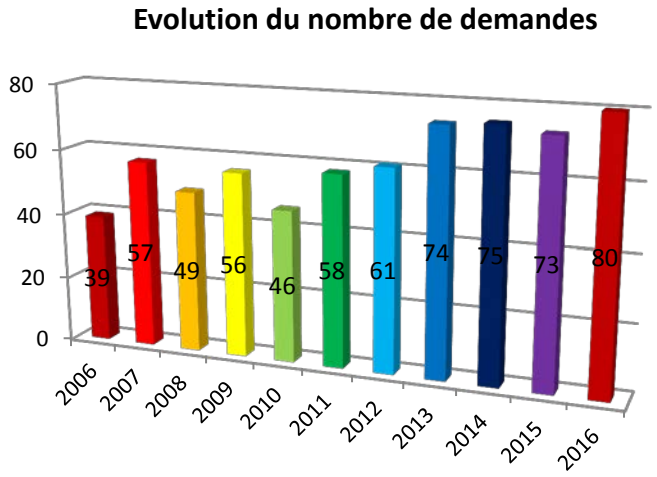
- 5 abandonnées par le demandeur pour des motifs divers : coûts, report de projet…
- 36 projets terminés
- 32 pluriannuels qu'on retrouvera en 2017



On note toujours une large majorité de demandes académiques (67.5%) bien que la demande industrielle progresse régulièrement (+ 2 en 2016 et en 2015).
Les projets nécessitant peu de développement sont aussi majoritaires (71.25%).
La demande internationale est faible 7.5 % (mois de 6 projets) mais elle est stable depuis plusieurs années.



Le nombre de personnes accueillies est en forte baisse cette année car les personnes d'ESSILOR sont maintenant comprises dans le cadre du labo commun OPERA.



Le nombre de demandes est stabilisé depuis 4 ans autour de 70-80 après des années de hausse.

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

- Bilan des sommes encaissées en 2016.

	2014	2015	2016
Sommes encaissées	363082	305074	322005

Il manque encore des sommes à encaisser qui le seront en 2017.

Enrichissement de l'offre technologique.

La réalisation des projets de développements permet d'enrichir le catalogue des procédés disponibles pour l'ensemble de la communauté utilisatrice de la salle blanche.
Ainsi pour 2016 on peut citer La lithographie par projection sur substrats souples

Autres

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 INTEL)
- de trouver des débouchés temporaires voire définitifs à des doctorants ou post doctorants du LAAS (Nanomade, Innopsys)
- d'offrir un cadre au soutien des travaux technologiques sans objectif de recherche partagée avec les chercheurs du LAAS à des start-ups émanant du laboratoire (3DisTech, Smart catch)

ACTIONS INITIES

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.
En 2016, les actions conjointes ont porté sur 3 projets pour un montant de 4435€.

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.
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 : RCP et la cellule Renatech complètent les informations. (En discussion, à la signature, signé…)

ACTIONS ENVISAGEES

Etendre le partage avec Personnel et Gestion

Le partage des documents de suivi avec le service RCP est positif. Il permet un meilleur suivi des projets et évite les relances entre 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. Nous sommes en train de le mettre en place.

Gestion administrative

Une part importante de la gestion des demandes Renatech est liée aux aspects administratifs : enregistrements de la demande, inscription sur les différents outils de gestion, convention d'accueil, contractualisation, facturation … envoi de documents et suivi des retours. Ces étapes administratives sont chronophages mais essentielles. Elles nous permettent d'assurer correctement l'accueil, le suivi des projets et de répondre aux différents demandes au niveau national.
Christine Fourcade assurait la réalisation des différents documents (finalisation, facturation), l'envoi aux demandeurs et le suivi. Une partie va être reprise par Caroline (Accueil, Facturation), l'autre par la cellule Renatech (finalisation, suivi).
La présence d'une assistante administrative est essentielle pour assurer le suivi et permettre d'approfondir la partie technique. (Etude et Réalisation).

CELLULE PRÉVENTION DES RISQUES EN SALLE BLANCHE

OBJECTIF

Faire des propositions argumentées au responsable du service TEAM 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 prises.

ORGANISATION

Personnel

- Carcenac Franck ..... responsable de la zone de lithographie électronique
  Agent de prévention du LAAS
- Doucet Jean-Baptiste ..... responsable de la zone chimie
- Gravelier Quentin ..... zone épitaxie par jets moléculaires
- Marrot Jean-Christophe .. zone traitements thermiques et implantations ioniques

Fonctionnement

La cellule se réunit tous les 15 jours environ (après les conseils de service) 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 émergeants : nouvelles installations d'équipements, nouveaux produits 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

ACTIONS INITIEES

Gluconate de Calcium

Problème de fournisseur (trop cher, pas adapté, …). Travail conjoint avec tous les acteurs de la zone chimie : un nouveau fournisseur a été trouvé et une commande a été réalisée

ARI

Recensement des volontaires et chiffrage en cours pour une formation des personnels. Ils devront obtenir une habilitation au port d'ARI délivrée par le service de Médecine de Prévention de la DR14

Champs électromagnétiques haute fréquence

Un devis a été établi (2500€) pour réaliser les mesures sur l'ensemble des générateurs RF de forte puissance. Les mesures seront réalisées le plus tôt possible par la société EXEM

Bruit

Une cartographie du bruit en salle blanche va être réalisée par une entreprise extérieure afin de savoir où sont les problèmes et quelles sont les solutions possibles pour y remédier

Qualification des postes de chimie

Des modifications ont été apportées à quelques postes de chimie qui présentaient des défauts de protection des usagers (captage des produits manipulés insuffisant). Des mesures normalisées de conformité, comparatives avec les postes non-modifiés, seront effectuées pour vérifier l'efficacité des modifications apportées : dans ce cas les modifications seraient généralisées à tous les postes concernés.

ACTIONS ENVISAGEES

Outil de suivi

Afin de faciliter le suivi des actions, nous envisageons d'utiliser un outil de type OMEGA présent et déjà utilisé au laboratoire. Demande en cours auprès du service IDEA.

Formations

Plusieurs formations des personnels techniques sont prévues :

- le port des Appareils Respiratoires Isolants (ARI) qui nécessitent une habilitation par la Médecine de Prévention (signaler au moment de la visite médicale)
- La manipulation des gaz
- Le risque électrique

La partie fixe des formations que nous donnons aux nouveaux usagers de la centrale de technologie pourrait être réalisée sous la forme d'apprentissage en ligne

Réfrigérateur de la salle intégration

Le réfrigérateur est plein : il faut organiser l'enlèvement des échantillons périmés en continuité avec ce qui a déjà été réalisé pour les échantillons stockés sur étagère

Cartographie des risques et spécialistes associés

Pour améliorer le suivi des risques, il nous faut avoir une cartographie des risques ainsi qu'une liste des personnes compétentes pour les traiter.

Procédures

Les procédures résultent de l'analyse de notre fonctionnement. Elles servent de référence mais aussi de mémoire. Elles permettent, une fois établies, d'expliquer (à travers des notices) et de proposer des améliorations. Elles peuvent évoluer.

Notices

Les notices découlent des procédures et ont vocation à être publiées sur l'intranet du service ou du laboratoire comme éléments de référence pour faciliter les démarches : formation des nouveaux usagers, installer un nouvel équipement ou une nouvelle expérience, …

L'indexation des nombreux documents existants permettrait à l'usager de trouver plus rapidement l'information dont il a besoin.

CELLULE FORMATION

OBJECTIF

L'objectif de cette cellule est

- 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
- Jalabert Laurent (IR1); membre de la zone gravure plasma
- Laborde Adrian (AI); membre de la zone photolithographie

Fonctionnement

La cellule échange avec le service pour 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 INITIES

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.

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.

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.

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, nano-lithographie, caractérisations, dessin des masques,… Ces formations représentent un volume de 500 heures en 2015.

Toutes les informations sur ces formations sont disponibles à l'adresse https://www.laas.fr/intranet/49-31486-Formations-francais.php

ACTIONS ENVISAGEES

Nouvelle formation MEMS

L'objectif serait de proposer une formation MEMS pour des besoins des utilisateurs de la centrale de technologie et aussi d'organismes de formation continue via CNRS Formation Entreprise.
Pour les utilisateurs du LAAS, cette formation est complémentaire en ce sens qu'elle permet de réaliser un enchainement de procédés conduisant à la réussite d'un MEMS, et la manipulation d'instrumentation associé.
Pour des demandeurs extérieurs elle serait intéressante car elle permettrait soit de découvrir un enchainement de procédés pour la réalisation d'un MEMS, d'être le support de la découverte de diverses techniques d'élaboration et mise en forme de matériaux, le MEMS ne servant alors que « d'alibi ».

CV LIMS

Gérer les formations TEAM avec l'application LIMS pour générer un CV aux utilisateurs de la salle blanche.

Autres formations envisageables

- Le succès des deux projets de filière technologiques déposés à la Région (Thermie et MultiFab) nous conduirait à développer des formations à destination de l'extérieur (formation continue ou vers des académiques). Leur contenu serait 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.
- 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.

Nouvelles techniques pédagogiques

La cellule va également travailler à déterminer quels nouveaux outils pourraient être déployés pour faciliter la fluidité dans les formations proposées (e-learning, autre ?). Pour cela elle pourra sans doute s'appuyer sur l'expérience d'autres plateformes qui seront présentées lors d'une conférence qui se tiendra pour la première fois en Europe en2017 et portant sur les divers aspects du management d'une salle blanche, notamment la formation.

DOMAINE DE SAVOIR FAIRE MICRO ET NANO ELECTRONIQUE

OBJECTIF

L'objectif de la cellule, après avoir fait un état des activités Micro et nanoélectronique au laboratoire à l'occasion d'un séminaire fin 2016, est d'anticiper, d'optimiser les moyens technologiques de cette filière pour veiller à l'efficacité de toutes les actions dans ce domaine technologique.

ORGANISATION

Personnel

- Rousset Bernard (IRHC): Animateur de la cellule
- Imbernon Eric (IR1): Responsable de la zone "Implantation et traitements thermiques"
- Cristiano Fuccio (DR2): Equipe MPN
- Larrieu Guilhem (CR1): Equipe MPN

Fonctionnement

La cellule, initialement formée par Bernard, Eric, Fuccio et Guilhem, devrait s'étendre avec l'arrivée de Marie Breil, Josiane Tasselli, Laurent Mazenq et Emmanuel Scheid. Elle se réunit une fois par trimestre.

ACTIONS INITIES

Qualification des oxydes MOS des fours Centrotherm

Cette action a été réalisée en 2017. Après un nettoyage RCA suivi d'une oxydation de 50nm dans chacun des trois tubes d'oxydation du bâti Centrotherm, les condensateurs obtenus sont testés à la sonde au mercure. Les caractéristiques des capacités ont montré qu'il n'y a pas de contamination pouvant provenir du nettoyage ou de l'oxydation thermique.
Cette opération est prévue une fois par an.

Mise en place du SCA (Surface Charge Analyser)

Après avoir obtenu des informations de la part de ST Tours et d'un devis de la part de Veonis Technologies, la mise en place et le démarrage du SCA (Surface Charge Analyser) est prévu pour 2017.
L'utilisation de cet équipement pourra nous renseigner rapidement sur la qualité des oxydations thermiques réalisées dans les fours sans devoir passer par la mesure à la sonde au mercure qui est une 'mesure lourde' et destructrice des plaquettes témoins.

ACTIONS ENVISAGEES

Suivi des procédés micro et nano-électronique

Cette action consiste à répertorier et à analyser les problèmes communs rencontrés dans la réalisation des différents procédés de cette filière. Ces problèmes abordés de cette manière-là devraient pouvoir trouver des solutions appropriées et efficaces.

Continuation de la procédure de qualification des oxydes MOS

Nous allons intégrer les tests de dépôts, de dopage et de gravure du silicium polycristallin. sur un véhicule test. Ceci nous permettra, en plus de régler certains problèmes d'uniformité du dépôt SiPoly, de tester, de ' faire tourner' et ainsi de maintenir la procédure classique MOS grille Si Poly dopée N.

DOMAINE DE SAVOIR FAIRE BIOELECTRONIQUE, BIOSYSTEMES, BIOPHYSIQUE

OBJECTIF

Animer les réflexions autours des savoirs faires technologiques développés en salle blanche liés aux applications biologiques. Ces réflexions pourront déboucher sur des éléments de prospective ou des actions concrètes.
Les résultats contribueront également à alimenter des réflexions plus larges que le seul périmètre de la salle blanche (axe ALIVE, cellule de pilotage de la plateforme de biologie notamment) autour de l'évolution du laboratoire vers les applications à la biologie au sens large.

ORGANISATION

Composition

- Bancaud Aurélien : MILE
- Blatché Charline : I2C
- Carcenac Franck : TEAM
- Laborde Adrian : TEAM
- Malaquin Laurent : ELIA
- Mesnilgrente Fabien : TEAM
- Vieu Christophe : ELIA

Fonctionnement

La cellule se réunira tous les mois environ pour réfléchir aux meilleurs moyens d'animation ainsi qu'à leur mise en œuvre.

ACTIONS INITIÉES

Réunion de lancement (décembre 2016) :

Les bases ont été jetées avec de nombreuses questions concernant le cadre et les missions. Beaucoup d'idées aussi sur les actions possibles concernant la formation des personnels :

- formations pratiques au LAAS
- Formation externes (ex. : Bio-ingénierie de surface : applications biopuces, biocapteurs, bioadhésion, nanomédecine – ISA Lyon – CNRS Formation Entreprises - 1820€)
- participation à des écoles (microfluidique, la biologie pour les physiciens, …)
- Séminaires de personnalités externes

Réunion cadre et missions (janvier 2017) :

Une réunion a été organisée sur le thème du cadre et des missions de la cellule à laquelle ont participé les responsables des services I2C et TEAM ainsi que le délégué scientifique en charge de l'axe stratégique transversal ALIVE.
Il en ressort que les missions, outre l'amélioration de la pertinence du soutien aux projets des chercheurs par une amélioration des connaissances des personnels techniques, s'orienteront vers un renforcement de la synergie entre les services techniques.

ACTIONS ENVISAGÉES

Participation au Comité de Pilotage de la Plate-Forme de Caractérisation

Tout en évitant de doubler les structures un (des) membre(s) de la cellule "BIO" participera(ont) au groupe de travail ciblant la zone chimie-biologie de la plateforme de caractérisation. Ce groupe est en cours de création et dépendra du comité de pilotage de la plateforme de caractérisation.

Intégrer d'autres groupes de travail

De manière générale, il faut articuler le travail de la cellule avec celui d'autres actions en cours dans d'autres groupes de travail (ex.: micro-fluidique, Équipements/Accueil/PréventionSécurité/Formation chez TEAM, …) de façon à faire circuler au mieux les vidées, irriguer la prospective scientifique du laboratoire tout en restant en phase et en stimulant la créativité de chacun.

DOMAINE DE SAVOIR FAIRE MEMS/NEMS

OBJECTIF

Dans le cadre des travaux de la cellule MEMS/NEMS, une analyse sur les savoirs faires technologiques MEMS/NEMS est en cours. Au-delà de l'état des lieux de ces activités au LAAS, l''objectif de la cellule est aussi de promouvoir les réflexions technologiques, partager les verrous tant scientifiques que technologiques pour anticiper les besoins et savoir-faire technologiques futurs (équipements et personnels). Cette réflexion qui doit être partagée avec l'ensemble du laboratoire devrait aboutir à une roadmap commune au laboratoire.

ORGANISATION

Personnel

- Bourrier David - TEAM
- Calmon Pierre François - TEAM
- Jalabert Laurent - TEAM
- Mansart Vincent - MEMS
- Rossi Carole - NEO

Fonctionnement

2017 sera l'année de démarrage de cette cellule, pour cela une forte implication est nécessaire. Dans un premier temps la cellule se réunira une fois par mois puis une fois par trimestre après les premières actions établies.

ACTIONS INITIES

Réunion de lancement (janvier 2017)

Le domaine des MEMS est très vaste au laboratoire. Cette première réunion a permis d'initier la réflexion sur les points suivant :

- Faire un inventaire des technologies/techniques existantes au LAAS
    - Un premier contour se dessine avec 2 catégories de filières : les filières dites « dures » et les filières dites « molles »
        - Une filière « dure », relative aux technologies classiques sur Si de Litho/DRIE/électrochimie… pour réaliser des MEMS sur wafer (bars de levier, actionneurs électrostatiques, capteurs, …), avec une tendance forte vers de nouveaux matériaux pour les capteurs.
        - Une filière « molle », de type prototypage individuel ou à petite échelle, « pas plat », incluant la fabrication additive (3D). On retrouve par exemple ici, des matériaux de type gel, soie, qui demandent à être mis en forme en 2D ou 3D, avec des verrous techniques importants.
- Favoriser les interactions chercheurs/ITA sur les MEMS/NEMS au sens large.
- Apporter une réflexion sur du moyen/long terme
    - Equipements nouveaux, avec une prospective, une roadmap concertée par rapport aux enjeux des projets développés au LAAS
    - Besoin de nouvelles compétences (exemple AI/IE/IR en matériaux, chimie, …) en fonction des orientations pressenties

- Améliorer la communication sur les compétences MEMS du LAAS (national, international)

- Aller au-delà des actions salle blanche et intégrer à la réflexion tous les aspects câblage, instrumentation… pour apporter une cohérence sur des filières complètes d'intérêt général

ACTIONS ENVISAGEES

Séminaire MEMS/NEMS

La démarche du séminaire MEMS/NEMS sera expliquée via une lettre d'intention, adressée aux responsables de département, pour diffusion auprès des chercheurs. Il y a la volonté de ne pas sélectionner ou imposer des chercheurs pour présenter au séminaire, mais plutôt de laisser les chercheurs qui se sentent concernés par la démarche, venir échanger lors du séminaire.

Nous dessinons les outputs majeurs du séminaire définissant une base de travail :

- Les points forts du LAAS en MEMS/NEMS
- Les points faibles
- Où va-t-on ? Vers quoi on aimerait aller ?
- Les originalités au niveau scientifique, technique, équipements, …
- Identification d'un ensemble de verrous technologiques
- Table ronde pour dégager une prospective sur 1 an avec 2 ou 3 technos d'IG à développer.

DOMAINE DE SAVOIR FAIRE OPTIQUE / PHOTONIQUE

OBJECTIF

Animer les réflexions autours des savoirs faires technologiques développés en salle blanche liés aux applications optique/photonique. Ces réflexions pourront déboucher sur des éléments de prospective ou des actions concrètes.
Les résultats contribueront également à alimenter des réflexions plus larges que le seul périmètre de la salle blanche et menées par d'autres canaux (cellule de pilotage de la plateforme de caractérisation optique notamment) autour de l'évolution du laboratoire vers les applications à la photonique au sens large

ORGANISATION

Composition

- Almuneau Guilhem : PHOTO
- Bardinal Véronique : MICA
- Arnoult Alexandre : TEAM
- Doucet Jean Baptiste : TEAM
- Dubreuil Pascal : TEAM
- Gauthier-Lafaye : PHOTO
- Montmeyran Antoine : PHOTO
- Pelloquin Stéphane : PHOTO

Fonctionnement

La cellule se réunira tous les mois environ pour réfléchir aux meilleurs moyens d'animation ainsi qu'à leur mise en œuvre.

ACTIONS INITIÉES

Réunion de lancement (décembre 2016) :

Les bases ont été jetées avec de nombreuses questions concernant le cadre et les missions.
Un état des lieux scientifique et technologique s'en est suivi :

- Définition des 2 filières sur matériaux III-V :
  - Lasers/µ-systèmes, guide d'onde AlOx
  - Verre (Instrumentation (V. Rimbaud), bas indice (SiN/polymère), filtres sub-λ)
- Discussion des étapes technologiques génériques
- Identification des verrous technologiques et techniques

ACTIONS ENVISAGÉES

En cours :

- Besoin en équipements (communication avec cellule équipement) :

- Litho : MJB3 >> MJB4
- PVD : Dépôt pulvérisation type N
- Nanolithographie : Jouvence E-beam : moving beam moving stage

- Actions menées par S. Pelloquin :

- réunions mensuelles avancement PHOTO (documents accessibles pour PHOTO et TEAM)]

- Séminaire « Techniques Optiques pour le contrôle en zone Dépôt/Gravure (8/12) ICP-PECVD (nov2016)

En 2017 :

- 2eme réunion mars 2017
- Séminaire technique sur les contacts métalliques type N (ouvert aux chercheurs, doc, IT) : proposition d'intervenant extérieur (A. Larrue, III-V labs)
- Développement de procédés génériques:
    - Transfert savoir- faire ICP2 vers SI500,
    - Problème de délaquage post-gravure III-V (Cl2)
    - Résine spécifique pour gravure en chimie fluorée
- Runs réguliers pour valider technologies génériques.

ANNEXE 1 : ORGANIGRAMME SERVICE TEAM (AU 1ER SEPTEMBRE 2016)

TECHNIQUES ET ÉQUIPEMENTS APPLIQUÉS A LA MICROÉLECTRONIQUE — 1er septembre 2016

DIRECTION DU SERVICE

Granier	Hugues	IRHC	90 %	Responsable
Calmon	Pierre-François	IR1	10%	Adjoint en charge de la formation en salle blanche
Carcenac	Franck	IR1	10%	Adjoint en charge de la sécurité en salle blanche
Conédéra	Véronique	IRHC	10%	Adjointe en charge des équipements
Dilhan	Monique	IRHC	70%	Adjointe en charge des projets exogènes et du réseau Renatech

38 agents
(13 IR, 5 IE, 15 AI, 3T, 2 apprentis)

[1] Personnel contractuel [2] personnel UPS
[3] personnel INPT
Alter : apprenti en alternance

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

Charlot	Samuel	IE2	10%
Colin	René-David	AI	20%
Gil	Aurélien	Alter	25%

Caractérisation

Reig	Benjamin	IR2	70%

Chimie

Doucet	Jean-Baptiste	IE2	30%
Lauber	Nathalie	TCN[2]	30%

Dépôts sous vide

Salvagnac	Ludovic	IE2	20%
Libaude	Guillaume	AI	40%

Électrochimie et gravure anisotrope du Si

Bourrier	David	IE2	15%
Durlach	Arnaud	AI[1]	50%

Épitaxie par Jet moléculaires

Arnoult	Alexandre	IR1	15%
Lacoste	Guy	IEHC	40%
Gravelier	Quentin	AI[1]	50%

Gravure plasma

Dubreuil	Pascal	IR1	55%
Lecestre	Aurélie	IGR2[3]	30%

Jet d'encre

Mesnilgrente	Fabien	AI	35%
Conédéra	Véronique	IRHC	15%

Lithographie LASER

Calmon	Pierre-François	IR1	25%
Luque	Vinciane	TCN	40%
Colin	René-David	AI	10%
Séveno	Lucie	Alter	25%

Nanolithographies

Carcenac	Franck	IR1	25%
Daran	Emmanuelle	IR1	40%
Doucet	Jean-Baptiste	IE2	10%
Jalabert	Laurent	IR1	10%
Lauvergne	Alexandre	AI[1]	50%

Photolithographie

Mazeng	Laurent	AI	50%
Laborde	Adrian	ASI[2]	50%
Durlach	Arnaud	AI[1]	50%

Support et soutien

Granier	Hugues	IRHC	10%
Support			
Bouscayrol	Laurent	AI	100%
Do Conto	Thierry	AI	100%
Maiorano	Antoine	AI	100%
Soutien			
Fourcade	Christine	TCE	100%
Luque	Vinciane	TCN	30%

Traitements thermiques et implantation ionique

Imbernon	Éric	IR1	40%
Marrot	Jean-Christophe	AI	40%
Rousset	Bernard	IRHC	35%

Soutien direct aux projets de recherche

Arnoult	Alexandre	IR1	85%
Bourrier	David	IE2	85%
Calmon	Pierre-François	IR1	65%
Carcenac	Franck	IR1	65%
Charlot	Samuel	IE2	90%
Colin	René-David	AI	70%
Conédéra	Véronique	IRHC	75%
Daran	Emmanuelle	IR1	60%
Dezalay	Alexandre	AI[1]	100%

Dilhan	Monique	IRHC	30%
Dubreuil	Pascal	IR1	45%
Doucet	Jean-Baptiste	IE2	60%
Gil	Aurélien	Alter	25%
Gravelier	Quentin	AI[1]	50%
Harribey	Marion	AI[1]	100%
Imbernon	Eric	IR1	60%
Jalabert	Laurent	IR1	90%
Laborde	Adrian	ASI[2]	50%

Lacoste	Guy	IEHC	60%
Lauber	Nathalie	TCN[2]	20%
Lauvergne	Alexandre	AI[1]	50%
Lescestre	Aurélie	IGR2[3]	70%
Libaude	Guillaume	AI	60%
Luque	Vinciane	TCN	30%
Marrot	Jean-Christophe	AI	60%
Mazeng	Laurent	AI	50%
Méca	Marion	AI[1]	100%

Mesnilgrente	Fabien	AI	65%
Reig	Benjamin	IR2	30%
Rousset	Bernard	IRHC	65%
Salvagnac	Ludovic	IE2	80%
Séveno	Lucie	Alter	25%

ANNEXE 2 : VISION SYNTHETIQUE DES PROJETS INTERNES SOLLICITANTS LA PLATEFORME ET DES ACTIVITES D'INTERET COLLECTIF DES PERSONNELS DU SERVICE TEAM

Mode de lecture

Un tableau synthétique des projets soutenus et des implications des personnels du service TEAM sur des activités d'intérêt collectif a été établi. Ce tableau n'est pas prendre in extenso, chaque information n'étant que prévisionnelle. Néanmoins la prise en compte de sa globalité permet d'appréhender la complexité et le volume des actions de soutien à conduire.
De plus il peut permettre d'identifier des verrous technologiques communs à divers projets et qui méritent une attention particulière.
Enfin il permet une vision de nombreuses actions conduites par les membres du service TEAM mais qui parfois sont invisibles pour les utilisateurs au quotidien.

Projets déposés

La partie supérieure donne les renseignements généraux suivants :

- Référence Renatech
- Référence interne
- Nom du projet
- Porteur du projet
- Objet scientifique de la demande
- Nom du coordinateur
- Zones sollicitées pour lever des verrous technologiques
- Nombre de zones sollicitées pour lever des verrous

La partie suivante permet de distinguer projet par projet qu'elle zone est à priori sollicitée et qu'elles personnes seront à priori impliquées dans la levée des verrous technologiques. L'exemple suivant explique le mode de lecture

LITHOGRAPHIE LASER	1
P.F.CALMON	1
V. LUQUE (70%)	
R. COLIN (50%)	
L. SEVENO	
PHOTOLITHOGRAPHIE	1
L. MAZENQ	
A. LABORDE	
A. DURLACH(50%)	

Sur ce projet les zones de lithographie laser et de photolithographie sont sollicitées (il y a un 1 devant le nom de la zone) mais seule la zone de lithographie laser devrait avoir un verrou technologique à lever, et c'est PF Calmon qui devrait être impliqué pour lever ce verrou (il y a un 1 devant son nom). Ces informations doivent aider les chercheurs et les IT du service dans la coordination technique des projets

Synthèse des implication TEAM

La colonne qui suit le dernier projet fait la somme des implications

- des zones dans le total des projets
- des personnes dans la levée de verrous technologiques

On trouve ensuite des informations sur les implications des personnels TEAM dans diverses actions d'intérêt collectif

- "Développements nouveaux procédés et procédés génériques (Hors projets)
- Expertise/Mise en place/ mise en service nouveaux équipements
- Formation
- Autres implications.

Synthèse

Les pages suivantes résument les éléments généraux sur ces différents projets.

Référence du projet	P-13-00004	P-13-00173	P-17-02038	P-13-00175	P-13-00177	P-17-02055	P-15-01710	P-16-01718	P-17-02049	P-15-01332	P-13-00209
	ESE-01-14	ISGE-03-13	ISGE-04-11	ISGE-05-12	ISGE-07-06	ISGE-08-17	ISGE-09-15	ISGE-10-16		N2IS-05-15	N2IS-06-06
Nom du projet	SMARTER	AC SWITCH	3DCAP	Cellules de commutation monolithique	Diamant	OPGAN	HEMT GaN	Exagan	IDEX MUSE	Korro	PyroMEMS
Porteur du projet	Dilhac	Breil	Pech	Bourenane	Isoird	Morancho	Morancho	Morancho	Rossi	Rossi	Rossi
Objet	Fabrication d'antennes RF sur substrat souple type Kapton HN	Strcutures AC switch commandée par MOS	Micro supercondensateurs	Cellules de type aiguilleur de courant	Composants de puissance sur diamant	Optimisation des Performances électriques des composants de puissance GaN	HEMTs en Nitrure de Gallium présentant la fonctionnalité « normally-off »	Assembleg de HEMT de puissance	Intégration de nano-objets sur des surfaces pour réaliser des micro sources d'énergie	Piles microbiennes avec croissance de biofilms	Micropyrosystèmes
Coordinateurs TEAM (principal en premier)	Charlot	Imbernon	Bourrier	Imbernon	Rousset	Imbernon	imbernon	Colin	Mesnilgrente	Conedera	Conedera
Ressources avec un verrou technologique identifié	PVD Parylène		Litho laser traitement de surface assemlage	Gravure plasma	litho lsaer Photolitho PECVD, LPCVD gravure plasma chimie traitement de surface	Gravure plasma	Implantation gravure plasma		Jet d'encre Assemblage	Electrochimie	PVD Serigraphie

Référence du projet	P-13-00231	P-13-00232	P-14-00729	P-15-01326	P-14-01282	P-14-01244	P-15-01404	P-17-02029
	PHOTO-01-06	PHOTO-02-13	PHOTO-03-06	PHOTO-08-14	PHOTO-05-15	PHOTO-06-15	PHOTO-07-15	PHOTO-09-17
Nom du projet	Diodes laser à cristal photonique	Composants photoniques AlOX	Composants nanophotoniques sur verre	Réseaux optiques sol gel	Score	Composants Pour la photovoltaïque III-V	EPIGRAVE	Puces Atomes froids
Porteur du projet	Gauthier Lafaye	Almuneau	Gauthier Lafaye	Camon	Camon	Almuneau	FONTAINE	Gauthier Lafaye
Objet	Filière nano pour diode laser à cristal photonique et laser aléatoire	Composants photoniques AlOx	Filtres spectraux à cristal photonique sur verre	Réalisation de réseaxu optiques en sol gel	Fabrication structures photoniques	cellules photovoltaiques III-V	Validation chaine EJM+FIB	Puces magneto optiques
Coordinateurs TEAM (principal en premier)	Dubreuil	Doucet	Daran / Dubreuil	Conédéra	Dubreuil	Arnoult	Arnoult	Dubreuil
Ressources avec un verrou technologique identifié	NIL Gravure profonde III-V photolithographie EJM	Stepper Nanoreplication Fours alOx PVD Electrochimie Plasma Chimie EJM Caractérisation	photolithographie PECVD BT gravure plasma nanoréplication		Gravure plasma Photolithographie Nanoréplication Chimie	EJM Assemblage PVD RTP	EJM	Electrochimie

Référence du projet	P-13-00180	P-17-02054	P-14-00696	P15-01622	P-17-02046	P-16-02002	P-16-01840	P-16-01723	P-13-00197	P-13-00200
	MH2F-01-10	OSE-01-17	OSE-02-13	OSE-03-15	MOST-01-17	MOST-02-16	MINC-01-16	MINC-03-16	MINC-06-13	MINC-08-10
Nom du projet	HF BIO	Validation accelerometre MEMS	INTO MICRO	PROPDMS	Intégration de solénoides 3D à air	GaNex circuit PA	CARANUC	COCNANO	HITEMPRESS	Intégration objets communicants sur substrat souple
Porteur du projet	Grenier	Tap	Qotb	Ravet	Viallon	Tartarin	Pons	Pons	Pons	Dragomirescu
Objet	Microdétecteurs hyperfréquence fluidiques et biologiques	Validation accelerometre MEMS	Microcanaux	Dépôt de PDMS sur wafers et sur fibres optiques	Intégration de solénoides 3D à air	circuit hybride	Capteur de radiation nucléaire pour l'instrumentation du batiment réacteur	capteurs d'onde de choc	Packaging collectif de capteurs de pression	Système communiquant sur substrat souple
Coordinateurs TEAM (principal en premier)	Conedera	Conedera	Mesnilgrente	Conedera	Bourrier	Charlot	Reig	Reig	Charlot	Charlot
Ressources avec un verrou technologique identifié	Lithographie laser Stepper Electrochimie Electroless				Photolithographie Electrochimie Chimie		PVD electrochimie gravure plasma wafer bonding	photolithographie gravure plasma Assemblage	Wafer bonding	

Référence du projet	P-13-00201			P-15-01337		P-16-01775	P-14-00710
	MPN-01-10			MPN-02-15		MPN-03-16	MPN-04-14
Nom du projet	Nanofils			MORLEX	MOSDIIA	ORGADETECT	NanOnSi
Porteur du projet	Larrieu	Larrieu	Larrieu	Bedel	Bedel	Bedel	Plissard
Objet	Dispositifs bio	Structuration NFs top down	Transistors 3D	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
Coordinateurs TEAM (principal en premier)	Lecestre	Lecestre	Lecestre	Rousset	Rousset	Salvagnac	Arnoult
Ressources avec un verrou technologique identifié		plasma EJM Fours (croissance nanofils)	PVD plasma Fours		Chimie	Lithographie electronique nanoreplication PVD gravure plasma assemblage	Lithographie ebeam

Référence du projet	P-13-00181	P-14-00701	P-16-01940	P-13-00185	P-13-00186	P-14-00715	P-13-00189	P-13-00190	P-16-01754	P-13-00191
	MICA-01-12	MICA-04-14	MICA-05-16	MICA-06-08	MICA-07-12	MICA-08-14	MICA-09-06	MICA-10-06	MICA-12-16	MICA-15-10
Nom du projet	MOEMS VCSEL	Capteurs à base de nanofils	Capteurs microrésonateurs optiques	DISPOS	HYPPOCAMP	ChemFET	Eleccell	Plateformes chauffantes	DOCT VCSEL	Intégration de nouveaux matériaux pour la filière capteurs de Gaz
Porteur du projet	Bardinal	Ménini / Larrieux (MPN)	Raimbault	Seguy	Bardinal	Temple	Launay	Ménini	Bardinal	Menini
Objet	Etudes génériques et prospectives pour la réalisation de fonctions optiques en polymères (lentilles, MOEMS) sur composants optiques VCSELs	Capteurs à base de nanofils	Microrésonateurs optique pour applications capteur	Réalisation de composants organiques	VCSELs dont le faisceau est accordable spectralement	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
Coordinateurs TEAM (principal en premier)	Reig	Lecestre	Conédéra	Salvagnac	Doucet	Mazenq	Mazenq	Conédéra	Doucet	Mesnilgrente
Ressources avec un verrou technologique identifié	litho laser nanoreplication PVD Chimie jet d'encre EJM Caractérisation	chimie	Nano réplication	PVD Traitement de surface Assemblage	Photolithographie Nano imprint Gravure plasma chimie		Photolithographie Gravure plasma		litho Ebeam nano replication fours PVD gravure plasma Chimie EJM Asemblage	PVD Jet d'encre Sérigraphie

Référence du projet	P-13-00205	P-16-01924	P-16-01748	P-16-01753	P-16-01735	P-15-01320
	MILE-02-06	MILE-03-16	MILE-07-16	MILE-08-16	MILE-10-16	MILE-13-15
Nom du projet	DIGIDIAG	NEMESIS	Neuraxe	DBO MEMS	GENE EXTRACTOR	Laboratoire sur puce
Porteur du projet	Gue	joseph	Joseph	Boukabache	Bancaud	Joseph
Objet	Laboratoire sur puce à actionnement magnétique	microcanaux mimant la filtration	puces microfluidiques pour croissance de neurones	Développement d'un microsystème pour analyse de l'eau	biopuce microfluidique	Lab on chip
Coordinateurs TEAM (principal en premier)	Conedera	Dubreuil	Mesnilgrente	Conédéra	Mesnilgrente	Mazenq
Ressources avec un verrou technologique identifié		lithographie laser		Photlithographie		Lithographie laser Photolithographie Fours Gravure plasma chimie assemblage

Référence du projet	P-13-00216	P-13-00219	P-13-00220	P-13-00222	P-17-02057	P-13-00225	P-14-01256	P-15-01401	P-15-01694
	ELIA-01-06	ELIA-03-13	ELIA-07-07	ELIA-01-06	ELIA-09-17	ELIA-09-07	ELIA-10-15	ELIA-14-15	S4M-14-15
Nom du projet	SANTECH	NODENS	Nanotubes	NANOMECACELL	DNA hydrogels	Nanosystèmes a base de matériaux moléculaires	MFG for MFM	Cellules en 3D	IRT Nano
Porteur du projet	Vieu	Cerf	Vieu	Vieu	Trevisiol	Thibault	Cerf	Malaquin	Fourniols
Objet	Détection optique d'intercations biomoléculaires	Fabrication de microdispositifs en 3D par lithographie laser	Intégration de NanoCarbone au sein de capteurs	mesures forces amas de sphéroides de cellules vivantes	Réalisation de substrats avec motifs carrés	Nanostructuration de matériaux moléculaires	Multi focus grating for Multi focal microscopy	micro environnement 3D pour culture cellulaire	Qualification pâte de sérigraphie
Coordinateurs TEAM (principal en premier)	Carcenac	Bourrier	Carcenac	laborde	Laborde	Carcenac	Mazenq	Calmon	Charlot
Ressources avec un verrou technologique identifié	Nanolithographie	Nanoscribe Photolithographie Electrochimie		Lithographie laser nanoscribe Photolithographie Lithographie electronique micro printing gravure plasma FIB	Jet d'encre		Photolithographie gravure plasma	LEAF chimie	Sérigraphie

Référence du projet	P-14-00719	P-13-00221	P-14-00709	P-13-00224	P-16-01766	P-13-00228	P-16-01772	P-15-01449	P-16-01771
	MEMS-02-14	MEMS-05-06	MEMS-07-14	MEMS-08-10	MEMS-11-16	MEMS-12-12	MEMS-13-16	MEMS-15-15	MEMS-16-16
Nom du projet	Nems à transduction électrique	Nanofils	NEMS	PSI	Biodispositif implantable	Muscles artificiels	Soleil	OLYMPIA	Planarpore
Porteur du projet	Legrand	Bergaud	Leichle	Leichle	Bergaud	Bergaud	Leichle	Legrand	Leichle
Objet	NEMS à transduction Di-electrique	Dispositifs thermiques à nanofils pour chimie et biologie	Réalisation de NEMS	Réalisation de résonateurs NEMS pour la biodétection.	Réalisation d'électrodes implantables	etudes dépots 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
Coordinateurs TEAM (principal en premier)	Laborde	Carcenac	Mazenq	Bourrier	Laborde	Mesnilgrente	Bourrier	Mazenq	Mesnilgrente
Ressources avec un verrou technologique identifié	ALD gravure plasma		PVD		ALD PECVD	PVd Jet d'encre	Fours Gravure anistotrope gravure plasma assemblage	Lithographie laser Assemblage	Lithographie électronique gravure plasma

ANNEXE 3 : COMPTE RENDU DE LA REUNION DU 12/02/17

Ce compte rendu ne prétend pas traduire tous les éléments présentés et qui ont été extraits de ce document de bilan. Il permet de rapporter d'autres questions/échanges apparus en cours de réunion et qui sont apparus comme importants/structurants.

Présents: *Lya Fontaine, Amani Migaou, David Pech Pierre-François Calmon, Monique Dilhan, Véronique Conédéra, Josiane Tasseli, Patrick Pons, Hugues Granier, Pierre Joseph, Franck Carcenac, Laurent Blain, Caroline Uhlmann Malé, Liviu Nicu, Guilhem Almuneau, Laurent Bary, Bernard Legrand, Sylvain Pelloquin, Julien Pézard, Thierry Leichle*.

Photolithographie:

Le blocage des pistes EVG est problématique

Réponse :

- Le fournisseur EVG a bloqué ses interventions en raison d'un litige sur des factures 2016 impayées. Ce problème est dû au basculement entre le budget 2016 et 2017 et la mise en place de la dématérialisation des factures. Les services gestion et TEAM mettent tout en œuvre pour une intervention aussi proche que possible. À ce sujet TEAM a communiqué dès qu'il disposait des informations, malgré cela, un petit nombre d'utilisateurs continu de mettre la pression sur les personnes en charge de ce problème. C'est inutile, voire usant.
- Info depuis la Comteam : l'intervention aura lieu semaine 12.

Accessibilité des données:

La communication sur les calibrations doit être améliorée. En PVD par exemple il serait intéressant d'avoir la possibilité d'obtenir les données des calibrations et des dépôts des autres utilisateurs sur le modèle de la zone de la photolithographie. D'ailleurs cette idée vaut pour toutes les zones.

Réponse :

- Nous prenons acte que TEAM doit mener un effort d'uniformisation dans la mise à disposition des données récoltées pour offrir une meilleure visibilité de ces calibrations. Une action sera mise en place d'ici la fin de l'année. Cette réflexion collective est nécessaire pour optimiser et harmoniser les documents.
- Par exemple l'outil LIMS pourrait servir de porte d'entrée unique pour accéder à ces informations qui seraient stockées sur Owncloud.
- Néanmoins pour ce faire, chaque utilisateur devra être conscient que certaines de ses données soient visibles par tous

L'utilisation de own cloud pour le stockage des fiches de processus n'est pas toujours évidente car il y a un temps de latence dans la synchronisation. Parfois des données sauvegardées sur un poste de travail ne sont pas à jour, quelques minutes d'attente sont nécessaires pour les obtenir sur un autre poste. Cela peut créer des difficultés

- Réponse :
- Ce problème est identifié. C'est l'inconvénient majeur d'own cloud qui, en revanche, permet une grande confidentialité car chacun ne voit que les fiches de processus qui le concerne.
- L'autre solution plus simple d'utilisation serait un répertoire partagé car alors pas de problème de synchronisation. Par contre tout le monde verrait les fiches de tout le monde. Ce qui impose que chacun se fasse confiance.
- Liviu Nicu souligne que les projets réalisés par un agent du laboratoire ne sont pas sa propriété mais celle du CNRS. De plus, chacun est engagé sur des clauses de confidentialité

de par son appartenance au LAAS et au CNRS. L'argument de la confidentialité tombe donc dans la très grande majorité des cas.

- Une enquête sera menée par TEAM auprès des utilisateurs présentant de nouveau les avantages/inconvénients des deux systèmes pour voir quel est le ressenti sur un passage sur répertoire partagé. A l'issu de cette enquête une décision sera prise en comteam.

Communication:

Parfois il y a un manque de communication sur des actions /situations en salle blanche. Comment mieux uniformiser ces communications qui peuvent varier beaucoup selon les zones. ?
Réponse :

- Proposition de la mise en place d'une newsletter qui peut être éditée par l'intermédiaire de l'outil LIMS. Tous les intervenants en salle blanche pourraient être sollicités pour contribuer à cette newsletter. Fréquence de diffusion à définir pour être efficace sans spamer les messageries. TEAM mettra cette newsletter en place.

Présences d'IT sur zones

Une présence permanente d'un référent TEAM notamment dans les zones en libre-service serait un gros plus. Particulièrement pour une assistance immédiate aux utilisateurs ou pour prévenir des attitudes pas adaptées
Réponse

- Ce n'est pas envisageable:
  - par manque de moyens humains,
  - trop grande amplitude horaire... (8H30 – 17H)
  - parce que les personnes en plus de gérer leurs zones, assurent un tas d'autres actions qui sont détaillées dans les documents Comteam

Remarques sur les réservations:

Certains équipements sont quasi saturés (FIB et un des deux MEB par exemple)
Réponse :

- Concernant la forte demande d'utilisation du FIB, il y a des créneaux avec des heures de pointe et d'autres où il y en a moins. Il faut donc profiter de toute l'amplitude horaire de réservation qui peut aller de 8H jusqu'à 19H pour ces instruments de caractérisation.
- Pour le MEB le problème vient de la configuration choisie pour le 3700. Les besoins définis par les utilisateurs ne correspondent pas à l'utilisation réelle qu'ils souhaitent. Du coup, il est sous-utilisé et le 4800 est très utilisé. Mais comme pour le FIB, nous ne sommes pas encore à la saturation complète
- Néanmoins ces éléments sont connus et peuvent contribuer aux réflexions sur nos prospectives d'équipements.

La réservation des créneaux sur l'outil LIMS ne permet pas de modifier un créneau lorsqu'on a du retard ou lorsqu'on souhaite le supprimer.
Réponse :

- Effectivement si un créneau est démarré on ne peut pas le supprimer. C'est lié au fait que dans cette situation précise l'annulation n'est d'aucun effet car il est trop tard pour que quelqu'un prenne le créneau , sauf à être en salle blanche et de voir que l'équipement est libre et de le prendre sans s'inscrire.
- On peut tout à fait annuler un créneau de réservation avant qu'il ne soit commencé

- Quand à supprimer un créneau de réservation après que son heure de fin soit passée c'est inutile car personne ne pourra réserver en remontant le temps. Ceci est vrai aussi, car il n'y a pas de facturation à la réservation. Celle-ci se fait sur les fiches de procédés. Si un jour on facture via lims cette remarque incite plutôt à facturer à la validation (loging), ainsi on rentre la réalité de ce qui a été fait.

Dans les zones qui ne sont pas en libre-service demande de réflexion pour avoir une souplesse sur la réservation des créneaux. C'est-à-dire voir les créneaux des autres projets même si on ne peut pas réserver
Réponse

- Certes, mais l'outil ne doit pas empêcher de privilégier d'aller au préalable discuter avec les responsables de zone avant de faire la réservation dans LIMS. Il faut favoriser les échanges en direct.
- Ce point sera aussi abordé à TEAM pour voir ce qui pourrait être fait car il existe des configurations différentes possibles sur lims.

Tarification:

Il n'est pas facile de trouver en un seul endroit toutes les informations sur les tarifs applicables pour les opérations en salle blanche
Réponse

- les tarifs sont tous affichés dans chacune des zones.
- Un mode d'emploi de la facturation avec tous les tarifs est accessible à tous les nouveaux entrants lors de leur formation initiale (il leur est d'ailleurs demandé de lire ce document)
- Les plus anciens utilisateurs ont tous reçu ces tarifs lors de la mise en place de cette tarification
- Les fiches de process numériques affichent automatiquement ces tarifs lorsque le code de l'opération est entré sur la fiche.
- Enfin il est envisagé de créer une « carte d'identité » pour chaque machine qui serait collée sur celle-ci avec diverses informations dont son code facturation et les tarifs correspondants

Quid de la facturation sur LIMS ?

- Elle est envisagée lorsque les tarifs mis à jour seront validés (courant 2017). Mais une réflexion collective sera partagée pour voir comment l'appliquer, avec une phase de test sur un petit nombre de volontaires. Ceci dit, cette facturation est utilisée avec succès dans de nombreuses centrales qui utilisent LIMS.

Prospective:

Liviu Nicu a souhaité rendre hommage à Anne-Marie Gué et Hugues Granier pour l'énorme travail prospectif au niveau de la région pour l'achat des équipements. Hugues Granier précise que c'est un travail collectif qui a associé tous les personnels du laboratoire chercheurs et ITA.

Le tableau de la prospective des équipements va être envoyé. A ce jour, sur les 570K€ restants, il est décidé que 100K€ serviront au rétrofit du PECVD. Il restera 470K€ à discuter.