



## **Bilan 2015 des activités de la plateforme de micro et nano technologies du LAAS-CNRS**

Hugues Granier, Adrian Laborde, Alexandre Arnoult, Antoine Maiorano, Aurélie Lecestre, Benjamin Reig, Bernard Rousset, Christine Fourcade, David Bourrier, David Colin, et al.

### **► To cite this version:**

Hugues Granier, Adrian Laborde, Alexandre Arnoult, Antoine Maiorano, Aurélie Lecestre, et al.. Bilan 2015 des activités de la plateforme de micro et nano technologies du LAAS-CNRS. Rapport LAAS n° 16053. 2016. hal-01867462

**HAL Id: hal-01867462**

**<https://laas.hal.science/hal-01867462>**

Submitted on 4 Sep 2018

**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.

# 2015

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



Service TEAM

LAAS-CNRS

11/03/2016

## BILAN DES ZONES DE LA PLATEFORME

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| <b>LITHOGRAPHIE LASER.....</b>     | <b>2</b>  |
| <b>PHOTOLITHOGRAPHIE.....</b>      | <b>6</b>  |
| <b>NANOLITHOGRAPHIES.....</b>      | <b>11</b> |
| <b>EJM.....</b>                    | <b>16</b> |
| <b>TRAITEMENTS THERMIQUES.....</b> | <b>22</b> |
| <b>PVD.....</b>                    | <b>26</b> |
| <b>ELECTROCHIMIE.....</b>          | <b>30</b> |
| <b>CHIMIE.....</b>                 | <b>36</b> |
| <b>JET D'ENCRE.....</b>            | <b>41</b> |
| <b>GRAVURE PLASMA.....</b>         | <b>47</b> |
| <b>ASSEMBLAGE.....</b>             | <b>52</b> |
| <b>IMPLANTATION IONIQUE.....</b>   | <b>57</b> |
| <b>CARACTERISATION.....</b>        | <b>60</b> |
| <b>SUPPORT.....</b>                | <b>65</b> |
| <b>SOUTIEN.....</b>                | <b>68</b> |

## 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       | L5                  | 1        |
| Nanoscribe PP      | Non           | 2013          | 288,2               | 0773_PO       | L4                  | 0        |
| Kloe Dilase 750    | Non           | 2013          | 626                 | 10759_CV      | L2                  | 0        |

## Maintenances significatives

## Année passée

Remplacement d'une alimentation électrique défectueuse dans l'équipement Hamatech et comportement dégradé du laser d'écriture de l'équipement Heidelberg suite à l'arrêt de 12 semaines de la zone pour travaux d'infrastructure.

## Année à venir

Equipement Heidelberg :

- Changement du laser d'écriture après 3000 heures d'utilisation,
- Changement du PC Linux de conversion des dessins avec création d'une connexion au réseau du LAAS.

Equipement Nanoscribe :

- Changement de l'ordinateur de commande en raison de dysfonctionnements pendant des écritures de durée supérieure à 20 heures.

Equipement Kloe :

- Calibration de la table XY.

Equipement Hamatech :

- Changement d'un capteur de fin de course et de filtres.
- 

## Evolutions significatives

Installation d'un laser 100 mW 266 nm, modifications des tubes optiques et ajout de filtres amovibles dans l'équipement Kloe Dilase 750.

## Prospectives

## Dilase 3D Kloé (105 k€)

Installation et mise en route d'un prototype d'écriture laser 3D développé par la société Kloé, L Malaquin, R Courson, L Séveno et PF Calmon

## Paillasse de chimie pour délaquage des masques et des réticules

Installation d'une nouvelle paillasse avec dans un second temps un bac de rinçage et un bac chauffé pour un mélange piranha adaptés aux formats des masques et réticules optiques.

## Evolution de la source laser de la DWL (35 k€)

Un budget de maintenance de 20 k€ est utilisé tous les 24 mois pour le changement du laser He-Cad de l'équipement DWL 200. Le changement de ce laser d'écriture pourrait se faire tous les 5 à 10 ans avec un laser à diode. L'installation d'un laser à diode avec la mécanique et de nouveaux éléments d'optique nécessite un budget de 35 k€. Puis le changement d'un laser à diode tous les 5 à 10 ans nécessitera un budget de 20 k€.

## ORGANISATION

## Personnel

- Pierre-François Calmon (IR1) : responsable de zone
- Vinciane Luque (TCN)

- Lucie Séveno (Apprentie Ingénieur)
- Sylviane Baster (AI)
- Rémi Courson (IR)
- David Colin (AI)

### 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. S Baster apporte un soutien aux actions de chimie pour la fabrication des masques. L Séveno participe à des nouveaux développements. R Courson traite plus particulièrement le développement de procédés pour la fonctionnalisation de surface. D Colin se forme à la fabrication des masques.

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 visible 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             |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| <b>Calibration DWL 200</b>      | Ecritures paramétrées au bord d'un masque<br>Mesures automatiques DWL 200<br>Analyse des résultats | 1 fois par semestre   |
| <b>Changement laser DWL 200</b> | Alignement du laser<br>Réglage machine                                                             | 1 fois tous les 2 ans |

#### Qui vont être mises en place

| Objectif             | Nature de l'action conduite                                                                      | Fréquence       |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>Suivi DWL 200</b> | Ecritures motifs critiques au bord des masques<br>Mesures et observations<br>Analyse statistique | 1 fois par mois |

### BUDGET

#### Exécuté l'année passée

| 2015            | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|-----------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| <b>Montants</b> |            |              |              |         |          |
| <b>En K€</b>    | 11         | 3            | 0            | 0       | 0        |

En 2015 pas de pannes des équipements nécessitant une intervention extérieure.

## Prévisionnel année à venir

| 2015           | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|----------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| Montants En K€ | 15         | 1            | 29           | 5       | 1        |

Un budget de maintenance de 20 k€ est utilisé tous les 24 mois pour le changement du laser He-Cad de l'équipement DWL 200. Le changement de ce laser d'écriture pourrait se faire tous les 5 à 10 (cf. prospective équipement)

## FORMATIONS

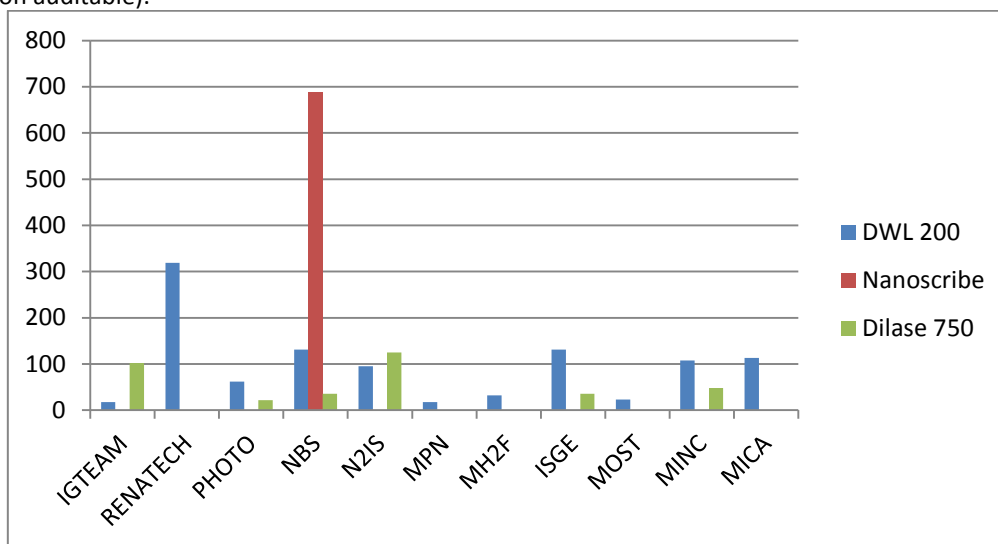
| Type               | Intitulé                                         | Durée (h) | Nombre de sessions/an | Durée totale/an(h) | Nombre total de participants /an |
|--------------------|--------------------------------------------------|-----------|-----------------------|--------------------|----------------------------------|
| Cours TEAM         | Règles de dessin pour la fabrication des masques | 1h30      | 1                     | 1h30               | 45                               |
| Formation pratique | Logiciel CleWin 5                                | 1h30      | A la demande          | 12                 | 20                               |
|                    | Dilase 750                                       | 4h        | A la demande          | 12                 | 3                                |
|                    | DWL 200                                          | 4h        | A la demande          | 4                  | 1                                |

Un nouveau cours TEAM sur les techniques de lithographie laser sera proposé l'année prochaine.  
Une nouvelle formation pratique utilisant la lithographie laser pourrait être créée en collaboration avec l'organisme CNRS formation entreprises.

## BILAN

### Par équipement

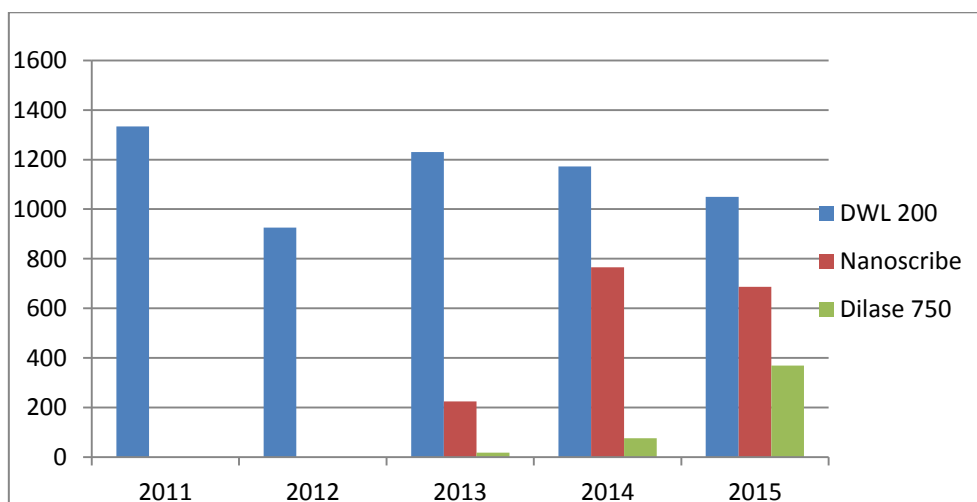
Le graphique ci-dessous donne par équipement le nombre d'heures d'utilisation (unités d'œuvres définies en facturation auditable).



L'équipement Nanoscribe est utilisé pour un projet NBS.  
25% (67/269) des masques ou réticules ont été fabriqués pour des demandes RENATECH.

### Evolution au cours des années

Le graphique suivant donne par équipement le nombre d'heures d'utilisation sur les 5 dernières années.



Les nouveaux procédés disponibles pour la Dilase 750 ont fait croître le nombre total d'écriture laser en 2015.

## 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.

### Equipex LEAF

L'installation récente d'un laser 266 nm dans la Dilase 750 et l'arrivée prochaine de la nouvelle machine Dilase 3D nous permettra d'expérimenter prochainement de nouveaux procédés.

### Personnel

En trois ans le nombre de lasers d'écriture dans la zone est passé de 1 à 5. Chaque laser a permis de développer de nouveaux procédés et d'autres développements restent encore à mener. De plus des procédures de suivi des procédés et des équipements devront être instaurées.

En trois ans le nombre de personnel TEAM œuvrant dans la zone est passé de 2 à 6. 5 d'entre eux interviennent à temps partiel et leur connaissance des équipements est fractionnée. Un nouveau poste d'ingénieur ayant une connaissance générale de tous les équipements de la zone semble nécessaire pour faire face aux nombreux développements à venir.

## 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 chauffante SU8 n°1                     | Oui           | 2005          | 26                  | 7859_W                                                              | P10                 | 0        |
| Plaque chauffante 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 Suss n°1 (procédés standards)       | Oui           | 2015          | 7.6                 |                                                                     | P18                 | 1        |
| Tournette Suss n°2 (procédés spécifiques)     | Oui           | 2003          | 23                  | 6769_CE                                                             | P20                 | 1        |
| Tournette Suss n°3 (procédés compatibles MOS) | Oui           | 2003          | 18.4                | 7852_CV                                                             | 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,<br>7844_CV,<br>7846_CV,<br>7845_CV,<br>7850_CV,<br>7847_CV | P17 à P22           | 1        |
| Centrifugeuses Semitool 4 et 6 pouces         | Oui           |               |                     |                                                                     |                     | 1        |
| Etuves (4)                                    | Oui           |               |                     | 7064_CV                                                             |                     | 1        |
| Plaques chauffantes (5)                       | Oui           | 2010          | 1.26                | 9821_W<br>9820_V                                                    |                     | 1        |
| Armoires réfrigérées (2)                      | Oui           | 2005          | 4                   | 7943_W                                                              |                     | 1        |

#### Maintenances significatives

##### Année passée

- EVG 120 : Pannes sur le système de dispense automatique, 13.8K€ (intervention constr.).
- Spray Coater : pannes sur :
  - Moteur + contrôleur : 1560€ + 760€
  - Contrôleur + pompes : 15.5K€ (intervention constr.)
- Maintenances préventives constructeurs Canon et Suss Microtec.

##### Année à venir

- Maintenances préventives classiques (Canon, Suss microtec, EVG 120).



## Prospectives

### Machine d'alignement

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

Caractéristiques des deux équipements :

- Taille échantillons : 0,5 pouces à 4 ou 6 pouces



**Machine d'alignement MJB4,**  
budget ≈150K€



**Machine d'alignement MA6,** budget  
≈300K€

### Kloé UV -KUB

« Petit équipement » de photolithographie pour procédés simples et rapides.

Budget : 15 à 30K€ en fonction des options

### Sécurité

Travail sur les paillasse de photolithographie pour améliorer l'aspiration et la sécurité des opérateurs.

Ajout d'un système d'aspiration au niveau des armoires réfrigérées.

Achat d'un nouveau détecteur de COV.

## ORGANISATION

### Personnel

- Mazenq Laurent (AI) :
  - responsable de zone
  - en 2016, à 50% sur la zone (préparation mémoire CNAM sur projet NBS Olympia)
- Laborde Adrian (AI)
- Durlach Arnaud (AI) : CDD de 01/02/2016 au 31/01/2017 à 50% sur la zone photolithographie.

### 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.
- La répartition des activités est la suivante :
  - **Formation :**
    - Adrian L. est en charge des formations des nouveaux entrants.
    - Arnaud D. et Laurent M. assurent le support aux utilisateurs.
  - **Procédés : (Adrian L.)**
    - le suivi des procédés.
    - le développement de nouveaux procédés.

- Arnaud D. assure les qualifications des procédés standards.
  - **Equipements (Adrian L.)**
    - les réparations de premier niveau.
    - le suivi des interventions des équipementiers.
  - **Gestion :**
    - Laurent M. 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 dans la zone.
- Christine Fourcade et Vinciane Luque sont en charge du suivi et des commandes des fournitures : consommables chimie (pipettes, embouts, pinces), boîtes...

### Calibrations / validations des équipements et procédés.

#### Existantes

| Objectif                                                                                                                                                                                                                             | Nature de l'action conduite          | Fréquence                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Qualification des procédés de photolithographie les plus courants : <ul style="list-style-type: none"> <li>• ECI 1.1µm stepper</li> <li>• ECI 1.1µm MA150</li> <li>• NLOF 5µm</li> <li>• AZ40XT 40µm</li> <li>• SU8 100µm</li> </ul> | Réalisation des procédés             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 fois par mois : Conformité procédé, épaisseur et résolution</li> <li>• 1 fois / trimestre : observations profils au SEM</li> </ul> |
| Qualification procédés HMDS                                                                                                                                                                                                          | Réalisation des procédés             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 fois / trimestre : Mesure des angles de contact</li> </ul>                                                                         |
| Qualifications équipements : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Machines d'alignement</li> </ul>                                                                                                                               | Vérification machine                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 fois par mois : Contrôle intensité lumineuse, homogénéité, changement lampe si nécessaire (si t&gt;650h)</li> </ul>                |
| Qualifications équipements : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tournettes et EVG 120</li> </ul>                                                                                                                               | Vérification machine                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 fois / trimestre : Vérification vitesse de rotation</li> </ul>                                                                     |
| Vérif installations / zone : <ul style="list-style-type: none"> <li>• paillasse</li> </ul>                                                                                                                                           | Vérification des débits d'extraction | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 fois / an : Vérification des débits et flux laminaire</li> </ul>                                                                   |
| Vérif installations / zone : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nettoyage, rangement,</li> <li>• état des stocks,</li> </ul>                                                                                                   | 5S, heure soleil                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 fois / semaine</li> </ul>                                                                                                          |

#### BUDGET

#### Exécuté l'année passée

| 2015                  | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|-----------------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| <b>Montants En K€</b> | 45,7       | 42,4         | 78,1         |         | 7,6      |

- Fournitures :
  - 75% des commandes ont été réalisées dans le cadre de l'avis de publicité.
    - Evolution par rapport à 2014 : -28%
- Consommables :
  - Evolution par rapport à 2014 : -19%
- Maintenances :
  - Stepper Canon : achat d'un support 4 pouces en spare : 8.5K€
  - EVG 120 : Panne sur le système de dispense automatique : 13.8K€ (intervention constr.).
  - Spray Coater : pannes sur le moteur et les pompes : 17.8K€ (intervention constr.).
    - Evolution par rapport à 2014 : +7%

- Sécurité :
  - Achat d'une nouvelle tournette en capot fermé (sécurité ++) : 7.6K€

### Prévisionnel année à venir

| 2016                      | Fourniture | Consommables | Maintenances              | Support | Sécurité |
|---------------------------|------------|--------------|---------------------------|---------|----------|
| <b>Montants<br/>En K€</b> | 45.75      | 42.5         | 72.7 (+ 38.8 retardables) | 10      | 9.7      |

- Maintenances :
  - Achat de 2 chucks tournette MOS (1.45K€ x 2)
  - Achat d'un UV mètre pour qualifier le stepper Ultratech : 20K€ (retardable)
- Support :
  - Travaux de sécurisation paillasse de photolithographie
- Sécurité :
  - Achat d'un nouveau détecteur de COV : 8.5K€
  - Bras d'aspiration articulés sur 2 réfrigérateurs 1.2K€

### FORMATIONS

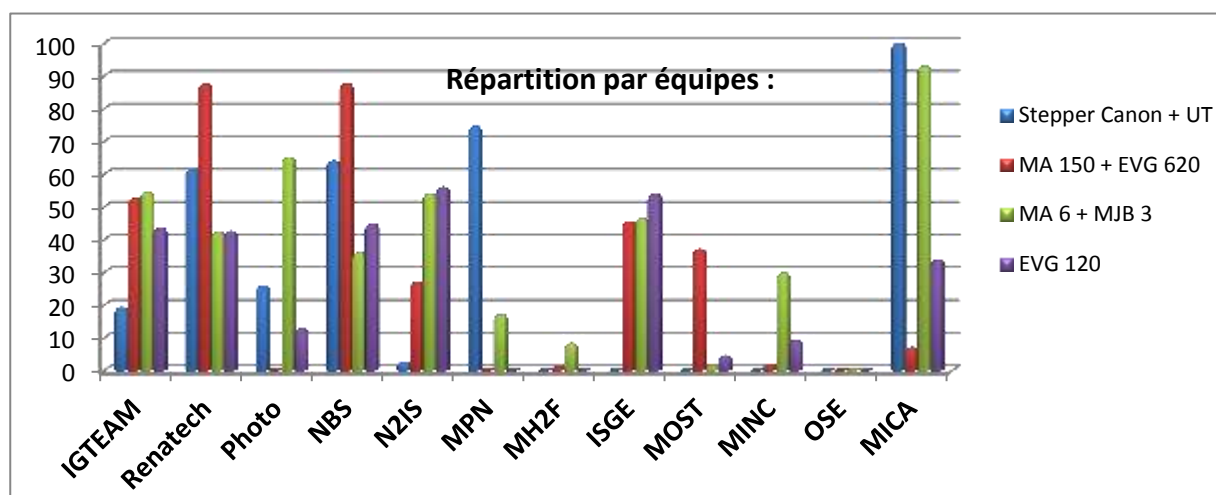
| Type               | Intitulé                                                                          | Durée (h) | Nombre de sessions/an | Durée totale/an(h) | Nb total de participants /an |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------------|--------------------|------------------------------|
| Cours TEAM         | Procédés de photolithographie<br>(Réalisé par Laurent Mazeng)                     | 1h        | 1                     | 1h                 | 27                           |
|                    | Equipements et environnement en photolithographie<br>(Réalisé par Laurent Mazeng) | 1h        | 1                     | 1h                 | 27                           |
|                    | Procédés sur les résines épaisses<br>(Réalisé par Véronique Conedera)             | 1h30      | 1                     | 1h30               | 5                            |
| Formation pratique | Procédés de photolithographie                                                     | 1h30      | 18                    | 27                 | 45                           |

- Amélioration du processus de formations 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...).
  - Edition d'un questionnaire pour vérifier la maîtrise des procédés et des consignes de sécurité.

### BILAN

#### Par équipements

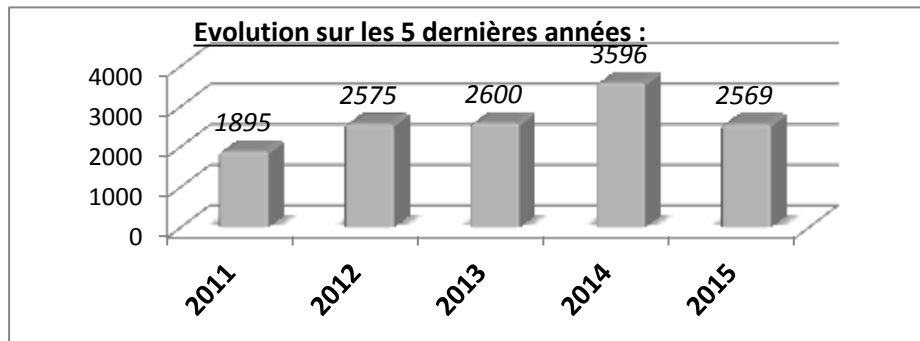
Répartition des heures d'utilisation par familles d'équipements et par groupes :



- Temps total d'utilisation sur 2015 : **1444 heures** (2628 sur tous les équipements).
  - Evolution par rapport à 2014 : -27%
- **L'équipement le plus utilisé en 2015 est le stepper Canon** (329h) puis la MA6, l'EVG120 et la MA150.
- **Renatech est le groupe qui a le plus utilisé les équipements** (326h) puis MICA et NBS.

### Evolution au cours des années

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



- Volume de substrats commandés en 2015 : **2569 substrats**.
  - Evolution par rapport à 2014 : -29%

## SYNTHESE

### Qualité

- Des actions sont prises pour améliorer les activités :
  - Fiabilisation, qualification des procédés,
  - Maintenances préventives,
  - Coordination des formations,
  - Généralisation des modes opératoires.

### Evolution de l'activité

- 45 nouveaux utilisateurs ont été formés en 2015. (Evolution par rapport à 2014 : -8%).
- L'activité est en baisse par rapport aux années précédentes :
  - Commandes substrats : -29%
  - Temps utilisation machine : -27%
- Malgré cela, le coût de la maintenance a augmenté de 7% en raison de pannes répétées sur les pistes EVG 120, le spray coater et le stepper Canon.
- Sur 2016, Laurent Mazenq sera à 50% dans ses activités pour le service TEAM. Cette absence est compensée par l'arrivée d'Arnaud Durlach à 50% sur la zone photolithographie en CDD pour une durée de 1 an.

## 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            |               | 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                 |               |                     |          |

#### Maintenances significatives

##### Année à venir

Changement de pointe sur le masqueur électronique

##### Année à venir

Interféromètre LASER du masqueur électronique (possible)

#### Evolutions significatives

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

#### Prospectives

##### Lithographie électronique (2-3M€)

Nouveau masqueur électronique : meilleures performances (rapidité, automatisme focus astigmatisme, chargement automatique de 10 échantillons, meilleure résolution – 100keV).

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 de nouveaux procédés.

##### Evolution 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 débloquent 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).

##### Nanoréplication

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 en faux plancher.

### ORGANISATION

#### 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
- 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
- Amandine Lestras – AI (CDD – jusqu'en décembre 2015) : mise au point de procédés, 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 l'équipement 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 des utilisateurs      |           |
| Réplication de nanostructures                              | Nano-impressions des utilisateurs |           |

### 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 |
| Qualification procédés de nano-impression                   | <ol style="list-style-type: none"> <li>Duplication de nanostructures dans un film ZEONOR</li> <li>Duplication de nanostructures à l'aide du test précédent sur du silicium et dans la résine NILUV-135</li> </ol> | 1 fois par an minimum et à la demande d'un utilisateur ou en cas de problème |

## BUDGET

### Exécuté l'année passée

#### Lithographie électronique :

| 2015           | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|----------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| Montants En K€ | 0          | 2,1          | 14,9         | 0       | 0        |

#### Nanoréplication :

| 2015           | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|----------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| Montants En K€ |            | 1,15         | 0            | 0       | 0        |

### Prévisionnel année à venir :

#### Lithographie électronique :

| 2015           | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|----------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| Montants En K€ | 0          | 2,5          | 5            | 0       | 0        |

#### Nanoréplication :

| 2015           | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|----------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| Montants En K€ |            | 3            | ?            | 2       | 1        |

**Général à la zone** : l'installation de la hotte va générer un coût d'utilisation un tout petit peu plus important du fait des consommables tels que liners pour la tournette, pipettes, ... Nous n'avons pas pensé à intégrer les évolutions suivantes dans la proposition de budget initial: mettre la poubelle sous extraction, installer un système de ionisation d'air dans la hotte (récupéré de chez FREESCALE), installer un pistolet ionisant (si non retenu dans le marché), déporter les lignes de remise en pression atmosphérique sous plancher, ...

**Concernant la nanoréplication** : depuis l'achat de la machine, nous n'avons fait faire aucune maintenance, nous nous sommes débrouillés en achetant des pièces et en les changeant nous-mêmes. L'idée est d'essayer de

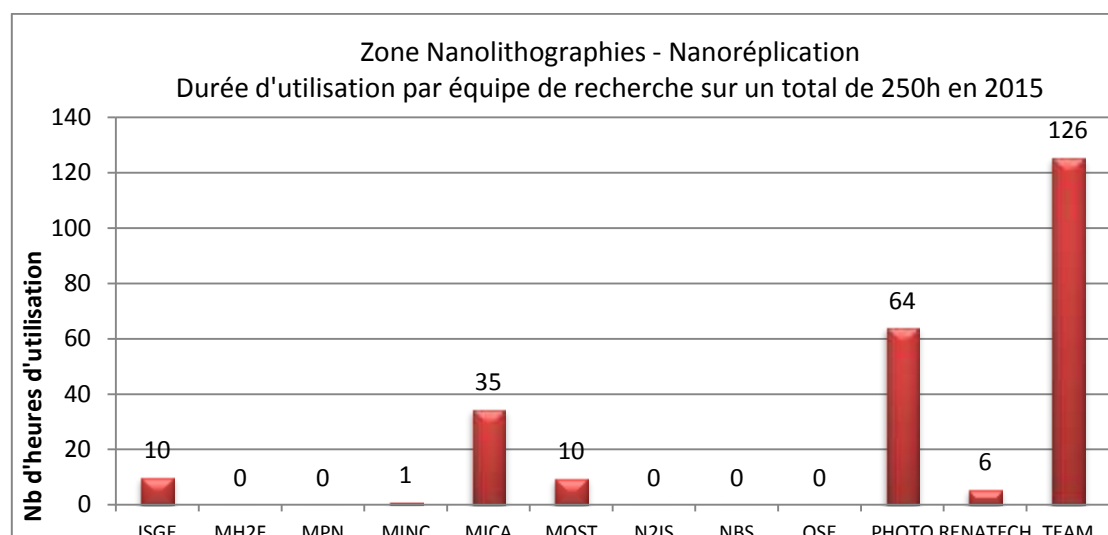
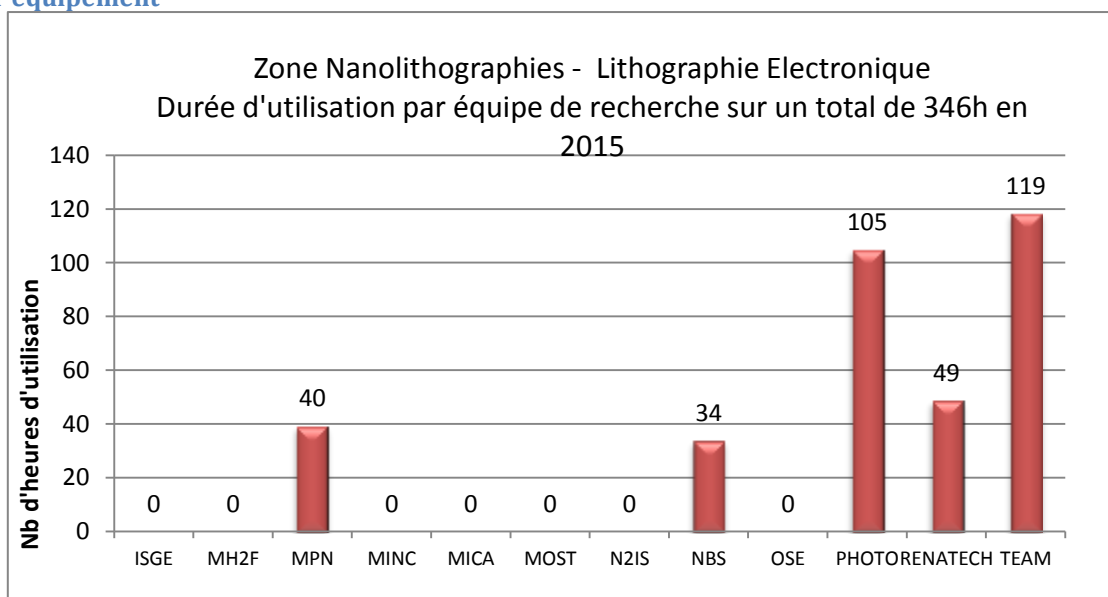
trouver quelqu'un localement pour la maintenance du compresseur et de continuer à faire la maintenance nous-même en achetant les pièces tant que cela est possible. Donc difficile d'évaluer le coût, en particulier si on a une panne importante.

## FORMATIONS

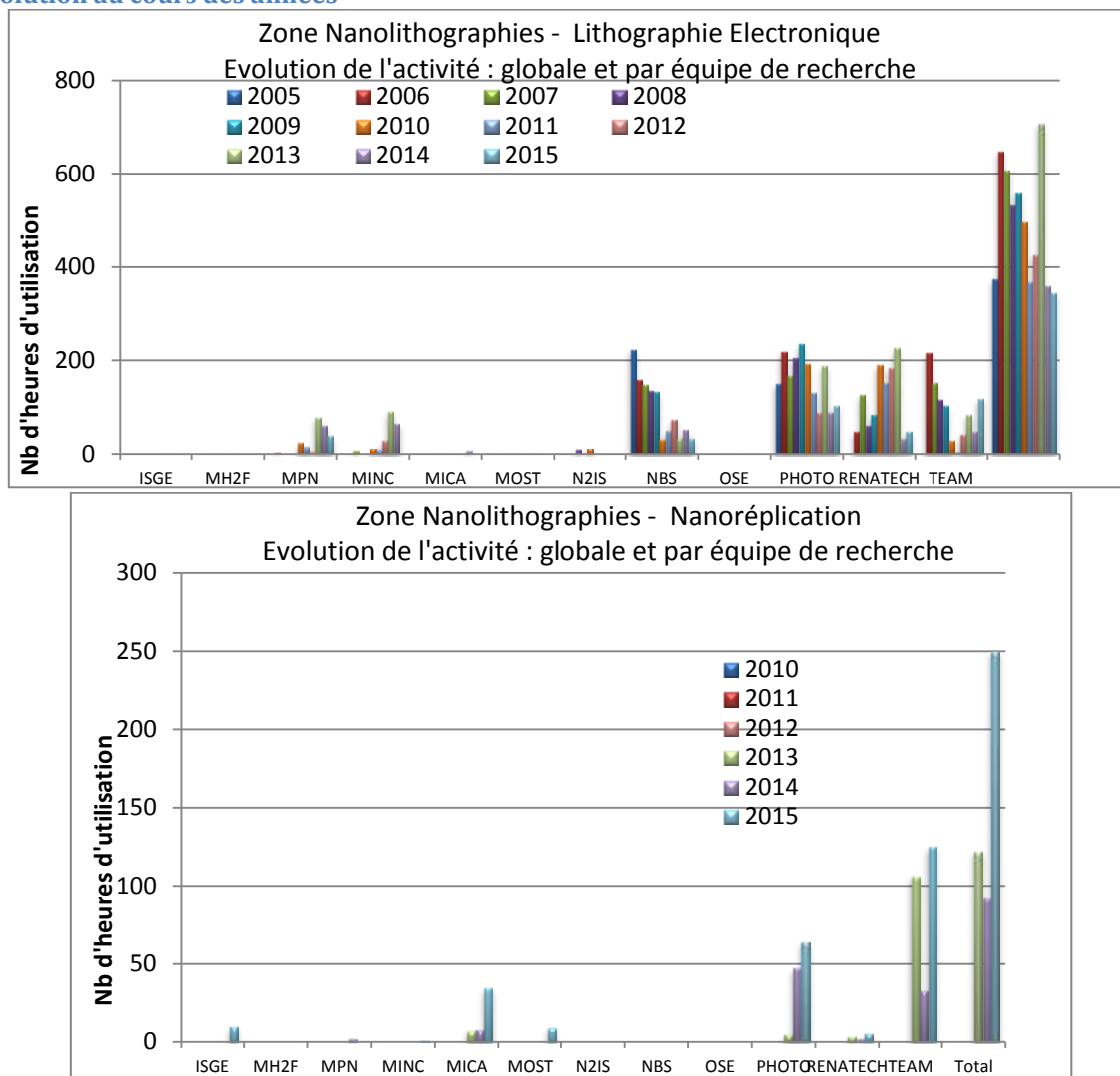
| Type       | Intitulé                  | Durée (h) | Nombre de sessions/an | Durée totale/an(h) | Nombre total de participants /an |
|------------|---------------------------|-----------|-----------------------|--------------------|----------------------------------|
| Cours TEAM | MEB                       | 2         | 1                     | 2                  | ~15                              |
| Formation  | Lithographie électronique | 40        | 2                     | 80                 | 2                                |
| pratique   | Nanoréplication           | 2         | 10                    | 20                 | 10                               |

## BILAN

### Par équipement



## Evolution au cours des années



Activité stable en lithographie électronique (chiffre pris sur les réservations en ligne)

La mise au point de nouveaux procédés a provoqué une évolution importante (chiffres pris sur les réservations en ligne) de l'utilisation de la nanoréplication.

La machine est par ailleurs utilisée pour d'autres applications : report de films secs, planarisation de dépôts, structuration micro/macro de films COP ...

## SYNTHESE

### Ressources humaines nécessaire à l'activité

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 projets scientifiques. Un soutien technique est absolument nécessaire pour le développement de nouveaux procédés, l'intégration dans des filières de fabrication, les nouveaux débouchés, ... Ce soutien a été réalisé, à travers le projet CARNOT LAAS-NANO, par Amandine Lestras (AI – CDD) jusqu'en Décembre 2015. Suite à son départ, ce soutien devra être reconduit afin de ne pas casser la dynamique créée.

Un stagiaire en Licence Professionnelle (Alexandre Lauvergne) a été pris sur la période février/juin 2015. Le recrutement d'un AI est prévu à partir de août/septembre.

La formation à ce type de poste est évaluée à plus d'un an car elle englobe à la fois l'acquisition de techniques complexes (MEB, AFM, nanolithographies) et l'acquisition de technologies complètes nécessitant un niveau de maîtrise très important. Un poste pérenne serait beaucoup plus efficace qu'un CDD en évitant la formation d'une nouvelle personne tous les 2-3 ans : puisque nous ne pouvons pas assurer les CDD, que nous



embauchons, d'un poste en CDI à court/moyen terme, ils cherchent des postes en CDI et, bien formés ... ils en trouvent ! Le bilan pour le LAAS est l'épuisement des ressources humaines ou l'arrêt des technologies ...

### **Lithographie électronique**

La détermination des paramètres permettant de corriger les effets de proximité lors de l'insolation de la résine HSQ pour différentes épaisseurs de résine permettra de développer plus rapidement la fabrication des nanostructures par rapport à l'évolution des demandes endogènes et exogènes.

Nous allons finir de déterminer la vitesse de gravure du silicium en fonction de la taille des motifs entre 20 et 500nm (reste les coupes FIB et observations à réaliser). Ceci devrait nous permettre de déterminer nos capacités actuelles en termes de facteur de forme pour la gravure des nano trous. Cette information est capitale dans la réalisation de nano pores demandée dans un projet LAAS 2016.

Des actions conjointes avec la zone de gravure sont régulièrement conduites mais devront être amplifiées notamment pour le transfert/développement de procédés sur les nouvelles machines de gravure sèche afin de maintenir/améliorer la robustesse des filières de fabrication de moules pour la nano-réplication.

Enfin il faut poursuivre les efforts sur la prospective en équipement. L'achat d'un masqueur nouvelle génération serait un marqueur indéniable pour la plateforme de technologie

### **Nanoréplication :**

Nous allons étendre la nanoréplication à des surfaces de 4 pouces et 6 pouces si possible. Ceci nécessitera la réalisation de moules par lithographie électronique et/ou optique en fonction de la résolution désirée.

Plusieurs études sont en cours ou planifiées pour étendre les possibilités d'intégration de celle-ci aux procédés "classiques" de fabrication pour les micro/nano/bio systèmes.

## EJM

## EQUIPEMENTS

## Liste

| Nom            | Libre service | Année d'achat | Valeur d'achat (k€) | n° inventaire | Référence dans LIMS | Priorité |
|----------------|---------------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|----------|
| <b>MBE412</b>  | Oui           | 2011          | 1285                | 10190_CE      | M1                  | 0        |
| <b>MBE32</b>   | Oui           | 1994          | 190                 | -             | M2                  | 0        |
| <b>MBE2300</b> | Oui           | 1985          | 686                 | -             | M3                  | 0        |
| <b>Hotte</b>   | Oui           | 2008          | 15                  | 9086_W        | M5                  |          |
| <b>Hotte</b>   | Oui           | 2008          | 15                  | 9082_W        | M6                  |          |
| <b>RX D8</b>   | Oui           | 2012          | 305                 | 10407_W       | M4                  | 0        |

## Maintenance significatives

## Année passée

MBE-32 Installation d'un nouveau système de pompage Pfeiffer pour le SAS.

Réparation canne transfert substrats.

MBE-412 Ouverture réacteur :

Nettoyage manipulateur et réacteur, remplacement des 2 cellules Ga ABN150DF par ABN300DF,

Remplacement du cracker As VCAs 700 par VAC500, Remplacement jauge/flux, Mise en place nouvelle cellule Bi VCOR 110, mise en place de 2 hublots chauffants, remplacement cellule azote révisée....

Remplacement de l'axe Z et galets du cluster et installation d'une vanne électropneumatique.

## Année à venir

MBE-32 Ouverture du réacteur :

Recharge des cellules, nettoyage hublots, mise en place d'un hublot chauffant, remplacement écran Rheed.....

## Evolutions significatives

## MBE32

Une alimentation de jauge de flux a été changée sur le MBE32 afin de mesurer de façon plus reproductible les flux lors des calibrations. En effet, l'ancienne jauge, datant de l'achat du bâti, était instable et semblait provoquer un vieillissement accéléré des filaments.

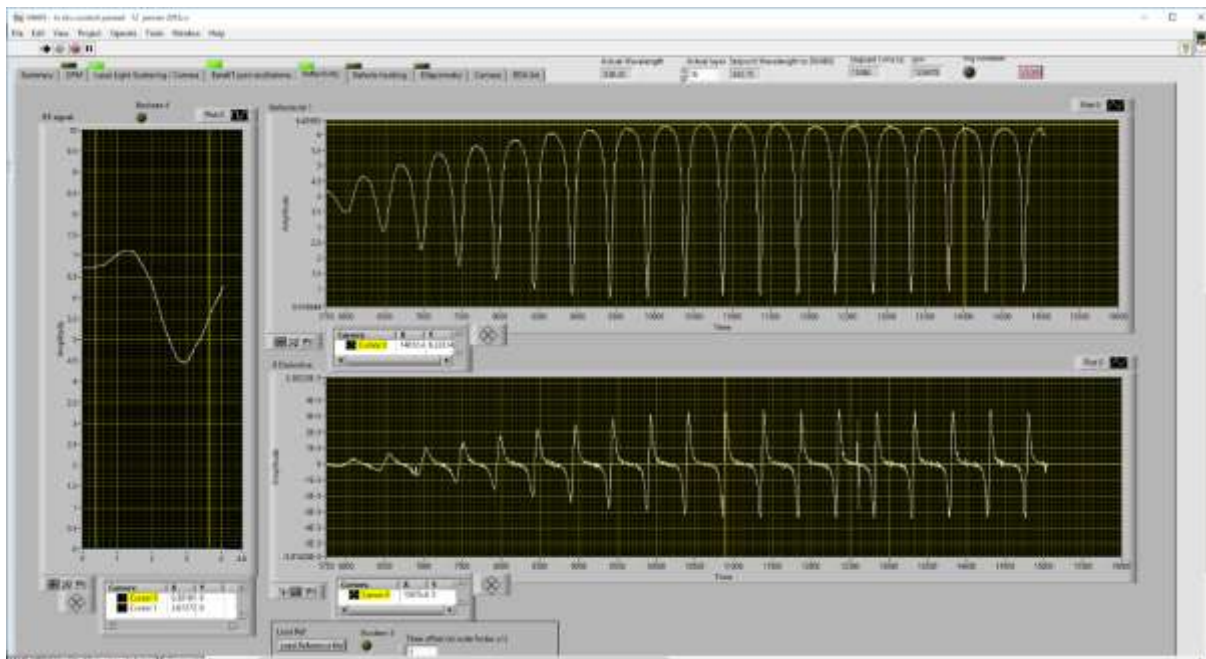
## MBE412

Les deux cellules Ga ABN300DF, d'une capacité double des ABN150DF, ont été montées. L'autonomie du bâti devrait donc approcher l'autonomie nominale répondant à cahier des charges lors de l'achat de la machine (a priori doublée par rapport à la campagne précédente). Ces cellules ont été fournies gratuitement par Riber.

L'une des cellules In a été remplacée par une cellule Bi (remplacement creuset + charge).

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

- Montage d'une caméra sur le port normal au substrat (port BandiT)
- Suivi de la réflectivité à 70°, à longueur d'onde variable grâce au pilotage à distance sur monochromateur DK480 en Labview
- Suivi de rugosité par la mesure de la lumière diffuse réfléchiée par la surface en croissance (analyse de l'image camera)
- Collecte des spectres de transmission BandiT pour traitement en live



## Prospectives

### MBE32 (6 K€)

Ce bâti sera équipé prochainement d'un hublot chauffant sur le port à incidence normale au substrat afin de permettre un contrôle de température du substrat via le BandiT du MBE412.

### OFM sur MBE412 (5-25 K€)

La vitesse de croissance d'un élément provenant d'une cellule d'effusion (typ. Le Ga) dépend très fortement du passif du cache de la cellule. En effet, lorsque celle-ci est fermée quelques minutes, la pression dans la cellule augmente, et on observe une surpression pouvant aller jusqu'à 10% du flux nominal pendant un temps pouvant atteindre plusieurs minutes. Or, il est souvent nécessaire de contrôler ce flux à mieux que 1%, sur des temps courts de l'ordre de la minute.

Cette surpression est dépendante de la recette. L'environnement de recherche du bâti impose des croissances toutes différentes, et donc une longue mise au point pour chaque croissance réalisée. Cette étape se révèle coûteuse, et pourrait-être grandement raccourcie si on mesure directement les flux in-situ, en croissance, avec une boucle de rétro-action sur la température de la cellule mesurée. Des preuves de faisabilité de mesure optique des flux (OFM pour Optical Flux Monitoring) ont été reportées dans la littérature, mais un interfaçage direct avec le soft de contrôle de la machine n'a jamais été réalisé.

Suite à une interaction fructueuse entre le LAAS et Riber, un nouveau soft a été développé, permettant cet interfaçage.

Nous souhaitons donc monter une manip de mesure optique des flux, basée sur l'absorption atomique, et réaliser les scripts d'interfaçage avec le nouveau soft Riber (Crystal XE) qui devrait être installé courant mars sur le bâti.

### FIB sur MBE412 (1000K€)

Une autre évolution majeure sera l'arrivée, courant mars, d'un FIB ultravide connecté à la chambre cluster du MBE412. Cet outil, développé entre le LAAS, Orsay Physics, Riber SA, et l'IM2NP de Marseille dans le cadre du FUI Ultinatool.

Ce FIB sera équipé d'une source Ar et d'un MEB. Un postdoc de 1 an et un AI CDD seront embauchés dans le cadre de ce projet

## ORGANISATION

### Personnel

- Arnoult Alexandre(IR1) : responsable de zone
- Lacoste Guy (IEHC)

## Gestion des activités

L'activité sur le MBE32 est auto-gérée par Chantal Fontaine qui en est la seule utilisatrice en ce moment. Le personnel TEAM assurant toutes les fonctions support et une assistance à la réalisation de certaines épitaxies quand nécessaire

Sur le MBE412, Sébastien Plissard et son postdoc (Daya Dhungana) réalisent les croissances à base de nanofils, et Alexandre Arnoult réalise les croissances répondants aux autres demandes internes au LAAS, ou externes via le réseau Renatech (structures III/V).

## 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 non dopée, et mesure par effet Hall VdP | Typ. Tous les 3/4 mois    |
| Calibrations des épaisseurs et compositions d'alliages | Croissance de structures test – mesures RX ou PL                                | Quasiment journalier      |

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

| 2015           | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|----------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| Montants En K€ | 20         | 6.6          | 30           | 10      | 0.5      |

### Prévisionnel année à venir

| 2016           | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|----------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| Montants En K€ | 15         | 11.6         | 28.5         | 0.86    | 0        |

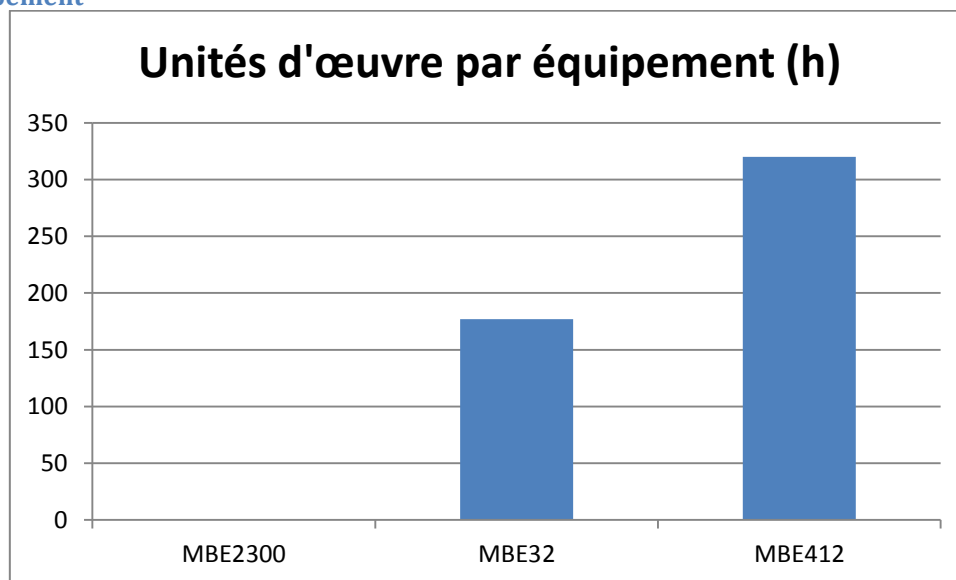
## FORMATIONS

| 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               | 1                                |

|                    |                |    |   |    |   |
|--------------------|----------------|----|---|----|---|
| Formation pratique | Reflectivité X | 4H | 3 | 12 | 3 |
| Formation pratique | GIXRD          | 4H | 2 | 8  | 2 |

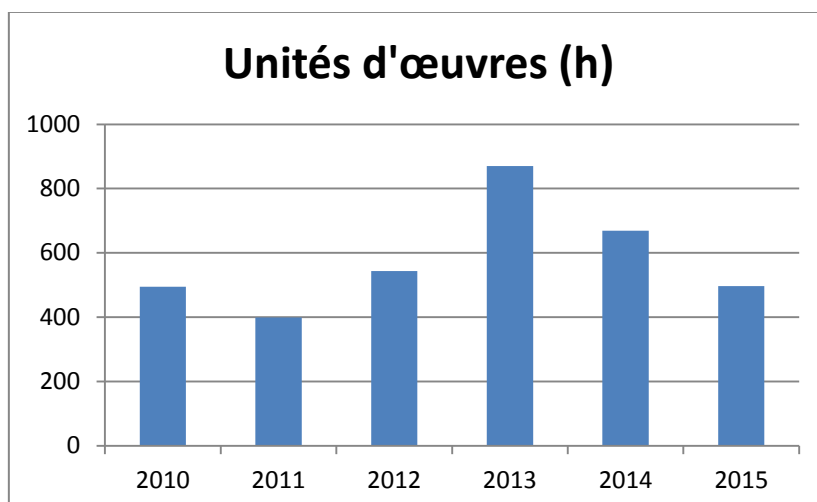
## BILAN

### Par équipement

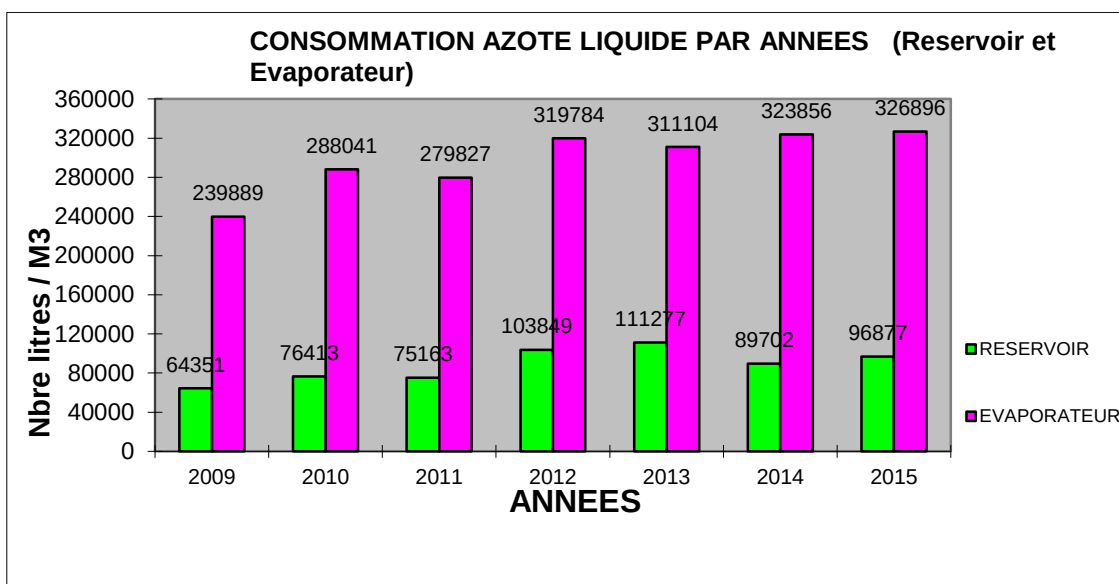


- Le MBE2300 est à l'arrêt sous ultra-vide en attente de financements pour son éventuelle reconfiguration. Des projets ont été déposés afin de rénover le manipulateur et d'y installer de nouveaux matériaux.
- Le MBE32 a subi une importante cure de jouvence (financée par les pénalités de retard du MBE412 par Riber). Son activité est principalement centrée sur les alliages à base de Bi.
- Le MBE 412 a été arrêté 9 mois dans l'année. Cette durée est due principalement à des délais d'approvisionnement anormalement longs sur des creusets pour lesquels nous n'avons qu'un fournisseur. Malgré cela 118 épitaxies, pour 320H de croissance ont été réalisées dans l'année. Elle s'explique aussi par l'ouverture du bâti (cf. 1.2.1) qui est une opération très minutieuse qui nécessite à la fois une grosse préparation et un surcroît d'activité lors de l'ouverture. Elle a été mise à profit pour développer notamment les outils de suivi in-situ (cf. 1.3.2).

### Evolution au cours des années



La baisse s'explique par le fait qu'il n'y a eu que 3 mois d'activité sur le MBE412 en 2015.



## SYNTHESE

### MBE32

Les croissances de bismures ont été menées par Chantal Fontaine (PHOTO). Notamment, des couches très diluées ont été réalisées.

### MBE412

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

Concernant l'activité de service, notons que même si la croissance de matériaux III/V à base d'arséniures de Ga est maîtrisée dans les grandes lignes depuis de nombreuses années, une mise au point longue doit être réalisée avant la croissance de chaque nouvelle structure. Les contraintes en termes de concentrations d'alliages et d'épaisseurs dépassent souvent les limites de stabilité des flux, et il faut régulièrement composer avec ces dérives et fluctuations, sans compromettre la qualité de la couche (rugosité, défauts). La mise en place d'un outil de mesure directe des flux permettrait d'alléger cette étape très gourmande en temps, et donc en coûts de croissances.

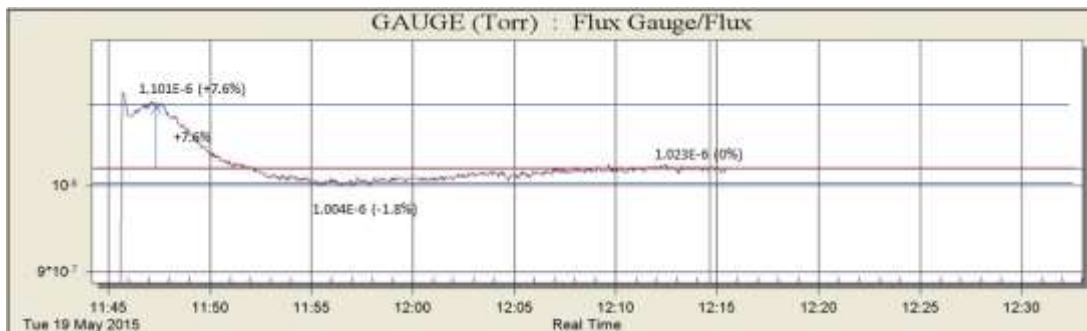
Enfin, l'année 2015 a été marquée par de longues période pendant lesquelles le MBE412 a subi de multiples interventions techniques pour faire face à de nouvelles pannes (effondrement du bras cluster suite à un mauvais dimensionnement d'une pièce par UHVDesign, grippage de roulements sous UHV, casse du creuset Sb, qui a nécessité le démontage complet de la cellule, et son remplacement, etc...). S'ajoute à ces pannes des délais de livraison anormalement longs.

De nouveaux outils ont été développés, ou sont en cours de développement afin de suivre au mieux les croissances, nécessitant par exemple le codage du calcul de réflectivité par la méthode des matrices de transfert en LabView.

Le MBE412 répond entièrement au critère d'uniformité pour lequel il a été acheté. Il permet aussi de travailler en batch (série de plusieurs croissances), de façon automatique. Cette façon de travailler se révèle particulièrement efficace pour la croissance de nanofils, nécessitant des séries dans lesquelles quelques paramètres sont changés.

Concernant les structures complexes, qui forment la base des demandes autant internes qu'externes : comme pour tout bâti d'épitaxie par jets moléculaires, la mise au point de la croissance d'une structure particulière nécessite la prise en compte de paramètres inter-dépendants, que l'on peut anticiper dans les grandes lignes, mais qui nécessitent d'être affinés pour chaque structures afin de rentrer dans les spécifications demandées. Par exemple, il est courant d'avoir dans une demande une tolérance de 1% sur les épaisseurs, alors que le flux

sortant des cellules varie de 10% entre le moment où le cache est ouvert, et lorsque le régime est stable. Ces transitoires de flux sont reproductibles, mais dépendent fortement de l'histoire de la cellule (durée d'ouverture/fermeture avant la couche), et donc des couches précédentes, qui ne sont jamais les mêmes...



Transitoire de flux de la cellule de Ga (l'abscisse est en hh:mm)

Les industriels qui utilisent le même type de bâtis, ou plus gros, sont confrontés au même problème. C'est pourquoi ils refusent de fournir des couches sur mesure sans s'engager sur au moins 100 unités. En effet, la phase de mise au point n'est pas considérée comme rentable au delà.

Comme il est impossible de commander des couches sur mesures à un industriel, nous nous sommes équipés du MBE412.

Toutes les couches réalisées au laboratoire sont des modèles uniques. C'est notre force, et nous travaillons à rendre la phase de mise au point la plus efficace possible, d'où la nécessité de développer des outils de contrôle in-situ. La phase ultime sera l'interfaçage de ces outils de contrôle avec l'automate qui gère les croissances. Le LAAS a été moteur auprès de Riber dans le développement d'un nouveau système, entièrement configurable et pouvant interagir avec des input/output externes. Cet outil a été développé récemment, et va être déployé gracieusement par Riber courant mars 2016 sur nos machines grâce à cette très forte interaction.

## 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

- Maintenances préventives annuelles classiques (ALD, ICPECVD, Centrotherm).
- Réparation de deux PC industriels "Cesar" sur les fours Centrotherm.
- Nettoyage de pièces en quartz (Four Reve).
- Remplacement de plusieurs débitmètres massiques.
- A ce sujet, nous avons fait intervenir plusieurs commerciaux afin de vérifier la compatibilité des différents MFC numériques pour une maintenance plus autonome.

##### Année à venir

- Maintenance préventive du scrubber Centrotherm.

#### 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

La partie software du bâti PECVD STS sera rétrofité dans le cadre d'un projet COM2I.

## 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.
- Intervention de Sylvain Pelloquin dans les développements et calibrations de l'ICPECVD

### 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 SiO <sub>2</sub> déposé par PECVD | 1. Dépôt de SiO <sub>2</sub> par PECVD dans l'ICPECVD et le CCPECVD | Tous les mois |

#### Qui vont être mises en place

| Objectif                                         | Nature de l'action conduite                                                                                                                                  | Fréquence          |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Qualification de l'épaisseur d'oxyde thermique   | 1. Oxydations thermiques sèches et humides de 25 plaquettes par tube                                                                                         | Tous les semestres |
| Qualification de la qualité de l'oxyde thermique | 1. Nettoyage RCA sur 25 plaquettes<br>2. Oxydations thermiques de grille 4 nm, 55 nm et 100nm dans chaque tube<br>3. Caractérisation C(V) sur les plaquettes | Tous les semestres |

## BUDGET

### Exécuté l'année passée

| 2015           | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|----------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| Montants En K€ | 0          | 1,3          | 63,8         | 5,5     | 0        |

Le budget maintenance est conséquent et principalement dû aux préventives de l'ALD et de l'ICPECVD (35 k€). De plus, cette année, nous avons commencé à reconstituer le stock de débitmètres massiques (12k€).

### Prévisionnel année à venir

| 2015                      | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|---------------------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| <b>Montants<br/>En K€</b> | 4,5        | 0            | 47           | 1,3     | 5        |

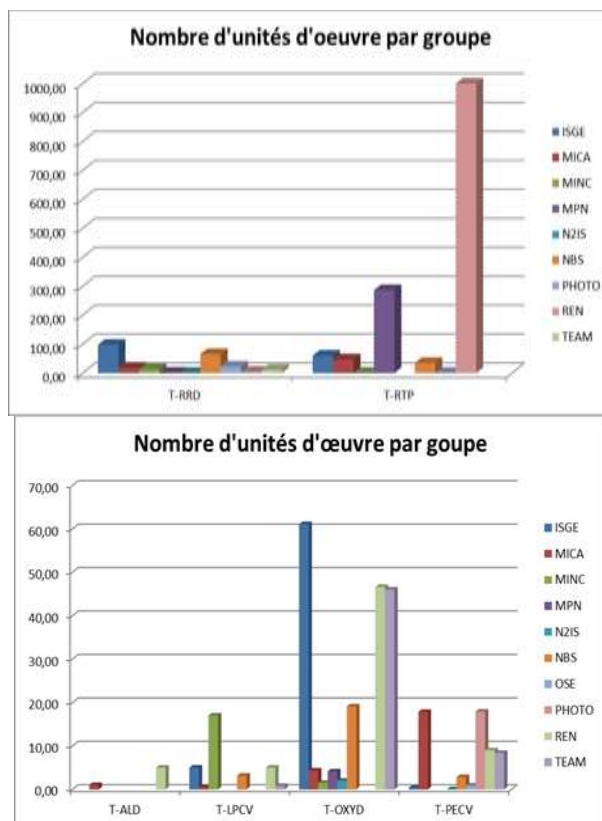
Le budget prévisionnel maintenance est en diminution car nous ne prévoyons pas l'achat d'autant de MFC que l'an dernier.

### FORMATIONS

| Type                      | Intitulé                    | Durée (h) | Nombre de sessions/an | Durée totale/an(h) | Nombre total de participants /an |
|---------------------------|-----------------------------|-----------|-----------------------|--------------------|----------------------------------|
| <b>Cours TEAM</b>         | <b>Techniques de dopage</b> | 1h30      | 1                     | 1h30               | 20                               |
|                           | <b>Oxydation thermique</b>  | 1h30      | 1                     | 1h30               | 20                               |
|                           | <b>Dépôts CVD</b>           | 1h30      | 1                     | 1h30               | 20                               |
| <b>Formation pratique</b> | <b>ICPECVD</b>              | 3h        | 3                     | 15                 | 5                                |

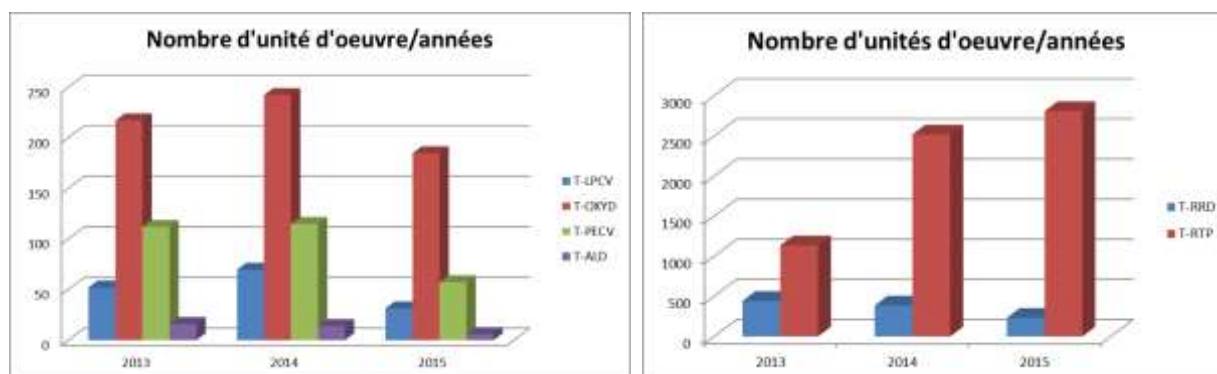
### BILAN

### Par équipement



Le four RTP a été fortement sollicité cette année en particulier par le projet Segton.

## Evolution au cours des années



La diminution du nombre de procédés liée à une baisse générale de l'activité.

## SYNTHESE

### Personnel

Jean-Christophe Marrot est maintenant formé sur tous les fours de recuits et a commencé à se former sur le bâti PECVD.

Eric Imbernon va se former sur le four REVE et sur le bâti ALD au cours de l'année à venir.

Bernard Rousset s'est investi dans les différents projets de retrofit actuels et futurs.

### Equipements

Le four Tempres 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.

### Eléments divers

Nous avons sollicité une formation en sécurité gaz qui aura lieu cette année.

Nous avons créé une "équipe MOS" composé d'un binôme chercheur (Fuccio et Guilhem Larrieu) et d'un binôme ITA (Bernard Rousset et Eric Imbernon). Nous avons organisé un séminaire MOS au mois de novembre et continuons à nous voir tous les 2 mois afin d'assurer la mise en place et le suivi de l'optimisation de la technologie MOS au LAAS.

## PVD

## EQUIPEMENTS

## Liste

| Nom                              | Libre service | Année d'achat | Valeur d'achat (k€) | n° inventaire | Référence dans LIMS | Priorité |
|----------------------------------|---------------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|----------|
| <b>EVA 600</b>                   | non           | 2010          | 165                 | 10008-P       | D1                  | 0        |
| <b>Edwards</b>                   | non           | 2003          | 691.5               | 6771-C        | D5                  | 0        |
| <b>Univex 450</b>                | non           | 2008          | 900                 | 8536-W        | D2                  | 1        |
| <b>Varian</b>                    | non           | 1996          | 160                 | 0859-P        | D4                  | 0        |
| <b>ApSy-E100</b>                 | non           | 2010          | 130                 | 10089-PE      | D6                  | 0        |
| <b>Plassys</b>                   | non           | 2013          | 350                 | 10760-CV      | D3                  | 1        |
| <b>Ribber</b>                    | non           | 2015          |                     | 11309-PP      | D7                  | 0        |
| <b>Hotte traitement chimique</b> | oui           | 2004          |                     | 7690-C        |                     |          |
| <b>Etuve ventilée</b>            | 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 entretien des groupes de pompes.
- Réparations :
  - Univex 450C :
    - Maintenance des six pompes cryogéniques.
    - Maintenance porte substrat tournant chambre 3.

## Année à venir

Acquisition d'un porte substrat tournant supplémentaire pour l'univex 450, enfin de réduire les temps d'immobilisation des chambres de dépôts.

## Prospectives

## PVD thermie (400 k€)

Acquisition 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".



## 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 se fait en salle blanche et en concertation entre les demandeurs et les référents afin d'organiser au mieux l'activité.

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

Un planning 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<br>(sur l'assemble des équipements de la zone)           | Mesure de marches<br>profilomètres tactile | 1 fois tous les<br>15 jours |
| Décontamination enceinte de dépôts métalliques<br>(sur l'assemble des équipements de la zone) | Nettoyage mécanique et<br>chimique         | 2 fois par an               |

#### Qui vont être mises en place

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

## BUDGET

### Exécuté l'année passée

| 2015              | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|-------------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| Montants<br>En K€ | 54.3       | 1.8          | 39           | 0       | 0        |

### Prévisionnel année à venir

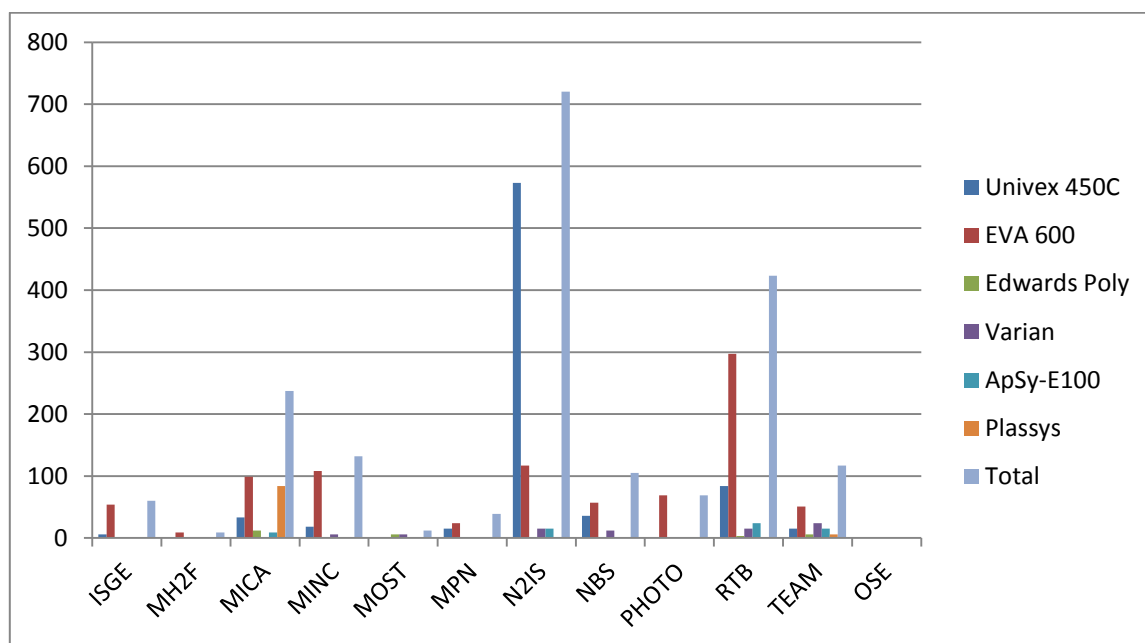
| 2015              | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|-------------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| Montants<br>En K€ | 50         | 0.5          | 26           | 6       | 0        |

## FORMATIONS

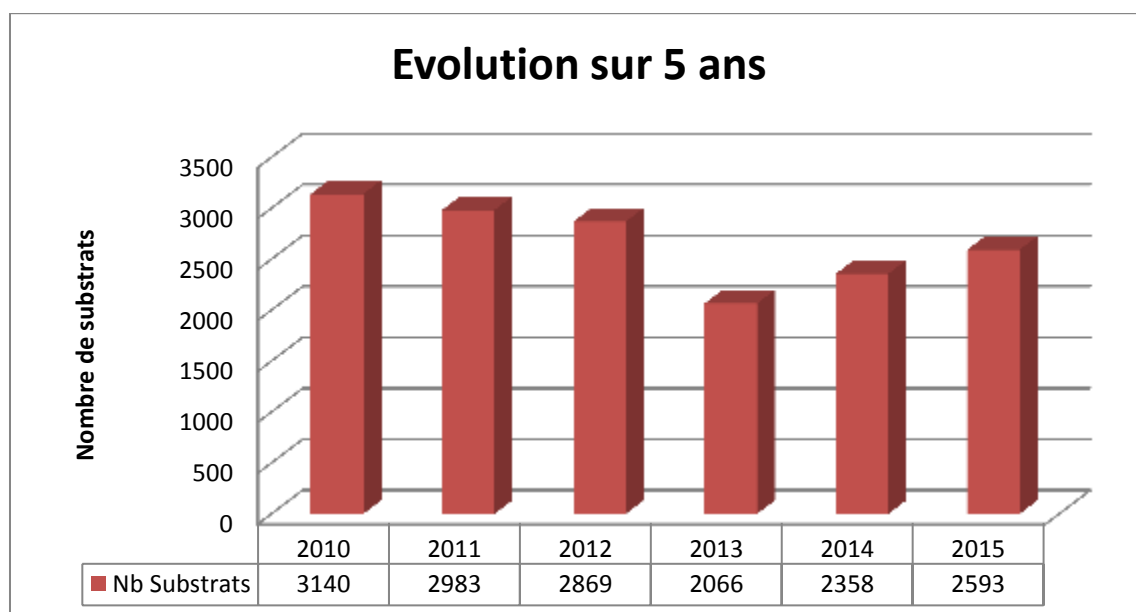
| Type                          | Intitulé                   | Durée (h) | Nombre de sessions/an | Durée totale/an(h) | Nombre total de participants /an |
|-------------------------------|----------------------------|-----------|-----------------------|--------------------|----------------------------------|
| Cours TEAM Formation pratique | Technique de métallisation | 1h30      | 1                     | 1h30               |                                  |
|                               | Technique de métallisation | 1h30      | 10                    | 13                 | 10                               |

## BILAN

### Par équipement



### Evolution au cours des années



L'activité enregistre une légère hausse.

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 du groupe N2IS 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.

## SYNTHESE

### PVD Nano

L'année 2015 a permis de conclure la commande d'un équipement d'évaporation par canon à électrons et de fonctionnalisation de surface par canon à ions. Cet équipement viendra enrichir la zone PVD et ainsi permettre de maîtriser les dépôts métalliques d'épaisseurs nanométriques.

### Bâti d'étude pour le dégazage des matériaux.

Le développement de diverses filières technologiques au sein de la salle blanche a pour conséquence la multiplication de matériaux de natures différentes. Ces derniers sont introduits dans les bâtis d'évaporation ou de pulvérisation cathodique afin d'y déposer, dans la majorité des cas, une couche métallique. Cela implique une nécessité de travailler sous vide secondaire. Afin d'obtenir une couche métallique uniforme et fonctionnelle, les matériaux à métalliser ne doivent en aucun cas dégazer lors du dépôt. Cependant, le comportement, sous vide secondaire, de certains de ces matériaux est méconnu et engendre, dans certains cas, des qualités moindres de dépôts.

Depuis peu, la zone métallisation est dotée d'un bâti munie d'une chambre à vide secondaire, d'un chuck thermorégulé et d'un spectromètre de masse. Cette chambre d'étude permettra de déterminer les meilleurs paramètres à appliquer (temps de dégazage, vitesse de dépôt...) pour améliorer la qualité des dépôts sur les matériaux concernés.

## 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<br>7212_CV                    |                     | 0        |
| Hottes flux (x4)                                           | Oui           | 2008          | 38.7                | 9081_W<br>9083_W<br>7798_C<br>7774_CV |                     | 0        |
| Réacteurs RENA                                             | non           | 2004          | 219                 | 7965_CV                               | E1<br>E2<br>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<br>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        |
| Agitateur 3D                                               | oui           | 2008          | 0.6                 |                                       | E19                 | 0        |
| Béchers, électrodes...                                     | non           | 2008          | 1                   |                                       |                     | 0        |
| bacs thermo-régulés sur la paillasse KOH-TMAH              | oui           | 2009          | 30.5                | 9680_CE                               | E20<br>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<br>E16<br>E17   | 0        |
| Générateur 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          | 9                   | 9925_CE                               | E3                  | 1        |

#### Maintenances significatives

##### Année passée

- Fissure Bac Auroless
- Régulation température bac développement & Ultrasons
- Clamp machine Rena Vertical

##### Année à venir

- Rena Or 6 pouces : Suite à une microcoupure EDF fin 2015 un module d'asservissement gérant l'agitation du bain a grillé et devra être remplacé en 2016.
- Rena Cu : Changement moteur ventilation du groupe froid



## 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. Nous allons étudier son adaptation pour le généraliser sur les autres systèmes RENA. Des échanges sont en cours avec l'équipementier pour créer une collaboration et faire un développement commun.

## Prospectives

### Réacteur de dépôt de développement (18 k€)

La société Yamamoto a développé de nouveaux réacteurs de dépôt compacts, performants compatibles 4 et 6 pouces. Ils nous permettraient de remplacer nos béciers. Nous continuerions à développer la chimie des bains dans ce réacteur tout en étant au plus proche des conditions de dépôt des équipements automatiques facilitant ainsi le transfert des bains vers ces équipements une fois la chimie figée.

Cela permettrait également de bénéficier d'une meilleure qualité de dépôt pour les projets en développement dans les béciers.

### Caméra (1.5 k€)

Le microscope de la zone bénéficiera d'une caméra permettant les observations sur le pc ainsi que la prise de photos et la prise de dimensions.

## ORGANISATION

### Personnel

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

### Gestion des activités

A. Durlach sera en charge de l'analyse des bains chimiques afin de maintenir l'équilibre chimique et la qualité des dépôts. Il réalisera une partie des dépôts de routine et sera également en support aux utilisateurs de la zone.

D. BOURRIER sera en charge du reste des dépôts de routine ainsi que tous les développements et le support pour les projets de recherche interne et externe. Il sera en charge également du développement des nouvelles briques technologiques associées à l'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 et fumigène    | Tous les 3 ou 6 mois |

## BUDGET

## Exécuté l'année passée

| 2015              | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|-------------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| Montants<br>En K€ | 1.65       | 2.6          | 2.9          | 0       | 0        |

## Prévisionnel année à venir

| 2015              | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|-------------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| Montants<br>En K€ | 2.6        | 4.8          | 1            | 0       | 0        |

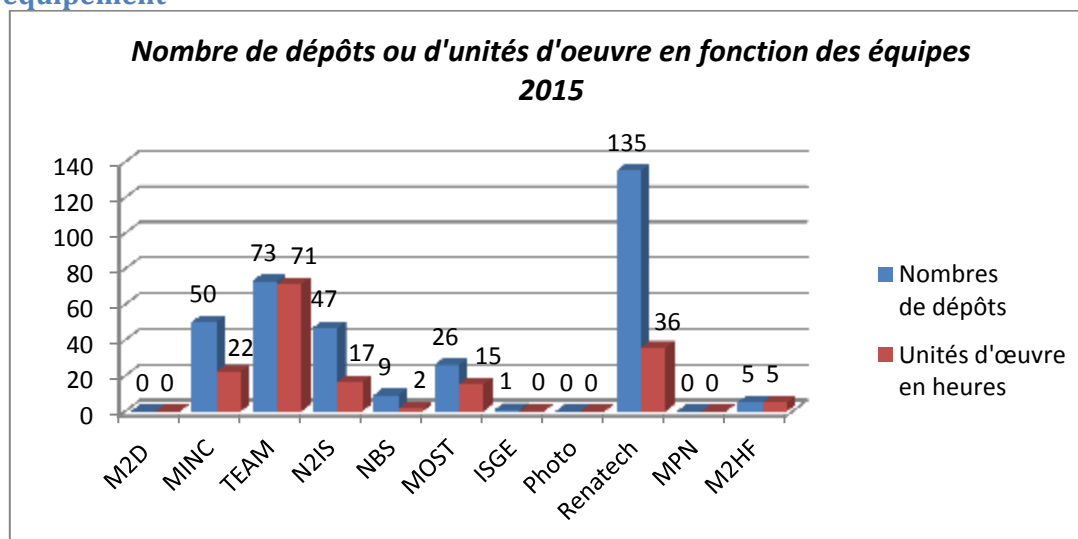
L'augmentation du prévisionnel pour le consommable correspond aux tests de nouveaux bains de cuivre apportant de meilleures performances ainsi qu'à la mise en place d'un bain de dépôt de Nickel.

## FORMATIONS

| Type                             | Intitulé                         | Durée (h) | Nombre de sessions/an | Durée totale/an(h) | Nombre total de participants /an |
|----------------------------------|----------------------------------|-----------|-----------------------|--------------------|----------------------------------|
| Cours TEAM<br>Formation pratique | Cours dépôt électrolytique       | 1h30      | 1                     | 1h30               | 15                               |
|                                  | Formation Utilisation KOH - TMAH | 2         | 2                     | 4                  | 2                                |

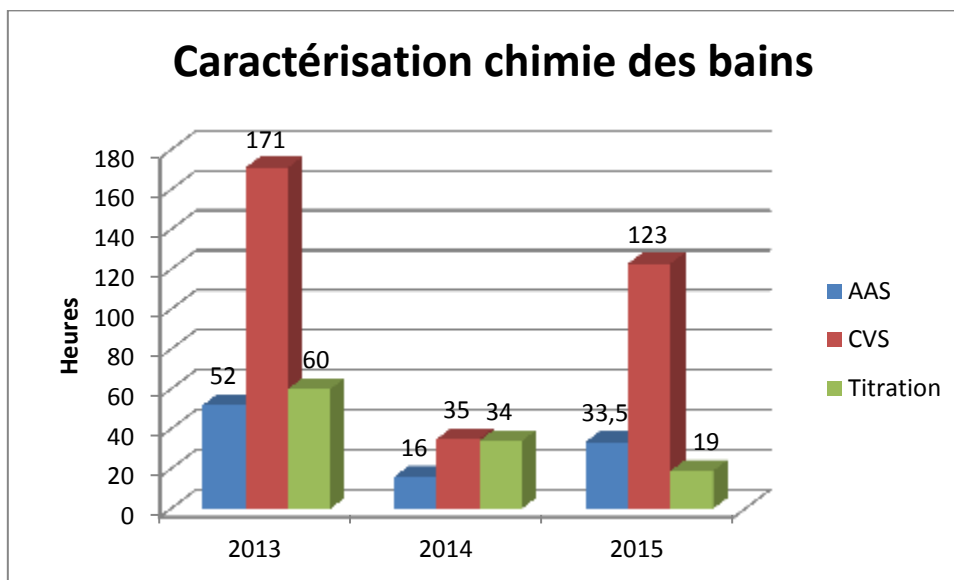
## BILAN

## Par équipement

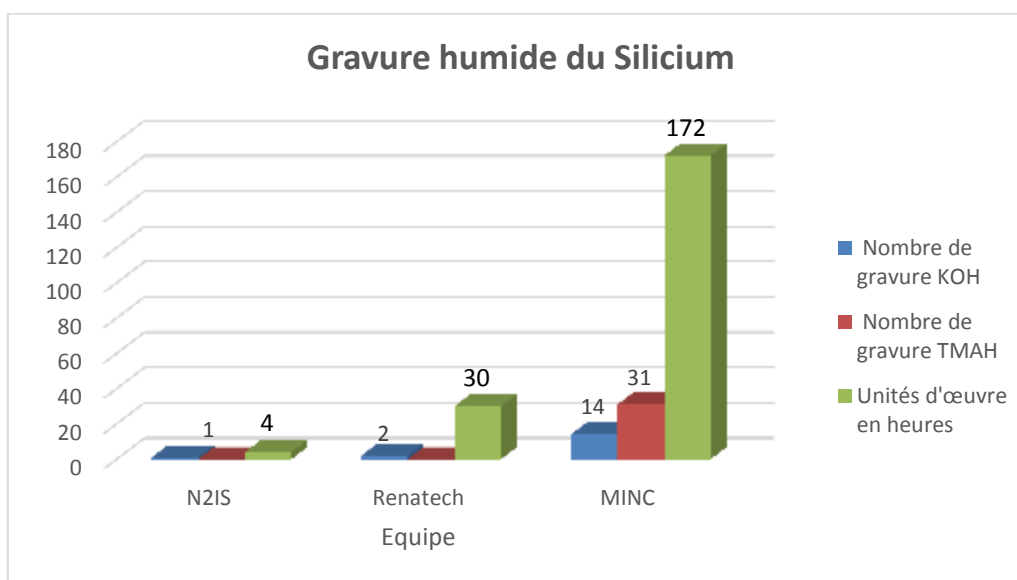


Cette année l'électrochimie a été sollicitée par 6 équipes du LAAS et plusieurs projets Renatech. Team a pris en charge l'évaluation d'un nouveau bain de cuivre permettant de multiplier par 10 la vitesse de dépôt, ainsi que les wafers tests nécessaires pour certifier la qualité des dépôts, ce qui explique qu'il soit le deuxième utilisateur.

On peut remarquer également que le nombre de dépôts demandé par Renatech est important mais représente au final peu de temps de dépôt. Néanmoins quels que soient les temps de dépôt, l'implication humain reste importante.

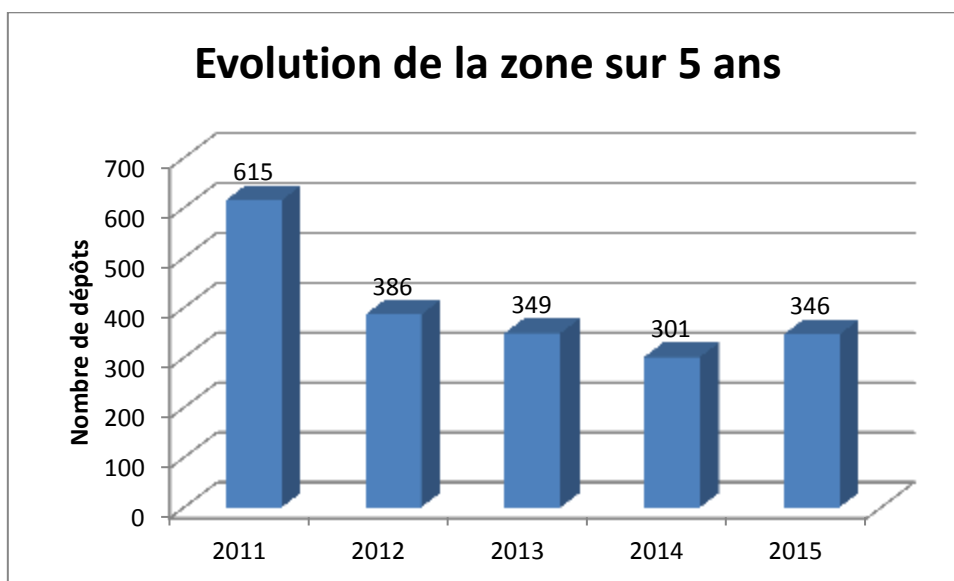


L'utilisation de l'application GRR depuis quelques années nous permet d'avoir un bilan des temps que nous passons pour la caractérisation de la chimie des bains afin d'en assurer la stabilité. Pour l'année 2015, cela représentait une demi-journée par semaine.

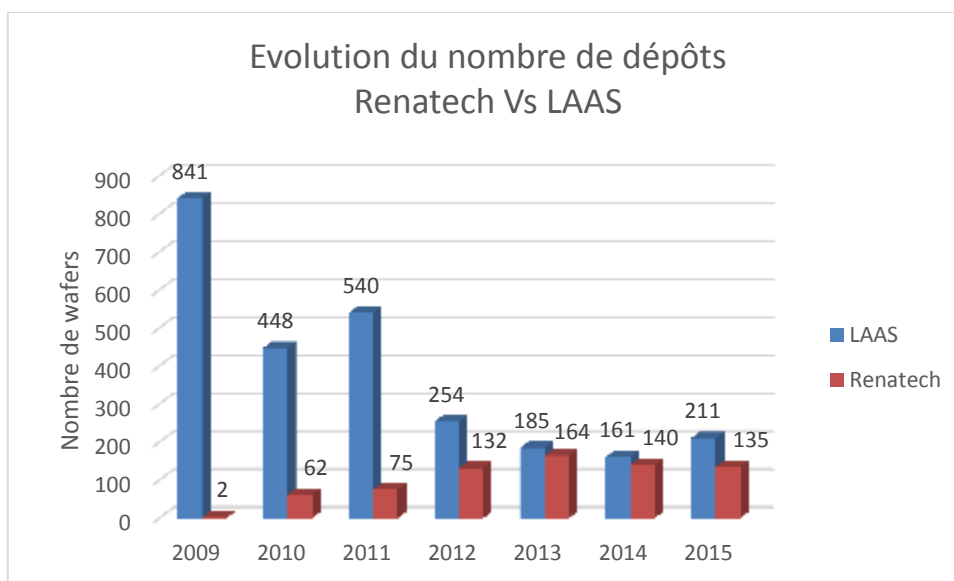


Le nombre de gravures humides a diminué par rapport à 2014. La zone est en libre service. Malgré la réservation des bacs de gravure en ligne le nombre de gravures reporté sur le graphique est certainement inférieur à la réalité des opérations menées. Cela pointe un manque des utilisateurs quand aux réservations.

## Evolution au cours des années



Cette année le nombre de dépôts est légèrement supérieur à 2014 : ceci est dû en grande partie à l'évaluation d'un bain de cuivre à haute vitesse de dépôt.



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 confirmé encore la forte demande de l'électrochimie dans les projets Renatech. Il y a eu 5 projets demandeurs de cette ressource. Le nombre de wafers est resté stable par rapport à 2014. Ces demandes devraient être reconduites pour 2016.

## SYNTHESE

### Générale

L'année 2015 marque une légère augmentation de l'activité. Le nombre de dépôts demandé par les projets Renatech reste constant et représente une part importante de l'activité de la zone.

Nous avons également été sollicités par d'autres laboratoires (IEMN, IEF LPN, C2N...) pour notre expertise dans le domaine et notre aide pour développer l'activité électrochimie dans ces laboratoires.

### Ressources humaines

Les trois années avec Sylviane Baster nous ont permis de retrouver une dynamique de mise au point de nouveaux procédés qui permet de proposer de nouvelles possibilités à l'ensemble de la communauté.

Malheureusement son contrat s'est terminé en décembre 2015 avec l'impossibilité de la reconduire pour une année supplémentaire lié au fait que l'on ne peut plus au CNRS dépasser 3 années de CDD. Elle sera remplacée par un nouveau CDD M. Arnaud Durlach qui sera uniquement à **50%** sur la zone d'électrochimie.

Ce départ et la diminution du temps alloué va obligatoirement modifier l'organisation de la zone. Il faudra dans un premier temps former M. Durlach à la technologie, aux différents équipements de la zone et de la salle blanche. Puis il réalisera le suivi chimique des bains ainsi qu'une partie des dépôts de routine. David Bourrier s'occupera 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 vont fortement diminuer.

La zone électrochimie est encore plus fragilisée, car ce n'est encore qu'un poste CDD et à 50% sur une activité pérenne. Ce poste à mi-temps va limiter fortement l'activité de développement de la zone électrochimie. A la fin de son contrat décembre 2016, 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 pour la bonne poursuite de l'activité de la zone électrochimie. Mais le procédé de recrutement, de formation est très chronophage, énergivore et se fait au détriment des projets et des développements de nouvelles briques technologiques.

### Innovations

Le personnel TEAM a développé ces dernières années de nouvelles briques technologiques. Néanmoins les chercheurs du LAAS ne se les sont pas appropriées.

L'utilisation de cette ressource en interne reste essentiellement basée sur les briques technologiques développées il y a plusieurs années. Il y a plus de développement pour les projets Renatech.

Nous cherchons la meilleure voie pour retrouver une dynamique de développement entre chercheurs et ITA et exploiter au mieux des intérêts du laboratoire le potentiel de cette zone. Dans ce but un séminaire a été organisé en 2014 mais aucune piste réellement concrète n'en est ressortie. Il nous apparaît nécessaire de relancer un travail commun ITA/chercheurs en amont des projets, pour identifier de nouvelles pistes de développement. Pour cela l'implication des chercheurs sera nécessaire, mais il n'est pas aisé de trouver la façon la plus efficace de procéder pour avoir cet échange.

## CHIMIE

### EQUIPEMENTS

#### Liste

| Nom                                                                           | Libre service | Année d'achat | Valeur d'achat (k€) | n° inventaire | Référence dans LIMS | Priorité |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|----------|
| Tournette RC8                                                                 | Oui           | 2000          | 23                  | 7852_CV       | F14                 |          |
| Hotte chimie exploratoire                                                     | Oui           | 2008          | 14                  | 8474_W        | F13                 | 1        |
| Poste de nettoyage RCA et piranha collectif 6 "                               | Oui           | 2005          | 122                 | 8475_W        | F12                 | 0        |
| Poste de nettoyage RCA et piranha collectif 4 "                               | Oui           | 1990          | 61                  | -             | F10                 | 1        |
| Poste chimie GaAs                                                             | Oui           | 2005          | 23                  | 8473_W        | F8                  |          |
| 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                  | 0        |
| Hottes chimie                                                                 | Oui           | 2005          | 46                  | 8472_W        | F2                  |          |
| 1 poste de chimie technologie MOS                                             |               |               |                     |               | F9                  |          |
| 2 postes de chimie                                                            |               |               |                     |               | F1                  |          |
| Poste d'attaque collectif par Buffer HF pour technologie MOS                  | Oui           | 2005          | 21                  | 8471_W        | F11                 | 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                  | 1        |

#### Maintenances significatives

##### Année passée

Panne du générateur d'ultrasons poste AZ100 remover bac 2 (réparation effectuée par IBS)  
Diverses pannes de commandes de fluides

##### Année à venir

Réparation contrôle de température bac HNO<sub>3</sub> RCA 6 pouces, diverses réparation de commandes de fluides bain thermostaté AZ100 remover

#### Evolutions significatives

Appel d'offres dans le cadre de la refonte de la chimie en salle blanche, les postes de la zone chimie qui font partie de ce premier volet sont les postes « solvants propre » et « solvants et PDMS » qui permettront à terme de combler l'espace dégagé par le déménagement des équipements MOS dans un espace dédié ainsi qu'un poste nanoMOS polyvalent pour cet espace.

## Prospectives

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

Prolongations sur 5 à 10 cm des cotés de la partie surmontant le plan de travail des postes chimie « gravure métaux » et « HF métaux » pour une meilleure canalisation des flux d'air (protection des opérateurs). Mise en place de volets rabattables en partie haute sur ces mêmes postes dans le même but ainsi que pour mieux prévenir les projections.

### **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) ou d'autres mélanges acides agressifs (ex : HBr/oxydant pour gravure isotrope III/V) dans de meilleures conditions de sécurité.

### **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 canalisations ou des dégazages), la manipulation de substances à l'abri de l'oxygène et de l'humidité (par exemple pour des traitements de surface spécifiques), ou la protection de l'opérateur vis-à-vis de substances présentant un risque particulier.

### **Poste solvants propres (appel d'offre en cours)**

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 (appel d'offre en cours)**

Poste solvants équipé d'une pompe chimique à membrane (vide limite 2 mbar) permettant par exemple le dégazage de PDMS ou le remplissage de cavités par utilisation d'une pression réduite sans risque de dégrader le réseau de vide primaire de la salle blanche.

### **Sorbonne polyvalente MOS (18 k€)**

Mise en place dans le nouvel espace MOS d'une sorbonne dédiée aux activités nanoMOS permettant de travailler en sécurité dans un espace exempt de contaminations susceptibles de nuire à cette technologie.

### **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 remove et autres mise à jour (6 k€)**

Modification de ce poste permettant de condenser les vapeurs d'AZ100 remove 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.

### **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.

### Équipement 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, meilleure 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 |

#### 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   |
| Qualification des procédés de nettoyage RCA et piranha collectifs 6 pouces ainsi que du BOE | Réalisation d'un diélectrique SiO <sub>2</sub> après nettoyages chimiques/gravure et qualification du diélectrique par mesures $C = f(V)$ | 1 fois par semestre   |
| Qualification de bains de gravures de matériaux                                             | Gravure de matériaux et qualification des résultats                                                                                       | Autant que nécessaire |

Plus de retours sur les procédés de la part des utilisateurs profiteraient à la communauté.

## BUDGET

### Exécuté l'année passée

| 2015     | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|----------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| Montants | 0          | 29           | 1            | 1       | 1        |



En K€

### Prévisionnel année à venir

| 2016            | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|-----------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| <b>Montants</b> |            |              |              |         |          |
| <b>En K€</b>    | 0          | 29           | 2            | 6       | 1        |

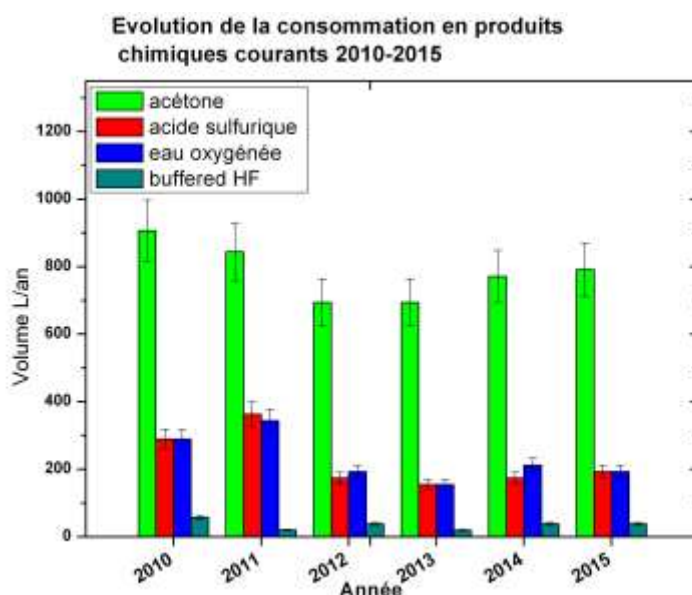
Un budget Support est prévu pour le réaménagement des postes de chimie dans le cadre de la refonte de la chimie en salle blanche ainsi que pour l'amélioration de la sécurité sur les postes existants

### FORMATIONS

| Type                      | Intitulé                                                                                    | Durée (h) | Nombre de sessions/an | Durée totale/an(h) | Nombre total de participants/an |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------------|--------------------|---------------------------------|
| <b>Cours TEAM</b>         | <b>Prévention du risque chimique en salle blanche</b>                                       | 1h30      | 1                     | 1h30               | 40                              |
| <b>Formation pratique</b> | <b>Prévention du risque chimique en salle blanche : aspects pratiques et risques locaux</b> | 2         | 12                    | 24                 | 55                              |
| <b>Formation pratique</b> | <b>Fonctionnement et utilisation de la zone chimie</b>                                      | 2         | 12                    | 24                 | 55                              |

Dans l'avenir il est prévu que Nathalie Lauber prenne en charge une partie des formations pratiques.

### BILAN



On observe une stabilité de la consommation d'acétone sur les dernières années, la baisse des consommations d'eau oxygénée/acide sulfurique à partir de 2012 s'explique par une plus grande

utilisation du plasma d'oxygène à partir de cette date pour les nettoyages de plaquettes neuves et quand le nettoyage eau oxygénée/acide sulfurique n'est pas indispensable.

## SYNTHESE

### Refonte de la chimie en salle blanche

Les travaux d'augmentation de la capacité de soufflage et d'extraction dans la centrale de technologie ont été conduits. Ils vont permettre le déplacement des postes MOS vers un espace dédié et l'installation de nouveaux postes de chimie dans le cadre de la refonte de la chimie en salle blanche. Un appel d'offres a été passé sur des postes de chimie, il ne concerne qu'une partie du projet de refonte initialement prévue faute de budget suffisant.

### Clarification de la procédure de gestion des déchets chimiques

Nathalie Lauber a réalisé des étiquetages permettant une clarification du tri des déchets chimiques et une meilleure autonomie dans cette démarche des utilisateurs producteurs de déchets.

### Gestion des activités

La zone de chimie est centrale pour la salle blanche au même titre que la photolithographie. Elle nécessiterait un soutien en personnel plus permanent. Aujourd'hui elle s'appuie sur 1,5 ETP grâce à l'implication de N. Lauber dans le cadre de l'ARTT. Trouver une solution pour que ce mi-temps ARTT se transforme en temps plein serait sans aucun doute d'un grand bénéfice à la fois pour la gestion de la zone mais pour le soutien direct aux projets de recherche.

## JET D'ENCRE

### 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<br>(8747_CM)      | 0        |
| Cuve ultrasons                                            | Non           | 2008          | 1                   |                                  |                      |          |
| Étuve Memmert                                             | Non           | 2009          | 0.5                 |                                  |                      |          |
| Granulomètre Horiba                                       | Oui           | 2009          | 29                  | 9447_W                           | J8<br>(9447_W)       | 2        |
| Centrifugeuse Fisher                                      | Non           | 2009          | 1.5                 | 9728_CE                          |                      |          |
| Microbalance                                              | Oui           | 2010          |                     | 11142_CM                         | J11<br>(9949_PB)     | 1        |
| Homogénéisateur Ultra Turrax                              | Non           | 2012          | 2.142               |                                  |                      |          |
| Agitateur chauffant Lab Mix                               | Non           | 2012          | 2.773               | 10084_CV<br>10085_CV<br>10086_CV |                      |          |
| Mesure sédimentation                                      | Non           | 2012          | 0.273               |                                  |                      |          |
| Traitement UV Ozone                                       | Non           | 2012          | 1                   | 10023_W                          | J9<br>(10023_W)      | 1        |
| Traitement UV 248nm                                       | Oui           | 2014          | 2.033               |                                  | J10<br>(11633_OA.38) | 0        |
| SPD MEMSSTAR                                              | Oui           | 2013          | 428.4               | 10745_CV                         | J1<br>(10745_CV)     | 0        |
| Sécheur Supercritique TOUSIMIS                            | Oui           | 2004          | 76.2                | 7592_W                           | J2 (7592_w)          | 0        |
| 31 degrees                                                |               |               |                     |                                  |                      |          |
| Fonctionnalisation CO <sub>2</sub> supercritique (SFD200) | Oui           | 2013          | 160                 | 10884_W                          | J3<br>(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 SPD a été arrêté 3 mois car à la mise au point du procédé du PEG (procédé hydrophile), il y a eu une remontée importante du produit dans toutes les canalisations due à un bullage azote trop fort ce qui a entraîné une contamination importante dans toutes les parties machine : chambre, porte échantillons, douche, lignes, bulleurs...tout a été démonté et nettoyé ; l'achat d'un grand bulleur (devis en attente) sécurisera le bullage de l'azote (gaz porteur du précurseur) et permettra de s'affranchir des problèmes de contamination.

Tousimis : rechargement gaz réparation fuite gaz groupe froid : 6 semaines

##### Année à venir

A priori rien de significatif n'est attendu, sauf panne exceptionnelle.

## Evolutions significatives

Equipement de fonctionnalisation SPD : mise au point du procédé d'hydrophilisation par le PEG qui ne sera effectif qu'après l'achat d'un bulleur adapté.

Equipement de fonctionnalisation SFD 200 :

- Optimisation et fiabilisation des procédés développés
- Dépôt de SAM sur Au et structuration directe d'une SAM à l'aide d'une résine mise en forme par photolithographie
- Etude d'un nettoyage plus approprié vis-à-vis des silanes introduits dans l'équipement

## Prospectives

### Jet /spray d'encre (250 k€ jet d'encre +170 k€ spray d'encre)

La société Altatech n'assure plus la maintenance sur le Hardware et le Software de la machine jet d'encre Altadrop. Une jouvence de cet équipement serait nécessaire et notre choix se porte sur une machine CERADROP (société française) qui propose dans un même équipement la technologie jet d'encre en monobuse et en multibuses (adaptées pour de grandes surfaces avec un gain de temps) et la technologie AEROSOL JET qui est une technologie de dépôt par spray focalisé. Cette technologie permet un dépôt d'encre dont la viscosité peut aller jusqu'à 1000 cp (20 fois plus importante qu'en jet d'encre) avec une résolution d'écriture de 10µm (2.5 fois meilleure qu'en jet d'encre sur une surface non fonctionnalisée) et une distance de travail de 10 mm (10 fois plus grande qu'en jet d'encre).

## ORGANISATION

### Personnel

- Conédéra Véronique (IR) : responsable de zone
- Mesnilgrete Fabien (AI)
- Courson Rémi (IR KLOE depuis le 01/11/2015 impliqué à temps partiel sur la zone)

### Gestion des activités

La zone Jet d'Encre regroupe trois activités : le dépôt par impression jet d'encre, le dépôt par voie auto catalytique (electroless) et le traitement de surface (séchage supercritique et fonctionnalisation). F.Mesnilgrete a en charge plus particulièrement le jet d'encre et le traitement de surface aidé pour cette dernière technique par Rémi Courson. V.Conédéra a en charge le dépôt électrolytique.

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.Mesnilgrete

### 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 <sub>2</sub> | A chaque run |
| Suivi équipement SFD          | Log des produits utilisés et de la consommation de CO <sub>2</sub>        | A chaque run |
| Qualification du viscosimètre | Mesure de viscosité de l'eau                                              | Bi-annuelle  |

## 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 <sub>2</sub> | Trimestrielle |
| Qualification de la propreté de la ligne du SFD               | Run à blanc sur substrat Si et mesure de l'angle de contact                   | Mensuelle     |
| Qualification du procédé de traitement de surface par UV/03   | Mesure de l'angle de contact d'un polymère avant et après traitement          | Mensuelle     |
| Qualification du procédé de traitement de surface par UV254nm | Mesure de l'angle de contact d'un polymère avant et après traitement          | Mensuelle     |
| Qualification du viscosimètre                                 | Mesure de la viscosité d'échantillons étalons pour chaque tube                | Bi-annuelle   |

## BUDGET

### Exécuté l'année passée

| 2015                  | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|-----------------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| <b>Montants En K€</b> | 1.7        | 0            | 5.14         | 0       | 0        |

Une alimentation de têtes d'impression a été achetée mais cela n'a pas résolu le problème d'impression en mode « fly » qui reste inutilisable.

### Prévisionnel année à venir

| 2016                  | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|-----------------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| <b>Montants En K€</b> | 1.6        | 2.155        | 5.305        | 3.5     | 0        |

En 2016, nous prévoyons d'acheter un bulleur de grand volume pour la machine SPD pour le précurseur PEG .

Une maintenance du viscosimètre est prévue ainsi que l'achat d'un capillaire.

## FORMATIONS

| Type                  | Intitulé                       | Durée (h) | Nombre de sessions/an | Durée totale/an(h) | Nombre total de participants /an |
|-----------------------|--------------------------------|-----------|-----------------------|--------------------|----------------------------------|
| <b>Cours TEAM</b>     | <b>Technologie Jet d'Encre</b> | 1h30      | 1                     | 1h30               | 9                                |
| <b>Cours pratique</b> | <b>Surface Preparation</b>     | 20'       | 6                     | 6                  | 6                                |
| <b>Cours pratique</b> | <b>Viscosimètre</b>            | 0         | A la demande          |                    |                                  |
| <b>Cours pratique</b> | <b>Sécheur TOUSISMIS</b>       | 0         | A la demande          |                    |                                  |

En 2016, sera proposée une nouvelle formation pratique sur l'équipement SFD200 qui permet la fonctionnalisation de surface par flux porteur de CO<sub>2</sub> supercritique.

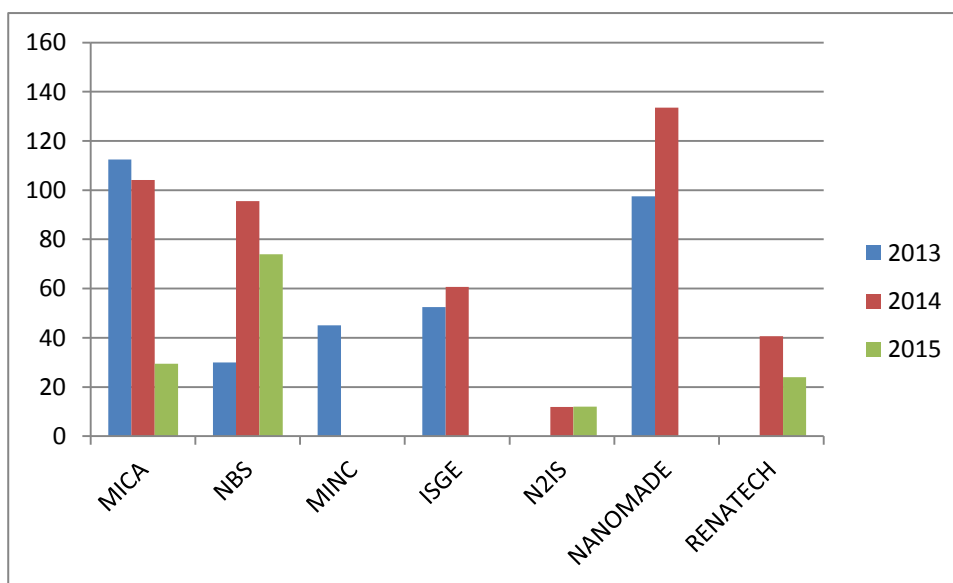
On a en préparation un cours théorique sur les techniques de fonctionnalisation de surface.

## BILAN

### Par équipement

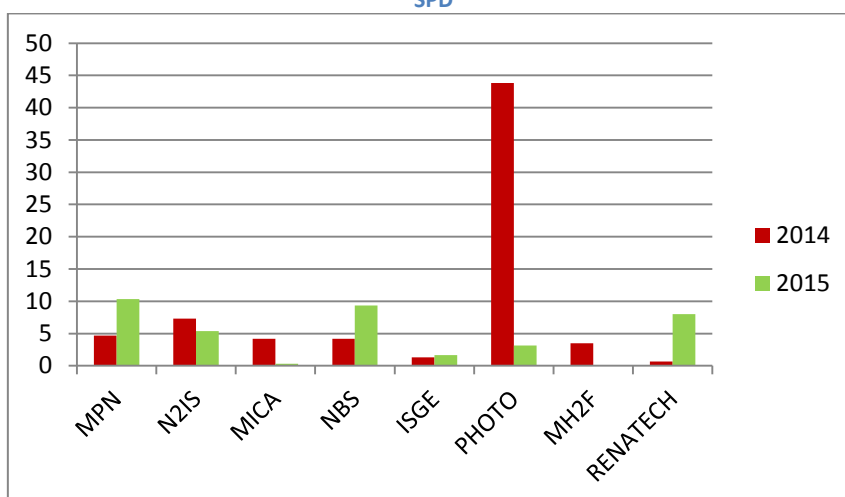
Ces graphiques donnent le nombre d'unités d'œuvre ce qui se traduit par le nombre d'heures d'utilisation machine. Si on compte en nombre de runs, il y a eu en 2015, 41 runs pour l'Altadrop, 180 pour le SPD, 87 pour le SFD et 46 pour le Tousimis.

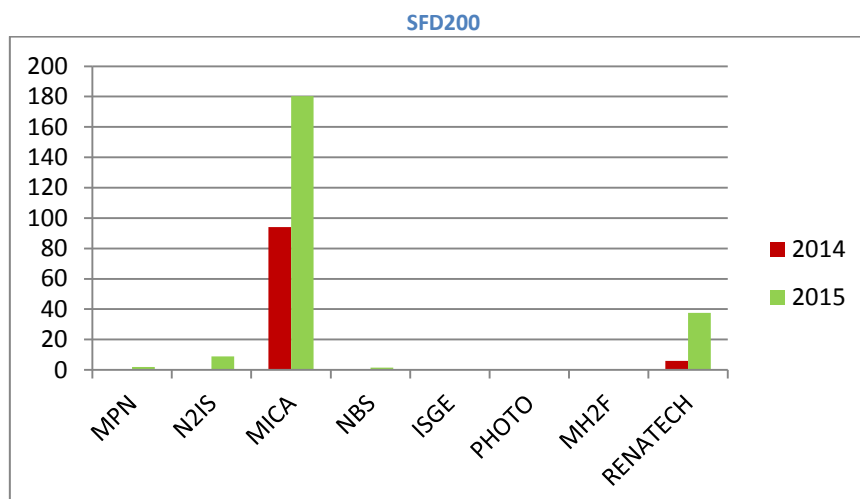
ALTADROP



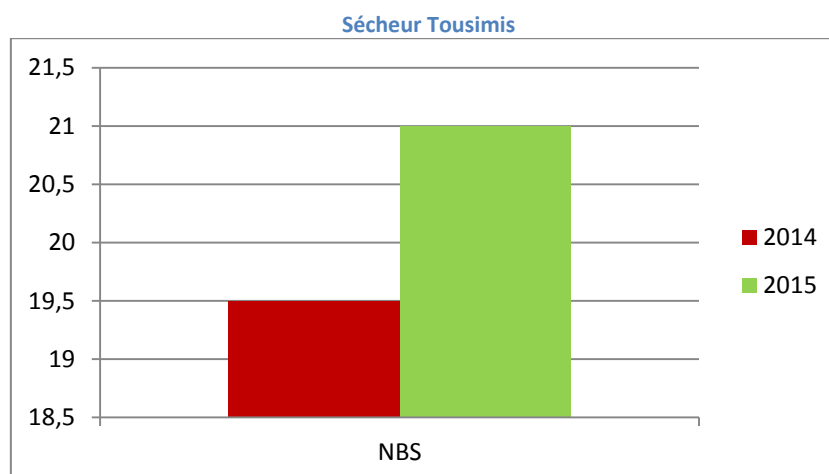
Nous constatons une baisse d'utilisation de la machine Jet d'encre qui s'explique par la fin des contrats de recherche (fin de thèses) ; de nouveaux projets sont à l'étude dont le dépôt de matériau réactif AlCuO et le dépôt d'une encre Argent conductrice.

SPD





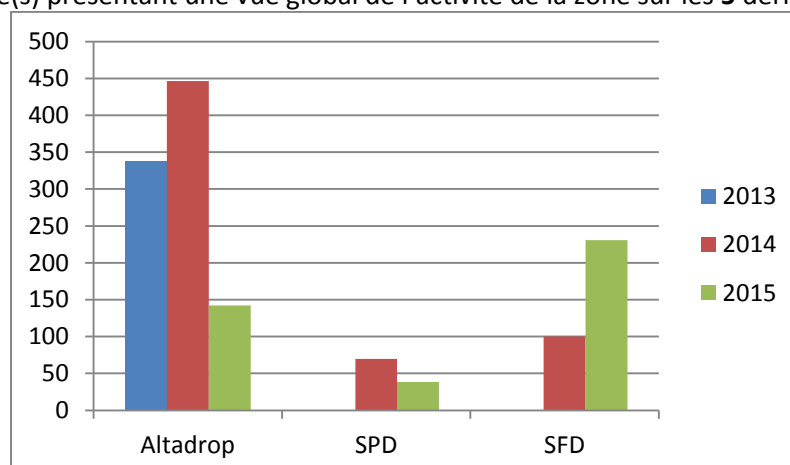
Quel que soit la technique de fonctionnalisation (SPD ou SFD), nous constatons une utilisation de ces machines de plus en plus importante ce qui nous conforte dans le choix machine que nous avons fait il y a quelques années ; la machine SFD offre la possibilité de déposer un grand nombre de molécules par CO<sub>2</sub> supercritique donnant une complémentarité à la machine SPD.



L'usage du sécheur Tousimis par NBS est centré sur le séchage de structures 3D issues du Nanoscribe.

### Evolution au cours des années

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



La baisse d'activité en jet d'encre a permis à Fabien Mesnilgrente de s'investir plus particulièrement dans la prise en main de la machine SFD et la mise au point des procédés de fonctionnalisation.

## SYNTHESE

### Equipement

Une jouvence de l'équipement Altadrop est nécessaire pour pérenniser la technologie jet d'encre ; le choix se porterait sur une machine hybride qui accueillerait la technologie jet d'encre multi buses et la technologie par spray monobuse. Cette dernière technologie présente une meilleure résolution de dépôt d'encre (10 $\mu$ m) et une plus large fenêtre d'utilisation en termes de viscosité des encres. Le coût d'une machine hybride équipée en technologie jet d'encre se monte à 250K€ auquel il faut ajouter 170K€ pour la technologie spray.

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

Les études de fonctionnalisation sont menées avec le soutien de Rémi Courson dont les connaissances en matériaux « précurseurs » sont un atout dans cette technologie ; il s'investit maintenant dans la fonctionnalisation par laser 266nm sur PET afin de déposer par la suite un matériau auto catalytique. L'idée est de déposer une couche de Ni/Cu par voie auto catalytique sur les zones ayant été fonctionnalisées auparavant par écriture laser 266nm.

L'année 2015 a été une année de développements en procédés de fonctionnalisation, technique qui devient essentielle dans la réalisation de dispositifs micro ou nano fluidiques offrant de plus la possibilité de greffage de molécules pour les biotechnologies. Pour toutes ces études, nous nous sommes appuyés sur les connaissances de Rémi Courson qui a su optimiser les procédés SFD.



## 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 :

- ICP3 : changement MFC  $\text{CHF}_3$ , réglage bras robot, changement PC, réparation contrôleur de l'APC, changement ventilateur du générateur RF, réparation chiller(Eratis), réparation clavier (D. Colin)
- ICP2 : pollution circuit refroidissement du chiller (L. Bouscayrol) + machine
- ICP1 : changement jauge baratron, maintenance chiller (Eratis), intervention de F. Haro
- P4 : réparation chiller (Eratis)

Maintenance préventive :

- ICP2, ICP3 : nettoyage régulier des réacteurs (sablage : F. Haro).
- ICP2, ICP3, ICP1 : vidange des pompes
- Alcatel : copie des disques durs

##### Année à venir

- Alcatel : changer disques durs
- Installation de l'équipement TEGAL (plasma O2), et récupération d'un ancien TEGAL du CEA-LTM.
- Remise en route de ICP1 (audit / réparation)

#### Evolutions significatives

- Achat et la mise en service d'une machine de gravure « douce » Sentech (Etchlab200) de type RIE (CCP) pour les matériaux MOS compatibles en utilisant des chimies fluorées ( $\text{SF}_6$ ,  $\text{CF}_4$ ,  $\text{C}_4\text{F}_8$ ,  $\text{CHF}_3$ ) avec un suivi de gravure par détection laser mobile.
- Achat et la mise en service d'une machine de gravure Sentech (Si500), de type ICP pour la gravure nano des matériaux III-V et du Silicium, en utilisant des chimies chlorées ( $\text{Cl}_2$ ,  $\text{BCl}_3$ ) et  $\text{CH}_4/\text{H}_2$ , avec un suivi de gravure par détection laser fixe.
- Réalisation en interne, d'un système de détection laser fixe pour la machine ICP3 (G. Almuneau, D. Lagrange).
- Installation d'une caméra monochrome sur Alcatel : visualisation des plaquettes en cours de gravure (G. Almuneau, C. Tourte).

## Prospectives

### Scrubber (80k€)

Traitement des gaz d'échappement (en priorité les gaz chlorés qui gravent le GaAs).

### DFA (20 k€)

Il serait souhaitable de remplacer le système OES (obsolète), par un OES plus approprié à l'étude des gravures.

### Gravure ionique (400 k€)

De plus en plus de matériaux « durs » sollicitent la gravure par bombardement d'ions (ICP3), il serait judicieux d'investir dans un équipement de gravure par faisceau d'ions (IBE ou RIBE).

### Gravure matériaux grand gap (300 k€)

Afin, de garder une stratégie efficace contre les contaminations croisées, une machine ICP-RIE serait bénéfique pour graver les matériaux à grands gaps.

### Jouvence ICP

La jouvence des ICP1, ICP2, ICP3 est à prendre en compte. Elles ne sont plus fabriquées et les pièces de maintenance deviendront très difficiles à trouver. Le montant du financement dépendra de la décision prise sur le nombre et le type de machines.

## ORGANISATION

### Personnel

- Dubreuil pascal (IR1) : responsable de zone
- Lecestre Aurélie (IR2)
- Abdelkhrim Salhédine : stagiaire IUT 3 mois (2015)
- 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
  - Fluides et extraction : A.Maiorano, T. Do conto
  - Électronique : D. Lagrange
  - Informatique : Sysadmin, D. Colin
  - Electricité : E. Tasselli

### Gestion des activités

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

Pascal DUBREUIL : TRIKON (ICP1, ICP2, ICP3)

Aurélien LECESTRE : ALCATEL (P1, P4), SENTECH (Etchlab, SI500), TEPLA, DIENER

L'utilisation des **équipements de délaquage de résine** (plasma Oxygène : 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, répertoriés sur tableau excell (vide, nettoyage chambre de gravure, alarme) | 1 fois par jour<br>1 fois après chaque panne ou maintenance |
| Vérification des résultats de gravure       | Vérification des vitesses de gravure obtenues                                                                 | Après chaque gravure                                        |

**Remarque :** le retour de la part des utilisateurs est indispensable.

### Qui vont être mises en place

| Objectif                                                 | Nature de l'action conduite                                                                                         | Fréquence                                                                                          |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Qualification de l'ensemble des machines                 | Contrôle des gravures par DFA :<br>ICP2<br>ICP3                                                                     | 1 fois par trimestre<br>1 fois après chaque panne ou maintenance                                   |
| Qualification de l'ensemble des machines                 | Réalisation des procédés génériques :<br>ICP2 T1e20-50, cp3-1cy<br>ICP3 CF4-40W, julsel, RIEAN-O2                   | 1 fois par trimestre<br>1 fois après chaque panne ou maintenance<br>Nécessite stock de litho ebeam |
| Qualification des extractions de l'ensemble des machines | Contrôle débits d'aspiration (réacteurs+pompes)<br>. Contrôle des capteurs de gaz (led verte allumée) et extraction | 1 fois par trimestre<br>1 fois par semaine                                                         |

## BUDGET

### Exécuté l'année passée

| 2015           | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|----------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| Montants En K€ | -          | 18.58        | 16.2         | 61      | 0        |

Consommable : principalement les gaz de gravure. Les gaz chlorés sont beaucoup plus chers que les autres gaz.

Maintenance : pompes Adixen (P1 et P4), jauge (ICP1), 3 chillers (P4, ICP3, ICP1)

Support : installation des machines Sentech et de la machine Tegal.

On notera que la partie Sécurité : mini hotte extraction des chambres Etchlab et Si500, capteurs de gaz chlorés Si500 a été comptabilisée dans support.

## Prévisionnel année à venir

| 2016              | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|-------------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| Montants<br>En K€ | 0          | 5.28         | 17.5         | 7.6     | 0.5      |

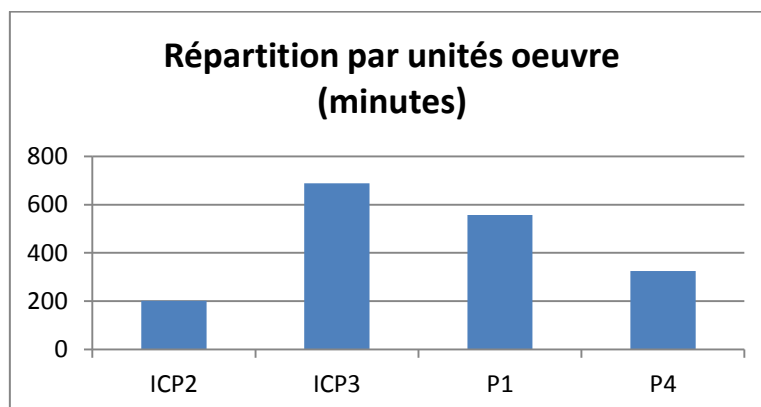
**Remarque :** Maintenance préventive sur Alcatel indispensable en 2017 : 29 000€

## FORMATIONS

| Type                                         | Intitulé                     | Durée<br>(h) | Nombre de<br>sessions/an | Durée<br>totale/an(h) | Nombre total<br>de participants<br>/an |
|----------------------------------------------|------------------------------|--------------|--------------------------|-----------------------|----------------------------------------|
| <b>Cours TEAM<br/>Formation<br/>pratique</b> | <b>La gravure par plasma</b> | 1h30         | 1                        | 1h30                  | 15                                     |
|                                              | <b>Plasma O2</b>             | 0h30         | 18                       | 9h                    | 45                                     |
|                                              | <b>ICP3</b>                  | 4h           | 5                        | 20h                   | 5                                      |
|                                              | <b>P1</b>                    | 4h           | 1                        | 4h                    | 1                                      |

## BILAN

### Par équipement



Rmq : l'unité d'œuvre étant la minute effective de gravure il convient de relier ce graphique avec celui des runs (paragraphe suivant) afin d'avoir une vision complète du volume d'activités.

Les deux machines les plus utilisées sont ICP3 et P1.

- ICP3 est la machine qui permet de développer des procédés génériques sur tous les matériaux.
- P1 est dédiée à la gravure du silicium pour des profondeurs submicroniques et microniques (>1µm) avec des rapports d'aspects élevés.

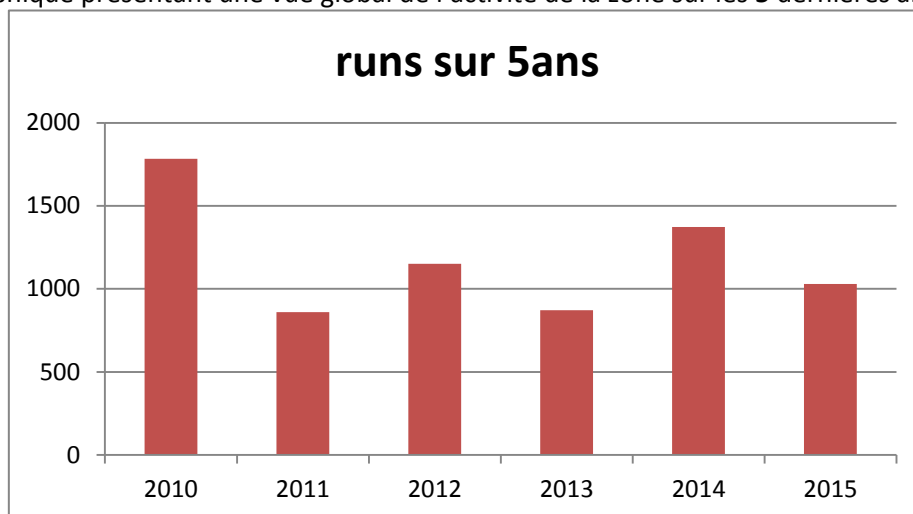
Les deux machines les moins utilisées sont P4 et ICP2.

- P4 est dédiée à la gravure d'oxyde et de la silice fondue.
- ICP2 est dédiée à la gravure du Ga(Al)As, Ga(Al)Sb, elle a été moins utilisée cette année.

Les machines Etchlab et Si500, ont été validées en décembre, elles seront accessibles à l'utilisation début 2016.

## Evolution au cours des années

Graphique présentant une vue global 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 1000 runs. Malgré une diminution du nombre de gravures profondes dans le silicium, des nouveaux matériaux ont été gravés, mais en nombres de runs plus petits.

Enfin, un meilleur contrôle après chaque gravure ainsi qu'un suivi des résultats, a permis de mieux cibler les demandes.

## SYNTHESE

### Parc machines

En 2015, deux nouvelles machines ICP-RIE et RIE ont été installées et démarrées. Des systèmes d'observation et de détection de fin de gravure ont été développés en interne.

Cependant, d'autres machines de gravure de type ICP-Rie ou IBE, pourraient permettre de graver l'ensemble des matériaux.

### Développements des procédés de gravure

De nouveaux matériaux organiques et inorganiques, ont demandé des développements en gravure et dans des machines initialement non prévues pour ces matériaux. Il sera judicieux de les regrouper dans une seule machine (ICP3). Pour cela, il y aura un transfert des procédés de gravure des autres matériaux dans ICP2, et un transfert des procédés des matériaux III-V issus de ICP2 dans la Si500.

## 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          | 10.76               | 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        |
| Lamineur 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 |

## Maintenances significatives

### Année passée

Plusieurs importantes maintenances ont eut lieu cette année, notamment envers les équipements de découpe, de wafer bonder et de polissage.

### Année à venir

Certains équipements comme la découpe de substrat nécessitent encore une maintenance. Il est aussi prévu pour l'année 2016 une maintenance générale de l'équipement de grinding.

## Evolutions significatives

De nouveaux tapis de polissage ont été testés pour garantir une meilleure finition et planéité des substrats en silicium et verre.

## Prospectives

### Shear et pull tester (50 k€)

En 2016, est prévu l'achat d'un équipement de shear et pull test. Cet appareil va permettre de tester mécaniquement en traction et en cisaillement certains assemblages réalisés mais aussi les fils de bonding afin de garantir la fiabilité de ceux-ci. Le financement se fera principalement à travers un projet porté par MINC.

## ORGANISATION

### Personnel

- Charlot Samuel (IE) : responsable de zone
- Dilhan Monique (IRHC)
- Colin David (AI)
- Vivies Séverine (AI CDD)
- Gil Aurélien : Apprenti licence professionnelle 1an

### 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.

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 entraîne par rapport au volume de travail à réaliser.

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 et 1 fois par semaine                    |

#### 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 polissage    | Mesure et rectification de la planéité du plateau                                                    | 1 fois par mois ou à chaque début de procédé |
| Qualification des procédés de wire bonding | Mesure de la force d'arrachement des fils de bonding (avec pull tester)                              | 1 fois par mois                              |
| Qualification de la sérigraphie            | Mesure en épaisseur, largeur et longueur de dépôt sérigraphiés suivant un masque et une carte témoin | 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

| 2015              | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|-------------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| Montants<br>En K€ | 0          | 8            | 15           | 5       | 0        |



## Prévisionnel année à venir

| 2015              | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|-------------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| Montants<br>En K€ | 0,8        | 8,5          | 11           | 12(27)  | 2        |

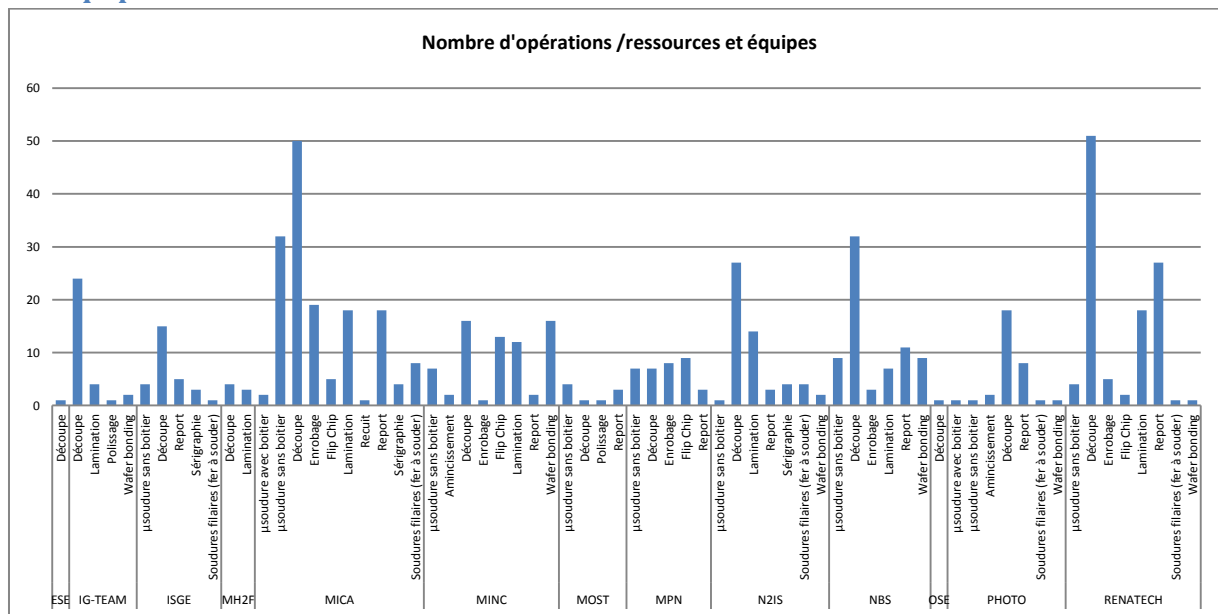
Une somme importante est prévue cette année pour l'aménagement de la zone intégration. Notamment l'installation de nouvelles paillasse de chimie et la redistribution des équipements présents dans la zone.

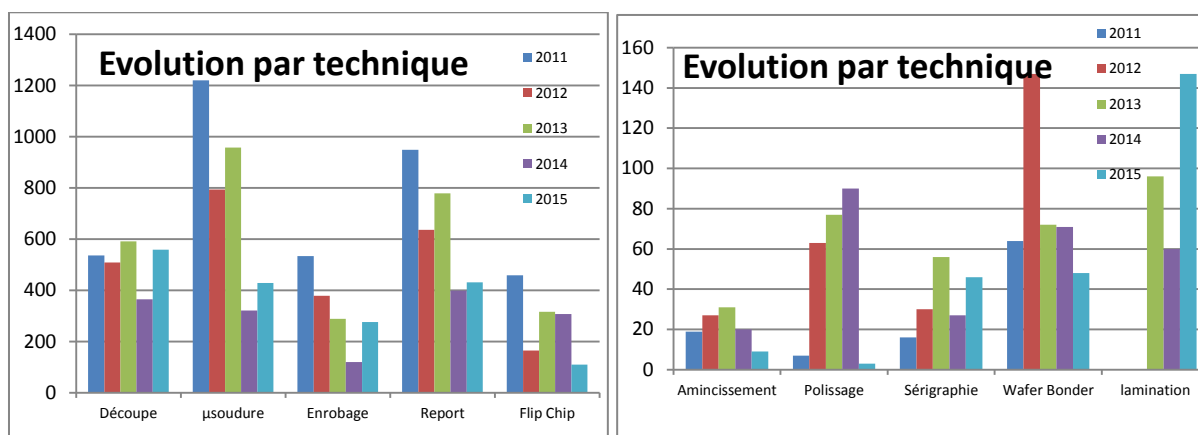
## FORMATIONS

| Type                  | Intitulé                         | Durée (h) | Nombre de sessions/an | Durée totale/an(h) | Nombre total de participants /an |
|-----------------------|----------------------------------|-----------|-----------------------|--------------------|----------------------------------|
| <b>Cours TEAM</b>     | <b>Procédés d'assemblage</b>     | 2h        | 1                     | 2h                 | 7                                |
| <b>Cours pratique</b> | <b>Procédés de wire bonding</b>  | 4h        | 4                     | 16h                | 4                                |
|                       | <b>Procédé de lamination</b>     | 0,5h      | 7                     | 3,5h               | 7                                |
|                       | <b>Procédé de Pick&amp;Place</b> | 2h        | 5                     | 10h                | 5                                |
|                       | <b>Procédé de wafer Bonding</b>  | 3h        | 3                     | 9h                 | 3                                |
|                       | <b>Procédé de flip chip</b>      | 4h        | 2                     | 8h                 | 2                                |

## BILAN

### Par équipement





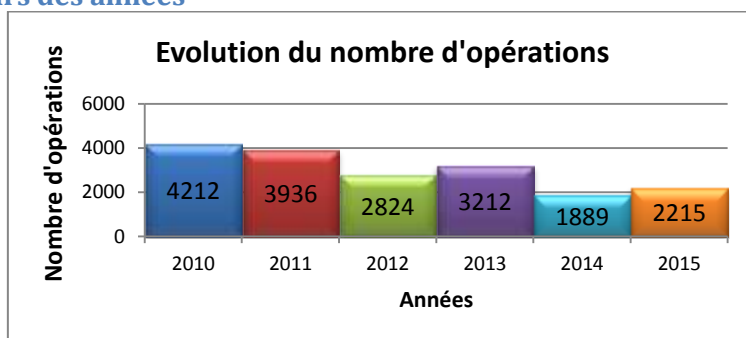
Les opérations génériques d'assemblage tel que la découpe ou le montage de composants ont sensiblement augmentées cette année. Ceci est dû aux montages de petites séries de composants comme les capteurs de gaz ou de PH pour l'équipe MICA par exemple.

L'activité de lamination est en pleine croissance avec un doublement des opérations dû certainement aux développements des films sec photosensibles.

On note une baisse des activités de flip chip et de wafer bonding avec l'arrêt de projets utilisant ces ressources l'an dernier.

De même une importante baisse des activités d'amincissement et de polissage. Ce domaine (équipements et procédés) est en cours d'expertise afin de pouvoir garantir de meilleurs résultats face à la demande.

### Evolution au cours des années



On note dans l'ensemble une stabilisation de l'activité d'assemblage de composants utilisant les équipements classique de montage tel que la découpe, le report et la microsoudure. Les techniques moins usuelles telles que le wafer bonding ou le flip chip ont moins été sollicités en 2015 du fait de leur spécificité et dépendance aux projets en cours de réalisation. Le volume des activités d'assemblage Renatech a baissé pour la deuxième année consécutive (-25%) passant de 400 opérations à 290.

### SYNTHESE

L'activité de la zone d'assemblage semble s'être stabilisée après une baisse successive ces 5 dernières années. L'activité d'assemblage relative à Renatech est quant à elle en baisse depuis 2 années de suites (-40% en 2014 et -25% en 2016 avec 290 opérations).

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. Ces dernières opérations demandent davantage de développement, c'est pourquoi leurs nombres fluctuent chaque année en fonction des projets.

## 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: Source, pompe cryogénique.

##### Année à venir

Changement tube accélérateur.

### 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.

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

#### Calibrations / validations des équipements et procédés.

| Objectif                                      | Nature de l'action conduite                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Fréquence                                     |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Qualification de l'homogénéité d'implantation | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cartographie de la résistivité d'un substrat 4" et d'un substrat 6" de type N</li> <li>2. Oxydation thermique 100 nm</li> <li>3. Implantation Bore à 50 keV et <math>1.10^{14}</math> at.cm<sup>-2</sup></li> <li>4. Désoxydation</li> <li>5. Recuit d'activation 30 min à 1000°C sous N2</li> <li>6. Cartographie de la résistivité des plaques</li> </ol> | Qualification de l'homogénéité d'implantation |

## BUDGET

### Exécuté l'année passée

| 2015              | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|-------------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| Montants<br>En K€ | 0          | 0            | 6,7          | 10      | 0        |

### Prévisionnel année à venir

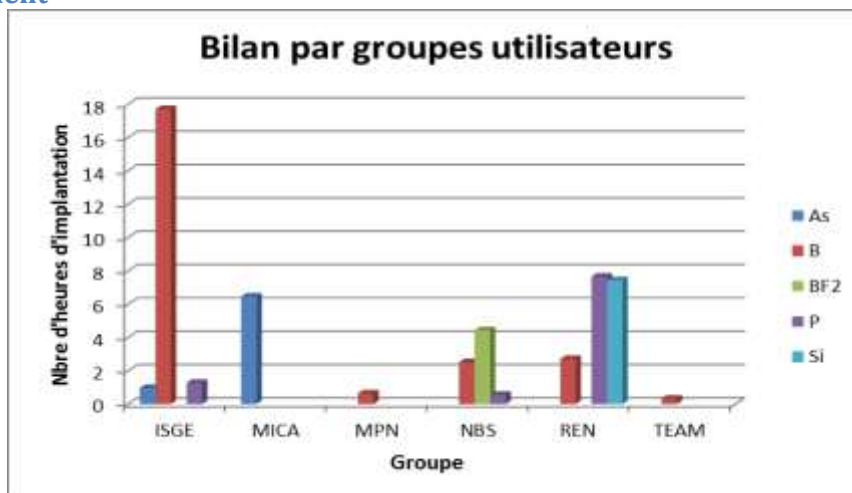
| 2016              | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|-------------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| Montants<br>En K€ | 0          | 1,4          | 5,4          | 10      | 0,5      |

## FORMATIONS

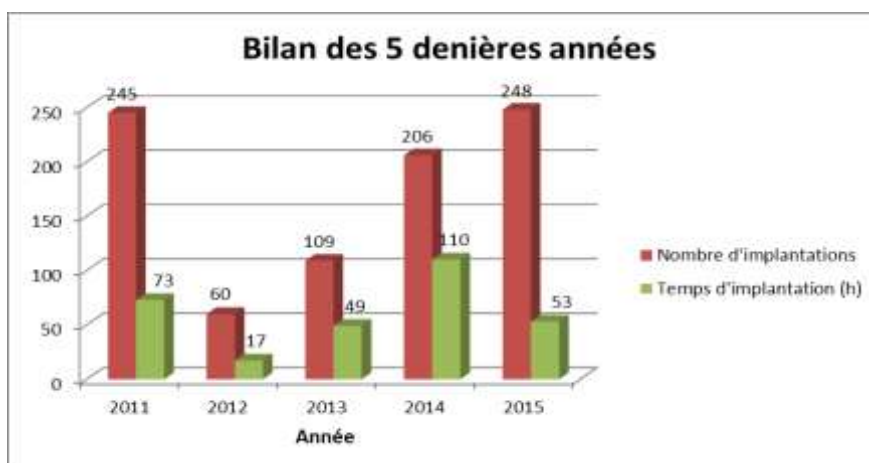
| Type       | Intitulé             | Durée<br>(h) | Nombre de<br>sessions/an | Durée<br>totale/an(h) | Nombre total de<br>participants /an |
|------------|----------------------|--------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| Cours TEAM | Techniques de dopage | 1h30         | 1                        | 1h30                  | 15                                  |

## BILAN

### Par équipement



### Evolution au cours des années



Le nombre d'implantations est en augmentation par rapport à l'année dernière. On peut remarquer aussi que le nombre d'heures (unité d'œuvre) est en diminution. Cette baisse vient du fait que les doses d'implantations demandées ont été plus faibles.

Aussi, les procédés MOS, conduits par l'équipe ISGE, se poursuivent toujours notamment dans le cadre du projet grand emprunt Tours 2015. Nous pouvons également remarquer la forte demande RENATECH due au projet SEGTON.

## EVOLUTIONS DE PROCEDES

### Implantation de Si

Nous avons réalisé des implantations de silicium à partir d'une source gazeuse  $\text{SiF}_4$  sur des plaquettes 6 pouces.

## SYNTHESE

### Activité 2015

L'augmentation du nombre d'implantation cette année est liée au projet RENATECH SEGTON et à la réalisation de composants MOS de puissance avec le projet Tours 2015.

### Activité 2016

Le projet SEGTON étant terminé, le nombre d'implantations devrait se stabiliser cette année. Les implantations liées aux projets MOS devraient augmenter cette année avec le projet ANR JC ConvPlus.

## 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 :

- Vieillessement des machines comme pour l'ellipsomètre (moteur), pour le MEB (platine de translation), pour le Tencor P15 et pour le TXRF (pompe).
- Maintenance normale pour le LEXT (préventive), l'ellipsomètre (lampe), le TXRF (filament) et pour l'AFM (préventive).
- Mauvaise manipulation ou problème machine pour le MEB (récupérations d'échantillons), pour l'AFM (tête) et pour le FIB (connexion).

##### Année à venir

- Maintenance alternée pour les Tencor.
- Maintenance à faire au niveau des groupes de pompage (MEB, TXRF).
- Contrat de maintenance sur le FIB qui va permettre de limiter le temps d'arrêt de cette machine.

#### Evolutions significatives

Arrivée du FTIR équipé d'un module ATR diamant pour la mesure chimique. Il permet la mesure dans le domaine MIR (400 à 4000  $\text{cm}^{-1}$ ). Il est principalement utilisé pour détecter les SAM (Self Assembled Monolayer) ou pour vérifier la présence de liaison dans un matériau (suivi de réticulation).



## Prospectives

### FIB (≈2.5k€)

Changement GIS Palladium par Carbon sur le FIB pour obtenir des matériaux avec des contrastes élevés pour le STEM.

### Profilomètres (≈ 80 k€)

Afin de faire face à sons obsolescence remplacement du Tencor P15 par un Tencor P17s.

## ORGANISATION

### Personnel

- Benjamin Reig (IR) : responsable de zone
- Emmanuelle Daran (IR) : formation AFM
- Fabien Mesnilgrete (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 dépendant des machines.
- Il est important de noter/sauvegarder les résultats pour que vous ayez un suivi de votre process.

### Calibrations / validations des équipements et procédés.

#### Existantes

| Objectif                                                            | Nature de l'action conduite                                                                                                  | Fréquence       |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Vérification de calibration AFM<br>Dimension et Icon                | Mesure étalon en XYZ,<br>vérification des côtes et de la<br>linéarité du piezo                                               | 1 fois par mois |
| Vérification de calibration<br>Tencor P15 et P16+                   | Mesure étalon en XZ,<br>vérification des côtes et de<br>l'alignement de la pointe,<br>calibration automatique de la<br>force | 1 fois par mois |
| Vérification de calibration<br>résistivimètre                       | Mesure et vérification de<br>résistance carrée par rapport à<br>un étalon en or                                              | 1 fois par mois |
| Vérification de calibration<br>ellipsomètre                         | Vérification des zéros des<br>polariseurs, de l'intensité de la<br>lampe et mesure de l'étalon                               | 1 fois par mois |
| Vérification de calibration<br>profilomètre optique Wyko et<br>LEXT | Vérification des mesures de<br>l'étalon XYZ                                                                                  | 1 fois par mois |

Les calibrations sont faites quand on remarque une dérive sur les appareils lors de la vérification ou lors des 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 à tous les réacteurs dès que le TXRF sera pleinement opérationnel.

### BUDGET

#### Exécuté l'année passée

| 2015                  | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|-----------------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| <b>Montants En K€</b> | 4.9        | 7.6          | 17.2         | 0       | 0        |

Le coût des maintenances reste stable chaque année car il y a une rotation au niveau des maintenances réalisées et que certains appareils sont très fiables.

#### Prévisionnel année à venir

| 2015                  | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|-----------------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| <b>Montants En K€</b> | 3.5        | 17.8         | 65           | 2       | 0        |

Cela représente un budget 3 fois supérieur à celui de l'année 2015, cela provient de la nécessité d'avoir un contrat de maintenance pour l'Hélios (FIB) qui été jusqu'à maintenant compris dans le prix d'achat. Cet appareil générera la moitié des dépenses de la zone en 2016.

De plus, il est possible que l'on soit amené à changer la pointe FEG du S-4800, ce qui entrainera une facture de 10k€ en plus.

### FORMATIONS

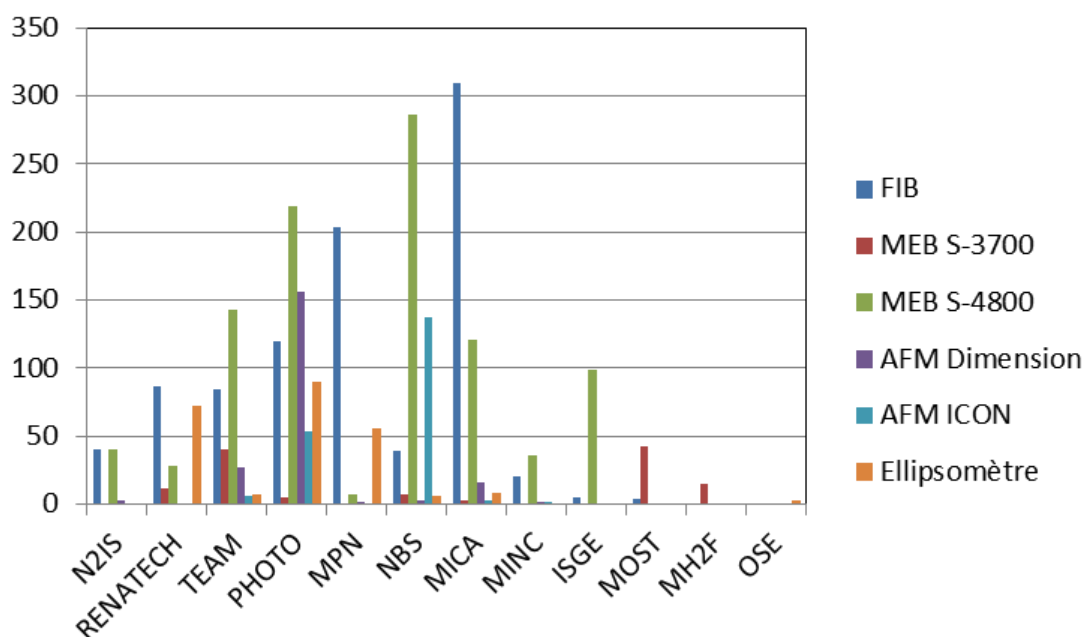
| Type                      | Intitulé                                              | Durée (h) | Nombre de sessions/an | Durée totale/an(h) | participants /an |
|---------------------------|-------------------------------------------------------|-----------|-----------------------|--------------------|------------------|
| <b>Cours TEAM</b>         | Cours TEAM Caractérisation                            | 2h        | 1                     | 2h                 | 40               |
| <b>Formation pratique</b> | Présentation de la caractérisation + formation Tencor | 1h30      | 18                    | 27h                | 60               |
|                           | Formation AFM                                         | 3h30      | 6                     | 21h                | 6                |
|                           | Formation LEXT                                        | 1h30      | 6                     | 9h                 | 7                |
|                           | Formation MEB-FIB                                     | 3-4h      | 18                    | 54-72h             | 23               |
|                           | Autres formations                                     | 0.5-2h    | 80                    | 80-120h            | 120              |

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



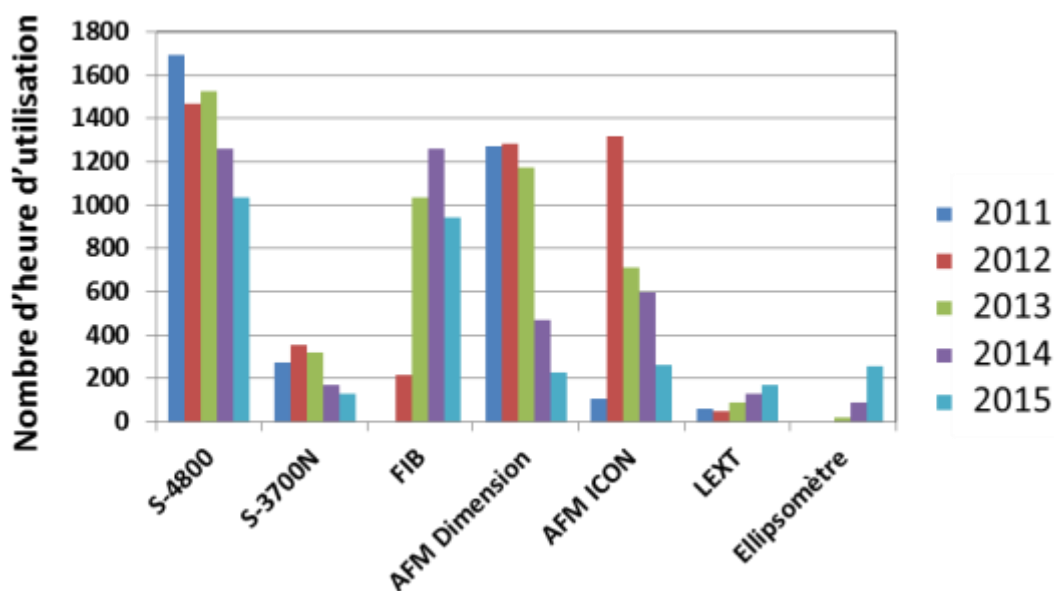
## BILAN

### Par équipement



Les utilisations des appareils de caractérisation sont très disparates suivant les équipes, de plus les pics d'utilisation sont souvent dus à 1 ou 2 utilisateurs dans l'équipe.

### Evolution au cours des années



On remarque que la demande sur les caractérisations par AFM est en constante diminution depuis quelques années, ce qui peut paraître étrange car la fabrication à l'échelle nanométrique est toujours très utilisée. Cela peut être expliqué car les utilisateurs se sont tournés vers d'autres méthodes (MEB UHR) et que certains besoins semblent avoir disparus (modes mécaniques et électriques sur l'AFM). Le LEXT et l'ellipsomètre semblent plus utilisés mais cela reflète plus la réelle utilisation qu'auparavant.

## SYNTHESE

### Hélios (FIB)

Le contrat de maintenance pour l'Hélios (FIB) fait augmenter de façon significative le budget de la zone pour les années à venir. Cela est nécessaire si on veut pouvoir utiliser cette machine de manières aussi intensive que les années précédentes.

### Formation utilisateurs

La formation et le suivi des utilisateurs demandent un investissement très important, il est donc nécessaire que les personnes qui ont suivi ces formations s'investissent pleinement et manipulent les appareils régulièrement pour s'assurer la maîtrise de celui-ci (au moins au début).

### Utilisation des équipements

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 la diminution de l'utilisation des moyens de caractérisation ce qui reflète une baisse globale de l'utilisation de la centrale de technologie.

### Permanent sur la zone

Il y a maintenant un permanent à plein temps sur la zone caractérisation. Merci à tous de votre soutien.

## SUPPORT

### EQUIPEMENTS

#### Liste

|                                                                    |                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Traitement d'air :                                                 | 4 centrales d'air neuf équipées de deux humidificateurs<br>système extraction d'air<br>Soufflage : PC commande 126 FFU                                                        |
| Production eau désionisée :                                        | Prétraitement : adoucisseur, charbon actif, osmoseur<br>Traitement : résine lit mélangé, "UV", filtration 0,22µm<br>Régulation T° de la boucle eau DI<br>Pompe de circulation |
| Centrale eau de refroidissement :<br>Réseau général                | Pompe de circulation 16M3/h -- 3Bars<br>Echangeur eau glacée T° entrée 8°C sortie 15°C<br>Filtration 3µm<br>Régulation automatique 18°C – 22°C                                |
| Centrale eau de refroidissement :<br>Réseau dédié à la zone "four" | Pompe de circulation 15M3/h -- 3Bars<br>Echangeur eau glacée T° entrée 8°C sortie 15°C<br>Filtration 3µm<br>Régulation T° manuelle 20°C – 24°C                                |
| Réseau gaz purs :                                                  | Une trentaine de gaz différents : Hydrogène, azote hydrogéné,<br>argon, oxygène, ammoniac, silane, disilane, dichlorosilane,<br>hélium..... etc<br>Centrales Gaz              |
| Système sécurité gaz :                                             | Capteur : zone four gaz dangereux, MBE seuil O2<br>Scrubber<br>PC commande                                                                                                    |
| Aspiration centralisée :                                           | Groupe d'aspiration<br>Cuve de filtration.                                                                                                                                    |
| Centrale vide :                                                    | une pompe en service + une pompe en réserve pour intervention<br>maintenance                                                                                                  |
| Contrôle qualité :                                                 | Appareil de mesure particulaire<br>Anémomètre à fils chaud                                                                                                                    |
| Traitement rejets liquides                                         | Station traitement des effluents liquides. (neutralisation)                                                                                                                   |
| Station traitement Air Sec                                         | Unité de filtration air sec installation générale.<br>Sous station production air sec "Stepper"                                                                               |
| Sécurité :                                                         | Douche de sécurité.                                                                                                                                                           |

#### Maintenances significatives

##### Année passée

Maintenances préventives et curatives de tous les réseaux de l'infrastructure.

##### Année à venir

Changement du nid d'abeille dans la CTA du bâtiment F qui nécessitera la fermeture de la salle blanche pendant 3 jours. Cette maintenance est réalisée pour la première fois depuis la mise en service de la salle blanche.

Maintenance quinquennale du compresseur principal.

#### Evolutions significatives

- Installation d'une nouvelle CTA et d'un Extracteur (pour les zones Nano et Masques) :
  - Augmentation du débit de soufflage et d'extraction pour les besoins de nouvelles hottes chimiques du bâtiment G2.

- Installation Machines :
  - ICP 500 , Etchlab 200,
  - Etuve (Nanomade),
  - Machine à nettoyer les masques(Freescale),
- Déplacement :
  - Altaspray +
  - hottes(zone Techno alternative),
  - Hamatec (zone masques),
  - Carac I(V) (Plate-forme caractérisation)

## Prospectives

### Chimie

Installation des nouvelles hottes et réaménagements internes des anciennes

### EJM

Installation FIB connecté sur MBE 412

### Intégration

Réaménagement de la salle

### PVD

Installation des bâtis Parylène et « Nano »

### Gravure plasma

Installation TEGEL (freescale)

## ORGANISATION

### Personnel

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

### Gestion des activités

Les trois intervenants principaux collaborent dans toutes les activités avec néanmoins pour chacun des responsabilités plus précises

- Maiorano A.
  - Contrats avec entreprises extérieures
  - Logistique
  - Infrastructure générale
- Bouscayrol L.
  - Installation / évolution des équipements
  - Soutien technique dans les zones pour les maintenances d'équipements
- Do Conto Thierry
  - Contrôles environnementaux et de sécurité des installations
  - Développement des supports numériques de suivi des infrastructures.

### Calibrations / validations des équipements et procédés.

| 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 opérateur           | Contrôle te chagement capteurs de détection des gaz | 2 fois par an                 |
| Suivi contamination              | Contrôle ménage salle blanche                       | 1 fois par mois               |

## BUDGET

Ces budgets sont hors contrats avec prestataires extérieurs. Enfin une grande part des couts se retrouve également dans les rubriques support des différentes zones.

### Exécuté l'année passée

| 2015           | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|----------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| Montants En K€ |            | 40           | 12           | 40      | 15       |

### Prévisionnel année à venir

| 2016           | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|----------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| Montants En K€ | 0          | 25           | 30           | 40      | 15       |

Le budget maintenance est en augmentation sensible en raison du changement du nid d'abeille de la CTA F et de la maintenance quinquennale du compresseur principal

## SOUTIEN

### ORGANISATION

#### Personnel

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

### GESTION DES ACTIVITES

Au titre de 2015

- Gestion des nouveaux entrants en salle blanche 59 personnes
  - Procédure administrative
  - Procédure de formation
  - Validation de l'accès
- Gestion des consommables du stock de salle blanche 180 références
  - Commandes
  - Gestion du stock
  - Distribution

Rmq : il convient de noter que cette année une solution numérique a été implémentée avec l'aide du service IDEA. Après un temps de consolidation elle sera sans doute déployée pour d'autres stocks du service

- Gestion des tenues de salle blanche 455 tenues
  - Relations avec le fournisseur
  - Approvisionnement et suivi dans le sas
- Gestion des fiches de process 146 fiches
  - Distribution
  - Recueil
- Facturation des opérations 88 factures
  - selon la procédure de la facturation auditable 370 k€
  - relations avec tous les demandeurs et le service gestion
- gestion des demandes d'achat du service TEAM 347 demandes
  - Pré-saisie dans Geslab
  - Renseignement selon la procédure de facturation auditable
- Gestion des projets Renatech 80 dossiers
  - Instruction des demandes
  - Formalisation
  - Suivi administratif des dossiers
  - Facturation selon procédure de la facturation auditable
- Communication du service
  - Mise à jour du site web du service

- Mise en place d'une photothèque interne
- Préparation refonte visite virtuelle salle blanche

## BUDGET

Ces budgets sont hors contrats avec prestataires extérieurs.

### Exécuté l'année passée

| 2015            | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|-----------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| <b>Montants</b> | 0          | 41           | 0            | 3.6     | 0.8      |
| <b>En K€</b>    |            |              |              |         |          |

### Prévisionnel année à venir

| 2016            | Fourniture | Consommables | Maintenances | Support | Sécurité |
|-----------------|------------|--------------|--------------|---------|----------|
| <b>Montants</b> | 0          | 47           | 0            | 4       | 1        |
| <b>En K€</b>    |            |              |              |         |          |

## 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 entraînent 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. .