



HAL
open science

Bilan des activités 2023 de la plateforme de micro et nanotechnologies du LAAS-CNRS

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

► **To cite this version:**

Hugues Granier, Alexandre Arnoult, David Bourrier, Laurent Bouscayrol, Pierre Francois Calmon, et al.. Bilan des activités 2023 de la plateforme de micro et nanotechnologies du LAAS-CNRS. Rapport LAAS n° 24362. 2024. hal-04583613

HAL Id: hal-04583613

<https://laas.hal.science/hal-04583613v1>

Submitted on 23 May 2024

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.

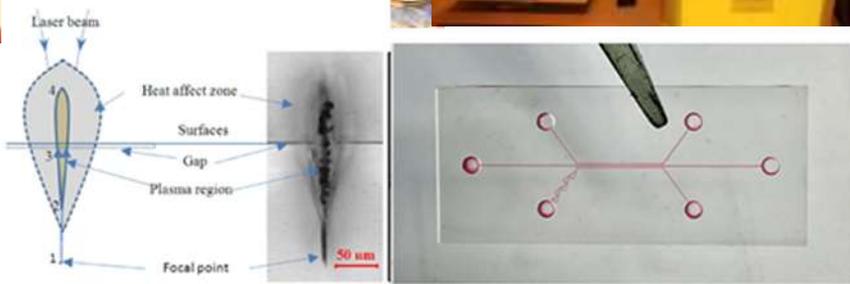
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Public Domain



2023

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



Service TEAM

LAAS-CNRS

Avril 2024

PREAMBULE ET REMERCIEMENT	1
LE PERSONNEL	2
LES PROCEDES	2
BILAN DES ACTIVITES	2
LES EQUIPEMENTS	2
FORMATIONS	2
SECURITE	2
DEMANDES INTERNES	2
PARTENARIAT RENATECH	2
BUDGET	2
SYNTHESE	2

PREAMBULE ET REMERCIEMENT

La plateforme de micro et nanotechnologies du LAAS fait partie du réseau  et coordonne pour le Grand Sud-Ouest les plateformes du réseau 

Elle offre aux domaines sensibles aux contaminations environnementales une concentration particulière maîtrisée, une régulation de la température, de l'humidité, et de la lumière pour certaines opérations sensibles aux rayonnements ultraviolets au sein de la salle de 1600 m² en classes 100 et 10 000. Les équipements permettent l'élaboration, la mise en forme, le traitement de matériaux pour le prototypage de composants microélectroniques, optoélectroniques, micro et nano systèmes. (<https://www.laas.fr/fr/plateformes/pfmicro-nanotechnologies/>)

La gestion et le développement de l'infrastructure, des équipements et procédés ; le soutien aux projets de recherche sont assurés par le service TEAM. (<https://www.laas.fr/fr/services/team/>)

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

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

Ce document réalisé annuellement fait le bilan des activités 2023 et se projette sur des actions à conduire en 2024.

Les travaux de la plateforme de micro et nanotechnologies du LAAS-CNRS sont soutenus par le réseau national de micro technologies Renatech. 

L'équipex Nanofutur a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme d'Investissements d'avenir portant la référence « ANR-21-ESRE-0012 » 

Les investissements de la plateforme de micro et nanotechnologies du LAAS-CNRS sont soutenus par le PEPR électronique  ANR-22-PEEL-0015 

Le personnel

Structure de fonctionnement du service TEAM

Organigramme fonctionnel

Evolutions en 2023

Carrières

Analyse pluriannuelle des postes permanents

Quels axes de réflexion pour pallier aux manques ?

Expression des besoins

STRUCTURE DE FONCTIONNEMENT DU SERVICE TEAM

Présentation résumée

Le service, directement sous l'autorité du Directeur, assure le support technique (les équipements) et technologique (les procédés) à la recherche pour le prototypage de micro et nano composants.

Ces recherches émanent du LAAS, d'autres laboratoires nationaux ou internationaux, d'industriels de toutes origines. La communauté concernée touche plus de 400 personnes, sur plus de 160 projets /an.

TEAM a la responsabilité de la salle blanche de 1600 m² qui mutualise des équipements d'une valeur totale de plus de 40M€. Cette plateforme est une composante du réseau RENATECH (Réseau National de Technologie) de 5 grandes centrales ; estampillé IR (Infrastructure de Recherche) du CNRS.

Les équipements et les procédés permettent l'élaboration, la mise en forme, la caractérisation des matériaux, l'intégration ; sur des supports compatibles avec les applications visées par les micros et nano composants réalisés.

Les missions principales du service couvrent les points suivants

- Infrastructure : Fonctionnement, adaptation et développement
- Équipements : Expertise, gestion, maintenance, évolutions
- Procédés : Expertise, mise en œuvre, gestion, développements
- Support de projets de recherche : des chercheurs du LAAS ; des exogènes (via le réseau Renatech)
- Formation
- Encadrement en salle blanche sur les techniques et les technologies
- Dissémination, valorisation, transfert des savoirs et savoir faire

Organisation¹:

Composé de 29 agents au 1^{er} février 2024 le service présente deux niveaux fonctionnels.

1. Le management est assuré par le responsable de service, assisté de quatre adjoints en charge respectivement des actions et du développement des compétences des membres du service sur la formation ; la sécurité ; la prospective des équipements ; le partenariat.
2. Les zones qui gèrent un ensemble de moyens spécifiques à un domaine technique.

Le responsable de service assume la responsabilité hiérarchique de tous les agents.

Dans les zones

Les responsables de zones sont nommés par le responsable de service.

Les personnels, spécialistes d'un ensemble technique homogène assument des responsabilités diverses.

Responsabilités techniques

Parfaite connaissance des équipements ; y apporter des améliorations, en assurer la maintenance ; rédiger les cahiers des charges lors des acquisitions et faire une analyse technique lors des choix ; développer les procédés nécessaires aux projets ; capitaliser et valoriser les savoirs ; bibliographie sur les équipements et les procédés

Responsabilités dans l'organisation

Du travail afin d'assurer le maximum de disponibilité des équipements ; rendre compte de l'activité ; présentation et exécution d'un budget de fonctionnement ; prospective en investissement, sécurité.

Responsabilités dans la qualité de l'activité

Fiabilité des équipements et procédés ; connaissance des limites ; conseils aux demandeurs.

Responsabilités de formation

Formation personnelle dans un objectif d'accroissement des compétences ; formation pratique des utilisateurs ; formations théoriques des utilisateurs sur les techniques et technologies.

Relations avec les autres zones

Travailler en cohérence optimale avec les autres zones.

Coordination technique de projet

Parallèlement les personnels sont impliqués dans les projets ; avec pour certains des responsabilités de coordination technique.

Le coordinateur est le correspondant technique d'un projet scientifique. Il est désigné par le responsable de service après concertation tripartite avec le responsable du projet.

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

- Aux membres du service : d'acquérir une meilleure connaissance des activités des différentes zones ; d'élargir leurs compétences ; de minimiser le cloisonnement des zones ; de faciliter les échanges entre les intervenants ; d'être impliqué dans des filières technologiques.
- Aux porteurs de projets d'avoir un interlocuteur privilégié.

Un coordinateur technique doit assumer des fonctions de participation (organisation) aux réunions de définition et de suivi technologique du projet afin d'en établir la trame technologique et la coordination ; d'études pour lever des verrous technologiques ; de conduite d'opérations technologiques, d'encadrement des étudiants. Il doit aussi contribuer à la mémoire du savoir-faire ; être associé à l'analyse et la valorisation des résultats, former d'autres IT à cette fonction.

Implication dans les actions d'intérêt collectif.

Elles peuvent concerner tous les agents. Sans exhaustivité.

Service :

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

Laboratoire :

Participation aux instances du laboratoire (CL, CLHSCT, etc.) ; correspondant Handicap, correspondant à l'Egalité Femme/Homme ; participation au groupe sur l'éthique ; Assistant de Prévention, etc.

National :

Participation au pilotage du réseau Renatech ; membres de jury de concours ; etc.

ORGANIGRAMME FONCTIONNEL (au 1er février 2024)

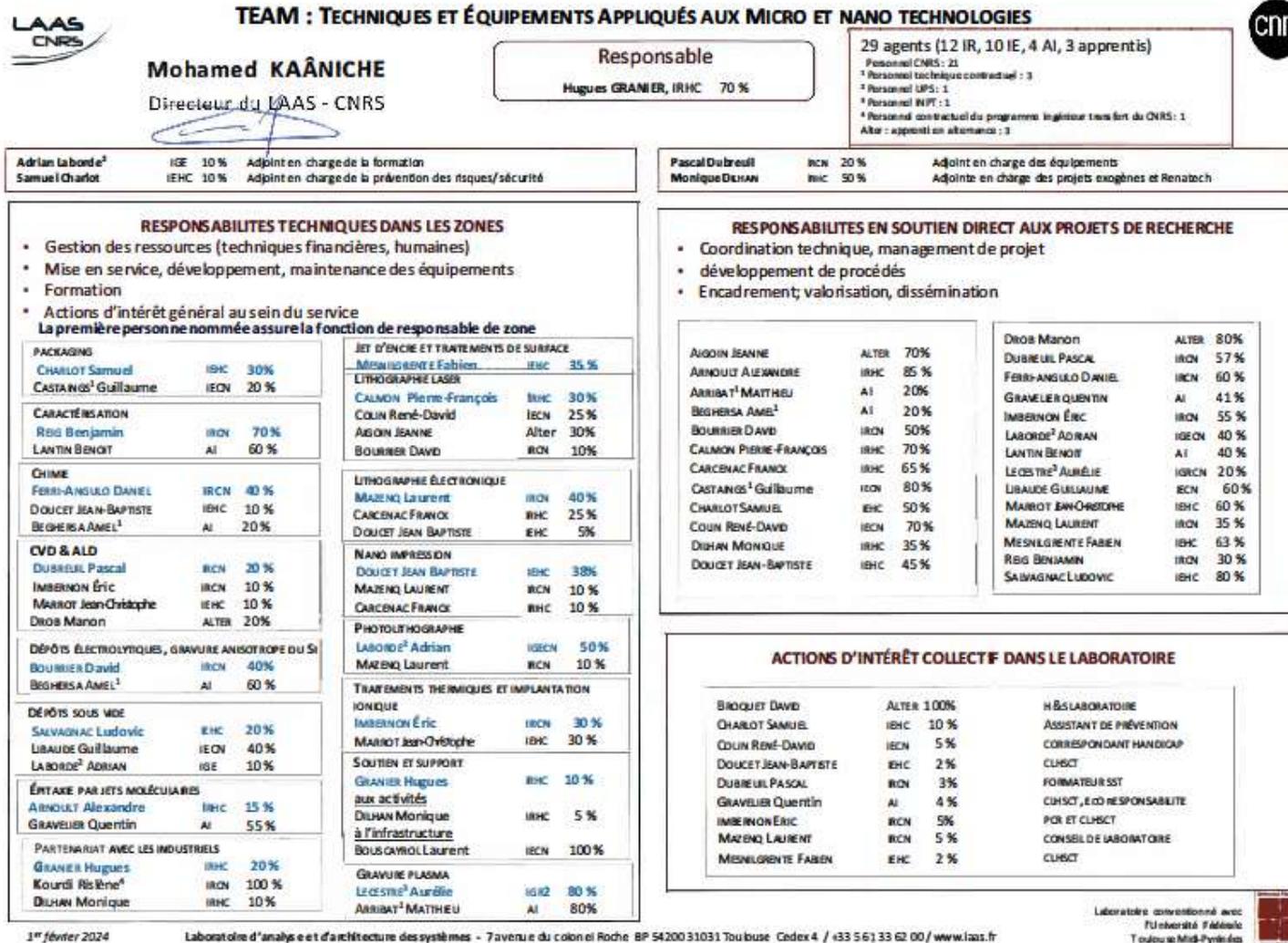


Figure 1 : organigramme TEAM 2024

EVOLUTIONS EN 2023

Point marquants 2023 et projection 2024 dans les zones

Caractérisation

Départ en retraite d'Emmanuelle Daran (IR) en février et départ de Mairame Diallo (IE CDD) en octobre. Arrivée en décembre de Benoît Lantin (NOEMI AI), aujourd'hui nous sommes à 1.8 ETP en zone caractérisation. Le suivi des utilisateurs et des projets va de nouveau pouvoir être fait dans de bonnes conditions.

Chimie

Arrivée le 01/12/2023 de Amel Beghersa (IE CDD en partage avec la zone chimie et la zone dépôt électrolytique (20-80%). Changement de responsable de la zone chimie : Daniel Ferri-Angulo prend la responsabilité de la zone, Jean-Baptiste Doucet reste en soutien et prend la responsabilité de la zone de nano-impression.

CVD

E.Imbernon a suivi une formation sur la technique ALD en externe.

P.Dubreuil a suivi une formation externe sur la gestion des priorités et des urgences, gérer son temps de travail.

Manon Drob, apprentie ingénieure 1ère année sur le projet OXYLO et formée en interne à l'ALD.

Dépôts sous vide

Guillaume Libaude a suivi une formation sur l'analyse des matériaux par AFM, XPS, ToF-SIMS et STM.

Dépôts Electrolytiques

Début décembre Amel Beghersa a rejoint la zone en tant qu'ingénieur d'études CDD (1 an). Elle sera sur la zone à 80 % et 20 % dans la zone chimie

EJM

Suite à un accident du travail en avril 2023, Quentin GRAVELIER, AI de la zone, a été absent sur une période de 4 mois temps complet, suivi d'une période de reprise à temps partiel.

Quelques nouveaux arrivants :

- Karim Ben-Saddik, postdoc sur le contrat Européen Photogenic, sur la croissance de VCSELS sur GaAs et Ge
- Pierre Gadras, doctorant Photo/TEAM (EPICENTRE) sur la croissance son instrumentation
- Léo Bourdon, ingénieur logiciel EPICENTRE pour le développement des logiciels des instruments de suivi in-situ, qui remplace Erwan Cossec.

Gravure plasma

En 2023 : départ de L. Bouscayrol (vers infrastructure) et arrivée d'un CDD AI (M. Arribat).

Jet d'encre et traitements de surface

Comme attendu la zone est désormais tenue par une seule personne. Seuls deux équipements sont connus d'une seconde personne, ce qui présente un risque pour la pérennité des procédés et compétences développées.

Lithographie Laser

Jeanne Aigoïn poursuit sa dernière année de formation ingénieur par apprentissage au sein des services I2C et TEAM. Jeanne conduit des développements pour la caractérisation et la mise en œuvre de matériaux hydrogels pour des applications à des projets de bio-impression 3D.

David Bourrier développe des nouveaux procédés de structuration du verre par laser et gravure chimique (FLICE)

Packaging

Arrivé de Guillaume Castaings (CDD IE) dans la zone packaging. Il intervient dans tous les travaux de la zone de montage (découpe, report, micro câblage et enrobage) mais aussi dans les projets de développement en ablation laser.

Photolithographie

Adrian Laborde est passé responsable de la zone au 1er janvier 2023. Laurent Mazenq en support à hauteur de 20% en 2023, puis 10% en 2024. Départ de Mairame Diallo en novembre 2023.

En 2024, arrivée de Gwenaëlle Guittier à 100% dans la zone photolithographie au 1er Juin 2024 suite à un NOEMI.

Nanolithographies

Départ d'Emmanuelle Daran début 2023.

Reprise de la Nano-Impression par Jean-Baptiste Doucet, avec Franck Carcenac et Laurent Mazenq en support.

Migration de Laurent Mazenq vers la lithographie électronique, avec Franck Carcenac et Jean-Baptiste Doucet en support.

Départ de Franck Carcenac prévu courant 2025.

Traitements thermiques et implantation ionique

Eric Imbernon devrait prendre la responsabilité du service TEAM en janvier 2026.

En 2024, Jean-Christophe Marrot va continuer à se former sur les bâtis d'oxydation et de redistribution AET et Centrotherm.

Support

Au 1er janvier 2023 Laurent Bouscayrol a repris les actions en zone support, abandonnant les activités en gravure plasma.

Mouvements de personnels

Départs

2 permanentes

- E. Daran, IR, zone nanolithographies
- V. Conédéra, zone jet d'encre, adjointe en charge des équipements

1 contractuelle

- M Diallo, IE, zone caractérisation

Arrivées

2 permanents

- Benoit Lantin, AI, zone caractérisation (NOEMI).
- Gwenaëlle Guittier, IE, zone photolithographie (NOEM au 1^{er} juin 2024)

3 contractuels

- Guillaume Castaings, IE, zone packaging
- Amel Beghersa, AI, zones dépôts électrolytiques et chimie
- M Drob, alternante ingénieur , zone CVD&ALD

La longue période de décroissance du nombre de membres à pris fin. Notamment pas l'arrivée de deux NOEMI et par le financement de CDDs et alternants financés par l'IG et le CNRS.

Evolutions dans l'organisation et les responsabilités

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

Support :

Au premier janvier 2023 L. Bouscayrol a repris les actions de la zone support et abandonné son implication en zone de gravure plasma sauf pour apporter occasionnellement ses compétences en maintenance. Si le manque en zone support est donc en large partie comblé il convient d'être très vigilants car L. Bouscayrol pourrait faire valoir ses droits à la retraite dans les 5 ans à venir

Lithographie électronique

L. Mazenq a pris la responsabilité de cette technique, avec le soutien de F Carcenac qui fera valoir ses droits à la retraite fin 2025.

Nano impression

Le départ d'E. Daran est compensé par JB Doucet qui a repris pleinement la responsabilité de cette technique au 1^{er} janvier 2024 (création d'une zone)

Gravure plasma

La mobilité interne de L. Bouscayrol est compensée par le CDD de Mathieu Arribat qui a été prolongé pour deux ans sur les ressources propres du laboratoire.

Photolithographie

Le départ de L. Mazenq en lithographie électronique crée un manque qui va être compensé en juin 2024 par l'arrivée de G. Guittier en NOEMI

Packaging

Le recrutement de G Castaings en CDD sur les ressources propres du laboratoire permet de compenser le départ du CDD précédent fin 2022.

Dépôts électrolytiques

L'arrivée d'A. Beghersa en CDD sur les ressources propres du laboratoire permet de compenser le départ du CDD précédent en 2022

CARRIERES

2023

Nous nous félicitons des promotions de :

- Guillaume Libaude, IECN, promotion au choix
- JC Marrot, IEHC, promotion au choix
- Fabien Mesnigrente, IEHC, promotion au choix
- Alexandre Arnoult, SHEB des IRHC, promotion au choix

Evolutions pluriannuelle

Entre 2018 et 2023 le service a connu 20 promotions de corps, de grade ou d'échelon parmi ses personnels CNRS. Si l'on rapporte ces succès au nombre actuel de permanents CNRS, UPS et INPT (23) cela donne un taux de promotion de 87%.

Cette réussite est principalement due à la qualité des candidats mais aussi au fait qu'ils bénéficient du soutien actif de toutes les composantes du laboratoire pour les accompagner dans leurs prises de responsabilités, leurs évolutions et la préparation aux promotions.

Enfin nous y voyons aussi une certaine confirmation de la visibilité de l'organisation actuelle du service TEAM. Cet aspect doit être pris en compte dans les réflexions que mène le service sur son organisation future

Il faut poursuivre tous les efforts de soutien aux personnels car compte tenu de la faiblesse du nombre de postes offerts à travers les procédures de promotion du CNRS et de l'Université ces succès sont très ardues à obtenir. Poursuivre ces efforts permet de maintenir la motivation, et évite de créer une compétition négative pour le bien-être individuel et le savoir-vivre collectif.

ANALYSE PLURIANNUELLE DES POSTES PERMANENTS

Eléments pris en compte

L'analyse se focalise sur les personnels permanents car eux seuls assurent la pérennité de fonctionnement du service TEAM. Toutefois il convient de noter l'effort perpétué sur le budget IG du laboratoire pour l'emploi CDD

Il permet actuellement le recrutement

- o De trois personnels pour palier à des manques pérennes
 - Dépôts électrolytiques / chimie
 - Packaging
 - Gravure plasma
- o De deux apprentis pour développer de nouvelles compétences
 - Matériaux pour la stéréolithographie 3D appliquée au vivant.
 - Développement de procédés innovants d'oxydation localisée de nouveaux matériaux aux épaisseurs nanométriques pour des applications dans l'énergie et l'espace (en cours de recrutement)

Evolution de l'effectif 2012-2024 (juin)

Sur la période le solde en postes permanents est de -4.

A la date de rédaction de ce rapport (avril 2024) nous sommes bénéficiaires d'un concours IE Bap B qui s'il est pourvu à l'automne 2024 ramènera ce solde à -3. Le profil affiché est en gravure plasma.

Compte tenu des départs annoncés ce solde passera à -6 fin 2027 si aucun autre recrutement n'est mené d'ici là

La situation s'améliore sensiblement entre 2023 et 2024. De plus les évolutions dans l'organisation et dans les responsabilités permettent de minimiser l'impact sur le soutien à la recherche, cette « agilité » atteint des limites.

- Des zones reposent sur un seul permanent dépôt électrolytique, packaging, , jet d'encre.
- Les actions de soutien "du quotidien" (gestion du sas, des approvisionnements, facturation...) n'apparaissent que parce qu'elles sont conduites par les personnels du service au détriment de leurs responsabilités premières.

Bien que l'évolution soit positive il reste extrêmement complexe d'assurer les fonctions essentielles au fonctionnement quotidien, et encore plus de poursuivre des développements de procédés ambitieux notamment liés aux investissements massifs dont nous avons bénéficié (Equipex, PEPR)

Cet appauvrissement aura des répercussions à court terme à la fois sur les innovations proposées mais aussi sur la motivation des personnels qui seraient cantonnés à des tâches ingrates.

Projection à long terme

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

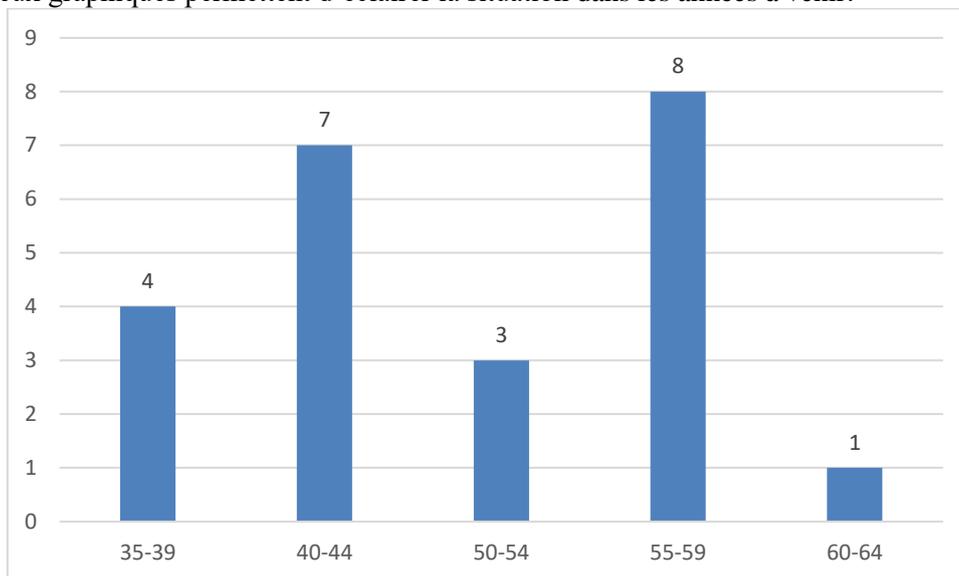


Figure 2 : pyramide des âges des permanents du service TEAM au 31/12/2023

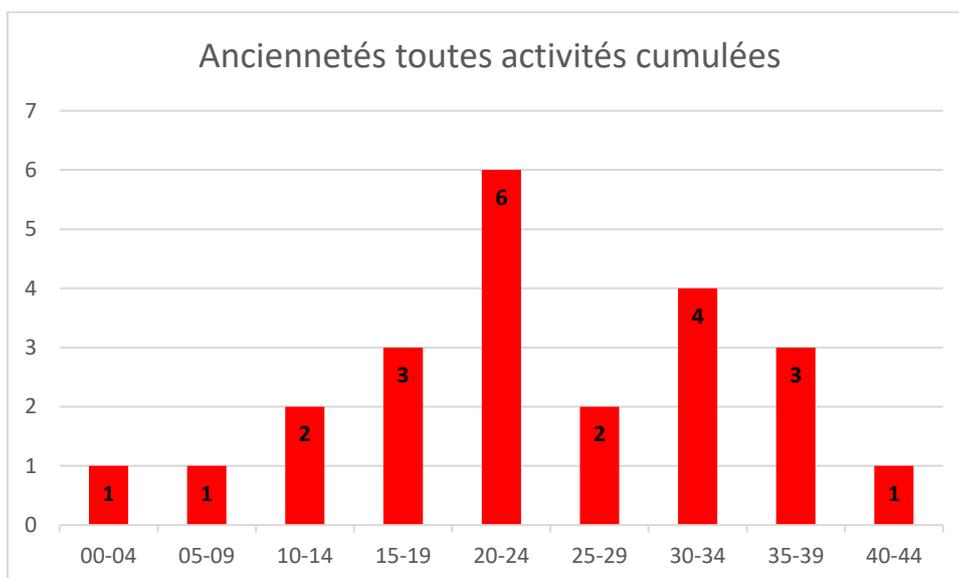


Figure 3 : Ancienneté des permanents du service TEAM au 31/12/2023

A partir de fin 2025, début 2026 quelques départs s'échelonneront régulièrement pendant plusieurs années. Un nouveau départ massif de 4 à 5 agents en deux ans est à prévoir d'ici 7 à 8 ans.

Analyse d'impact

Même si la situation s'est améliorée en 2023-2024 avec les deux NOEMI et le concours IE si l'on garde le rythme actuel de renouvellement des permanents une refonte profonde des responsabilités des agents restants est inévitable.

Elle ne pourra pas consister à ne laisser que les tâches ingrates aux agents (maintenances, gestion du quotidien, ...) sous peine de voir une démotivation totale, qui conduirait à amplifier encore le mouvement de départs.

C'est un enjeu majeur de la politique de soutien scientifique du laboratoire, et du soutien aux demandes issues du réseau Renatech.

QUELS AXES DE REFLEXION POUR PALLIER AUX MANQUES ?

Nous rappelons plusieurs pistes déjà évoquées et qui sont engageantes à divers niveaux (humain, financier, technique, scientifique) et présentent bien sûr chacune des avantages et des inconvénients.

Evolution de l'organisation du service TEAM.

Des réflexions internes au service sont en cours. Notamment sur une évolution de la structure de zone. Mais une organisation différente ne palliera pas le manque de personnel. Elle permettra au mieux une meilleure interopérabilité entre les zones.

Abandon /réduction d'actions de soutien et/ou de service

L'arbitrage sur les actions à abandonner est extrêmement complexe. Laisser tomber toutes les actions de gestion des équipements n'est pas possible. Reste la dimension de la coordination de projet ; mais ce serait alors réduire les membres du service à réaliser les seules actions ingrates. Cela se traduira par une démotivation et la perte de personnels qui souhaiteront quitter le service.

Sous-traitance accrue

Le développement de la sous-traitance est une tendance qui s'accroît depuis quelques années. Cela nous est parfois imposé du fait d'équipements de plus en plus complexe que nous ne pouvons maintenir par nous-mêmes. Le phénomène pourrait être amplifié dans les années à venir du fait du manque de personnel. Cette situation provoque deux impacts.

Le plus fort est l'aspect financier car les contrats de maintenance présentent des montants très élevés qui sont obligatoirement reportés sur la facturation aux utilisateurs.

Le second est plus pernicieux. L'appel à la sous-traitance fait que les personnels du service connaissent moins intimement leurs équipements, ce qui peut avoir un impact sur la vision des développements technologiques possibles.

Toutefois la maintenance de premier niveau ne peut jamais être éliminée. Elle est toujours en lien avec les constructeurs et permet d'acquérir l'expérience et la connaissance nécessaire au bon management des équipements. Si l'équipementier disparaît, il faut rétrofiter ou mettre la machine au rancart. Si le personnel disparaît c'est aussi toute cette expérience et tous les liens qui sont perdus et ils sont longs à acquérir

Contribution plus grande des utilisateurs

Les utilisateurs de la salle blanche pourraient être mis à contribution par le biais d'un investissement en temps dans l'aide à la gestion de la salle blanche et de ses équipements. Toutefois, cela soulève plusieurs obstacles. Ces mêmes utilisateurs sont tout-d'abord déjà très accaparés par leurs projets. De plus, le besoin en salle blanche est celui d'hyper spécialistes, et on ne peut pas demander à un étudiant, un post-doc ou un chercheur d'acquérir ces compétences techniques. L'aide pourrait donc être apportée sur des actions de base ; mais elle doit être organisée pour être partagée par tous dans un souci d'équité.

Recrutements de CDDs plus pérennes, voire de CDI

Le laboratoire fait de gros efforts financiers afin de pouvoir recruter des CDD. Il est clair que ce besoin est pérenne, notamment sur les zones qui ne reposent que sur un seul permanent. Les contraintes imposées par le CNRS font qu'il y a une rotation élevée du nombre de CDD qui ne restent pas plus de 3 ou 4 ans. Il faut donc sans cesse former de nouvelles personnes qui ne sont efficaces qu'au bout de plusieurs mois, voire années. Un relâchement de cette contrainte par notre tutelle pourrait être une grande avancée en nous permettant de recruter des CDI. Cela nous impose néanmoins de consolider notre gestion financière afin de dégager les ressources nécessaires.

À toutes les difficultés déjà évoquées, il convient d'ajouter la difficulté de recrutement de CDDs depuis quelques années. Plusieurs éléments peuvent les expliquer. Un marché du travail tendu. La faible attractivité des salaires proposés. La durée limitée des contrats. Les faibles perspectives de recrutement pérenne. On peut donc penser que proposer des CDI limiterait ses effets.

Toutefois cela pourra générer d'autres effets très négatifs Outre le fait que l'on aurait deux statuts différents (et donc des différences de salaires, de primes, de droits, ... possibles) pour des personnels qui font le même travail ce pourrait être une porte-ouverte à la re-contractualisation des personnels en commençant par les personnels techniques

Financement de personnel contractuel sur ressources propres

Si le recrutement de personnels contractuels n'est pas la meilleure des solutions elle reste quand même relativement efficace malgré les bémols que nous avons déjà évoqués. Pour ne pas trop peser sur les financements par l'intérêt général il faudrait accroître les ressources propres issues des prestations au sein de la plateforme. Cette piste a clairement des limites car elle peut avoir un effet boule de neige.

Réduction du nombre de sollicitations

Le service soutient 160 projets par an en moyenne. Si la décroissance du nombre de personnels continue une piste pourrait bien sûr être celle de la diminution du nombre de projets soutenus.

Pour les projets internes, sans occulter les difficultés liées à l'évaluation individuelle des chercheurs et des enseignants-chercheurs, pourquoi ne pas explorer la piste de binômes qui porteraient un même projet ? En plus de diminuer le nombre de projets, cette solution permettrait peut-être d'accroître l'encadrement par le personnel scientifique des étudiants en salle blanche.

Pour les projets externes, qui, rappelons-le, ne représentent que 13% de l'activité, nous pourrions refuser d'en accueillir un certain nombre. Toutefois, cela va à l'encontre de la raison d'être du réseau Renatech et pourrait à terme se traduire par une baisse des financements du fonctionnement et de l'investissement en équipement de la plateforme.

Réduction des domaines de savoir-faire.

La plateforme offre une expertise dans quatre grands domaines de savoir-faire. Les micros et nano dispositifs, l'optique et la photonique, la micro-nanoélectronique, la bioélectronique, les biosystèmes et la biophysique. Une couverture aussi étendue s'explique par l'historique du laboratoire ; c'est également un marqueur fort de la plateforme. En contrepartie, cela demande l'existence de très nombreuses expertises. Pour pallier le manque de poste, on pourrait donc réfléchir à réduire cette empreinte technologique. Mais cela n'est bien sûr possible qu'en adéquation avec les besoins des scientifiques du laboratoire. Cette solution ne serait vraiment qu'un pis-aller.

Amplification de l'implication des utilisateurs en salle blanche

Dans un certain nombre de cas, les projets sont entièrement réalisés par les personnels techniques du service ; sans aucune intervention des demandeurs. Cela se vérifie tant pour des projets internes que externes. Nous pourrions donc à l'avenir, conditionner l'accès à la salle blanche à une implication réelle dans les réalisations technologiques.

Politique de recrutement de la tutelle.

Au-delà des postes qu'elle nous attribue avec parcimonie notre tutelle pourrait mieux nous accompagner en construisant avec les laboratoires un calendrier pluriannuel des postes qui seront attribués. Actuellement les laboratoires remontent leurs besoins pluriannuels mais les attributions sont annuelles et au cas par cas. Une visibilité pluri annuelle permettrait de mieux organiser la gestion des ressources. Même s'il ne s'agit ici que de gérer la pénurie. Les échanges avec la tutelle ont à ce jour montré que cette voie n'est actuellement pas possible ; car elle ne dispose pas elle-même d'une visibilité pluri annuelle.

Soutien d'autres entités que la tutelle CNRS

La plateforme est une partie intégrante du laboratoire. Elle est également clairement identifiée par nos partenaires comme une plateforme de l'université Paul Sabatier de l'INSAT et de l'INPT. Les travaux qui sont conduits sont valorisés par ces trois entités ; nombre de projets impliquant des enseignants-chercheurs. Néanmoins, le soutien direct de ces partenaires reste relativement faible, que ce soit en nombre de personnels, deux BiATSS actuellement, ou en termes de financement. Un soutien en ressources humaines pourrait donc apporter une partie de la solution. A notre connaissance une réflexion

sur les plateformes est en cours dans le cadre de la mise en place du PUI toulousain sans que l'on sache quel en sera l'impact sur la question de moyens alloués.

Un point de vigilance doit toutefois être de conserver le statut d'UPR.

La plateforme est également identifiée par la région Occitanie comme une structure mutualisée ouverte. Un travail de fond pourrait être mené avec la Région pour explorer la possibilité de financer des personnels CDI dont le rôle serait d'accueillir les demandes exogènes.

EXPRESSION DES BESOINS

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

Compétences clairement identifiées

Assistant-e Ingénieur-e / Technicien(ne) en élaboration des matériaux - B3D44/B4D43
Dépôts électrolytiques

Assistant-e Ingénieur-e / Technicien(ne) en élaboration des matériaux - B3D44/B4D43
Packaging

Assistant-e Ingénieur-e / Technicien(ne) en élaboration des matériaux - B3D44/B4D43
Jet d'encre/ Traitements de surface

Ingénieur(e) de recherche en science des matériaux / élaboration - B1D44
Matériaux avancés (semi-conducteurs, oxydes métalliques, ...)

Compétence en cours de réflexion

Ingénieur d'Etudes / Assistant-e Ingénieur-e / Technicien(ne) Bap à déterminer
Conception et dessin logiciel 2D/3D.

Il s'agirait d'une personne qui assumerait la coordination des conceptions et dessins sur des logiciels adaptés (fusion 360, solidworks, cléwin). Cette activité est très chronophage, elle mobilise du temps de nombre de personnes sans qu'il y ait une réelle coordination. Avoir un personnel dédié permettrait cette coordination, la réalisation des fichiers de dessin quand la demande est ponctuelle, la gestion rationnelle des ressources. Ce poste pourrait parfaitement convenir à une personne à mobilité réduite. Un tel profil existait au laboratoire il y a une vingtaine d'années.

Les procédés

Développements conduits en 2023 et envisagés en 2024

Calibrations

Valorisation

Interactions service TEAM équipes de Recherche

DEVELOPPEMENTS CONDUITS EN 2023 ET ENVISAGES EN 2024

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

Ces développements ont globalement deux origines, ils sont réalisés

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

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

Caractérisation

Conduits en 2023

Pas de mise au point de procédé en 2023

Le fait qu'il y ait eu qu'une personne plus de la moitié de l'année ainsi que la prospective pour le MEB UHR (la commande a été passé à ce jour) n'a pas permis de faire du développement en caractérisation.

Envisagés en 2024

Développement de 4 pointes miniatures (IG)

Nous prévoyons de réaliser des pointes miniatures (empreinte totale <1mm voir moins) pour la mesure de résistivité sur des substrat faible dimensions (diamant, morceaux de III-V, ...).

Finalisation et mise en œuvre de la photogrammétrie (IG)

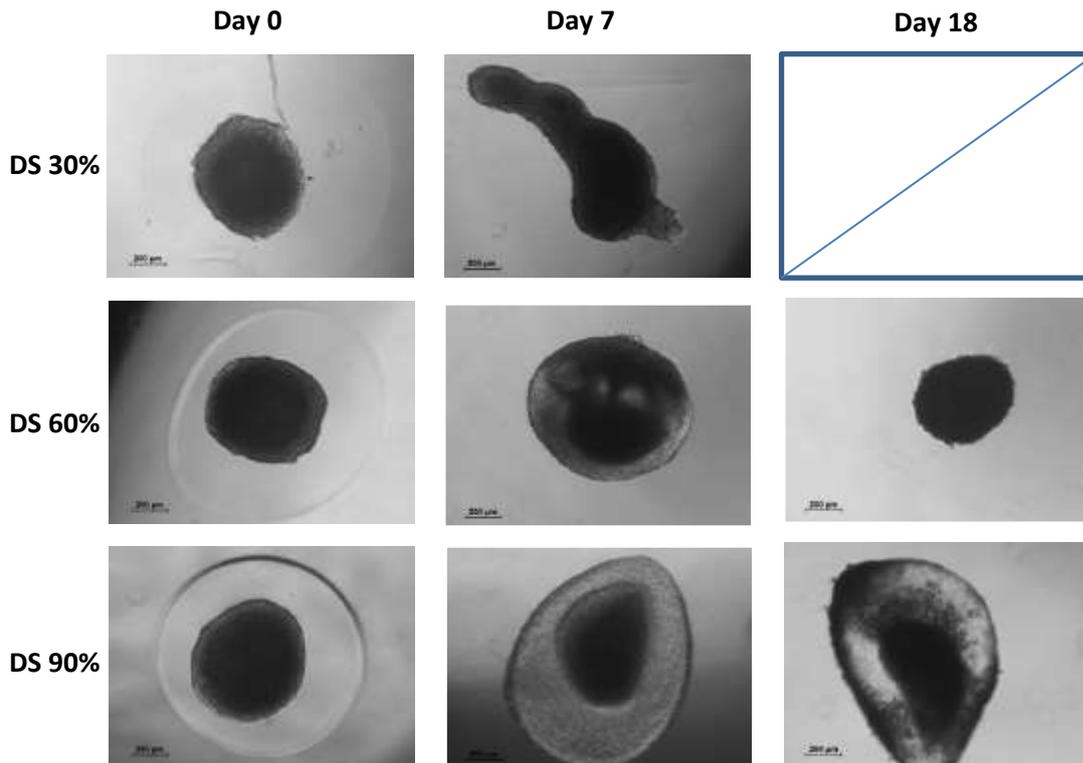
Rendre accessible à tous les utilisateurs la photogrammétrie.

Chimie

Conduits en 2023

Synthèse, formulation et caractérisation du méthacrylate de gélatine (GelMA). (Projet cellules en 3D P-15-01401, Bioprinting P-22-03854, CBI-LAAS P-22-03862, PRISME P-23-04079 et INVICTUS P-23-04080)

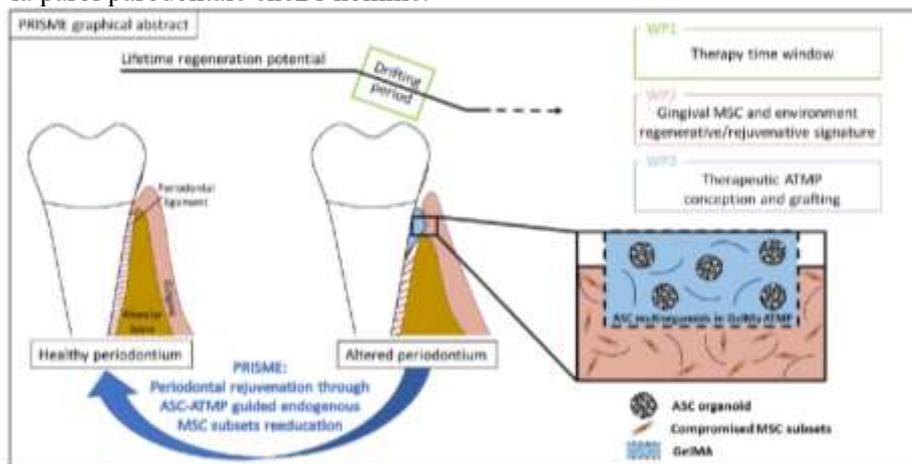
Dû aux nombreux projets où la gélatine méthacrylate est impliqué nous avons mis au point des synthèses multi-grammes. Grâce aux réacteurs de synthèse de 500mL et/ou 1000mL, installés en chimie de synthèse nous sommes en mesure de répondre aux besoins des équipes de recherche. Différentes synthèses ont été réalisées en modifiant la quantité de molécules de méthacrylate greffées sur la gélatine, pour réaliser des tests de screening en cultures cellulaires (en 2D et/ou 3D). Ces études sont effectuées dans l'équipe ELiA et à RESTORE pour des applications variées (par exemple, l'encapsulation d'organoïdes de tissu adipeux). Les premiers résultats ont montré que les cellules encapsulées évoluent différemment suivant le type de matrice utilisé, c'est-à-dire, selon le type de GelMA utilisé (**Fig.4**).



Images de sphéroïdes encapsulés dans le GelMA à différents degrés de substitution (30, 60 et 90%) post-photopolymérisation et à différents jours de culture cellulaire. Ces images ainsi que la culture cellulaire ont été faites à RESTORE par Laurence Vaysse.

Synthèse et formulation des nouveaux biomatériaux photosensibles pour la stéréolithographie (Projet PRISME P-23-04079 et INVICTUS P-23-04080)

Grâce aux réacteurs de synthèse à double enveloppe nous avons pu synthétiser des nouveaux biomatériaux photosensibles, par exemple le méthacrylate d'acide hyaluronique (HAMA), qui seront utilisés dans la zone lithographie laser ainsi que dans la plateforme MultiFab du LAAS pour développer une méthode de bioimpression 3D et multimatériaux (GelMA + HAMA) pour la régénération de tissus, par exemple la paroi parodontale chez l'homme.



Envisagés en 2024

Synthèse de biomatériaux photosensibles avec des propriétés fluorescentes (Project IG Chimie)

Bien que la transparence des hydrogels soit une caractéristique très importante pour de nombreuses applications, par exemple les lentilles de contact, sur les hydrogels de type GelMA ou HAMA s'avère un *handicap* lors des études d'interactions cellules-matériaux. Pour cette raison, nous avons pensé à fonctionnaliser ces types de matériaux avec des fluorophores biocompatibles qui permettront de caractériser les évolutions des cellules au sein du gel ainsi que leur dégradabilité (**Fig.5**).

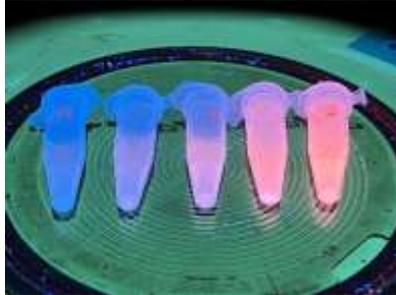


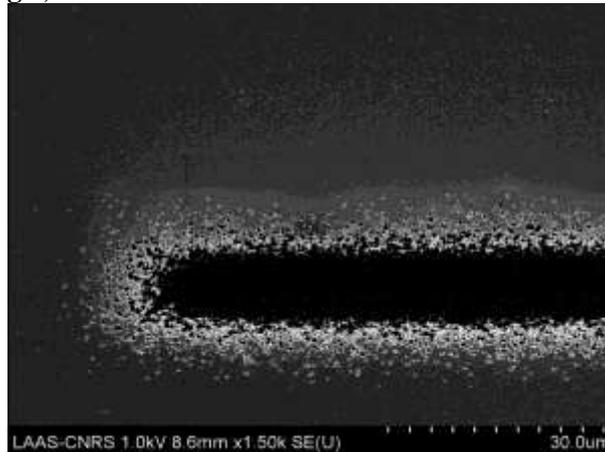
Image d'hydrogels fonctionnalisés avec de la rhodamine B à différentes concentrations.

Réalisation des films mince constitués de biomatériaux pour applications électroniques (Projet de collaboration entre MPN, ELiA et TEAM)

L'objectif est de réaliser des films minces constitués par de biomatériaux, comme les protéines du type albumine de l'œuf pour l'implémentation dans des composants électroniques performants. Ce qui fait apparaître des enjeux technologiques encore peu explorés comme leur mise en forme par micro structuration 2D ou 3D pour ces nouveaux matériaux.

Procédé de gravure humide d'AlN (Projet CEA-TECH)

Un procédé de gravure humide de nitrure d'aluminium par acide phosphorique (H_3PO_4) à chaud est en train de se développer (**Fig.6**).



AlN gravé 60s par H_3PO_4 85% à 130°C avec masquage AZ4562.

CVD&ALD

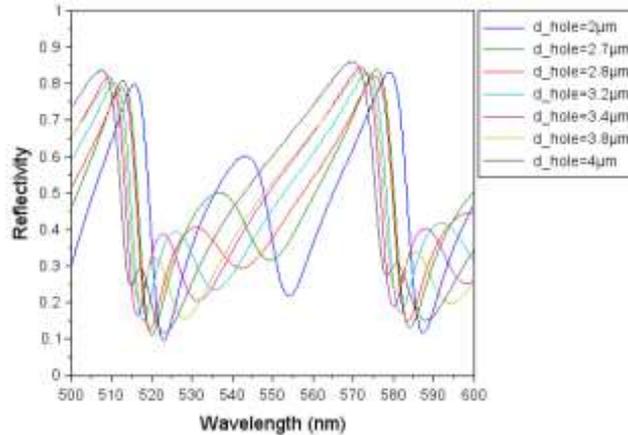
Conduits en 2023

Procédé de dépôt Al_2O_3 basse température dans ALD TFS-200 (IG)

En 2022, grâce à un financement nous avons pu acquérir un équipement ALD thermique en seconde main. L'exploitation de cet équipement a permis de réaliser des dépôts de Al_2O_3 à basse température < 300°C pour des applications noMOS. Ce matériau a été ensuite mis en forme par gravures chimique humide ou par plasma, pour faire une couche d'arrêt ou de masquage suivant le process étudié.

Développement de matériaux antireflets dans ICPECVD (DIMENSION / P-19-02966, OPALE / P-21-03387, SCOPOL / P-23-04042)

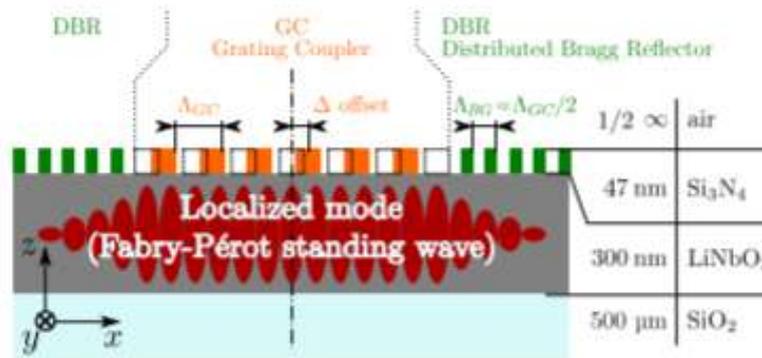
Il s'agit d'exploiter les développements faits dans CCPECVD, sur les dépôts de $\text{SiN}_x\text{:H}$ et $\text{SiO}_x\text{N}_y\text{:H}$, sans suivi optique in-situ. L'objectif est de réaliser des structures multi matériaux déposés avec des indices de réfraction différents pour réaliser des matériaux antireflets et des filtres sur différents substrats (*Photonics West 2024*).



Experimental characteristics of a cascaded Fabry-Pérot interferometer with a variable thickness intermediate mirror.(2022)

Développement de matériaux antireflets dans CCPECVD (RESON /P-20-03058)

Pour exemple, la réalisation expérimentale de filtres CRIGF (Cavity Resonator Integrated Grating Filter) sur substrat LNOI (LiNbO_3) permet de rendre ces filtres accordables sur une gamme de longueurs d'ondes de quelques nm. Le dépôt d'une couche diélectrique de $\text{SiN}_x\text{:H}$ précise au nm près, rend par la conception asymétrique du GC le contrôle du facteur de qualité du dispositif (*Optics Express 2023*).



CRIGF avec deux DBR forment une cavité Fabry Pérot plane avec un coupleur de réseau asymétrique sur LiNbO_3 .(2023)

Envisagés en 2024

Développement d'un outil de suivi in-situ de la courbure dans CCPECVD (IG)

Le suivi optique de la courbure en temps réel du matériau lors du dépôt, grâce à la mesure du grandissement de l'image virtuelle d'un objet lumineux, a permis, des essais réalisés avec succès lors de dépôts SiO_x , SiN_x sur Silicium. Ce travail est fait conjointement avec A.Arnoult (zone EJM). En 2024 une étude sera conduite pour la fabrication de multi couches anti reflets.

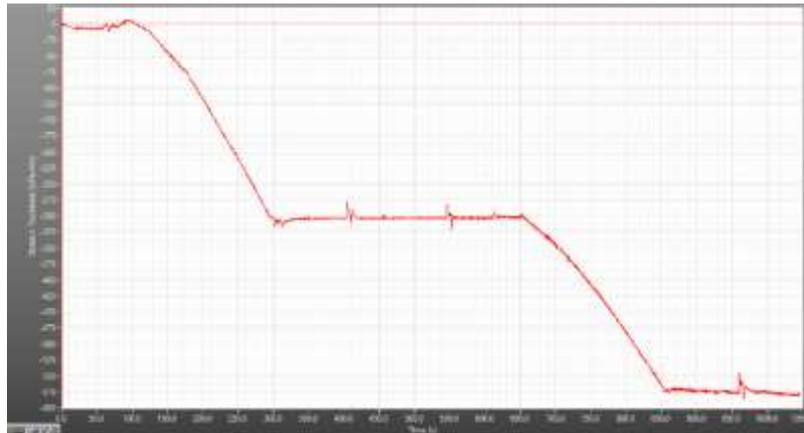
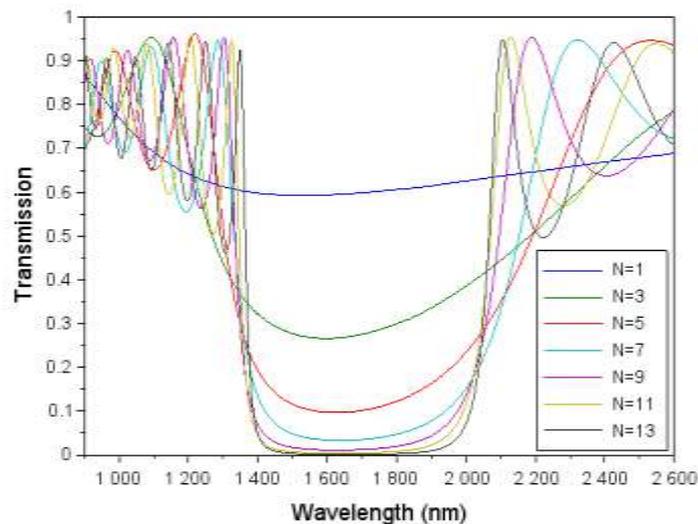


Figure : suivi EZ curve de la contrainte d'un empilement de couches SiO_x/SiN_x déposées sur silicium (2022).

Développement d'un outil de suivi in-situ de la réflectivité dans ICPECVD (DIMENSION / P-19-02966, OPALE / P-21-03387)

Il s'agit de reprendre les études réalisées en 2022, pour élaborer des matériaux diélectriques multi couches SiO_xN_y dont les indices de réfraction optique linéaire et non linéaire dans une large gamme permettent de réaliser des couches minces antireflet et des circuits intégrés photoniques.



13-layers mirror exhibits reflectivity values greater than 99.8%.(2022)

Dépôts de couches minces Al₂O₃ à basse température (OXYLO/ P-20-03114a)

Il s'agira de développer des dépôts à 90°C Al₂O₃ sur Si, verre et aussi exploiter les propriétés de ce matériau pour des applications photoniques. Manon Drob apprentie ingénieure de l'ENSIACET option matériaux est associée à ce projet.

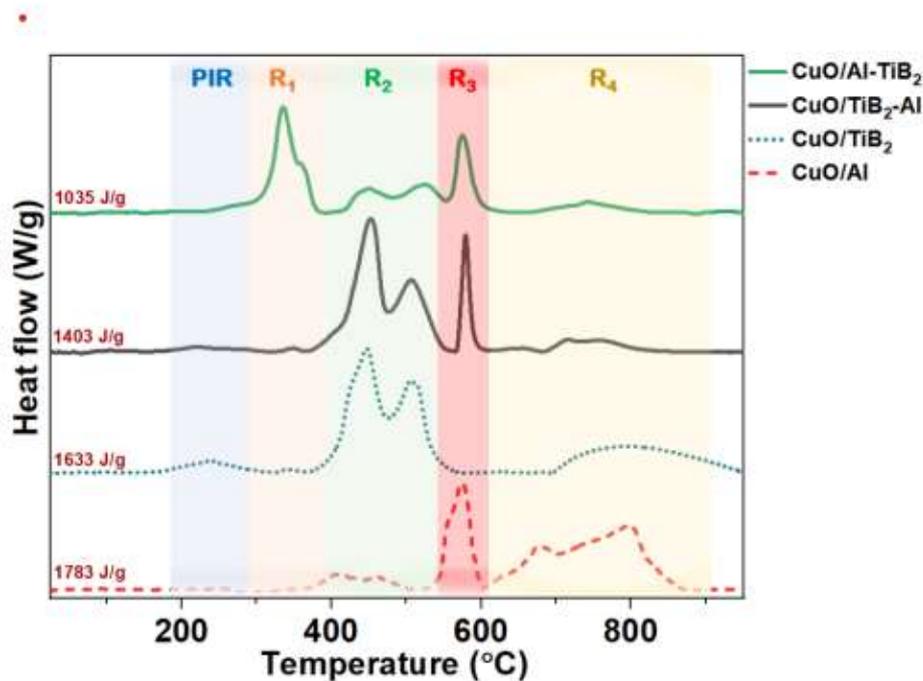
Dépôts sous vide

Conduits en 2023

Actionneurs à nanothermites (P-20-03073)

Cette étude rend compte d'une nouvelle thermitte ternaire composée de multicouches Al-TiB₂/CuO, conçue pour tirer parti de la haute inflammabilité du titane (Ti), de la densité volumétrique élevée du bore (B) et bas point de fusion de l'aluminium (Al). Les résultats démontrent des effets synergiques conduisant à une couche énergétique surpassant ses homologues à combustible unique, Al/CuO ou TiB₂/CuO, tout en étant sûre à manipuler. L'additif TiB₂ réduit non seulement l'énergie

d'allumage de 100 %, mais améliore également le taux de combustion de plus d'un facteur deux par rapport aux échantillons de combustible unique (Al/CuO et TiB₂/CuO).



F

Figure 2: DSC traces of 5 BL CuO/Me {Me: Al, TiB₂, TiB₂-Al}. The traces are baseline subtracted manually and are offset in Y to provide clarity. The plot is divided into 5 regions: a pre-ignition region (PIR), regions R1, R2, R3 and R4

Envisagés en 2024

Electronique organique

- Composants sur substrats souples (parylène c)

PyroMEMS

- Exploration de nouveaux matériaux (AlB₂) enfin de faire évoluer les taux de combustion des pyromens.

Topological Materials for Spin Orbit Torque MRAM

- Etude et dépôt de nouveaux matériaux (Nb,CoFeB,...)

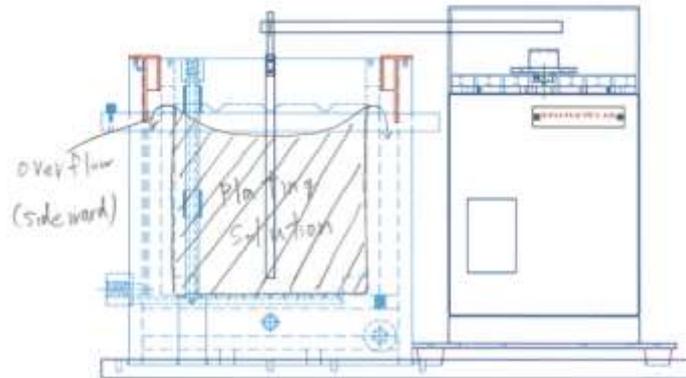
Dépôts électrolytiques

Conduits en 2023

David Bourrier étant seul dans la zone alors que nous devrions être deux et une plus grande demande de support aux projets, le peu de temps qui a pu être dégagé a été consacré aux développements sur le nouvel équipement de structuration 3D du verre. (Cf Bilan Zone litho Laser)

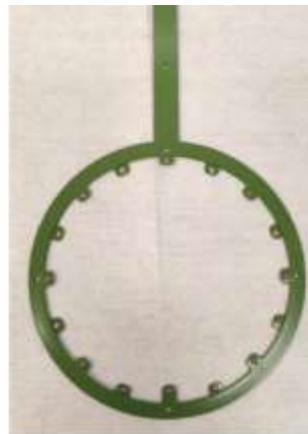
Envisagés en 2024

Amélioration quatrième génération de machine Yamamoto (Société Yamamoto & action IG Développements dépôts électrolytiques P 22-03784)



Tous nos tests démontrent que l'agitation est un des facteurs clefs pour améliorer encore les résultats. Jusqu'à maintenant la vitesse max de l'agitateur n'était pas limitante mais avec toutes les évolutions que nous avons réalisées maintenant c'est cette vitesse maximum qui n'est plus suffisante. Nous avons échangé avec Yamamoto-MS, ils vont nous fournir un moteur permettant d'atteindre les 200 rpm comparés aux 130 rpm actuellement.

Notre collaboration continue également sur d'autres points comme la forme de l'agitateur et le nombre de points de contact électrique (de 8 à 16 contacts) afin de continuer à améliorer nos résultats.



Développement des dépôts de Ni et Cu sur des substrat 6pouces (IG Développements dépôts électrolytiques P 22-03784)

Nous avons de plus en plus de demande de dépôt sur des substrat 6 pouces. Nous allons réaliser ces développements sur les dépôts de Ni et de Cu.

Installation Machine de via filling (Projet Nanofutur & action IG Développements dépôts électrolytiques P 22-03784)



La fabrication de cet équipement a pris beaucoup de retard, au lieu d'être livré début mars il sera livré fin de l'année 2024.

Epitaxie par jets moléculaires

Conduits en 2023

Plusieurs procédés ont été mis au point dans le cadre du labcom EpiCentre. Ils sont le fruit d'une collaboration avec Riber, mais aussi en interne entre les services IDEA, I2C et TEAM, et les groupes de recherches MPN et PHOTO.

Boîtier de trig des instruments sur la rotation du manipulateur et son interface de configuration (EZ-TRIG) (action EPICENTRE)

Afin de déclencher les instruments d'EPICENTRE (spectromètres, caméras) de façon synchrone à l'angle de rotation du wafer sur lui-même pendant la croissance, un boîtier a été développé. Il prend en entrée l'angle de rotation mesuré par un codeur optique et émet en sortie des signaux de déclenchements selon différents modes (un par tour, un tous les delta angle, selon une liste d'angle préétablie, etc...).



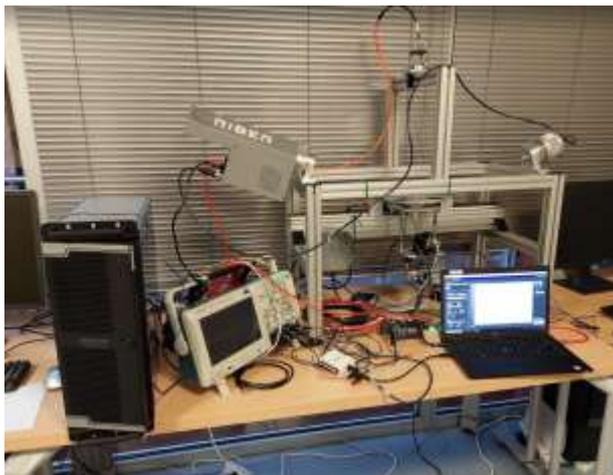
Carte shield H7



interface LabVIEW de configuration

Banc de tests multiwafers (action EPICENTRE)

Un banc de test fabriqué par Riber et livré au LAAS permet de simuler le plateau porte wafers d'une chambre de croissance, et ainsi de valider tous les instruments en synchronisation à la rotation.



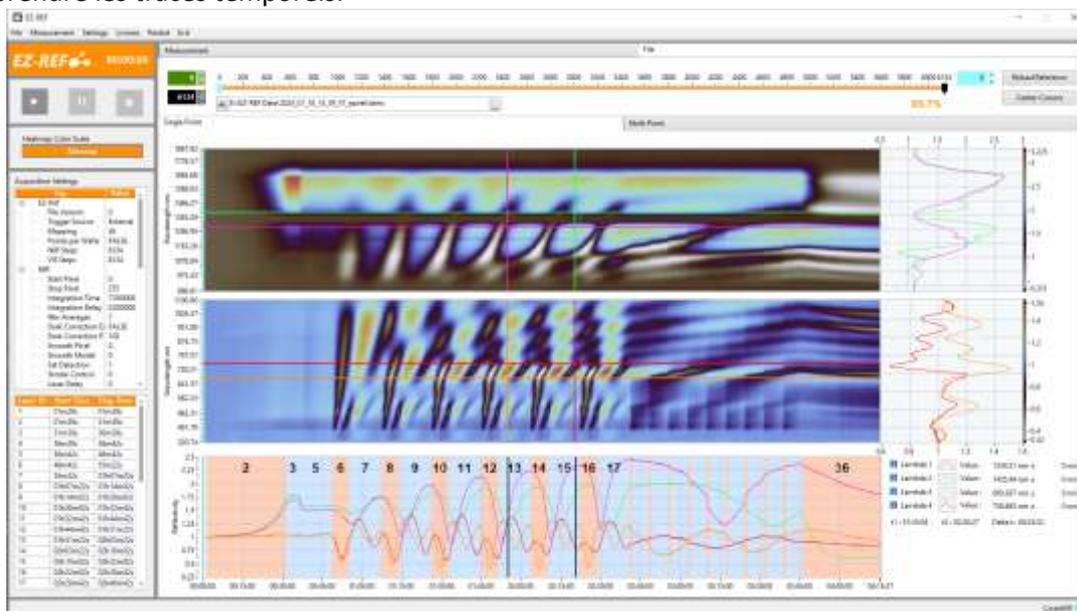
Banc de test pour la synchronisation à la rotation sur lequel est monté EZ-TRIG, EZ-Curve et EZ-REF

Logiciel de mesure de réflectivité spectrale bi-spectromètre EZ-REF (action EPICENTRE)

Un logiciel LabVIEW d'acquisition et d'affichage de la réflectivité spectrale acquise sur des wafers en rotation grâce à EZ-TRIG a été développé. Ce logiciel a pu être testé sur le banc de tests multiwafer pendant des sets de mesures de plusieurs dizaines heures, avant d'être déployé sur le MBE412. En outre, ce logiciel permet d'extraire simplement des profils à des longueurs d'ondes ou des temps spécifiés par l'utilisateur afin de les comparer.

EZ-REF acquiert les signaux provenant d'un spectromètre visible et d'un spectromètre proche infrarouge. Il est aussi capable de fusionner les tracés de ces deux spectromètres au besoin.

Enfin, le logiciel EZ-REF est connecté à CrystalXE, le logiciel de supervision Riber du système de croissance. Ainsi, à chaque changement d'étape de croissance, EZ-REF enregistre le temps de ce changement et introduit une couleur de fond différente sur le tracé temporel (graphe du bas de la figure suivante). Ceci permet d'identifier facilement les différentes étapes de croissance et de mieux comprendre les tracés temporels.

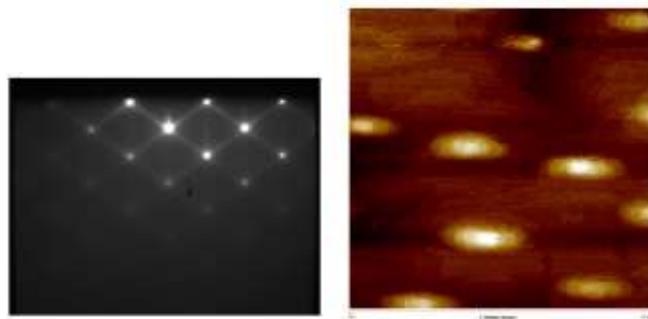


Interface du logiciel de réflectivité spectrale EZ-REF

Nano cristaux de GaAs sur AlGaAs (action DOCTVECSEL)

Dans le cadre du stage de dernière année de Hugo Villanti (encadré par Véronique Bardinal et Alexandre Arnoult), nous avons développé la cristallisation de gouttelettes de Ga afin qu'elles

forment des nano-cristaux de GaAs anisotropes. Ceux-ci devant ensuite servir à pré-aligner des cristaux liquides à l'intérieur d'une cavité afin de former des cavités accordables en longueur d'onde, au sein d'un VCSEL.



RHEED, typiquement 3D, de nano cristaux de GaAs sur AlGaAs 35% après cristallisation. A droite, les nano cristaux de GaAs observé à l'AFM.

Envisagés en 2024

Laboratoire commun LAAS-RIBER : EPICENTRE

La chambre de croissance cryogénique, livrée début 2024, devrait permettre de développer un nouveau procédé de la croissance à basses températures. L'originalité de cette chambre est qu'elle devrait permettre de garder une température basse (typiquement -150°C) lors de la croissance d'aluminium, tout en faisant tourner le substrat afin d'homogénéiser l'épaisseur du film.

De plus, nous allons continuer le développement des instruments de mesure de température par mesure du gap, de suivi de RHEED en rotation, de suivi de la rugosité de surface et de mesure de flux par absorption atomique.

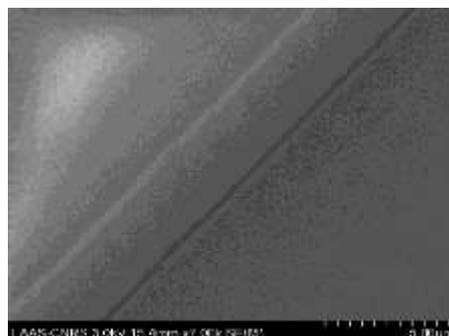
Gravure plasma

Conduits en 2023

Optimisation de procédés de gravure dans l'équipement SI500 Fluoré :

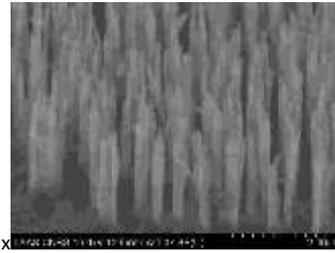
Gravure du diamant (ISGE : R. GOURAD : PIN (113) Diamond diode)

La gravure du diamant a été améliorée en diminuant le micro masquage ainsi que la rugosité ; malgré cela il reste des traces de trenching sur les diamants dopés.



Black Silicon (ELIA : S. RAMOS : EXOBIOLOGIE)

La gravure du Black Silicon a été développée afin de créer de la rugosité sur les échantillons.



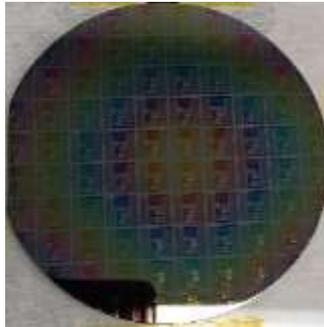
Black Silicon après optimisation sur la SI500F

Optimisation de procédés de gravure dans l'équipement TERGEO :**Hydrophile (IG) :**

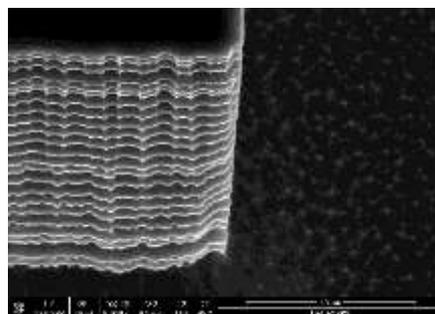
Mise au point d'une des recettes permettant de rendre la surface d'un wafer Si hydrophile.

Clean ECI (IG) :

Mise au point d'une recette permettant de retirer l'ECI.

**Envisagés en 2024****Optimisation des gravures dans l'équipement Alcatel P1****Black Silicon (ELIA : S. RAMOS : EXOBIOLOGIE)**

L'objectif est de retrouver les mêmes résultats que l'on avait avant la panne de 6 mois.

Optimisation des gravures dans l'équipement SI500 fluoré**Gravure Bosch (IG) :**

Les procédés de gravures DRIE de Si doivent être optimisés dans cet équipement.

Gravure du Diamant (ISGE) :

L'objectif est de graver du diamant dans une gamme allant de quelques dizaines de nanomètres à quelques micromètres, en limitant le trenching.

Black Silicon (ELIA : S. RAMOS : EXOBIOLOGIE)

Les pistes d'amélioration sont d'augmenter la largeur des piliers et d'augmenter leur densité.

Optimisation de gravures dans l'équipement SI500 chlorée**Gravure de l'AlGaIn (ISGE) :**

La gravure de l'AlGaIn va continuer à être optimisée dans le nouvel équipement Sentech (SI500 Chlorée).

Gravure de HZO (MPN) :

Continuer l'optimisation de procédés de gravure de couches minces TiN/HZO/SiO₂

Mise en place des procédés sur le Plasma Cleaner TERGEO (IG)

L'équipement TERGEO est utilisé pour des traitements de surface et retrait de résidus de résine. Il va falloir mettre au point plus de procédés standards.

Jet d'encre et traitements de surface*Envisagés en 2024***Traitement de surface sur le Nanonex Ultra-100 (IG)**

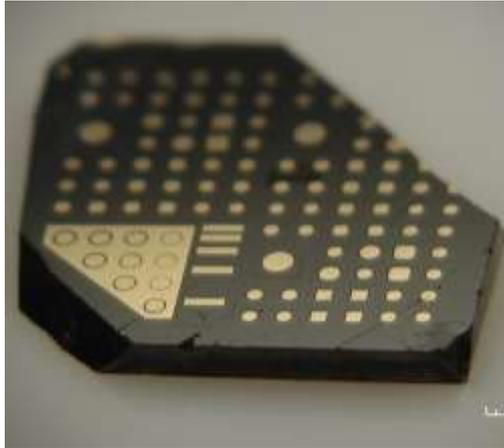
Après réception d'une pompe sèche compatible produits chimiques, nous envisageons de développer le greffage de SAM de GPTMS. Cette molécule est utilisée comme promoteur d'adhérence pour les films epoxy. Actuellement le traitement est effectué en spin coating, le produit périmé et il est difficile de le caractériser. Un traitement en phase vapeur sera plus reproductible et ainsi plus facile à caractériser.

Traitement de surface par plasma atmosphérique (IG)

L'arrivée de l'équipement de plasma à pression atmosphérique est prévue pour mars. Nous mettrons au point des procédés de décontamination, traitement hydrophile de résine épaisse à haut facteur de forme, désoxydation de métaux pour commencer.

Lithographie Laser*Conduits en 2023***Réalisation d'une diode PIN sur diamant (projet PIN 113 diamond diode / P-22-03752)**

Les travaux sur la réalisation de composants de puissance sur diamant se sont poursuivis. La lithographie laser sur la Dilase 750 est utilisée pour les deux types de résine AZ4999 et NLOF déposées au préalable par spray coating, respectivement pour la gravure du SiO₂ et la gravure mesa d'une part et le dépôt métallique de TiPtAu d'autre part. Nous avons ainsi pu réaliser des diodes de type PIN (Fig 1) sur un substrat diamant de 4,6 x 4,8 mm², avec des diamètres de diode variant de 150 µm à 300 µm. Les diodes sont fonctionnelles avec une densité de courant en direct de 0,25 A/cm².

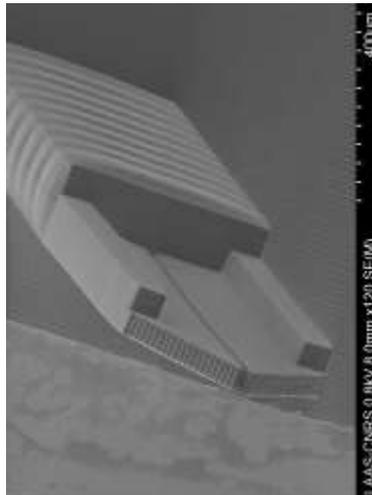


Réalisation de diodes PIN et motifs de test TLM sur substrat diamant

Nous poursuivons également, toujours à partir de la lithographie laser sur la Dilase 750, les travaux sur l'optimisation de la gravure du diamant par plasma O_2 avec un masque de gravure de SiO_2 .

Fabrication de bioplumes polymères (projet MEMS / P14-00709).

Le procédé de fabrication de bioplumes polymères a été amélioré suite à une modification de la Dilase 3D MR. La précision de positionnement des optiques permet dorénavant d'améliorer l'alignement XY des couches polymérisées lors de la commutation des différentes tailles de faisceau laser. En 2023 plusieurs dizaines de dispositifs (Fig 2) ont été fabriqués et expédiés à Taiwan pour la réalisation de dépôts. Il est maintenant envisagé de fabriquer des nouveaux dispositifs intégrant plusieurs bioplumes alignées sur une seule base.

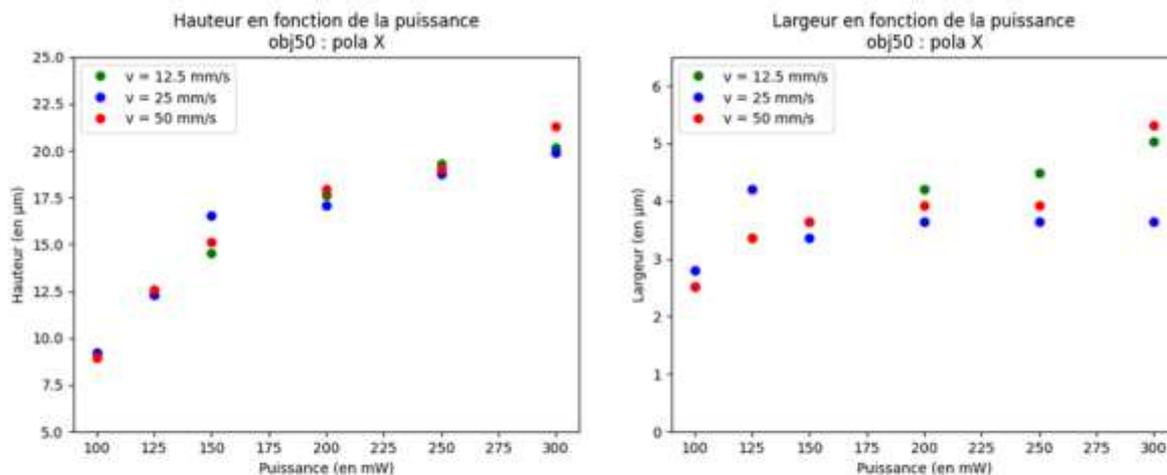


Bioplume en résine DS300 avec un canal micro-fluidique de 20 μm de large

Mise au point des procédés de fabrication de pièces en verre Nanofactory Femtika (Equipex Nanofutur)

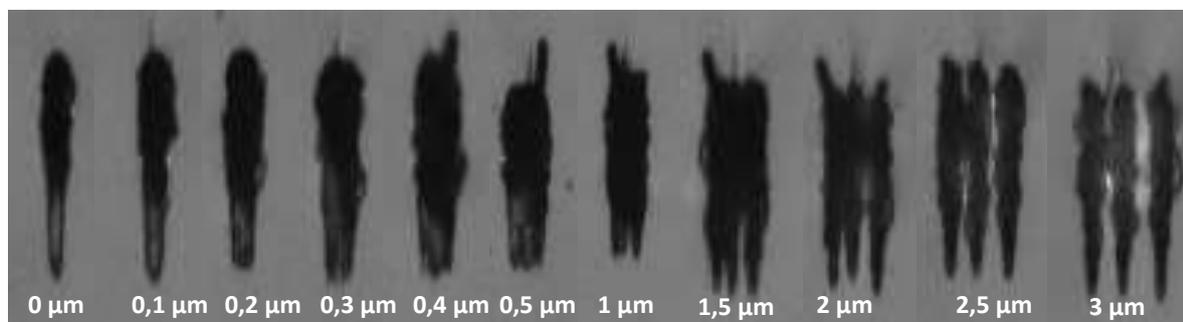
Les 6 premiers mois d'utilisation ont permis la prise en main de ce nouvel équipement, la compréhension de cette nouvelle technologie pour son utilisation en microélectronique et les différentes possibilités de développements.

Avec l'équipe Photo, nous avons accueilli Juliette Lignières stage de césure école d'ingénieur Télécom Strasbourg. Nous avons pu déterminer les différents paramètres d'écriture et leurs influences sur la qualité d'écriture des structures (Fig 3 & 4). Le but à terme sera de réaliser des μ lentilles (Fig 5(c)).

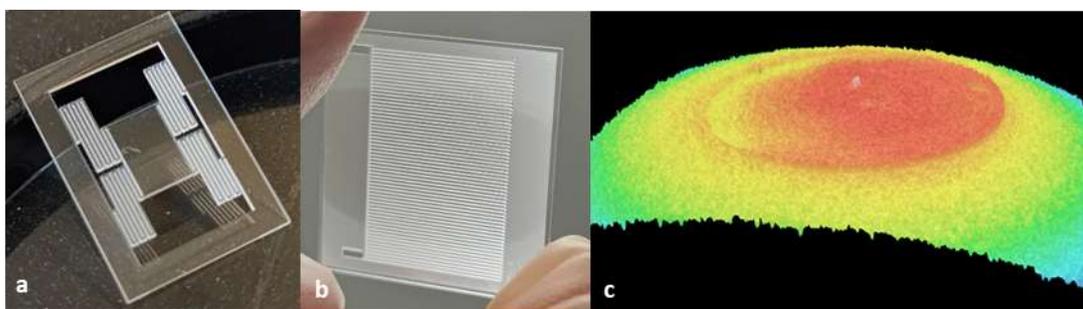


Détermination de la hauteur et largeur d'un voxel unique en fonction de la puissance pour une polarisation X

Etude des dimensions d'un voxel unique



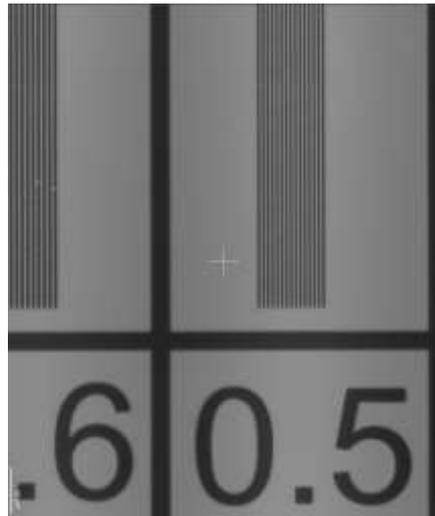
Etudes du recouvrement horizontal de 3 Voxels



(a) résonateur verre (MEMS) ; (b) shadow mask (ISGE) ; (c) profil lentille Sensofar (PHOTO)

Prospective et analyse des performances d'un équipement Heidelberg MLA 150 (collaboration RENA TECH FEMTO-ST)

Notre premier système d'écriture laser DWL 200 acquis en 2004 est toujours utilisé chaque semaine pour la fabrication de photo-masques et réticules. Nous avons pu récemment comparer les performances de notre DWL 200 avec la MLA 150 installée à Besançon. Les écritures sont 4 fois plus rapide avec la MLA et la dimension critique réalisable dans une résine d'épaisseur 500 nm est 500 nm au lieu de 1 µm (Fig 6). Le gain en termes de vitesse d'écriture permet une évolution vers plus de lithographie sans masque et une réduction de l'achat de matière pour la fabrication de masques ou réticules. Le choix d'un équipement MLA 150 équipé de 2 sources laser UV et d'un chargeur automatique de masques et wafers permettrait d'améliorer nos procédés de lithographie UV en complément de la lithographie électronique.

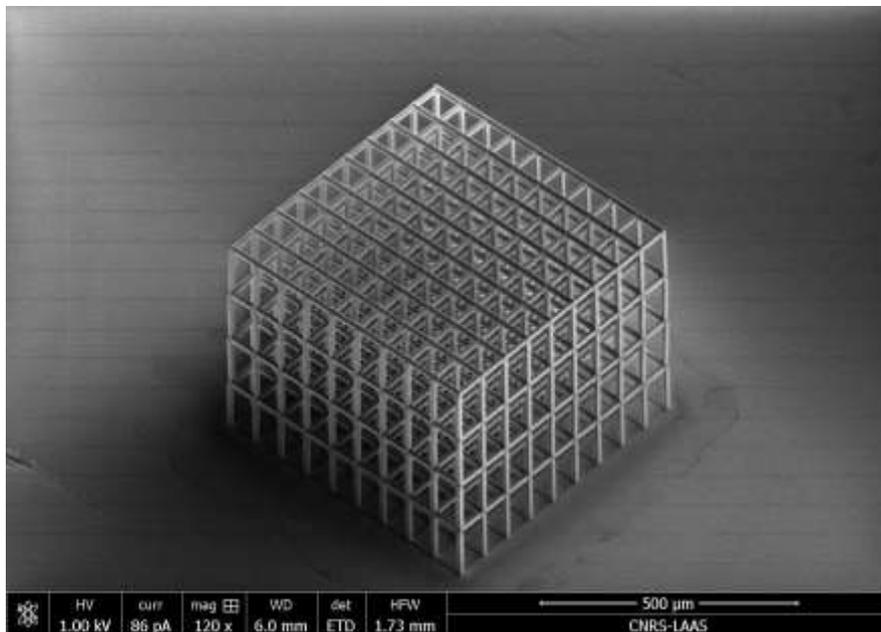


Motifs critiques de 500 nm sur un masque chrome/verre réalisées avec la MLA 150

Envisagés en 2024

Développement d'un procédé de lithographie avec la résine SZ2080 et l'équipement Laser Nanofactory (Femtika)

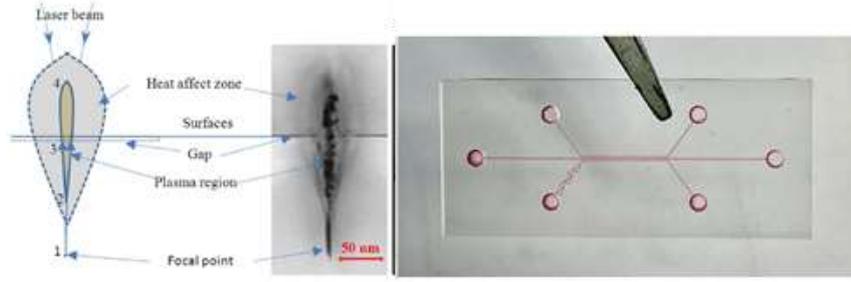
Nous poursuivons l'optimisation des paramètres d'écriture de la résine SZ2080 (Fig 7). L'évaporateur rotatif de la zone chimie nous permet de réduire la proportion de solvants dans cette résine et ainsi moduler sa viscosité. En réduisant la viscosité de la résine il est possible de photopolymériser des structures 3D à des échelles croissantes.



Écriture bi-photons de la résine SZ2080 avec l'équipement FEMTIKA

Développements de procédés sur l'équipement Laser Nanofactory (Femtika)

Les possibilités de ce nouvel équipement sont encore très grandes. Nous allons continuer à développer les procédés de structuration du verre mais aussi en parallèle développer d'autres procédés que permet cet équipement comme la soudure verre-verre (Fig 8) et l'ablation haute résolution (Fig 9).



: Soudure verre-verre avec l'équipement FEMTIKA



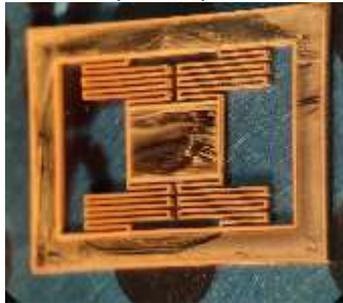
Ablation couche métallique sur verre avec l'équipement FEMTIKA

Packaging

Conduits en 2023

Mise au point des procédés de découpe par laser (action IG et projets)

Découpe précise dans différents matériaux tels que le silicium, le verre, des polymères ou métaux.
Projet Pommade : Résonateur silicium de 525µm d'épaisseur avec barreau de 175µm de large.



Projet Hélià: Découpe dans un cathéter polymère de zone de 400µm x 400µm



Projet Nanothermie : Découpe localisée de pièces mécanique dans un wafer en verre



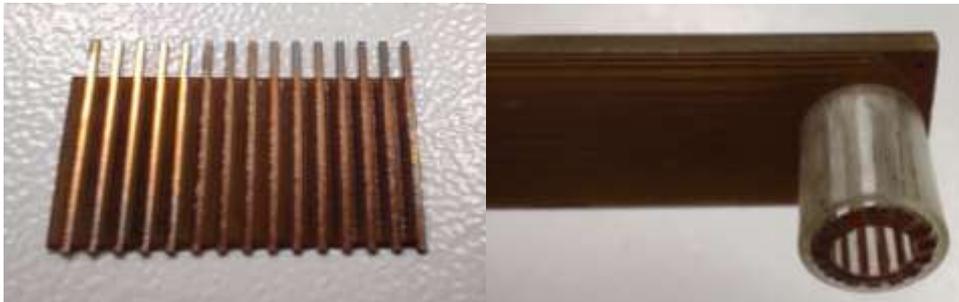
Mise au point des procédés de gravure de matériaux par laser (action IG/projets)

Gravure de matériaux tel que le silicium, le verre, les métaux.

Projet Cocnano : Gravure de cuivre (17 μm) sur Kapton (25 μm) pour l'obtention d'un substrat souple avec pistes électriques reportées en face arrière sur un boîtier et connectée à un capteur de pression.



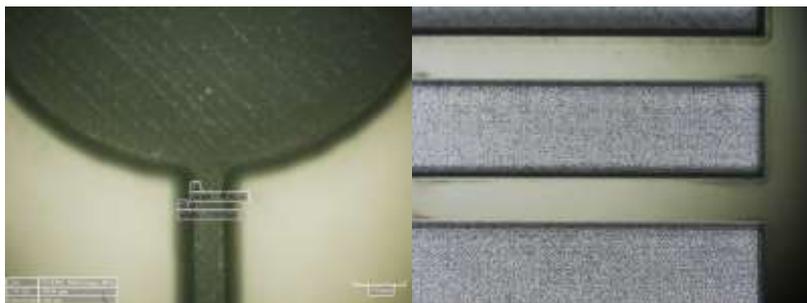
Projet spelectro : gravure du cuivre (35 μm) sur kapton (127 μm) pour la reprise de contact entre des électrodes et un PC de mesure.



Projet Renatech : gravure métallisation sur verre



IG et projet Hermes : Gravure du verre et contrôle de la rugosité (<1 μm) pour l'obtention de canaux fluidique. Gravure du silicium en contrôlant l'épaisseur et la rugosité à quelques microns.



Envisagés en 2024

Autres procédés de gravure et découpe par laser (IG et projets)

Travail de gravure sur des matériaux de natures différentes et obtention d'abaques de travail.

Procédés d'hybridation basses températures (IG)

Développement de filières d'hybridation par ultrasonie, traitement de surface par plasma atmosphérique ou acide formique pour la reprise de contacts électriques des puces sur interposeurs ou boîtiers utilisant des vias conducteurs.

Photolithographies

Conduits en 2023

Prospective résines pour gravure profonde

La résine SPR 220 a été testée en 2023 mais n'a pas offert de meilleures performances par rapport à l'AZ 40XT actuellement utilisée.

Délaquage AZ Nlof

Pour résoudre les problèmes réguliers de résidus organiques laissés après délaquage de la AZ Nlof (principalement utilisée pour les lift-off), un nouveau stripper a été testé et validé : AZ Remover 910. Il est disponible en zone photolithographie.

Envisagés en 2024

Prospective résines pour gravure profonde

Après les tests de l'AZ 125nXT (2022) et de la SPR 220 (2023), la prospective résine pour DRIE continue.

Prospective résine UV biosourcée

Des tests de formulations/synthèses d'une résine UV biosourcée seront menés avec la zone chimie.

Nanolithographies

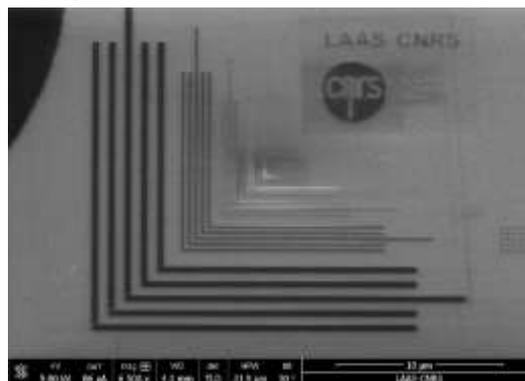
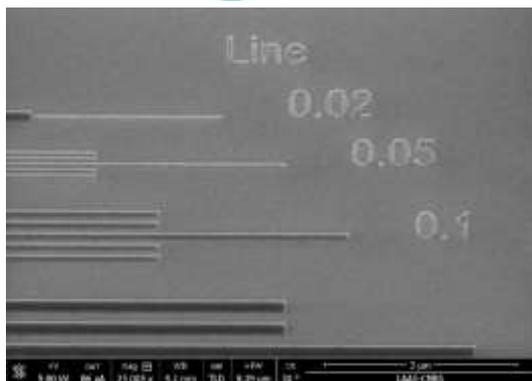
Conduits en 2023

Tests sur la nouvelle HSQ (HSQ powder EmResist) :

Ces travaux ont été réalisés pour anticiper la fin de la production de la résine HSQ chez Dow (FOX15). L'arrêt de la production initialement prévu pour mai 2023 a été décalé d'un an.

Cette résine se commande en poudre à diluer en fonction de l'épaisseur souhaitée, suivant un protocole précis.

Les résultats de performances de cette résine produite par EmResist sont similaires à la résine Dow. Néanmoins, nous avons peu d'expérience sur la durée de vie.



Tests de performance sur la résine HSQ Powder 90nm d'épaisseur, résolution <50nm

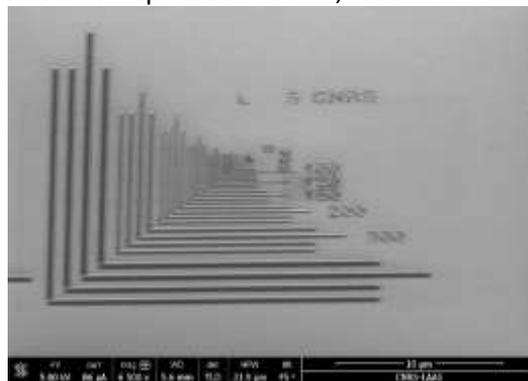
Technologies mix and match : mise au point de résines exposées en lithographies UV et ebeam

(Développements TEAM et Mile avec Morgan Delarue et Fumiaki Yokoyama)

Ces travaux de mise au point sont conduits sur les résines ECI 1 μ m et NLOF 500nm qui sont des résines conventionnelles en photolithographie. Ces résines sont exposées par lithographie électronique.

Les objectifs sont de :

- Structurer ces résines à des résolutions proches de 100nm
- Exposer les grandes surfaces en UV et les motifs résolus en e-beam
- Pouvoir utiliser ces résines pour la gravure en plasma anisotrope du silicium
- Mettre en place une librairie des procédés accessible aux utilisateurs :
 - Protocole résine ECI épaisseur 1.1 μ m, résolution 350nm
 - Protocole résine NLOF épaisseur 450nm, résolution 200nm

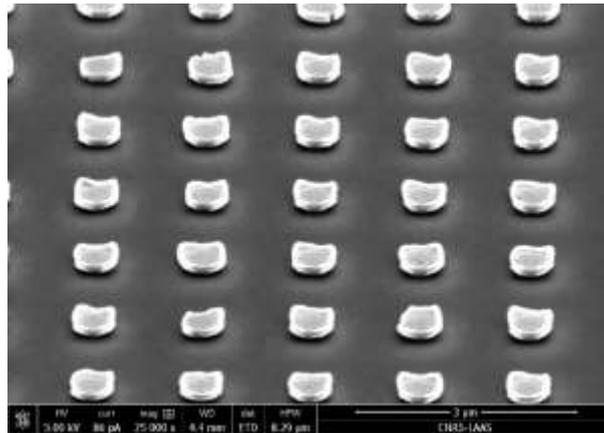


Tests de performance sur la résine NLOF épaisseur 450nm, résolution 200nm

Procédé lift-off bicouche de nickel : (Développement TEAM et photonique avec le stage master 2 de Ali Msahazi Ahamada (HYDRES - ANR-21-CE50-0003))

Ces travaux de développement ont pour but de reproduire sur de grandes surfaces des nano-antennes pour la conversion des photons non Photovoltaïques en chaleur alimentant un générateur Thermo-Electrique dans un système PV-TE. Ils s'inscrivent dans le développement plus global des procédés de lift-off à l'échelle nano par nanoimpression.

L'épaisseur de la couche de métal requise pour le projet (150 nm) pose un challenge important surtout pour les structures les plus prometteuses visées (diabolos comportant une résolution de 50 nm). Pour le moment seules les dimensions submicroniques sont atteintes et les bords des structures ne sont pas parfaitement délimités.

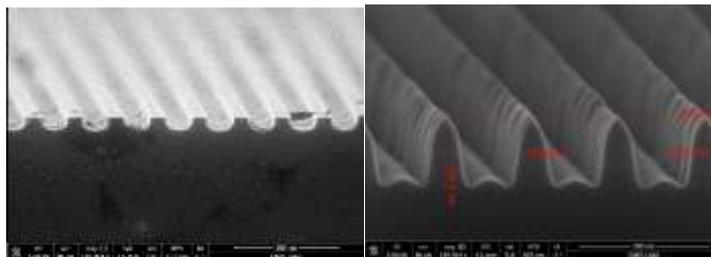


Test de dépôt de Ni 130 nm par le procédé lift off LOR3A/NILUV135

Developpement TEAM et MPN MOBIInACENE (ANR-23-CE09) :

Ces travaux ont pour but de produire de larges moules profonds (100 et 200 nm) à partir d'un moule existant de 44 nm de profondeur et 200 nm de pas.

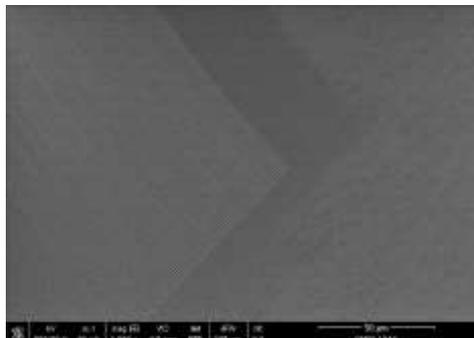
Ces moules secondaires permettront le moulage de monocristaux nanométriques d'acènes sur lequel repose le projet. Des premiers tests ont montré la faisabilité du procédé. L'aspect en surface et au fond des tranchées doit être amélioré pour la fabrication des moules souhaités



Test d'un procédé de fabrication (basé sur la nanoimpression) à partir d'un moule de 44 nm de profondeur /200 nm de pas (à gauche) d'un moule plus profond (à droite).

Procédé de fabrication par nanoimpression de guides optiques pour applications dans l'aéronautique (Société Latécoère).

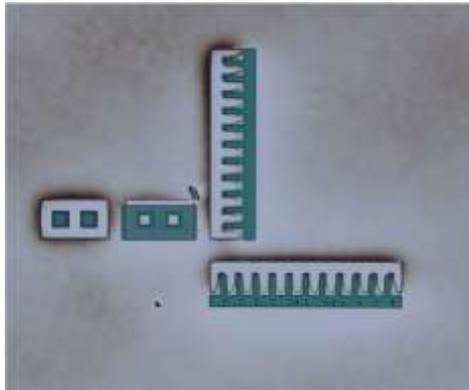
Des tests préalables ont été réalisés pour vérifier la faisabilité d'un procédé de fabrication d'un réseau courbe en nitrure de silicium grâce à la nanoimpression, ils ont montré une très bonne réplcation des motifs tests ainsi que du transfert dans le nitrure de silicium



Impression dans résine UVNIL-135 d'un réseau courbe pour un guide optique

Procédé de compensation des déformations thermiques lors de l'utilisation d'un moule souple secondaire (NIL thermique/ NIL UV) (Léopold Boudier, Photonique).

En anticipant les déformations thermiques par une homothéties sur le moule il a été montré qu'à 1 cm du centre on peut n'être décalés que $\sim 1\mu\text{m}$ au lieu de $\sim 50\mu\text{m}$ sans cette compensation.



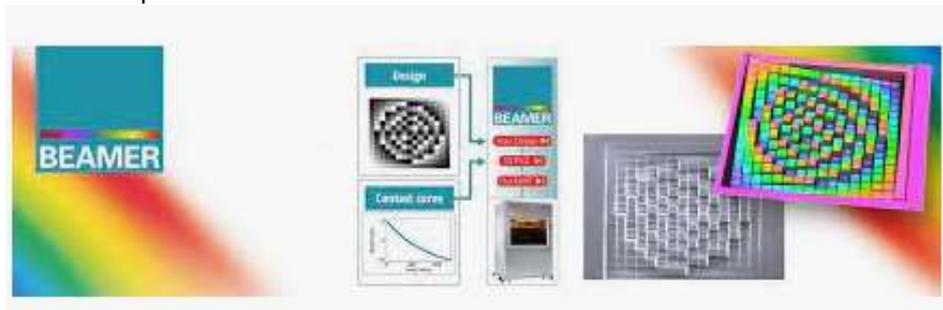
Superposition des motifs reproduits par nanoimpression par rapport à une référence à 1 cm du centre de la plaquette. Le défaut d'alignement est inférieur à $1\mu\text{m}$ en X et $0,5\mu\text{m}$ en Y.

Envisagés en 2024

Sur la lithographie électronique :

Apprentissage GeniSys Beamer (PEPR Electronique)

L'arrivée de ce nouveau logiciel l'été prochain va permettre de travailler sur la correction des effets de proximité. Ce sera un outil très important pour le développement et la maîtrise des procédés de lithographie électronique.



Librairie de procédés

Sur le modèle de la librairie des procédés de photolithographie, proposer une librairie de procédés de lithographie électronique de différentes épaisseurs accessibles aux utilisateurs. Par exemple, nous pourrions travailler sur des résines épaisses type AZ40XT ou NLOF $2.5\mu\text{m}$, en attendant l'arrivée du nouveau masqueur.

Sur la nanoimpression :

Méta-surfaces désordonnées à base de nanostructures à fort indice (ERC UNSEEN)

Des discussions sont en cours pour produire ces structures sur larges surface grâce à la nano impression.

Amélioration du procédé lift-off par nanoimpression :

Les limites du procédé seront testées

Utilisation de matériaux "bio" dans les procédés NIL :

Reprise des travaux conduits dans le domaine

Réalisation de réseaux de pas 200 nm et 100/200 nm de profondeur sur 4 pouces et fabrication de nano monocristaux d'acènes.

Des moules présentant une surface plane en surface et fond de tranchée seront fabriqués

Mise au point du procédé de fabrication par nanoimpression de guides d'onde courbes dans du nitrure de silicium

La mise au point du procédé se fera à la signature des contrats avec la société Latécoère.

Compensation des dilatations thermiques dans les procédés de nanoimpression avec moule souple intermédiaire

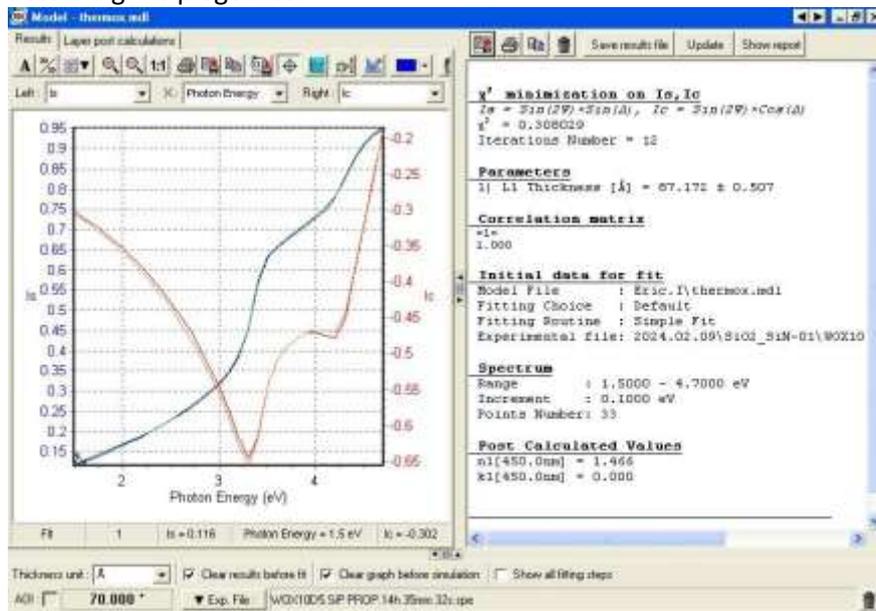
Les travaux préalables conduits par Léopold Boudier (photonique) seront finalisés

Traitements thermiques et implantation ionique

Conduits en 2023

Réalisation d'un oxyde thermique humide de 10 nm dans les fours Centrotherm (projet ANR DotPix/P-18-02409)

Nous avons réalisé un oxyde thermique humide de 8,7 nm à 750°C. Ce développement entre dans le cadre d'un projet de réalisation de détecteur de pixel. Cet oxyde humide servira d'oxyde de grille pour les futurs transistors à grille piégeante.



Envisagés en 2024

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

Cette année, nous allons recenser les matériaux présents en salle blanche ; au-delà même de la zone four et implantation ionique.

Dans ce cadre, nous allons caractériser les propriétés optiques (indice de réfraction), mécaniques (contraintes) et électriques (constante diélectrique, tension de claquage) des oxydes réalisés dans nos équipements d'oxydation thermique.

Envisagés dans les années à venir

Depuis 2017 dans un but de sobriété énergétique, des travaux d'infrastructure au niveau du LAAS et particulièrement de sa plateforme de micro et nanotechnologies ont permis une réduction des consommations de plus de 30%. Il reste un panel non négligeable d'actions qui peuvent être conduits autours de la plateforme

Changement des CTA vétustes

Trois des 6 Centrales de traitement d'air de la salle blanche sont vétustes et basées sur une ancienne technologie, celle des moteurs asynchrones. Leur remplacement par des CTA avec des moteurs à commutation électronique (EC) permettrait une optimisation des consommations des CTA, jusqu'à 40%.

Production photovoltaïque sur la terrasse technique

La majorité des CTA et extracteurs sont sur une terrasse technique. L'installation d'une couverture photovoltaïque répondrait à deux objectifs.

- Production en autoconsommation d'énergie électrique.
- Protection des équipements pour améliorer leur longévité.

La structure de la terrasse technique permet ces aménagements, pour un générateur photovoltaïque de l'ordre de 60 kWc.

Remplacement des FFU

L'air traité est envoyé dans le plenum puis soufflé en salle blanche par 129 filtres motorisés (FFU) sur lesquels sont disposés les filtres H10 de filtration absolue. Ces FFU ont 15 ans. Une nouvelle technologie de FFU est maintenant disponible, qui affiche une baisse de consommation électrique de 20 à 25 % par rapport à la génération précédente. De plus cette nouvelle génération peut être connectée à la GTC, ce qui permettra un pilotage individuel. Enfin elle permettrait un pilotage plus fin des consignes de T° par zone.

Le remplacement des FFU peut donc être envisagé ; et peut tout à fait être conduit par phases sur plusieurs années.

Déploiement de compteurs en salle blanche.

Nous disposons aujourd'hui d'un comptage énergétique au niveau des bâtiments. Le déploiement de compteurs dans les tableaux divisionnaires des zones de la salle blanche permettrait de mener des analyses précises des points de consommation pour affiner la stratégie d'économies.

C'est d'autant plus pertinent qu'une étude de 2015 chiffrait à 67.87% l'impact des équipements procédés sur la consommation de la seule plateforme. Les travaux menés entre 2018 et 2022 ont réduits la part liée au traitement d'air relativement à la part liée aux équipements qui devient de-facto encore plus prépondérante.

Changement du compresseur air sec.

Les compresseurs d'air sec sont vétustes et basés sur une ancienne technologie. Leur remplacement permettrait une optimisation de leur consommation.

CALIBRATIONS

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

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

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

Au 1^{er} janvier 2020 nous avons configuré l'application Myfab afin que chaque utilisateur soit conduit à noter systématiquement la réalité des opérations réalisées. L'application permet de bloquer les réservations si les renseignements ne sont pas notés sous une semaine. Agir ainsi, couplé à la possibilité de facturer à travers MyFab, a permis la suppression des fiches de processus. Il s'agit donc d'une simplification (un seul support) et d'une démarche d'amélioration quant au suivi des procédés.

Les bilans des années précédentes listaient les calibrations en place. Dans les paragraphes suivants nous nous cantonnerons à préciser les nouvelles calibrations mises en place en 2023, ou celles envisagées dans les années à venir .

Caractérisation

Mise en place en 2024 d'une comparaison inter-instrument de mesure

Nous souhaitons fabriquer une référence/utiliser une référence commune aux différents appareils de caractérisation ainsi que la mise en place d'un protocole de mesure pour chaque cas. Actuellement nous utilisons une référence de calibration différentes pour chaque appareil. Ceci permettra une harmonisation des méthodes de vérification de calibration et faire une vraie comparaison inter-instrument de mesure. A voir si cela peut être intéressant de le faire entre plusieurs laboratoires.

CVD

Mises en place en 2023

Objectif	Nature de l'action conduite	Où trouver les résultats ?
Qualification des procédés de dépôts	Protocole pour ICPECVD	HAL LAAS 2023

A mettre en place

Objectif	Nature de l'action conduite	Année mise en place
Qualification des procédés de dépôts	Suivi optique ICPECVD dépôts SiN _x , SiO _x , SiO _x N _y (3mois) : Epaisseur et indice (courbes et abaques)	2024
Notice d'utilisation	1 protocole pour CCPECVD, 1 protocole pour Fours Centrotherm	2024

Dépôts électrolytiques

Supprimées en 2023

Objectif	Nature de l'action conduite	Où trouver les résultats ?
Mesure des concentrations d'additifs	Spectromètre UV Au	Personnels zone

La méthode développée n'était pas assez précise. Pour la mesure de la concentration d'or nous ferons appel au laboratoire d'analyses du fournisseur de bain. L'avantage est qu'ils nous donneront un résultat bien plus précis, mais le désavantage est qu'il y aura un délai de 15 jours pour avoir le résultat.

A mettre en place

Objectif	Nature de l'action conduite	Année mise en place
Mesure des concentrations d'additifs	Titration & CVS Nouveau bain de cuivre viafilling	2024
Mesure des concentrations d'additifs	Cellule de Hull Cu, Au, Ni	2024

Epitaxie par jets moléculaires

Mises en place ou supprimées en 2023

Objectif	Nature de l'action conduite	Où trouver les résultats ?
Accord automatique du désaccord de maille	Développement d'un algorithme se basant sur la variation de courbure en cours de croissance pour maîtriser le paramètre de maille automatiquement	Exposé invité ICMBE22

A mettre en place

Objectif	Nature de l'action conduite	Année mise en place
Mesure directe des flux par absorption atomique	Développement d'un outil de mesure des flux	2024-2025

Jet d'encre et traitements de surface

A mettre en place

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

Lithographie Laser

A mettre en place

Objectif	Nature de l'action conduite	Année mise en place
Qualification des procédés	Protocole de structuration de la silice fondue par technique laser	2024
	Procédé de photo-polymérisation bi-photons de la résine IP-PDMS	2024

Packaging

Objectif	Nature de l'action conduite	Où trouver les résultats ?
Qualification report précis par flip chip	Réglage parallélisme du bras de report et auto collimation du microscope sur l'équipement FC150	Affiche à côté de l'équipement

Photolithographie

Mises en place en 2023

Objectif	Nature de l'action conduite	Où trouver les résultats ?
Aligneurs de masque : moins de dérive Temporelle grâce aux LED UV (Simple vérification annuelle)	Vérification machine	
Nettoyage, rangement, état des stocks	Heure soleil	Tableau état des stocks présents sur la zone
Sauvegarde des procédés non standard	Archivage	Surpartage.laas.fr

A mettre en place

Objectif	Nature de l'action conduite	Année mise en place
Qualification des procédés à remettre en place périodiquement à l'arrivée de Gwenaëlle Guittier	Réalisation des procédés	2024
Contrôle des angles de contact HMDS	Dépôt HMDS sur Wafer Si après Plasma O2 puis mesure de l'angle de contact	2024

Nanolithographies

A mettre en place à l'arrivée du nouveau masqueur

Objectif	Nature de l'action conduite	Année mise en place
Contrôle qualité des Lithographies électroniques	Vérifier la conformité des procédés	2026

Traitements thermiques et implantation ionique

A mettre en place

Objectif	Nature de l'action conduite	Année mise en place

Qualification qualité oxyde thermique

Qualification du masquage des résines implantées Bore et Phosphore

Oxydation thermique sèche (100nm)
Mesures électriques C(V)

2024

Implantation Bore et Phosphore à travers une couche de résine suivant un protocole bien défini.

2024

Cartographie de la résistivité des plaquettes

VALORISATION

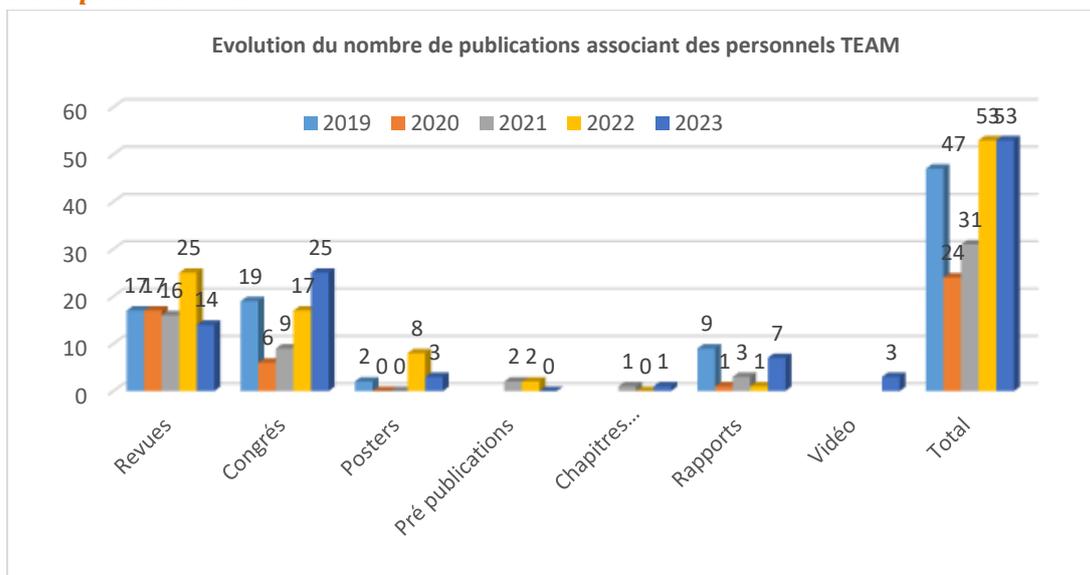
Les membres du service TEAM peuvent être associés ou être à l'origine de publications et rapports afin de valoriser les développements auxquels ils ont eu une contribution importante.

Publications internes 2023 (extraction HAL LAAS au 06/04/2023)

Elles s'élèvent au nombre de 53

- Articles dans une revue : 14
- Communications dans un congrès : 25
- Chapitres d'ouvrages : 1
- Posters : 3
- Pré publications documents de travail : 0
- Vidéo : 3
- Rapports techniques) : 5
- Rapport de contrat : 2

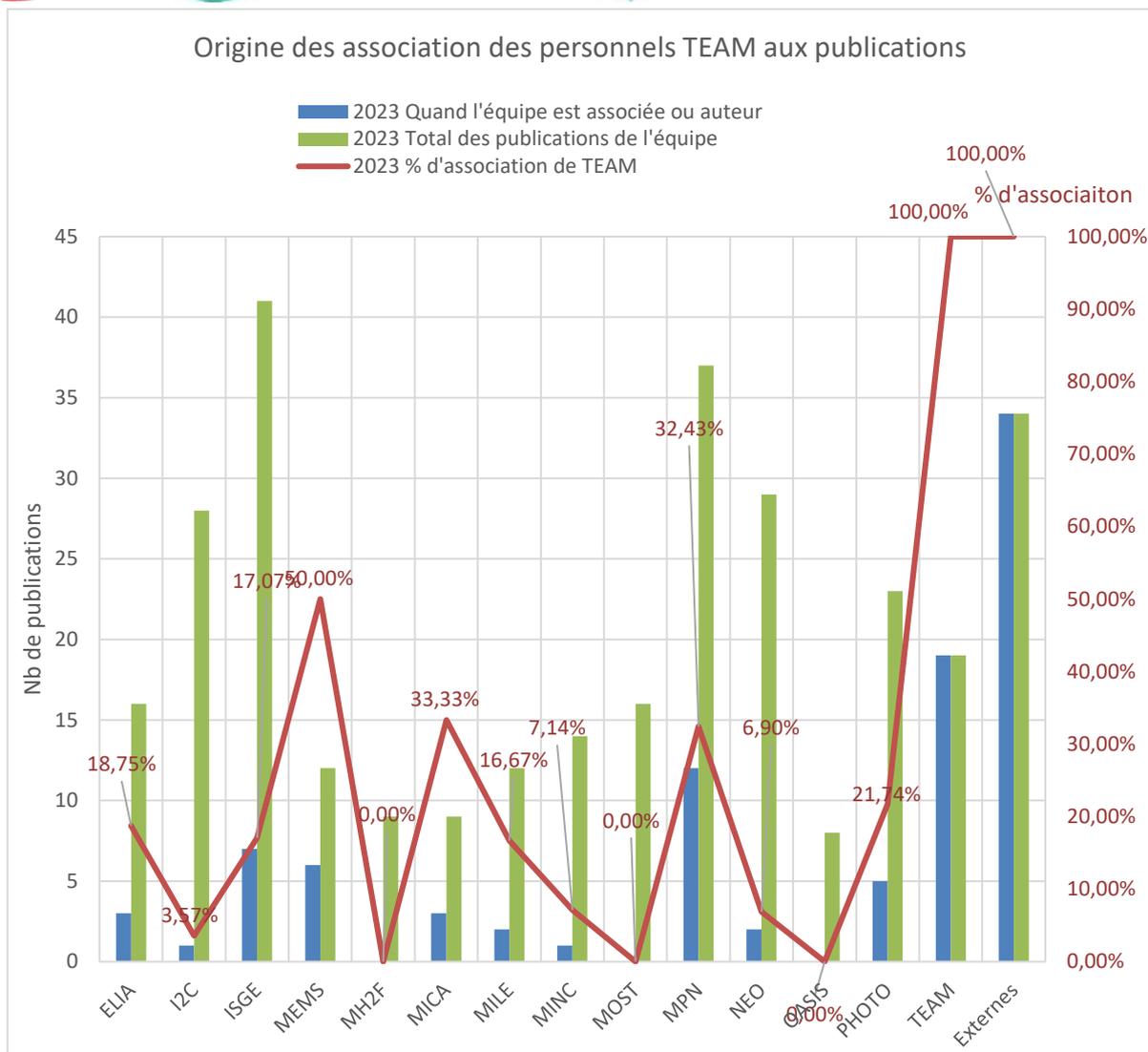
Evolution pluriannuelle



- Après un effondrement en 2020 sans doute dû à la situation sanitaire des publications qui associent les membres du service TEAM l'année 2023 confirme le retour à une situation habituelle.
- La baisse de l'association aux revues est compensée par l'association aux présentations en congrès

Origine des publications

Les publications associant le service TEAM sont représentées sur le graphique suivant.



Sur les 53 publications 2023, 19 contre 3 en 2022 le sont du fait d'une forte implication du service TEAM dans la rédaction.

Il s'agit pour la plupart de rapports techniques et posters de présentation des moyens.

Toutefois il y a aussi des présentations liées à la collaboration avec l'Université de Tokyo (invitation du Professeur Mita pour un échange sur les dépôts électrolytiques) ; et du fait de la coordination de l'action concertée Packaging dans le cadre du PEPR électronique

Les fortes disparités dans les pratiques des équipes de recherche subsistent.

Synthèse

Le nombre de publications reste identique , avec une implication directe de TEAM dans la rédaction plus forte que les années précédentes. Si c'est aspect est positif il peut aussi être le révélateur d'une moindre association par les équipes du LAAS de TEAM. Ce point est à relativiser sur une seule année . Mais il convient de garder une vigilance importante, car au-delà de la reconnaissance de l'implication des personnels TEAM c'est un critère pris en compte parmi d'autres lors des concours de promotion des IT.

Le service TEAM peut continuer à améliorer sa contribution. Il y a toujours beaucoup de développements qui ont été consignés dans chaque zone mais pas valorisés. De plus cette valorisation servirait à la capitalisation et la transmission des connaissances.

Publications et appartenance au réseau Renatech

Tout utilisateur qui utilise les moyens du réseau Renatech s'engage en contrepartie à citer la contribution du réseau dans les remerciements des publications. Cet élément est une des métriques scrutées par les tutelles qui financent ce réseau.

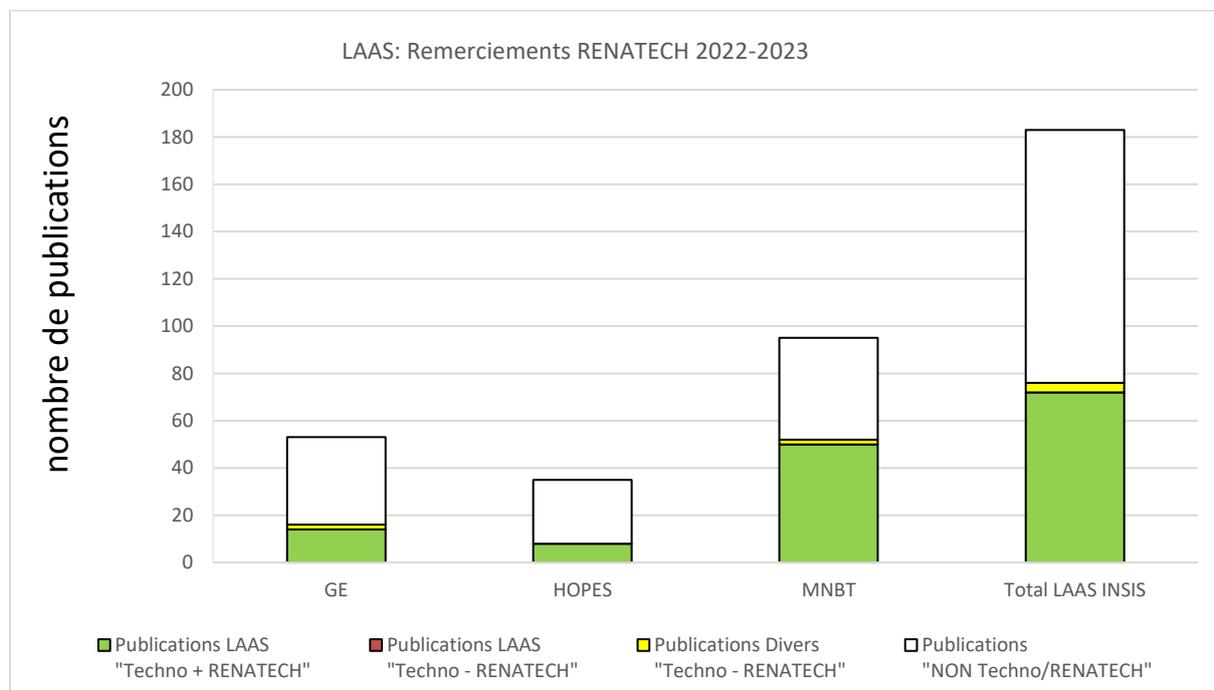
Rappel des éléments présentés en CODIR Renatech de novembre 2022

Le codir Renatech de novembre 2022 a insisté de nouveau sur l'insuffisance générale de ces remerciements. En se basant sur les extractions du Web of science à partir des noms des chercheurs des laboratoires Renatech le pourcentage de remerciements se situerait à environ 17%. Lors de ce codir il a été envisagé de conditionner une part de la dotation TGIR-CNRS à une amélioration de ce taux de remerciement. Ce qui a été appliqué sur le budget 2023 et qui est annoncé de nouveau sur le budget 2024.

Analyse interne du LAAS-CNRS

Comme en 2022 sur la période 2018-2022 le LAAS a repris sa production scientifique entre 2022 et 2023 afin d'analyser ces remerciements. Au travers de cette étude, il apparaît quatre catégories de publications:

- Des publications LAAS "Techno + RENATECH" où RENATECH est effectivement remercié (surlignage vert),
- Des publications LAAS "Techno - RENATECH" où les remerciements RENATECH ont été oubliés (surlignage orange),
- Des publications "Techno - RENATECH", déposées par divers laboratoires, pour lesquelles les remerciements RENATECH n'ont pas été mentionnés, parfois à l'insu des auteurs du LAAS (surlignage jaune),
- Des publications "NON Techno/RENAMECH", ne traitant pas de technologie ou se basant sur des travaux technologiques réalisés en dehors du réseau RENATECH (surlignage blanc),



Sur cette base, le taux effectif de remerciement RENATECH du LAAS est d'environ 95% pour la période 2022-2023, en hausse par rapport aux 72% de la période 2018-2022.

Les diverses actions conduites au niveau de la plateforme pour sensibiliser les utilisateurs au respect de cet engagement semblent porter leurs fruits.

- Champ spécifiant le recours à la plateforme lors des dépôts HAL
- Inscription explicite de cette obligation dans les documents de contractualisation des projets Renatech.

Proposition d'action au CODIR Renatech

Il semble qu'il y ait toujours des disparités au sein des plateformes Renatech . Nous réitérons notre proposition de l'an passé : il faudrait à notre avis lancer une concertation en interne au réseau Renatech afin de mettre en place une procédure de calcul identique et de déterminer ainsi précisément le taux réel de remerciement RENATECH.

Proposition d'action internes au LAAS

La même problématique se répète lorsque des financements très structurants (Equipex, PEPR, ERC, FEDER...) sont en jeu. En effet ceux-ci imposent la citation de leur support dans les remerciements. Sous peine de remboursement d'une partie des aides perçues en cas de non observance de cette obligation. A notre sens cette problématique n'impacte pas que la plateforme et doit être considérée au niveau du laboratoire. Une première piste est la refonte de la note de direction sur les affiliations ; qui pourrait comporter un rappel de ces diverses obligations

INTERACTIONS SERVICE / EQUIPES

De nombreux modes d'interactions entre les différents personnels impliqués dans la plateforme existent.

Mardis de la technologie

Après concertation et accord des départements scientifiques le service TEAM a mis en place depuis l'automne 2022 un temps plus formalisé pour des échanges centrés sur la technologie.

- Réunions d'une heure : Jour, horaires diffusés à l'avance
- Ouvert aux utilisateurs de la plateforme
- Ordre du jour type :
 - 10-15min - Points salle blanche (les membres du service font remonter des points importants)
 - 10-20 min Présentation technique / scientifique + 5/10 min d'échanges/questions
 - Une ou deux présentations maximums par séance
 - 10-15min Remontée de pb et questions diverses par les utilisateurs de la salle blanche
 - Pour déterminer qui pourra aider à résoudre un problème
 - Pour demander un soutien humain sur une action d'intérêt collectif
- Présentations réalisées en présentiel et visioconférence (hybride) pour enregistrement

Présentation des moyens et compétences disponibles

Tout au long de l'année diverses actions sont menées pour disséminer l'offre de la plateforme. Edition de la newsletter, mailing aux utilisateurs, site web, bilan ComTEAM.

Néanmoins cela fait quelques années que nous n'avons pas proposé une communication du type "demi-journée de la technologie". Nous soumettons donc l'idée de relancer une telle communication. Deux formats sont envisagés

- Présentations en salle de conférence et diffusées en streaming
- Session poster

Cette action n'a pas été mise en place en 2023 par manque de temps

BILAN DES ACTIVITES

Éléments généraux

Activités des zones

Maintenance

Contributions particulières au réseau Renatech

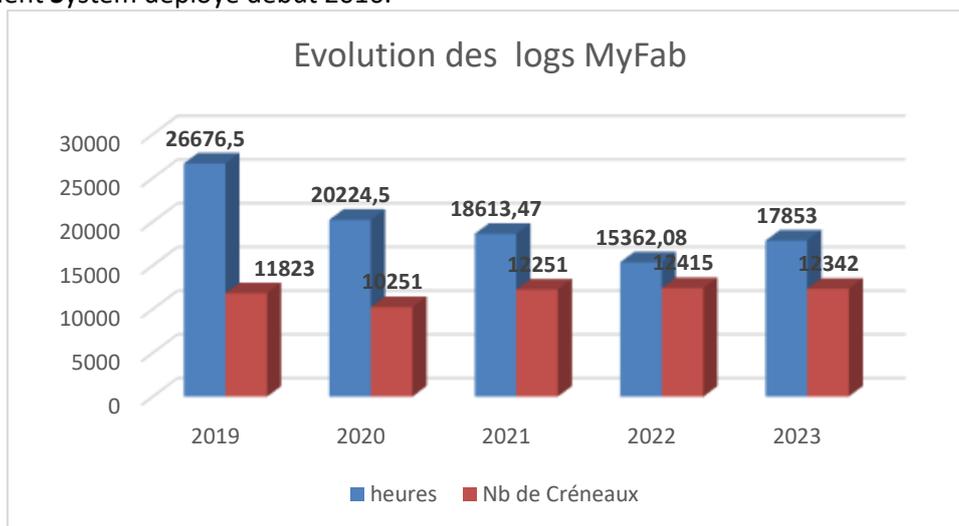
ELEMENTS GENERAUX

Organisation générale des zones

L'organisation des zones n'a pas évolué en 2023. Les éléments de présentation sont disponibles dans les bilans des années précédentes

Bilan global

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

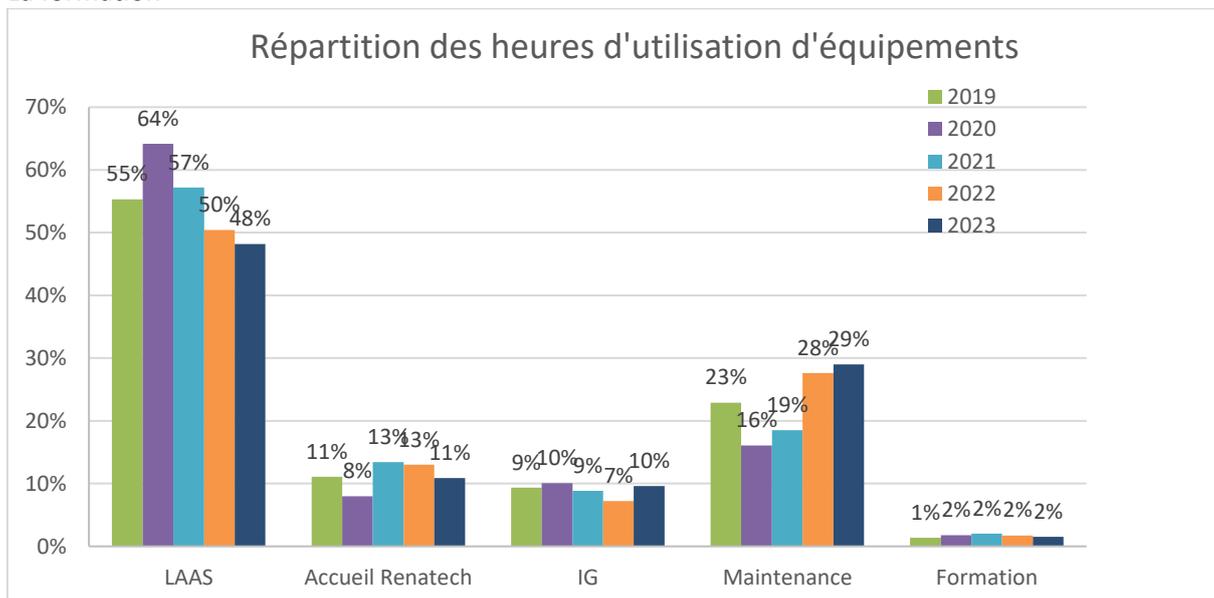


Par rapport à 2022 l'activité globale, hors maintenance, en 2023 a cru de 16.21%

Niveau d'activité représenté par les projets Renatech

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

- Les projets LAAS : projets portés par des chercheurs/enseignants-chercheurs du LAAS,
- Les projets RENATECH : projets portés par des externes au LAAS (académiques ou industriels)
- Les développements d'intérêt général : développements de technologie réalisés par TEAM pour la communauté.
- La maintenance
- La formation



Les heures d'utilisation des équipements pour les projets RENATECH représentent 11 % de l'ensemble soit 2% de moins que les années précédentes.
Les heures d'utilisation « projets » représentent 59 % des heures d'utilisation totales.

Déploiement d'un système d'activation / désactivation des équipements

Une des problématiques communes à toutes les plateformes Renatech et Renatech+ est le relevé exhaustif des données d'utilisation des équipements (logs et logs fields de MyFab).

C'est une nécessité absolue à plusieurs titres

- Suivi des opérations technologiques pour
 - Avoir les procédés de fabrication complets
 - Suivre les dérives des équipements par l'analyse des log fields
- Sécurité
 - Des personnels qui pourront être informés en gras de disfonctionnement dangereux d'un équipement
 - Des équipements par l'identification des opérations pendant lesquelles sont arrivés les dysfonctionnements
- Reporting des activités vers les tutelles dont c'est une métrique pour quantifier le soutien apporté à la plateforme et au réseau
- Financiers pour
 - Calcul des tarifs
 - Facturation

Aujourd'hui au LAAS ces relevés sont déclaratifs, faits par les utilisateurs et donc soumis à divers aléas qui font qu'ils ne sont pas exhaustifs.

Pour atteindre cette exhaustivité de façon pragmatique la plateforme du LAAS sera plateforme pilote pour le réseau Renatech pour le transfert d'un système déjà en place à l'IEMN qui permet avec des badges

- D'activer /désactiver les équipements
- Générer automatiquement un log avec la durée réelle d'utilisation.

L'utilisateur n'aura donc qu'à activer l'équipement en début de process, à le désactiver en fin de process. La durée du log sera automatiquement calculée. Ce log sera rattaché au projet déclaré par l'utilisateur. Il sera possible aux administrateurs de la base de données de corriger des erreurs, notamment des oublis de désactivation.

Des systèmes de ce type sont déjà déployés dans de nombreuses plateformes en Europe, avec une volonté de l'étendre aux plateformes Renatech et Renatech+.

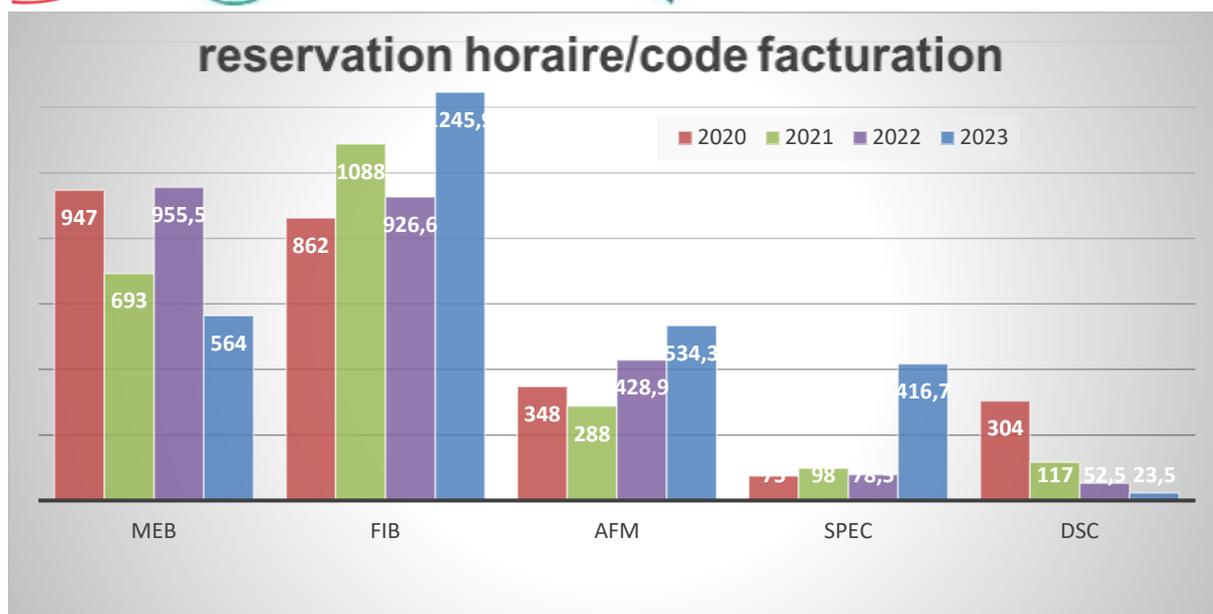
Le début du déploiement initialement prévu en 2022 a été reporté. Nous espérons mise en service en 2025.

ACTIVITES DES ZONES

Caractérisation

Les taux d'utilisation des équipements sont assez stables en global et les variations entre équipement sont aisément compréhensibles :

- Moins de MEB dû aux pannes sur le S-4800 et le report des utilisations sur le FIB
- Utilisation importante de l'ellipsomètre EP4.
- DSC est moins utilisé car le projet Thermie est fini donc moins d'analyse. Attention cependant car le nombre d'heures loggées me semble faible au regard du temps d'immobilisation des équipements pour chaque mesure (caractérisation thermique forcément longue).



Chimie

La zone chimie est sur trois salles/emplacements différents ; la zone chimie (NoMOS), la zone chimie MOS et la salle chimie de synthèse. Les parties chimie NoMOS et MOS sont en libre-service après suivi de la formation par les nouveaux entrants en salle blanche. En revanche, l'utilisation des équipements situés dans la salle chimie synthèse ne le sont pas.

Les données reportées sur la réservation des postes sur MyFab, que soient en nombre d'heures par an (**Fig.1**) ou bien par nombres de "logs" par an (**Fig.2**) nous indiquent une claire différenciation entre les équipements en libre-service, (peu réservés ou leurs utilisations peu notées) et les équipements qui ne sont pas en libre-service. Néanmoins nous constatons, par la présence d'utilisateurs sur les postes, que les équipements en libre-service ont des opérations parfois courtes et multiples, même plusieurs sont menées en parallèle sur le même poste. En revanche, pour les réservations même si elles ont augmenté pour certains postes, par rapport aux années précédentes, les données reportées sur MyFab ne sont pas encore une représentation fiable de l'activité dans la zone chimie. Nous pensons que l'utilisation d'une badgeuse pour "logger" les équipements nous permettra d'avoir un suivi plus fiable de l'activité dans la zone ce qui nous permettra de justifier la jouvence de hottes, l'achat des nouveaux équipements, ...

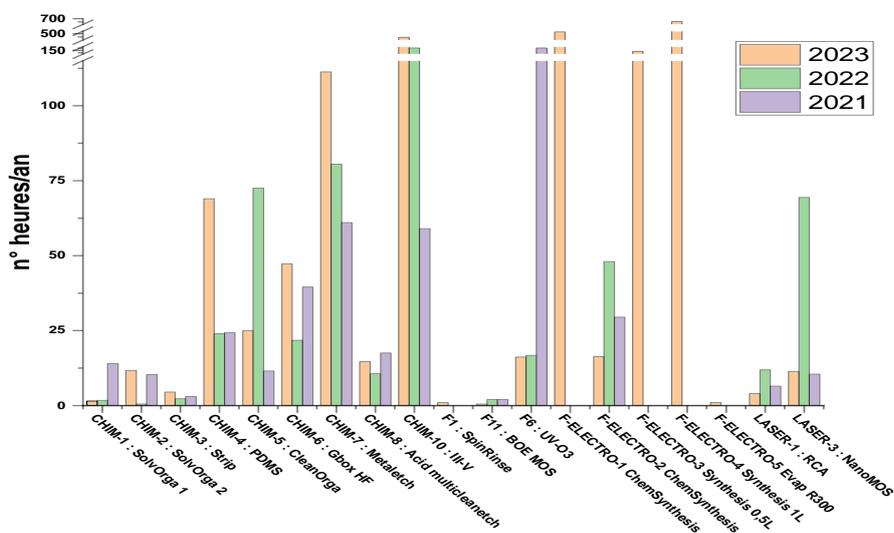


Fig.1. Bilan du nombre de réservations par an et par poste pendant les trois dernières années.

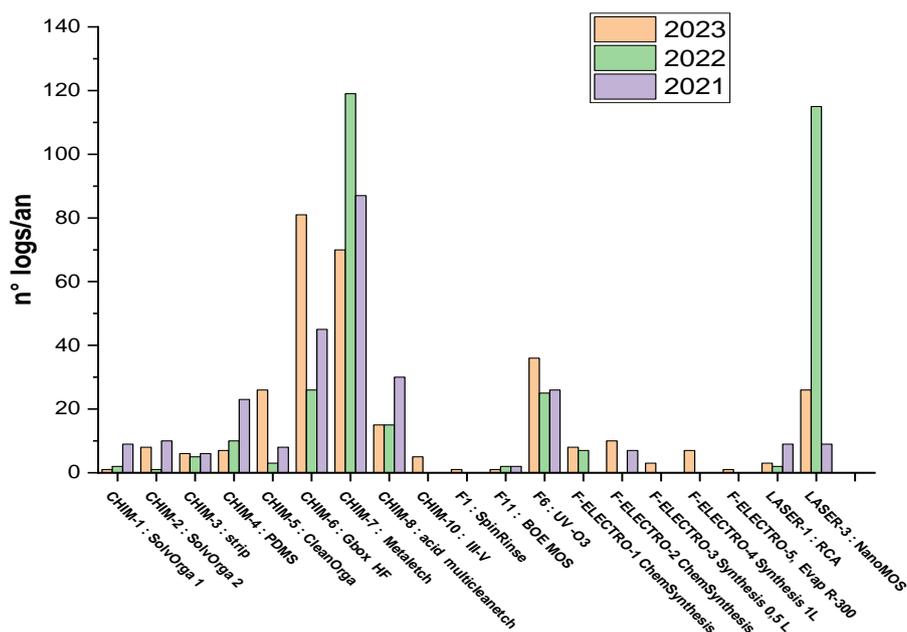


Fig.2. Bilan du nombre de logs par an et par poste pendant les trois dernières années.

D'un autre côté, si nous prenons comme indicateur la consommation des produits chimiques utilisés en salle blanche (Fig.3), par exemple l'acétone, l'isopropanol ou l'eau oxygénée, nous constatons qu'au cours des trois dernières années la consommation reste stable. En revanche, il y a une tendance à la baisse sur la consommation d'acide sulfurique. Cet effet pourrait être lié à une utilisation plus régulière des bacs piranha (mélange d'acide sulfurique et d'eau oxygénée) chauffants (poste CHIM-8) permettant la réutilisation de l'acide (pas d'évaporation).

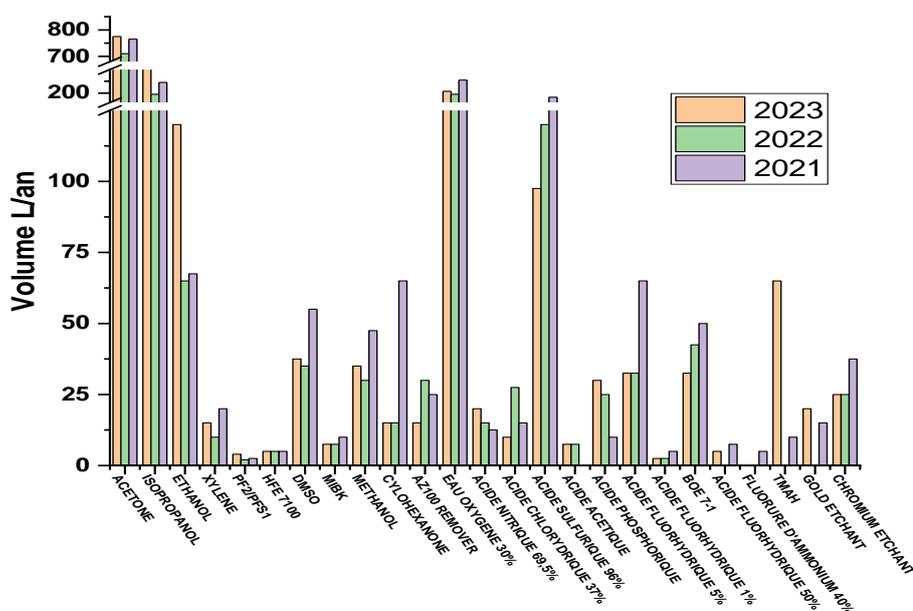
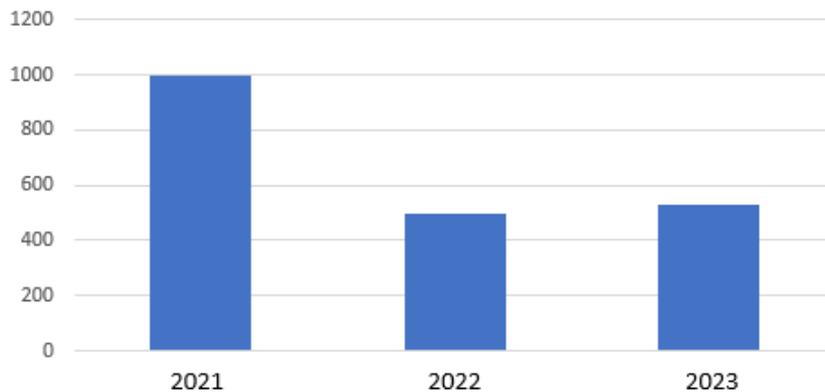


Fig.3. Consommation des produits chimiques les plus utilisés dans la salle blanche.

CVD

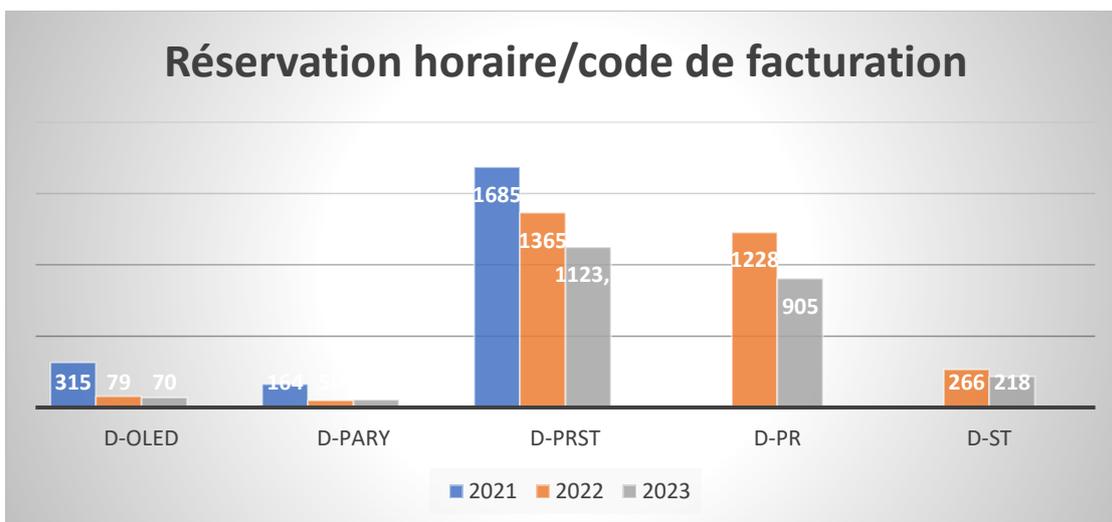
Evolution du nombre d'heures de log de la zone CVD sur 3 ans



On note une augmentation de l'activité générale de la zone CVD, avec plus de runs qu'en 2022.

- L'activité du CCPECVD croît pour les dépôts de SiOx :H, SiNx :H à 300°C et à 200°C sur Si, sur verre et sur LNOI pour des dispositifs photoniques.
- Pas d'activité de l'ICPECVD (en panne en 2023).
- L'activité de l'ALD a augmenté, avec le fonctionnement de ALD Beneq TFS-200 noMOS pour les dépôts Al₂O₃. (cf. évolution de procédés). Par contre, l'ALD Fiji est limitée en possibilité de précurseurs pour faire par exemple du VO₂, il faut en remplacer un autre.
- L'ALD Sentech est opérationnel pour des dépôts noMOS (Al₂O₃ et 1 autre possibilité de précurseur à la place du RuOx).
- L'activité LPCVD reste faible et concerne les dépôts de Sipoly dopé Bore (<120nm) pour des dispositifs à base de nanofils pour l'électronique et les applications de détection.

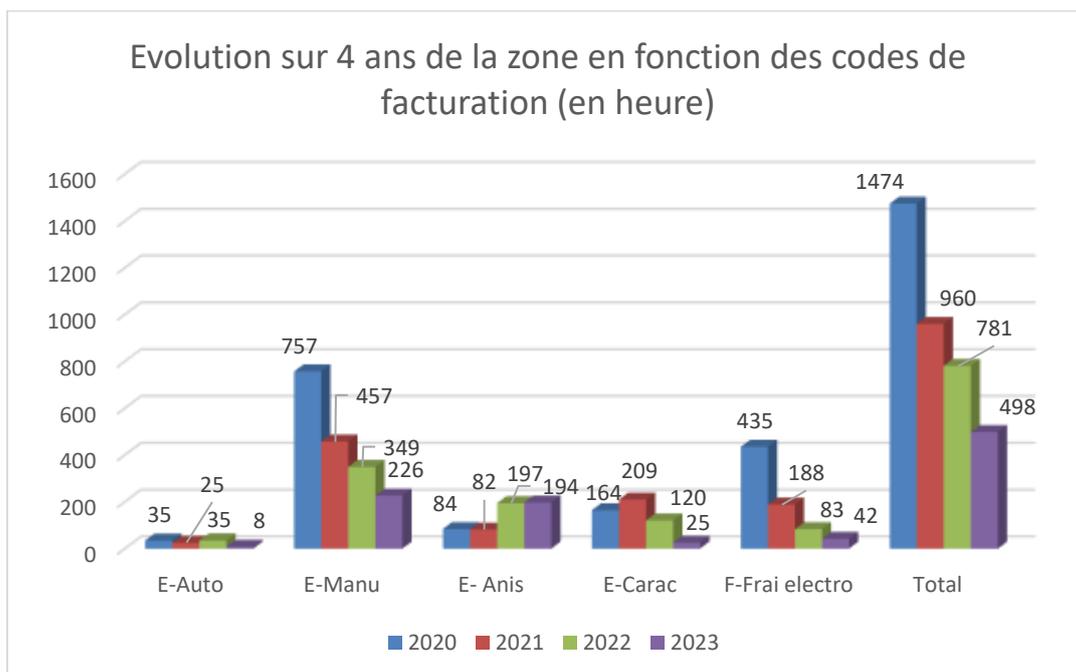
Dépôts sous vide



Les dépôts PRST correspondent aux dépôts de métaux précieux (Au, Pd, Pt ...) pour le PR et de métaux standard pour le ST. La répartition entre PR et ST est de 218 h pour le PR et de 905 h pour le ST.

On note dans l'ensemble une stabilisation de l'activité générale avec environs 1247 heures de logging à l'année, ces proportions sont très similaires à l'année 2022.

Dépôts électrolytiques

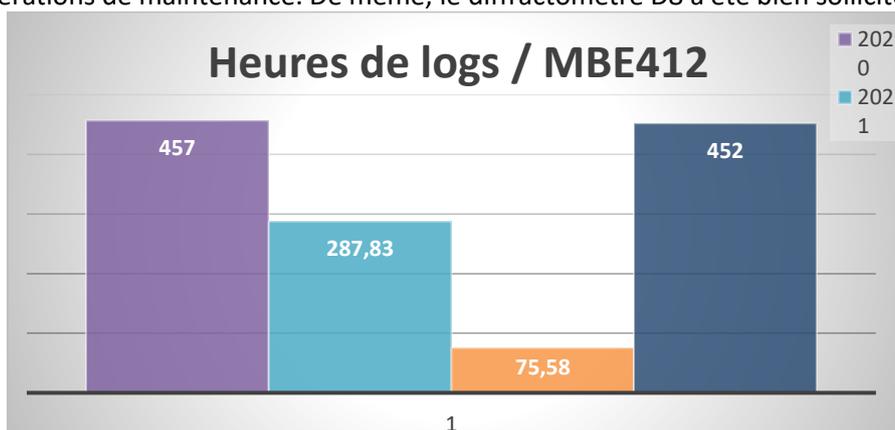


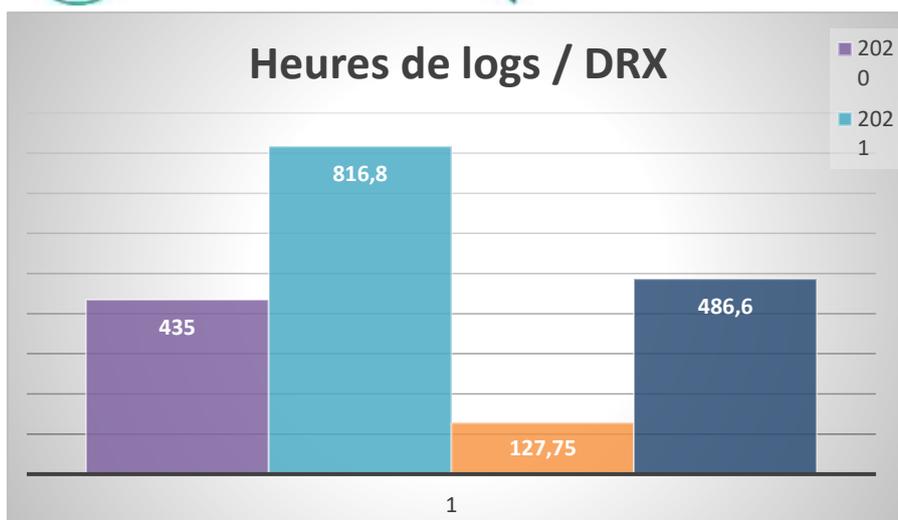
Le nombre d'heures d'utilisation de la zone est en baisse alors que le nombre d'utilisation augmente. Cela s'explique car nous avons maintenant deux équipements Yamamoto de 4^{ème} génération qui ont permis de diviser jusqu'à 3 le temps des dépôts tout en conservant une bonne homogénéité.

La zone est très fortement sollicitée par les demandes Renatech. Il y a 8 projets qui demandent tous du développement et qui représentent environ 60% des dépôts.

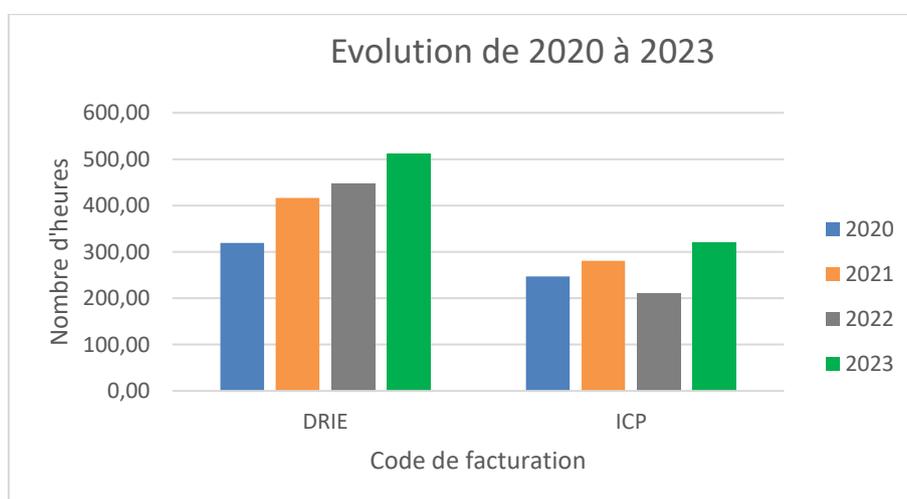
Epitaxie par jets moléculaires

On observe une reprise des croissances sur le MBE412 malgré un redémarrage tardif début mai 2023 suite aux opérations de maintenance. De même, le diffractomètre D8 a été bien sollicité en 2023.





Gravure plasma

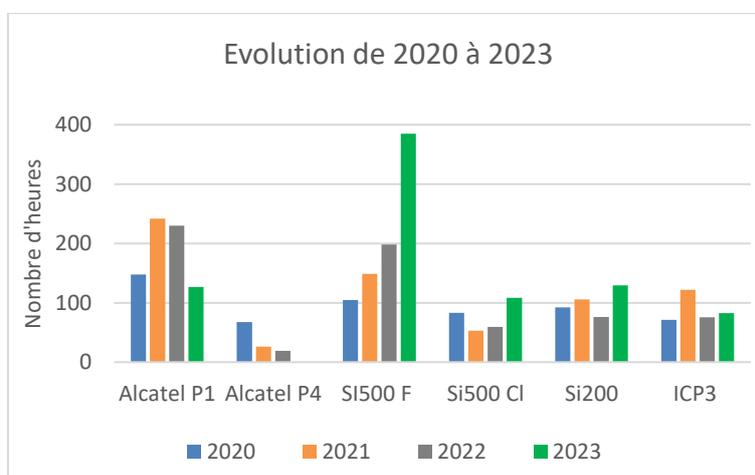


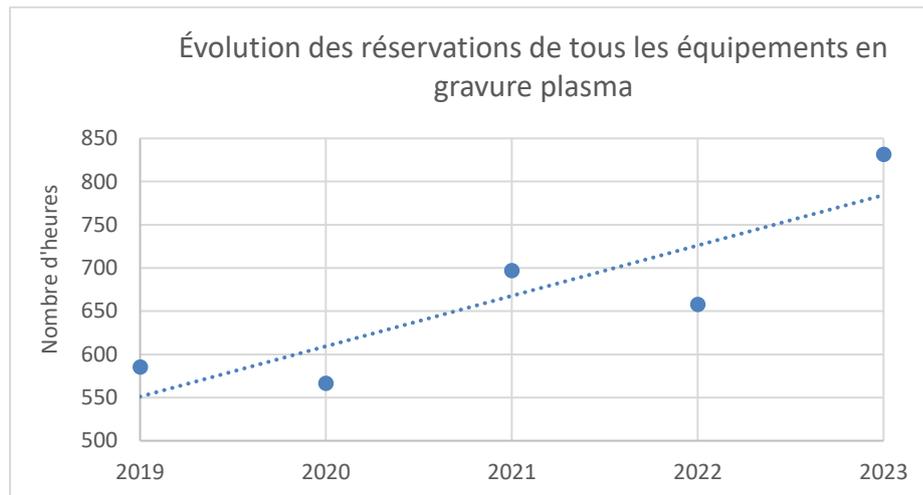
Le nombre d'heures affichées sur ces graphiques représente tous les procédés (service, qualification / tests, développement) sans compter les maintenances.

G-ICP représente les machines : ICP2, ICP3, SI500 chlorée, SI200.

G-DRIE représente les machines DRIE : Alcatel P1-P4 et SI500 fluorée (car elle a l'option DRIE).

Afin de compléter cette vision globale nous nous appuyons sur les figures suivantes qui détaillent mieux l'utilisation des équipements dans la zone gravure.





Ce 1^{er} graphe nous montre l'évolution des utilisations de chaque machine. Le 2nd graphe montre que le nombre d'heure de gravure augmente au fil des années.

Ces deux graphes mettent en évidence une augmentation notable et continue du nombre d'heures d'utilisation de la SI500-F qui a été installée en 2020. On observe un nombre d'heures important sur cet équipement (~1300 gravures effectuées en 2023). Un grand nombre de procédés ont été transféré et adapté dans cette machine, beaucoup de procédés qui se faisaient sur ICP3 et P4 se font maintenant dans SI500 fluorée (gravure SiOx, SiNx, BCB, Au, Cr, BARC, Si).

L'équipement Alcatel P1 est moins utilisé cette année à cause des nombreuses pannes dont plus de 6 mois d'arrêt complet de la machine.

L'équipement Alcatel P4 est de moins en moins utilisé, car cet équipement est souvent en panne (pb de détection de wafers / pb pc / pb de casse de wafers) et très peu de procédés ont été optimisés dans ce réacteur (pb de tenu de la résine). Afin de palier à ce problème, un rétrofit de l'équipement Alcatel est planifié en mars 2024 (changement du sas et du pc).

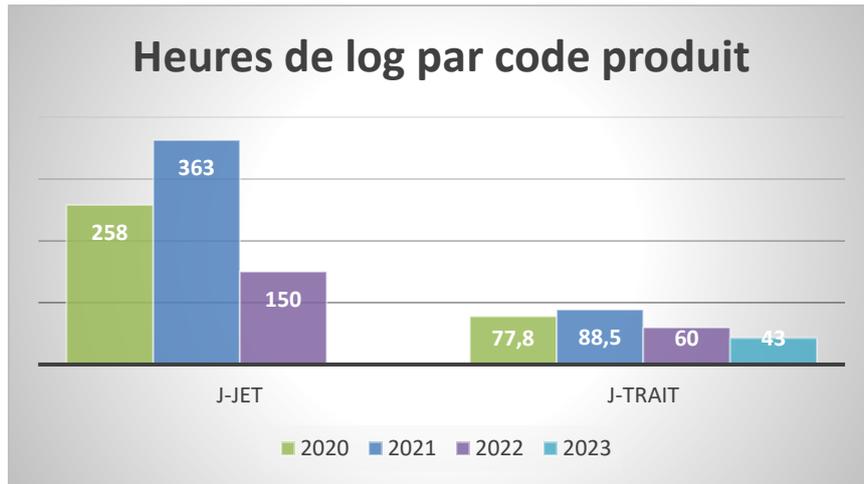
L'ICP 3, reste utilisée par les mêmes projets, il y a très peu de développement sur ce réacteur, en raison de sa vétusté. Comme exprimé précédemment ses procédés sont d'ailleurs transférés vers la Si 500 fluorée.

La Si 500Cl et la Si 200, ont été un peu plus utilisées malgré le peu de développement à mener.

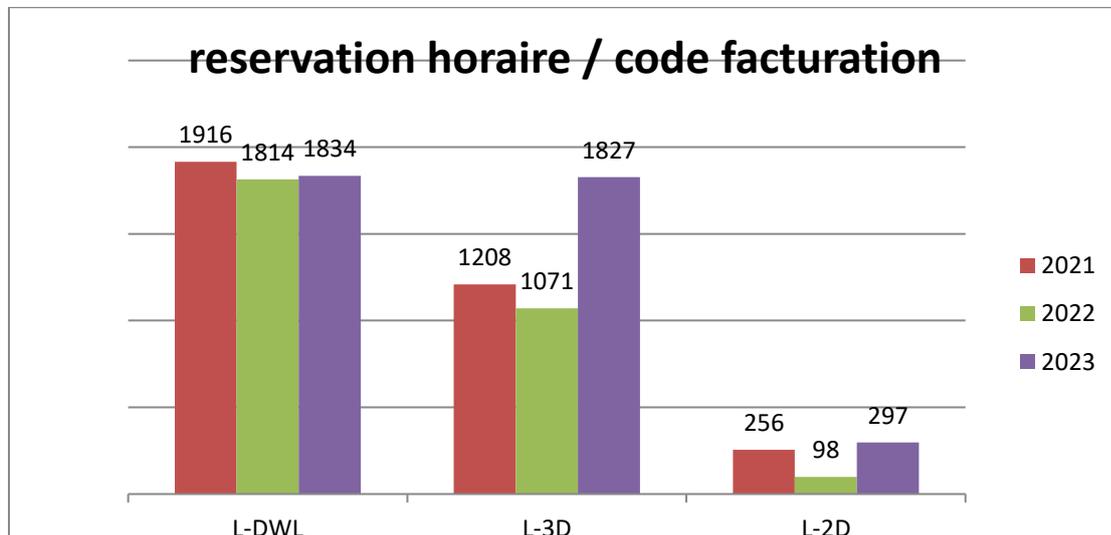
Jet d'encre et traitements de surface

On note sur le traitement de surface une légère baisse, celle-ci est due pour partie à l'utilisation du tousimis et du SFD qui est intermittente selon les projets. L'activité est stable sur le long terme.

Sur le jet d'encre l'activité s'est arrêtée en 2023 par manque de projets mais reprendra en 2024 avec l'arrivée d'un doctorant sur un projet de capteur de gaz. Les dépôts se feront sur Altadrop pour sa capacité à prendre des encres instables. Quand cet équipement ne sera plus réparable il faudra trouver une solution de remplacement pour continuer à mener à bien les développements et la réalisation de dépôts sur cette technologie.



Lithographie Laser



Le pourcentage de masques ou réticules (L-DWL) destinés aux projets exogènes Renatech est maintenant supérieur à 50 %. Il a augmenté régulièrement depuis trois ans pour atteindre 53% en raison d'importantes demandes des laboratoires IEMN, C2N et IES. La demande de masques ou réticules pour les équipes du LAAS diminue régulièrement. En interne les masques ou réticules sont fabriqués majoritairement pour les équipes PHOTO, MILE, MPN et MEMS.

Le volume horaire d'utilisation des équipements de fabrication laser 3D (L-3D) a augmenté suite au démarrage du nouveau procédé FLICE et le nombre d'écriture directe (L-2D) a augmenté pour la fabrication de composants sur diamant par l'équipe ISGE.

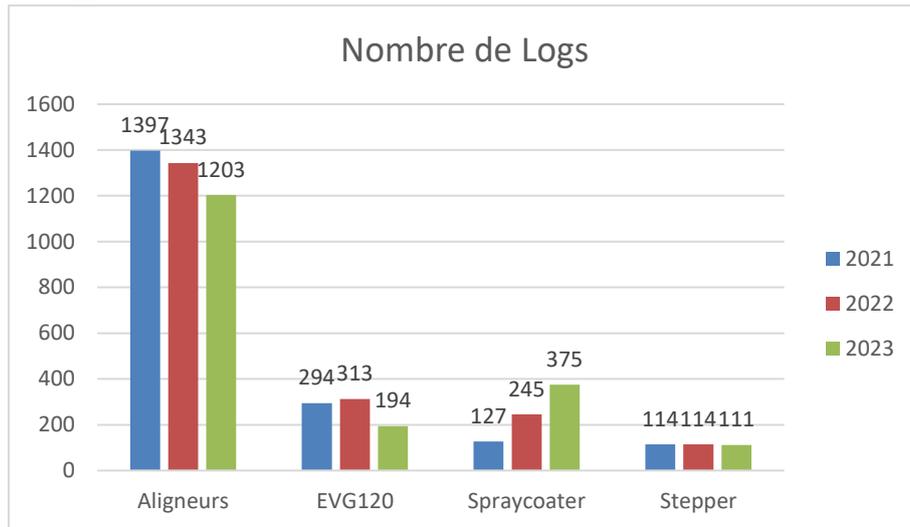
Photolithographie

En 2023, le nombre d'utilisation du spraycoater continue d'augmenter (+50%). En parallèle, le nombre d'utilisation baisse de 40% sur l'EVG 120 et de 10% sur les aligneurs. Il reste stable sur le Stepper malgré les pannes et maintenances importantes cette année-là.

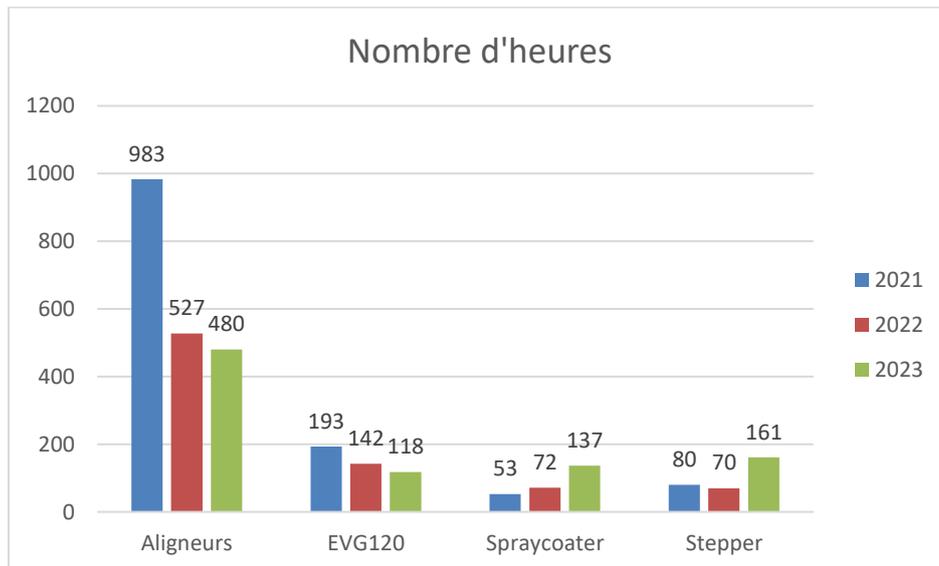
Pour les dépôts de résine, la baisse sur l'EVG 120 peut s'expliquer par :

- Moins de « petites séries » de wafer
- Plus de procédés sur petits échantillons ou échantillons « exotiques » (plaques percées) impossibles à traiter sur l'EVG 120

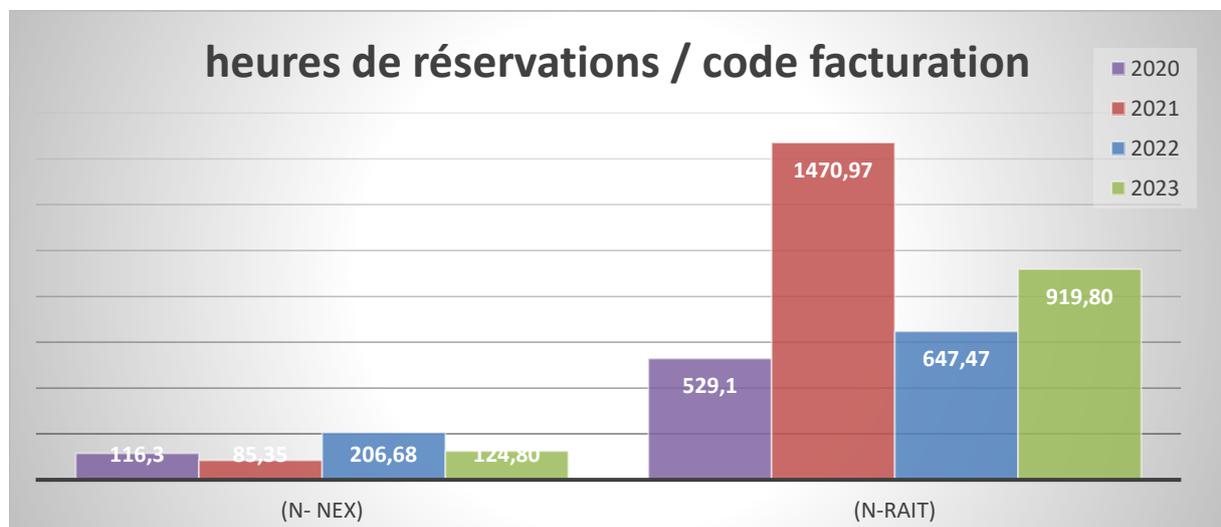
On voit donc un transfert des dépôts vers les tournettes manuelles et le spraycoater.

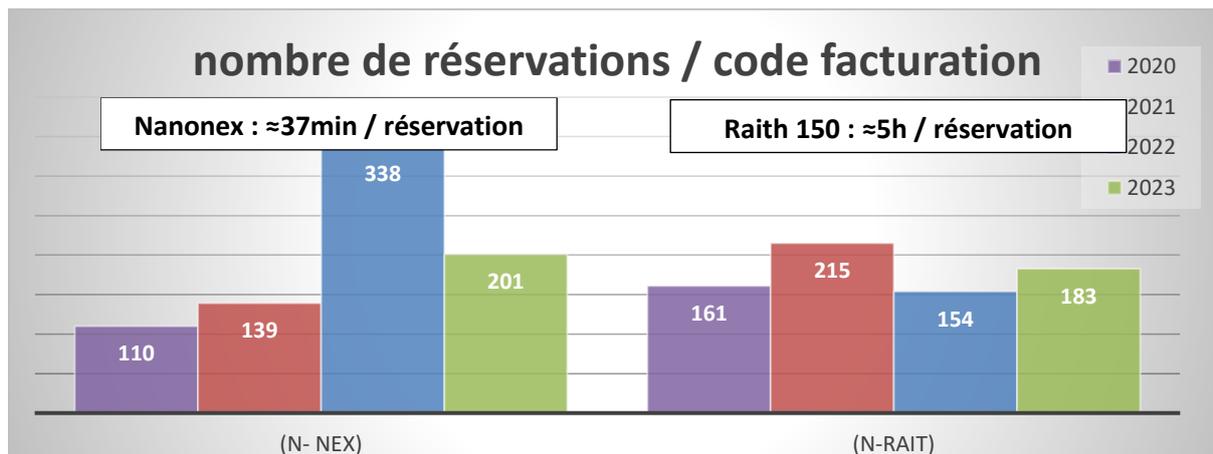


On retrouve ces tendances sur le nombre d'heures d'utilisation. La hausse du nombre d'heure sur le stepper s'explique par l'utilisation en mode dégradée en 2023, qui a allongé la durée moyenne d'une utilisation.



Nanolithographies





Sur la lithographie électronique, équipement Raith 150 :

La tendance est sur une légère augmentation de l'activité sur la lithographie électronique (N-RAIT), avec 919 heures de réservations sur l'année 2023, malgré de nombreuses immobilisations de l'équipement (17 arrêts sur l'année, 359,6h).

L'arrivée du nouveau masqueur plus automatisé, plus simple d'utilisation, permettra de travailler « en batch » en utilisant plus systématiquement l'équipement la nuit et les WE. Le contrat de maintenance associé à ce type d'équipement complexe devrait permettre de réduire les immobilisations de l'équipement et sécuriser l'activité sur les projets.

Sur la nanoimpression, équipement Nanonex 2500 :

L'utilisation de la nanoréplication est stable, avec 201 utilisations dans l'année, soit 125heures.

Cette machine est essentielle pour les développements de la société 3DIS technology (137 utilisations sur l'année) et pour toutes les personnes désirant réaliser des scellements ou des collages avec une excellente uniformité (films DF par exemple). Les activités « nanoimprint représentent 66% d'utilisation, les activités scellements/collages 34%, en nombre d'heures.

Jean Baptiste Doucet a pris en charge l'équipement et les projets dont Emmanuelle Daran était responsable.

Packaging

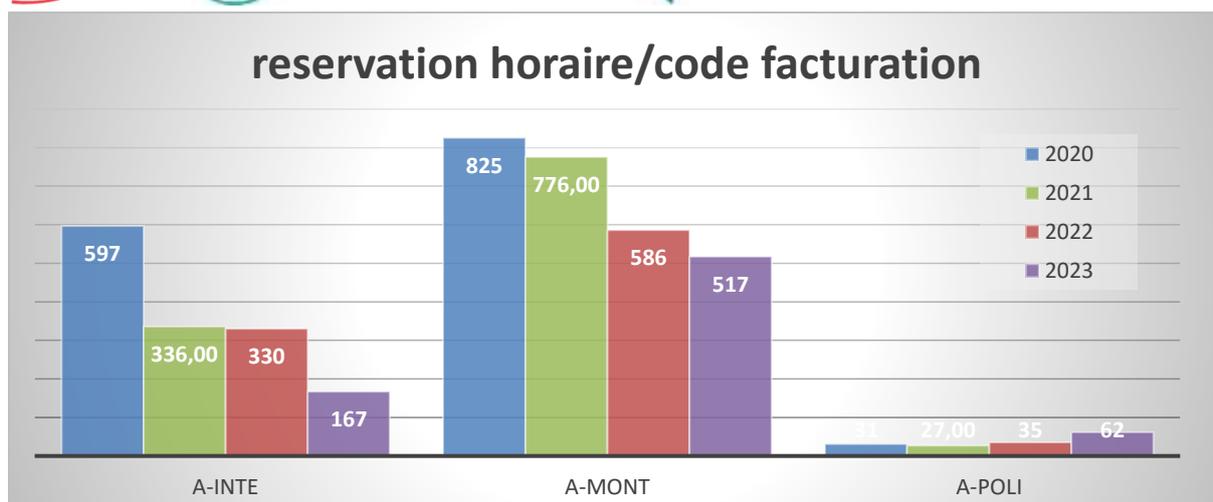
On note une augmentation de 37% de l'activité générale par rapport à l'an dernier avec environ 1400 En note une baisse de l'activité en packaging en général sur l'année.

Les opérations de découpe restent le plus demandées mais elles sont moins nombreuses que les années précédentes.

Les opérations de packaging sont plus spécifiques suivant les projets.

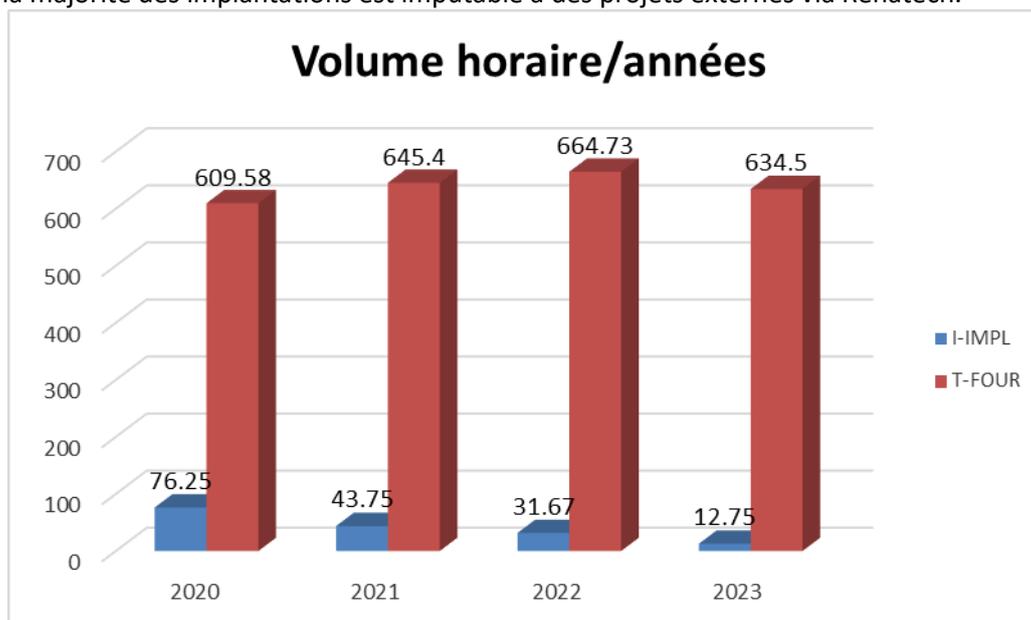
On note une diminution des opérations de câblage électrique des composants et la disparition de certains procédés comme le wafer bonding ou le report flip chip.

Malgré tout, des développements apparaissent sur l'intégration et notamment l'ablation laser.



Traitements thermiques et implantation ionique (et dépôts CVD)

La partie T-FOUR comprend les oxydations thermiques, les redistributions, les recuits RTP et les recuits métaux. L'activité est relativement stable par rapport aux années précédentes. Les fours d'oxydations thermiques sont fortement sollicités par l'équipe MPN pour l'oxydation des nanofils sur silicium. Nous notons une baisse des implantations ioniques dans la lignée des années précédentes. Cela s'explique par la baisse du nombre de projets en microélectronique au laboratoire. De plus, cette année la majorité des implantations est imputable à des projets externes via Renatech.



Soutien

Bilan

Les activités sont identiques aux années précédentes

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

Gestion des nouveaux arrivants (Cellule formation)	47 personnes (+10%)
Stock salle blanche (Réparti sur les zones jet d'encre, chimie, électrochimie, PVD, EJM et M. Dilhan, H. Granier)	200 références

Tenues salle blanche (H. Granier et M. Dilhan)	490 tenues
Facturation (M. Dilhan)	71 factures internes et 7 transferts (+11%) + 44 factures externes (+33%)
Demandes d'achats (Service gestion)	350 +
Communication du service (S. Charlot)	Tenue du site du service
Heures soleil (H. Granier, M Dilhan)	Hebdomadaire

L'augmentation du nombre de factures internes et transferts peut s'expliquer en partie par un plus grand nombre de contrats supports qui soutiennent les projets scientifiques. La facturation devant se faire contrat support par contrat support et non par projet il se peut qu'il y ait plusieurs factures/transferts par projet. Ce qui complexifie la tâche pour éditer les factures. Une réflexion pourrait être menée pour qu'en salle blanche chaque projet corresponde à un seul et unique contrat support. Cette vision purement financière est un peu décorrélée de la vision scientifique.

Le nombre de factures externes reflète plus fidèlement le nombre de projets.

Support

Point marquants 2023

Début 2023 L Bouscayrol a quitté la zone de gravure plasma pour reprendre ces activités. Son changement de fonction a été compensé par le CDD de M Arribat , pris sur les ressources propres du laboratoire.

Bilan

Les activités sont les mêmes que celles décrites les années précédentes

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

Station eau DI	Suivi et maintenance et contrat VEOLIA
Boucles refroidissement	Suivi et maintenance et contrat SNEF
Compresseurs air sec et centrale vide	Suivi et maintenance et contrat SOME
Station de neutralisation	Suivi et maintenance et contrat VEOLIA
Traitement d'air	Suivi et contrat SNEF
Capteurs de gaz	Suivi et Secur'IT
Ménage salle blanche	Suivi et contrat Atalian
Installation équipements	Organisation et coordination sous traitance
Stock gaz	Commandes en relation avec les zones techniques
Approvisionnement azote	Contrat Linde
Portes automatiques	Contrat de maintenance Portalp

MAINTENANCES SIGNIFICATIVES

Les activités de maintenance sont essentielles pour optimiser l'accès aux équipements. L'objectif est d'offrir aux utilisateurs la plus grande disponibilité possible tout en optimisant le coût. C'est pourquoi nous faisons le choix de ne prendre des contrats de maintenance que sur les équipements, stratégiques, pour lesquels nous n'avons pas de possibilité de replis en cas de problème, ou sur lesquels le laboratoire n'a pas les compétences pour intervenir. Dans toutes les autres situations nous privilégions des interventions des équipementiers ponctuels, à notre demande.

Cette activité peut être très chronophage. Elle l'est d'autant plus quand les équipements sont anciens car les pièces détachées viennent à manquer, l'expertise chez les équipementiers à disparue.

Nous voyons même augmenter le nombre d'équipements pour lesquels nous avons été informé de la cessation complète d'un support par les équipementiers. Dans de tels cas notre stratégie est d'essayer de faire appel à des sociétés expertes (type Ibeam, IBS, Apsys) mais cela à ses limites. Au final un choix s'offre à nous

- La jouvence complète des équipements concernés
- L'abandon de cet équipement au risque de perdre une technique décisive pour une filière technologique.

Caractérisation

2023

Casse de plusieurs pointes sur les profilomètres mécaniques (3 en 1 mois soit plus que sur les 10 dernières années), mise en place d'un cours de rappel à tous les utilisateurs pour limiter les risques que cela ne se reproduise.

Réparation de la tête AFM suite à la casse d'une des pins de contact, pris en charge par le contrat de maintenance.

Plusieurs problèmes sur le MEB S-4800 (carte mère du PC HS, un grand merci à I2C pour la réparation, pb de communication entre le PC et le microscope, ...).

2024

Installation du nouveaux MEB UHR en fin d'année ce qui va impliquer de réorganiser la zone courant second semestre.

Réflexions sur la réorganisation des équipements de la zone en prévision de l'extension dans le cadre du projet Platinum.

CVD&ALD

2023

- Panne de 12 mois sur ICPECVD. En attente de pièces de rechange et intervention du SAV en fin d'année sur le module RF entre la sonde de T°C et le module eurotherm. Le redémarrage a eu lieu début 2024.

2024

Dans le déroulement des maintenances préventives programmées, sont prévues :

- Le changement de la jauge de pression, une pompe du sas et d'autres pièces électroniques pour l'équipement ECR PECVD.
- Le changement des hublots pour le suivi in-situ du CCPECVD et ICPECVD.

Dépôts sous vide

2023

- TFE : pompe cryogénique, système de déplacement des substrats lors des dépôts.
- Plassys nano : pompe cryogénique, pompe scroll

2024

- Etude pour la remise en service de l'Univex

Dépôts électrolytiques

2023 Bain Or

Après une longue étude pour trouver un bain d'or répondant à nos besoins en caractéristique physique et également bio compatible ; nous avons installé ce bain et nous avons eu des résultats très bons. Malgré cela, ce bain industriel ne convient pas à notre utilisation de labo (pas assez de dépôts par jour).

Ce qui fait qu'il se dégrade très vite et nous ne pouvons pas le maintenir chimiquement. En moins d'un an le bain ne fonctionne plus, comparé aux 7 ans pour la version précédente. En 2024 nous allons chercher à nouveau un bain et recycler l'or contenu dans le bain précédent qui nous sera refourni en pellet d'or pur pour la zone de métallisation.

Aspiration haut débit dédiée au nickel poreux

Le très fort courant utilisé durant les dépôts de Nickel poreux génère du di-hydrogène et des vapeurs de chlore, une aspiration spécifique a directement été installée à l'intérieur de la paillasse juste au-dessus du bain permettant d'augmenter le débit d'aspiration assurant ainsi la sécurité de l'équipement.

Epitaxie par jets moléculaires

2023

Changement du panneau cryogénique du MBE412 début 2023.

A la suite de la maintenance lourde effectuée début 2023, nous avons constaté que les deux pompes UHV (cryo et ionique) de la chambre de croissance du MBE412 étaient saturées et hors service. Nous avons pu nettoyer la pompe ionique suffisamment pour qu'elle reparte, et avons procédé à une demande d'échange standard auprès du fournisseur de la cryo, qui a beaucoup tardé à réagir.



Pompe cryogénique du MBE412 saturée

La cavité plasma de la cellule VRVN a été changée : une fuite d'azote au niveau de la jonction de la cavité avec la canalisation d'arrivée d'azote était due à un join défectueux. De plus, cette cavité présentait de nombreuses fissures



Cavité plasma de la cellule VRFN

2024

En ce début 2024, la rotation du manipulateur est chaotique et devra être réparée. La vanne de la cellule d'azote est coincée, et les thermocouples des cellules cracker As sont HS. Enfin un transformateur 230V-24V alimentant des automates Eurotherm de régulation de température est tombé en panne, déclenchant le différentiel de l'ensemble des automates Eurotherm, et la descente en température de toutes les cellules. Nous n'avons pu que constater à notre arrivée que les cellules étaient froides. Les deux creusets des deux cellules d'Al sont donc très probablement cassés, et il va falloir ouvrir le bâti pour effectuer toutes ces réparations. Nous en profiterons aussi pour changer un hublot chauffant HS.

Gravure plasma

2023

- Maintenance préventive sur les 4 pompes primaires Pfeiffer.

ALCATEL : Réacteur P1 et P4 (DRIE) :

- Disque dur (380€)
- Intervention 2 semaines : (14.4 k€)

ALCATEL : Réacteur P1 (DRIE Si) :

- Changement DPC (2.8 k€)
- Réparation Chiller (700€)
- Intervention alcatel (6.9 k€)
- Changement générateur (3.8 k€)

ALCATEL : Réacteur P4 (DRIE Verre) :

- Réparation et vérification pompe turbo et pompe primaire (17.7k€)
- Changement générateur (3.4 k€)

SI500F :

- Plateau de quartz (1.8k€)

TEPLA :

- Changement de pompe (réparation 2.4 k€)
- Changement de hublot (1.4 k€)

2024

- TEGAL : fin ou arrêt du rétrofit.
- Alcatel : Séparation des 2 réacteurs (retrait du module de transfert + changement des sas et de pc).
- ICP2 : achat d'une nouvelle machine RIE-ICP chlorée option ALE.

Jet d'encre et traitements de surface

2023

La pompe du SAS du SPD n'est plus réparable suite à sa dernière panne. Nous allons changer pour un modèle plus petit qui sera installé dans le doigt gris et arrêté après chaque procédé. Les raisons de ce changement sont le coût d'achat et de maintenance et la réduction de l'empreinte environnementale.

Lithographie Laser

2023

PP Nanoscribe : Remplacement de la platine piézoélectrique pour les déplacements trois axes des échantillons.

2024

DWL 200 HIMT : Alignement du laser d'écriture et calibration du procédé d'insolation UV. Le coût de l'intervention s'élèvera à 6 k€.

Nanolithographies

2023

Maintenances sur le système de refroidissement de lithographie électronique Raith 150 :

- 3 interventions pour la maintenance du système (2193,75€)
- Changement du système avec un nouveau (7955€)
- L'ancien est récupéré pour le système de nano-impression Nanonex NX2500

Maintenance préventive et curative :

- Changement de la platine piezo-électrique (levelling)
- Problème de vide : changement de la jauge penning (pompes primaire et TMP changées en Janvier 2022)
- Changement de la pointe
- Maintenance générale de l'équipementier

Budget maintenance zone en 2023 : 35 378,75€

2024

Pas de maintenance préventive prévue en 2024 sur l'équipement Raith 150 puisque la dernière PM a été réalisée en octobre 2023 (interventions préventives tous les 18-24 mois).

Packaging

2024

Une maintenance sera effectuée sur les laminateurs ainsi que les équipements de câblages filaires.

Photolithographie

2023

Stepper Canon : plusieurs pannes au cours de l'année (Zoom lens condenser puis 2 cartes électroniques à remplacer). L'équipement a fonctionné en mode dégradé pendant 4 mois, puis en panne pendant 3 mois en fin d'année avant de repartir fin décembre. Cela est dû à 3 pannes consécutives (Zoom Condenser Lens qu'il a fallu démonter et envoyer pour vérification et réparation, puis panne du RC-CPU, suivi d'une autre panne sur un capteur de position) avec des délais d'approvisionnements importants.

2024

Maintenance préventive du Spraycoater prévue (faites tous les 2 ans).

Fin du contrat de maintenance sur l'EVG 120 (équipement trop âgé, le fabricant ne propose plus de contrat), maintenance de l'équipement prévue fin Mars (s13).

Aligneurs de masque : maintenance de la MA6gen 4 prévue mi-avril (s16)

Stepper Canon : toujours sous contrat, maintenance préventive à l'automne.

Traitements thermiques et implantation ionique (et dépôts CVD)

2023

- Implantation ionique
 - Changement du tube accélérateur, nettoyage des lentilles quadripolaires et des plaques de balayage
 - Upgrade du système de l'angle de tilt : possibilité d'implanter avec un tilt à 0°C

2024

- Traitements thermiques
 - Remise à niveau des fours de recuits métaux Freescale (financement Ressources propres)

Les équipements

La cellule équipements

Équipements installés en 2023

Procédures d'achat en cours

Procédures d'achat à venir

PEPR électronique

Extension de la plateforme

Prospective prioritaire, moyen et long terme

Liste des équipements

CELLULE EQUIPEMENTS

Les objectifs et le fonctionnement de cette cellule sont identiques à ceux explicités les années passées dans les rapports COMTEAM disponibles sur HAL.

Véronique Conédéra a toutefois passé le relais à Pascal Dubreuil, assisté d'Éric Imbernon pour coordonner la cellule à l'avenir.

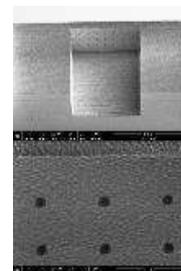
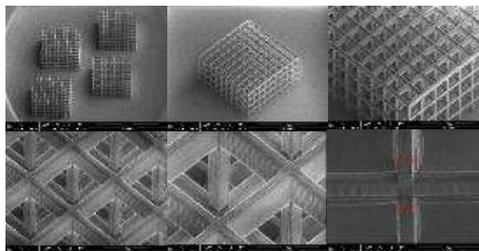
EQUIPEMENTS INSTALLES EN 2023

MICROSTRUCTURATION DE VERRE 3D PAR LASER (450K€ Equipex Nanofutur)

L'équipement composé d'un laser femtoseconde irradie une zone de travail de 150x150x60mm et permet de structurer la silice fondue, du borosilicate type Borofloat 33 ; d'ablater un métal ; de souder deux parties de silice fondue. Il est équipé en option d'une structuration 3D de polymères. Cette technique est appelée FLICE'' (Femtosecond Laser Irradiation and Chemical Etching).



Structures sur quartz



- Le fournisseur choisi est Femtika (Lituanie)

<https://lims.laas.fr/WebForms/Equipment/EquipmentView.aspx?toolId=268>

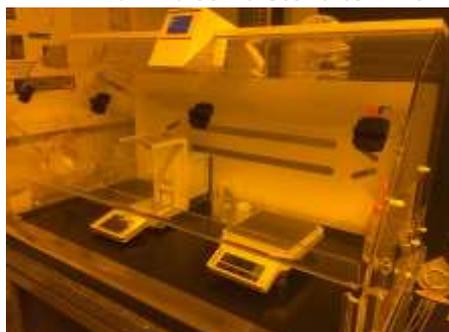
POSTE DE PESEE (21.3k€ ressources propres)

Le poste de pesée est composé d'une hotte sécurisée pour la pesée de précision, de deux balances et d'une protection individuelle optimale pour les activités impliquant des substances actives, toxiques, CMR.

La balance de précision a une portée maximale de 4200g avec une précision d'affichage de 10mg

La balance haute performance a une portée 81/220g maximale avec une précision d'affichage 0.1/1mg

- La livraison a été faite 2nd trimestre 2023.



ABLATION ET DE GRAVURE DES MATERIAUX PAR LASER FEMTOSECONDE (550K€ Equipex Nanofutur)

La machine avec son laser femtoseconde (IR et visible) découpe des substrats en silicium, verre et polymères (type PET ou Kapton) avec des formes à façon. La découpe laser permet aussi la découpe de structures fragiles sans l'ajout d'une résine de protection ou l'utilisation d'eau pour enlever les contaminations particulières de coupes, comme avec la découpe traditionnelle utilisant une lame de scie diamantée.



Equipement LS-Lab

- Le fournisseur choisi est LASEA (Belgique)

<https://lims.laas.fr/WebForms/Equipment/EquipmentView.aspx?toolId=270>

Spectromètre pour mesure d'épaisseur de couches minces(12 k€ ressources propres)

Acquisition d'un spectromètre pour la mesure rapide de couches minces, notamment des résines, de 100nm à 100µm d'épaisseur.

Large bibliothèque de matériaux disponibles avec possibilité d'en rajouter manuellement.

Cet équipement est disponible en zone photolithographie



<https://lims.laas.fr/WebForms/Equipment/EquipmentView.aspx?toolId=273>

Hotte synthèse chimique (27K€ ressources propres)

Hotte équipée avec des fonctions de chauffage, refroidissement, pompage primaire réglable (1000 à 2 mbar), d'une rampe à vide/gaz inerte (ligne de Schlenk) pour la réalisation de vide primaire plus poussé (vide limite 0,005 mbar). La ligne de Schlenk permet la manipulation de substances à l'abri de l'oxygène et de l'humidité ; la possibilité d'accéder à de nouveaux traitements de surfaces ; de manipuler ou

synthétiser de nouvelles substances ou matériaux (par exemple, résines photosensibles, biomatériaux, ...); ainsi que la protection renforcée de l'opérateur vis-à-vis de substances présentant un risque particulier. Le poste permet de répondre de manière simple et fiable à des besoins de chauffage à reflux, purifications physico-chimiques, extraction qui étaient impossibles ou difficiles à réaliser jusqu'à présent.

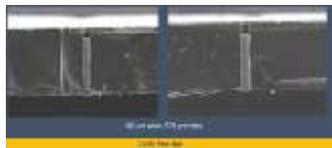


<https://lms.laas.fr/WebForms/Equipment/EquipmentView.aspx?toolId=269>

PROCEDURES D'ACHAT EN COURS

DEPOT METALLIQUE PAR RECHARGE ELECTROLYTIQUE (250k€ Equipex Nanofutur)

La machine de dépôt de cuivre par recharge électrolytique permet le remplissage de vias (trous) traversants, de vias borgnes ou de résines micro-structurées avec des très hauts rapports de forme (jusqu'à 10:1) dans des substrats de silicium, verre ou polymère et jusqu'à une épaisseur de 525 μm .



- Le fournisseur choisi est Class One (USA) et présente une machine toute automatisée.
- Livraison retardée 2024 à 2025 ?

PLASMA ATMOSPHERIQUE (190K€ Equipex Nanofutur)

Le traitement de surface par plasma atmosphérique permet le nettoyage et l'élimination des contaminations organiques, l'activation des surfaces, la fonctionnalisation des moules de résine à très haut rapport de forme > 5:1 et la désoxydation. Ce procédé innovant permet l'application d'une passivation gazeuse qui retarde la réoxydation des surfaces métalliques. Avec ce traitement, l'adhésion de couches métalliques, semi-conductrices et organiques est accrue.



Equipement ONTOS TT

- Le fournisseur est MICROTEST
- La livraison prévue en 2024

PISTES DEVELOPPEMENT DE RESINE (110K€ RTB 2020)

L'équipement doit permettre le développement des résines de photolithographie UV et de lithographie électronique, de façon répétable via des recettes programmables, et sur des échantillons de tailles variables. L'équipement doit être compatible avec plusieurs chimies de développeurs différentes.

- 1) 1 procédé de développement sur substrat 100mm avec développeur TMAH 2.5%
- 2) 1 procédé de développement sur petit échantillon (5x5mm)
- 3) 1 procédé de développement de résine SU-8



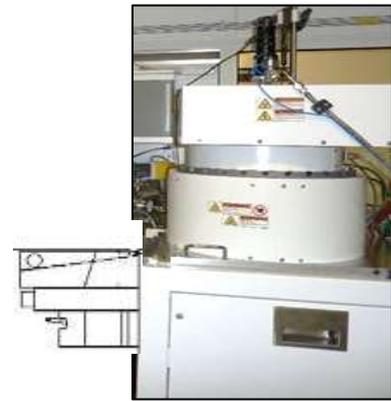
Equipement UNIX-D20

- Le fournisseur est OSIRIS validé par la DR14
- La livraison prévue T4 2024

GRAVURE PROFONDE DRIE - RETROFIT ACATEL (138K€ RTB 2021)

L'objectif du retrofit de l'équipement Alcatel est de séparer les deux chambres en enlevant le robot de chargement (contaminations évitées de chambre à chambre) ; de créer un sas de chargement par réacteur pour un seul substrat ; avec des nouveaux PCs (windows10). Il sera ajouté des « chemisages » de protection dans chaque réacteur. Sur une chambre sera ajoutée une ligne de SF6 afin de faire du process Bosch (noMos en clampage mécanique).

Il y aura donc une chambre spécifique gravure profonde silicium et une autre spécifique gravure verre.



- Le titulaire choisi NapletSys. Est validé par la DR14.
- Intervention directement en salle blanche pour ce retrofit courant 2024

PEPR ELECTRONIQUE

Le PEPR ELECTRONIQUE est doté de 35 M€ qui sont orientés pour soutenir les équipements du réseau RENATECH/RENATECH+ en lien avec la programmation thématique au sein du PEPR Electronique. Ce programme est très important pour l'ensemble du réseau RENATECH. (80% de cette somme réservée pour RENATECH, 20% pour les centrales régionales). La durée du PEPR est a priori de 4 ans (2022-2025).

La centrale de technologie du LAAS possède une enveloppe de 3,680 M€ dédiée à du renouvellement d'équipements.

LITHOGRAPHIE ELECTRONIQUE (2300K€)

Ce masqueur électronique de nouvelle génération (100keV) permet une meilleure résolution (5-8nm), une rapidité plus que décuplée (vitesse de balayage x12.5, courant de faisceau x35) et une efficacité accrue. L'automatisation des réglages critiques facilite l'accès de la technique à un panel d'utilisateurs plus large et sans niveau d'expertise particulier ; tandis qu'un chargeur de 10 porte-échantillons lui permettra de travailler en "continu".

Dans le cadre du PEPR, d'autres laboratoires CNRS (IEMN, FMNT-PTA) achètent aussi un masqueur électronique. Un appel d'offre groupé a été géré par la DR16 (Paris).

La procédure de type RECA est passée par une commission permanente des achats (CPA).



- Le fournisseur choisi est RAITH, validé par la DR16.
- Livraison prévue fin 2025? (Il faut compter douze mois de délai).

MICROSCOPE ELECTRONIQUE A BALAYAGE HAUTE RESOLUTION (600K€)

Le MEB avec une résolution inférieure au nanomètre acceptera des petits échantillons jusqu'à des substrats 6 pouces ; il sera équipé d'un EDX X-TREM afin de réaliser des analyses à basse tension (à partir d'1KeV) ce qui permettra des mesures sur verre et sur des nano. De plus, l'analyse des matériaux légers (C, B et Be) sera possible. Il pourra être équipé d'une option cryogénique ou environnementale pour observer des échantillons biologiques et des isolants.



FEI Verios 5

Le microscope électronique rentre dans un accord-cadre national de type RECA. La remise en concurrence est terminée.

- Le titulaire choisi Thermo Fisher Scientific Inc. est validé par la DR14.
- Livraison prévue fin 2024 (Il faut compter dix mois de délai).

MODULE DE SPECTROSCOPIE A DISPERSION D'ENERGIE (EDX) (190K€)

Il s'agira ensuite, de procéder à l'achat d'un module de spectroscopie à dispersion d'énergie (EDX X-TREM) à implémenter sur le FEI Verios 5. Pour cela une autre RECA sera réalisée, courant 2024.

GRAVURE PLASMA RIE-ICP CHLOREE (500K€)

L'équipement RIE-ICP chloré, qui vient en remplacement de l'équipement ICP2 Trikon ; est une nouvelle génération avec un meilleur contrôle sur les gravures GaAs et les métaux. Cet équipement aura un module un ALE (atomic layer etching), un OES, un ellipsomètre in-situ.

Un appel d'offre groupé d'équipements CCP-RIE, ICP-RIE et ICP-RIE-ALE avec d'autres laboratoires (C2N, I.FOTON) est en cours et il est piloté par la DR14.



- La commande de cet équipement est espérée T2/T3 2024.
- Livraison prévue en 2025 (Il faut compter dix mois de délai).

PROCEDURES D'ACHAT A VENIR

PLASMA GRAVURE SU8 (139K€: Equipex Nanofutur)

Cet équipement est destiné à la gravure de couche résine type SU8 avec une très grande sélectivité vis à vis du silicium et ses dérivés (SiO₂, Si₃N₄). C'est une gravure purement chimique sans bombardement ionique du substrat. Le plasma n'attaque pas les métaux (Ni, Ni/Fe, Au, Cu, etc.).

Les dimensions possibles et nombre de substrats par run : 1 x 8''; 1 x 6''; 2 x 4''



MODULE D'ACQUISITION RAPIDE POUR AFM (102K€ RTB 2022)

Le système actuel (nanoscope 5) n'est plus soutenu et risque de ne plus être réparable très rapidement, un upgrade est donc nécessaire (1 seul AFM en salle blanche).

Il s'agit là d'apporter une amélioration de l'équipement AFM ICON par la mise à jour du soft, de l'électronique afin d'augmenter la vitesse d'acquisition. Cela permettra d'avoir un meilleur échantillonnage sur les mesures (meilleur rapport signal sur bruit) et d'avoir la mise à niveau des modes PeakForce et Scanassist. Les nouveaux modes (AutoMET, Miroview, DataCube, nDMA, PFSECM, ...) sont des options payantes possibles que si la mise à jour est faite

CELLULE ARSENIC GRANDE CAPACITE (97K€ RTB 2022)

Le MBE412 est équipé de deux cellules d'As, dont la capacité de 500cc chacune, assure l'émission d'As d'une campagne de croissance. Elles sont chargées de lingots taillés aux dimensions de leur réservoir de titane, qui sont extrêmement onéreux (9k€ pièce). Une évolution serait d'équiper le MBE412 d'une cellule d'arsenic d'une capacité de 2000cc qui a fait ses preuves dans le milieu industriel (pas de défauts de surface sur les croissances imputées à cette cellule).

RHEOMETRE (126K€ RTB 2022)

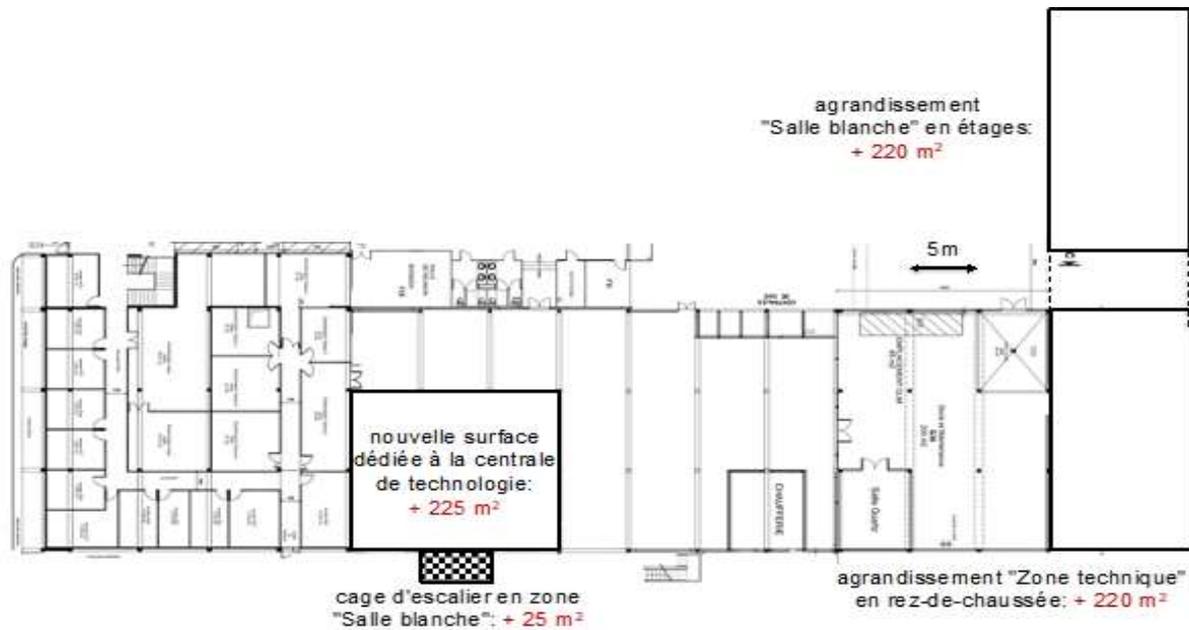
Des besoins commencent à apparaître sur plusieurs projets de recherche (Bioprinting, CBI – LAAS, Genoskin,...), et ils vont continuer à augmenter avec l'arrivée des nouveaux projets qui utilisent différents types de (bio)matériaux commerciaux ou synthétisés au laboratoire.

Cet équipement permettra aussi la possibilité de faire des tests de compression, tension et cisaillement avec l'option de 2 moteurs.

EXTENSION DE LA PLATEFORME

L'ambition du projet PLATINUM est d'augmenter la capacité des plateformes techniques expérimentales du LAAS-CNRS de près de 1200 mètres carrés, ceci en vue de l'amplification de l'ouverture aux académiques et aux industriels, de la mise en place de recherche transdisciplinaires et finalement du développement de l'innovation. L'investissement total du projet PLATINUM est ainsi estimé à 8,77 M€, avec une planification en deux phases :

Projet PLATINUM, 1e phase (période: 2024-2025, budget: 2,62 M€): aménagement du rez-de-chaussée et agrandissement du bâtiment G dédié à la centrale de technologie du LAAS, pour la création de 470 mètres carrés de surfaces de salle blanche supplémentaires



Projet d'extension de la centrale de micro/nanotechnologies au sein des bâtiments F et G

En 2023 nous avons reçu le soutien financier de la DR14 du CNRS (330 k€), de la DRARI (500 k€), et convenu d'investir sur ressources propres (250 k€)

En 2024

- Nous instruisons une demande de soutien de la Région pour les sommes manquantes. La décision devrait être connue lors du troisième trimestre.
- Le CNRS a accepté de lancer en avance de phase la désignation du maître d'œuvre et les pré-études. Ce qui devrait nous permettre une réception de l'extension rez-de-chaussée à la fin 2025 synchronisée avec la livraison du nouveau masqueur électronique.

Projet PLATINUM, 2e phase (à partir de 2026, budget: 6,15 M€): remaniement du bâtiment D (850 m² d'emprise au sol) avec construction de deux étages partiels, pour la création de 690 mètres carrés de surfaces dédiées à la plateforme de caractérisation, ainsi que de 150 mètres carrés d'espaces dédiés à des projets de recherche industriels. Le service I2C coordonne les réflexions sur cette seconde phase.

PROSPECTIVE EQUIPEMENTS PRIORITAIRES A MOYEN ET LONG TERME

Les diverses sources de financement des années passées (RTB, Equipex Nanofutur, PRRI Multifab, PEPR Electronique, etc...) nous ont conduit à une mise à jour de la prospective du laboratoire en 2022.

Depuis janvier 2024, le service TEAM a relancé et consolidé sa prospective. Il l'a partagée avec les chercheurs du laboratoire et recueilli leurs demandes.

La concertation sous l'égide de la Direction a été renouvelée pour présenter la mise à jour 2024 de la prospective collective présentée ci-dessous.

En fonction des opportunités de financements nous nous appuyerons sur cette réflexion collective dans les années à venir ; avec une mise à jour régulière pour tenir compte des évolutions tant scientifiques que techniques.

Liste d'investissement	Prix (keuros)	Argumentaires	Filières Capteurs (MEMS&NEMS) Photonique Electronique Santé Instrumentation Matériaux	Jouvence /Up- Grade (Oui/Non)	Spécifique (Oui/Non)	Equipements de lithographie, de gravure et de dépôt de matériaux	Equipements de montage, assemblage, collage...	Equipements de caractérisation physico chimique	Priorité
Lithographie laser d'écriture directe	800	Fabrication des masques et réticules de lithographie par lithographie directe LED, écrite maskless	Toutes	Oui	Non	Oui	Non	Non	1
Scie diamantée	150	Découpe de substrats jusqu'à 8 pouces	Toutes	Oui	Non	Non	Oui	Non	1
ALD	530	Jouvence Fiji (MOS) : Oxydes métalliques ; des matériaux à transition de phase ; des nitrures métalliques. Pb de soft, souci récurrent d'arrêt de pompage, pas de suivi in situ.	Toutes	Oui	Non	Oui	Non	Non	1
Traitement plasma	192	Activation de surface et stripping de la SU 8	Toutes	Oui	Non	Oui	Oui	Non	1
Dispense et développement automatisé de résines	100	Les systèmes de dispense et de développement automatisés de résines permettent une meilleure résolution ainsi qu'une meilleure	Toutes	Oui	Non	Oui	Non	Non	2

		reproductibilité des opérations de lithographie.							
Micro nano dépôt	100	Dépôt de gouttes du nano au micro litre avec une viscosité jusqu'à 8 000 mPa.s.	Toutes	Non	Oui	Oui	Non	Non	2
Amincissement polissage Si et verre	300	Amincissement et polissage optique du Si , et du verre	Toutes	Oui	Non	Non	Oui	Non	2
Lamination	250	Jouvence roll ou lamination sous vide	Toutes	Oui	Non	Non	Oui	Non	2
RIE-ICP Fluoré	580	Remplacer ICP TRIKON OMEGA (30 ans) ainsi on aurait un équipement MOS et un NOMOS	Toutes	Oui	Non	Oui	Non	Non	2
Spray coating	300	Spray coater	Toutes	Oui	Non	Oui	Non	Non	2
Implantation à chaud	200	Upgrade de l'implanteur ionique pour effectuer des implantations à haute température (jusqu'à 600°C) pour des applications SiC et diamant	Toutes	Oui	Oui	Oui	Non	Non	2
PECVD	350	Dépôt de HfO2 par CVD notamment pour des applications diamant	Toutes	Non	Oui	Oui	Non	Non	2
Evaporation par canon à électrons	300	Dépôts métalliques par pulvérisation cathodique (matériaux énergétiques)	Toutes	Oui	Oui	Oui	Non	Non	2

CVD&ALD en DLI	580	Dépôt matériaux en CVD ou ALD : highK TiO ₂ , HfO ₂ , changement de phase (TMD) (VO ₂ - TiO ₂ - Nb ₂ O ₅ ...) sans plasma et matériaux 2D (dichalcogénures : VS ₂ - MoS ₂ - MoSe ₂ ...) pour électronique/photonique quantique.	Toutes	Non	Oui	Oui	Non	Non	3
Micro transfert printing	350	Micro transfert de couches pour intégration hétérogène	Toutes	Non	Oui	Non	Oui	Non	3
Spray solvants pour lift-off	175	Meilleure efficacité et répétabilité du procédé, gain de temps, et amélioration de la sécurité des opérateurs	Toutes	Non	Non	Oui	Non	Non	3
Tube phosphore sur les fours Centrotherm	150	Passage d'un tube en quartz à un tube en SiC pour atteindre des températures de recuit de 1150 °C	Toutes	Oui	Non	Oui	Non	Non	3
Soudure filaire automatique	150	Fiabilisation, répétabilité des soudures	Toutes	Oui	Non	Non	Oui	Non	3
Recuit photonique in-situ sur Ceradrop	160	Le recuit photonique in-situ permet de traiter une couche métallique déposée par jet d'encre ou spray sur des substrats sensibles à la température tels que le papier ou le PET. Cet	Toutes	Oui	Oui	Oui	Non	Non	3

		outil peut être intégré dans la machine jet d'encre existante.							
Implantation par immersion plasma	800	Implantations à très faible énergie et fortes doses	Toutes	Non	Oui	Oui	Non	Non	3
Traitement par acide fluorhydrique en système clos	350	Traitement des plaquettes par acide fluorhydrique ou des solutions à base d'acide fluorhydrique dans un système clos et totalement sécurisé pour l'opérateur	Toutes	Non	Non	Oui	Non	Non	3
Nano dépôt	100	HUMINK qui utilise des bio plumes sur piézo.	Toutes	Non	Oui	Oui	Non	Non	3
Photo répéteur 5X DUV	4000	Stepper de lithographie DUV par projection	Toutes	Oui	Oui	Oui	Non	Non	4
Option BSA sur MA6 GEN4	60	Alignement face arrière en photolithographie	Toutes	Oui	Non	Oui	Non	Non	4
Retrofit DRIE (STS)	300	DRIE pour procédé Bosch MOS / NOMOS	Toutes	Oui	Non	Oui	Non	Non	4

LISTE DES EQUIPEMENTS AU 1ER JANVIER 2024 (extraction depuis l'application Myfab)

Nom (code facturation)	Réf	Zone	Responsable	Equipementier	Modèle
Scie diamanté DAD-321 MOS (A-MONT)	A1	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	DISCO	DAD-321
Micro-soudeuse TPT HB-16 MOS (A-MONT)	A10	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	TPT	HB-16
Micro-soudeuse KnS 4526 MOS (A-MONT)	A11	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	Kulicke and Soffa	4526
Micro-soudeuse KnS 4700 MOS (A-MONT)	A12	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	Kulicke and Soffa	4700
Etuve Horo (A-MONT)	A17	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	HORO	250
Etuve TETHYS (A-MONT)	A18	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	TETHYS	Fisher-Band
Wafer Substrate Bonding MOS (A-POLI)	A19	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	Logitech	WSB1
Scriber Karl-SUSS RH-100 MOS (A-MONT)	A2	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	Karl-SUSS	RH-100
Hotte polissage (F-FRAI)	A20	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	unknOWN	unknOWN
hotte montage (F-FRAI)	A21	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	unknOWN	unknOWN
Micro Injecteur (A-MONT)	A23	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	Narishige	IM 300
Film monter UH-115 MOS (A-MONT)	A24	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	Ultron Systems, Inc.	UH-115
Nettoyage wafers UH-117 MOS (A-MONT)	A25	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	Ultron Systems, Inc.	UH-117
Wafer bonder AML MOS (A-INTE)	A28	Integration/ Device mounting	Samuel Charlot	AML	WB4
ShipleY 360 MOS (A-INTE)	A29	Integration/ Device mounting	Samuel Charlot	ShipleY	360
Scriber SET MOS (A-MONT)	A3	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	SET	A3
sérigraphie MOS (A-INTE)	A30	Integration/ Device mounting	Samuel Charlot	DEK	01i
carotteuse ultra sonore MOS (A-MONT)	A31	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	fishione	170
plaque chauffante 300°Cx (A-INTE)	A32	Integration/ Device mounting	Samuel Charlot	Sawatec	HP-401-Z
Four de refusion NOMOS (A-INTE)	A33	Integration/ Device mounting	Samuel Charlot	Madell	TYR108C
viscosimètre (F-FRAI)	A34	Integration/ Device mounting	Samuel Charlot	Fungilab	smart
Jauge de mesure d'épaisseur MOS (A-POLI)	A35	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	Logitech	SYLVAC CH-1023 Crissier
Mesure planéité MOS (A-POLI)	A36	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	Logitech	GI20

Wafer bonder SUSS NOMOS (A-INTE)	A37	Integration/ Device mounting	Samuel Charlot	SUSS	SB6e
Shipley 3024 MOS (A-INTE)	A38	Integration/ Device mounting	Samuel Charlot	Shipley	3024
polisseuse ESCIL (A-POLI)	A39	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	Escil	ESC200
Grinder G&N MOS (A-POLI)	A4	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	Grinder	MPS2 R300 D CS
encolleuse (A-MONT)	A40	Integration/ Device mounting	Samuel Charlot	Janome	GLT JR2400N
Scriber JFP-S100 MOS (A-MONT)	A41	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	CEFORI	JFP-S100
Fer à souder Weller (F-FRAI)	A42	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	Weller	WSD81
oscilloscope (F-FRAI)	A43	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	Tektronix	TDS-2012
étuve MEMMERT (A-MONT)	A45	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	Memmert	UFB400
Etuve vieillissement thermique (A-MONT)	A46	Integration/ Device mounting	Samuel Charlot	Secasi	BC21
Aligneur Suss MOS (A-INTE)	A47	Integration/ Device mounting	Samuel Charlot	SUSS	BA8
Hotte Wafer Bonder (F-FRAI)	A48	Integration/ Device mounting	Samuel Charlot	Devetek	no model
Pull shear testeur MOS (A-MONT)	A49	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	Xyztec	condor sygma
Polisseuse PM5 MOS (A-POLI)	A5	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	Logitech	PM5
hotte solvants (F-FRAI)	A50	Integration/ Device mounting	Samuel Charlot	Mina services	inox
étuve Thermo (F-FRAI)	A51	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	Thermo scientific	Vacutherm
Découpe Graphtec (A-MONT)	A52	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	Graphtec	FC8600
Form 3 (L- 3D)	A53	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	Formlabs	Form 3
Nitrogen atmosphere oven (F-FRAI)	A54	Integration/ Device mounting	Adrian Laborde	Verder / Carbolite	HTMA4028-230SN
FC150 MOS (A-INTE)	A55	Integration/ Device mounting	Samuel Charlot	SET	FC150
découpe laser (A-INTE)	A56	Integration/ Device mounting	Samuel Charlot	LASEA	LB014
Nettoyage Megasons	A57	Integration/ Device mounting	Samuel Charlot	Vaco	Mega
Report/Collage Tresky T4907 MOS (A-MONT)	A6	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	Dr Tresky	T4907
Report/Collage Tresky T3000 MOS (A-MONT)	A7	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	Dr Tresky	T3000
Report eutectique KnS 6482 MOS (A-MONT)	A9	Assemblage / Device mounting	Samuel Charlot	Kulicke and Soffa	6482
FIB Dual Beam (C- FIB)	C-01	Caractérisation / characterization	Benjamin Reig	FEI	Helios 600i
MEB S-4800 (C- MEB)	C-02	Caractérisation / characterization	Benjamin Reig	HITACHI	S-4800

MEB S-3700N (C- MEB)	C-03	Caractérisation / characterization	Benjamin Reig	HITACHI	S-3700N
AFM ICON (C- AFM)	C-04	Caractérisation / characterization	Benjamin Reig	BRUKER	Dimension ICON
FTIR (C-SPEC)	C-06	Caractérisation / characterization	Benjamin Reig	BRUKER	TENSOR 27
Ellipsomètre HJY (C-SPEC)	C-07	Caractérisation / characterization	Benjamin Reig	Horiba Jobin Yvon	Uvisel
Digidrop (F-FRAI)	C-09	Caractérisation / characterization	Benjamin Reig	GBX Instrument	Digidrop
Résistivimètre manuel (F-FRAI)	C-10	Caractérisation / characterization	Benjamin Reig	---	---
Résistivimètre automatique (F-FRAI)	C-11	Caractérisation / characterization	Benjamin Reig	Changmin Tech	CMT-SR200
Profilomètre optique Wyko (F-FRAI)	C-12	Caractérisation / characterization	Benjamin Reig	VEECO	WYKO 3300
Profilomètre optique LEXT (F-FRAI)	C-13	Caractérisation / characterization	Benjamin Reig	Olympus	OLS LEXT 3100
Microscope optique Leica (F-FRAI)	C-14	Caractérisation / characterization	Benjamin Reig	LEICA	DM4000
Profilomètre mécanique Tencor P16+ (F-FRAI)	C-16	Caractérisation / characterization	Benjamin Reig	KLA Tencor	Tencor P16+
PECS (D-PRST)	C-18	PVD	Benjamin Reig	GATAN	PECS
Spectromètre UV-VIS (C-SPEC)	C-19	Caractérisation / characterization	Benjamin Reig	PerkinElmer	lambda650
Profilomètre mécanique Tencor P17 (F-FRAI)	C-20	Caractérisation / characterization	Benjamin Reig	KLA Tencor	Tencor P17
Differential Scanning Calorimetry (C- DSC)	C-21	Caractérisation / characterization	Benjamin Reig	NETZSCH	DSC 404 F3 Pegasus
Testeur sous pointes (F-FRAI)	C-23	Caractérisation / characterization	Benjamin Reig	SET	TR5230
ThermoGravimetric Analysis TGA (C- DSC)	C-24	Caractérisation / characterization	Benjamin Reig	Mettler-Toledo	TGA-02
Profilomètre optique SNEOX (F-FRAI)	C-25	Caractérisation / characterization	Benjamin Reig	SensoFar	SNEOX
Ellipsometre EP4 (C-SPEC)	C-26	Caractérisation / characterization	Benjamin Reig	Accurion	Nanofilm EP4
microscope optique 3D	C-27	Caractérisation / characterization	Benjamin Reig	Microqubic	MRCL700
left organic solvents fume hood with lowerable window NoMOS (F-FRAI)	CHIM-1	Procédés humides / Wet process benches	Daniel FERRI ANGULO	Fluidair	to be checked
wet bench III-V NoMOS(F-FRAI)	CHIM-10	Procédés humides / Wet process benches	Daniel FERRI ANGULO	Coillard	to be checked
right organic solvents fume hood with lowerable window NoMOS (F-FRAI)	CHIM-2	Procédés humides / Wet process benches	Daniel FERRI ANGULO	Fluidair	to be checked
wet batch photoresist stripping by AZ100 remover NoMOS(F-FRAI)	CHIM-3	Procédés humides / Wet process benches	Daniel FERRI ANGULO	VACO	to be checked
wet bench organic solvents PDMS and outgasing NoMOS (F-FRAI)	CHIM-4	Procédés humides / Wet process benches	Daniel FERRI ANGULO	PTS	Hotte

clean wet bench organic solvents NoMOS (F-FRAI)	CHIM-5	Procédés humides / Wet process benches	Daniel FERRI ANGULO	DV Tech	Hotte
Glove box for HF based chemistry NoMOS (F-FRAI)	CHIM-6	Procédés humides / Wet process benches	Daniel FERRI ANGULO	DVTECH	to be checked
wet bench metal etching NoMOS(F-FRAI)	CHIM-7	Procédés humides / Wet process benches	Daniel FERRI ANGULO	VACO	wet bench
acid wet bench for multicleaning and etching NoMOS (F-FRAI)	CHIM-8	Procédés humides / Wet process benches	Daniel FERRI ANGULO	PTS	092018-001
wet bench for harmless chemistry NoMOS (F-FRAI)	CHIM-9	Procédés humides / Wet process benches	Daniel FERRI ANGULO	Coillard	to be checked
ALD Fiji MOS COMPATIBLE (T- CVD)	CVD1	ALD	Pascal Dubreuil	Cambridge Nanotech	Fiji F200
ALD TFS200 NoMOS (T- CVD)	CVD10	ALD	Pascal Dubreuil	BENEQ	TFS-200-232
ALD-LL NoMOS (T- CVD)	CVD2	ALD	Pascal Dubreuil	Sentech	Si-ALD-LL ALD024
ECR PECVD NoMOS (T- CVD)	CVD3	PECVD	Pascal Dubreuil	Roth&Rau	AK400
Four OXYNIT6 MOS COMPATIBLE (T- CVD)	CVD4	LPCVD	Eric Imbernon	Centrotherm	Centronic E1550HT
Four SIPOLY6 MOS COMPATIBLE (T- CVD)	CVD5	LPCVD	Eric Imbernon	Centrotherm	Centronic E1550HT
Four SI3N46 MOS COMPATIBLE (T- CVD)	CVD6	LPCVD	Eric Imbernon	Centrotherm	Centronic E1550HT
Four Tempres Si-poly MOS COMPATIBLE (T- CVD)	CVD7	LPCVD	Pascal Dubreuil	Tempres	Dépot LPCVD
ICPECVD MOS COMPATIBLE (T- CVD)	CVD8	PECVD	Jean Christophe Marrot	Oxford	Plasmalab 100 - HDPECVD
CCPECVD MOS COMPATIBLE (T- CVD)	CVD9	PECVD	Pascal Dubreuil	ApSy	Multiplex CVD
EVA 600 Evaporation NoMOS (D-PRST)	D1	PVD	Ludovic Salvagnac	Alliance Concept	EVA 600
TFE 644 Pulvérisation NoMOS (D-PRST)	D10	PVD	Ludovic Salvagnac	Thin Film Equipment (TFE)	644
EVA 300 Evaporation NoMOS (D-PRST)	D11	PVD	Ludovic Salvagnac	Alliance Concept	EVA 300
Univex 450 Pulvérisation NoMOS (D-PRST)	D2	PVD	Ludovic Salvagnac	Oerlikon	Univex 450C
Plassys Organiques NoMOS (D-OLED)	D3	PVD	Ludovic Salvagnac	Plassys	MEB550B
Varian Evaporation NoMOS (D-PRST)	D4	PVD	Ludovic Salvagnac	MTB Solutions	Varian 3616
AC450CT Pulvérisation NoMOS (D-PRST)	D5	PVD	Ludovic Salvagnac	Alliance Concept	AC450CT

ApSy E100 NoMOS (D-PRST)	D6	PVD	Ludovic Salvagnac	Application Systemes	E100
Riber degas NoMOS (D-PRST)	D7	PVD	Ludovic Salvagnac	Riber	Degas
Parylene C30S (D-PARY)	D8	PVD	Guillaume Libaude	Comelec	C30S
Plassys nano MOS (D-PRST)	D9	PVD	Ludovic Salvagnac	Plassys	Nano
Sorbonne dépôt électrolytiques (E-MANU)	E 25	Electrochimie/electroplating	David Bourrier	PTS	Yamamoto 4-6 pouces
Rena Or 4 pouces (E-AUTO)	E1	Electrochimie/electroplating	David Bourrier	RENA	EPM 100 F
Cvs (E-CARA)	E11	Electrochimie/electroplating	David Bourrier	Methrom	Cvs
Polarographie (E-CARA)	E12	Electrochimie/electroplating	David Bourrier	Methrom	797 VA Computrace
AAS (E-CARA)	E13	Electrochimie/electroplating	David Bourrier	Perkin Elmer	AAAnalyst 400 AA
Titration (E-CARA)	E14	Electrochimie/electroplating	David Bourrier	Methrom	Titrande
Auroless (E-MANU)	E15	Electrochimie/electroplating	David Bourrier	Minaservices	4"
Paillasse de Développement & Ultrason (F-FRAI)	E17	Procédés humides / Wet process benches	David Bourrier	Minaservices	Ultrasons
Paillasse de Développement & Stripping (F-FRAI)	E19	Procédés humides / Wet process benches	David Bourrier	LAAS	Developpement
Rena Cuivre 4 pouces (E-AUTO)	E2	Electrochimie/electroplating	David Bourrier	RENA	EPM 100 F
Gravure KOH (E-ANIS)	E20	Procédés humides / Wet process benches	David Bourrier	Minaservices	KOH
Gravure TMAH (E-ANIS)	E21	Procédés humides / Wet process benches	David Bourrier	Minaservices	TMAH
Yamamoto 4" (E-MANU)	E23	Electrochimie/electroplating	David Bourrier	Yamamoto	Smart Cell 4 "
Yamamoto Nickel 4/6" (E-MANU)	E24	Electrochimie/electroplating	David Bourrier	Yamamoto	Plating Set 4" and 6 "
Rena Nickel 4 pouces (E-AUTO)	E3	Electrochimie/electroplating	David Bourrier	RENA	EPM 100 F
Yamamoto Cuivre 4/6" (E-MANU)	E7	Electrochimie/electroplating	David Bourrier	LAAS	Plating Set 4" and 6 "
Paillasse dépôts Alternatifs (E-MANU)	E8	Electrochimie/electroplating	David Bourrier	LAAS	n°1
semitool Spin Rinse Dryer Main Chem NoMOS (F-FRAI)	F1	Procédés humides / Wet process benches	Daniel FERRI ANGULO	Semitool	PSC-101
Poste de pesée	F2	Synthèse chimique / chemical synthesis	Daniel FERRI ANGULO	a1-envirosciences	ST1-12V3/CCU

Batch Buffer Oxide Etching 1-7 MOS (F-FRAI)	F11	Procédés humides / Wet process benches	Daniel FERRI ANGULO	cybernétix	F143 4257
Sonication cabin NoMOS (F-FRAI)	F14	Other processes	Jean-Baptiste Doucet	DVTECH	Autotune
UV -ozone NoMOS(F-FRAI)	F6	Traitement de surface / Surface treatment	Jean-Baptiste Doucet	Jelight	42-220
optical microscope NIKON NoMOS(F-FRAI)	F7	Caractérisation / characterization	Jean-Baptiste Doucet	NIKON	to be checked
Hotte synthèse chimique / Fume hood organic synthesis(F-FRAI)	F-ELECTRO-1	Synthèse chimique / chemical synthesis	Daniel FERRI ANGULO	DVTech	Hotte synthèse chimique
fume hood exploratory chemistry NoMOS (F-FRAI)	F-ELECTRO-2	Synthèse chimique / chemical synthesis	Daniel FERRI ANGULO	to be precised	to be checked
Réacteur synthèse 500mL / Chemical reactor 500mL(F-FRAI)	F-ELECTRO-3	Synthèse chimique / chemical synthesis	Daniel FERRI ANGULO	IKA	EasySyn 500 Package
Réacteur synthèse 1000mL/ Chemical reactor 1000mL (F-FRAI)	F-ELECTRO-4	Synthèse chimique / chemical synthesis	Daniel FERRI ANGULO	IKA	EasySyn 1000 Package
Evaporateur rotatif R-300 / Rotavaopr R-300 system professional(F-FRAI)	F-ELECTRO-5	Synthèse chimique / chemical synthesis	Daniel FERRI ANGULO	BUCHI	R-300
Post-curing UV 405 nm	F-ELECTRO-6	Synthèse chimique / chemical synthesis	Daniel FERRI ANGULO	FORMLABS	Form Cure FH-CU-01
Vacuum Oven, VO49	F-ELECTRO-7	Synthèse chimique / chemical synthesis	Daniel FERRI ANGULO	Memmert	VO49
ICP2 NoMos (G- ICP)	G1	Gravure plasma / Plasma etching	Aurélie LECESTRE	Trikon (SPTS)	Omega 201 (1996)
Olympus MX50 (F-FRAI)	G10	Caractérisation / characterization	Aurélie LECESTRE	Olympus	MX50
SI500-Fluorée NoMOS (G-DRIE)	G11	Gravure plasma / Plasma etching	Aurélie LECESTRE	SENTECH	SI500-DRIE
TERGEO NoMOS (F-FRAI)	G12	Gravure plasma / Plasma etching	Aurélie LECESTRE	PIE SCIENTIFIC	TERGEO Plus Plasma Cleaner
ICP3 NoMos (G- ICP)	G2	Gravure plasma / Plasma etching	Aurélie LECESTRE	Trikon (SPTS)	Omega 201 (1994)
ALCATEL P1 MOS (G-DRIE)	G4	Gravure plasma / Plasma etching	Aurélie LECESTRE	ALCATEL-ADIXEN	AMS4200-P1
ALCATEL P4 NoMOS (G-DRIE)	G5	Gravure plasma / Plasma etching	Aurélie LECESTRE	Alcatel - Adixen	AMS4200
DIENER plasma O2 MOS (F-FRAI)	G6	Gravure plasma / Plasma etching	Aurélie LECESTRE	DIENER	Nano
TEPLA plasma O2 NoMOS (F-FRAI)	G7	Gravure plasma / Plasma etching	Aurélie LECESTRE	TEPLA	300 semi-auto
SI200 MOS (G- ICP)	G8	Gravure plasma / Plasma etching	Aurélie LECESTRE	SENTECH	Etchlab 200

SI500-Chlorée MOS (G- ICP)	G9	Gravure plasma / Plasma etching	Aurélie LECESTRE	SENTECH	SI500
Implanteur ionique IMC 200 MOS Compatible (I-IMPL)	I1	Implantation	Eric Imbernon	Eaton	NV 4206
Hotte implanteur (F-FRAI)	I2	Implantation	Eric Imbernon	Minaservice	Hotte
SPD NOMOS (J-TRAI)	J1	Traitement de surface / Surface treatment	fabien mesnilgrente	MEMSSTAR	SPD
spectroline 248nm NOMOS (F-FRAI)	J10	Traitement de surface / Surface treatment	Véronique Conédéra	spectroline	PC-2200A
balance NOMOS (F-FRAI)	J11	Caractérisation / characterization	fabien mesnilgrente	Mettler	AE100
Ceradrop NOMOS (J- JET)	J12	Jet d'encre / ink jet	fabien mesnilgrente	Ceradrop	F-Series
Vacuo-temp NOMOS (F-FRAI)	J13	Traitement de surface / Surface treatment	fabien mesnilgrente	J.P. SELECTA	Vacuo-temp
Tousimis NOMOS (J-TRAI)	J2	Traitement de surface / Surface treatment	fabien mesnilgrente	Tousimis	915B
SFD NOMOS (J-TRAI)	J3	Traitement de surface / Surface treatment	fabien mesnilgrente	31 degrees	SFD 200
Altadrop NOMOS (J- JET)	J4	Jet d'encre / ink jet	fabien mesnilgrente	Altatech	Altadrop
paillasse jet d'encre NOMOS (F-FRAI)	J5	Procédés humides / Wet process benches	fabien mesnilgrente	Coillard	paillasse pvc
paillasse electroless NOMOS (E-MANU)	J6	Procédés humides / Wet process benches	Véronique Conédéra	Coillard	paillasse pvc
viscosimètre NOMOS (F-FRAI)	J7	Caractérisation / characterization	fabien mesnilgrente	anton paar	AMVn
UV Ozone NOMOS (F-FRAI)	J9	Traitement de surface / Surface treatment	fabien mesnilgrente	Jelight	42
DWL 200 NoMOS(L- DWL)	L1	Lithographie laser / Laser lithography	Pierre-François Calmon	HEIDELBERG INSTRUMENTS	DWL 200
Laser Nanofactory (L- 3D)	L10	Lithographie laser / Laser lithography	David Bourrier	FEMTIKA	Laser Nanofactory
DILASE 750 NoMOS (L- 2D)	L2	Lithographie laser / Laser lithography	Pierre-François Calmon	KLOE	DILASE 750
PHOTONIC PROFESSIONAL NoMOS (L- 3D)	L4	Lithographie laser / Laser lithography	Pierre-François Calmon	NANOSCRIBE	PHOTONIC PROFESSIONAL
DILASE 3D HR NoMOS (L- 3D)	L5	Lithographie laser / Laser lithography	Pierre-François Calmon	KLOE	Dilase 3D
HMP 90 NoMOS (L- DWL)	L6	Lithographie laser / Laser lithography	Pierre-François Calmon	SUSS	HMP 90

Hotte Litho laser NoMOS (F-FRAI)	L7	Lithographie laser / Laser lithography	Pierre-François Calmon	DV Tech	Paillasse
DILASE 3D MR NoMOS (L- 3D)	L8	Lithographie laser / Laser lithography	Pierre-François Calmon	KLOE	Dilase 3DMR
HMX NoMOS (L- DWL)	L9	Lithographie laser / Laser lithography	Pierre-François Calmon	SUSS	HMX
RCA/Piranha cleaning MOS (F-FRAI)	LASER-1	Procédés humides / Wet process benches	Daniel FERRI ANGULO	VACO	to be checked
MOS wet bench (F-FRAI)	LASER-2	Procédés humides / Wet process benches	Daniel FERRI ANGULO	Minaservice	mina-acidPP
MOSNano wet bench (F-FRAI)	LASER-3	Procédés humides / Wet process benches	Daniel FERRI ANGULO	PTS-DVTECH	sorbonne
MBE412 (M- EJM)	M1	Epitaxie / Epitaxy	Alexandre Arnoult	RIBER SA	MBE412
D8-Discover (M- DRX)	M4	Epitaxie / Epitaxy	Alexandre Arnoult	Bruker AXS	D8-Discover (Da Vinci)
Paillasse Chime EJM-1 (F-FRAI)	M5	Epitaxie / Epitaxy	quentin gravelier	LAAS	Paillasse PVC LAAS
Paillasse Chime EJM- Acides - III/V (F-FRAI)	M6	Epitaxie / Epitaxy	quentin gravelier	LAAS	Paillasse PVC LAAS
Paillasse Chime EJM - Solvants - III/V (F-FRAI)	M7	Epitaxie / Epitaxy	quentin gravelier	LAAS	Paillasse PVC LAAS
MBE C21Dz	M8	Epitaxie / Epitaxy	quentin gravelier	Riber	C21 Dz
RAITH150 NoMos (N-RAIT)	N1	Lithographie électronique / Ebeam lithography	Franck Carcenac	RAITH	RAITH150 Version1
Nano-imprint equipment NoMos (N- NEX)	N2	Nano imprint	Jean-Baptiste Doucet	Nanonex	NX2500
Hotte nano NoMos (F-FRAI)	N3	Nano imprint	Franck Carcenac	DVTEch	Hotte nano
EVG120 Automated Resist Processing System MOS and NoMOS (P-PHOT)	P1	Photolithographie / Photolithography	Laurent Mazenq	EVG	120
Hotplate automated SU8 n°1 NoMOS (F-FRAI)	P10	Photolithographie / Photolithography	Laurent Mazenq	Suss Microtec	HP
Hotplate automated SU8 n°2 NoMOS (F-FRAI)	P11	Photolithographie / Photolithography	Laurent Mazenq	Suss Microtec	HP
Oven polymers NoMOS (F-FRAI)	P12	Photolithographie / Photolithography	Laurent Mazenq	Memmert	XXXX
HMDS Primer oven MOS (F-FRAI)	P13	Photolithographie / Photolithography	Laurent Mazenq	Yes	Yes
Microscope leica photo auto (F-FRAI)	P15	Photolithographie / Photolithography	Laurent Mazenq	Leica	DM4000M

Microscope leica photo manuel (F-FRAI)	P16	Photolithographie / Photolithography	Laurent Mazonq	Leica	DM-4000M
Wet Bench / Photo 1 NoMOS resist development (F-FRAI)	P17	Photolithographie / Photolithography	Laurent Mazonq	Minaservice	NC
Wet Bench / Photo 1 NoMOS resist spinner (F-FRAI)	P18	Photolithographie / Photolithography	Mairame Diallo	Suss Microtec	LabSpin6 BM
Wet Bench / Photo 2 NoMOS resist development (F-FRAI)	P19	Photolithographie / Photolithography	Laurent Mazonq	Minaservice	NC
SprayCoater Suss Microtec NoMOS (P-PHOT)	P2	Photolithographie / Photolithography	Laurent Mazonq	Suss Microtec	Altaspray
Wet Bench / Photo 2 NoMOS resist spinner (F-FRAI)	P20	Photolithographie / Photolithography	Laurent Mazonq	Suss Microtec	RC8
Wet Bench / Photo 3 MOS resist development (F-FRAI)	P21	Photolithographie / Photolithography	Laurent Mazonq	Minaservice	NC
Wet Bench / Photo 3 MOS resist spinner (F-FRAI)	P22	Photolithographie / Photolithography	Laurent Mazonq	Suss Microtec	RC8
GenISys lab (LOGICI)	P23	Photolithographie / Photolithography	Laurent Mazonq	GenISys	Lab v4.7.0
HMDS Primer Obducat MOS and NoMOS (F-FRAI)	P24	Photolithographie / Photolithography	Laurent Mazonq	Obducat Solar Semi	QS V 200 BM 200°C
Mask Aligner Suss MA6 Gen4 MOS and NoMOS (P-PHOT)	P25	Photolithographie / Photolithography	Laurent Mazonq	Suss Microtec	MABA6Gen4
Hotplate automated Thick Resists NoMOS (F-FRAI)	P26	Photolithographie / Photolithography	Adrian Laborde	Osiris	HB20e
Thetametrisis FR-Scanner VIS-NIL	P27	Photolithographie / Photolithography	Adrian Laborde	Thetametrisis SA	FR-Scanner VIS-NIL
Stepper I Line Canon MOS and NoMOS (P-PHOT)	P3	Photolithographie / Photolithography	Laurent Mazonq	Canon	FPA 3000i4/i5
Mask Aligner Suss MA150 MOS and NoMOS (P-PHOT)	P6	Photolithographie / Photolithography	Adrian Laborde	Suss Microtec	150 CC
Mask Aligner Suss MA6 NoMOS (P-PHOT)	P7	Photolithographie / Photolithography	Adrian Laborde	Suss Microtec	6
Four OXYPROP6 MOS Compatible (T-FOUR)	T1	Oxydation	Eric Imbernon	Centrotherm	Centronic E1550HT
Recuit métaux lourds 6" (T-FOUR)	T10	Recuits / Annealing	Jean Christophe Marrot	AET	Bati de recuit 2 tubes MT
Recuit verre 6" (T-FOUR)	T11	Recuits / Annealing	Jean Christophe Marrot	AET	Bati de recuit 2 tubes MT/HT
Recuit ferrite 6" (T-FOUR)	T12	Recuits / Annealing	Jean Christophe Marrot	AET	Bati de recuit 2 tubes MT/HT

RTP As-One (T-FOUR)	T13	Recuits / Annealing	Jean Christophe Marrot	Annealsys	AS-ONE
RTP As-Master MOS Compatible (T-FOUR)	T14	Recuits / Annealing	Jean Christophe Marrot	Annealsys	AS-Master-2000HT
Four AET Propre MOS Compatible (T-FOUR)	T16	Oxydation	Eric Imbernon	AET	Four d'oxydation
Four AET Bore MOS Compatible (T-FOUR)	T17	Oxydation	Eric Imbernon	AET	Four d'oxydation
Four AET Phosphore (T-FOUR)	T18	Oxydation	Eric Imbernon	AET	Four d'oxydation
Four Alox (T-FOUR)	T19	Oxydation	Guilhem Almuneau	AET	Four d'oxydation
Four OXYBORE6 MOS Compatible (T-FOUR)	T2	Oxydation	Eric Imbernon	Centrotherm	Centronic E1550HT
Recuit métaux divers sauf Au et Cu sur Si (T-FOUR)	T26	Recuits / Annealing	Eric Imbernon	ASM	Four horizontal LB 35
Recuit Au et Cu sur tout substrats (T-FOUR)	T27	Recuits / Annealing	Eric Imbernon	ASM	Four horizontal LB 35
Recuit Au et Cu sur Si (T-FOUR)	T28	Recuits / Annealing	Eric Imbernon	ASM	Four horizontal LB 35
Four OXYPHOS6 MOS Compatible (T-FOUR)	T3	Oxydation	Eric Imbernon	Centrotherm	Centronic E1550HT
Four DIFPHOS6 MOS Compatible (T-FOUR)	T4	redistribution, diffusion	Eric Imbernon	Centrotherm	Centronic E1550HT
Four RECUIT6 MOS Compatible (T-FOUR)	T7	Recuits / Annealing	Eric Imbernon	Centrotherm	Centronic E1550HT
Recuit Polyimide (T-FOUR)	T9	Recuits / Annealing	Jean Christophe Marrot	AET	Bati de recuit 2 tubes MT

FORMATIONS

La cellule formation
Formations dispensées par zone
Formations générales
Actions envisagées
Synthèse

CELLULE FORMATION

Les objectifs et le fonctionnement de cette cellule sont identiques à ceux explicités les années passées dans les rapports COMTEAM disponibles sur HAL.

FORMATIONS DISPENSEES PAR ZONES

Caractérisation

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Cours TEAM	Introduction à la caractérisation	2h	1	1.5	16
	Cours sur le MEB (Anglais)	2h	1	2	11
Formation pratique	FIB (MEB ou FIB)	5h	8	38	13
	MEB	2h	10	20	9
	AFM	3h	5	14	3
	Spectromètres	1h	2	4	5
	DSC + TGA	2h	1	2.5	1
	Formation caractérisation pratique	1h30	15	22	45
TOTAUX			43	104	103

Les formations FIB ont été plus longues que les années précédentes car elles ont porté sur plus d'aspects de l'équipement (et non que la partie MEB). A contrario, avec le départ d'Emmanuelle Daran, il y a eu beaucoup moins de formation sur l'AFM. Le but est toujours de faire toutes ces formations en mode hybride (aspect rapide théorique en ligne et pratique sur l'équipement).

Chimie

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an (h)	Nombre total de participants /an
Formation pratique	Prévention du risque chimique en salle blanche : aspects pratiques et risques locaux	2	13	26	41
	Fonctionnement et utilisation de la zone chimie	2	13	26	35
TOTAUX			26	52	76

La formation sur les aspects pratiques et risques locaux vient compléter les formations en ligne du CNRS (NEO, très générale) et du service, ciblée sur les risques spécifiques en salle blanche (ex. acide fluorhydrique). Elle permet de manière pratique de comprendre les risques et comment utiliser les équipements de protection individuelle (EPI) et collectifs, et quoi faire en cas de problème. Elle permet de s'assurer que tous les utilisateurs de la salle blanche ont une connaissance théorique et pratique suffisante des risques présents et des moyens de les maîtriser.

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

CVD & ALD

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Cours TEAM	CVD et ALD	1,5h	1	1,5	6

La version e-learning du cours technologique CVD et ALD est disponible (<https://team-elearning-courses.laas.fr/en/node/60>).

Dépôts sous vide

Type	Intitulé	Durée (h)	Nbre de sessions/an	Durée totale/an (h)	Nombre total de participants/an
Formation théorique	Technique de PVD	2h	0	0	0
Formation pratique	Technique de PVD	1h30	6	9h	3
TOTAUX			6	9h	3

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

Dépôts électrolytiques

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Cours TEAM	Cours dépôts électrolytiques	2	6	12	20
Formation pratique	Formation aux dépôts Ni	4	4	16	10
	Formation aux dépôts Cu	4	4	16	10
	Formation Utilisation KOH - TMAH	4	4	16	4
TOTAUX			18	60	44

Etant seul en 2023, David Bourrier a été amené à former plus de personnes à l'utilisation des équipements de dépôts afin de pouvoir répondre aux demandes. Ce qui ne signifie pas que la zone est en libre-service. Seules les personnes de confiance et réalisant beaucoup de dépôts ont été formées. Malgré de bons échanges sur l'utilisation, le suivi des bains ... avec les personnes formées (Ingénieurs 3DiS Technologies & SmartCatch) le retour de cette première expérience pour pallier au manque de personnel est mitigé. Cela a permis de libérer du temps pour le responsable de la zone, mais il y a eu plus de problèmes sur le suivi des bains, ce qui a occasionné plus de dérive process et au final a demandé plus de temps au responsable de la zone pour en trouver l'origine et les corriger. Nous gardons cette manière de faire mais espérons qu'avec l'arrivée d'Amel Beghersa nous pourrions avoir un suivi plus important et donc moins de problème process.

Ces formations ont été données également hors du laboratoire, dans d'autres laboratoires du CNRS C2N et Xlim mais aussi à l'international pour l'Université de Tokyo dans la salle blanche de Takeda du Professeur Mia. Cette formation s'est faite dans le cadre d'un échange technique d'ingénieurs. Nous avons été invités 15 jours pour former des ingénieurs sur l'électrochimie et en échange être formé sur une autre technologie de dépôt de seed layer de Cu par CO2 supercritique. Cet échange a permis la création d'une collaboration technique, nous recevrons nos homologues Japonais en juillet 2024 pour poursuivre la formation et des développements commun sur les équipements du LAAS. Cet échange a permis la rédaction commune de 3 publications lors de la conférence ENRIS 2023

Micron-to-Submicron Cu electroplating in view of Agile-X LSI Chips Fabrication using Open Facility

<https://laas.hal.science/hal-04131037>

Technology transfer of supercritical fluid deposition technology from research group to use in open nanotechnology facilities

<https://laas.hal.science/hal-04131030>

Clean room engineers' exchanges: a win/win international collaboration

<https://laas.hal.science/hal-04476508>



Epitaxie par jets moléculaires

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Cours TEAM	EJM	2	1	2	10
Formation pratique	EJM	6	5	30	2
	DRX	2,5	6	15	6
TOTAUX			12	47	18

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

Le diffractomètre de rayons X est sollicité par les acteurs de la zone, mais aussi par de plus en plus de projets de la salle blanche dont les besoins sont variés (mesure d'épaisseurs ou de densités en XRR, analyse de phase cristallines en GIXRD). Les doctorants et post doctorants en faisant la demande sont formés à l'utilisation du diffractomètre lorsque leurs besoins sont récurrents.

Gravure plasma

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Cours TEAM	Gravure par plasma	2h	1	2	15
Formation pratique	Plasma O2	0.5h	14	7	35
	Réacteurs RIE-ICP	3x1h	13	39	8

TOTAUX			28	48	58
---------------	--	--	----	----	----

La formation concerne deux volets, le cours technologique et la formation des nouveaux entrants en salle blanche. Le nombre actuel de licenciés sur les machines de gravure, donc hors plasma 02, est d'environ 20 personnes.

Jet d'encre et traitements de surface

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Cours TEAM	Cours jet d'encre et traitement de surface	2	0	0	0
Formation CNRS	Fabrication additive – dépôt par jet d'encre	24	0	0	0
Formation pratique	Viscosimètre	1	0	0	0
	Sécheur Tousimis	2	0	0	0
	SPD	0.5	7	3.5	7
	SFD	3	0	0	0
TOTAUX			7	3.5	7

Le cours TEAM étant disponible en e-learning nous ne savons pas combien de personnes l'ont suivi. Personne n'était présent pour la discussion sur la technologie.
La formation CNRS n'a pas eu lieu par manque de postulant.

Lithographie Laser

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Cours TEAM	Lithographie laser	1.5	1	1.5	5
Formation CNRS	Impression 3D laser	6	1	6	4
Formation pratique	Logiciel CleWin5	1.5	12	18	14
	Dilase 750 et 3D	3	2	6	4
	DWL 200	2	1	2	1
	PP Nanoscribe	3	9	27	10
TOTAUX			26	60.5	38

Ces formations permettent aux utilisateurs d'acquérir les bonnes pratiques pour la conception des dessins de masques et l'accès en libre-service des équipements Dilase et Nanoscribe.

Nanolithographies

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nb total de participants/an
Cours TEAM	Lithographie électronique	2	1	2	6
Formation pratique	Lithographie électronique	4	1	4	1
	Nano-impression	1	4	4	4
TOTAUX			6	10	11

De l'avis des utilisateurs, [le cours de lithographie électronique en e-learning](#) est utile à la compréhension des principes de base avant d'aborder la formation pratique sur la machine. La majeure partie du cours n'est pas spécifique à un équipement et, moyennant quelques aménagements, sera compatible avec le nouvel équipement à venir.

Parallèlement à cela, nous sommes en discussion avec nos collègues des réseaux [Renatech](#) et [Euronanolab](#) pour améliorer nos contenus de formation en e-learning.

Packaging

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Cours TEAM	Procédés d'assemblage	2h	1	2	3
Formation pratique	Procédés de wire bonding	4h	3	12	3
	Procédé de lamination	0,5h	1	0.5	1
	Procédé de Pick&Place	2h	1	2	1
	Procédé de wafer Bonding	3h	0	0	0
	Procédé de flip chip	4h	0	0	0
	Polissage	1h	0	0	0
TOTAUX			6	16.5	8

Que ce soit sur le packaging en général ou plus particulièrement sur les équipements, peu de formation ont été dispensées en 2023. Cela est corrélé avec la baisse d'activité dans la zone.

Photolithographie

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Cours TEAM	Cours théorique en ligne + tour de table	2h	1	2	12
Formation pratique	Formation nouveaux utilisateurs	2h	13	26	34
	Formation équipements et procédés	1h	30	30	30
TOTAUX			44	58	76

Hausse du nombre de nouveaux entrants en photolithographie : 34 en 2023 contre 28 en 2022, soit +21%.

Traitements thermiques et implantation ionique

Type	Intitulé	Durée (h)	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Formation pratique	Fours de recuit métaux	0,5h	2	1	2
	Fours RTP	0,5h	1	0.5	1
TOTAUX			3	1,5	3

Le nombre de formations sur les équipements est en baisse notamment au niveau des fours de recuits métaux « Freescale » pour lesquels nous n'avons eu aucune nouvelle demande.

Les cours TEAM n'ont pas été dispensés faute de personnes inscrites. Ces cours seront mis en ligne en 2024.

Procédure d'accueil en salle blanche

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

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

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

En 2023, le nombre de nouveaux utilisateurs a augmenté de 10% par rapport à 2022. 47 nouveaux utilisateurs ont demandé et obtenu un accès à la plateforme après avoir validé les formations obligatoires. En général un nouvel arrivant au LAAS obtient un accès à la salle blanche dans un délai de 20 à 30 jours. Les nouveaux utilisateurs suivent les formations obligatoires sur une période de 8 à 12 jours puis leur accès à la salle blanche est validé dans les 48h.

Pour que l'organisation de l'accueil en salle blanche se fasse dans les meilleurs délais il est important que les informations demandées pendant les inscriptions soient complètes et correctes.

Formation générale aux nouveaux utilisateurs

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

Dispensée mensuellement, elle est obligatoire pour obtenir l'accès à la salle blanche. En 2023, 42 participants (37 en 2022) ont suivi cette formation.

Formation pratique obligatoire des zones en libre-service

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

Formation pratique à la demande

D'autres formations pratiques sont dispensées pour s'initier et acquérir l'autonomie sur des équipements spécifiques en caractérisations, gravures, épitaxies, électrochimie, assemblage, lithographies, dessin des masques, ... Ces formations représentent un volume d'environ 330 heures en 2023.

Cours TEAM

Deux vidéos accessibles en ligne: <https://team-elearning-courses.laas.fr/fr/node/27> présentent une introduction au fonctionnement de la plateforme de micro nano technologie du LAAS-CNRS, une vue des principales ressources disponibles en terme de natures des matériaux et types d'équipements et les domaines d'applications ciblés par le développement de projets soutenus par la plateforme.

En 2023, les « cours TEAM » ont été suivis en présentiel par 38 participants. Le contenu représente une trentaine d'heures d'intervention qui se décompose en une vingtaine de présentations techniques dispensées par 17 personnels du service TEAM. En 2023, le taux de participation des utilisateurs de la plateforme a doublé par rapport à 2022.

Ces cours évoluent aussi vers la création de nouveaux supports accessibles en ligne: <https://team-elearning-courses.laas.fr/fr/node/32>.

Formation continue

CNRS formation entreprise a intégré dans son catalogue 2 nouvelles formations proposées par le service:

- Fabrication additive: dépôt par jet d'encre

- Impression 3D laser: applications pour la conception de microsystèmes et puces micro-fluidiques.

CV LIMS

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

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

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

ACTIONS ENVISAGEES

Cours TEAM

En 2024 les « cours TEAM » seront proposés en deux parties. Un cours d'introduction à la micro et nanofabrication en présentiel au mois de juin, suivi des cours, plus approfondis, sur les différentes techniques en octobre. Ces cours seront en présentiel, soit sous forme de tour de table après avoir consulté le contenu en ligne, soit comme cours complet dispensé en présentiel (au choix des responsables de zone). Les coordinateurs techniques de projet et les responsables de zones vont identifier les personnels utilisant les moyens en lien avec « les cours TEAM » ; les cours ainsi jugés nécessaires pour ces personnels seront présentés comme obligatoires.

Le travail de mise en ligne des cours TEAM continue afin de proposer un maximum de contenu sous forme de E-learning.

Formations aux extérieurs

En 2024, l'Université de Troyes nous a sollicité pour effectuer des cours théoriques sur les techniques de micro/nano fabrications à une classe de Master. Cette action pourra être renouvelée les années suivantes.

Fin 2023, la Plateforme Technologique de Microfabrication, à Alger, nous a contacté pour discuter des possibilités d'envoyer leur personnel se former au LAAS. Les discussions sur la forme et le contenu de ces formations sont en cours.

Dans le cadre de Euronanolab, la Cellule formation du LAAS participe au groupe de travail sur les formations et notamment à la mise en place d'une plateforme de partage de contenu et de E-learning à l'échelle européenne.

SYNTHESE

Bilan global

Type	Nombre de sessions/an	Durée totale/an(h)	Nombre total de participants /an
Cours "théoriques"	16	34.5	108
Formations pratiques	210	437	343
TOTAUX	226	471.5	451

Les actions de formation sont essentielles au bon fonctionnement de la plateforme. La mise en place d'un nouveau calendrier pour les cours TEAM (Introduction en Juin, cours en Octobre) devrait être plus adaptée aux flux d'arrivée des nouveaux utilisateurs (principalement stagiaires et doctorants).

La mise en ligne des cours se poursuit mais demande encore du temps et du travail. La mise en place d'un nouvel LMS (Learning Management System) par Sysadmin devrait apporter une meilleure ergonomie grâce à des outils plus adaptés (par rapport à Drupal utilisé actuellement).

Les sollicitations et actions de formations à l'extérieur montrent une bonne implication et une expertise reconnue des membres du service et de la plateforme.

SECURITE

La cellule sécurité

Relevé des actions conduites

Principales actions en cours

Principales actions envisagées

Synthèse

CELLULE PRÉVENTION ET SÉCURITÉ

Les objectifs et le fonctionnement de cette cellule sont identiques à ceux explicités les années passées dans les rapports COMTEAM disponibles sur HAL.

RELEVÉ DES ACTIONS CONDUITES

Contrôle de l'ensemble des postes de chimie :

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

Extraction EVRP liée à la salle blanche :

Nous ne mentionnons ici que les actions conduites en 2023. L'ensemble des colonnes n'étant pas affiché par soucis de clarté, vous pouvez consulter le document unique pour les détails.

Inventaire des risques				Propositions d'actions						
Unité	P	Ref.	Facteur de risques	Modalités d'exposition	Cot.	R	A	V	D	Bâtiment
UPR8001 - LAAS	2	R172/2023	Laser	Faisceau susceptible d'entrer en contact avec les yeux des personnes présentes lors des phases de réglage et de mesures	67.80	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Bâtiment G1
UPR8001 - LAAS	2	R171/2023	Laser	Faisceau susceptible d'entrer en contact avec les yeux des personnes présentes lors des phases de réglage et de mesures	67.80	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Bâtiment G1
UPR8001 - LAAS	3	R167/2023	Incendie	Travail dans un milieu fermé avec la présence de produits chimiques inflammables.	22.100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Bâtiment F
UPR8001 - LAAS	3	R166/2023	Laser	exposition laser durant la maintenance de celui ci	22.80	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Bâtiment F

Inventaire des risques				Propositions d'actions								
Unité	P	Ref.	Facteur de risques	Proposition							Priorité après	
				Action	PJ	Type	Coût	Fin	Resp.	T		D
UPR8001 - LAAS	2	R172/2023	Laser	Mise aux normes de l'affichage des risques, achat de lunettes, achat de protection murale, contrôle d'accès, formation risque laser	-	T	2000	31/12/2023	Chariot Samuel	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3
UPR8001 - LAAS	2	R171/2023	Laser	Proposition 1 Mise au normes de l'affichage des risques, achat de lunette, contrôle d'accès, formation au risque laser	-	T	2000	31/12/2023	Bouscayrol Laurent	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3
UPR8001 - LAAS	3	R167/2023	Incendie	Proposition 1 installation d'un détecteur incendie	-	E	500	31/12/2023	Service-logistique	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3
UPR8001 - LAAS	3	R166/2023	Laser	Proposition 1 Protection des vitres installation d'une colonne lumineuse et affichage du risque sur la porte	-	E	1500	30/09/2023	Bouscayrol Laurent	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3

Les principales actions concernent le risque incendie et sont réalisées conjointement avec le service "Logistique et infrastructures" lorsque nécessaire.

Mise à jour des détecteurs incendie :

Les détecteurs incendie en zone chimie exploratoire et une partie de la zone électrochimie ont été installés. Le détecteur dans le SAS machine n'est pas nécessaire.

Diminution du risque incendie sous la salle blanche :

Suite à une visite des pompiers, il a été noté une accumulation de matériaux inflammables stockés sous la salle blanche (emballages bois/cartons, consommables salle blanche, ...) : ils ont été déménagés dans des locaux extérieurs dédiés et réduits au strict minimum.

Lunettes de sécurité adaptée à la vue des usagers permanents

Des lunettes de protection adaptées à la vue et compatibles avec les risques chimiques ont été achetées pour les personnels de TEAM afin de les protéger plus efficacement ainsi que de leur apporter un plus grand confort visuel. Cette démarche pourrait être appliquée aux niveaux des équipes, si elle prenne en charge l'action. La cellule sécurité est disponible pour aider à la mise en place de la démarche

Mise en place d'un dispositif de Protection du Travailleur Isolé (PTI)

Un PTI a été mis à disposition des personnels à l'entrée de la salle blanche : il doit être déplacé pour être accessible depuis le SAS d'entrée de la salle blanche.



Formation à la sécurité dans la manipulation d'azote liquide

Formation de 10 personnes des services TEAM et I2C à la "sécurité dans l'utilisation de l'azote liquide et matériels associés" par l'entreprise Air Liquide France.

Ajout d'une séparation dans la hotte lithographie laser

Une séparation physique a été ajoutée dans la hotte de litho laser pour séparer les produits acides et les solvants.

PRINCIPALES ACTIONS EN COURS

Mise à jour des détecteurs incendie :

Il manque le détecteur incendie en zone photolithographie : une mise à jour est prévue avec le service "Logistique et infrastructures".

Procédure d'inventaire des réfrigérateurs et congélateurs

La procédure a été rédigée et prétestée par la cellule "prévention & sécurité". Tant que la procédure d'inventaire initiale n'est pas finalisée, les équipes de recherche ne peuvent pas être contactées pour conservation ou élimination des produits.

Il faudra penser à intégrer l'inventaire des produits chimiques dans une heure soleil plus ou moins spécifique : annuelle ou semestrielle ...

Mise en place d'un protocole d'utilisation d'azote liquide :

Un protocole d'utilisation de l'azote liquide conforme aux préconisations sur la manipulation des liquides cryogéniques est en cours d'élaboration.

Ajouter des colonnes lumineuses pour les lasers

Certains équipements utilisent des lasers de classe 1 (Intégration, litho laser et EJM). Les utilisateurs sont protégés par des mesures mis en place par les équipementiers (vitres filtrées et coupe circuits). Cependant, des opérations de maintenance des lasers nécessitent de les contrôler sans protection collective mais avec des EPI. Pour cela, nous devons indiquer la présence d'un laser en fonctionnement à tous les utilisateurs qui sera matérialisé par une colonne lumineuse à l'entrée de la pièce pour leur indiquer de ne pas y entrer.

PRINCIPALES ACTIONS ENVISAGEES

Séparation des produits chimiques usagés et neufs

Un local a été récupéré et quelques éléments de sécurité restent à installer : ventilation, éclairage ATEX, ...

Rangement des couloirs techniques :

Les couloirs techniques côté sud-est sont difficilement praticables et les pompiers ne peuvent clairement pas circuler quand ils sont équipés. En cas d'évacuation il y a potentiellement un risque d'engorgement.

La solution à moyen terme consistera à agrandir la salle blanche (partie du projet PLATINUM) qui permettra de déplacer les équipements concernés et de les réinstaller dans de meilleures conditions.

Inventaire des armoires à produits chimiques :

Pour faire suite à l'inventaire des produits stockés dans les équipements de stockage à froid afin d'avoir un inventaire "complet" des produits que nous utilisons. Pour rappel : moins de la moitié des produits est déclarée dans RICH qui alimente DEFIE.

Exposition au bruit :

Nous passons dans une phase de suivi au fil des modifications de la salle blanche : une mesure régulière par un organisme extérieur pourrait être envisagée avec une périodicité à déterminer ou à chaque gros changement dans la configuration (nouvel équipement, modifications de cloisons, ...) ou à chaque signalement ou plainte d'un usager ... Pour rappel les mesures précédentes ont montré que nous sommes conformes dans toute la salle blanche, avec des endroits bien localisés plus inconfortables ;

Étude de poste de travail :

Dans le cadre de l'amélioration continue, nous allons étudier l'adaptation de certains postes de travail au nettoyage de grosses pièces mécaniques afin de protéger le plus possible les personnels concernés. Dans le cas où cette solution ne serait pas efficace, l'externalisation est une possibilité quand elle existe.

SYNTHÈSE

La réorganisation du service avec la nomination d'une personne d'expérience dédiée au suivi de la salle blanche ainsi qu'à la coordination des travaux avec les entreprises extérieures a été bénéfique à la prévention et à la sécurité en salle blanche. Ceci a eu pour conséquence l'évolution de l'organisation de la cellule pour une amélioration continue de la prévention et de la sécurité de tous les usagers ainsi que de la protection de notre outil de travail.

Au premier janvier 2024 Samuel Charlot prend la responsabilité de la cellule sécurité, en succession de Franck Carcenac qui a assuré cette responsabilité indispensable et parfois ingrate pendant plus de 10 années.

DEMANDES INTERNES

Les demandes
Analyse des demandes 2024

LES DEMANDES INTERNES 2024 LES PROJETS SURLIGNES EN ROUGE SONT TERMINES, CEUX SURLIGNES EN VERT SONT NOUVEAUX.

Equipe	Référence	Nom	Porteur	Objet	Correspondant TEAM
GEPETTO	P-23-04421	BAC2WALK	Watier	Impression 3D	Charlot
ISGE	P-20-03345	Nano 2022	Morancho	Interrupteurs de puissance HEMTs en GaN normally-off	imbernon
	P-22-03752	PIN (113) diamond diodes	Isoird	PIN '(113) diamond diodes	imbernon
	P-22-03991	MUSIC	Bourennanne	Masque pour composants SiC	Calmon
NEO	P-20-03073	Actionneurs à nanothermite	Rossi	ingénierie de couches énergétiques multifonctionnelles par 3D printing	Mesnilgrete
	P-20-03072	Nanolaminés	Rossi	comprendre les processus réactionnels les plus fondamentaux durant l'initiation et la réaction des matériaux Al/Oxydes	Mesnilgrete
	P-17-02038	Microsupercap 3D	Pech	Micro supercondensateurs	Bourrier
	P-23-04062	Powerstock	Pech	Micro-supercapacitors based on low-cost materials	bourrier
PHOTO	P-13-00232	Composants photoniques AIOX	Almuneau	Composants photoniques AIOx	Dubreuil
	P-21-03387	Labcom optique	Camon	Labo commun OPALE	Laborde/Dubreuil
	P-14-00729	Composants nanophotoniques sur verre	Gauthier Lafaye	Filtres spectraux à cristal photonique sur verre	Dubreuil
	P-14-01244	Composants Pour la photovoltaïque III-V	Almuneau	cellules photovoltaïques III-V	Arnoult
	P-17-02029	Puces Atomes froids	Gauthier Lafaye	Puces magneto optiques	Charlot / Dubreuil
	P-20-03057	Active combs	Calvez	Realisation de peignes de fréquences sur puce GaSb	Dubreuil
	P-20-03058	Reson	Calvez	Filtres nanométriques non-linéaires sur LiNbO3 avec SiN et SiO2	Dubreuil
	P-20-03097	AEM VCSEL	Almuneau	composant intégré VCSEL / modulateur à électro-absorption	Dubreuil

	P-20-03243	systèmes PV-TE nanostructurés	Revol	Fabrication de cellules solaires III-V.	Doucet
	P-20-03247	TRAVEL	Almuneau	Réseaux de diffraction sub longueur d'onde	Dubreuil
	P-20-03268	MITI	Calvez	Structuration de matériaux à transition de phase	Dubreuil
	P-22-03920	PhotoGeNIC	almuneau	technologie innovante de VCSEL à base de germanium (Ge)	Dubreuil
	P-23-04042	SCOPOL	Calvez	Intégration de matériaux à transition de spin dans des cavités photoniques pour études du couplage lumière matière.	Dubreuil
	P-23-04070	ANR SWEET	Gauthier Lafaye	Réalisation de nanostructures actives sur GaN et GaAS pour la réalisation de metasurfaces optiques	dubreuil
	P-2203846	MyLN	Gauthier Lafaye	Développements génériques niobate de Li couches minces	Dubreuil
	P-23-04329	IOTA CL	Revol	Nanostructuration désordonnée pour le piégeage optique dans les cellules solaires tandem	Doucet
	P-24-04503	PhotonHub	Calvez	Prototypes photoniques	Doucet
	P-24-04524	LOW-GAP-TPV 2024	Vaillon	Matériaux et structures pour la conversion thermophotovoltaïque à très bas gap	Dubreuil
MH2F	P-13-00180	HF BIO	Grenier	Microdétecteurs hyperfréquence fluidiques et biologiques	Laborde
S4M	P-24-04522	GesPAD	Hemeryck	Etude des défauts dans les composants SPADs en Si et Ge	Imbernon
OASIS	P-22-03773	Capteur photonique intégré	Bernal	Capteur photonique intégré	Lecestre
	P-22-03973	3D OASIS	Quotb	puce microfluidique permettant de focaliser le flux	Mesnilgrente
	P-23-04213	FRAME	Seat	Réfractomètre à fibre optique pour la détection du méthane dissous	Lecestre
MOST	P-18-02427	Montage de puces hyperfréquences	Tournier	Assemblage par bonding	Charlot
MINC	P-16-01723	COCNANO	Pons	capteurs d'onde de choc	Reig / charlot
	P-20-03267	Intégration substrat souple	Dragomirescu	Intégration substrat souple confirmés-a	Charlot

MPN	P-13-00201	Nanofils	Larrieu	Dispositifs bio	Mazenq
			Larrieu	Structuration NFs top down	Lecestre
			Larrieu	Transistors 3D	Lecestre
	P-18-02694	Nano TI	Plissard	Growth and characterizations of Nanoscale BiSb materials	Arnoult
	P-13-00185	DISPOS	Seguy	Réalisation de composants organiques	Salvagnac
	P-20-03114	MundFab	fuccio	technologies de traitement avancées à basse température pour la nanoélectronique	Imbernon Lecestre
	P-20-03290	MOBinACENE	Seguy	Intégration d'acènes dans OFET, OPV et OGMR	Doucet
	P-21-03397	AQUATERS	Plissard	Mise au point de dépôts à basse température (T250°C) d'isolants sur des nano-objets enrobés Argent	Dubreuil
	P-21-03439	IC Technology for the 2nm Node	Fuccio	développer et démontrer des options technologiques qui permettront de réaliser une technologie CMOS 2 nm	Imbernon Lecestre
	P-21-03570	PRoSETTI	Durand	propriétés structurales, électroniques et de transport électronique des isolants topologiques	Alexandre Arnoult
	P-23-04089	CUB'IC	Seguy	Films de SCO pour réalisation de nouveaux dispositifs	Salvagnac
	P-23-04356	QBIOL	Clement	Nanoelectrodes nanopiliers	Lecestre/Mazenq
	P-24-04499	TopMEMO	Plissard	Croissances de BiSbTeSe (isolant topologique) par EJM	Arnoult
	P-16-01754	DOCT VCSEL	Bardinal	microsystème SS-OCT pour l'analyse de la peau	Doucet
P-24-04597	MOLELEC	Seguy	Ingénierie des interfaces molécule/électrode de croisement de spin	Salvagnac	
MICA	P-14-00715	ChemFET	Temple	Transistors chimiques à effet de champ à base nitrure de silicium ISFET	Laborde

	P-13-00189	Eleccell	Launay	Microcellules électrochimiques, intégration de micro-nano électrodes au sein de micro-puits	Laborde
	P-13-00190	Plateformes chauffantes	Ménini	Mono et multi capteurs de gaz	Mazenq
	P-13-00191	Intégration de nouveaux matériaux pour la filière capteurs de Gaz	Menini	Intégration jet d'encre de nouveaux matériaux pour capteurs de gaz	Mesnilgrente
	P-20-03346	Sonde multiparamètres pour milieu marin	Raimbault	intégration 3D	Charlot
	P-22-03764	3DBEAM	Bardinal	Technologies micro-optique polymères 3D sur VCSEL	Reig / Doucet
MILE	P-18-02429	LOC	Gue	laboratoires sur puce	Mesnilgrente
	P-18-02631	Réalisation d'un mécano-chimiostat pour cellules cancéreuses	Delarue	dispositif permettant de contrôler l'environnement mécanique et chimique d'une population de cellules cancéreuses	Mesnilgrente
	P-23-04114	PRheo	Joseph	Rheologie de tissus biologiques	Mesnilgrente
	P-23-04113	Drysalt	Joseph	Séchage de solution salines en milieux poreux modèles	Mesnilgrente
ELIA	P-18-02623	Exobiologie	Vieu	capteurs de biodétection spatialisable	Carcenac
	P-20-03108	AFM application in biology	Dague	Silanisation de pointes AFM et FluidFM	Mesnilgrente
	P-20-03122	INSITU	Vieu	Intégration de microélectrodes au sein de microdispositifs de capture	Bourrier
	P-20-3131	OPTISTEM	Malaquin	Développement de dispositifs microfluidiques pour la culture et l'analyse cellulaires dans des environnements contrôlés	Laborde
	P-22-03787	Nanofutur	Malaquin	Développements génériques pour equipex nanofutur	Charlot / Bourrier
	P-22-03862	CBI LAAS	Malaquin	Development of Intestinal models for cancer study	Calmon
	P-24-04590	NEMERA	Malaquin	Development of 3D printed spray devices for drug delivery	Calmon
	P-22-03861	NEMERA	Malaquin	Development of 3D printed spray devices for drug delivery	Calmon

	P-22-03855	Genoskin	Malaquin	Development of in vitro skin models	Calmon
	P-22-03854	bioprinting	Malaquin	Bioprinting	Calmon
	P-23-4080	INVICTUS	Malaquin	Développement de modèles de supports microporeux 3D pour l'analyse de l'impact des ondes ultrasonores sur la reconstruction osseuse	Calmon
	P-23-04079	PRISME	foncy	Etudier un multi-organoïde ASC	Ferri-Angulo
	P-23-04119	Nanotopotam	Malaquin	Développement de surface nano/microstructurées pour l'études de macrophages	Laborde
	P-24-04480	NaMuMat	Venzac	Réalisation de méta-matériaux fabriqués par polymérisation2-photons	Calmon
	P-24-04610	Oticon	Foncy	Réalisation par impression 3D et caractérisation de modèle anatomique de cochlées humaines	Laborde
	P-24-04574	deepDEP	Vieu	Système de séparation cellulaire par Diélectrophorèse à haut débit	Bourrier
MEMS	P-17-02330	Agile muscle osmotique	Mansard	Caractérisation de gels poreux	Reig
	P-14-00709	MEMS	Leichle	Réalisation de NEMS	Bourrier
	P-16-01766	Biodispositif implantable	Bergaud	Réalisation d'électrodes implantables	Laborde
	P-21-03359	Zerouate	Legrand	Electronique douce et parahaptique à base de dispositifs électromécaniques en milieu liquide	Mazenq
	P-15-01449	HERMES	Legrand	Sondes MEMS pour AFM	Mazenq
	P-19-02752	3D brain	Maziz	Développement d'électrodes implantables multidimensionnelles pour la détection électrochimique de biomarqueurs des troubles du cerveau	Laborde
	P-21-03488	Scaffolds électromécaniques	Bergaud	Fabrication et caractérisation de scaffolds électromécaniques	Reig
	P-21-03641	E motion	Nicu	structurer des métamatériaux à base de composites résines/nanoparticules PZT	Doucet
	P-22-03971	nanoheliflex	Mansard	Capteur de déformation piezoélectrique reposant sur des nanohelices déposé par DEP	Reig

	P-23-04076	Mignon	Leichle	détection chimique sans utiliser de couche sensible	Charlot
	P-23-04077	FlexiGaN	Leichle	Croissance sélective de GaN sur hBN patterné pour le transfert de MEMS sur des substrats flexibles	Bourrier
	P-24-04514	Wispers	Mansard	Capteur de pression sans fil implantable	Calmon
TEAM	P-18-02692	Développements en caractérisation	Reig	Développements d'intérêt collectif en caractérisation	Reig
	P-22-03767	DEVchim	Ferri angulo	Développements d'intérêt collectif en chimie	Ferri angulo
	P-22-03779	Développement de procédés en jet d'encre	Mesnilgrente	Développements d'intérêt collectif en jet d'encre	Mesnilgrente
	P-22-03784	Développements dépôts électrochimiques	Bourrier	Développements d'intérêt collectif en électrochimie	Bourrier
	P-22-03785	Développements PVD	Salvagnac	Développements dépôts PVd	Salvagnac
	P-22-03789	Développements assemblage	Charlot	Développements assemblage	Charlot
	P-22-03788	Développements litho laser	Calmon	Développements litho laser	Calmon
	P-22-03791	Développements traitements thermiques	Imbernon	Développements traitements thermiques	Imbernon
	P-22-03790	Développements implantation	Imbernon	Développements implantation	Imbernon
	P-14-00954	Développements gravure plasma	Lecestre	Développements gravure plasma	Lecestre
	P-22-03792	Développement EJM	Arnoult	Développements EJM	Arnoult
	P-15-01578	Développements photolithographie	Mazenq	Développements photolithographie	Laborde
	P-22-03793	Développements ALD CVD	Dubreuil	Développements ALD CVD	Dubreuil
	P-22-03802	IG-TEAM nanolithographies	Carcenac	Développements de nouveaux procédés ebeam	Carcenac

ANALYSE DES DEMANDES 2024

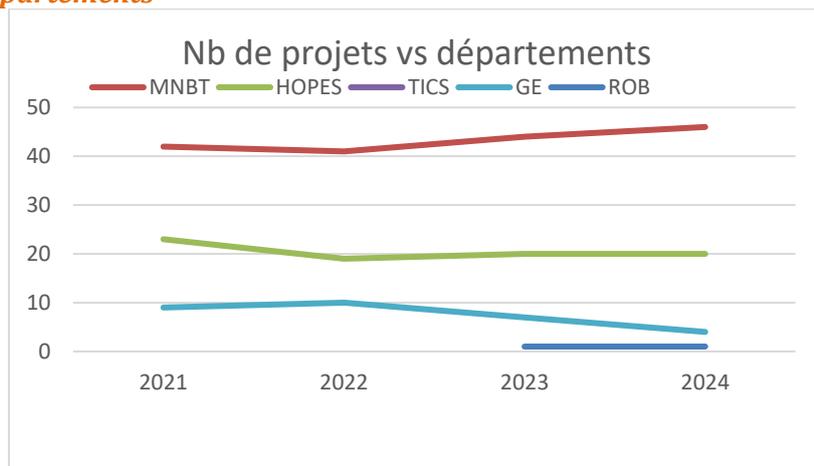
Chaque zone du service TEAM gère un projet des développements d'intérêt collectif, nous ne traitons pas ici de ces projets dont la plupart des développements ont été présentés dans les chapitres précédents.

Projets 2024

Un décompte brut indique un nombre total de 71 projets demandant un soutien

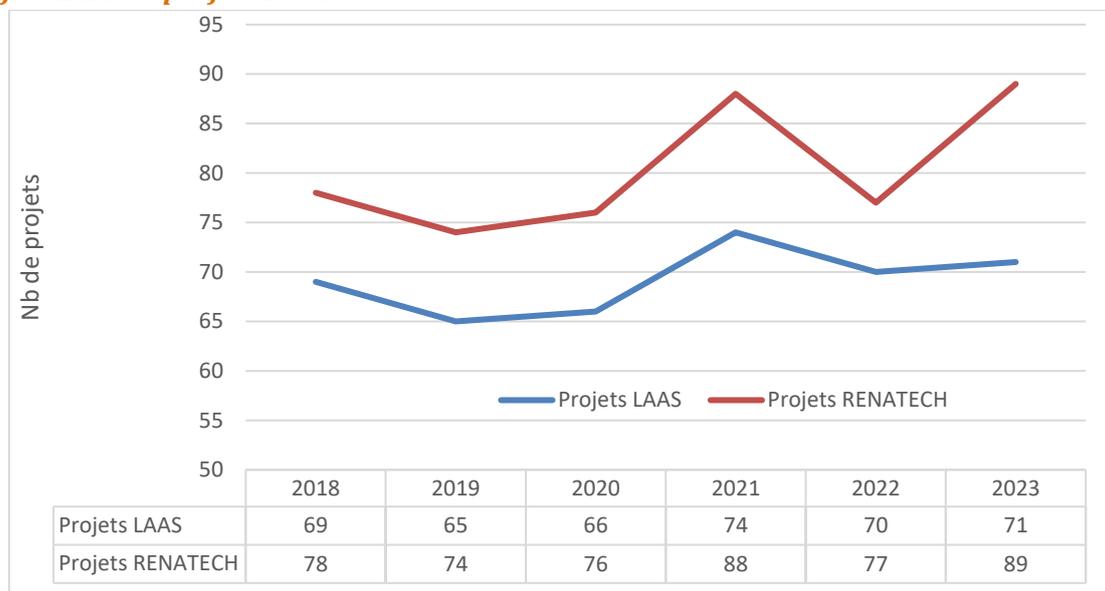
Evolution pluriannuelle

Origine par départements



Pas d'évolution notable. Le projet du département ROB ne concerne que de l'accès à de l'impression 3D.

Projets LAAS vs projets Renatech



Forte remontée du nombre de projets Renatech qui représentent 18% de l'activité en 2023 contre 13% en 2022.

Si l'on considère ces 18% au regard de l'activité totale on comprend aisément que l'envergure moyenne des projets externes est inférieure à celle des projets internes.

PARTENARIAT RENATECH

Objectif

Bilan des demandes

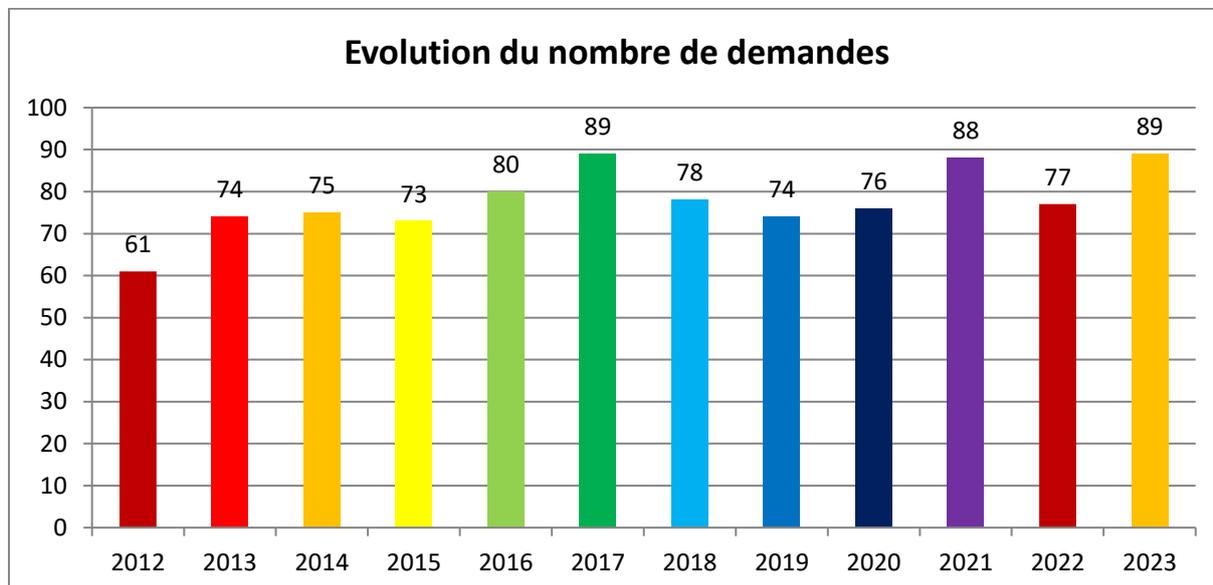
Actions initiées

Projets 2023

OBJECTIF

Les objectifs et le fonctionnement de cette cellule sont identiques à ceux explicités les années passées dans les rapports COMTEAM disponibles sur HAL.

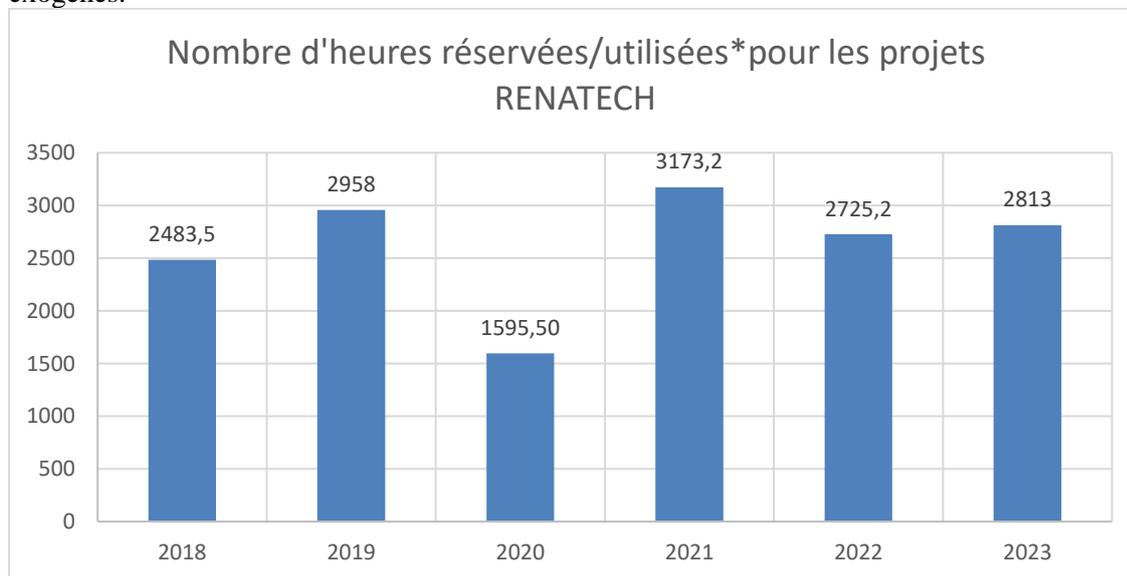
BILAN



L'ensemble des projets 2023 est listé en annexe.

Le nombre de demandes a augmenté, il reste dans les valeurs hautes des 10 dernières années.

On retrouve cette hausse dans le nombre d'heures d'utilisation des équipements pour les projets exogènes.



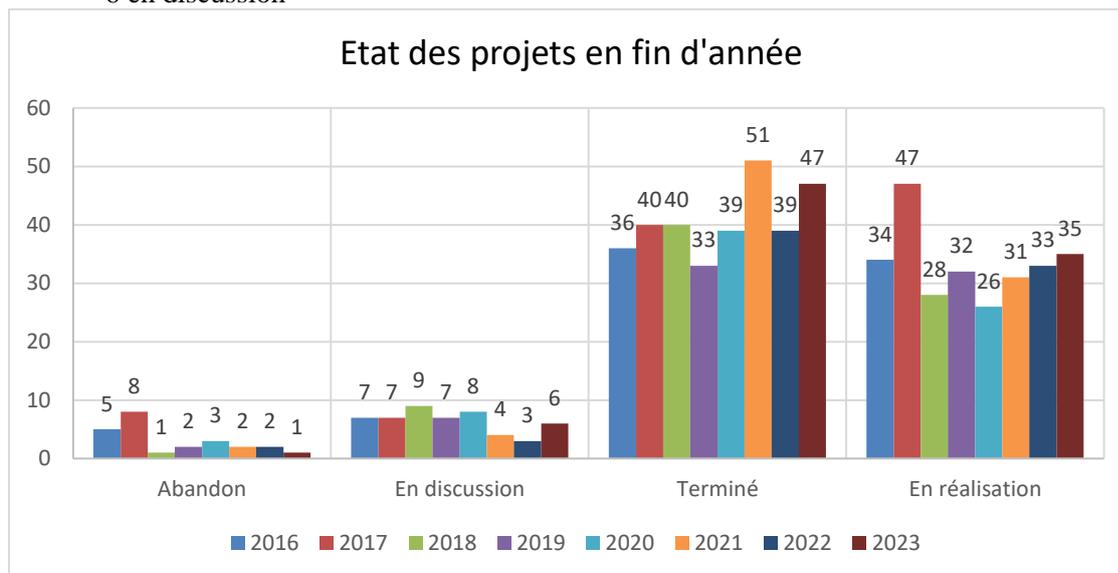
*Jusqu'en 2022, on comptabilisait les heures réservées. Pour l'année 2023, on comptabilise les heures utilisées

Traitement

89 projets en 2023 dont 36 projets anciens qui se sont prolongés :

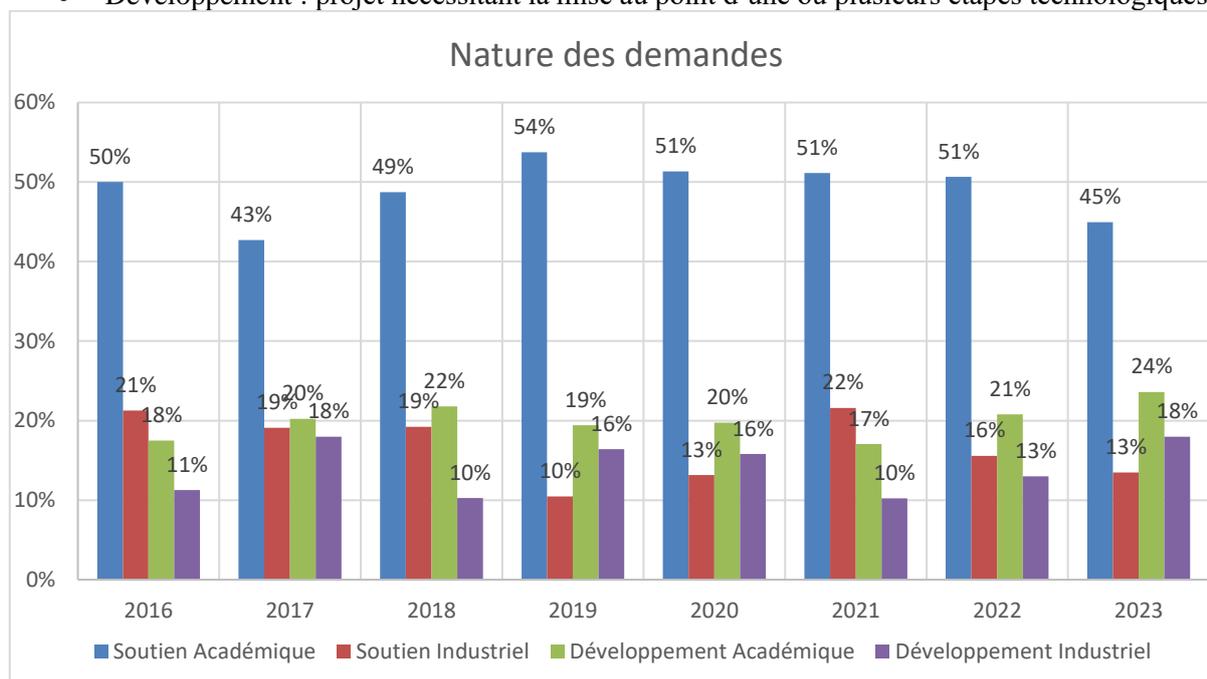
- 1 abandonné par le demandeur
- 47 projets terminés
- 35 demandes en cours de réalisation qu'on retrouve en 2024

- 6 en discussion



Nature

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

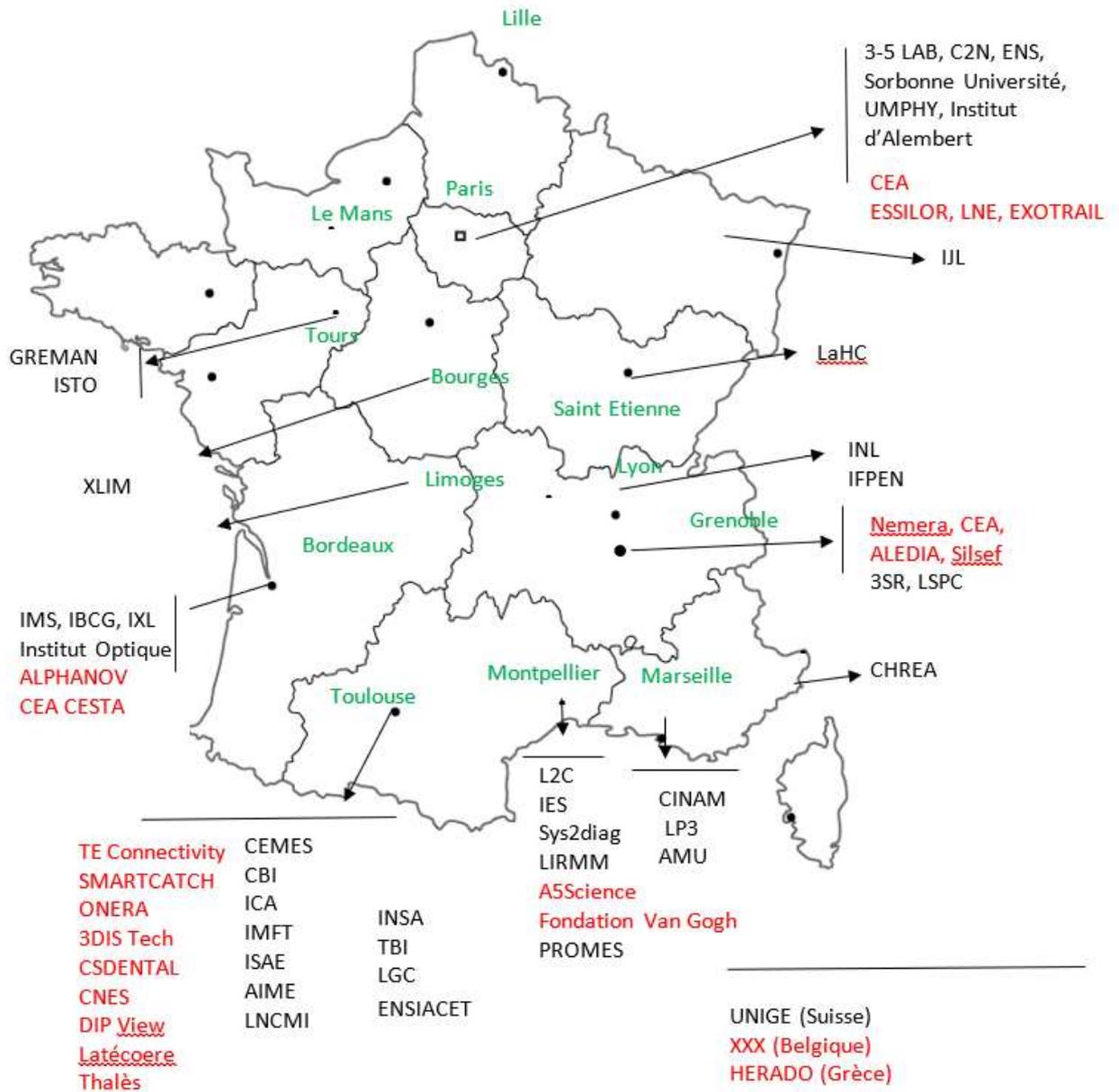


Les projets nécessitant peu de développement représentent 58% des demandes contre 67% l'an dernier et 73% il y a 2 ans. Les demandes avec développement 42% augmentent ces dernières années. La demande de développement industriel a rarement atteint ce niveau. Cela va dans le sens du projet PLATINUM.

La demande internationale est stable : 3 projets comme les années précédentes.

Origines

La cartographie est la suivante

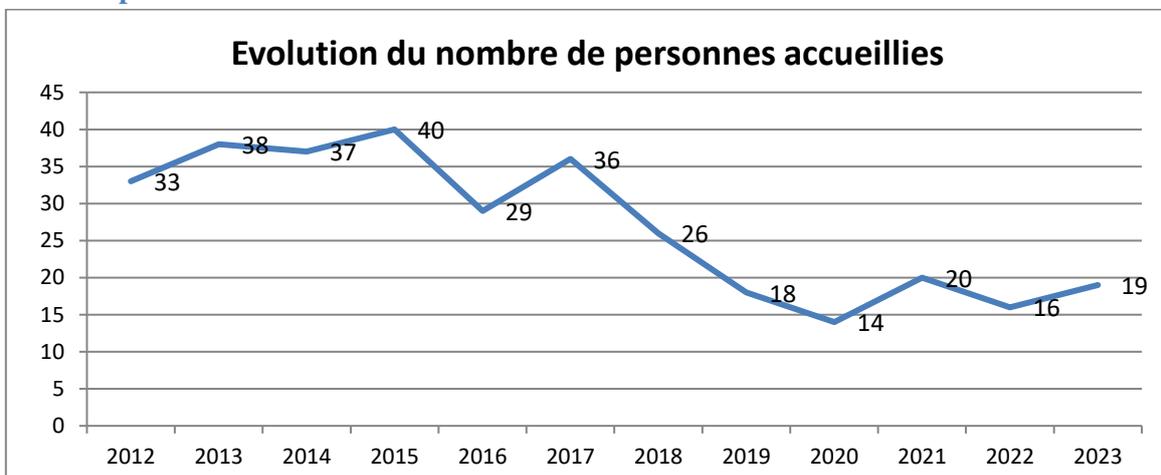


Thématique scientifique des demandes



Au cours des 5 dernières années, les demandes dans les différents domaines sont stables.

Accueil de personnes



Le nombre de personnes accueillies oscille depuis plusieurs années.

Le nombre de personnels industriels accueillis (17) est largement supérieur au nombre d'accueils

Apport pour le laboratoire

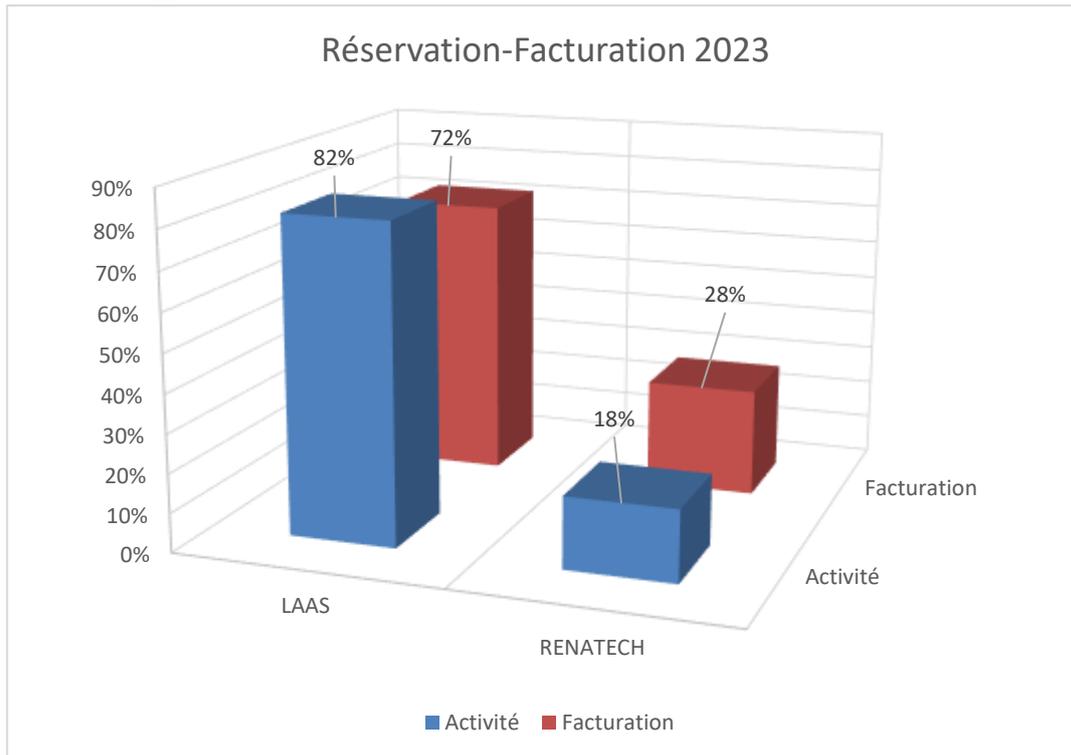
Au-delà du fait que cette ouverture nous permet de recevoir le financement RTB pour le développement de notre capacité technique elle amène d'autres aspects très positifs.

Financier :

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

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Sommes encaissées	322005	384445	335831	184631	119394	225555	172985	203162

La facturation des projets externes RENATECH représente 28% des sommes facturées pour 2023



Développement de procédés :

Il est aussi important de mentionner que l'accueil Renatech permet des développements techniques qui servent la communauté. Par exemple, la structuration 3D du verre de forte épaisseur 4mm a été mise au point pour un projet externe et maintenant il est utilisé pour des projets LAAS.

Gestion commune avec I2C, gestion, personnel et RCP

Nous avons géré ensemble : 65 factures, 7 contrats et avenants, 19 accueils (ZRR et conventions). Le travail collaboratif, mis en route depuis plusieurs années, entre les services techniques et les services administratifs est constructif. Il permet une amélioration continue de nos procédures et du suivi des projets.

CONTRIBUTIONS PARTICULIERES AU RESEAU RENATECH

Au-delà de nos engagements habituels du fait de notre appartenance au réseau Renatech les personnels de la plateforme sont investis dans des actions spécifiques.

Evolution de la nouvelle application en ligne

Dans le cadre de la refonte de l'application en ligne de déclaration des projets en 2021, le service TEAM avait eu une action très forte en soutien de FEMTO-ST et de l'IEMN qui respectivement sont chargés de coordonner les réflexions et de développer l'application. Nos contributions ont été apportées sur

- L'architecture et la forme des données recueillies
- Leur compatibilité avec l'application MyFab pour permettre un télé-versement.
- Le soutien aux utilisateurs par la rédaction de modes d'emploi, le déverminage des erreurs.

Cette implication s'est poursuivie en 2022 pour développer les fonctionnalités de l'application

<https://projets.renatech.org>

L'équipe qui a développé cette nouvelle application a obtenu un cristal collectif en 2023

Animation du groupe d'experts Euronanolab lithographie

Suivant la volonté de construction d'un réseau à l'échelle européenne Renatech est particulièrement impliqué dans le projet Euronanolab (<http://euronanolab.eu/>). Dans ce projet, sur le modèle Renatech, le service TEAM est animateur en coordination avec le pôle lithographie du C2N du groupe d'experts en lithographies. Cet ensemble regroupe 87 participants venant de 44 laboratoires issus de 15 pays. En 2023,

L. Mazenq a été impliqué dans l'organisation conférence ENRIS qui a eu lieu au C2N i.

En 2024 plusieurs visio-conférences sont organisées pour que les partenaires apprennent à se connaître et un workshop est prévu au LAAS au mois d'Octobre.

Création d'un LIMS à l'échelle du réseau

Actuellement nous utilisons les applications Repotech de gestion des projets développée à l'IEMN ; et MyFab de gestion des activités en salle blanche développée à l'Université de Chalmers. Cette dernière ne bénéficie pas de développements contrairement aux engagements de Chalmers

De plus de nouvelles applications ont vu le jour. Cross pour le badgeage des équipements développé à l'IEMN, Digiclear pour la gestion des activités avec en plus un aspect cahier de laboratoire développé initialement au C2N. Nous participons donc à un groupe de réflexion pour créer un LIMS à partir de Repotech, digiclear et Cross. Un des avantages serait les diverses applications seraient développées en cohérence et pourraient continuer à échanger par des APIs . Ce serait un LIMS CNRS, qui pourrait être proposé au-delà de Renatech. Nous pourrions définir une roadmap pour trouver les moyens et un calendrier pour les futurs développements. Enfin cette roadmap pourrait intégrer à terme d'autres applications connexes , telles que RICH (gestion des produits chimiques), DEFIE (fiches d'expositions au risques chimiques) , de gestion des stocks déjà développées dans des laboratoires Renatech.

PROJETS RENATECH 2023

Nom du projet	Nature	Origine demande	National ou international	Nom du demandeur	Origine géographique	Contact
Assemblage et interconnexion 3D de systèmes électroniques	Avec développement	Industriel	National	3DIS-Tech	Toulouse	Ghannam A.
Micro et nano engrenages	Avec développement	Académique	National	CEMES	Toulouse	S. Pinaud
Détecteur à Pixels à Grille piégeante	Avec développement	Industriel	National	CEA	Saclay	N. Fourches
TEST siur le four d'oxydation Alox	Soutien	Industriel	National	3-5 Lab	Palaiseau	B Simozrag
DNA Curtains	Soutien	Académique	National	CBI	Toulouse	F Erdel
Microelectrode arrays Unige	Soutien	Académique	International	Université de Genève	Genève	ML Tercier-Waeber
BioBouchons	Soutien	Académique	National	IMFT	Toulouse	O Liot
BeBop	Soutien	Académique	National	IMFT	Toulouse	O Liot
Cellule photovoltaïque interdigitée	Soutien	Académique	National	INL	Lyon	E. Fourmond
CTC-uCATCH	Avec développement	Industriel	National	Smartcatch	Toulouse	A.Cerf
Micro-oscillateurs fluidiques	Avec développement	Académique	National	ICA	Toulouse	L Baldas
Source planeaire holographie	Avec développement	Académique	National	C2N	Saclay	B Dagens
Etude profilométrique	Soutien	Industriel	National	ONERA	Toulouse	J Belfio
Mesure d'échantillons	Soutien	Industriel	National	NEMERA	Grenoble	G Huet
Dry film for fluidic MEMS	Avec développement	Industriel	National	CEA	Grenoble	T Alava

Nom du projet	Nature	Origine demande	National ou international	Nom du demandeur	Origine géographique	Contact
RBCflow_in_networks	Avec développement	Académique	National	IMFT	Toulouse	S Lorthoïs
GaAsBi 111	Avec développement	Académique	National	INSAT	Toulouse	H Carrere
VECSEL-Or électrolytique	Avec développement	Académique	National	C2N	Saclay	I Sagnes
Filtration sous UltraSons	Avec développement	Académique	National	IMFT	Toulouse	O Liot
Gravure profonde de réseau de tranchées dans du silicium	Avec développement	Académique	National	XLIM	Limoges	A Pothier
Dispositif microfluidique	Avec développement	Industriel	National	CEA	Pierrelatte	Kankolongo C
Capacité MOS	Soutien	Académique	National	IES	Montpellier	J Boch
Masques PIMENT_C2N	Soutien	Académique	National	C2N	Saclay	C Ulysse
Microfabrication Micromodèles IFPEN	Avec développement	Académique	National	IFPEN	Lyon	N Pannacci
Electroplating and KOH etching PUXANO	Soutien	Industriel	International	Puxano	Anvers	MA Mattelin
Création de moules microfluidiques	Avec développement	Académique	National	TBI	Toulouse	S Serin
Implantation LAAS	Soutien	Académique	National	C2N	Saclay	G. Agnus
Small CNT on μ LED	Avec développement	Industriel	National	ALEDIA	Grenoble	V.Rousset
High Harmonic Generation from Ion-Implanted Silicon Single Crystal	Soutien	Industriel	National	CEA	Saclay	V. Sunuganty
Câblage de 2 structures silicium en boîtier TO8	Soutien	Académique	National	ISAE	Toulouse	Tourneur M

Nom du projet	Nature	Origine demande	National ou international	Nom du demandeur	Origine géographique	Contact
Masques Optiques EL4Bio	Soutien	Académique	National	Sys2diag	Montpellier	Alhaji Assaf S
Fabrication TFMSL sur SU8	Soutien	Industriel	National	LNE	Saclay	ALLAL Djamel
PMUT2	Soutien	Académique	National	Greman	Tours	F Barcella
Moule microfluidique pour les géosciences	Soutien	Académique	National	ISTO	Orléans	S Roman
Wafers silicium oxydés	Soutien	Académique	National	LIRMM	Montpellier	S Belgaid
Essais flip-chip + adhésif	Avec développement	Industriel	National	Csdental	Toulouse	S Chevalliot
Photomask elecROTDEP fabrication	Soutien	Académique	National	ENS	Cachan	Rajendra A
Masques lithographie IES 2023	Soutien	Académique	National	IES	Montpellier	B Charlot
Réalisation d'électrodes graphène	Soutien	Académique	National	L2C	Montpellier	C Coillot
Projet LIFT cellules	Soutien	Académique	National	AMU	Marseille	A Casanova
PERFUSE	Soutien	Académique	National	Greman	Tours	F Barcella
NCER-2	Avec développement	Industriel	National	EXOTRAIL	Massy	A Guglielmi
Transparence	Soutien	Académique	National	GREMAN	Tours	D Valente
Substrats Si	Soutien	Industriel	National	CNES	Toulouse	K Kiryukhina
Fabrication Masque pour Lithographie	Soutien	Académique	National	ENS	Paris	A Bernatets
Chambre Silicim	Avec développement	Académique	National	INSAT	Toulouse	S Lajous
Biocapteur implantable sans fils	Avec développement	Académique	National	IXL	Bordeaux	JL Lachaud

Nom du projet	Nature	Origine demande	National ou international	Nom du demandeur	Origine géographique	Contact
Nanomechanics 2023	Soutien	Académique	National	UM	Montpellier	A Noury
Depôt de miroirs sur un capteur CMOS BSI	Soutien	Industriel	National	CEA CESTA	Bordeaux	F Belin
Diffuseur avec corrélation	Avec développement	Académique	National	LP2N	Bordeaux	P Lalanne
Realization of 50 sealed dosimeters	Soutien	Industriel	International	HERADO	Athènes	M Fragkopoulou
Fabrication de masques	Soutien	Académique	National	AIME	Toulouse	R Tan
Masques Optiques (projet newave)	Soutien	Académique	National	CHREA	Sofia	S Chenot
Masque Basma-Eric-Didier	Soutien	Académique	National	LaHC	Saint Etienne	JJ Rousseau
Projet Wafer 2023	Avec développement	Industriel	National	a5-science	Aix	A Gaveau
Ondes acoustiques	Avec développement	Académique	National	IMS	Bordeaux	C Dejous
Nano filter	Soutien	Académique	National	CINAM	Marseille	A Charrier
Si Pitch Adapter for DAMIC-M experiment	Soutien	Académique	International	LSPC	Modane	S. Scorza
Microfabrication	Soutien	Industriel	National	Alphanov	Bordeaux	M Girault
Formation à la lithographie électronique	Soutien	Académique	National	IJL	Nancy	D Ba
Implantation Fluor dans GaN	Avec développement	Académique	National	Greman	Tours	D Alquier
Réalisation d'un masque optique 4 pouces pour le projet DisPoNT	Soutien	Académique	National	UMPHY	Saclay	F. Bouarmrane
Fabrication de masques de lithographie optique	Soutien	Académique	National	LNCMI	Toulouse	M.Pierre
Fabrication de jonctions à base de GaAs pour la mesure OCVD	Avec développement	Académique	National	PROMES	Perpignan	A Houbert

Nom du projet	Nature	Origine demande	National ou international	Nom du demandeur	Origine géographique	Contact
Dépôt de platine sur couches minces TBC	Soutien	Académique	National	ENSIACET	Toulouse	B. Causat
Master Platal 1	Avec développement	Industriel	National	Silsef	Anecy	V Gate
Structure MQW GaAIAs	Avec développement	Académique	National	CHREA	Valbonne	JY Duboz
Depot SiN LPCVD	Soutien	Académique	National	UM	Montpellier	A Noury
Capacite MOS_2	Soutien	Académique	National	IES	Montpellier	J Boch
Traps fission yeast chip	Avec développement	Académique	National	IBCG	Bordeaux	D Coudreuse
CESI_biofilm monitoring	Soutien	Académique	National	IA	Saclay	M Fransisco
Deflectometry	Avec développement	Industriel	National	DIP view	Toulouse	F Moreira
Composant réseau 1	Avec développement	Industriel	National	Latécoere	Toulouse	R Laberdesque
Demande de films photosensibles	Soutien	Académique	National	Sorbonne	Paris	J. Fresnais
Microfluidic investigation of the impact of colloidal transport on two-phase flow in geological porous media	Avec développement	Académique	National	ISTO	Orléans	W Okaybi
Projet Artistique avec Fondation Van Gogh Arles	Soutien	Industriel	National	Fondation Van Gogh	Arles	F Lancien Guilberteau
Dépôt électrolytique Or sur Titane	Soutien	Académique	National	C2N	Saclay	M Ammar
Réalisation de dépôts métalliques par PVD	Soutien	Académique	National	XLIM	Limoges	C Guines
Durability of microbial-induced calcite precipitation	Soutien	Académique	National	3SR	Grenoble	A Naillon

Nom du projet	Nature	Origine demande	National ou international	Nom du demandeur	Origine géographique	Contact
Capteur de température à grande réponse fréquentielle	Avec développement	Industriel	National	Thales	Toulouse	E. Durupt
Dépot d'Aluminium sur substrat de cuivre	Soutien	Académique	National	LP3	Marseille	R Clady
Mesures érosion synergique	Soutien	Industriel	National	ONERA	Toulouse	L Nicolas
Réalisation de buses	Avec développement	Industriel	National	NEMERA	Grenoble	G Huet
Résonateurs MUT pour la detection biologique en milieu liquide	Avec développement	Industriel	National	CEA	Grenoble	T Alava
Microalgae Chambers	Soutien	Académique	National	ENS	Paris	R Honigsberg
Biocapteurs hybrides_Microfluidique	Soutien	Académique	National	LIRMM	Montpellier	S Belgaid
High shear microfluidic colloidal flow	Avec développement	Académique	National	LGC	Toulouse	P Bacchin
Métamatériaux "tout diélectrique" au terahertz	Avec développement	Académique	National	C2N	Paris	E Akmansoy
Microstructures Binaires Optiques	Avec développement	Industriel	National	Essilor	Paris	M Cavallazzi

BUDGET

Eléments de contexte

Dépenses 2023

Prévisionnel dépenses 2024

Prévisionnel pluriannuel (Réseau Renatech)

Certification des tarifs et facturation

ELEMENTS DE CONTEXTE

Périmètre analysé

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

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

Exécution du budget

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

Les lignes budgétaires sont les suivantes.

Sept pour les dépenses

- 101301IG Salle Blanche Support : tout ce qui concerne des adaptations ou évolutions de l'infrastructure salle blanche
- 101302 IG Salle Blanche conso et fournitures : les consommables utiles pour les produits facturés et les fournitures achetées pour une personne ou un projet en particulier ; hors fluides généraux (gaz et électricité) qui sont pris en charge par le budget général du laboratoire
- 101303 IG Salle Blanche Maintenance : tout ce qui touche la maintenance (pièces et main d'œuvre).
- 101304 Salle blanche équipements hors RTB: les achats d'équipements faits hors dotations ANR RTB qui seront amortis
- 101304 Salle blanche équipements RTB : les achats d'équipements faits avec la convention RTB 2018 qui seront amortis
- 101304 salle blanche équipement RTB reports 2012 à 2017 : les achats d'équipements faits avec les conventions RTB 2012 à 2017 qui seront amortis
- 101307 Epicentre : les dépenses liées au LabCom Epicentre

Ces lignes de dépenses sont exclusivement alimentées par

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

Une ligne pour les recettes générées par la facturation auditable

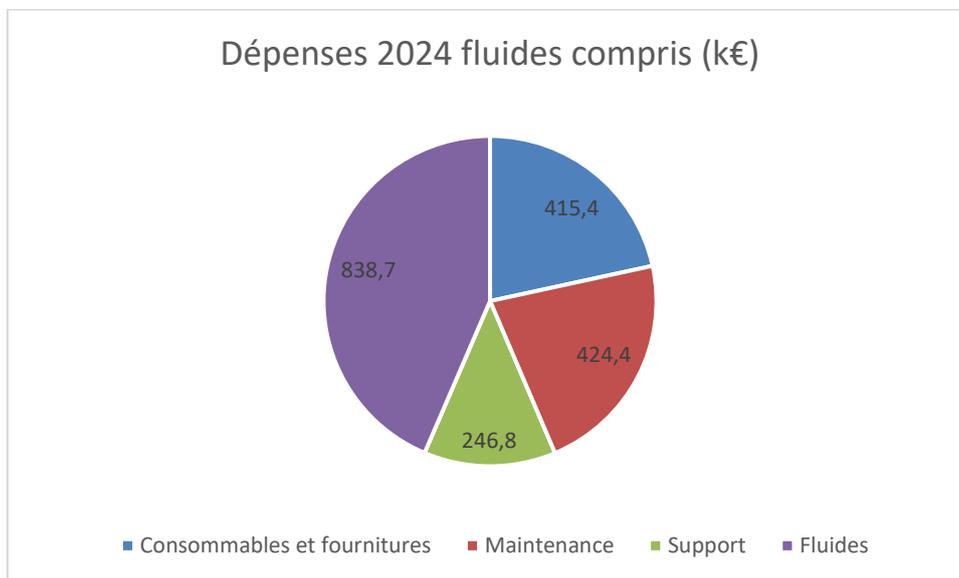
- Recettes salle blanche

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

DEPENSES 2023

Dépenses sur les budgets FEI et Ressources propres banalisées (hors fluides)

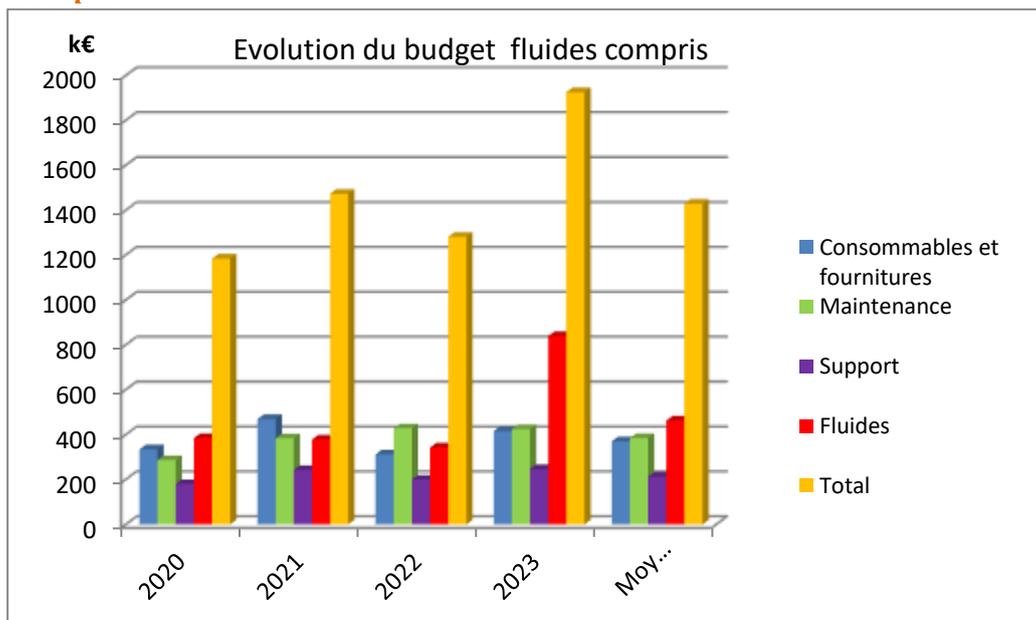
La répartition des dépenses a été la suivante



2023 est marquée par des coûts de l'électricité prohibitifs. Ce qui explique le poids du poste des fluides. Bien heureusement le CNRS a compensé ces surcoûts et la situation semble revenir vers la normale en 2024

Hors de ce poste fluide classiquement les deux postes les plus importants concernent les consommables et la maintenance. Il convient de continuer à souligner la maîtrise de nos frais de maintenance. Même si le chiffre intrinsèque est très important il reste proche de 1% de la valeur totale du parc d'équipements. Toutefois son poids relatif augmente

Fluides compris



Le budget exécuté (fluides compris) est en hausse. Principalement lié à la hausse de l'énergie

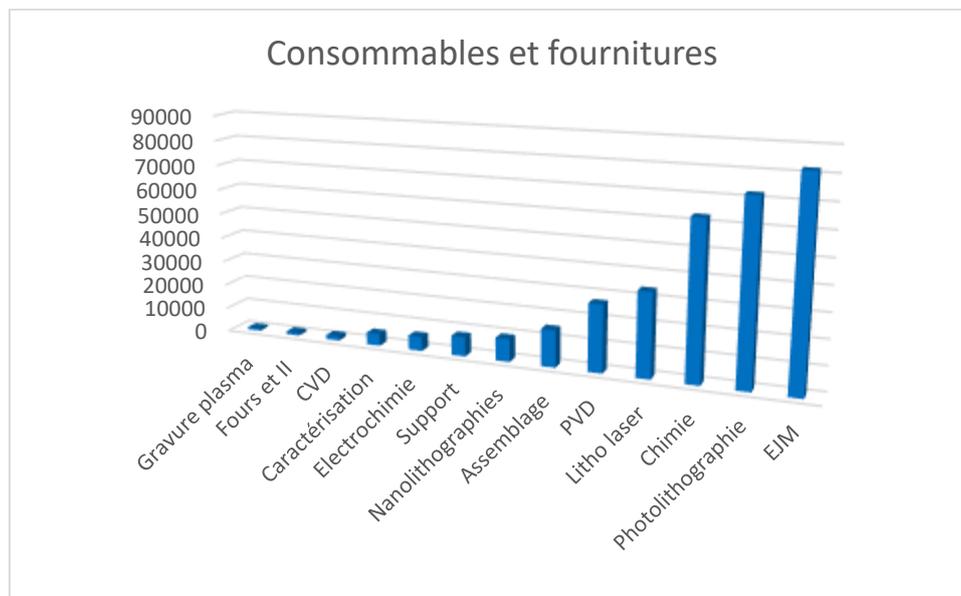
L'arrivée des nouveaux équipements liés à Nanofutur et au PEPR électronique auront à l'avenir un effet à la hausse, dans les années à venir. Du fait par exemple des contrats de maintenance pour le MEB HR et le masqueur électronique.

Dépenses par zones (hors gros équipement et fluides)

Consommables et fournitures

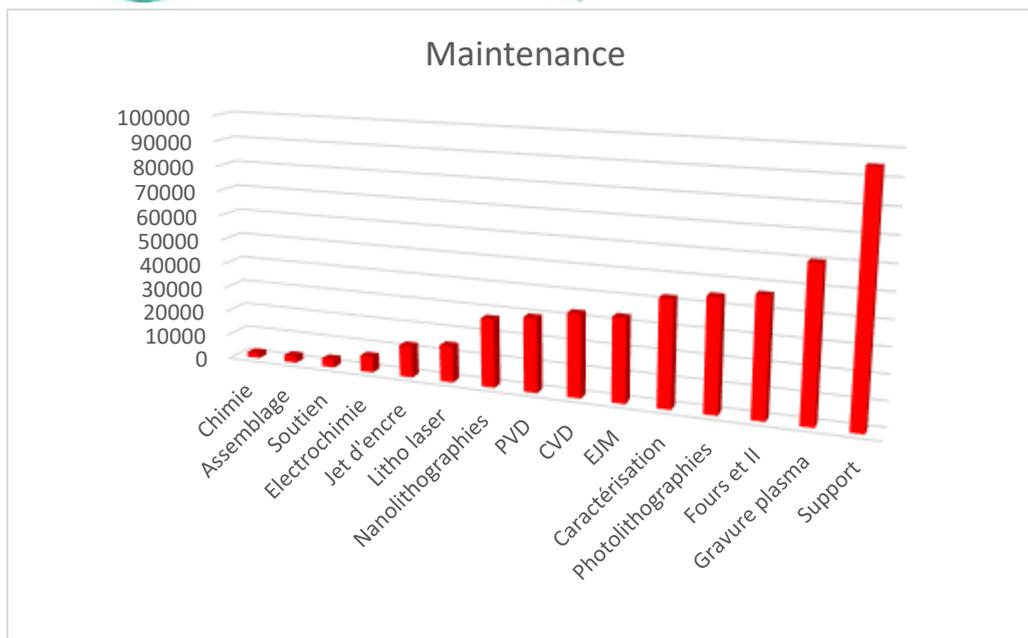
Les postes les plus élevés s'expliquent par

- EJM :
 - Achat des substrats III-V
 - Consommation d'azote liquide
- Photolithographie
 - Résines et développeurs
 - Substrats
- Chimie :
 - Produits chimiques pour l'ensemble de la salle blanche



Maintenance

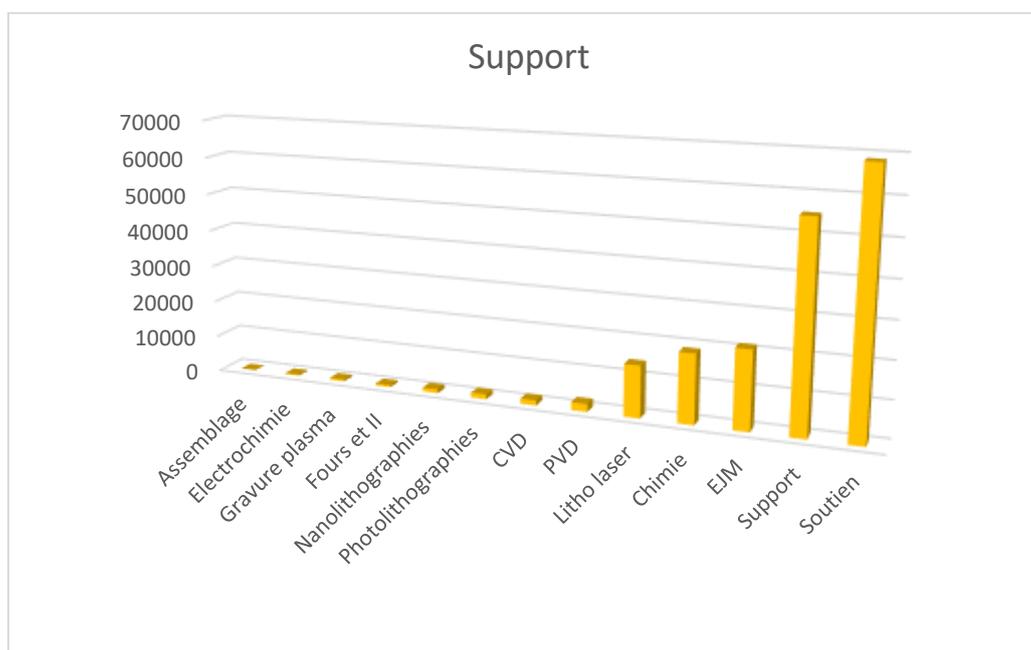
- Un point particulièrement notable concerne le support. Nous avons eu des maintenances coûteuses sur nos CTA les plus vétustes. Leur remplacement est envisagé dans le cadre de la stratégie écoresponsable. Si nous parvenons à financer ces changements cela sera donc aussi bénéfique en termes de coûts de maintenance.
- Pour la gravure plasma les coûts élevés sont principalement liés aux pannes de l'équipement Alcatel. Ca jouvence sera réalisée en 2024.
- Pour les fours et implantation ionique le coût élevé en 2023 est lié à la remise à niveau de toute la ligne faisceau de l'implanteur. Opération que nous menons tous les 8-10 ans environs.
- En caractérisation et photolithographie nous avons des contrats de maintenance



Support

Les postes les plus élevés sont sans surprise liées aux

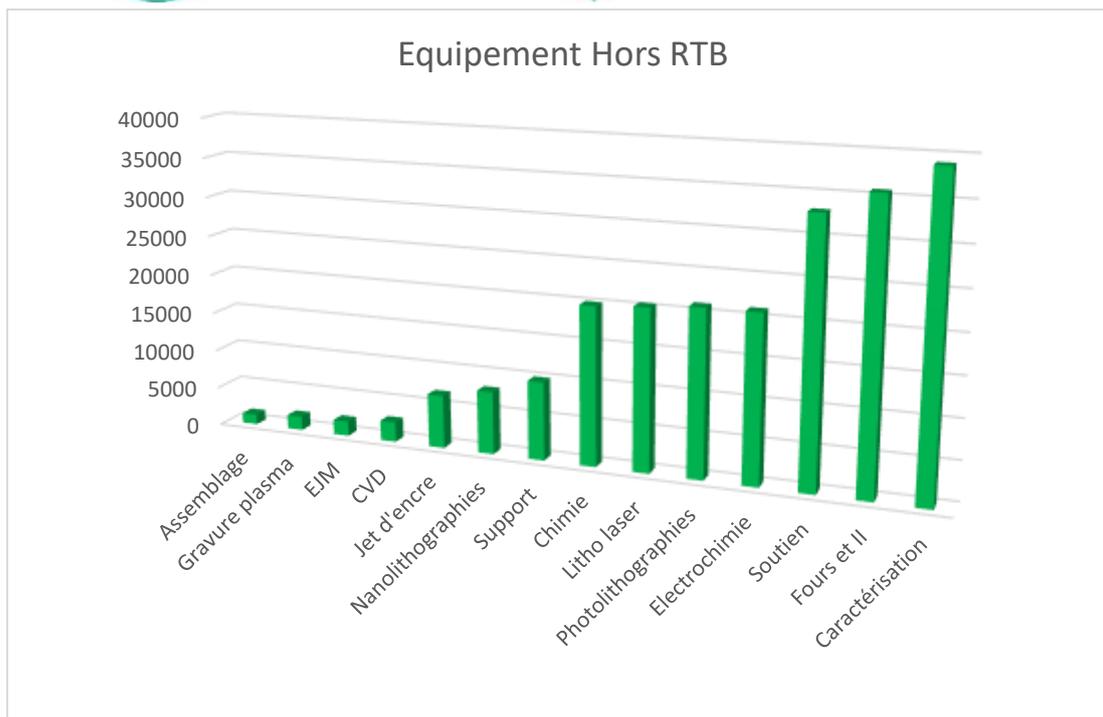
- Contrat de ménage et tenues de la salle blanche (près de 82 k€/an)
- La consommation d'azote gazeux pour tout le laboratoire (30 k€/an)



Petits équipements (Hors RTB)

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

- Caractérisation : nous avons saisi une opportunité d'acquérir un tomographe X pour 39 k€
- Fours : il s'agit de la remise à niveau des fours ASM.
- Soutien : il s'agit principalement de l'achat d'un poste de pesée très précis avec son environnement sous extraction



PREVISIONNEL DEPENSES 2024

Demande FEI 2024

Il s'agit ici de la demande formulée en septembre 2023

Lors de la demande les tarifs 2024 de l'électricité n'étaient pas connus. Nous les avons donc laissés à la valeur la plus haute, compte tenu des tarifs 2023. Début 2024 les tarifs sont revenus vers la normale. Pour le reste la demande est proche de celle des années précédentes

Référentiel budgétaire (unité €)	Prévisionnel 2024	Eligibles à la justification sur contrats	Demande FEI
A1 - FOURNITURES ET CONSOMMABLES DE BUREAU	1 500	0	1 500
A2 - MOBILIER ET MATERIEL DE BUREAU	0	0	0
A3 : FLUIDES	1 378 500	0	1 378 500
A4-AUTRE DEPENSES	20 200	0	20 200
B2 : CONSOMMABLES DE LABORATOIRE, PETITS MATERIELS et EQUIPEMENTS DE PAILLASSE	73 650	73650	0
B3 GAZ ET PRODUITS POUR LE PROCESS	368 650	368650	0
B4 :GROS EQUIPEMENTS DE LABORATOIRE	49 339	0	49 339
B5 GROSSE INSTRUMENTATION SCIENTIFIQUE	84 699	0	84 699
B6 : OPTIQUE	0	0	0

B7 : ELECTRONIQUE / MESURES ELECTRIQUES	296 613	0	296 613
B8 : PHYSIQUE- MESURE PHYSIQUE-MECANIQUE	81 300	0	81 300
B12 : HYGIENE ET SECURITE	158 033	0	158 033
C1 : MISSIONS DEPLACEMENTS	35 500	0	35 500
D2 : ABONNEMENT CONSOMMABLES (LOGICIEL ET MATERIEL)	13 529	0	13 529
D3 : ACHATS (LOGICIEL ET MATERIEL)	6 600	0	6 600
E3 : CONSTRUCTION ET MAINTENANCE RELEVANT DU PROPRIETAIRE	126 741	0	126 741
	2 694 855	442 300	2 251 055

PREVISIONNEL PLURIANNUEL (RESEAU RENATECH)

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

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

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

Demande TGIR/IR 2023-2025

AE = Engagements juridiques	Réal					BI	Programmation	
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
DEPENSES liées à la TGIR								
Fonctionnement	1,263	0,980	1,512	1,296	1,920	1,497	1,572	
<i>Dont volet énergétique</i>	-	-	0,448	0,432	0,918	0,472	0,496	-
<i>électricité</i>			0,362	0,325	0,825	0,350	0,368	
<i>combustibles</i>			0,016	0,017	0,012	0,012	0,013	
<i>autres fluides</i>			0,070	0,090	0,081	0,110	0,116	
Investissement	0,355	0,675	2,355	1,526	0,809	4,298	1,828	0,720
Personnel	2,354	2,520	2,327	2,693	2,342	2,432	2,414	-
<i>Personnel non permanent</i>	0,054	0,103	0,070	0,185	0,127	0,127	0,127	-
<i>Personnel permanent</i>	2,300	2,417	2,257	2,508	2,215	2,304	2,287	-
TOTAL DEPENSES	3,972	4,176	6,194	5,516	5,072	8,227	5,814	0,720
AE = Engagements juridiques	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026

BUDGET CNRS	Budget CNRS Ligne TGIR	Fonctionnement	Fonctionnement récurrent	0,714	0,677	0,705	0,820	0,795	0,893	0,893		
			Petits équipements	0,116	0,118	0,095	-	0,145	0,158	0,158		
			Total Fonctionnement	0,830	0,795	0,800	0,820	0,940	1,050	1,050	-	
		Investissement	Projets en cours de réalisation									
			Nouveaux projets			0,095	0,069					
			Total Investissement	-	-	0,095	0,069	-	-	-	-	
	TOTAL DOTATION TGIR Action 13 [A]				0,830	0,795	0,895	0,889	0,940	1,050	1,050	-
	Budget CNRS Autres lignes	CPER										
		Dotation complémentaire Institut										
		Investissements d'avenir		0,067		0,719		-				
		Opérations Immobilières		0,160		1,337		-	-	-	-	
		CDD CNRS					0,051	-	-	-	-	
		Liste complémentaire*						-	-	-	-	
FEI autre que ligne TGIR (LAAS et C2N)			0,272	0,022		-	0,500	-	-			
CDD (C2N)						-	-	-	-			
Autres [RP C2N]						-	-	-	-			
FEI IEMN						-	-	-	-			
RPB DR14						-	-	0,300	-			
RPB LAAS (Fonctionnement)				0,434	0,454	0,170	0,170	0,170	0,170	0,250		
RPB LAAS pour CDD							0,127	0,127	0,127			
TOTAL autres lignes [B]				0,227	0,272	2,511	0,505	0,798	0,597	0,297	0,250	
Budget CNRS Personnel permanent	ETPT**		28,400	29,900	27,710	30,780	26,690	28,040	27,800			
	Coût personnel permanent [C]**		2,123	2,230	2,070	2,299	1,994	2,095	2,077		-	
TOTAL CNRS [I =A+B+C]				3,180	3,297	5,476	3,693	3,731	3,742	3,424	0,250	
* Si le CNRS coordonne le projet												
** Personnel de service de la TGIR (hors recherche propre)												
AUTRES	Contribution d'autres organismes	ANR-RTB		0,328	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328		
		EQUIPEX+ESR					1,000	0,383	-	-		
		PEPR ELECTRONIQUE							3,670			
		CEA										

	<i>CNFM PMIPS</i>				-	-	-	-	
	<i>CPER ETAT</i>				-	-	-	-	
	<i>IPVF</i>				-	-	-	-	
	<i>[Préciser]</i>				-	-	-	-	
	<i>[Préciser]</i>				-	-	-	-	
	<i>[Préciser]</i>				-	-	-	-	
Contributions des universités	CDD Universités	0,054	0,103	0,070	0,134	-	-	-	
	<i>UFC</i>				-	-	-	-	
	<i>Université Fédérale de Toulouse (fonctionnement)</i>	0,072	0,038	0,105	0,019	0,010	-	-	
	<i>UGA</i>				-	-	-	-	
	<i>Université Paris-Saclay (MRM)</i>				-	-	-	-	
	<i>Université Paris-Saclay</i>				-	-	-	-	
	<i>Lille 1 fonctionnement</i>				-	-	-	-	
	<i>[Préciser]</i>				-	-	-	-	
Collectivités territoriales	<i>Régions (au titre du CPER)</i>				-	-	-	-	
	<i>Régions (autres financements)</i>				0,032	-	-	-	
	<i>Région Midi-Pyrénées</i>			0,029	-	-	-	-	
	<i>CPER CIA - Equipement (IEMN)</i>				-	-	-	-	
	<i>CPER - Fonctionnement / salaires (FEMTO)</i>				-	-	-	-	
	<i>SESAME IdF</i>				-	-	-	-	
	<i>DIM Ile de France</i>				-	-	-	-	
	<i>Région Occitanie</i>				-	-	-	1,000	0,570
	<i>Préfecture Occitanie</i>				-	-	-	0,500	
	<i>[Préciser]</i>				-	-	-	-	
Contrats	<i>ANR</i>			0,035	0,230	-	-	-	
	<i>Investissements d'avenir**</i>				-	-	-	-	
	<i>industriels</i>				-	-	-	-	
	<i>Contrats nationaux</i>				-	-	-	-	
	<i>Contrats divers</i>				-	-	-	-	
	<i>Facturation interne sur divers contrats</i>	0,201	0,287	0,219	0,252	0,225	0,137	0,180	
	<i>Soutien indus inv C2N</i>				-	-	-	-	
Prestations / Services facturés	<i>Laboratoires académiques</i>	0,029	0,037	0,032	0,057	0,020	0,012	0,016	
	<i>industriels</i>	0,125	0,080	0,120	0,154	0,142	0,087	0,114	
	<i>[Préciser]</i>				-	-	-	-	
	<i>[Préciser]</i>				-	-	-	-	
	<i>[Préciser]</i>				-	-	-	-	

Financements européens	Contrats européens			0,020	-	-	-	-	
	FEDER			0,029	-	-	-	-	
	[Préciser]				-	-	-	-	
	[Préciser]				-	-	-	-	
Autres	Entreprises privées Françaises				-	-	-	-	
	Entreprises privées Etrangères				-	-	-	-	
	Laboratoire commun EPICENTRE (LAAS/RIBER)			0,043	0,036	0,012	0,030	0,030	
	[Préciser]				-	-	-	-	
Coût personnel Permanent (Hors CNRS)	Lille 1				-	-	-	-	
	UGA				-	-	-	-	
	ENSMM				-	-	-	-	
	UFC				-	-	-	-	
	Université Fédérale de Toulouse	0,177	0,187	0,187	0,209	0,221	0,221	0,221	
	Paris Saclay				-	-	-	-	
	Paris Cité				-	-	-	-	
	[Préciser]				-	-	-	-	
	[Préciser]				-	-	-	-	
	Total ETPT autres organismes (hors CNRS)	2,370	2,510	2,500	2,800	2,960	2,960	2,960	
TOTAL AUTRES RESSOURCES [II]		0,986	1,059	1,217	2,452	1,341	4,484	2,389	0,570
** Si le CNRS ne coordonne pas le projet									
TOTAL RESSOURCES [I+II]		4,166	4,357	6,693	6,145	5,072	8,226	5,814	0,820
		0,195	0,181	0,500	0,629	0,000	0,000	0,000	0,100
SOLDE ANNUEL		0,195	0,181	0,500	0,629	0,000	0,000	0,000	0,100

CERTIFICATION DES TARIFS ET FACTURATION

Certification des tarifs

Pilote pour la mise en place nationale de la tarification auditable CNRS la plateforme bénéficie d'une tarification auditable depuis 2014.

Suite à la note DSFIM-SBOR-D-2022-6 du CNRS qui précise la typologie des clients et définit quatre tarifs nous avons sollicité la DR14 pour faire en 2024 une mise à jour sur la base des activités et dépenses 2023.

Procédure mise en place pour les facturations futures

Afin de consolider encore notre processus de facturation et ainsi les justifications sur les contrats supports nous avons mis en place une procédure à destination des porteurs de projets afin que nous déterminions à priori des activités, et autant que faire se peut, l'origine du support financier des activités. Ce document est commun pour la plateforme de micro et nano fabrication et la plateforme de caractérisation.

Nous procédons à la facturation soit :

- À la demande du chercheur pour des justifications intermédiaires ou en fin de contrat.
- En fin année civile.

La procédure établie est la suivante:

1. Envoi d'un mail au porteur du projet pour confirmation du support financier indiqué en début d'année (ou début de projet)
2. Extraction des heures sur Myfab et calcul du coût associé avec le tarif correspondant au support financier
3. Envoi du récapitulatif (heures et coût) au porteur du projet pour accord
4. Envoi au responsable d'équipe
5. Envoi à la gestion

Il est à souligner que le travail collaboratif, mis en route depuis plusieurs années, entre les services techniques et les services administratifs est extrêmement positif. Il permet une amélioration continue de nos procédures et du suivi des projets. Les échanges réguliers sur les difficultés rencontrées (ex : l'évolution des différents règlements financiers), les accès à Geslab pour les services techniques permettent une prise en charge en amont de la facturation et cela se concrétise par une diminution flagrante des allers – retours des factures entre les différents intervenants.

Facturation 2023

Au titre de 2023 les recettes de facturation sont les suivantes

	Réalisé en 2022, encaissé en 2023	Réalisé en 2023, encaissé en 2023	Total
Renatech			
Académique	8004,77	16369,12	24373,89
Industriel	15621,46	137840,48	153461,94
			177835,83
LAAS			
ELIA	63606,95	0	63606,95
ISGE	2659,31	24777,99	27437,3
MEMS	45752,17	9922,48	55674,65
MH2F	1184,05	2824,75	4008,8
MICA	21556,79	0	21556,79
MILE	17302,07	0	17302,07
MINC	0	0	0
MOST	0	0	0
MPN	69615,17	162329,42	231944,59
NEO	15773,24	0	15773,24
OASIS	0	0	0
PHOTO	72903,44	6176,16	79079,6
	310353,19	206030,8	516383,99
	TOTAL		694219,82

Il ne s'agit pas du montant total injecté dans le processus de facturation qui dépend des services gestion du LAAS et financiers de la DR14.

A noter que la vente d'un équipement qui n'était plus fonctionnel a rapporté 22 814.67€ supplémentaires.

SYNTHESE

Par zone
Générale

SYNTHESE PAR ZONE

Caractérisation

Personnel

Le binôme (Benjamin/Benoît) sur la zone de caractérisation va permettre une répartition des maintenances et des formations. Ce temps dégagé permettra une implication plus importante sur les projets de recherche et sur les développements interne en caractérisation, ce qui n'avait pas pu être fait les dernières années.

Equipement

Cette année, plusieurs incidents sur les profilomètres mécaniques ont eu lieu. Ceci a entraîné des questionnements sur la mise à disposition des équipements en libre-service, sur les formations données aux utilisateurs et sur la remontée des problèmes...
La jouvence de l'AFM pour s'assurer son maintien va très rapidement devenir une nécessité.

Chimie

L'arrivée de Amel Beghersa va permettre de mettre à point des protocoles d'IG, par exemple des gravures humides automatisées sur la machine HMP 90.

Développement de la chimie de synthèse :

L'aménagement de la salle de synthèse chimique avec différents équipements a permis d'acquérir un bon dynamisme de développements de matériaux dans le cadre de nombreux projets. Pour cette raison, nous sommes plus sollicités, vis-à-vis des chercheurs, IT d'autres services et/ou plateformes, pour les développements de matériaux qui utilisent dans les projets en cours ou futurs.

Nouvel équipement : Rhéomètre (130k€ ressource propres)

Depuis juin 2022, le groupe de travail « mesure de rigidité d'hydrogels » composé par des membres de l'équipe ELiA, du service I2C et de TEAM, discutons ensemble sur les différents types d'équipements disponibles pour étudier la rigidité des matériaux la plus adapté à nos besoins. Nous sommes allés dans différents laboratoires (Nantes, Lyon et Toulouse) pour tester leurs équipements et recompiler les points forts ainsi que les limitations apparentes. Nous avons conclu qu'un rhéomètre serait l'équipement les plus adapté aux différents matériaux synthétisés et/ou employés au LAAS.

En début 2024, nous avons encore identifié comme intéressés par la caractérisation rhéologique des chercheurs des équipes MEMS, MNP ou MILE. C'est pourquoi nous prévoyons d'acheter cet équipement courant 2024 grâce au financement RTB 2022.

Jouvence hotte acides (42k€ ressources propres)

Ces deux postes (photo ci-dessous) vont être remplacés courant le 2eme trimestre 2024, étant donné qu'ils sont soit en hors service (poste jaune) soit son utilisation est très restreinte (poste blanc). Cette jouvence vise principalement la sécurité des utilisateurs, donc les nouveaux postes seront de type sorbonne, c'est-à-dire, fermés.



Jouvence hotte (30k€)

Finalement, restera la jouvence de la hotte située en chimie de synthèse, car elle n'a pas une structure conforme aux exigences et besoin actuels, par exemple, intégrer des systèmes de distillation de solvants anhydrides, ou d'autres qui pourront intéresser les procédés d'intérêts général de la salle blanche ainsi que les équipes de recherche du LAAS.



CVD&ALD

Organisation

Trois personnes travaillent en CVD/ALD. Ils continuent à suivre des formations externes ou internes pour mener à bien cette activité. Renommer la zone en « CVD&ALD » permet une meilleure visibilité à l'extérieur du LAAS.

Evolution des équipements

- Installation d'un outil de suivi de la courbure pour contrôler les dépôts dans CCPECVD.
- Une version 2 de l'outil de suivi en temps réel de la réflectivité des dépôts dans ICPECVD.
- Mise en route de l'équipement ECR PECVD (SiO_x , SiN_x , SiON , puis prospectifs : TiO_2 , TiN , TiON sur matériaux noMOS).
- Développement d'un dépôt TiO_2 sur l'équipement ALD TFS-200 (Beneq).
- Demande en priorité 1 de la jouvence de ALD Fiji 200 (voir chapitre Les équipements)
- Prospective pour un ALD/CVD thermique à source DLI : nouveaux matériaux à faible épaisseur de type : highK, à changement de phase (VO_2 , TiO_2 , Nb_2O_5 ...), matériaux 2D (dichalcogénures : VS_2 , MoS_2 , MoSe_2 ...) pour l'électronique et la photonique quantique (voir chapitre Les équipements).

Procédés technologiques

- Des nouveaux matériaux à déposer par ALD-MOS (TiN , VO_2) et par ALD noMOS (TiO_2).
- Un traitement in situ dans ICPECVD sur LiNbO_3 avant dépôt de matériaux isolants et réduire les pertes optiques dans les structures CRIGF.
- La réalisation dans ICPECVD de matériaux à différents indices de réfraction pour applications photoniques.

Formations

- Cours technologique CVD et ALD en version numérique et en ligne.

Dépôts sous vide

Activité de la zone

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

Equipement

L'Univex (bâti de pulvérisation à 6 chambres) est à l'arrêt pour une panne qui semble provenir du protocole de communication de l'équipement. Leybold, le fabricant de la machine, ne semble plus compétent pour pouvoir assurer le redémarrage de cet équipement. Nous sommes en train d'étudier des solutions avec d'autres intervenants.

Développement

En 2024, les développements en soutien aux projets autour des Pyromens et de l'électronique organique vont perdurer de façon significative.

Dépôts Electrolytiques

Personnel :

Le recrutement de personnel CDD est de plus en plus compliqué. Il a fallu deux procédures de recrutement (>8 mois) pour trouver une personne qui correspondait à nos attentes. L'arrivée d'Amel Beghersa va permettre une meilleure répartition de la charge de travail. Cette année 2023 a encore plus démontré le besoin d'avoir 2 personnes permanentes sur la zone.

Activités

Les demandes de soutien auprès des projets ont augmenté significativement, la gestion des 3 nouveaux équipements de Nanofutur, les problèmes équipements/bains, n'ont laissé que très peu de place aux développements qui ont été concentrés dans la zone litho laser sur le nouvel équipement de structuration 3D du verre.

Procédés & Collaborations :

Les différentes collaborations aussi bien sur les équipements que sur les procédés ont démontré encore de nombreux résultats positifs pour la zone et les procédés du laboratoire. Ils nous ont permis un échange très fructueux avec les ingénieurs de l'université de Tokyo. Ces collaborations vont encore se poursuivre en 2024. En juillet nous allons recevoir 2 ingénieurs japonaises pour être formé et développer avec nous des dépôts nanométriques de nickel.

Epitaxie par jets moléculaires

Equipements

L'année 2023 a été marquée par une longue remise en route du MBE412 suite à une maintenance en début d'année, et à des croissances dans le MBE412 pour plusieurs projets distincts :

- Croissances de BiSb sur GaAs (111)A pour la thèse de Salima Fekraoui, encadrée par Sébastien Plissard
- Croissances de structures à nano structures anisotropes par la cristallisation de gouttelles de Ga sur AlGaAs (stage de fin d'études de Hugo Villanti encadré par Véronique Bardinal et Alexandre Arnoult / projet DOCTVECSEL)
- Structures et VCSELs pour le projet PHOTOGENIC (Karim Ben Saddik, Guilhem Almuneau)
- Jonctions PN pour le projet PROMESS
- Structures GaAs/AlGaAs pour l'ANR SWEET via Renatech

En parallèle les toutes premières croissances de test ont pu commencer début décembre 2023 sur le C21DZ du labcom EpiCentre.

MBE412

La reprise des croissances a repris son plein régime au second semestre 2023. Cependant, de nouvelles avaries ont vu le jour, et une ouverture est envisagé début mars 2024 afin de les réparer.

Labcom EPICENTRE

Les instruments développés dans le cadre du labcom EpiCentre commencent à voir le jour dans des versions stables et utilisables (EZ-Trig, EZ-REF). Nous allons maintenant les éprouver sur de multiples croissances.

De plus, le C21DZ est aujourd'hui en service et permet la croissance de nouveaux matériaux.

L'installation de la chambre Supra qui permettra des dépôts à basse température est en cours ce début 2024.

Nano-cristaux de GaAs

Un nouveau procédé de cristallisation de gouttelettes de Ga anisotropes a été développé avec succès, soutenant le dépôt d'une ANR.

Gravure plasma

Personnel

De 2019 à 2022, nous étions deux à 80% ce qui correspond à 1,6 ETP (Equivalent Temps Plein). En 2023 il y a eu le départ de L. Bouscayrol (vers infrastructure) et l'arrivée de M. Arribat (CDD AI) ce qui correspond à 1,8ETP.

Activités et développements

Il faut noter que la zone gravure comprend de plus en plus d'équipements (10 machines). Un travail de vérification, d'optimisation et de développement est nécessaire sur chaque équipement. Il est important de remarquer que la maintenance curative nous prend beaucoup de temps. Il est plus difficile de libérer du temps pour faire de l'optimisation / développement de procédés, ce qui sera très dommageable pour la zone gravure plasma sur le long terme. Le rétrofit de l'Alcatel devrait régler de nombreux problèmes de maintenances, ce qui devrait libérer du temps pour des développements. De plus l'achat de la nouvelle machine pour remplacer l'ICP2, va nous amener à faire de nouveau développement de plus grâce à l'option ALE, la zone de gravure va étendre ces possibilités de gravure.

Il y a eu peu de développement cette année, ce qui est principalement dû au manque de temps du personnel de la zone gravure, qui est très occupé à cause des maintenances des nombreux équipements de la zone.

Jet d'encre et traitement de surface

Jet d'encre

Le nombre de projets varie sur les dernières années. Les développements de procédés génériques d'encre argent sont arrivés à leurs termes. Désormais l'utilisation sera variable selon les projets demandant des développements

Traitement de surface

L'essentiel de l'activité concerne le traitement hydrophobe/antiadhérent de moules pour PDMS. Cependant les développements continuent dans ce domaine avec la mise au point d'autres traitements et l'arrivée d'équipements tel le Nanonex Ultra-100 et le traitement plasma à pression atmosphérique.

Ressources humaines

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

Lithographie laser

Fabrication des masques et réticules

Le futur masqueur électronique permettra entre autres de fabriquer des photo-masques à haute résolution en association avec notre équipement récent (HMX) de gravure chrome. Dans le futur, pour les résolutions moins contraignantes les procédés de lithographie se feront de plus en plus par écriture directe (« maskless ») laser UV avec des systèmes plus rapides et des meilleures résolutions. Nous effectuons un travail de prospective pour le choix d'un futur équipement permettant de fabriquer des photo-masques et développer des nouvelles capacités de lithographie « maskless ». Pour la fabrication de dispositif de recherche, la lithographie « maskless » permet de limiter les étapes technologiques et ainsi réduire la consommation d'énergie et l'achat de matériaux. Le remplacement de notre équipement DWL 200 par un équipement MLA 150 permettra cette évolution vers plus de lithographie « maskless ».

Equipements d'écriture laser

L'ensemble des moyens de lithographie par lasers réunit au LAAS est unique en milieu académique : 6 équipements pour la structuration en 2D et 3D de matériaux photosensibles. La diversité des procédés permet la fabrication de dispositifs en polymères, l'élaboration de moules pour des dépôts de matériaux ou la réalisation de couches de masquage résistantes à la gravure. Plus récemment un de ces équipements laser (Laser Nanofactory) permet aussi la structuration en 3D du verre, la soudure verre-verre et l'ablation de couches minces métalliques. Ces équipements de traitements par laser accroissent nos capacités de procédés multi-échelles et multi-matériaux pour la fabrication de dispositifs de recherche.

Packaging

Activités

Baisse de l'activité en général et moins d'utilisateurs formés aux équipements. L'activité repose essentiellement sur 1 permanent et 1 CDD pour toutes les opérations de packaging.

Evolution des demandes

On note la « disparition » de procédés technologiques comme le report flip chip ou le wafer bonding par des procédés « rapides et bon marché » qui peut être expliquées par l'utilisation d'autres matériaux que le silicium et le verre nécessitant moins de précision, de faible température de travail et avec une topographie moins plane. Il est probable que les procédés non sollicités en ce moment le soient de nouveau dans le futur.

Développements

Les développements sont essentiellement axés sur l'équipement d'ablation laser qui permet de réaliser de nouveaux procédés et d'envisager de nouvelles voies technologiques alternative à la gravure humide et sèche.

Photolithographie

Changement de personnel

L'arrivée de Gwenaëlle Guittier en Juin 2024 est un renfort bienvenu sur la zone. Cela va permettre d'assurer un support et une présence quotidienne ainsi que remettre en place un suivi et une calibration régulière des procédés.

Jouvence équipements

Les pistes EVG 120 sont en fin de vie, le taux de panne sur l'équipement est important, ce qui peut être bloquant pour certaines filières, notamment sur les procédés hautes résolutions (nécessité d'un développement répétable et contrôlé). L'acquisition d'une station de développement semi-auto fin 2024 est une première étape dans la jouvence de cet équipement.

Le Spraycoater voit toujours son taux d'utilisation augmenter significativement comme l'année précédente, confirmant son importance pour plusieurs filières. Les problèmes de contamination entre

les différents procédés sont toujours présents et nécessitent des temps de nettoyage important entre différents procédés. Avec seulement 2 lignes de dépôt pour 4 à 5 résines différentes, l'achat d'un nouvel équipement semble s'imposer. L'enveloppe budgétaire étant autour de 300K€.

Le stepper est également en fin de vie, le taux de panne est important, ce qui affecte directement son taux d'utilisation dans l'année (impossibilité de faire des alignements pendant 4 mois, puis un arrêt complet pendant 2 mois). Utilisé par des projets industriels comme par certaines filières internes, c'est un atout de la plateforme, ce type d'équipement étant le seul équipement « ouvert » dans le réseau ReNaTech.

Nanolithographies

Lithographie électronique :

L'achat du nouveau masqueur est en cours, nous recevrons pendant l'été 2024 le matériel informatique et les logiciels afin d'être rapidement opérationnel au moment de l'installation de l'équipement en 2025. Nous préparons l'arrivée du système à différents niveaux : procédés, motifs de contrôles, procédés, logiciel de correction des dessins, etc.

Nanoimpression :

Après le départ d'Emmanuelle Daran, Jean Baptiste Doucet a pris en charge l'équipement et les projets associés à la technique.

La pérennité de la technique ainsi que celle des projets est assurée.

Organisation :

A partir de 2024, nous nous organiserons en deux zones

- Nano-impression : dont le responsable est Jean-Baptiste Doucet, avec Franck Carcenac et Laurent Mazenq en support.
- Lithographie électronique : dont le responsable est Laurent Mazenq avec Franck Carcenac et Jean-Baptiste Doucet en support.

Traitements thermiques et implantation ionique

Activité

L'activité est relativement stable au niveau des fours et portée notamment par les projets liés à l'oxydation de nanofils de silicium pour l'équipe MPN ; mais en baisse au niveau de l'implantation ionique à cause de la diminution des projets microélectroniques.

Evolution des équipements

En 2024, nous allons remettre à niveau la commande des fours de recuits Freescale grâce à un financement sur ressources propres. Cette remise à niveau sera effectuée par la société ApSy. Cela permettra de réaliser des recuits métaux sous rampes automatiques ainsi que des oxydations thermiques sèches pour des composants NoMOS.

Organisation

Eric Imbernon devrait prendre la responsabilité du service TEAM à partir de janvier 2026. Jean-Christophe Marrot va continuer la prise en main des fours Centrotherm et AET de façon à être totalement autonome sur ces équipements.

SYNTHESE GENERALE

Personnel

- Depuis 2012 le bilan sur les personnels permanents sera de -3 début 2024.
- Nous avons bénéficié de 3 recrutements depuis 1 an et demi. Deux NOEMIs (2023 et 2024) et un concours IE(2024)
- Si l'on se projette en 2027-2028 nous arriverons à -6 postes permanents sans recrutement supplémentaire

- Repositionnement de L. Bouscayrol en zone support pour compenser l'absence de personnel dédié. Cette réorganisation a imposé un recrutement CDD supplémentaire en gravure plasma , un concours externe en 2024 permettra de rétablir la situation.
- Sous-effectif en zone jet d'encre
- Sous effectifs de personnel permanent en zones dépôts électrolytiques et packaging compensés par des CDD sur ressources propres
- Plus de personnel attiré en zone soutien.
- Financement sur ressources propres de 3 CDDs et de 2 apprenties
- Cette situation appauvrit le soutien apporté aux projets de recherche et à terme met en péril les développements de procédés amonts et l'acquisition de nouvelles compétences.
- Quatre promotions, un changement de corps, deux de grades et obtention d'un échelon spécial.

Equipements

- Installation de cinq équipements.
- Huit procédures d'achat en cours début 2024.
- Projets très structurants :
 - Equipex Nanofutur : derniers achats en cours
 - PEPR électronique : expertises en cours
 - Extension de la plateforme : dossier déposé à la Région en avril 2024

Procédés

- Encore en capacité de mener des développements de procédés mais on voit que dans les zones sous dotées ils sont bien souvent retardés ou simplement abandonnés.
- On ne peut toujours que déplorer de ne pas disposer de retours systématiques des utilisateurs quant aux procédés réalisés.
- Manque d'association des personnels dans les publications, et de publications par le service TEAM lui-même.
- Action à conduire au niveau du réseau Renatech pour clarifier le niveau de citation de Renatech dans les remerciements

Bilan des activités

- Volume d'activité en hausse de l'ordre de 16% après une baisse de 18 % en 2022
- Nécessité de déploiement d'un système de badge pour activer/désactiver les équipements pour avoir le relevé exhaustif des activités

Partenariat Renatech

- Nombre de projets à la hausse
- Ces activités restent circonscrites à 18% de l'activité globale de la salle blanche pour environ 28% des sommes encaissées en facturation.

Formations

- Près de 500 heures de formations pratiques et 35 heures de cours « théoriques »
- Développement du site de e-learning interne

Sécurité

- Hormis la détection incendie en photolithographie les actions à mener ne sont pas structurelles

Budget

- Hors dépenses énergétiques les dépenses sont dans la moyenne des dernières années.
- Les surcouts 2023 d'énergie ont heureusement été compensés par le CNRS

Demandes internes de soutien

- Stables

- Nécessité d'associer le service à toutes les phases de la vie des contrats supports