



HAL
open science

Travaux du workshop AC PAC Workshop 19 mars 2024

Hugues Granier, Samuel Charlot, Thomas Baron, Sylwester Bargiel, David Henry

► **To cite this version:**

Hugues Granier, Samuel Charlot, Thomas Baron, Sylwester Bargiel, David Henry. Travaux du workshop AC PAC Workshop 19 mars 2024. LAAS - CNRS; FEMTO-ST; CEA-LETI. 2024. <hal-04773211>

HAL Id: hal-04773211

<https://laas.hal.science/hal-04773211v1>

Submitted on 8 Nov 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.

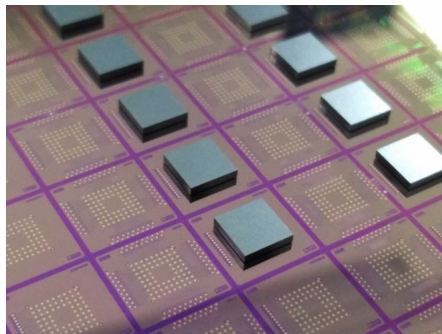
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization



Action concertée transverse



Workshop AC PAC 19 mars 2014



Coordinateurs de l'AC PAC

Hugues Granier Thomas Baron David Henry
Samuel Charlot Sylwester Bargiel





Ordre du jour

- **AC PAC : Les objectifs et leur déclinaison pratique**
- **Animation de la communauté Packaging**
- **Base de données**
- **Projets d'intérêt collectif**

Pause

- **Soutien aux projets ciblés**



AC PAC : les objectifs et leur déclinaison pratique



Objectifs

- **Mettre en place une communauté Packaging nationale, accessible, ouverte aux industriels afin de**
 - Coordonner les expertises et ressources pour en optimiser l'accès et l'usage
 - Assurer la pérennité de cette communauté au-delà du PEPR
- **Faire l'état des lieux et le diffuser**
 - Pour permettre à la communauté scientifique et industrielle d'identifier les centres de compétences afin de collaborer sur les problématiques du Packaging
 - Produire une prospective structurante
- **Lever des verrous identifiés Packaging**
 - Dans les projets du PEPR
 - Sur des développements d'intérêt collectif



Mise en place d'une communauté

- **Mise en place d'une communauté Packaging nationale, accessible ouverte aux industriels**
 - Identification de la communauté ACPAC présentant des expertises et moyens en packaging.....
 - Laboratoires Renatech + / CEA / Plateformes collaboratives
 - **Fait au travers de la base de données qui évolue continuellement**
- **Mise en place d'une communauté Packaging nationale, accessible ouverte aux industriels**
 - pour répondre à des sollicitations
 - Sur le modèle Renatech, les membres d'ACPAC s'engagent à apporter leur soutien effectif quand ils sont sollicités
 - Sur leurs expertises,
 - Que les ressources nécessaires sont disponibles ou apportées par le demandeur
 - **Reste à préciser collectivement comment gérer les sollicitations**
 - Au travers de l'application de gestion des demandes Renatech ?
 - Par la coordination de l'AC PAC ?
 - Point à point?
 - **Le sujet pourrait être développé lors des 1eres journées du Packaging**

Mise en place d'une communauté

- **Mettre en place une communauté Packaging nationale accessible, ouverte aux industriels**
 - Les contacts industriels des membres d'AC PAC
 - Sont informés de nos actions
 - Peuvent participer à nos workshops pour apporter leur vision et leurs besoins
 - Solliciter l'AC PAC
 - Contribuer aux sujets d'intérêt collectifs
 - **Chaque membre de l'AC PAC peut alimenter notre liste de diffusion (qui est reversée dans celle du PEPR)**
- **Pérenne au-delà du PEPR**
 - **Organisation annuelle des journées nationales du Packaging**
 - Sur le modèle des groupes experts Renatech
 - En invitant les industriels
 - 14/15 mai 2024 LAAS / 2025 : FEMTO / 2026 : CEA / 2027.... autres membres de l'ACPAC
 - **Participation aux événements identifiés packaging avec ateliers AC PAC**
 - Minapad, Power,



Etat des lieux

Base de données

- **Structuration de la présentation des expertises et moyens**
- **Pour faciliter**
 - Une dissémination collective et non laboratoire par laboratoire
 - Les échanges entre experts
- **Pour permettre , venant de l'interne de la communauté PEPR et de l'externe**
 - Les sollicitations
 - Les collaborations
- **Identifier des points forts et lacunes qui pourront alimenter une prospective nationale structurée avec le packaging comme sujet central pour alimenter dans le futur**
 - Un PEPR packaging ?
 - Des AAP et AMI spécifiques?

LEVER DES VERROUS

Sur des développements d'intérêt collectif

- Trois modalités possibles pour contribuer au développement d'intérêt collectif
 1. Les membres d'ACPAC / les partenaires industriels contribuent sur leurs ressources propres car ils y ont un intérêt scientifique/ technique.
 2. Auquel cas des ressources CDD pourront être financées par le budget ACPAC ,
 - Avec primauté aux sujets dont les développements packaging ont une portée la plus collective
 - Ces ressources ne peuvent être déployées que chez les membres académiques d'ACPAC
 3. Les membres d'ACPAC / les partenaires industriels vont chercher des financements ensemble (AAP, AMI, partenariats, ...)



LEVER DES VERROUS

- **Dans les projets du PEPR**
 - **Trois modalités possibles pour que la communauté ACPAC contribue aux développements packaging des PCs**
 1. Les ressources nécessaires seront apportés par les PCs
 2. Un membre d'ACPAC contribue pour partie sur ses ressources propres car il y a un intérêt scientifique/technique
 3. Des ressources CDD sont financées par le budget ACPAC ,
 - Avec primauté aux PCs dont les développements packaging ont une portée collective
 - Ces ressources seront déployées là elles semblent le plus efficaces
 - Chez un membre des PCS / Chez un membre d'ACPAC qui s'implique



Animation de la communauté

Rappel des objectifs

- **Identification de la communauté ACPAC présentant des expertises et moyens en packaging**
 - Pour se connaître et travailler ensemble
 - Pour répondre à des sollicitations académiques et industrielles
 - Pour répondre aux besoins des projets ciblés du PEPR électroniques
 - Pour travailler sur des sujets communs (reprise de contacts, substrats hétérogènes, éco-responsabilité,...)
- **Ouverte aux industriels**
 - Propositions de formations continue ou d'axe de formations
 - Propositions de projets communs ou participations aux projets
- **Pérenne au-delà du PEPR**
 - Animation tous les ans de la communauté

1 ères journées de la communauté française du packaging

- **Mise en place d'un rendez-vous annuel**

- 2024 : **14 et 15 mai**, LAAS-CNRS, Toulouse
- 2025 : FEMTO-ST, Besançon
- 2026 : CEA LETI, Grenoble
- 2027 :

- **Sur le modèle des groupes experts Renatech**

- Découverte et organisation de la communauté
- Échanges sur les bonnes pratiques
- Présentations techniques
- Mise en place d'actions collectives
-

- **Les industriels sont invités à y participer**



1 ères journées de la communauté française du packaging

LAAS-CNRS – Toulouse

14 mai

A partir de 9H

Accueil et possibilités de visites de la plateforme du LAAS

13H30 – 17H30

Point sur l'AC-PAC,

État d'avancement de la base de données

Pause

Échanges et partage d'expériences sur l'organisation des réponses aux sollicitations

17H30 : Possibilité de visite de la plateforme

15 mai

9H-12H30

Synthèse des besoins des PCs / mise en place des moyens

Pause

Point d'étape des GTs sur les sujets d'intérêt collectif

13H30 -16H00

Sujets ouverts proposés par la communauté

Synthèse

16H00 : Possibilité de visite de la plateforme

Posters de présentations des expertises et moyens Packaging disponibles dans les laboratoires/plateformes

1 ères journées de la communauté française du packaging

LAAS-CNRS – Toulouse

- Inscription gratuite : Date limite 7 mai
 - <https://sites.laas.fr/registration/journée-nationale-du-packaging>
- Visites salle blanche sur pré-inscription
- Impression des posters possible par le LAAS
 - Date limite : 7 mai
 - Template du PEPR disponible sur le site
- Restauration du workshop assurée par l'ACPAC .
- Proposition de diner le 14 au soir (financé par les participants)



Base de données Packaging nationale



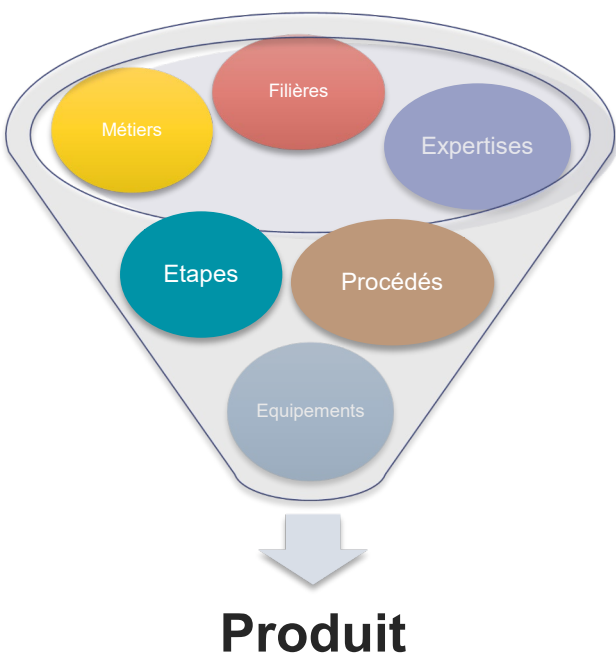
Rappel des objectifs

- **Structuration de la présentation des expertises et moyens**
- **Faciliter la dissémination et les échanges**
- **Permettre le soutien aux sollicitations**
- **Mettre en place des collaborations**
- **Alimenter une prospective nationale structurée pour que le Packaging soit en lui-même un sujet d'étude financé dans des projets**

Méthodologie : définitions

- **Constat initial :**

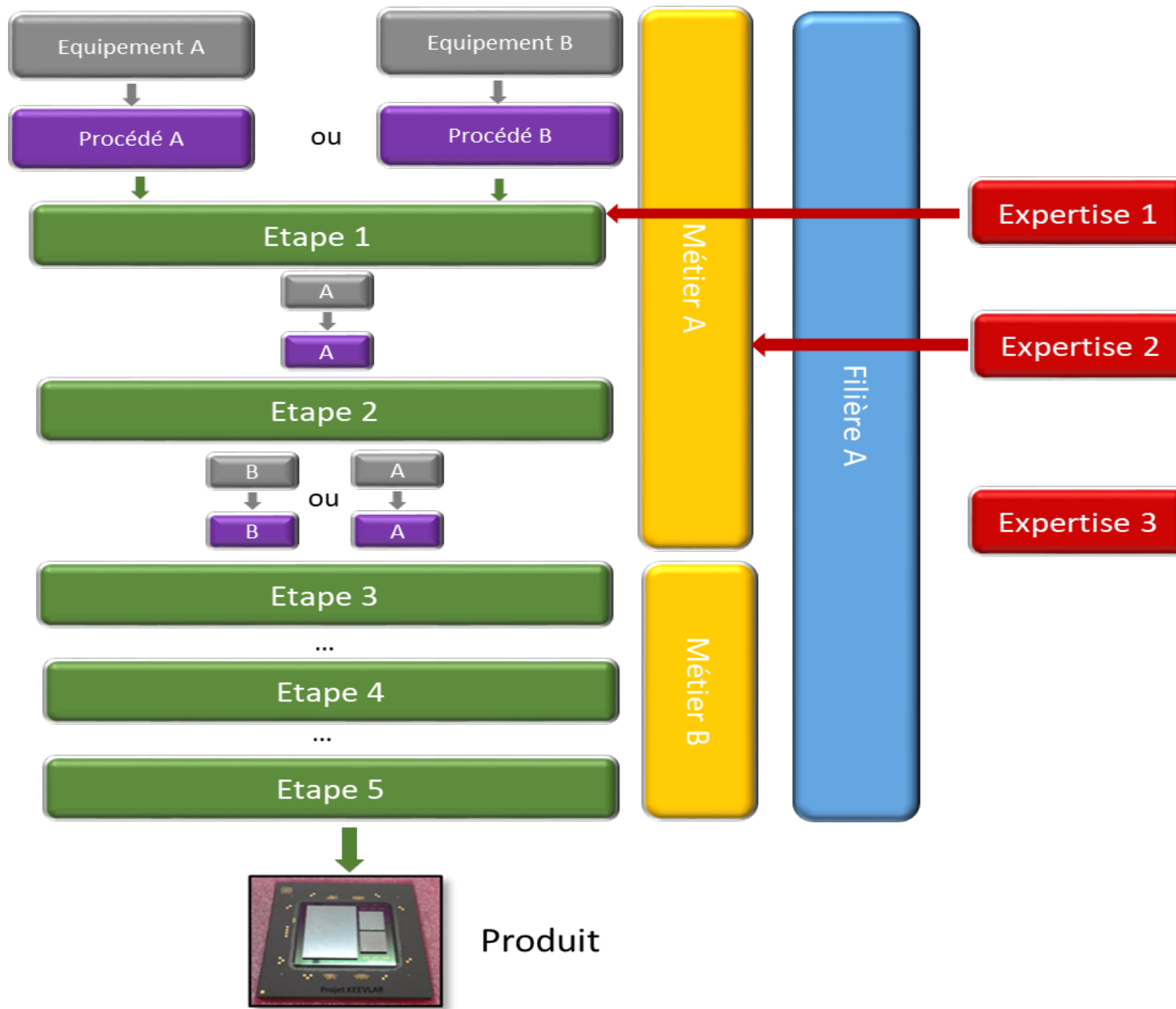
- Les différents laboratoires ne parlent pas le même langage !
- Nécessité de faire un peu de sémantique...



Terme	definition
Filière	Ensemble d'étapes permettant la réalisation d'un objet ou d'une fonction complète
Métier	Ensemble d'expertises et d'équipements utilisés pour réaliser les filières. Un métier est constitué de plusieurs étapes et peut être commun à plusieurs filières.
Expertise	Ensemble de compétences, idéalement au niveau de l'état de l'art international, dans un domaine particulier.
Etape	opération élémentaire constitutive de la filière. L'étape ne peut pas être divisée en sous-étapes.
Procédé	Moyens techniques permettant de réaliser l'étape. Il peut y avoir un seul procédé ou plusieurs pour réaliser une étape
Equipement	outil permettant de réaliser le procédé

Méthodologie : exemple

Exemple d'un process flow de packaging





Résultats BDD version 1.1

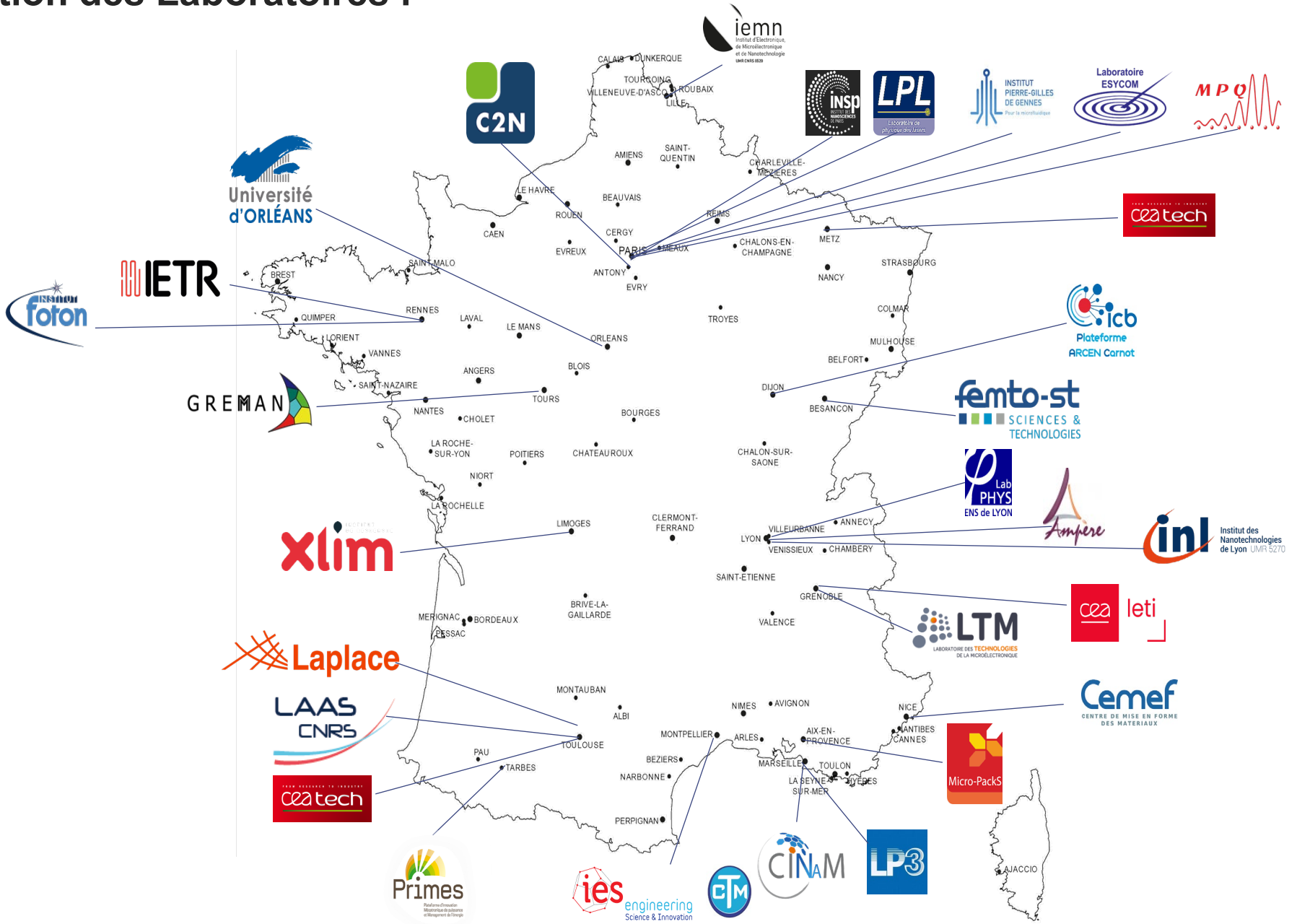
- La base de donnée initiale – version 1.1 :
 - Format EXCEL partagé
 - Structuration en 4 onglets :
 - Filières – expertises
 - Métiers / étapes / procédés
 - Simulations / Conception
 - Formations
- Envoi début mai 2023 aux 32 laboratoires identifiés lors du montage
- Synthèse réponses en février 2024 :
 - **25 labos sur 32**
 - **Ajouts de 4 labos non identifiés au départ**
 - **Total de 29 labos ou plateformes intégrés dans la base**
- Résultats présentés aujourd'hui sur la base de ces réponses



Résultats BDD version 1.1



Localisation des Laboratoires :



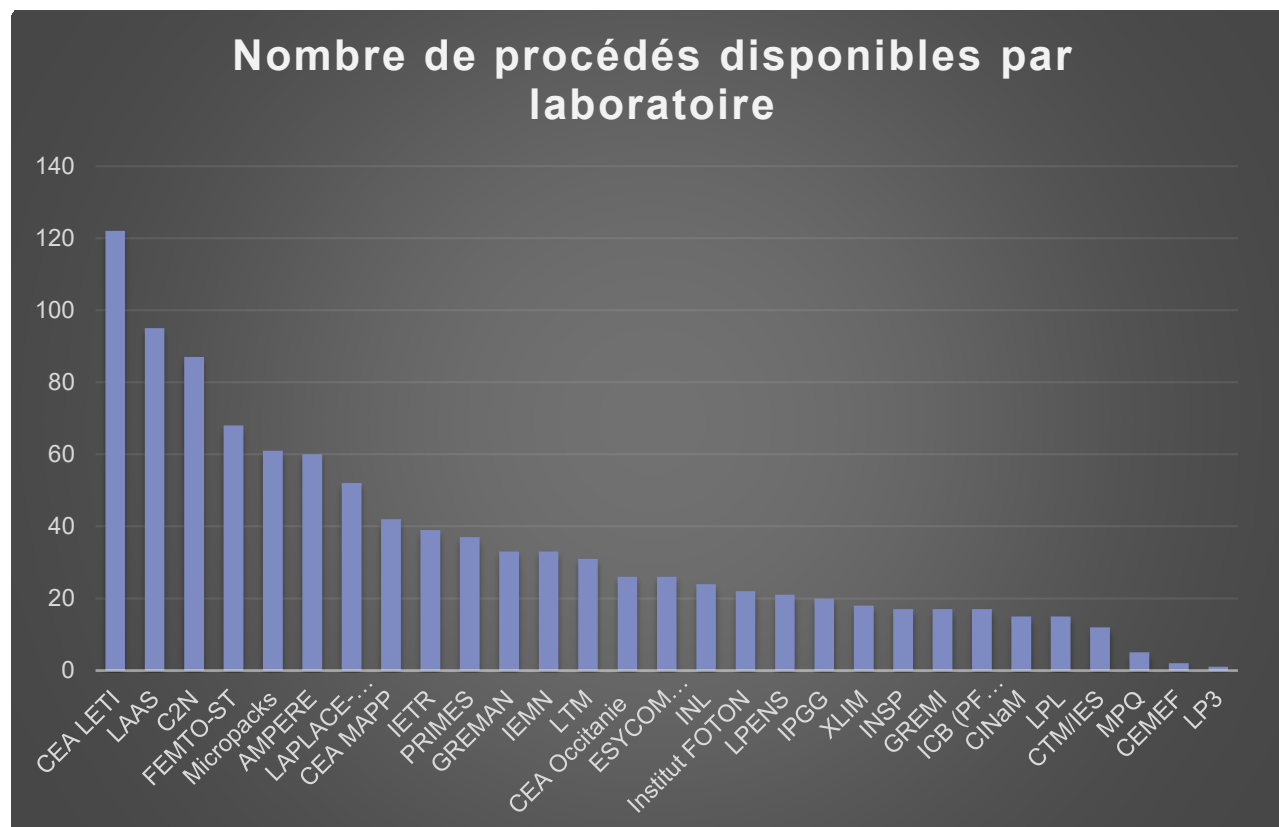


Résultats BDD version 1.1

Résultats globaux

- 29 laboratoires / 1018 procédés identifiés
- 53 Filières réparties en 6 domaines
- 9 métiers différents / 34 étapes clefs
- 10 spécialités en simulation / conception
- 20 formations

Domaines couverts par les filières
Photonique / optique
MEMS/NEMS/MOEMS/Acoustique
Micro nano pour la bio
Puissance / énergie
RF
Micro nano électronique / spintronique

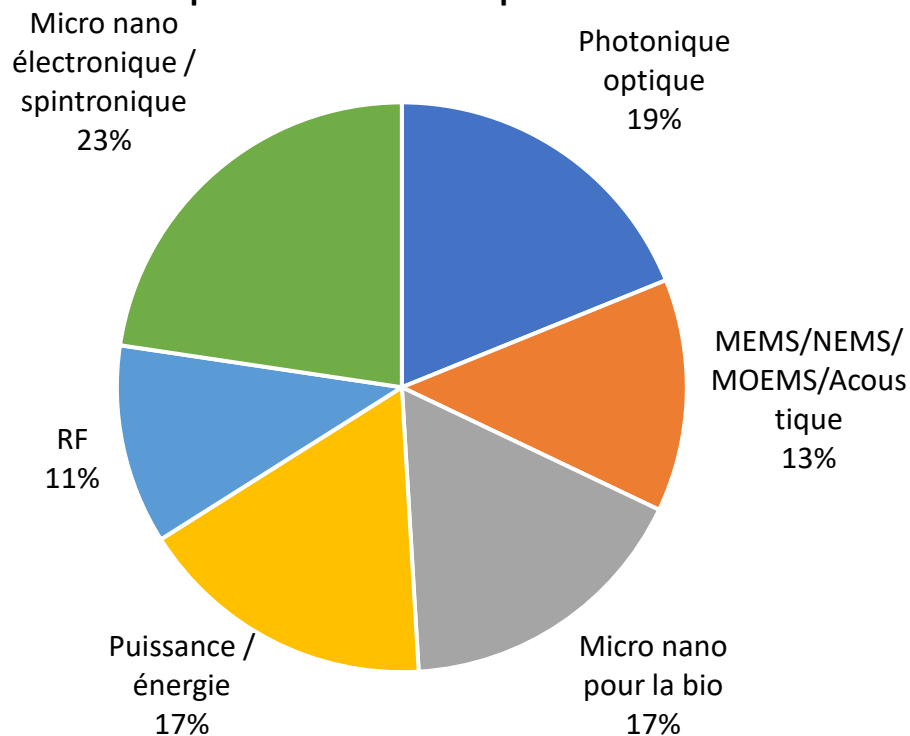




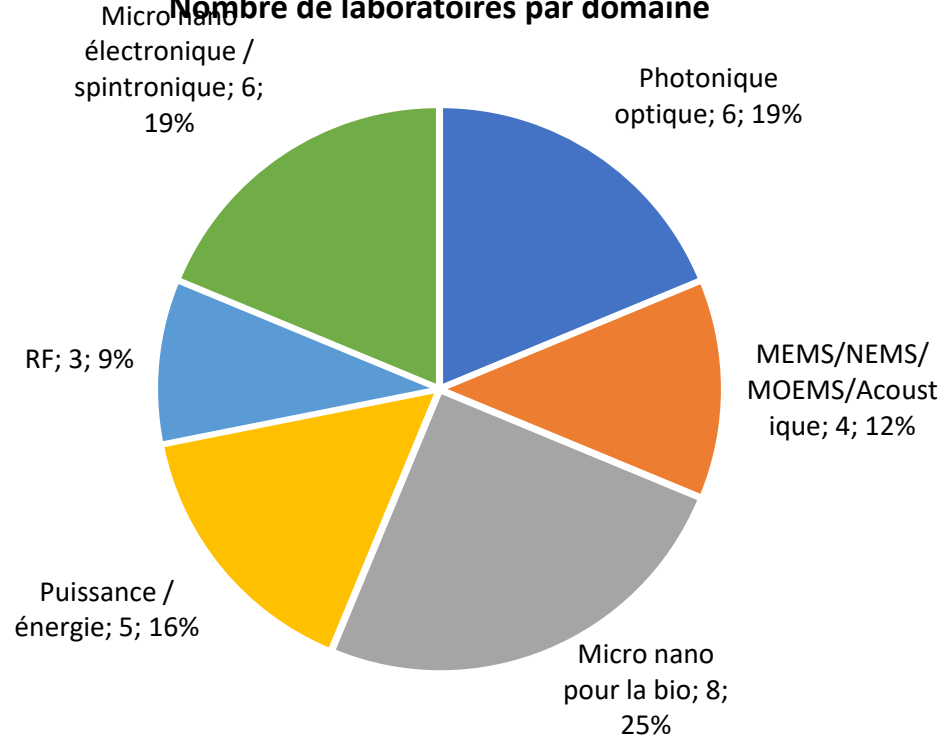
Résultats BDD version 1.1

- **Résultats affinés : filières / expertises**
 - 53 Filières réparties en 6 domaines
 - 21 laboratoires proposent des filières complètes
 - Positionnement thématique des laboratoires

Répartition des filières par domaine



Nombre de laboratoires par domaine

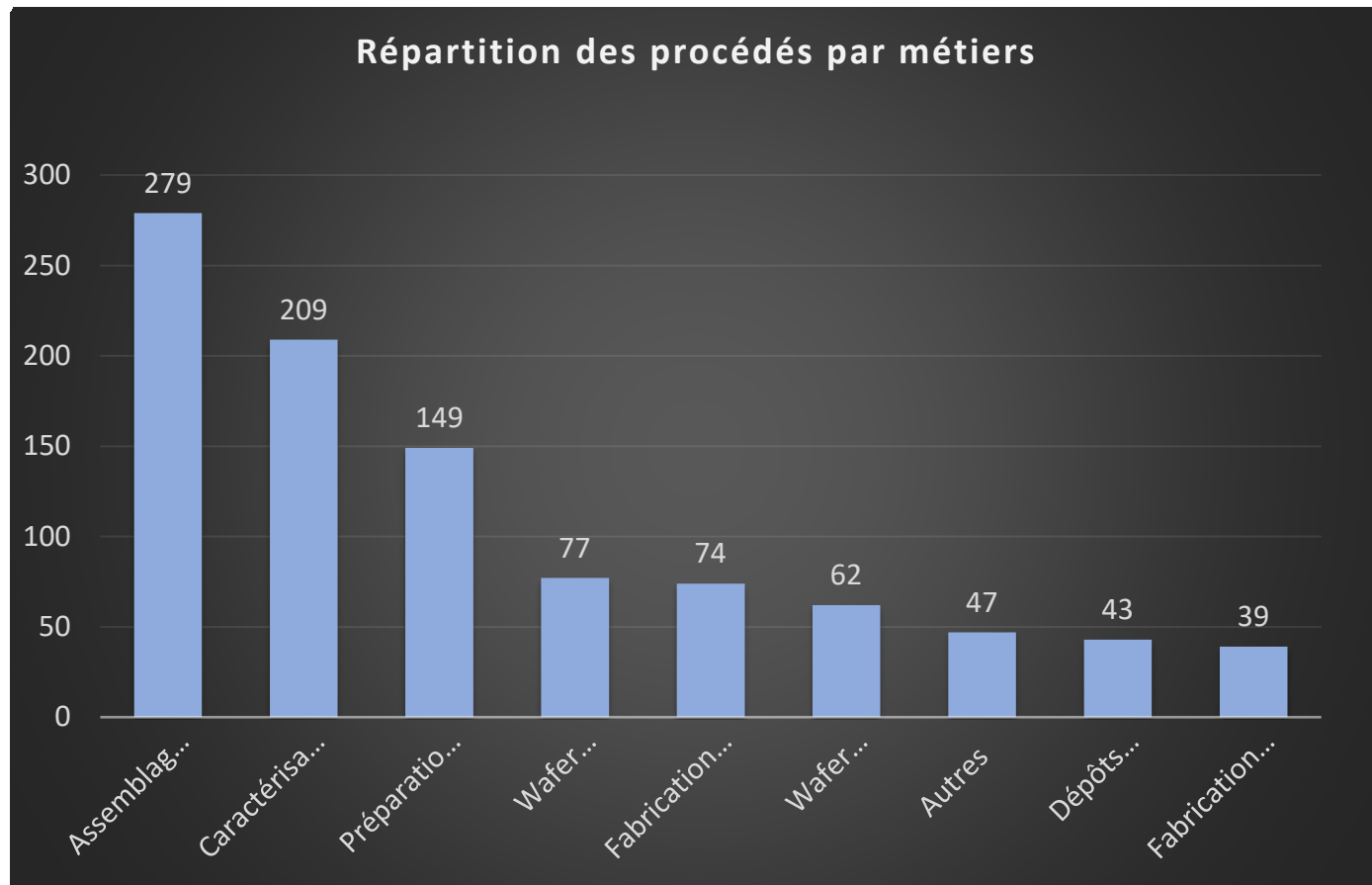




Résultats BDD version 1.1

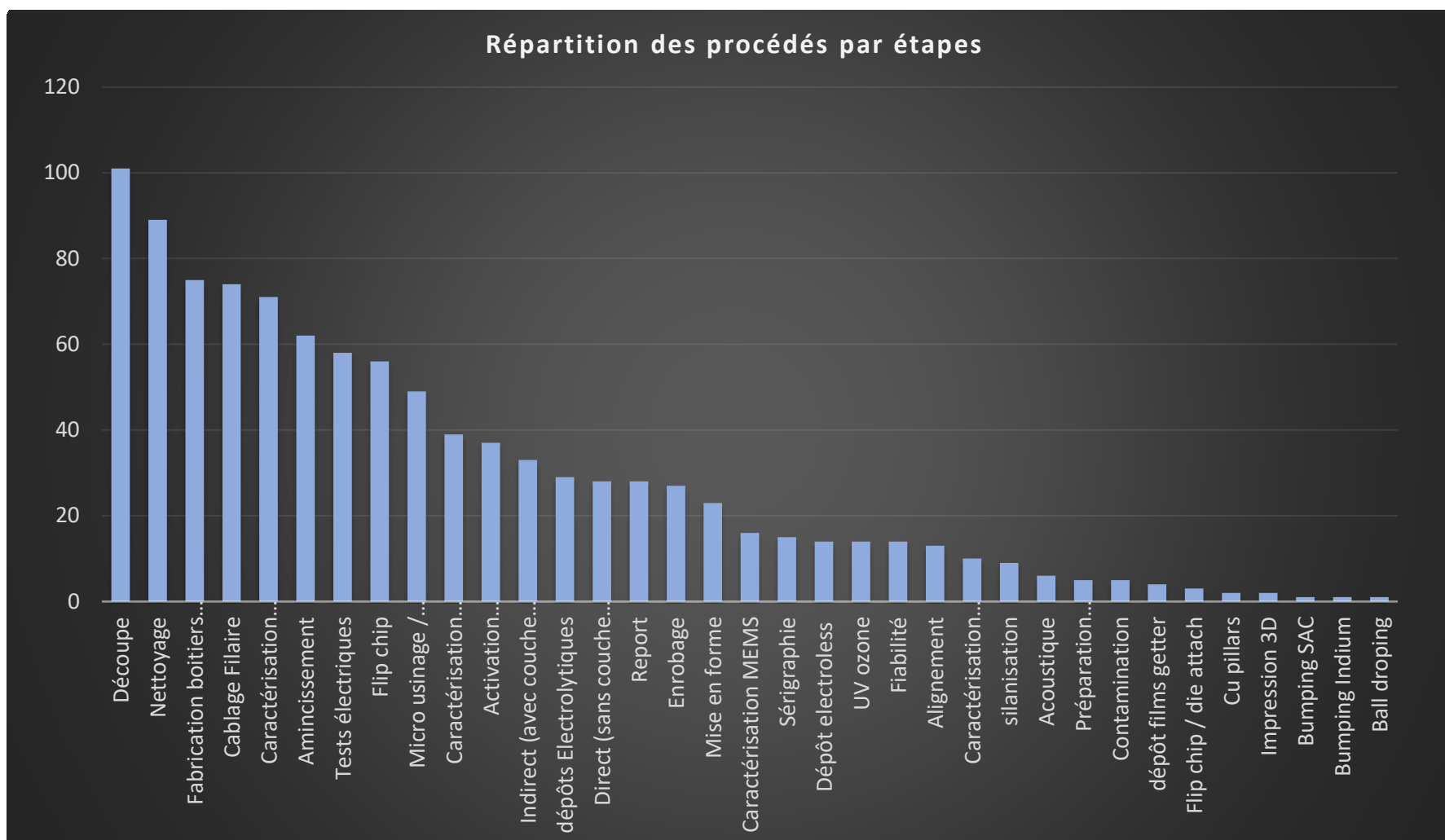
- Résultats affinés : Répartition des procédés par métiers
 - 9 Métiers
 - 1018 procédés

Métiers
Assemblage de composants
Caractérisation / test
Préparation des substrats/composants
Wafer bonding
Fabrication boîtiers & substrats
Wafer Level packaging
Autres
Dépôts métallique par voie humide
Fabrication interconnexions



Résultats BDD version 1.1

- **Résultats affinés : répartition des procédés par étapes**
 - 34 étapes clefs
 - 1018 procédés

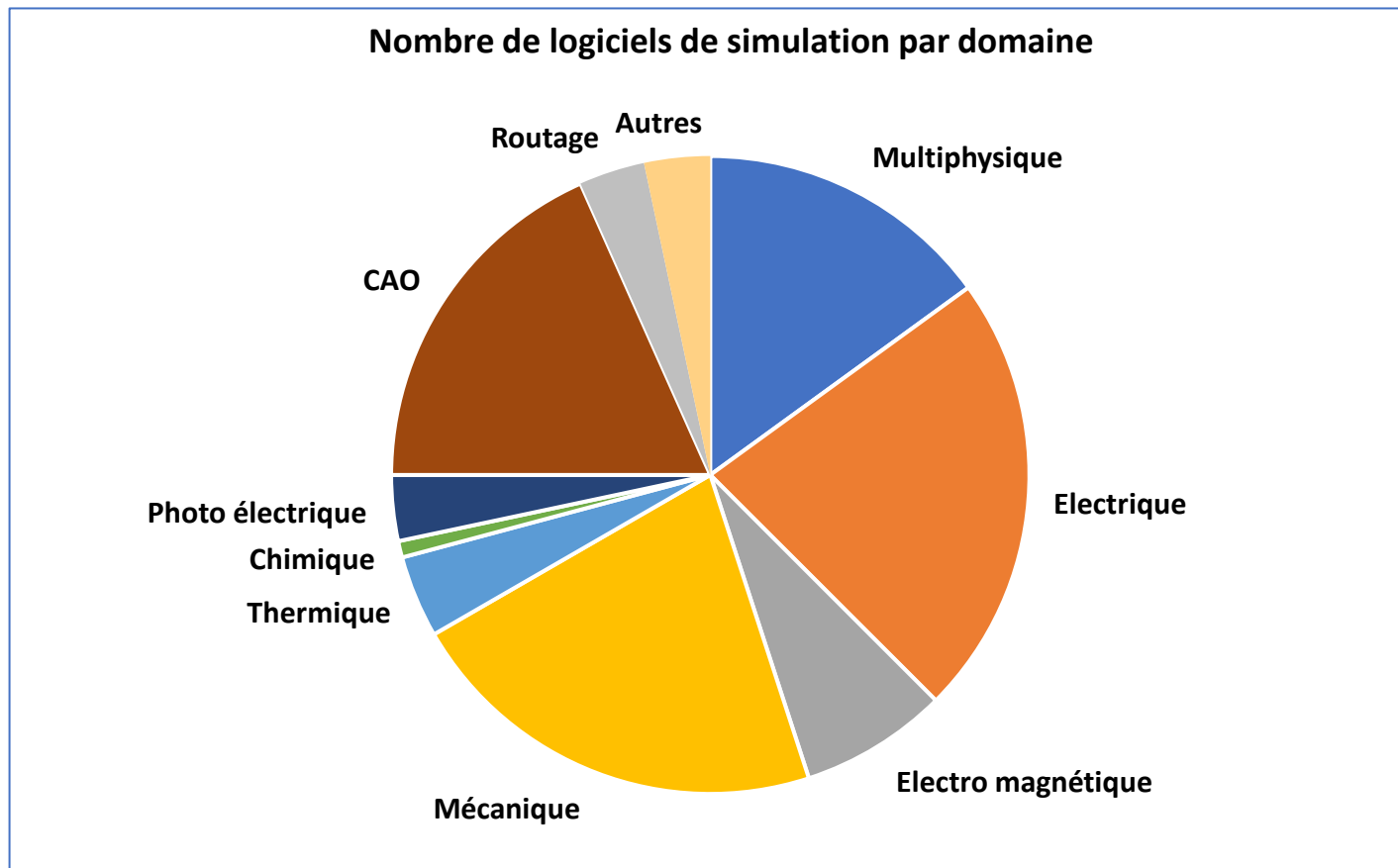




Résultats BDD version 1.1

- Résultats affinés : simulation / conception
 - 22 labos sur 29
 - 10 spécialités
 - 120 licences

Type de simulations / conception
Multiphysique
Electrique
Electro magnétique
Mécanique
Thermique
Chimique
Photo électrique
CAO
Routage
Autres



Résultats BDD version 1.1

- **Résultats affinés : Formations**
 - 13 laboratoires impliqués dans 20 formations
 - Public : étudiants & entreprises

Laboratoire	Formation
LAAS	Introduction aux techniques de packaging
AIME Toulouse	Enseignements de la micro-électronique (composants électroniques, microsystèmes et nanotechnologies)
LAAS	Techniques spécifiques de packaging
CTM IES Mpt	Enseignements de la micro-électronique (composants optoélectroniques, microsystèmes et nanotechnologies)
IPCMS	Enseignement de la nanofabrication
FEMTO-ST	Wafer bonding
FEMTO-ST	Microusinage du verre
C2N	Circuits hyperfréquences : conception, mesure et mise en oeuvre pratique
LPENS	Introductions aux techniques de micro/nano-fabrication et packaging
FOTON	Initiation aux procédés de microcablage
IETR	Fabrication en salle blanche et test de composants électroniques de type: MOSFET, OFET, MEMS
IETR	Fabrication de composants électroniques imprimés sur substrat flexible et 3D
AMPERE	Formations en plastronique 3D
Ampère	Packaging en électronique de puissance
CINaM	Enseignement micro et nanofabrication
LPL-USPN	Electronique Optique et Nanotechnologies
LP3	Impression par technique laser LIFT
LP3	Interaction laser - matière
IPGG	Introduction à la microfluidique
IPGG	Microfluidique pour les systèmes biologiques



Résultats BDD version 1.1

- **Limites de la BDD version 1.1:**
 - Pas d'identification des équipements
 - Pas de notion d'opérabilité / disponibilité des équipements :
 - L'équipement est-il maintenu / qualifié ?
 - Si oui est il operable moyennant une formation limitée ?
 - Pas de notion de contraintes d'accès —> l'équipement est-il ouvert à l'extérieur ou operable uniquement par le labo ?



Résultats BDD version 1.2

- Intégration des équipements : en cours
 - Version 1.2 partagée entre tous les labos sur Talkspirit
 - Un onglet équipement par labo
 - Les correspondants AC PAC des labos renseignent les équipements pour chaque procédé

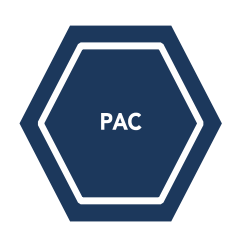
	Toulouse	LAAS					
ETAPES ÉQUIPEMENTS	granier@laas.fr	Op : équipement maintenu, qualifié et opérable Acc : Equipement accessible pour une demande extérieure (conditions à discuter entre le labo et le demandeur)					
	scharlot@laas.fr						
	renatech@laas.fr						
	https://lms.laas.fr/WebForms/Equipment/EquipmentList.aspx	pour information détaillées cliquer sur les liens	Op	Acc	pour information détaillées cliquer sur les liens	Op	Acc
Etapes	Nombre d'équipements	description équipement 1			description équipement 2		
Amincissement	1	Escil	X	X			
	1	PM5					
	1	Grinder G&N	X	X			
Alignement	2	AMMS P1	X	X	Hotte KOH	X	X
	2	Suss B8	X	X	AML	X	X
Direct (sans couche intermédiaire)	2	Suss SB6	X	X	AML	X	X
	2	Suss SB6	X	X	AML	X	X
Indirect (avec couche intermédiaire)	1	Suss SB6	X	X			
	2	Suss SB6	X	X	AML	X	X
	2	Suss SB6	X	X	AML	X	X
	2	Suss SB6	X	X	AML	X	X
Autre	2	Yamamoto Plating Set 4" and 6 "	X	X	Yamamoto Smart Cell 4 "	X	X
	2	Yamamoto Plating Set 4" and 6 "	X	X	Yamamoto Smart Cell 4 "	X	X
	1	Yamamoto Plating Set 4" and 6 "	X	X			
	1	RENA EPM 100 F	X	X			
	1	Yamamoto Plating Set 4" and 6 "	X	X			
Dépôt electroless							



Résultats BDD version 1.2

- **Intégration des équipements : en cours**
 - 13 labos sur 29 ont renseigné ou partiellement renseigné la partie équipement
 - Besoin de toutes les informations pour Q2 2024 —> idéalement 14 mai / séminaire AC PAC
 - Nécessité pour lancer la version interactive de la base
 - Rappel :

ETAPES ÉQUIPEMENTS	Responsable laboratoire ou plateforme----->	TOTAL Labo				jerome.billoue@univ-tours.fr	Op : équipement maintenu, qualifié et opérable							
	Correspondant expert technique en packaging----->						Acc : Equipement accessible pour une demande extérieure (conditions à discuter entre le labo et le demandeur)							
	Contact pour sollicitation externe	Total par procédé	Total par métier	Total par étape	Op		Acc		Op		Acc			
	Lien vers liste des équipements				Op	Acc	Op	Acc	Op	Acc	Op	Acc		
Etapes	Procédés	39			Nombre d'équipements	description équipement 1		description équipement 2		description équipement 3		description équipement 4		
Amincissement	Polissage mécano chimique	1			1									
	amincissement mécano chimique	0												
	Amincissement mécanique (grinding)	1			1									
	Amincissement Si par DRIE ou chimique (KOH , HNA)	1	3		1									
Alignement	Alignement wafer/wafer	0		0										
Direct (sans couche intermédiaire)	anodique	0												
	fusion	1			1									
	Surface activated	0		1										
Indirect (avec couche intermédiaire)	Thermocompression	1			1									
	Adhesive	1			1									
	glass frit	0												
	Eutectique	0												
Autre	phase liquide transitoire	0		2										
	sous pression	1	4		1									
dépôts Electrolytiques	Cuivre RDL/3D RDL	0												
	Cuivre Bump	0												
	Cuivre Via filling	0												
	Au RDL / Bump	0												
	Nickel barrière de diffusion	0		0										
Dépôt electroless	Au	0												
	Cu	0												
	Nickel barrière de diffusion	0												



Conclusions / perspectives

■ Conclusions :

- Version 1.1 de la BDD est OK
- Motivation très claire des porteurs et de certains laboratoires partenaires à travailler ensemble
- Cette première synthèse montre :
 - Une offre très large en compétences et moyens de packaging □ filières et procédés
 - Une envie des laboratoires d'élaborer une offre commune
 - Le besoin de centraliser l'information et de la garder à jour

■ Perspectives pour la base :

- Court terme / Version 1.2 (Q2 24) :
 - Ajout par les labos partenaires des équipements / opérabilité / accès
- Moyen terme (Q3-Q4 / 24) : **Si nécessaire** : version partagée et mise à jour pour utilisation par les partenaires sur base XPER 3 (open source)

Base de données Packaging nationale

- **Dissémination**

- Sur le site du PEPR
- Dans les laboratoires de l'ACPAC et leurs partenaires
- Listes de diffusions
 - AC PAC
 - PEPR
- Lors de participations à des conférences / workshops
 - Posters
 - Présentations
- Rapport de synthèse proposé à la communauté par la coordination de l'ACPAC (c'est un livrable de l'ACPAC), avant publication



Action concertée transverse



Projets d'intérêt collectif



Rappel des objectifs

- Travailler collectivement sur des projets d'intérêt collectif
- Développer des “filiales” sur des sujets d'intérêt collectif
- Démontrer que le Packaging est en lui-même un sujet d'étude qui “mérite” d'être financé dans des projets spécifiques



Projets d'intérêt collectif

- Lors des interactions précédentes trois sujets ont été identifiés

1. Re-métallisation / interconnexions sur puces nues

2. Substrats hétérogènes

3. Packaging éco-responsable



Méthodologie

- Mise en place des Groupes de travail
 - Des animateurs
 - Organisation d'échanges pour
 - Définir un/des projets sur chacun des sujets
 - Lancer des actions entre les partenaires sur les ressources existantes et/ou l'aide RH de l'ACPAC
 - Monter des projets pour aller chercher des financements
- **Points d'étapes lors de Workshops ACPAC ou à la demande**



Re métallisation / interconnexions sur puces nues

- Mise en place du GT
 - A partir des résultats du sondage
 - En séance finaliser les rôles
 - Qui anime
 - Qui participe

	Re-métallisation	
	Participe	d'accord pour animer le groupe
Catalin CONSTANTI...	✓	✗
BUTTAY Cyril	✓	✗
IZOULET	✓	✗
Wilson Maia	✓	✗
SABON Philippe	✓	✗
Casanova Adrien	✓	✗
ALLONCLE Patricia	✓	✗
Emmanuel Marcault	✓	✗
Sylwester Bargiel	✓	✗
Charlot Samuel	✓	✗
GRANIER Hugues	✓	✗
Thomas BARON	✓	✗
David HENRY	✓	✓
AKLAMAVO WILFR...	✓	✓



Re métallisation / interconnexions sur puces nues

- Tour de table rapide sur l'expression des besoins
 - Expression des demandeurs (sans doute industriels)
- Tour de table rapide sur qui a déjà une expérience
 - LAAS sur puces unitaires : spray coating + ouverture des pads en lithographie laser + PVD
 - ??



Substrats hétérogènes

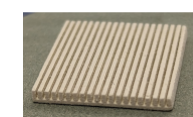
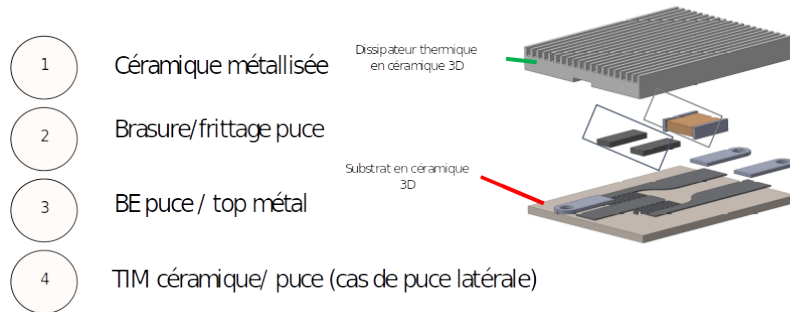
- Mise en place du GT
 - A partir des résultats du sondage
 - En séance finaliser les rôles
 - Qui anime
 - Qui participe

	Substrats hétérogènes	
	Participe	d'accord pour animer le groupe
Laurent Barreau	✓	✗
Régis Delsol	✓	✗
Casanova Adrien	✓	✗
ALLONCLE Patricia	✓	✗
Emmanuel Marcault	✓	✓
Sylwester Bargiel	✓	✗
SEASSAL Christian	✓	✗
Catalin CONSTANTI...	✓	✗
CELINE Chevalier	✓	✗
Patrick Pittet	✓	✗
Charlot Samuel	✓	✗
GRANIER Hugues	✓	✗
Thomas BARON	✓	✓
Frederic Zamkotsian	✓	✗
IZOULET	✓	✗
Wilson Maia	✓	✗
Maxime HARNOIS	✓	✗

Substrats hétérogènes

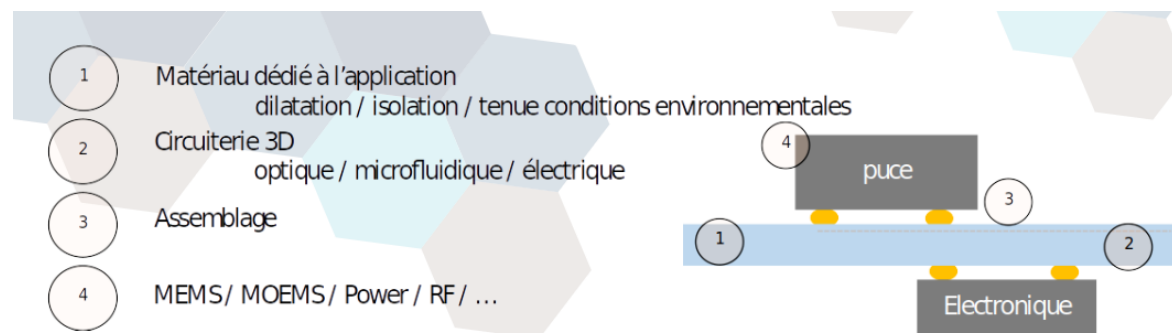
• Tour de table rapide sur l'expression des besoins / de ce qui est envisagé par ceux intéressés

Étapes clés pour le packaging céramique et hybride céramique



• Expression des demandeurs

- Environnement particulier
- Céramique, verre ou autres
- Électronique, optique, fluïdique, et autres





Substrats hétérogènes

- Tour de table rapide sur qui a déjà une expérience
 - CEA Occitanie (Régis Delsol) : Impression 3D de substrat céramique hétérogène
 - Nano Lyon (Patrick Pittet et Céline Chevalier) : développement d'une filière Micro transfert printing
 - LAAS (Samuel Charlot) : Substrats polyimide
 - AMPERE (Philippe Lombard) : Projet Packaging Electronique sur Polymère Biosourcé avec Recyclage Avancé – PEPoBioRA
 - FEMTO-ST : Assemblage substrats, usinage 3D du verre



Packaging éco-responsable

- Mise en place du GT

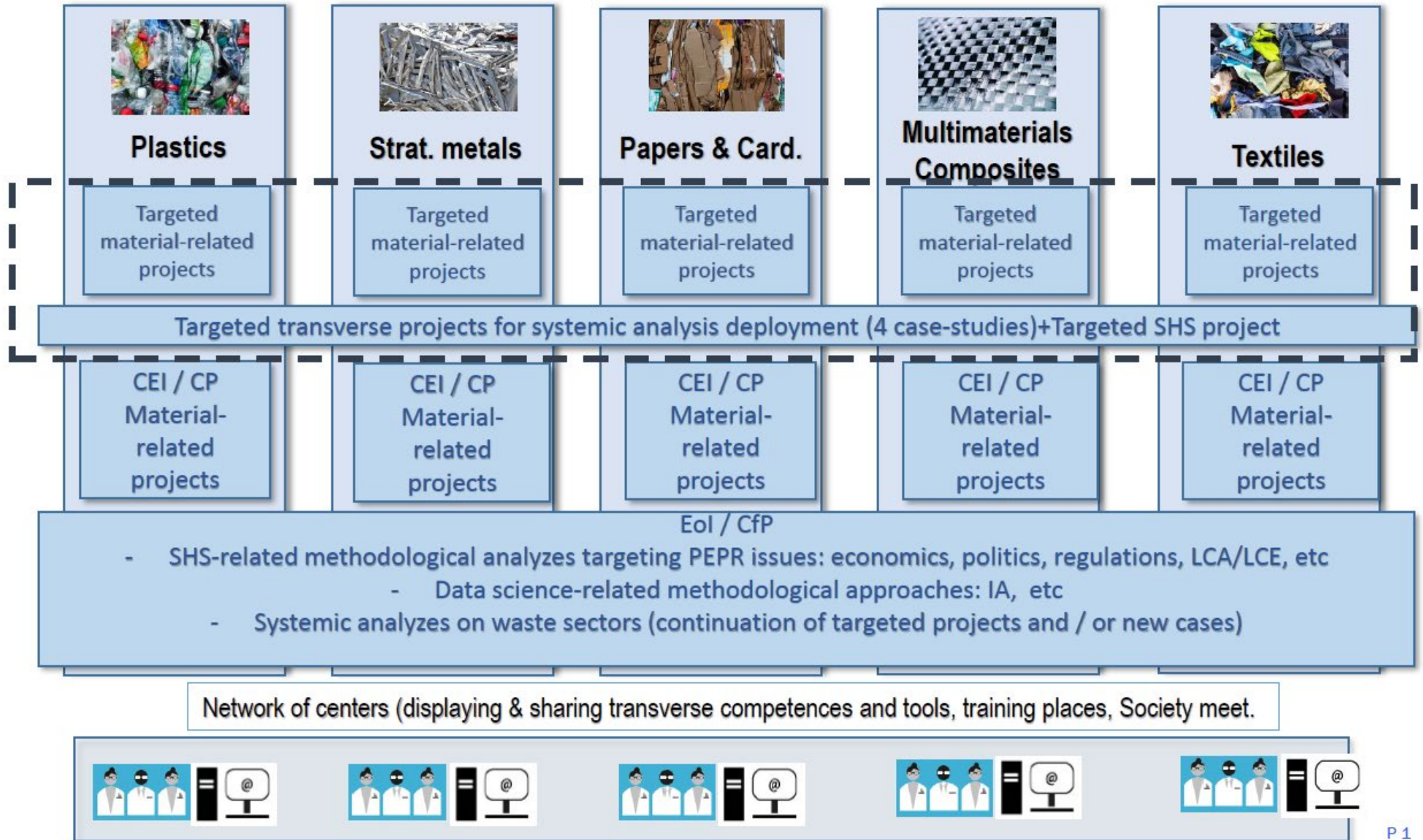
- A partir des résultats du sondage
- En séance finaliser les rôles
 - Qui anime
 - Qui participe

Packaging éco-responsable	
Participe	d'accord pour animer le groupe
AKLAMAVO WILFR...	✗
Maxime HARNOIS	✗
BUTTAY Cyril	✗
Casanova Adrien	✗
ALLONCLE Patricia	✗
Wilson Maia	✗
SABON Philippe	✗
Laurent Barreau	✗
Catalin CONSTANTI...	✗
Paul-Etienne VIDAL	✗
Thomas BARON	✗
GRANIER Hugues	✓
Karim Inal	✓



Packaging éco-responsable – PEPR Recyclabilité-recyclage, ré-utilisation des matières

UNE DECLINAISON MATRICIELLE DES PROJETS/AXES DE RECHERCHE





Packaging éco-responsable

- Tour de table rapide sur l'expression des besoins
 - Expression des demandeurs

- Tour de table rapide sur qui a déjà une expérience
 - AMPERE (Philippe Lombard) : Projet Packaging Electronique sur Polymère Biosourcé avec Recyclage Avancé – PEPoBioRA
 - Mines Paris PSL (Karim Inal) : projet ECOpac
 - Contacts avec le PEPR recyclage (Solene Touze)



Soutien aux PCs du PEPR

5 projets ont exprimé un besoin



Rappel des objectifs

- Travailler collectivement sur les aspects packaging des PCs pour obtenir des démonstrateurs aussi avancés que possible.
- Développer des “filiales” sur les sujets portés par les PCs soutenus
- Démontrer que le Packaging est en lui-même un sujet d'étude qui “mérite” d'être financé dans des projets spécifiques



Méthodologie

- 5 PCs ont sollicité l'ACPAC au travers de l'AMI
- Les demandes ont été diffusées à la communauté ACPAC pour commencer à identifier où sont les compétences
- Aujourd'hui
 - Présentation (20mn max par PC) des 5 PCs et échanges avec la communauté
 - Pour préciser qui pourrait s'impliquer par PC
- D'ici le 14-15 mai
 - Echanges projet par projet pour préciser les actions et besoins précis
- 15 mai
 - Restitution et affectation des CDD ACPAC identifiés

COMPTERA

1. COMPosants électroniques pour l'imagerie TERAhertz.

- Faire de l'imagerie TeraHertz avec des **composants photoniques** semi-conducteurs intégrés sur silicium
- Besoins exprimés
 - a) Intégration sur un support mécanique
 - b) Câblage haute fréquence
 - c) Accès optique sur packaging
- Quels membres de la communauté ont des compétences ?
 - Sur la BdD on semble identifier (à confirmer/compléter pour les besoins spécifiques du projet)
 - LETI, LAAS, FEMTO, LPENS, FOTON, LP3

OFCOC

2. Optical Frequency Combs On a Chip

- Peignes de fréquence intégrés, large bande, robustes, fiables et miniaturisés sur une plateforme entièrement à base de semi-conducteurs pour des capteurs
- Besoins exprimés
 - a) Collage assisté par **polymère de wafers**
 - b) collage de coupon par **MicroTransfer Printing**
- Quels membres de la communauté ont des compétences ?
 - Sur la BdD on semble identifier (à confirmer/compléter pour les besoins spécifiques du projet)
 - a) LAAS, FEMTO,
 - b) INL



L'électronique pour la conversion



OFCOC



Séminaire interne du PEPR Électronique - Les avancées scientifiques
18/20 mars 2024 - Grenoble

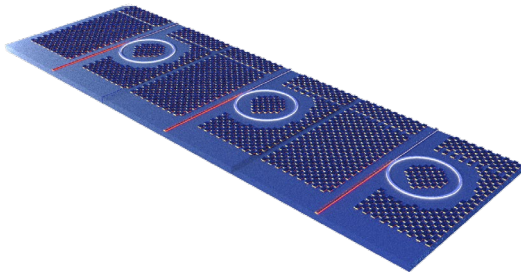




Packaging photonique

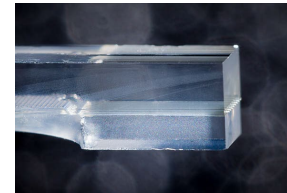
Chip photonique

- Épaisseur caractéristique (100-600 μ m)
- Dimensions latérales \sim cm
- Différents types terminaisons:
 - Butt-coupling
 - Vertical couplers (grating)
- Caractéristiques de guides fluctuantes (Mode field diameter, espacements...)
- Compatibilité besoins spécifiques (thermalisation, couplage électrique, encapsulation, μ fluidique...)



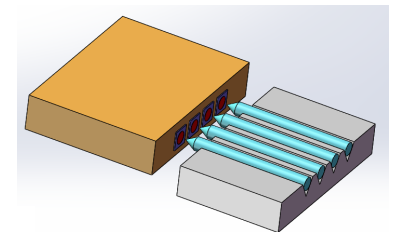
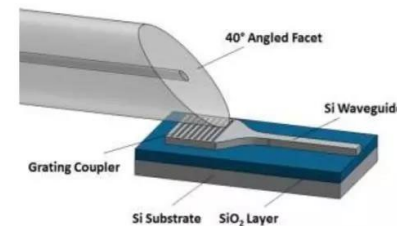
Plateforme de couplage standardisée?

- Standardiser les terminaisons de PICS
- Adaptation d'un substrat hôte à la chip et au coupleur
- Banc avec alignement sous injection



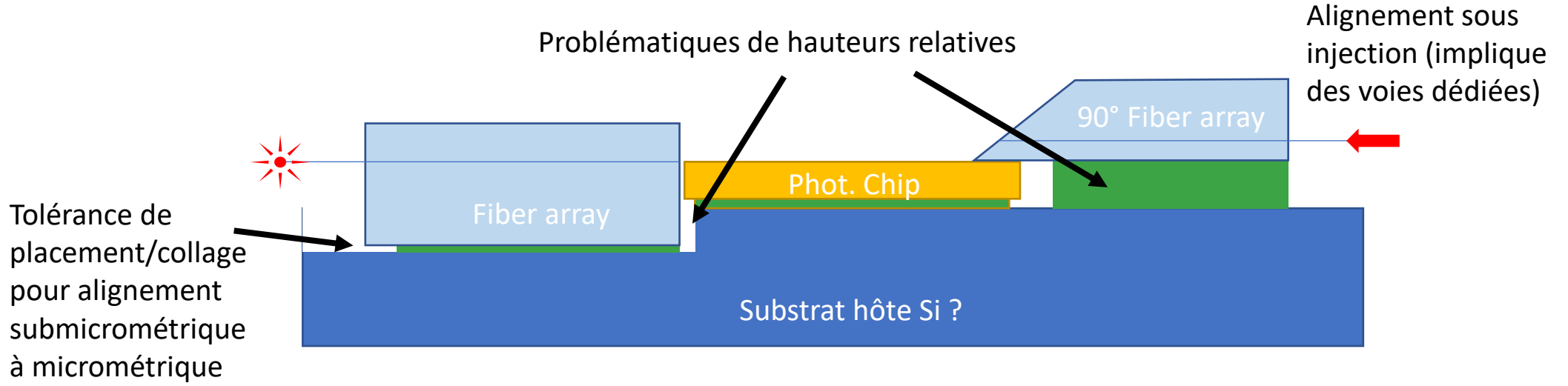
Solutions commerciales d'accès fibre

- Différents fabricants: Corning, Phix, Meisu, SQS,
- Différentes technologies :
 - Fibre simple ou array
 - couplage dans le plan ou à 90°
 - Fibres lentillées ou facetée à 45° ...

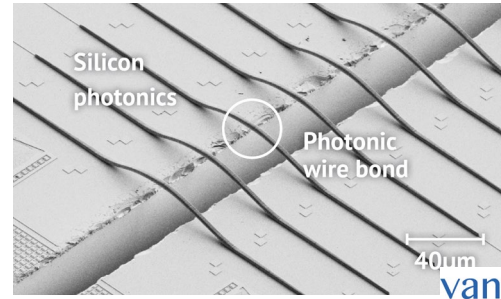




Packaging photonique



- Pas d'acteur académique vraiment identifié à notre connaissance?
- Y a-t-il des perspectives d'achats d'équipements lourds (FiconTEC « align&attach », Vanguard (synthèse additive) ?
- Possibilité de développements home-made à FOTON, si pas d'acteur identifié et si soutien RH



vanguard AUTOMATION



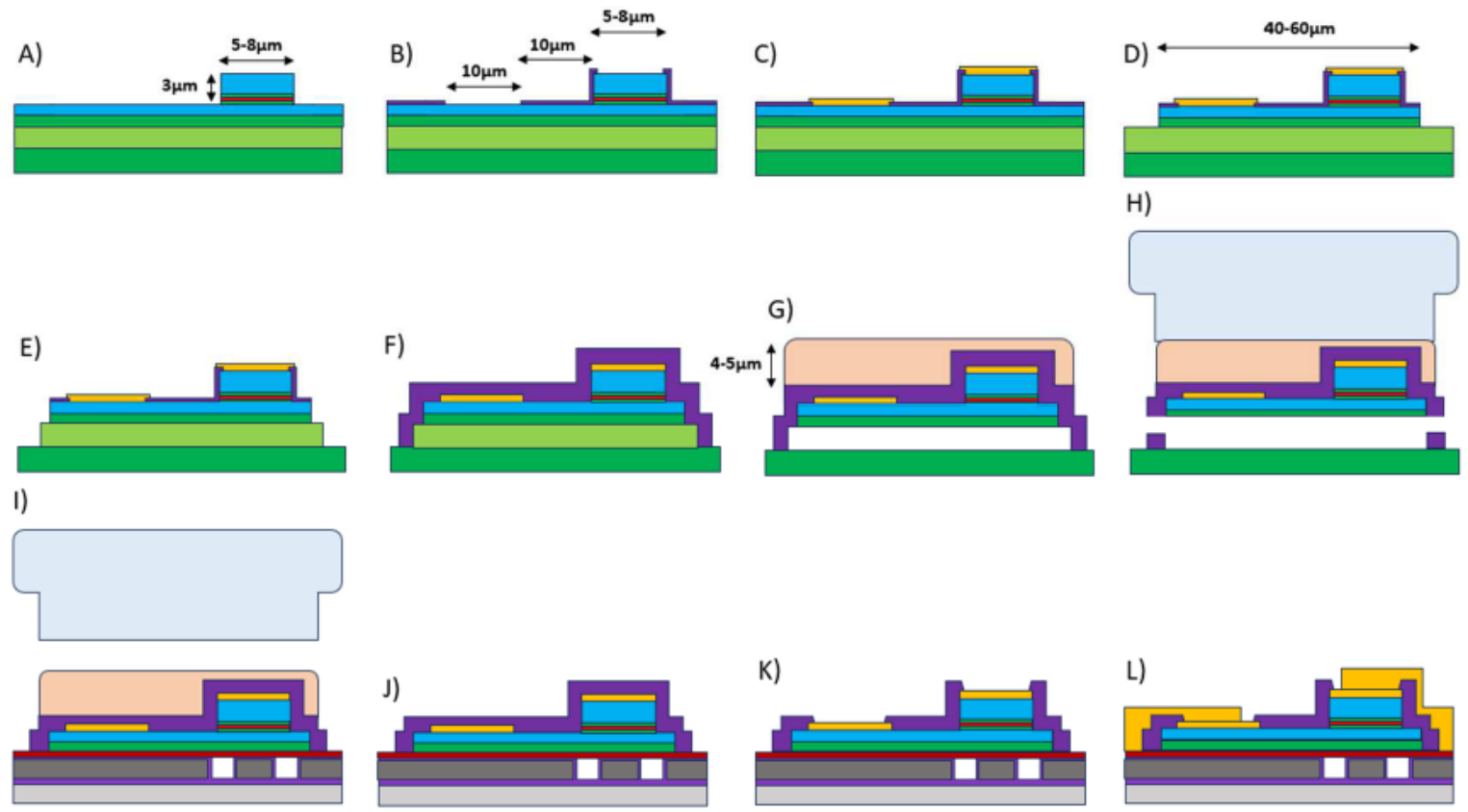
L'électronique pour la conversion



L'électronique pour la conversion



INTÉGRATION PAR MICRO TRANSFER-PRINTING DE LA SOURCE ICL



■ AISb/InAs super-réseau
 ■ GaSb
 ■ InAsSb
 ■ Au
 ■ Si₃N₄
 ■ Zone active
 ■ SiGe
 ■ BCB
 ■ PDMS
 ■ Résine



PROGRAMME DE RECHERCHE ÉLECTRONIQUE

Séminaire interne du PEPR Électronique - Les avancées scientifiques
18/20 mars 2024 - Grenoble



PROGRAMME DE RECHERCHE ÉLECTRONIQUE

Séminaire interne du PEPR Électronique - Les avancées scientifiques
18/20 mars 2024 - Grenoble





L'électronique pour la conversion



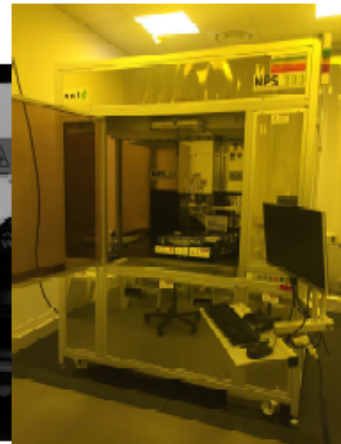
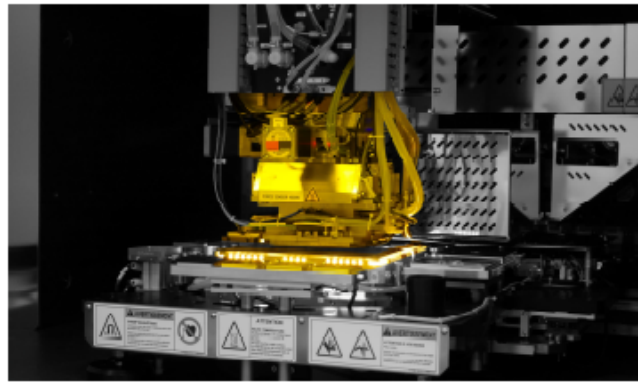
L'électronique pour la conversion

INTÉGRATION PAR MICRO TRANSFER-PRINTING DE LA SOURCE ICL



INL acteur NIL avec NPS300 # flip chip bonding @ <math><1\mu\text{m}</math>

Tolérance de positionnement **submicrométrique** à micrométrique.



PICK



PLACE

Développement nécessaire : matériau, process, filière...



**Besoin
manpower**



Séminaire interne du PEPR Électronique - Les avancées scientifiques
18/20 mars 2024 - Grenoble

Séminaire interne du PEPR Électronique - Les avancées scientifiques
18/20 mars 2024 - Grenoble





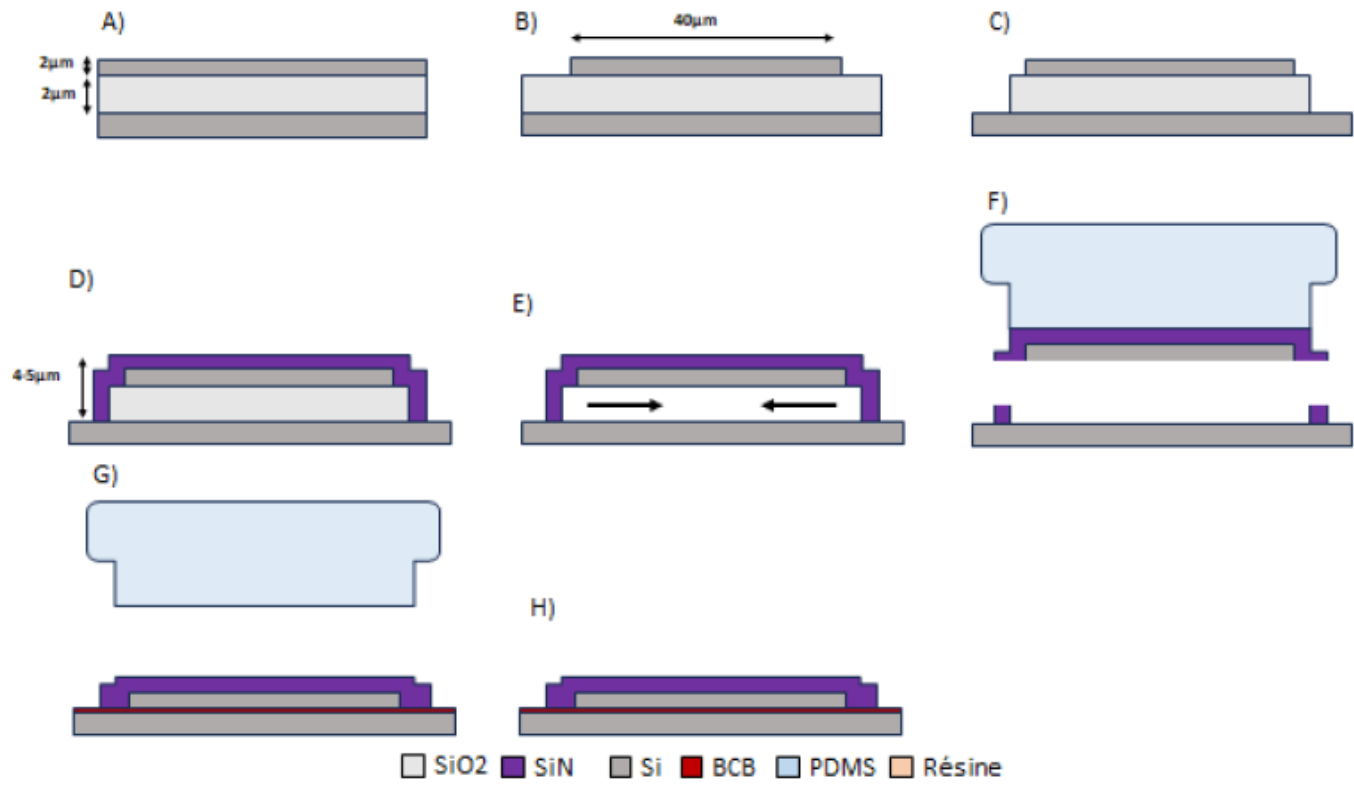
L'électronique pour la conversion



L'électronique pour la conversion



Tests en cours de validation



Séminaire interne du PEPR Électronique - Les avancées scientifiques
18/20 mars 2024 - Grenoble



Séminaire interne du PEPR Électronique - Les avancées scientifiques
18/20 mars 2024 - Grenoble



OROR

3. Opto-RF pour la cOnvergence électRonique photonique :

- Composants optiques pour le transport de l'information dans le domaine RadioFréquence (RF). 3 types de composants (i) les sources laser verticales à 1,5 μ m, (ii) les modulateurs intégrés III-V sur silicium, (iii) les oscillateurs optoélectroniques ultra-intégrés pour applications 6G et géo-positionnement
 - a) Besoins exprimés : mettre chacune des briques dans des boîtiers, avec les accès optiques et électrique avec des connecteurs standard
 - a) Packaging **photonique**
 - b) Gestion thermique et technologies associées III-V
 - c) Packaging électronique (hyperfréquence et DC)
 - d) Packaging opto-thermo-électro-mécanique d'un prototype
 - b) envisager un système qui intègre toutes les briques
- Quels membres de la communauté ont des compétences ?
 - Sur la BdD on semble identifier (à confirmer/compléter pour les besoins spécifiques du projet)
 - a) LETI, LAAS, FEMTO, LPENS, FOTON, LP3
 - b) Besoin de plus de précisions
 - c) Besoin de plus de précisions
 - d) Besoin de plus de précisions

VERTIGO

4. Vertical GaN for High Voltage :

- Transistors pour l'électronique de puissance utilisant une géométrie verticale permettant de gagner en densité de courant et d'accompagner la montée en tension
- Besoins exprimés
 - a) Métallisation performante et compatible avec l'intégration en environnement PCB
 - b) Encapsulation** compatible avec une intégration PCB
- Quels membres de la communauté ont des compétences ?
 - Sur la BdD on semble identifier (à confirmer/compléter pour les besoins spécifiques du projet)
 - a) Besoin de plus de précisions sur "performante"
 - b) LETI, GREMAN, Ampère, LPL, LAAS, FEMTO, PRIMES

PEPR Électronique
ACTION CONCERTÉ PACKAGING
Projet Ciblé VERTIGO

Demande de soutien
Pseudo puces métallisées en vue de leur intégration
« PCB »

Contexte – Résumé du projet

- Le projet Vertigo vise l'obtention de puces GaN verticales de calibre 1200V/50A
- La tâche 5 vise la proposition d'une technologie de packaging en vue d'une optimisation des propriétés **Electro-thermo-mécaniques** :

Éléments considérés

- Identification des limites thermiques de composants réalistes au niveau du packaging
- Proposition d'un (pré-)packaging « manipulable » **incluant les interconnexions**
- Identification des impacts du packaging sur la caractéristique dynamique des composants

Des objectifs « packaging » multi domaines

THERMIQUE	ELECTRIQUE	MECANIQUE
En statique Résistance thermique	« ON » Résistance d'accès	Evaluation du maintien du composant
En dynamique Impédance thermique transitoire $Z_{th}(t)$	« OFF » Résistance d'isolation Courant de fuite I(v) Tension de rupture PDIV...	Effet du cyclage et T_{jmax}
Evaluation T_{jmax}	En dynamique inductance d'accès Capacités parasites	

La métallisation autour de la puce et son adaptation à l'isolation du package est un élément critique !!

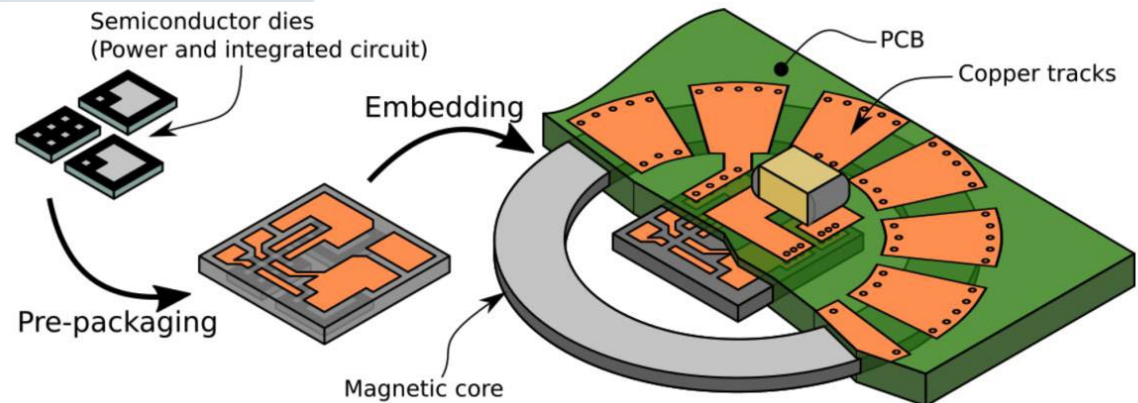
- 100pF et dv/dt 100V/ns → **Ic=10A**
- 4,5A/ns → **4,5V/nH** dans la maille de commande

Besoins pour assurer la compatibilité avec une intégration PCB

• Pourquoi le cuivre ?

- Compatible avec une recharge galvanique → procédé de fabrication des PCB
- Fort produit densité X capacité thermique → inertie thermique
- Haute conductivité électrique et thermique → transfert thermique et électrique
- Épaisseur compatible avec une ablation laser de FR4 : → marge de sécurité

Matériau	Densité relative μ [kg.m ⁻³]	Capacité thermique massique C_p [J.K ⁻¹ .kg ⁻¹]	Produit Densité-capacité thermique μC_p [J.K ⁻¹ .m ⁻³]	Conductivité Thermique λ [Wm ⁻¹ k ⁻¹]	Conductivité Électrique σ [S.m ⁻¹]	Performance relative Selon les 3 derniers critères %
Al	2700	897	2421,9.10 ³	237	35,7. 10 ⁶	26,24%
Cu	8960	385	3449,6.10³	385	58,8.10⁶	100%
Au	19300	129	2489,7.10 ³	318	45,45.10 ⁶	46,08%
Ag	10500	238	2499. 10 ³	429	63. 10 ⁶	86,5%



Quels véhicules de test ?

- Des pseudo-puces en Si, en SiC ou en GaN produites par un des partenaires de l'AC PAC :
 - **Des pseudo-puces conductrices et pseudo-puces isolantes serait l'idéal**
- Puces commerciales verticales (SiC par exemple)
- Puces issues du projet VERTIGO

Quelles voies évoquées ?

- Dépôt par sputtering de cuivre épais $> \text{qq } \mu\text{m}$ possible au Laplace : TiCu
- Voie humide par métallisation chimique (electroless)
- Dépôt de structures Cu/Al par voie ultrasonique

Planning envisagé :

- **T0** : Recrutement d'un Post-doctorant
- **+1 mois** : Définition des composants représentatifs et étude bibliographique des voies possibles, renforcement des liens entre laboratoires intervenants sur cette thématique.
- **+2 mois** : Approvisionnement en composants représentatifs, dépôts avec les bâtis existants sur des composants déjà approvisionnés (IGBT et Diodes Si 1200V/90A basse résolution des métallisations).
- **+4 mois** : Enfouissement de composants et test de reprise galvanique
- **+6 mois** : Comparatif des performances des trois voies, proposition de méthodes de tests
- **+7 mois** : Réception des pseudo-puces et masquage chez les partenaires identifiés pour obtenir la résolution adaptée
- **+9 mois** : Réalisation de dépôt sur les pseudo-puces, bilan des travaux et partages des connaissances, envoi des échantillons pour caractérisation chez les partenaires.

RESISTE

5. capteu**R**s microsystem**ES** electro-mécan**I**que**S** pour environnemen**T**s sévère**S**

- **Capteurs** opérants en environnements sévères ($T^\circ >$ à plusieurs centaines de $^\circ\text{C}$, corrosif, radiations, accélérations++++)
- **Besoins exprimés**
- **WP3** : accéléromètres haute étendue de mesure et haute température
 - a) « collage » ou wafer bonding étanche de deux wafers sous des conditions de pression et/ou de nature de gaz particulières
 - b) report de la puce sur une plaque d'alumine sérigraphie avec les pistes de connexion
 - c) intégration dans un boîtier titane
- **Quels membres de la communauté ont des compétences ?**
 - LAAS , FEMTO-ST, LETI



La perception numérique



RESISTE

capteurs microsystemes électro-mécaniques
pour environnements sévères

Besoins packaging WP3 PC RESISTE



+ AC PAC

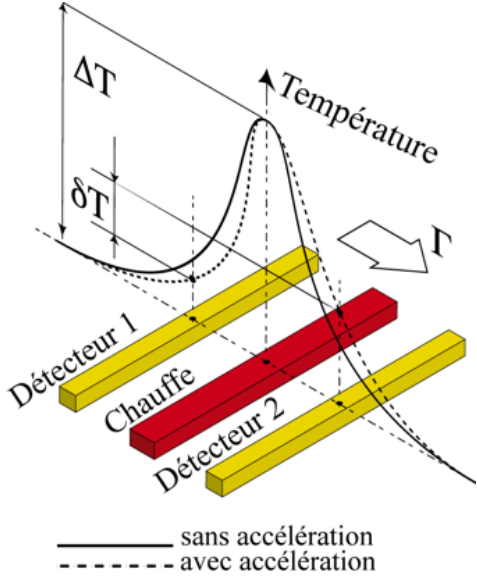
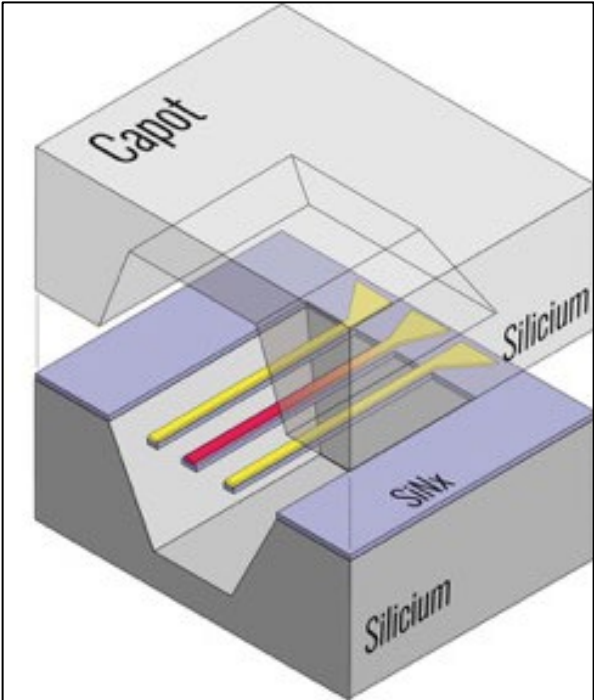


Séminaire interne du PEPR Électronique - Les avancées scientifiques
18/20 mars 2024 - Grenoble

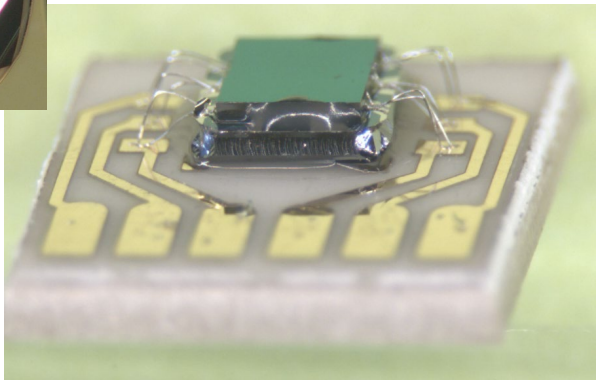
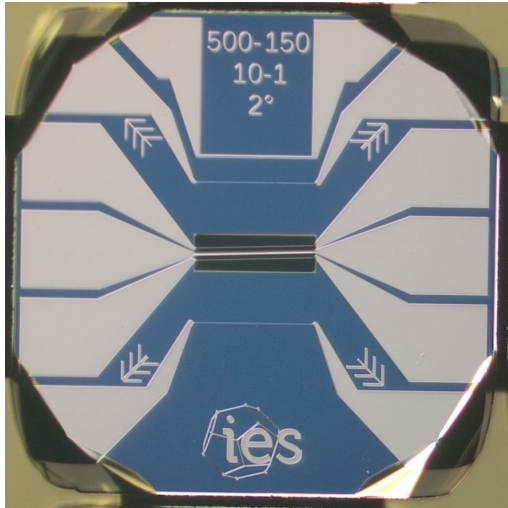




PROBLEMATIQUE: rendre étanche une cavité dans un assemblage silicium avec des fils suspendus en contrôlant la nature du gaz (N2) et la pression (1 bar). Application aux accéléromètres thermiques (mesures de chocs)



$\Delta T \text{ prop. } \Gamma$

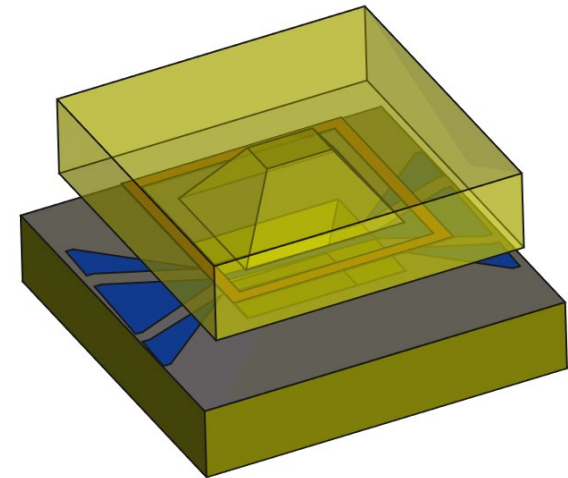
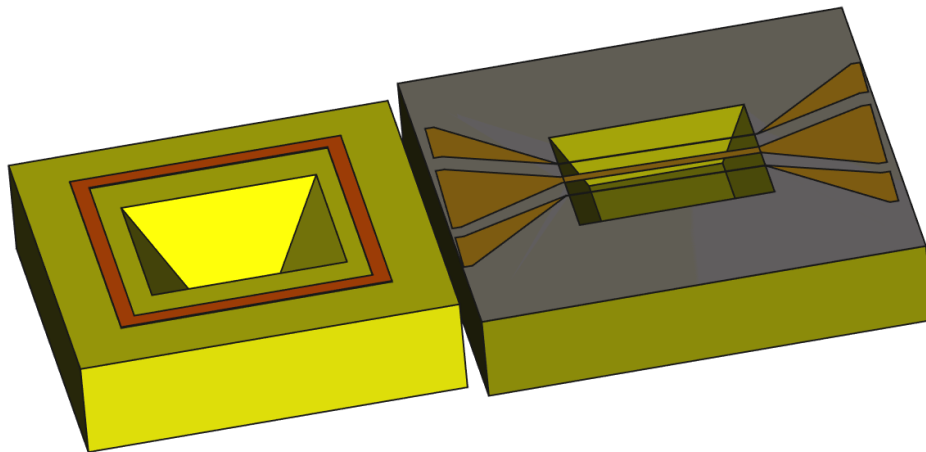


- Solutions potentielles:

- « collage » polymère, Epoxy (PermiNEX, BCB, autres?)
- « collage » eutectique Au
- autres solutions?

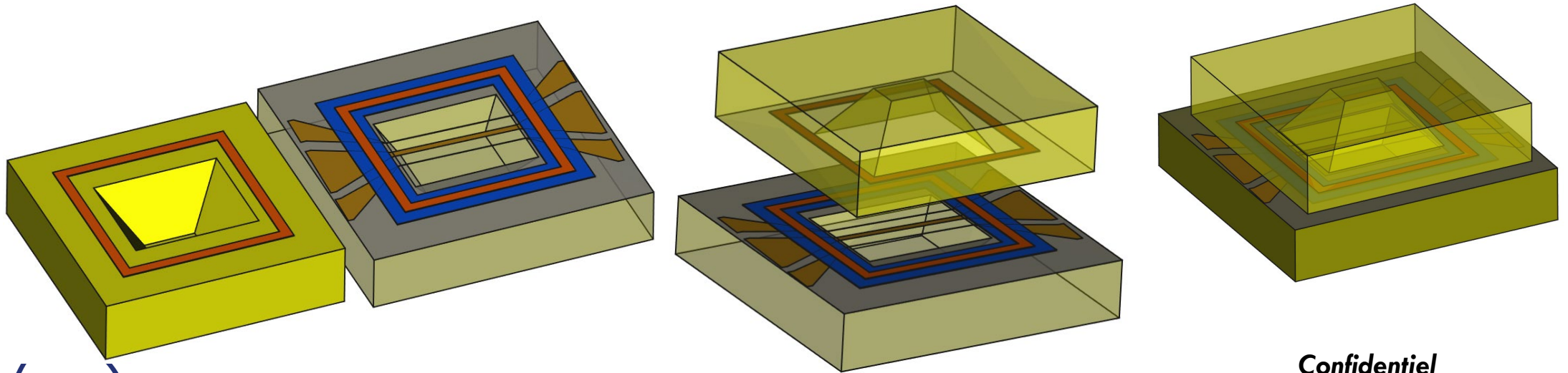
➤ « collage » polymère

- ❖ photoimageable
- ❖ 1 seul wafer impacté
- ❖ Faible T°



➤ « collage » Eutectique Au

- ❖ Nécessité d'une couche d'isolation électrique (Si_3N_4 ?) et d'un dépôt d'or résistance à la gravure KOH
- ❖ 2 wafers impactés
- ❖ Relativement hte T°





Synthèse



Actions à mener



• Communauté Packaging

- Clarifier localement l'organisation pour le soutien aux sollicitations
- Participation aux 1ères journées nationales du packaging

• Base de données

- Compléter la V1.2
- Livrable sur l'état des lieux national.

• Sujets d'intérêt collectif

- Travail des GTs
- Etat d'avancement le 15 mai

• Soutien aux PCs

- Travail par projet pour préciser les travaux à mener et les besoins CDD que pourrait apporter l'ACPAC
- Affectation des ressources CDD de l'AC PAC à la suite du workshop du 15 mai



MERCI DE VOTRE ATTENTION

Coordinateurs de l'AC PAC

Hugues Granier

Thomas Baron

David Henry

Samuel Charlot

Sylwester Bargiel

**LAAS
CNRS**

femto-st
SCIENTIFICS &
TECHNOLOGIES

cea leti



PAC



anr[®]

ANR-22-PEEL-0012 PAC