



HAL
open science

Action concertée transverse 2 èmes Journées nationales du Packaging -20-21 mai 2025 -FEMTO-ST -Besançon

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

► To cite this version:

Hugues Granier, Samuel Charlot, Thomas Baron, Sylwester Bargiel, David Henry. Action concertée transverse 2 èmes Journées nationales du Packaging -20-21 mai 2025 -FEMTO-ST -Besançon. LAAS-CNRS; FEMTO-ST; CEA-LETI. 2025. hal-05095240

HAL Id: hal-05095240

<https://laas.hal.science/hal-05095240v1>

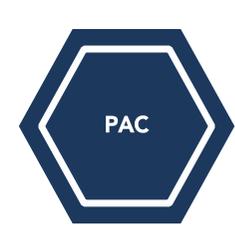
Submitted on 3 Jun 2025

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.

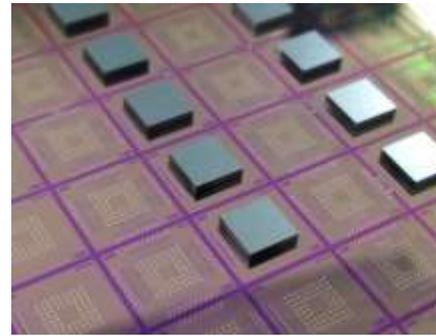
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



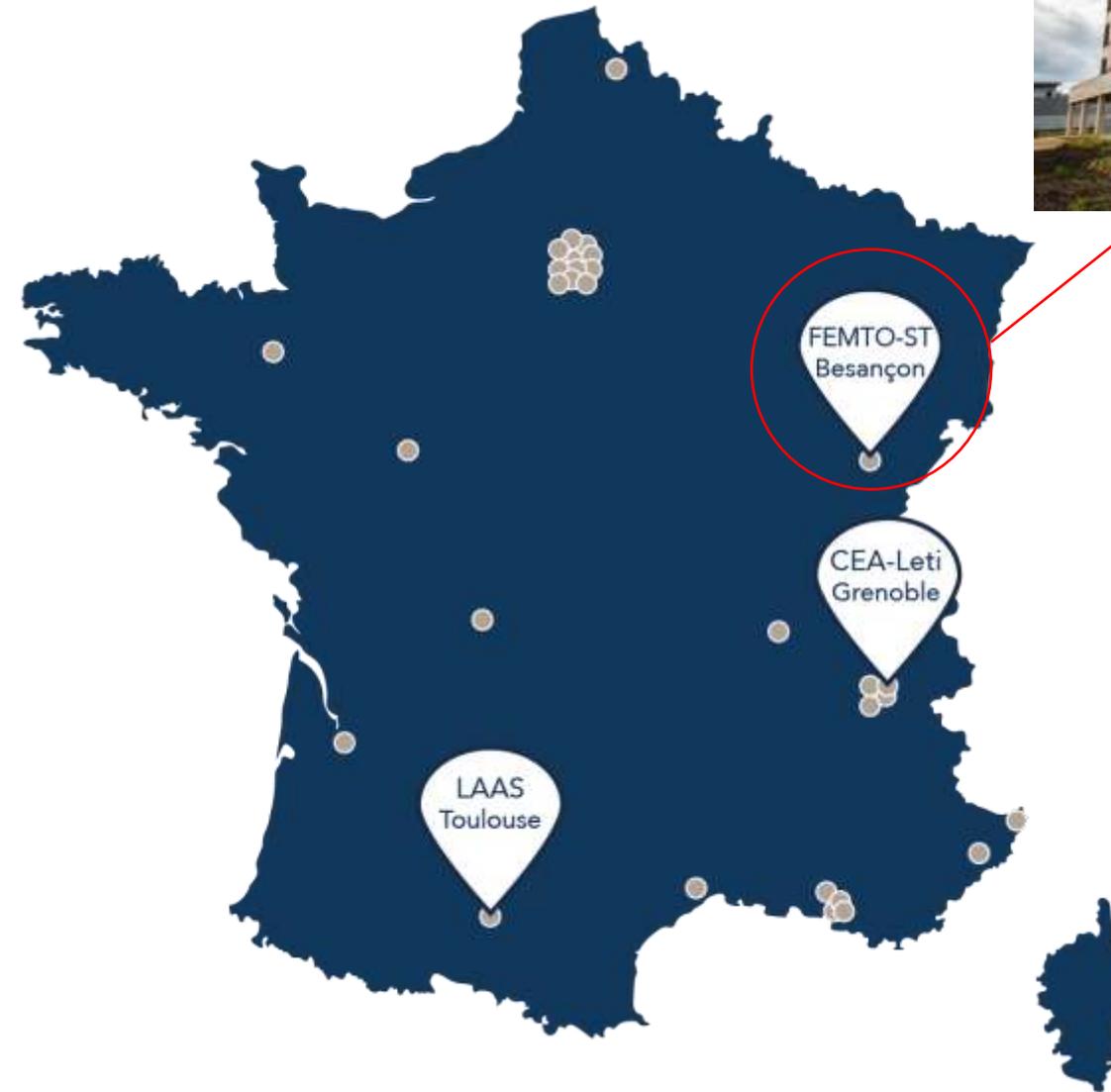
Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



Action concertée transverse



2èmes Journées Nationales du Packaging 20/21 mai 2025

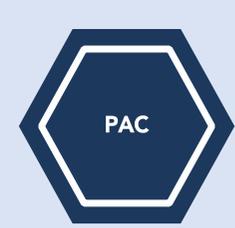


BIENVENUE

Coordinateurs de l'AC PAC

Hugues Granier Thomas Baron David Henry
Samuel Charlot Sylwester Bargiel





Accueil – 20 mai 2025

- **T. Baron / S. Bargiel**
 - Présentations de FEMTO-ST
 - Visites des plateformes

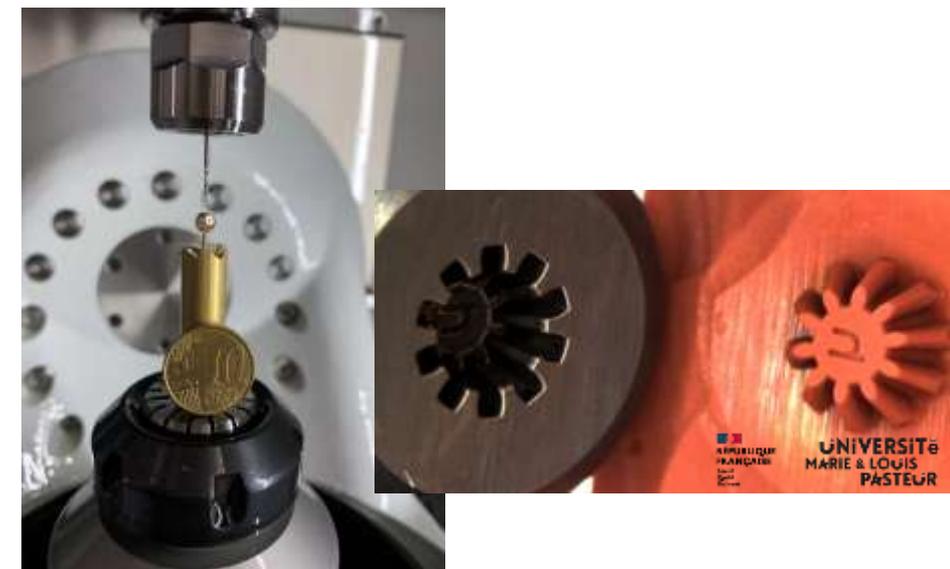
- Slides de présentations de FEMTO-ST

Visite des plateformes – 20 mai 2025

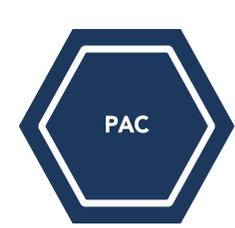
- Deux groupes
 - RdV à 10h à l'accueille JNPAC
 - Groupe 1 : MIMENTO > MIFHYSTO
 - Groupe 2 : MIFHYSTO > MIMENTO
- Fin de visites : 11h30



Plateforme de Micro/nano technologie (MIMENTO)



Plateforme de Micro fabrication mécanique et traitement de surface (MIFHYSTO)



Visite des plateformes – 20 mai 2025

- Groupe 1 : MIMENTO > MIFHYSTO

1	ALLONCLE	ANNE PATRICIA
2	Bonnat	Grégoire
3	Braud	Flavie
4	BUTTAY	Cyril
5	COMBETTES	Céline
6	CONSTANTINESCU	Catalin-Daniel
7	CORRIGOU	Stéphane
8	DEZA	Julien
9	Dubois	Emmanuel
10	DUCLoux	Olivier
11	FRUTOS	Jean-Renaud
12	Granier	Hugues

- Groupe 2 : MIFHYSTO > MIMENTO

13	GUINES	Cyril
14	Haddad	Clara
15	Le Boterf	Pascal
16	MARCAULT	Emmanuel
17	NUCITA	VALERIA
18	Perriaud	Eric
19	PETIT	Damien
20	RAJEMISAONA	Mahery
21	Souriau	Jean-Charles
22	Teisserenc	Loïc
23	Zamkotsian	Frédéric

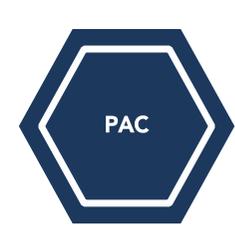


Action concertée transverse



Session posters 1

11H30-12h30

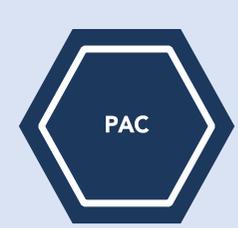


Action concertée transverse



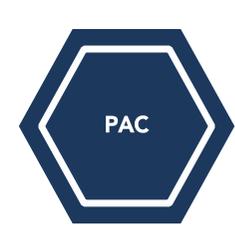
Buffet

12H30-14h00



Plénière 1

- **Rappel des objectifs d'ACPAC et leur déclinaison pratique (S. Bargiel – S. Charlot)**
- **Introduction des journées (S. Bargiel – S. Charlot)**
- **Point d'avancement ACPAC**
 - Base de données (D. Henry)
 - Avancement du soutien aux projets ciblés (H. Granier)
 - Vers le réseau Renapack (O. Ducloux)
 - ***Le soutien aux filières d'intérêt collectif est traité dans une session spécifique (mercredi 21 mai 10h30-12h30)***



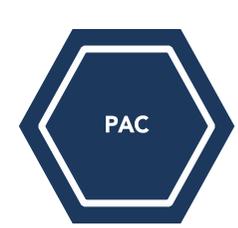
AC PAC : les objectifs et leur déclinaison pratique

S. Charlot / S. Bargiel



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
 - Pour la communauté nationale



Mise en place d'une communauté

- **Nationale**
- **Accessible**
- **Ouverte aux industriels**
- **Pérenne au-delà du PEPR**



Etat des lieux

- **Base de données**
 - Filières et expertises
 - Simulation et conception
 - Formations
 - Métiers étapes procédés
 - Équipements par plateformes

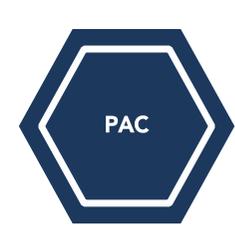


LEVER DES VERROUS

- **Sur des développements d'intérêt collectif**
 - Re-métallisation – billage de puces nues
 - Substrats hétérogènes
 - Packaging plus éco responsable

- **Sur des projets du PEPR**

- **En soutien de la communauté**
 - Prémices de réseau ReNaPack



Introductions des journées

S. Bargiel / S. Charlot

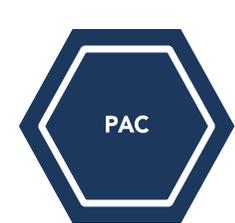


Les journées nationales

- Rendez-vous annuel de la communauté française du packaging
 - Partenaires académiques participants à l'AC PAC
 - Partenaires industriels qui souhaitent participer aux travaux et réflexions, pour apporter leur vision des besoins
- 2024 : LAAS-CNRS - Toulouse
- 2025 : FEMTO-ST – Besançon
- 2026 (Automne) : CEA-LETI – Grenoble
- ... Au delà du PEPR électronique



2024 - Une quarantaine de participants académiques et industriels



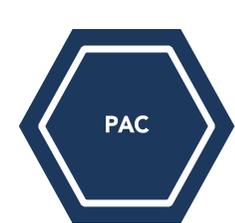
Participants 2025 – 1/2

	NOM	Prénom	Affiliation	Courriel
1	ALLONCLE	ANNE PATRICIA	LP3 CNRS AMU	patricia.alloncle@univ-amu.fr
2	Bargiel	Sylwester	FEMTO-ST	sylwester.bargiel@femto-st.fr
3	Baron	Thomas	FEMTO-ST	thomas.baron@femto-st.fr
4	Bassignot	Florent	FEMTO-ENGINEERING / FC'INNOV	florent.bassignot@femto-engineering.fr
5	BÉCEL	Jean-Yves	ISP-SYSTEM	Jean-Yves.BECEL@fr-ispgroup.com
6	BELHARET	DJAFFAR	FEMTO-ST	djaffar.belharet@femto-st.fr
7	Bernal	Maria	CNRS	maria-pilar.bernal-artajona@cnrs.fr
8	BEURTHEY	Stéphan	CNRS/CPPM	beurthey@c ppm.in2p3.fr
9	Billaud	Mathilde	CEA-LETI	mathilde.billaud@cea.fr
10	Bonnat	Grégoire	LIGHTSPRING	gb@rosemont.pro
11	Braud	Flavie	IEMN	flavie.braud@iemn.fr
12	BUTTAY	Cyril	Laboratoire Ampère	cyril.buttay@insa-lyon.fr
13	Chaalane	Amar	FEMTO-ENGINEERING	amar.chaalane@femto-st.fr
14	Charlot	Samuel	LAAS-CNRS	scharlot@laas.fr
115	CHEVALIER	CELINE	INL-CNRS	celine.chevalier@insa-lyon.fr
16	COGAN	Julien	CPPM/CNRS	cogan@c ppm.in2p3.fr
17	COMBETTES	Celine	Laboratoire Laplace - Plateforme 3DPHI	celine.combettes@laplace.univ-tlse.fr
18	CONSTANTINESCU	Catalin-Daniel	LP3 UMR 7341 CNRS AMU	catalin.constantinescu@cnrs.fr
19	CORRIGOU	Stéphane	DGA	stephane.corrigou@intradeef.gouv.fr
20	DEZA	Julien	Thales LAS sas	julien.deza@fr.thalesgroup.com
21	Dubois	Emmanuel	IEMN	emmanuel.dubois@univ-lille.fr
22	DUCLoux	Olivier	CEA - Agence ASIC	olivier.ducloux@cea.fr
23	FRUTOS	Jean-Renaud	EXAIL SAS	jean-renaud.frutos@exail.com
24	Georgel	Vincent	Lynred	vincent.georgel@lynred.com
25	Granier	Hugues	LAAS-CNRS	granier@laas.fr



Participants 2025 – 2/2

	NOM	Prénom	Affiliation	Courriel
26	Guillemoles	JF	CNRS/ UMR IPVF	jf.guillemoles@cnrs.fr
27	GUINES	Cyril	Laboratoire XLIM-PLATINOM	cyril.guines@xlim.fr
28	Haddad	Clara	MB Electronique	c.haddad@mbelectronique.fr
29	HENRY	David	CEA-LETI	david.henry@cea.fr
30	Jeannot	Jean- Claude	FEMTO-ST	jcjeannot@femto-st.fr
31	LARDET-VIEUDRIN	FRANCK	CNRS FEMTO-ST	franck.lardet@femto-st.fr
32	Le Boterf	Pascal	LYNRED	pascal.leboterf@lynred.com
33	MARCAULT	Emmanuel	CEA	emmanuel.marcault@cea.fr
34	NUCITA	VALERIA	MB ELECTRONIQUE	v.nucita@mbelectronique.fr
35	Perriaud	Eric	Teledyne-E2v	eric.perriaud@teledyne.com
36	PETIT	Damien	SET	DPetit@set-sas.fr
37	QUESTE	Samuel	FEMTO-ST	samuel.queste@femto-st.fr
38	QUIBLIER	Maxime	Dioxygen Software / Light Spring	max@dioxygen.io
39	RAJEMISAONA	Mahery	G2ELab / Laplace	mahery.rajemisaona@g2elab.grenoble-inp.fr
40	RENET	Sébastien	CEA/LETI	sebastien.renet@cea.fr
41	SABON	Philippe	LTM PTA	philippe.sabon@cea.fr
42	SAFIOUI	Jassem	FEMTO-ENGINEERING / FC'INNOV	jassem.safioui@femto-engineering.fr
43	SENGHOR	Mariama	FEMTO-ENGINEERING / FC'INNOV	mariama.senghor@femto-engineering.fr
44	SOUMANN	Valérie	FEMTO-ST / dpt TF	valerie.soumann@femto-st.fr
45	Souriau	Jean-Charles	CEA Leti	jcsouriau@cea.fr
46	Teisserenc	Loïc	THALES LAS	loic.teisserenc@thalesgroup.com
47	Zamkotsian	Frédéric	Laboratoire d'Astrophysique de Marseille (LAM)	frederic.zamkotsian@lam.fr
48	ZEGGARI	Rabah	FEMTO-ENGINEERING / FC'INNOV	rabah.zeggari@femto-engineering.fr



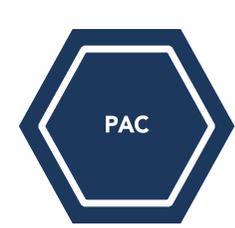
Programme

09h00	Accueil
09h30 - 10h00	Présentation FEMTO-ST / Plateformes
10h00 - 11h30	Visite 1 de plateformes technologiques : (Micro/nano technologie (MIMENTO), Micro fabrication mécanique et traitements de surfaces (MIFHYSTO))
11h30 - 12h30	Session posters 1
12h30 - 14h00	Buffet
14h00 - 15h30	Session plénière 1 (Amphi), Présentations AC-PAC
	Introduction des journées, Point sur avancement l'AC PAC, Base de données, Vers le réseau RENAPACK, Avancement des projets ciblés PC
15h30-16h00	Pause café
16h00-17h30	Session plénière 2 (Amphi), Présentations académiques
16h00	Lightspring: a new commercial service to prototype your photonic packaging (Grégoire Bonnat, LIGHTSPRING)
16h15	Intégration sur un wafer carrier de composants silicium dans une vignette flexible (Jean-Charles Souriau, CEA-LETI)
16h30	Micro-fabrication Additive 3D Métallique avec Résolution Micronique pour les Dispositifs Sub-Terahertz (Cyril GUINES, XLIM)
16h45	Aspects environnementaux en intégration 3D et packaging : de l'analyse de cycle de vie à la réparabilité (Mathilde Billaud, CEA-LETI)
17h00	Intégration hétérogène par Micro Transfert Printing (Céline Chevalier, INL-CNRS)
17h15	Microstructuration laser en régimes femtoseconde et nanoseconde : applications pour le packaging (Flavie BRAUD, IEMN)
20h00	Dîner. Restaurant "1802", Place Granvelle, 2 rue Lacoré, Besançon



Programme

Mercredi 21 mai 2025		
08h30	Accueil	
09h00 - 10h00	Session plénière 3 (Amphi). Présentations Industrielles	
09h00	Solutions pour l'automatisation de procédés d'assemblage photonique (Jean-Yves Bécel, ISP System)	
09h15	Imagerie acoustique de haute définition (Clara Haddad, MB Electronique)	
09h30	Flip-Chip et haute précision (Damien Petit, Smart Equipment Technology SET)	
09h45	Femto Engineering - Centre de R&D (Florent Bassignot, Femto Engineering)	
10h00 - 10h30	Pause café	
10h30 - 12h00	Sessions thématiques - Groupes de Travail Avancement de développements d'intérêt collectif	
	Salle RdC 007 Re-métallisation & billages puces	Salle RdC 008 Substrats hétérogènes
		Salle Amphi Packaging écoresponsable
12h00-13h30	Buffet	
13h30-14h00	Session posters 2 / Photo JNPAC-2025	
14h00-15h30	Session plénière 4 (Amphi)	
	Synthèse sur GT, Sujets ouverts, Conclusion	



Base de données Packaging nationale

D Henry

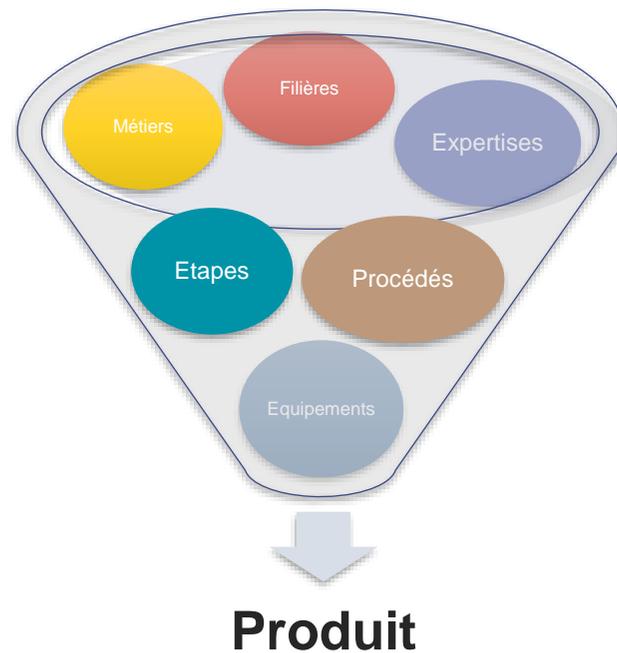


Rappel des objectifs-BDD

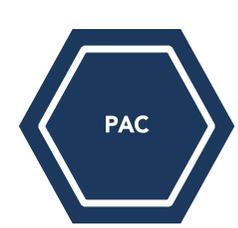
- **Identifier, localiser et synthétiser les expertises et moyens en packaging**
- **Faciliter la dissémination et les échanges**
- **Permettre le soutien aux sollicitations (PEPR et au-delà + industriels)**
- **Mettre en place des collaborations**
- **Alimenter une prospective nationale structurée pour 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...



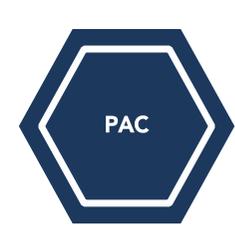
Terme	definition
Filière	Ensemble d'étapes permettant la réalisation d'un objet ou d'une fonction complète
Métier	Ensemble d'expertises et d'équipements utilisés pour réaliser les filières. Un métier est constitué de plusieurs étapes et peut être commun à plusieurs filières.
Expertise	Ensemble de compétences, 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



BDD version 1.3

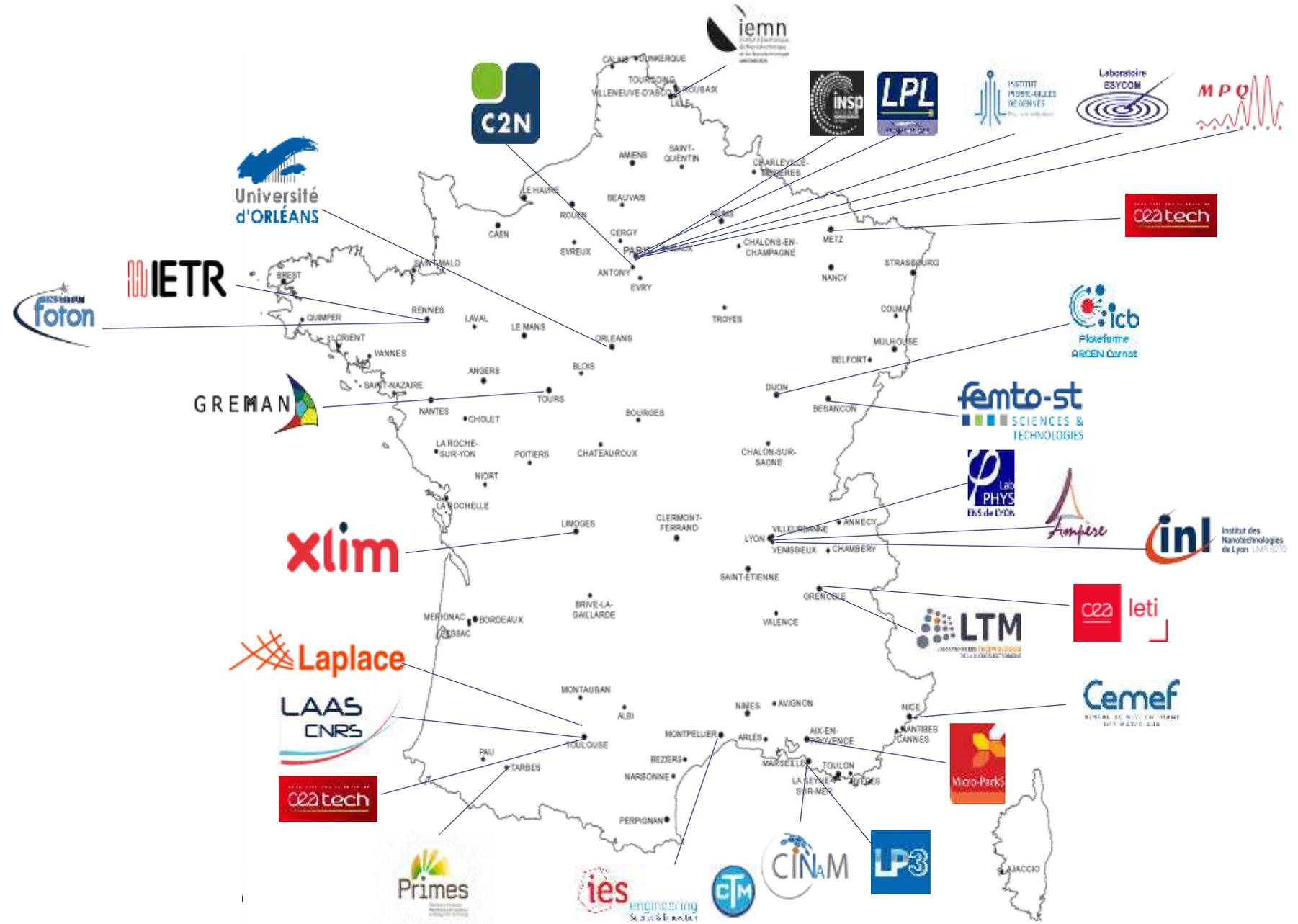
- La base de donnée initiale – version 1.3 :
 - Format EXCEL partagé
 - Structuration
 - En 4 onglets principaux :
 - Filières – expertises
 - Métiers / étapes / procédés
 - Simulations / Conception
 - Formations
 - Complétés par des onglets par laboratoire avec la liste détaillée des équipements

- Dernière mise à jour : février 2025
- Synthèse réponses en mars 2025 :



Synthèse BDD 2025- résultats globaux

- 27 labos ou plateformes intégrés dans la base
- 21 labos possèdent des équipements partageables au profit de la communauté
- **1003** équipements répertoriés
- **79** filières technologiques réparties en 6 familles
- **128** licences de simulations/modélisation réparties en 9 thématiques

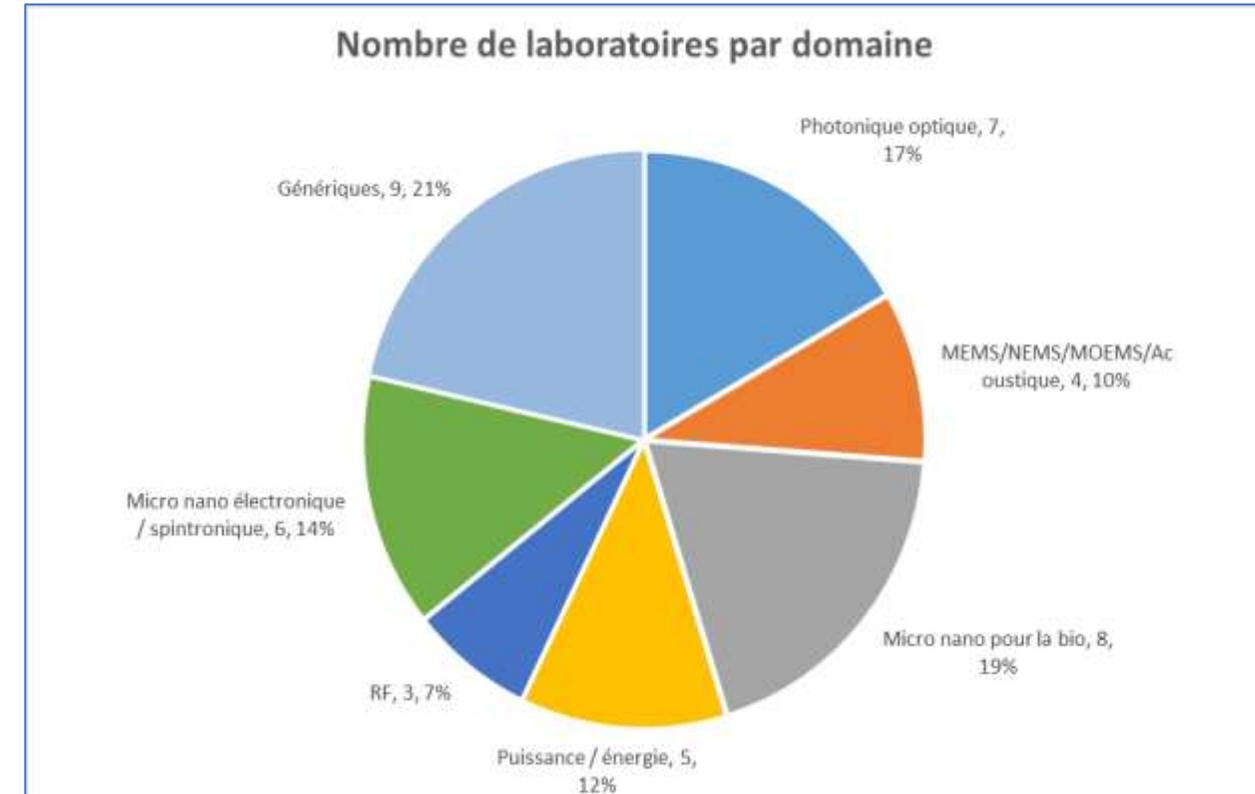
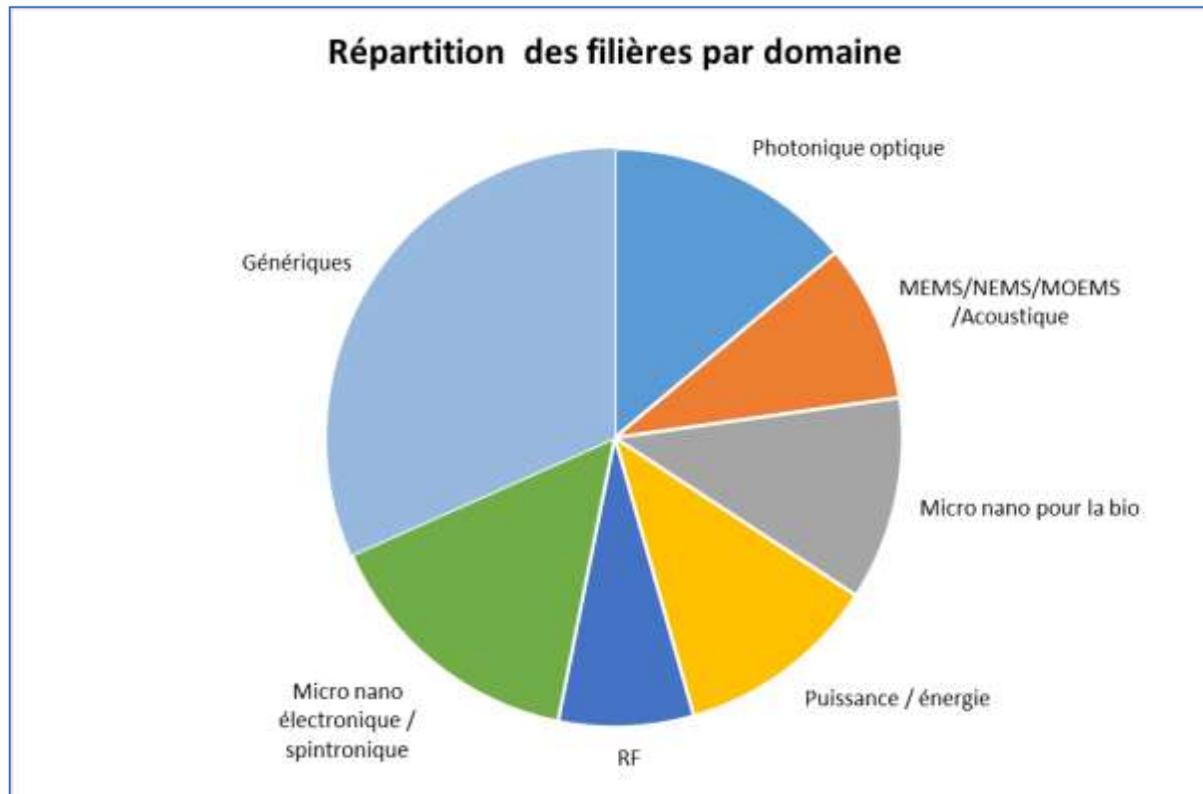


Synthèse BDD 2025- résultats affinés

■ filières / expertises

- 79 Filières réparties en 6 domaines
- 21 laboratoires proposent des filières complètes
- Positionnement thématique des laboratoires :

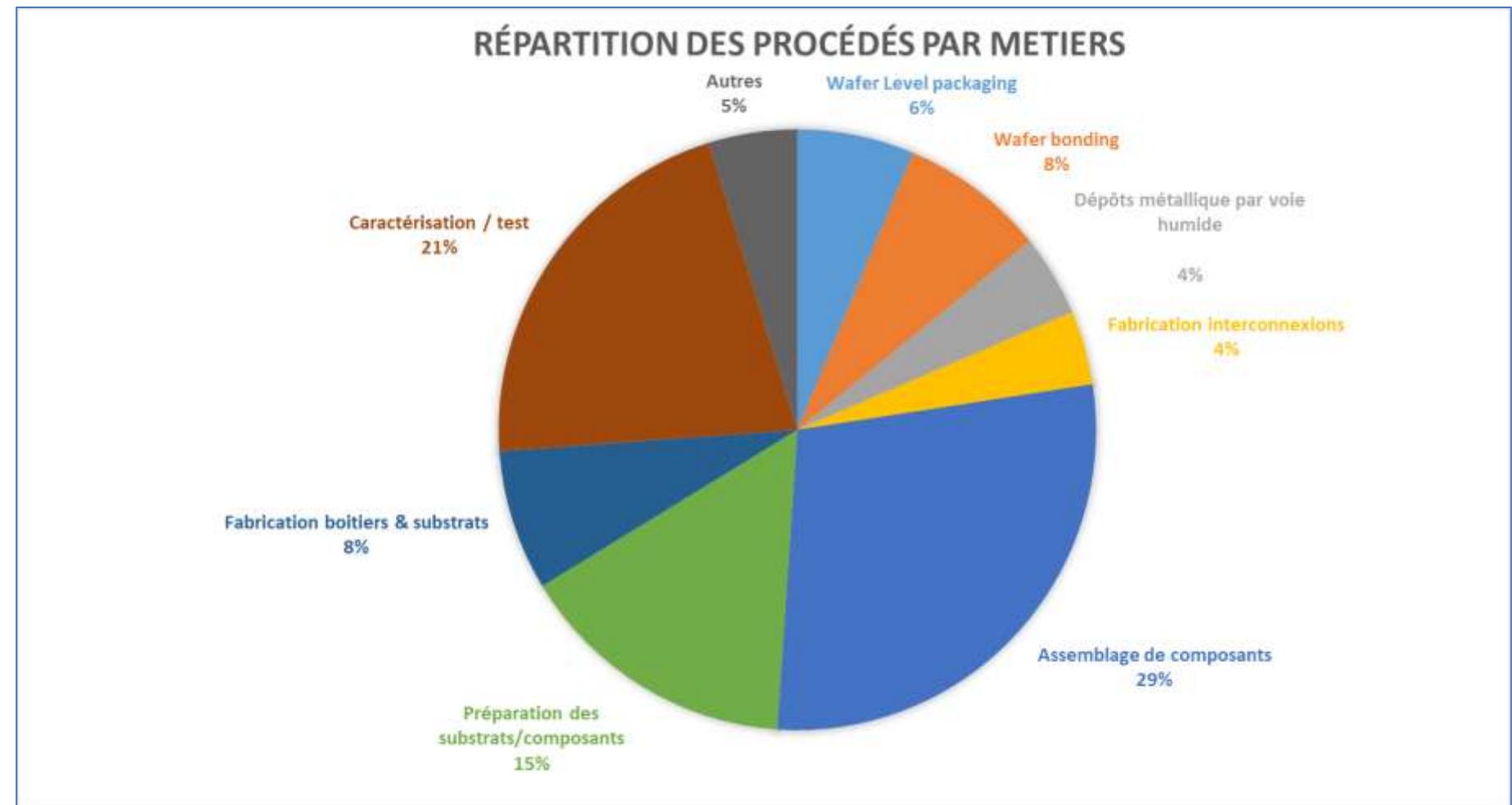
Domaines couverts par les filières
Photonique / optique
MEMS/NEMS/MOEMS/Acoustique
Micro nano pour la bio
Puissance / énergie
RF
Micro nano électronique / spintronique

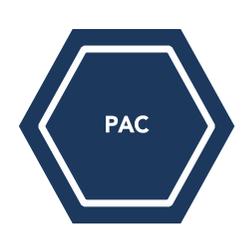


Synthèse BDD 2025- résultats affinés

- Résultats affinés : Répartition des procédés par métiers
 - 9 Métiers
 - 979 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



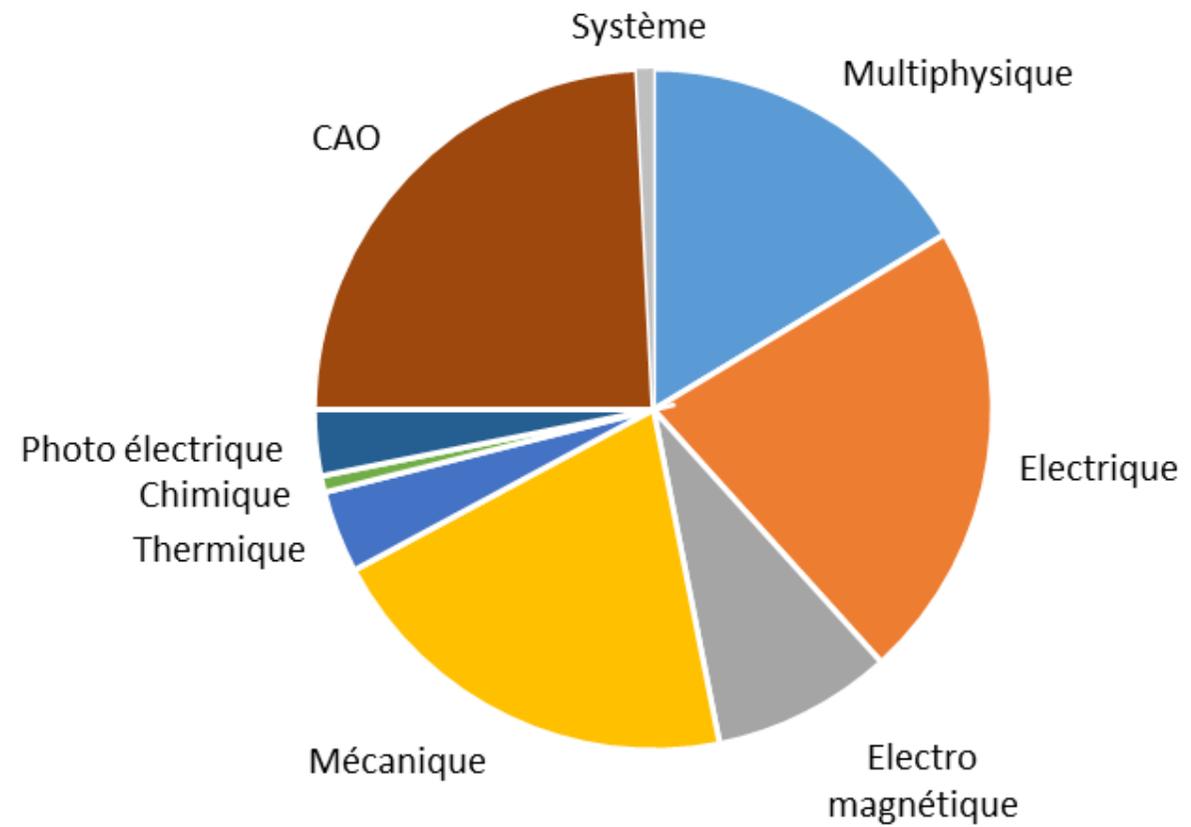


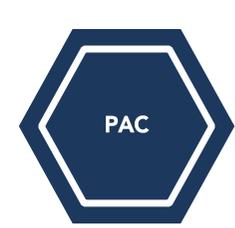
Synthèse BDD 2025- résultats affinés

- **Résultats affinés : simulation / conception**
 - 22 labos sur 27
 - 9 spécialités
 - 128 licences

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

Nombre de logiciels de simulation par domaine





Synthèse BDD 2025- résultats affinés

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

Laboratoire	Intitulé de la formation
texte libre	texte libre
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



Synthèse BDD 2025- version 1.3



- **Intégration des équipements : OK pour 21 laboratoires**
 - Version 1.3 OK et partagée sur Talkspirit pour tous les membres AC-PAC
 - Un onglet équipement par labo participant
 - Hors AC-PAC → contact via l'adresse mail générique : acpackaging@services.cnrs.fr

			Toulouse			Besançon			Grenoble			
			Traitement stat			LAAS	FEMTO-ST	CEA LETI	C			
METIERS PROCEDES	ETAPES ÉQUIPEMENTS	Responsable laboratoire ou plateforme----->	TOTAL Labo OK			27	granier@laas.fr	thomas.baron@femto-st.fr	david.henry@cea.fr	manuel.fe		
		Correspondant expert technique en packaging----->	TOTAL Labo			27	scharlot@laas.fr	Sylwester Bargiel (femto) <sylwester.bargiel@femto-st.fr>	david.henry@cea.fr	manuel.fe		
		Contact pour sollicitation externe					renatech@laas.fr			manuel.fe		
		Lien vers liste des équipements	Total par procédé	Total par métier	Total par étape	https://lims.laas.fr/WebForms/Equipment/EquipmentList.aspx						
Métier	Etapes	Procédés	979			Nombre d'équipements	Nombre d'équipements	Nombre d'équipements	Nomb			
Wafer Level packaging	Amincissement	Polissage mécano chimique	17			1	1	3				
		amincissement mécano chimique	10			1	1	2				
		Amincissement mécanique (grinding)	13			1	1	4				
		Amincissement Si par DRIE ou chimique (KOH , HNA)	22	62		2	3	3				
Wafer bonding	Alignement	Alignement wafer/wafer	13		13	2	2	4				
	Direct (sans couche intermédiaire)	anodique	9			2	2	1				
		fusion	12			2	1	1				
		Surface activated	7		28		1	1				
	Indirect (avec couche intermédiaire)	Thermocompression	10			1	3	1				
		Adhesive	11			2	2	2				
		glass frit	4			2	2					
		Eutectique	6			2	2	1				
		phase liquide transitoire	2		33			1	1			
	Autre	sous pression	3	77								
		Cuivre RDL/3D RDL	8			2		2				
		Cuivre Bump	4			2		2				



Synthèse BDD 2025- version 1.3

- **Intégration des équipements :**
 - Les équipements sont associés aux étapes et aux procédés
 - Ils sont décrits → Marques / Modèles
 - L'opérabilité et les critères d'accès sont précisés (à la discrétion du laboratoire d'accueil)

						LAAS							
ETAPES ÉQUIPEMENTS	Responsable laboratoire ou plateforme→	TOTAL Labo				granier@laas.fr	Op : équipement maintenu, qualifié et opérable						
	Correspondant expert technique en packaging→					scharlot@laas.fr	Acc : Equipement accessible pour une demande extérieure (conditions à discuter entre le labo et le						
	Contact pour sollicitation externe					renatech@laas.fr							
	Lien vers liste des équipements	Total par procédé	Total par métier	Total par étape		https://lims.laas.fr/WebForms/Equipment/EquipmentList.aspx	pour information détaillées cliquer sur les liens			Op	Acc	pour information détaillées cliquer sur les liens	
Étapes	Procédés	97				Nombre d'équipements	description équipement 1					description équipement 2	
Amincissement	Polissage mécano chimique	1				1	Escil	X	X				
	amincissement mécano chimique	1				1	PMS						
	Amincissement mécanique (grinding)	1				1	Grinder G&N	X	X				
	Amincissement Si par DRIE ou chimique (KOH , HNA)	2	5			2	AMMS P1	X	X			Hotte KOH	X
Alignement	Alignement wafer/wafer	2		2		2	Suss B8	X	X			AML	X
Direct (sans couche intermédiaire)	anodique	2				2	Suss SB6	X	X			AML	X
	fusion	2				2	Suss SB6	X	X			AML	X
Indirect (avec couche intermédiaire)	Surface activated	0		4									
	Thermocompression	1				1	Suss SB6	X	X				
	Adhesive	2				2	Suss SB6	X	X			AML	X
	glass frit	2				2	Suss SB6	X	X			AML	X
	Eutectique	2				2	Suss SB6	X	X			AML	X
Autre	phase liquide transitoire	0		7									
	sous pression	0	13										
dépôts Electrolytiques	Cuivre RDL/3D RDL	2				2	Yamamoto Plating Set 4" and 6 "	X	X			Yamamoto Smart Cell 4 "	X
	Cuivre Bump	2				2	Yamamoto Plating Set 4" and 6 "	X	X			Yamamoto Smart Cell 4 "	X
	Cuivre Via filling	1				1	Yamamoto Plating Set 4" and 6 "	X	X				
	Au RDL / Bump	1				1	RENA EPM 100 F	X	X				
	Nickel barrière de diffusion	1		7		1	Yamamoto Plating Set 4" and 6 "	X	X				
Dépôt electroless	Au	0											
	Cu	0											



BDD 2025- version 1.3

- **Dissémination**

- Lien sur le site du PEPR vers les coordinateurs de l'ACPAC qui peuvent faire suivre la Bdd aux demandeurs
 - Pas en libre accès pour des raisons de confidentialité sur certaines informations, et des enjeux de souveraineté
- Dans les laboratoires de l'ACPAC et leurs partenaires
- Listes de diffusions
 - AC PAC
 - PEPR
- Rapport de synthèse proposé à la communauté par la coordination de l'ACPAC (c'est un livrable de l'ACPAC), avant publication



BDD 2025- version 1.3

- **Ce qui a été convenu lors des 1ères JNPack**
 - Utilisation de l'alias des coordinateurs de l'ACPAC dans le recueil des demandes
 - acpackaging@services.cnrs.fr
 - Analyse et relais vers les laboratoires qui présentent les compétences dans la BdD
 - Avantages
 - Immédiatement en place
 - Inconvénients
 - Charge de travail non distribuée mais qui dans un premier temps ça semble réalisable
 - Communication large échelle sur l'ouverture de la communauté
 - Possible maintenant que BdD consolidée



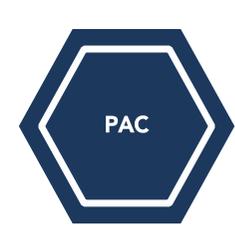
Conclusions / Perspectives

- **Conclusions :**

- Version 1.3 de la BDD est OK
- Motivation très claire des porteurs et de certains laboratoires partenaires à travailler ensemble
- Cette BDD 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

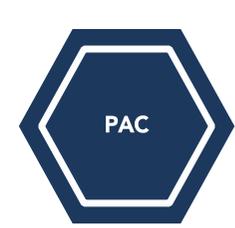
- **Perspectives pour la base :**

- Question d'une V2 numérique librement disponible ??
- Explorer le rapport gain/travail et les questions liées à la confidentialité



Avancement du soutien aux projets ciblés

H Granier



Objectifs



Modalités

- Travailler collectivement sur les aspects packaging des PCs pour obtenir des démonstrateurs aussi avancés que possible.
- Développer des “filières” 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

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

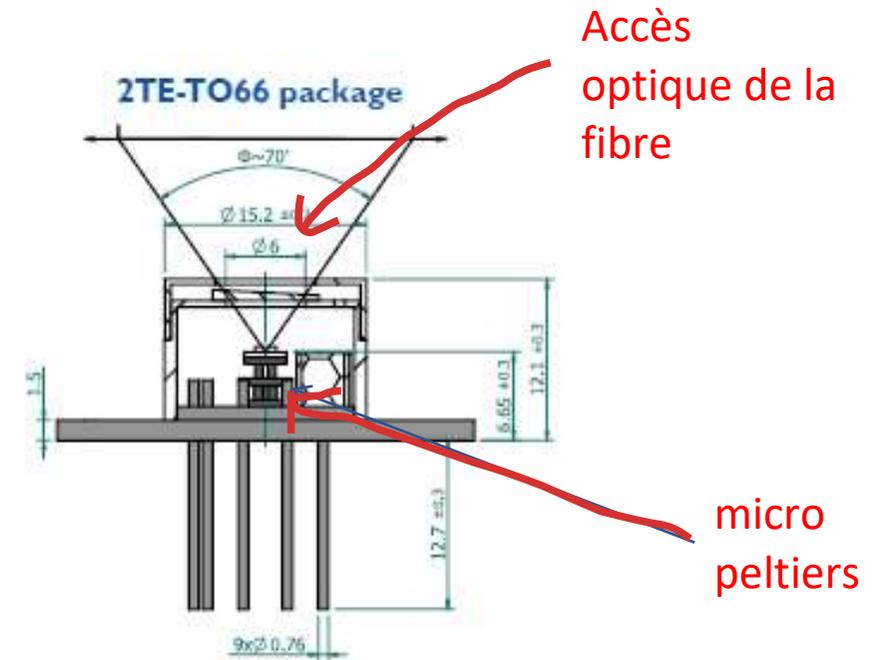
COMPTERA

COMPosants électroniques pour l'imagerie TERAhertz.

- Imagerie TeraHertz avec des composants photoniques semi-conducteurs intégrés sur silicium

- **Besoins exprimés**

- Intégration multiphysique
 - a) Électrique
 - b) Thermique
 - c) Optique
 - d) Mécanique



- **Solutions proposées : Contact avec des fournisseurs** de package céramique qui ont développé des packaging multiphysiques approchants de celui nécessaire

- a) CSEM (Suisse) : <https://www.csem.ch/fr/>
- b) Egide (France)
- c) Kyocera ou NTK (Japon)

- **Toujours pas d'informations récentes venant du projet**

OFCOC

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 packaging exprimés**

- Alignement actif de fibres
- Collage de coupon par MicroTransfer Printing

- **Solutions mises en place**

- Instruction des besoins avec**



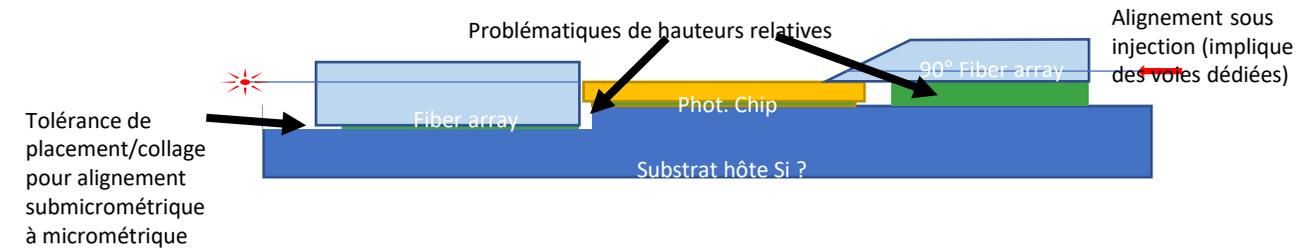
- Problématique conjointe à OROR et NanoFiLN

- Développements procédés MTP à**

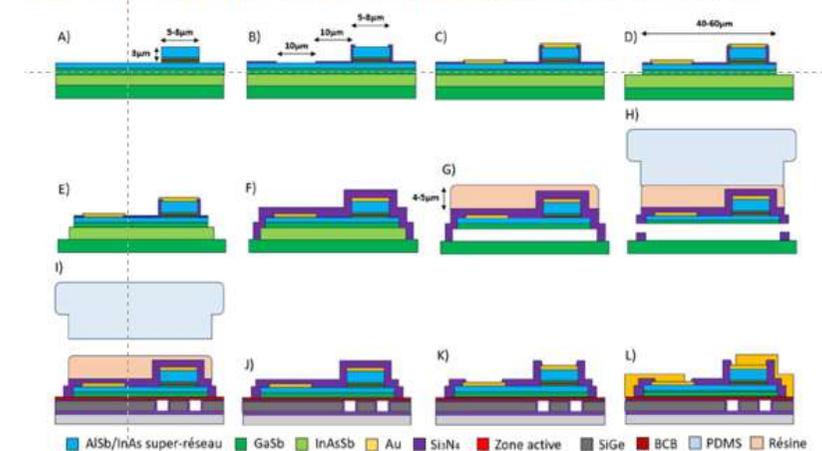


- 18 mois IR financés par ACPAC**

- Collaboration avec**



INTÉGRATION PAR MICRO TRANSFER-PRINTING DE LA SOURCE ICL



Exploration de l'impression par microtransfert pour une intégration hétérogène dans les applications émergentes

Impression par micro-transfert (μ TP)

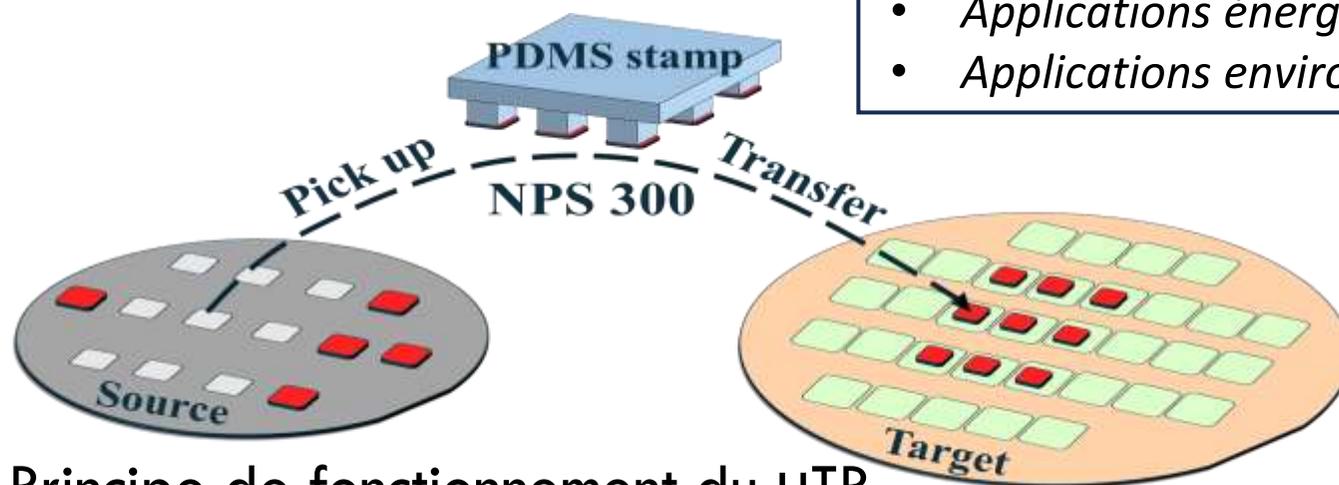
- *Versatilité*
- *Évolutivité*
- *Rentabilité*

Applications du μ TP

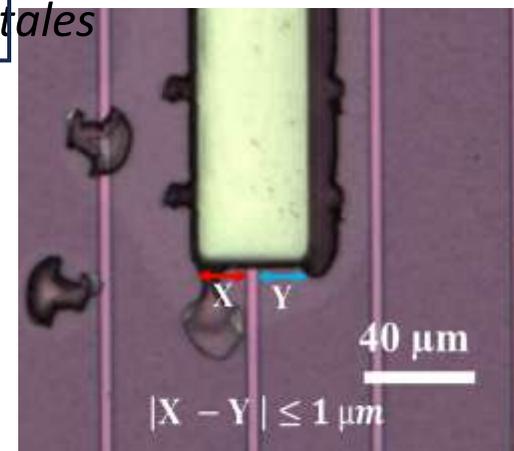
- *Électronique*
- *Photonique*
- *Dispositifs biomédicaux*
- *Applications énergétiques*
- *Applications environnementales*

Les défis du μ TP

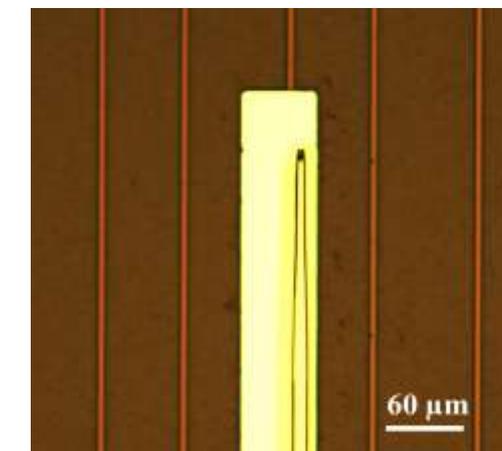
- Précision de l'alignement*
- Ramassage et relâchement efficaces*
- Contrôle des défauts (version incomplète)*



Principe de fonctionnement du μ TP



Précision de transfert $\leq 1 \mu\text{m}$



ICL transféré sur SiGe

Développement μ TP + première démonstration d'un transfert d'ICL GaSb sur guide d'ondes SiGe/Si

⇒ GaP, LiInO_3 , matériaux s...

* ICL : Interband laser en cascade

Poster: Huiru Ren (Ingénieur de Recherche (INL))
Yannis Billiet (PhD (IES/INL))

Références

- [1] Corbett B, et al. Progrès en électronique quantique, 2017, 52 : 1-17.
- [2] Roelkens G, et al. IEEE Journal of selected topics in quantum electronics, 2022, 29(3 : Photon. Elec. Co-Inte. et Adv. Trans. Print.): 1-14.
- [3] Billiet Y, et al. Journées Nationales sur les Technologies Emergentes en Micro-Nanofabrication. 2024.

**Plénière 2 : 17H Intégration hétérogène par Micro Transfert Printing
(C. Chevalier, INSA Lyon)**



Opto-RF pour la cOnvergence électRonique photonique :

- Composants optiques pour le transport de l'information dans le domaine RadioFréquence (RF).

- **Besoins exprimés :**

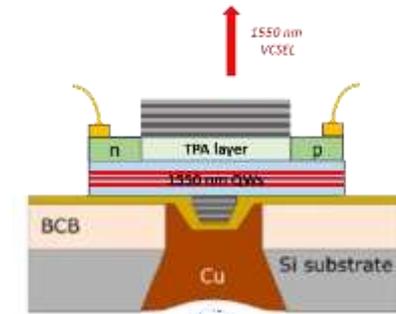
- intégration multiphysique

a) Packaging photonique : alignements actifs

b) Gestion thermique et technologies associées III-V

c) Packaging électronique (hyperfréquence et DC)

d) Packaging opto-thermo-électro-mécanique d'un prototype



- **Solutions mises en place**

a) **Instruction des besoins avec**

- Problématique conjointe à OFCOC et NanoFILN

- Pièce mécanique verre pour manipuler et maintenir une fibre unique: clarifier les attendus

- Technique FLICE :

b) et d) **Géré par**

c) **Réduction des longueurs de connexion par une intégration 3D**

- **Collaboration avec** **avec le soutien de la plateforme**

- **Alternative : développement de Flip chip avec interposeurs percés**

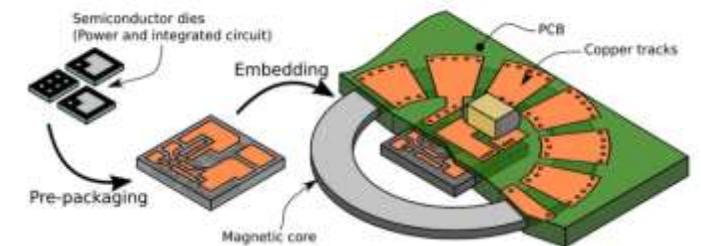




- **Fabrication de dispositifs photoniques en niobate de lithium**
 - **Besoins : packaging multiphysique**
 - Optique : Fibrage en mode actif .
 - Packaging RF et DC et thermique.
 - **Stratégies identifiées**
 - Report des puces sur embases thermiquement conductrices et collage de fibres (ou faisceaux de fibres) avec un alignement actif de précision nanométrique.
 - **Besoin commun avec OFCOC et OROR**
 - Déport de contacts électriques, avec éventuellement des pistes hyperfréquences
 - **Envisager collaboration avec  avec le soutien de la plateforme **
 - Report des puces sur embases sur des régulateurs thermiques (Peltiers) et collage des ensembles dans des boîtiers commerciaux (type Butterfly...) avec report des contacts vers les contacts externes.
 - **Besoins proche d'OROR sur l'intégration multiphysique**

Vertical GaN for High Voltage :

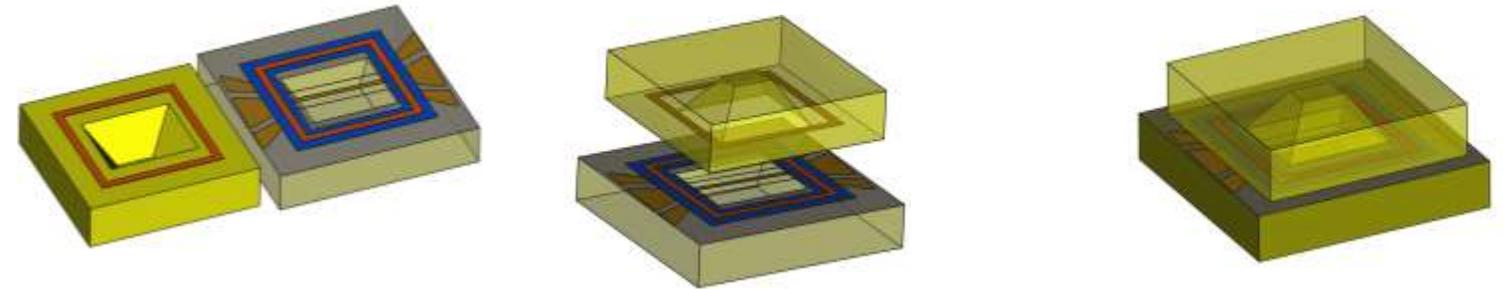
- Transistors pour l'électronique de puissance utilisant une géométrie verticale permettant de gagner en densité de courant et d'accompagner la montée en tension
- **Besoins exprimés**
 - a) Métallisation performante et compatible avec l'intégration en environnement PCB
 - b) Encapsulation compatible avec une intégration PCB
- **Solutions mises en place**
 - a) **Etude technologique en lien avec le GT re-métallisation / billage de puces**
 - **RH sur crédits ACPAC positionné à la PTA / LTM**



RESISTE

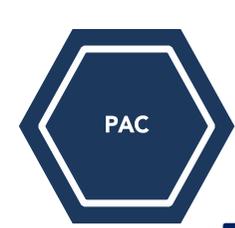
Capteurs microsystemes electro-mécaniques pour environnements sévères

- 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 sérigraphiée avec les pistes de connexion
 - c) Intégration dans un boîtier titane



- **Solutions mises en place**

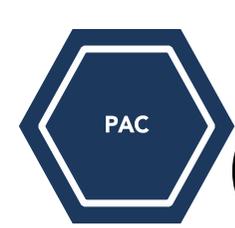
- a) Scellement hermétique des accéléromètres
 - **Essais dans plateforme  pour scellement sous pression (glass frit & TC)**
 - **Premiers essais non concluants pour l'instant car sérigraphie sur des chips de 1 cm^2**
 - **Masque de sérigraphie commandé pour valider concept sur des puces qui mimeront les puces du projet**



GOTEN / FRENCH DIAM



- **Besoin packaging exprimé similaire** : gestion thermique des composants de puissance dans leur boîtier
- GOTEN : électronique pour la conversion (filiale à base de Ga₂O₃)
- FRENCHDIAM : électronique pour la conversion (filiale Diamant)
 - **Liens au sein du PEPR**
 - Gestion de la thermique
 - Métallisations Haute température (RESISTE, GOTEN, VERTIGO)
 - Évacuation chaleur (GOTEN, VERTIGO)
 - Les GT AC PAC
 - Substrat hétérogène
 - ST micro s'est prononcé en faveur d'essais d'impression 3D céramique pour le packaging de composants GaN
 - Re-métallisation / billage de l'AC PAC
 - Intérêt par l'aspect métallisation des composants pour les applications HT
- **ACTION A MENER**
 - Organiser un échange avec les acteurs des deux projets pour coordonner les développements



Convergence des besoins et développements

- **OROR / OFCOC / NanoFiLN**

- Organiser un travail collectif sur deux sujets d'intérêt pour échanger sur les besoins communs, esquisser des "filiales" pour optimiser les ressources
 - Fibrage de puces
 - Micro transfert printing

- **OROR / NanoFiLN**

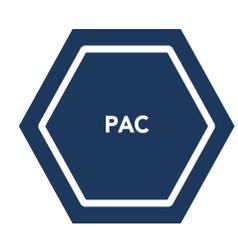
- Coordonner des échanges conjoints avec  sur connections hyperfréquences.

- **VERTIGO / FRENCHDIAM Gt re-métallisation-billage de puces nues**

- Les techniques étudiées dans le GT seront notamment testées sur des véhicules tests d'intérêt pour VERTIGO

- **GOTEN/FRENCHDIAM/RESISTE/VERTIGO**

- Métallisation HT



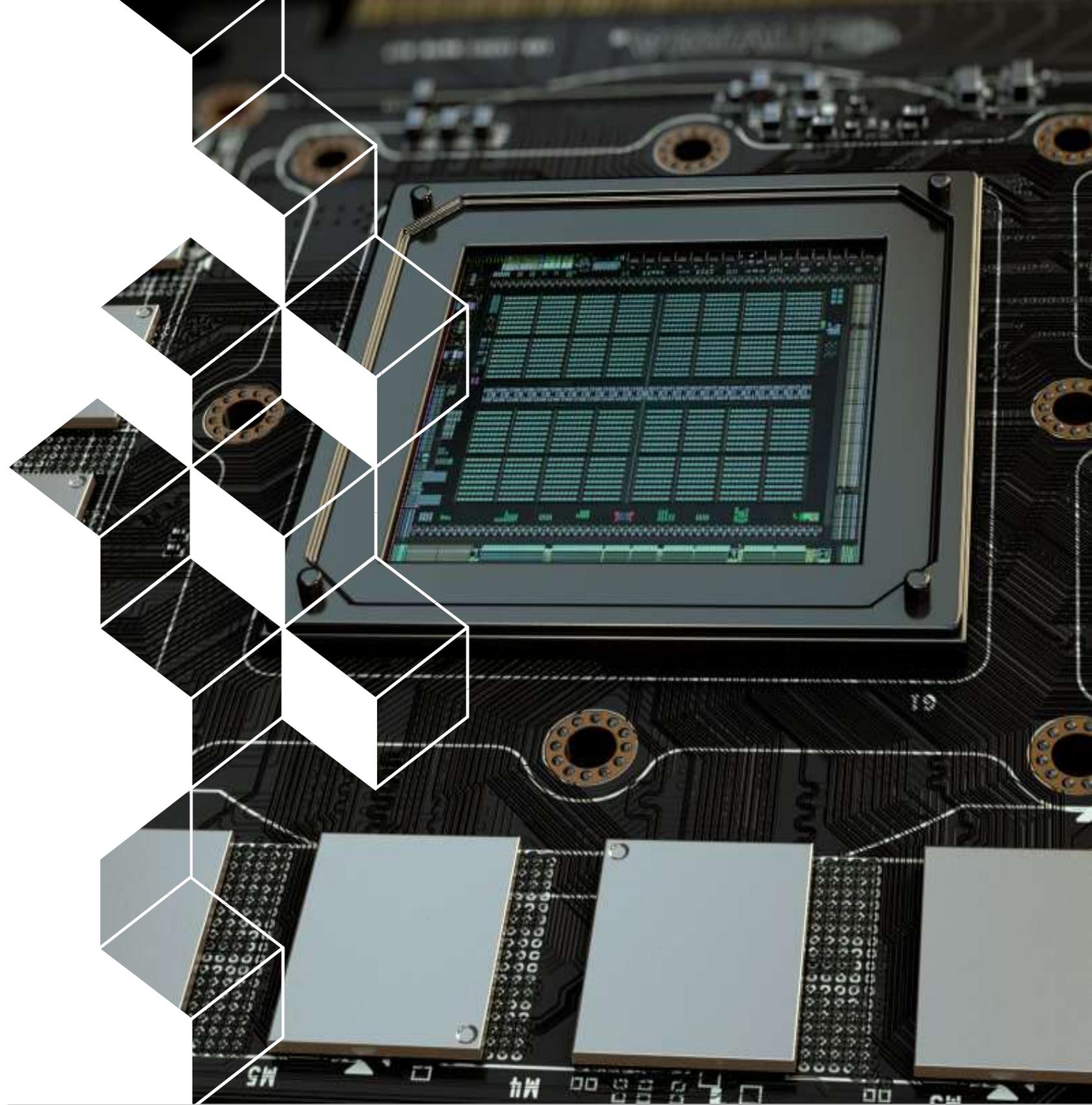
Point sur l'initiative Packaging de l'agence ASIC

O Ducloux

Agence de programme

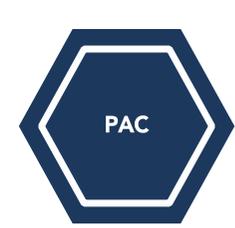
ASIC

du composant
aux systèmes et
infrastructures numériques



1 Mission et rôle de l'Agence

■ ASIC

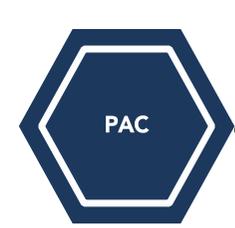


Rôle et mission de l'agence de programme

Extrait du discours du Président de la République du 7 décembre 2023:

«chaque agence doit être de plus en plus stratégique dans son domaine et participer à la définition de thématiques de recherche prioritaires, organiser la veille scientifique pour l'ensemble des chercheurs de son domaine de compétence, interagir avec les homologues européens internationaux et veiller au développement des infrastructures de recherche.»

- ***L'agence permettra de disposer d'une vision d'ensemble de la recherche du domaine.***
- ***Elle proposera des orientations stratégiques pour une recherche française scientifique et technologique d'excellence à même de développer des solutions répondant aux enjeux d'aujourd'hui et de demain, et de contribuer à constituer une souveraineté nationale en matière de composants, systèmes et infrastructures du numérique.***



7 agences de programmes



INRAE

Agriculture, alimentation durable, forêt et ressources naturelles



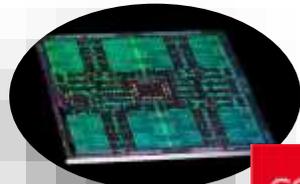
cnrs

Climat, biodiversité, sociétés durables



cea

Energie décarbonée



cea

Composants, systèmes et infrastructures numériques



Inria

Numérique logiciel



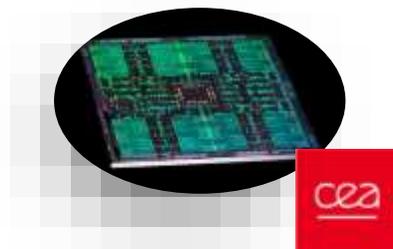
Inserm

Santé



cnrs

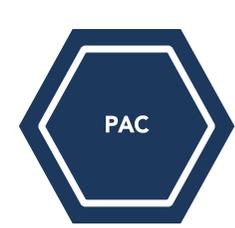
Spatial



Composants, systèmes et infrastructures numériques

Répondre aux enjeux souverains, économiques, sociétaux et aux défis de la transition numérique en mobilisant l'écosystème national de Recherche-Innovation-Formation sur des programmes **couvrant les aspects matériels du numérique**, en lien étroit avec les aspects logiciels au service d'une vision intégrée du numérique





Rôle et missions de l'agence de programme

➤ Anticipation - projection

- **Compréhension de l'état de l'art et de la compétition mondiale:** connaissance de l'environnement français et international des principaux acteurs académiques et industriels
- **Capacité d'anticipation** des évolutions du domaine au moyen d'une veille structurée.

➤ Programmation et suivi

- **Capacité à susciter et mettre en œuvre des programmes** en réponse aux attentes de la puissance publique ou en structurant/amplifiant les initiatives de la communauté.
- **Facilitation, suivi et articulation des PEPRs** relatifs aux domaines de l'Agence
- **Evaluation des besoins en matière d'accès à des infrastructures de recherche scientifique et technologique d'excellence**

➤ Renforcement action collective

- **Animation de la communauté nationale** dans une logique de mobilisation concertée des forces
- Capacité à promouvoir des **actions coordonnées de la communauté en matière de partenariats** européens et internationaux

➤ Innovation-transfert

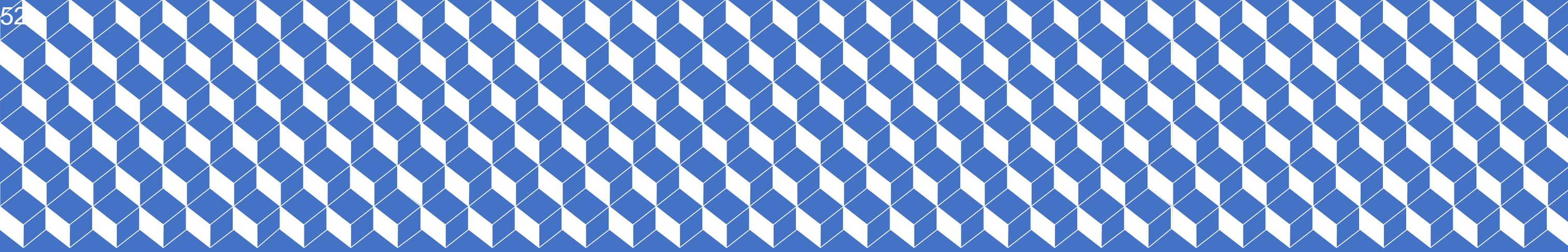
- Accélération de **l'innovation** dans le domaine de l'agence, notamment en **lien avec les PUI**

➤ Cohérence nationale - synergies

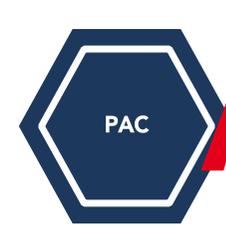
- **Interface avec l'agence de programme « numérique, logiciels et algorithmes »**
- Interface avec d'autres thématiques permettant la **contribution des technologies numériques à l'innovation** des secteurs : santé, espace, énergie, agriculture, environnement...



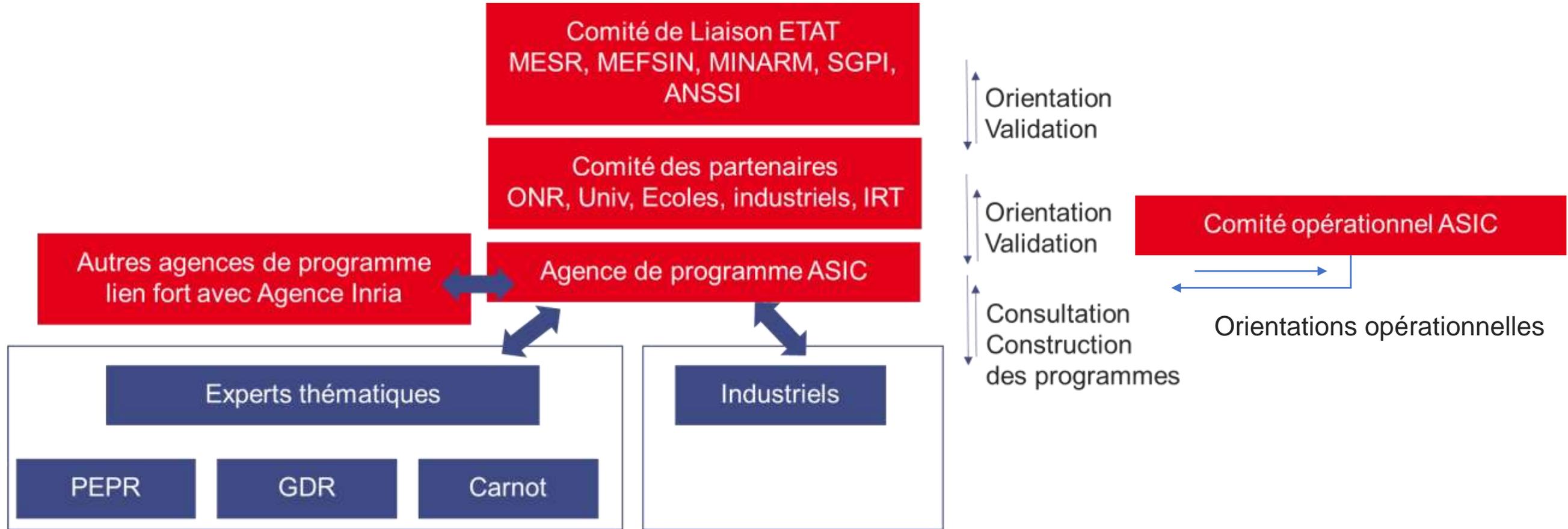
Lettre de mission 03/07/24



2 ■ Une démarche prolongeant l'initiative PEPR

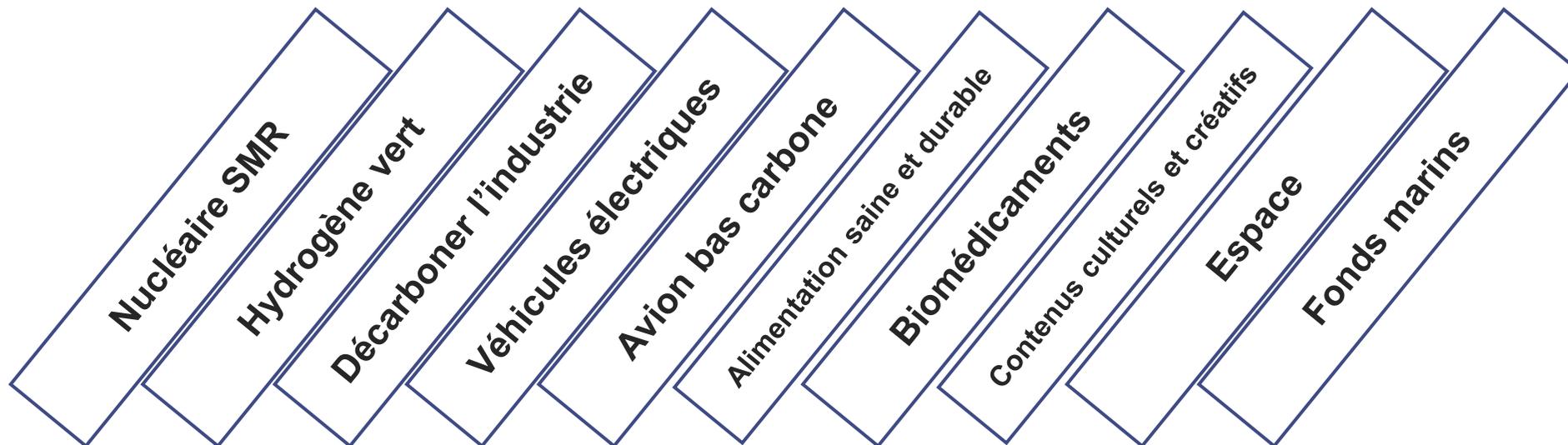


Agence ASIC : gouvernance





Priorités FR 2030



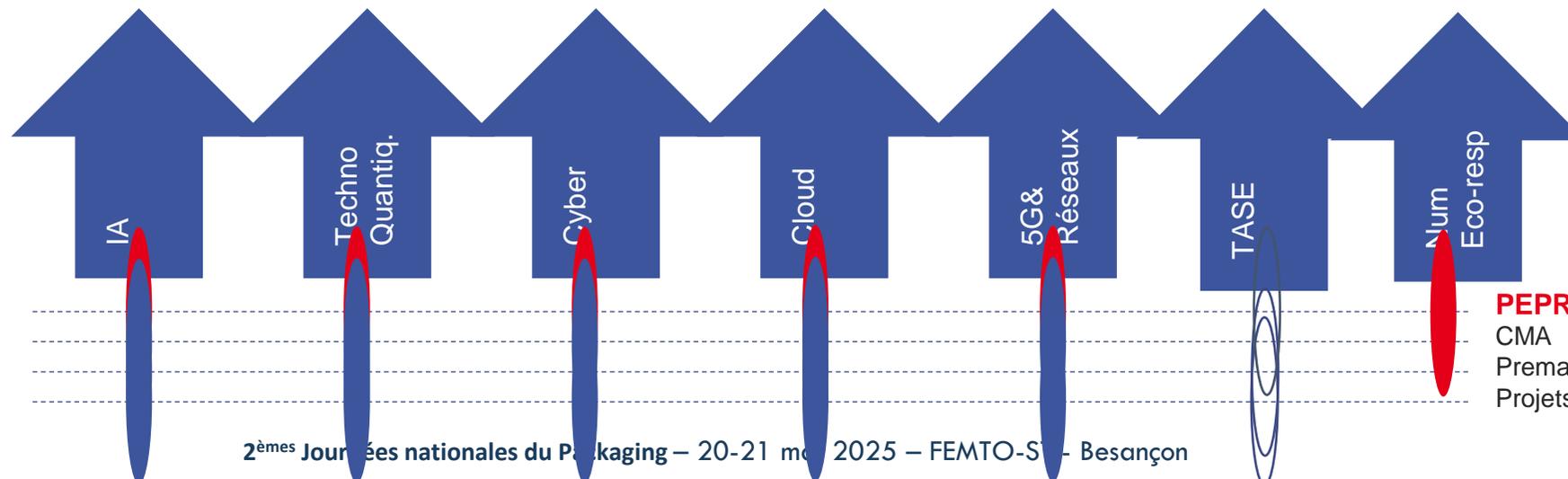
Leviers transversaux

Levier: Sécuriser les composants, dans l'électronique et la robotique, indispensables à l'industrie de demain

Levier: Maîtriser les technologies numériques souveraines et sûres

- PEPR SPIN
- PEPR ELECTRONIQUE
- PEPR ROBOTIQUE O2R
- PEPR NUMPEX

Stratégies d'accélération



- PEPR
- CMA
- Prémat-mat
- Projets adhoc



Une équipe en cours de montage



Jean-Philippe Bourgoin
CEA



Richard Béarée
ENSAM



Olivier Ducloux
CEA



Cristell Maneux
Univ Bordeaux



Salvatore Cina
CEA



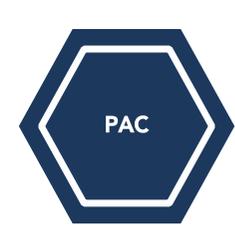
Geraud Canet
CEA



Patrick Cappe de Baillon
CEA

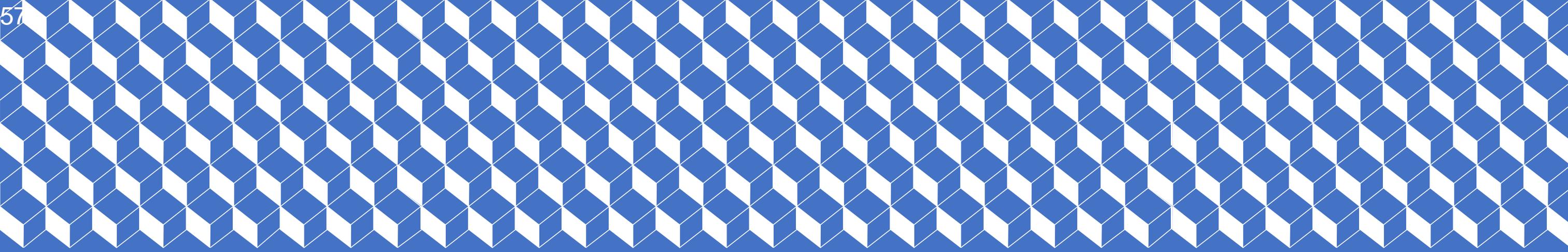


Sophie Bouchoule
CNRS



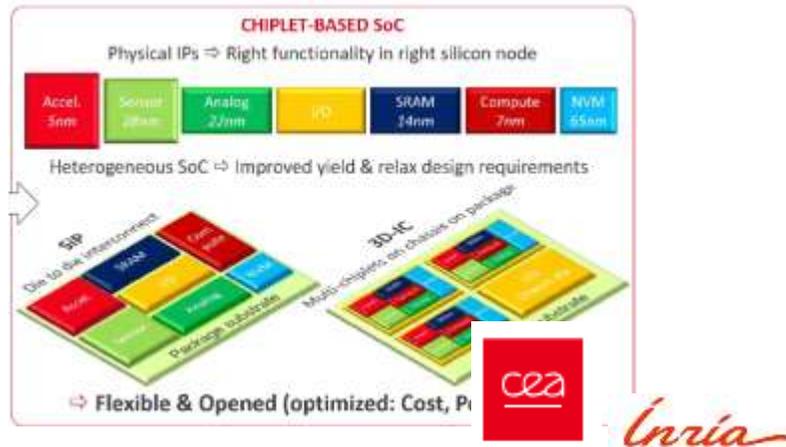
Domaines programmatiques

- **Manufacturing x.0 et systèmes intelligents** (robotique, jumeaux numériques, IOT, HIW, IHM):
 - *de l'analyse système à l'optimisation de production*
- **Instrumentation, capteurs, MtM, puissance:**
 - *du phénomène physique à l'intégration système*
- **Composants et architectures pour le calcul :**
 - *de la théorie de l'information au calcul quantique, calcul distribué ou HPC*
- **Composants et systèmes pour les réseaux de communication:**
 - *de la photonique aux infrastructures numériques*
- **Cybersécurité du matériel et des systèmes:**
 - *de l'analyse de vulnérabilité à la sécurisation des systèmes*
- **Infrastructures de recherche et matériaux :**
 - *infrastructures de nanofabrication et caractérisation, infrastructures de recherche du numérique, innovation dans les matériaux*



3 ■ Programmes en cours d'instruction

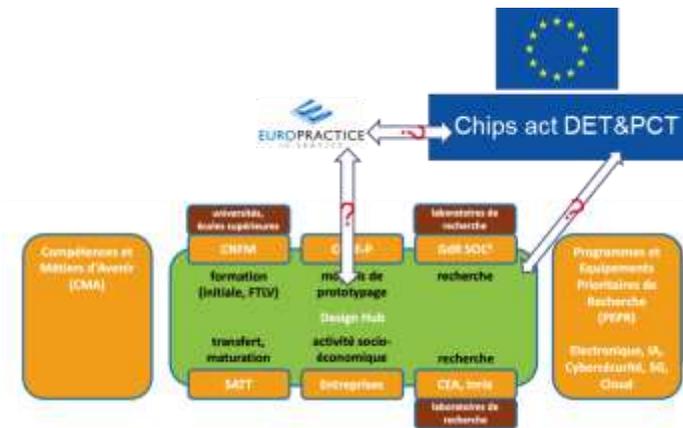
Composants pour l'IA



Objectifs :

- Construire une stratégie de recherche pour adresser les enjeux hardware, software et relevant de l'interface entre les deux.
- Soutenir la dynamique par des projets ciblés et une stratégie d'attractivité pour renforcer la communauté académique.
- Favoriser l'implication d'industriels pour le développement de composants

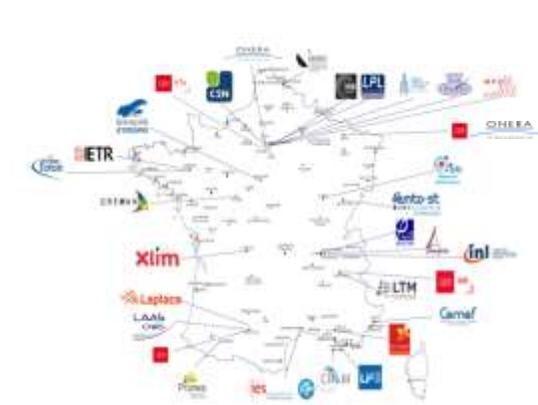
Initiative Conception



Objectifs :

- Structurer l'écosystème autour d'un hub national de conception, afin d'assurer la cohérence des actions
- Articuler l'initiative nationale avec l'initiative européenne.
- Soutenir la dynamique par des projets ciblés et une stratégie d'attractivité pour renforcer la communauté académique.
- Anticiper les ruptures liées aux IA notamment génératives

Packaging



Objectifs :

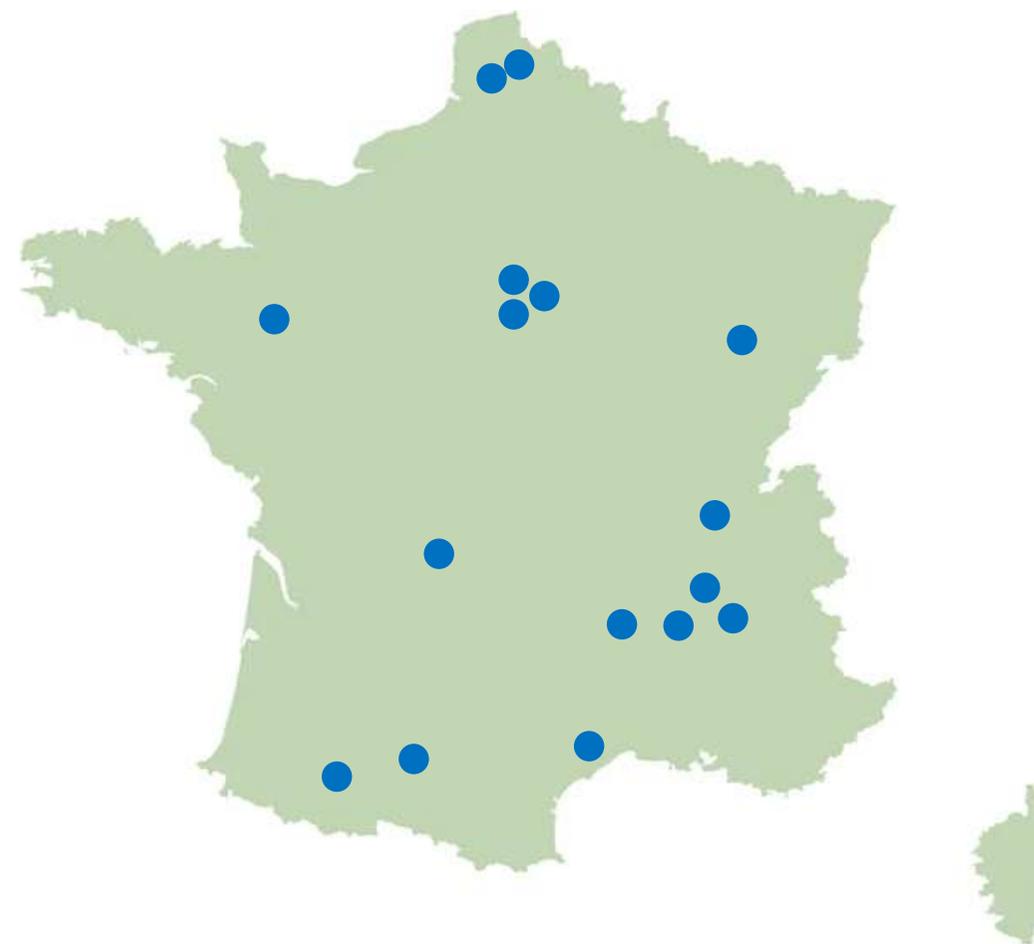
- Fédérer les acteurs de la recherche académique CNRS, Universités, CEA et industriels sur la base d'une infrastructure commune
- Développer des filières de packaging en phase avec les feuilles de route industrielles
- Relancer des actions de recherche de haut niveau pour stabiliser des chercheurs via un ensemble de projets ciblés

Programme INITIATIVE PACKAGING

Agence ASIC
Programme en cours d'évaluation



Initiative Packaging - Agence ASIC





Le Packaging : UN ENJEU POUR LA FILIÈRE ÉLECTRONIQUE

Les technologies de packaging sont clef pour l'amélioration des performances des composants électroniques



Technologies d'intégration 3D « packaging avancé »

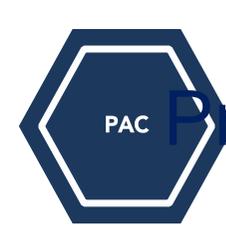
indispensables aux composants de demain pour :

- Le calcul haute performance
- L'IA
- Les objets connectés

Technologies de « packaging innovant » pour :

- La gestion thermique des composants et des modules (composants pour la puissance, RF)
- Les nouveaux substrats et fonctions intégrées pour la RF (Télécoms, défense, spatial)
- Le blindage, découplage pour les composants en milieu extrême (défense, industrie, spatial, quantique)
- La connectique, l'assemblage de fonctions hétérogènes pour la photonique
- La réduction de l'impact environnemental de la filière électronique (démontage, recyclabilité)

De nombreuses filières françaises stratégiques et/ou à fort potentiel sont concernées par les développements en packaging



Programme Initiative Packaging : OBJECTIFS



-  **Fédérer les acteurs** de la recherche académique CNRS, Universités, CEA et industriels autour de filières technologiques et de projets de recherche.
-  **Elargir le périmètre de la communauté packaging** en amenant des communautés de recherche existantes vers des problématiques scientifiques du packaging.
-  **Développer des filières technologiques** répondant aux besoins des acteurs académiques et en phase avec les feuilles de route des acteurs industriels, y compris sur le test/caractérisation
-  **Relancer des actions de recherche de haut niveau pour stabiliser des chercheurs, et enseignants–chercheurs et explorer des voies porteuses de différentiation technologique** : nouveaux composants intégrant une forte interaction avec le packaging dès la conception.
-  **Lancer une capacité de formation** sur le packaging en anticipation des besoins industriels.

Durée du programme : 8 ans

avec une programmation de projets de recherche pour les 4 premières années



Programme Initiative Packaging : DEUX VOLETS D'ACTION

Deux volets complémentaires pour adresser l'ensemble des besoins et accélérer sur des projets à impact **durable**



Un volet infrastructure et compétences Réseau National ReNaPack

- ✓ Investir dans des équipements de pointe et développer des filières technologiques ciblant les besoins des acteurs académiques en impliquant les acteurs industriels

Un volet recherche scientifique

- ✓ Initier des activités liées au packaging sur des filières applicatives à fort impact industriel et/ou sociétal :
 - ⚙️ Gestion thermique des composants packagés
 - ⚙️ Capteurs packagés haute performance en environnement à sévère
 - ⚙️ Antennes in-package pour communication RF
 - ⚙️ Packaging pour Electronique durable

Durée du programme : 8 ans

avec une programmation de projets de recherche pour les 4 premières années

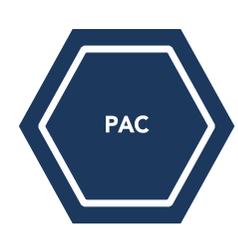


Action concertée transverse



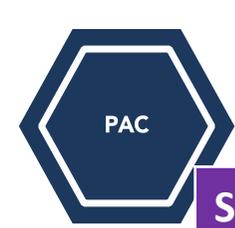
Pause

15H30-16h00



Plénière 2 : 20 mai

Présentations techniques / scientifiques



SESSION PLÉNIÈRE 2 (AMPHI). PRÉSENTATIONS ACADÉMIQUES EN DÉTAILS

16h00 **Lightspring: a new commercial service to prototype your photonic packaging** (Grégoire Bonnat, LIGHTSPRING)

Abstract: Based on 5 years of research at FEMTO-ST, the spinoff Lightspring Photonics is ready to offer a commercial service for photonic packaging. Its original "augmented 2PP" process allows to quickly design and fabricate optical connections for integrated photonic devices. It can accommodate various use cases (connecting chiplets, fiber-to-chip, laser-to-chip, micro-optics) across all industry segments (telecom, datacom, computing, sensing, quantum...)

16h15 **Intégration sur un wafer carrier de composants silicium dans une vignette flexible** (Jean-Charles Souriau, CEA-LETI)

16h30 **Micro-fabrication Additive 3D Métallique avec Résolution Micronique pour les Dispositifs Sub-Terahertz** (Cyril GUINES, XLIM)

Résumé : Les composants millimétriques (>30GHz) étant de plus en plus utilisés dans les systèmes de télécommunication, la micro fabrication additive d'objets métalliques devient pertinente pour les circuits microondes tels que les filtres, les antennes, les guides d'ondes... L'imprimante CERES disponible à XLIM permet l'impression d'objet 3D complexes par adjonction de voxels de cuivre avec une résolution de l'ordre du micromètre idéale pour les applications très hautes fréquences. Cette technologie ouvre de nouvelles perspectives de miniaturisation et d'intégration pour les systèmes de communication sub-terahertz ainsi que leurs interconnexions et leurs besoins de packaging.

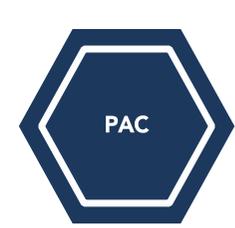
16h45 **Aspects environnementaux en intégration 3D et packaging : de l'analyse de cycle de vie à la réparabilité** (Mathilde Billaud, CEA-LETI)

17h00 **Intégration hétérogène par Micro Transfert Printing** (Céline Chevalier, INL-CNRS)

17h15 **Microstructuration laser en régimes femtoseconde et nanoseconde : applications pour le packaging** (Flavie BRAUD, IEMN)

Résumé : L'usinage laser en régimes femtoseconde et nanoseconde permet de micro-usiner avec précision une grande variété de matériaux, tels que les métaux, le verre ou le silicium. Le recours aux impulsions femtoseconde présente l'avantage de limiter considérablement les effets thermiques, améliorant ainsi la qualité et la netteté des découpes. Ces technologies ouvrent la voie à la fabrication de composants optoélectroniques miniatures, comme des interposeurs en verre intégrant des guides d'ondes ou des miroirs, ainsi qu'à des dispositifs opérant à très haute fréquence (bande G). Elles permettent également de réaliser des interconnexions courtes et performantes, de retirer localement du silicium sous les composants pour les suspendre, ou encore de concevoir des antennes intégrant des guides d'ondes pour des applications en spectroscopie THz.





Team building

- **Itinéraire FEMTO-ST > 1802**

- **Voiture : ~20min**

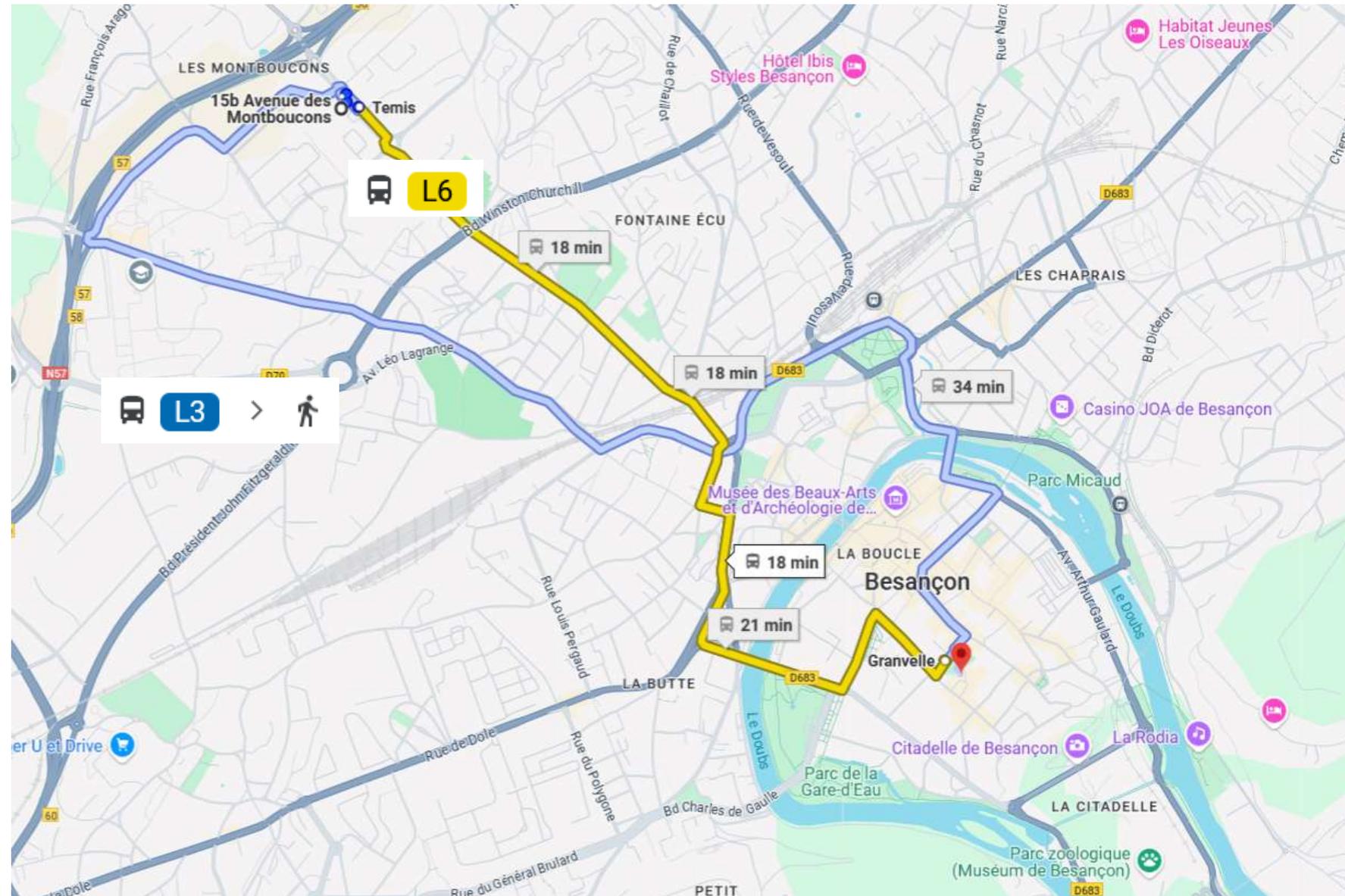
- **Parking Pl. Granvelle (mais peu de places disponibles)**

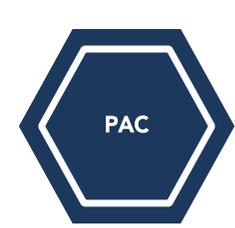
- **Bus ligne L6 (direct)**

- **Direction: Pôle Orchamps par Centre-ville – Granvelle**
- **Total : 20-30min**

- **Bus ligne L3**

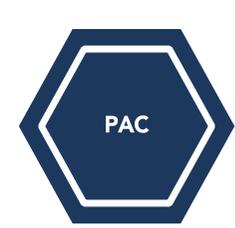
- **Direction: Centre-ville - 8 Septembre par Campus et Gare Viotte**
- **Total (~35min)**





Plénière 3 : 21 mai

Présentations techniques / scientifiques



Session plénière 3 (Amphi). Présentations industrielles en détails

09h00 Solutions pour l'automatisation de procédés d'assemblage photonique (Jean-Yves Bécel, ISP System)

Résumé : Malgré un écosystème Français très riche, les industriels de la photonique rencontrent des difficultés à franchir le cap de l'automatisation à cause de problématiques techniques (besoin de précision, d'alignement actif) mais aussi de contraintes organisationnelles (variabilité de la production, customization des produits).

Dans cette présentation nous expliquerons les solutions proposées par ISP System pour répondre à ces nouveaux défis, à travers le développement d'un équipement de micro-assemblage innovant, la machine PHOTOMATIQ, et la mise en place d'une méthodologie de projet permettant de limiter les risques tout en accélérant l'industrialisation des procédés d'assemblage photonique.

09h15 Microscopie acoustique : une méthode de contrôle non destructive (Clara Haddad, MB Electronique)

Résumé : La microscopie acoustique est une technique d'imagerie non destructive qui utilise des ondes ultrasonores pour inspecter l'intérieur des matériaux. Elle est particulièrement utile dans le domaine du packaging des semiconducteurs, où elle permet de détecter des défauts invisibles en surface tels que les délaminations, fissures ou inclusions présentes dans les différentes couches du composant. Grâce à sa haute résolution et à sa capacité à traverser une grande variété de matériaux, elle est devenue un outil essentiel pour garantir la fiabilité et la qualité des dispositifs électroniques.

09h30 Flip-Chip et haute précision (Damien Petit, Smart Equipment Technology SET)

Résumé : Quelques points clés qui permettent d'assembler des composants avec un pitch de plus en plus fin.

09h45 Femto Engineering - Centre de R&D (Florent Bassignot, Femto Engineering)

Résumé : Femto Engineering est le centre R&D de droits privés de l'institut de recherche Femto-ST assurant l'interface entre l'ingénierie et les besoins d'innovation des industriels. Nos équipes d'ingénieurs spécialisées en microtechnologies, robotique, temps-fréquence, IA, mécanique, optique mettent ses compétences aussi bien au service des start-ups que des grands groupes. Nous proposons des études technologiques sur cahier des charges client avec des développements à façon, la fabrication de prototype à la petite série jusqu'au transfert de la technologie.

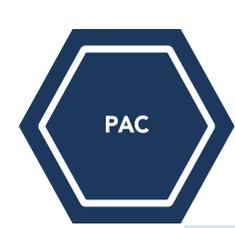


Action concertée transverse



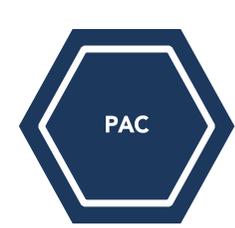
Pause

10h00-10h30



Session filières d'intérêt collectif

- **Re-métallisation et billage de puces nues**
- **Substrats hétérogènes**
- **Packaging plus éco-responsable**



Objectifs

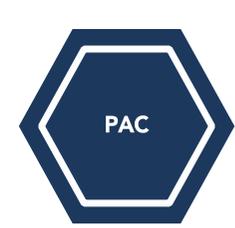


Modalités



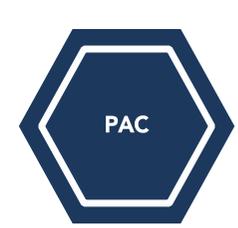
- Travailler collectivement sur des projets d'intérêt collectif
- Développer des “filières” sur des sujets d'intérêt collectif
- Démontrer que le Packaging est en lui-même un sujet d'étude qui “mérite” d'être financé dans des projets spécifiques

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 membre académiques d'ACPAC
3. Les membres d'ACPAC / les partenaires industriels vont chercher des financements ensemble (AAP, AMI, partenariats, ...)



Re-métallisation et billage de puces nues

D Henry



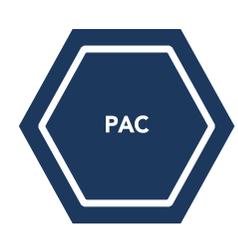
Re-métallisation et billage de puces



- Différents besoins sont exprimés (sans exhaustivité)
 - Académiques
 - Industriels
- Plusieurs solutions sont en cours de développement



- Plusieurs de ces solutions pourraient convenir pour les besoins **Vertigo et les besoins plus génériques de flip-chip de puces unitaires**
- Lancer plusieurs VT sur ces différentes solutions et faire des tests dans le cadre de Vertigo / AC-PAC pour évaluer / discriminer ces solutions



Re-métallisation et billage de puces



- RH sur crédits ACPAC → Positionnée
- Informations sur le plan de travail:
- Deux grandes thématiques : plan de travail et planning en cours de discussion dans le GT
 - **VERTIGO :**
 - Travail initial sur composants du commerce → Composants Si (IGBT, diodes) + MOSFET SiC
 - Travail sur pseudo-puces :
 - Design / layout
 - Réalisation des composants → LAAS
 - Tests des différentes techno de métallisation → LAAS / 3DIS / LP3 / LTM / SERMA / LETI
 - Tests électriques et caractérisations → Laplace
 - **Flip-chip**
 - Design et layout VT
 - Réalisation VT
 - Tests des différentes techno de métallisation → LAAS / 3DIS / LP3 / LTM / SERMA / LETI
 - Tests électriques et caractérisations → elect. & morpho
 - Mise en place technologie In ECD compatible puces unitaires
 - Applications sur cas d'étude :
 - ST
 - LETI / VHEPC
 - XLIM ?
 - Autres





Re-métallisation et billage de puces



- Informations sur le plan de travail:
 - Lancement recrutement CDD 24 mois
 - Positionné à Grenoble → PTA
 - Échanges fréquents avec Toulouse → LAAS & LAPLACE (Vertigo) + 3DIS
 - Echanges avec LP3

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Beoin 1 : VERTIGO																								
VT composants commerciaux Si																								
Appro composants																								
Identification techno métallisation																								
Réalisation des métallisations Cu épais																								
Intégration PCB des composants																								
Tests et caractérisations																								
VT composants commerciaux MOSFET SiC																								
Appro composants																								
Réalisation des métallisations Cu épais																								
Intégration PCB des composants																								
Tests et caractérisations																								
Fabrication de pseudo-puces																								
Définition CdC des pseudo-puces / process flow																								
Design et layout / fabrication masques																								
Réalisation techno FE des pseudo puces (wafer)																								
Réalisation techno métallisation et billage puce																								
Tests et caractérisations																								
Beoin 2 : métallisation et billage puces nues pour flip-chip																								
Définition CdC des pseudo-puces FC / process flow																								
Design et layout / fabrication masques																								
Développement procédé In par ECD																								
Réalisation techno FE des puces VT (wafer)																								
Réalisation techno métallisation et billage puce																								
Tests et caractérisations																								
Mise en œuvre sur produit																								
Tests et caractérisations																								



Substrats hétérogènes

T Baron

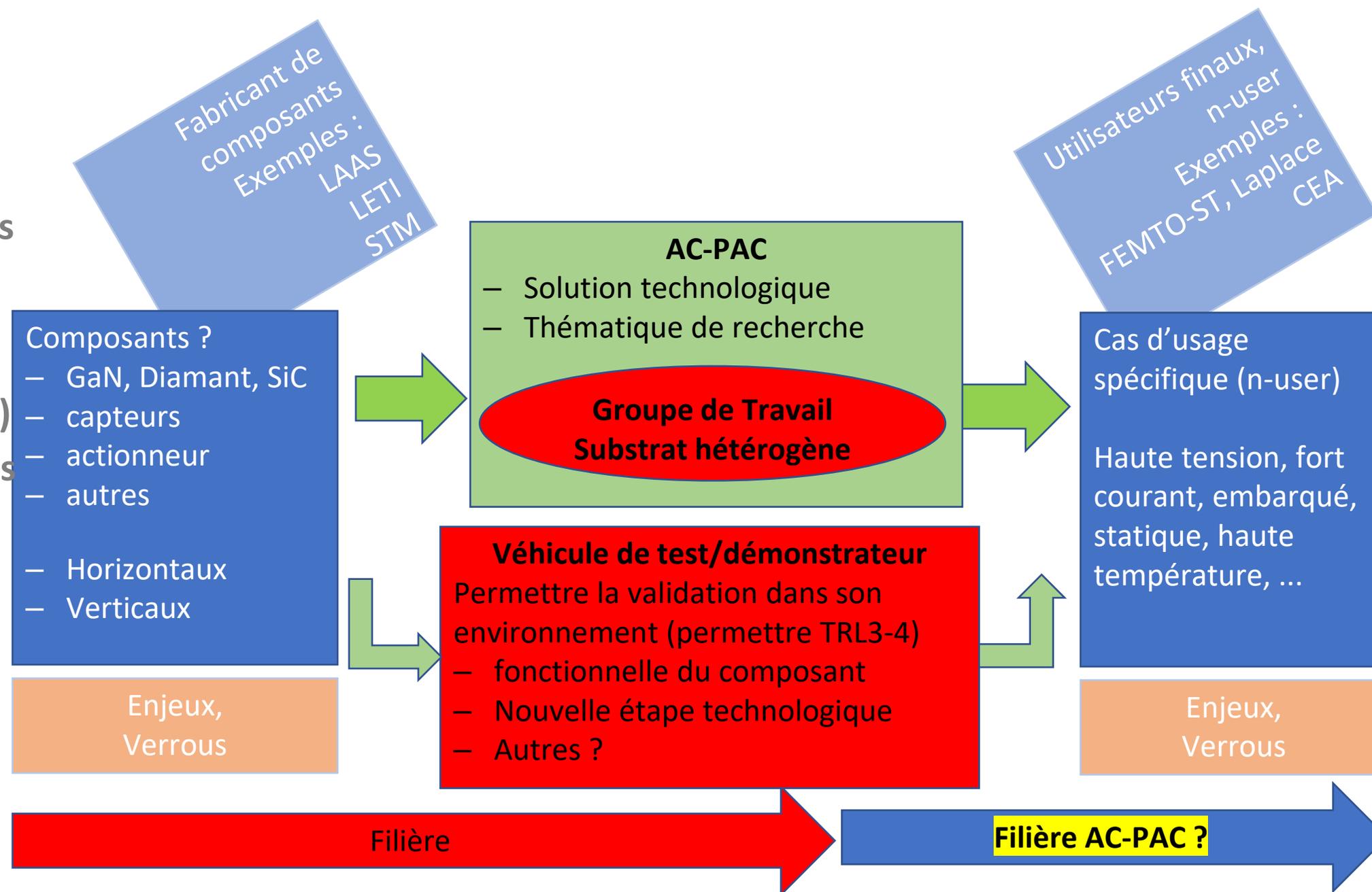
Enjeux Sociétaux / applications visées

- Deux types de domaine applicatif identifiés
 - **Substrat hétérogène avec contrainte puissance** (conversion d'énergie, réseau, véhicule électrique, solaire, éolien => mobilité et conversion d'énergie)
 - **Substrat hétérogène avec contrainte Cryogénique** (spatiale, quantique)
 - *Quid des projets ciblés avec photonique (opto-RF, fluide) ?*
- Ouvrir sur la compatibilité avec d'autres domaines / PEPR
 - Cryo : *PEPR quantique ?*
 - Power : compatibilité pour les puces SiC, GaN (horizontal (aujourd'hui), vertical (fin projet VERTIGO), diamant (PEPR diamant))

Visée du GT

Méthodologie

- Cahier des charges des différentes filières à spécifier
- Identifier les domaines applicatifs connexes
- Identifier les étapes technologiques possibles et disponibles (utilisation de la BdD)
- Identifier les verrous et les étapes technologiques manquantes
- Identifier des étapes clés pouvant être commun ou spécifique
- Proposer des design / des solutions à tester ou/et à comparer
- Proposer des projets



- **Substrat hétérogène avec contrainte puissance**

- Roadmap : 4 filières

- Basse tension (48V, sans underfill, budget thermique, intégration latéral) TRL 2-3
- Montée en tension, intégration vertical TRL 2
- Très haute tension, intégration multi-niveau TRL 1
- Hybridation epoxy/céramique (VERTIGO)

- Projet proposé Mathpack côté ASIC

- **Substrat hétérogène avec contrainte Cryogénique**

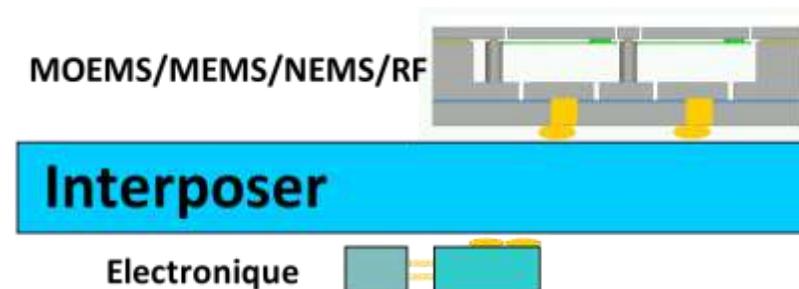
- Matériaux

- Insensibilité / tenue thermique
- Compensation différentielle thermique
- Isolation Electrique – Thermique
- Tenue aux radiations
- Tenue vide-cryo

- Projet proposé PAMES côté ASIC

- Circuiterie 3D

- Vias
- Couche Redistribution
- Electronique
- Capteurs
- Micro-fluidique

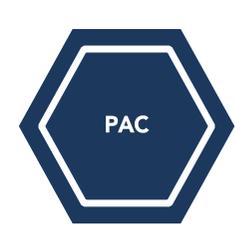




GOTEN / FRENCH DIAM



- **Besoin packaging exprimé similaire** : gestion thermique des composants de puissance dans leur boîtier
- GOTEN : électronique pour la conversion (filrière à base de Ga_2O_3)
- FRENCHDIAM : électronique pour la conversion (filrière Diamant)
 - **Liens au sein du PEPR**
 - Gestion de la thermique
 - Métallisations Haute température (RESISTE, GOTEN, VERTIGO)
 - Évacuation chaleur (GOTEN, VERTIGO)
 - Les GT AC PAC
 - Substrat hétérogène
 - ST micro s'est prononcé en faveur d'essais d'impression 3D céramique pour le packaging de composants GaN
 - Re-métallisation / billage de l'AC PAC
 - Intérêt par l'aspect métallisation des composants pour les applications HT
- **ACTION A MENER**
 - Organiser un échange avec les acteurs des deux projets pour coordonner les développements

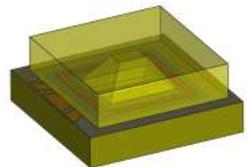
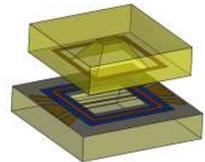
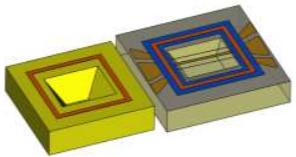


RH soutien demandes PEPR + filière substrats hétérogènes (FEMTO-ST) interposer silicium/Cryo

• Missions et programme de travail:

• Soutien à RESISTE

- Axé sur la fermeture de la cavité sous pression N2 depuis un wafer 4". On repartirait du substrat avec les pistes Pt et on regarde pour le cordon de scellement depuis un substrat 4" avec la gravure KOH.



- Pour le cordon de scellement exploration de plusieurs pistes :
 - collage SiO₂/SiO₂ structuré (polissage du SiO₂ et gravure du cordon avant scellement)
 - collage Pt/Pt structuré. La structure du Pt est fait par shadow mask (dimension limite environ à 10µm (à définir exactement pour la définition d'une filière))
 - Solution de back-up collage Au/Au (déjà maîtrisé à MIMENTO)

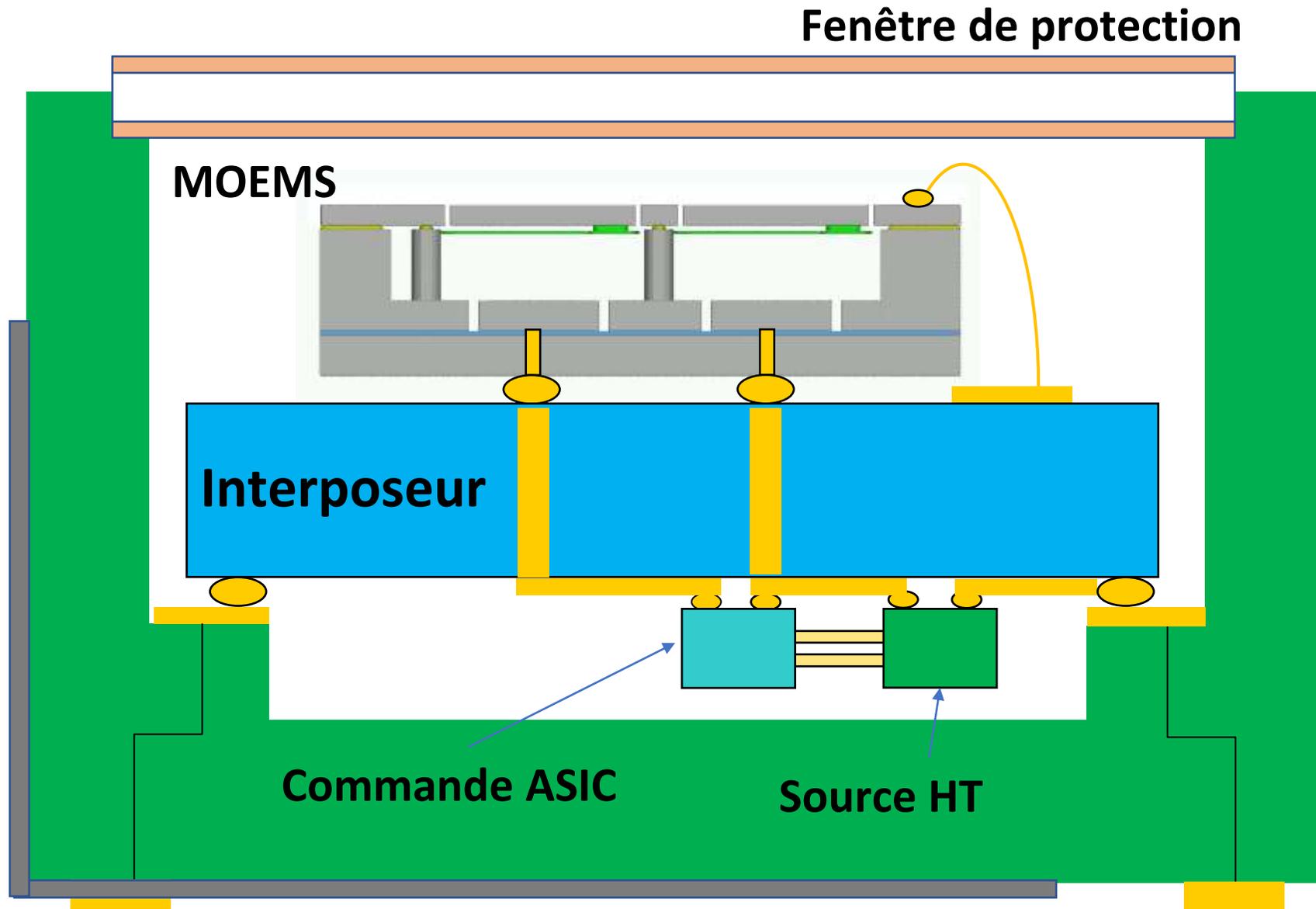
○ Substrats hétérogènes :

- Collage Cu/Cu pleine plaque ou structurée et hybridation flip-chip de puce avec Cu
 - Possible Collaboration avec LETI.
- Design interposer intégrant vias et routage, sa réalisation et le concept d'intégration avec le monde autour du bonding

- **Durée** : Demande de Recrutement ACPAC : Pour réaliser/coordonner l'ensemble de ce plan de travail, le recrutement d'un CDD est demandé. La durée envisagée serait de 18 ou 24 mois selon le budget alloué.

- **Positionnement géographique** : La ressource sera positionnée à FEMTO-ST (Besançon), encadrée par des personnels de MIMENTO avec, en support, les acteurs des projets concernés

- **Profil du candidat** : plutôt technologue (process et/ou intégration) avec idéalement une expérience du travail en salle blanche, formation matériaux, physique ou électronique idéalement. Orienté si possible en première compétence wafer bonder et deuxième compétence soit Flice (shadow mask) et Laser CO₂ (on a identifié aussi un besoin la semaine dernière), soit Flip-chip.



Interposeur :

- CTE compatible, Si ?
- Via faible résistivité
- Découplage thermique & mécanique
- Routage face arrière

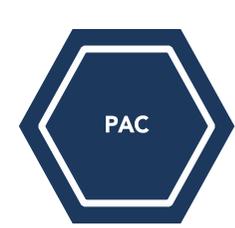
Packaging vide – cryo compatible

- Céramique 3D ?
- Couche protection (radiation) ?
- Capot transparent amovible ?
- ASIC durci !
- Capteurs – environnement
- Stratégie d'intégration

Contrôle commande

- Conception ASIC
- Programmes de contrôle commande

Boitier céramique avec connexion entrée/sortie

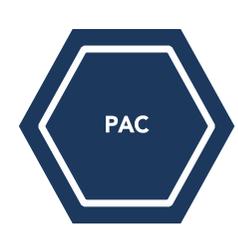


- **Substrat hétérogène avec contrainte puissance**
- **Substrat hétérogène avec contrainte Cryogénique**
- **Substrat hétérogène gestion du flux de chaleur (nouveau)**
 - Objectif maîtriser le flux pour conserver la chaleur
- **Second brique : boîtier céramique 3D (nouveau : début discussion Mars 2025)**
 - CEA-Occitanie : Ag & céramique,
 - autres assemblages?
 - Céramique à adapter suivant les besoins,
 - définition des besoins à avoir
- **Objectifs :**
 - Expression des besoin de chacun sur le modèle du schéma du slide précédent (à adapter à son besoin)
 - Regroupement des sujets
 - Contrôle dans la base de données de ce qui est faisable ou non
 - Définition des manques
 - Recherche de financement



Packaging plus éco responsable

H Granier



Packaging plus éco responsable

Premières réflexions en 2024

- Laboratoires et industriels ont commencé à exprimer sur des **besoins** et des **actions en cours**
- Deux aspects principaux à considérer
 - **Matériaux**
 - **Procédés**
- Troisième point apparaît être l'analyse des cycles de vie **(ACV)**
- **Stratégie envisagée en 2024**
 - **Cartographie** sur matériaux/procédés ainsi que besoins/actions en cours
 - **Soumise à la communauté des chimistes** pour essayer d'agréger les compétences matériaux des chimistes avec les actions des "électroniciens"
 - Cette agrégation permettra des **développements, des collaborations scientifiques et techniques, la construction de projets ?**
 - **Une stratégie similaire sur l'ACV?**



Packaging plus éco responsable

Situation en 2025

- **Actuellement** il existe au niveau national de très nombreuses initiatives structurantes et d'envergure
 - PEPR recyclage : <https://www.pepr-recyclage.fr/>
 - GDR DEFIE : <https://defie-cnrs.fr/>
 - Au sein d'autres structures académiques et industrielles
 - Conférences ou sessions de conférences dédiées
- **Stratégie proposée**
 - Eviter la dispersion et avoir des ressources suffisantes en participant à ces initiatives à travers l'angle des problématiques packaging ?
 - La tâche de l'ACPAC serait de coordonner et structurer l'expression de nos besoins et de nos actions/contributions possibles dans ces initiatives
 - Qui voudrait / pourrait s'impliquer ?



Action concertée transverse



Buffet

12H00-13h30



Plénière 4 : 21 mai

- Organisation d'une école d'été packaging
- Déploiement des RH de l'ACPAC
- Synthèse
- Echanges avec la salle
- Conclusion



Proposition d'organisation d'une école d'été packaging



Quoi, pourquoi, comment ?

• **Quoi ?**

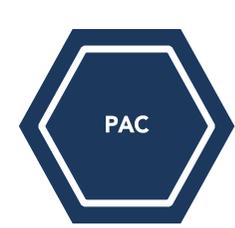
- Organiser une école avec le packaging pour sujet unique
- Ouverte aux académiques et aux industriels

• **Pourquoi ?**

- Très peu de formations packaging disponibles
- Moyen de faire croître la communauté
- Formation continue pour les industriels

• **Comment ?**

- CNRS formation est prêt à nous accompagner pour prendre en charge l'organisation
- Contenu à construire par les personnes qui souhaiteraient s'impliquer
- Pourrait être pérennisé à une fréquence à définir avec des sujets évoluant
- Formation payante, émoluments pour les formateurs



Une première intention déclarée



Écoles thématiques 2026– Déclaration d'intention (en français)

Titre court (en majuscules, maximum 15 caractères) : packaging
Titre complet de l'école : Ecole thématique « packaging des composants électroniques »

Déposée en mars 2025

Première étape franchie

Responsable scientifique porteur du projet (un seul) :

Nom Prénom	Fonction	Code et intitulé du laboratoire	Adresse	Téléphone	Adresse électronique
BUTTAY Cyril	Directeur de recherche CNRS	Laboratoire Ampère, UMR 5005	21, avenue Capelle, 69621 Villeurbanne	04 72 43 79 63	Cyril.buttay@insa-lyon.fr

NB: Il est demandé un porteur/ interlocuteur unique et identifié avec une adresse mail officielle (reconnue pour l'accès aux sites du CNRS)

Délégation régionale (DR) du CNRS organisatrice : DR7

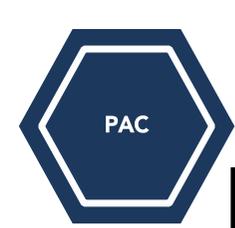
Conseiller(e) formation de la DR en charge de l'école : Mélanie CAZIN

Période de l'année envisagée : été 2026 Durée prévue : 4 (jours)



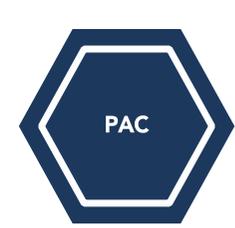
Ecole thématique packaging -Description

- **Formation à destination de doctorants, post-docs et ingénieurs** (CNRS formation est qualifié pour la formation continue)
- **Format prévu : 4 jours**, en 2026, probablement en juin ou septembre
- **Objectif** : faire connaître la diversité thématique du packaging et donner une base de connaissances communes aux chercheurs et ingénieurs électroniciens.



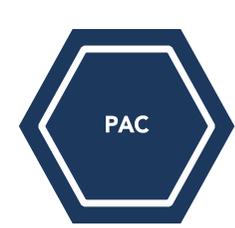
Ecole thématique packaging – programme préliminaire

- **Introduction au packaging en électronique** (rôle, aspects physiques, historique)
 - De la puce nue au système complexe
 - Les familles de packaging (Hermétique, Plastique) et les différents boîtiers
 - **présentation des technologies de packaging**
 - technologies classiques de packaging
 - technologies de packaging avancé (wafer level packaging, photonique, etc.)
 - technologies de packaging en électronique de puissance
 - **éléments de technologie**
 - report de puce (collage, brasure, frittage...)
 - interconnexions (wirebonds, flip-chip, pillars, clips..)
 - Encapsulation
 - **Assemblage des composants**
 - Assemblage des composants sur carte – principe
 - Les contraintes induites sur le packaging (warpage,...)
 - L’humidité dans les composants et sa gestion
 - **Méthodes de caractérisation du packaging**
 - caractérisation électrique (éléments parasite, comportement RF ...)
 - caractérisation thermique (résistance thermique, impédance thermique, modélisation)
 - Caractérisation structurelle (microsection, RX, SAM, test mécanique, etc.)
 - Caractérisation de fiabilité
 - Comment qualifier un composant
 - **Outils de conception de packages** (modalité mixte cours/ateliers)
 - modélisation thermique, électrique, mécanique par éléments finis
 - analyse sur cycle de vie de composants
 - **Interventions industrielles sur les besoins et solutions actuels**
- En particulier sur les notions de maturité technologique et de fabrication (TRL / MRL).



Ecole thématique packaging – à l'aide !

- **Ce dont nous avons besoin :**
- **De formateurs** (idéalement 7-8)
 - Avis aux candidats et candidates !
 - Si vous avez des cours/TD/TP tout prêts, c'est encore mieux
 - L'aspect pratique (simulation, mesure) est particulièrement recherché
 - (mais on a besoin de présentations aussi!)
 - **Signalez vous d'ici à fin mai à cyril.buttay@insa-lyon.fr**
- **De retours sur le programme** préliminaire
 - Des sujets à développer/ajouter ?
- **De participants :**
 - Début 2026, nous ferons circuler le programme et les modalités d'inscription (si l'école se tient!)



Déploiements des RH de l'ACPAC

Exploration de l'impression par microtransfert pour une intégration hétérogène dans les applications émergentes

18 mois IR



Collaboration



Problématique conjointe à OROR et NanoFiLN

Impression par micro-transfert (μ TP)

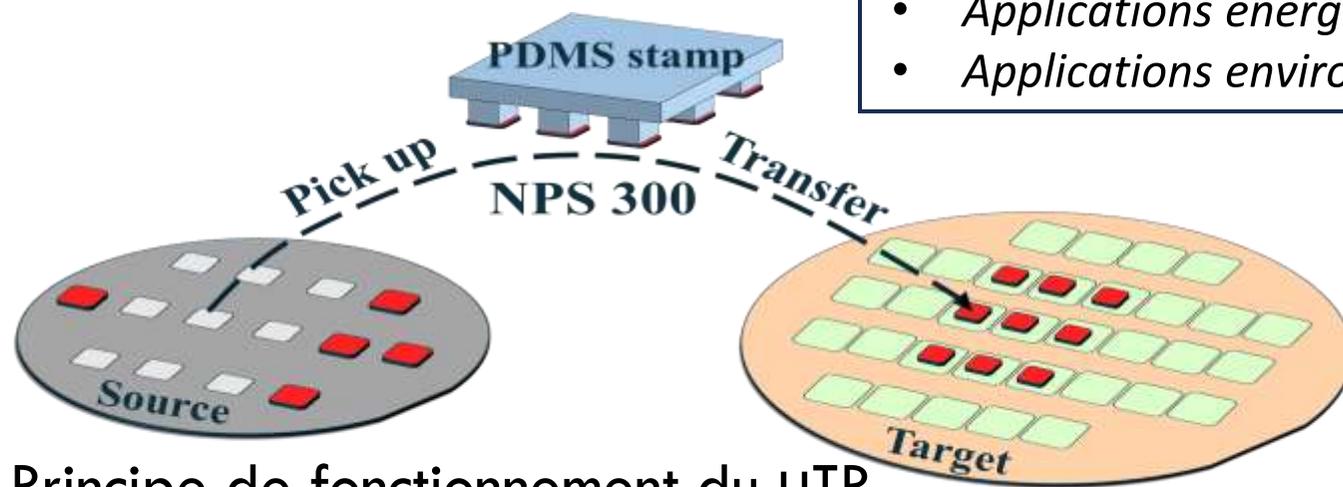
- *Versatilité*
- *Évolutivité*
- *Rentabilité*

Applications du μ TP

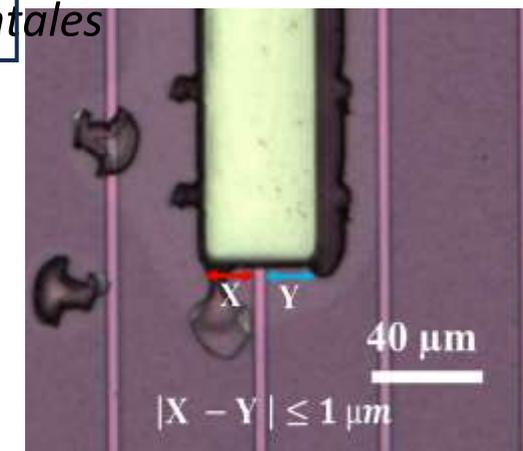
- *Électronique*
- *Photonique*
- *Dispositifs biomédicaux*
- *Applications énergétiques*
- *Applications environnementales*

Les défis du μ TP

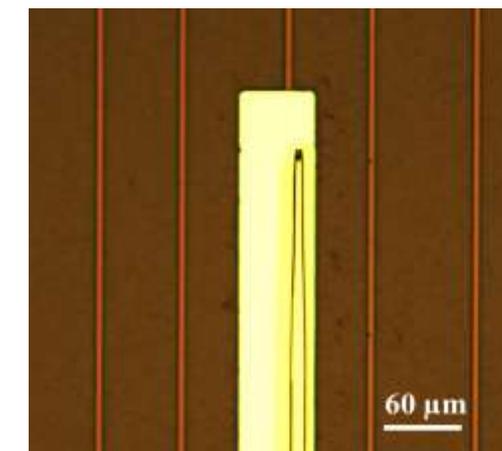
- Précision de l'alignement*
- Ramassage et relâchement efficaces*
- Contrôle des défauts (version incomplète)*



Principe de fonctionnement du μ TP



Précision de transfert $\leq 1 \mu\text{m}$



ICL transféré sur SiGe

Développement μ TP + première démonstration d'un transfert d'ICL GaSb sur guide d'ondes SiGe/Si

⇒ GaP, LiNO_3 , matériaux s...

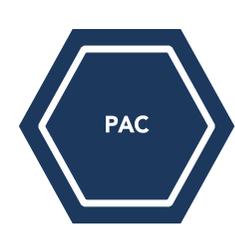
* ICL : Interband laser en cascade

Références

- [1] Corbett B, et al. Progrès en électronique quantique, 2017, 52 : 1-17.
- [2] Roelkens G, et al. IEEE Journal of selected topics in quantum electronics, 2022, 29(3 : Photon. Elec. Co-Inte. et Adv. Trans. Print.): 1-14.
- [3] Billiet Y, et al. Journées Nationales sur les Technologies Emergentes en Micro-Nanofabrication. 2024.

RH Re-métallisation billage (LTM PTA LETI)

- **Missions** : Cf. plan de travail du GT re-métallisation billage
- **Durée** : Demande de Recrutement ACPAC : Pour réaliser/coordonner l'ensemble de ce plan de travail, le recrutement d'un CDD est demandé. La durée envisagée serait de 18 ou 24 mois selon le budget alloué.
- **Positionnement géographique** : La ressource sera positionnée à la PTA (Grenoble), encadrée par des personnels de la PTA avec, en support, les acteurs du projet VERTIGO pour les composants de puissance et du LETI/DOPT/LAIP, du LAAS et du LP3 pour les aspects flip-chip. La ressource sera amenée à se déplacer à Toulouse (Laplace) pour les caractérisations électriques et pour la techno (LAAS) et à Marseille pour les aspects LIFT (LP3).
- **Profil du candidat** : plutôt technologue (process et/ou intégration) avec idéalement une expérience du travail en salle blanche, formation matériaux, physique ou électronique idéalement



RH soutien demandes PEPR + filière verre (LAAS)

- **Missions et programme de travail:**

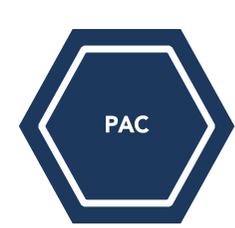
- **Soutiens**

- Aux demandes externes (ACPAC/Renapack)
- Aux actions re métallisation / vertigo : Techno re-métallisation LAAS + Véhicules test puissance faits au LAAS + lien avec PTA
- A Résiste: Wafer bonding / flip chip pour scellements hermétiques
- A OROR / NanoFILN : Caractérisations de la technologie 3Dis
- A FRENCHDIAM / GOTEN : Définition du packaging
- Nano FILN :Report des couches par wafer bonding : Echanges techno avec FEMTO-ST

- **Développement d'une filière verre :**

- Pour le packaging : TGV; Soudure laser verre-verre / verre- Si ; Capots ; Lentilles sur fibres optiques par réticulation 3D (Nanoscribe et/ou flice)
- Pièces de pré guidage des fibres pour packaging optique (OROR OFCOC et autres)
- Animation groupe expert techno FLICE : FEMTO ST / IPGG / IEMN /LAAS/ et comparatif des technologies
- Comparatif / complémentarité FLICE et ablation laser
- Amélioration rugosité : Collaborations autour de la nouvelle technologie FEMTO-ST
- Paramètres sur autres substrats que le verre
- Autres applications que packaging

- **Durée** : Demande de Recrutement ACPAC : Pour réaliser/coordonner l'ensemble de ce plan de travail, le recrutement d'un CDD est demandé. La durée envisagée serait de 18 ou 24 mois selon le budget alloué.
- **Positionnement géographique** : La ressource sera positionnée au LAAS (Toulouse), encadrée par des personnels de TEAM avec, en support, les acteurs des projets concernés
- **Profil du candidat** : plutôt technologue (process et/ou intégration) avec idéalement une expérience du travail en salle blanche, formation matériaux, physique ou électronique idéalement



RH soutien demandes PEPR + filière substrats hétérogènes (FEMTO-ST)

- **Missions et programme de travail:**

- **Soutien à RESISTE**

- Axé sur la fermeture de la cavité sous pression N2 depuis un wafer 4". On repartirait du substrat avec les pistes Pt et on regarde pour le cordon de scellement depuis un substrat 4 " avec la gravure KOH.
- Pour le cordon de scellement exploration de plusieurs pistes :
 - collage SiO₂/SiO₂ structuré (polissage du SiO₂ et gravure du cordon avant scellement)
 - collage Pt/Pt structuré. La structure du Pt est fait par shadow mask (dimension limite environ à 10µm (à définir exactement pour la définition d'une filière)
 - Solution de back-up collage Au/Au (déjà maîtrisé à MIMENTO)

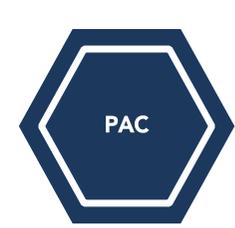
- **Substrats hétérogènes :**

- Collage Cu/Cu pleine plaque ou structurée et hybridation flip-chip de puce avec Cu
 - Possible Collaboration avec LETI.

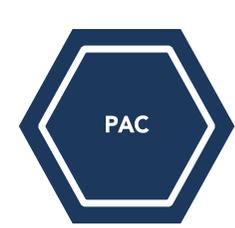
- **Durée :** Demande de Recrutement ACPAC : Pour réaliser/coordonner l'ensemble de ce plan de travail, le recrutement d'un CDD est demandé. La durée envisagée serait de 18 ou 24 mois selon le budget alloué.

- **Positionnement géographique :** La ressource sera positionnée à FEMTO-ST (Besançon), encadrée par des personnels de MIMENTO avec, en support, les acteurs des projets concernés

- **Profil du candidat :** plutôt technologue (process et/ou intégration) avec idéalement une expérience du travail en salle blanche, formation matériaux, physique ou électronique idéalement. Orienté si possible en première compétence wafer bonder et deuxième compétence soit Flice (shadow mask) et Laser CO₂ (on a identifié aussi un besoin la semaine dernière), soit Flip-chip.



Synthèse des journées



Évènements à venir



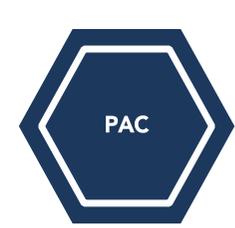
<https://empc2025.org/>

3èmes JNPack

priori fin septembre / début Octobre, complémentarité avec Minapad en mai 2026

Automne 2026 – Grenoble / CEA-LETI → à

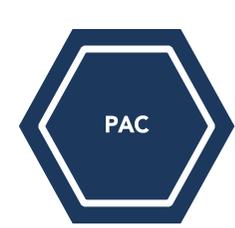
à venir



Actions à mener



- **Base de données**
 - Amplifier la diffusion de la BdD
 - Rédaction du livrable sur l'état des lieux national.
- **Sujets d'intérêt collectif**
 - GT Re métallisation et billage des puces : Travaux
 - GT Eco responsabilité : Structurer l'expression de nos besoins et de nos actions/contributions pour contribuer à des initiatives d'ampleur
 - GT Substrats hétérogènes : Définir des démonstrateurs
- **Soutien aux PCs**
 - Travaux Packaging sur les projets déjà identifiés
 - OFCOC, OROR, RESISTE, VERTIGO, COMPTERA
 - Définition et mis en place des travaux sur
 - GOTEN , FRENCHDIAM, NANIFILN
 - **Coordination de communautés pour mise en place de "filiales"**
 - Fibrage, MTP, métallisation de céramiques,...
- **Communauté nationale**
 - Mise en place espérée de ReNaPack dans l'initiative Packaging de l'agence ASIC
 - Réponse positive espérée sur le financement d'une école d'été Packaging
 - Organisation 3^{èmes} JNPack



MERCI DE VOTRE PARTICIPATION

Coordinateurs de l'AC PAC

Hugues Granier
Samuel Charlot

Thomas Baron
Sylwester Bargiel

David Henry

