



afelim

**Plates-formes technologiques et
Centres techniques
pour l'électronique imprimée**

➤ Mot de la Présidente de la Commission	3
➤ Positionnement des plates-formes technologiques	
• Chaîne de valeur de fabrication d'un objet	5
• Cartographie des plateformes en France	6
• Conception - Caractérisation	7
• Pré-process	8
• Process	9
• Post-process	10
➤ Plates-formes technologiques	
Présentation - Compétence - Savoir-faire - Moyens - Perspectives – Accès - Contact	
• CT IPC - CENTRE TECHNIQUE PLASTURGIE & COMPOSITE	11
• CTP - CENTRE TECHNIQUE DU PAPIER	21
• CTC - CENTRE DE TRANSFERT DE TECHNOLOGIES CERAMIQUES	31
• ELORPRINTTEC	41
• PICTIC - CEA LITEN	51
• PRINTUP	61
• SPRINT - IM2NP	73
➤ Conclusions	83



Evangéline BENEVENT
IM2NP - SPRINT
Présidente de la commission

« La révolution de l'électronique imprimée est en marche. Cette rupture technologique va bouleverser profondément de nombreux secteurs économiques et offrir d'importantes opportunités de développement aux entreprises innovantes.

Pour faire face à ces défis technologiques et appréhender convenablement ce nouveau domaine de l'électronique qui se distingue fortement de la filière silicium conventionnelle, les plates-formes adhérentes à l'AFELIM, et présentées dans ce cahier, sont là pour vous accompagner.

Les plates-formes technologiques regroupent des équipements et des moyens humains porteurs d'une expertise technique et scientifique de haut niveau permettant de soutenir les activités de recherche mais permettant aussi d'accompagner les entreprises pour réaliser des études de faisabilité, de réaliser des preuves de concept, de passer de l'idée au projet et de les accompagner vers le transfert industriel.

Les plates-formes sont ouvertes sur l'extérieur : acteurs académiques et acteurs industriels sont les bienvenus pour profiter d'un bien commun ayant vocation à faire progresser les connaissances et compétences en électronique imprimée.

Elles sont ouvertes à tout type de collaboration et à tout type de collaborateur, et seront toujours attentives à proposer un mode de collaboration adapté à leurs partenaires et à leurs demandes. N'hésitez donc pas à contacter les responsables de plate-forme.

Le cahier des plates-formes a été repensé pour permettre une double lecture : il s'adresse en effet aussi bien à de nouveaux acteurs qu'à des acteurs avertis. Les premières pages de ce cahier doivent vous aider à identifier rapidement le cœur de métier de chaque plate-forme et son positionnement dans la chaîne de valeur de conception et de fabrication d'un nouveau dispositif en électronique imprimée. En espérant que ce cahier représentera une aide à la décision pour trouver le bon interlocuteur, je vous souhaite une bonne lecture ! »

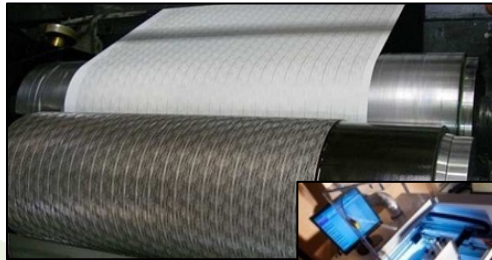
PLATES-FORMES TECHNOLOGIQUES PLUS DE 3 000 M²

afelim



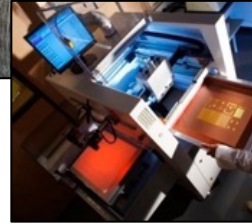
Oyonnax

I
NNOVATION
P
LASTURGIE
C
OMPOSITES

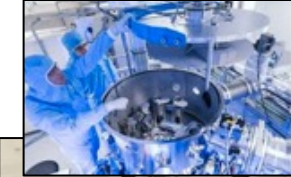


Douai - Grenoble

ctp
centre technique
du papier



Limoges
CTTC
Centre de transfert de technologies céramiques



Bordeaux



ELORPRINTeC
FACTORY FOR PRINTED ORGANIC ELECTRONICS



Grenoble

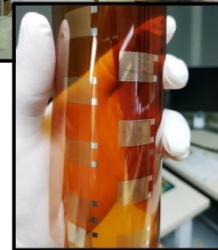
liten
all tech

PictiC



PRINT'UP

Paris



Marseille

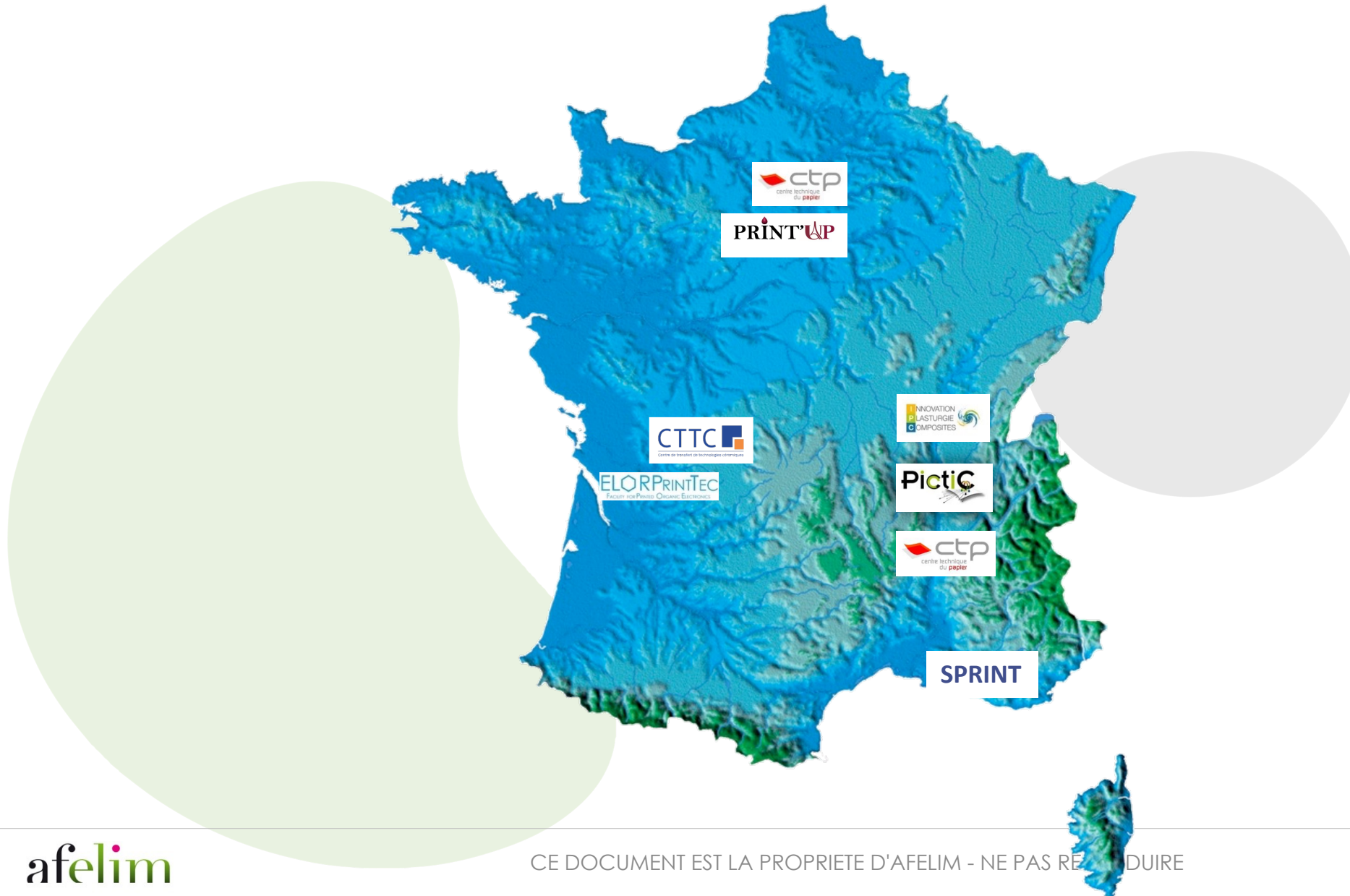
SPRINT imenp

afelim

TRL Maturité du développement technologique

- TRL 1 Observation du principe de base
- TRL 2 Formulation du concept technologique
- TRL 3 Preuve expérimentale de conception
- TRL4 Validation de la technologie en laboratoire
- TRL 5 Validation de technologie en environnement réel
- TRL 6 Démonstration de technologie en environnement réel
- TRL 7 Démonstration du système à l'échelle prototype en environnement opérationnel
- TRL 8 Qualification d'un système complet
- TRL 9 Système réel démontré en environnement opérationnel

MATERIAUX	FORMULATIONS	PROCEDES	DISPOSITIFS	SYSTEMES	TRL
		CT IPC Centre Technique Industriel Plasturgie et Composites			4 > 7
		CTP Centre Technique du Papier			3 > 7
ELORPRINTEC Matériaux pour l'électronique organique					1 > 5
		PICTIC Electronique imprimée & Electronique structurale			4 > 6
	PRINTUP des matériaux aux dispositifs				1 > 4
		SPRINT Expertise Electronique imprimée			2 > 4



PROCESS CONCEPTION CHARACTERISATION

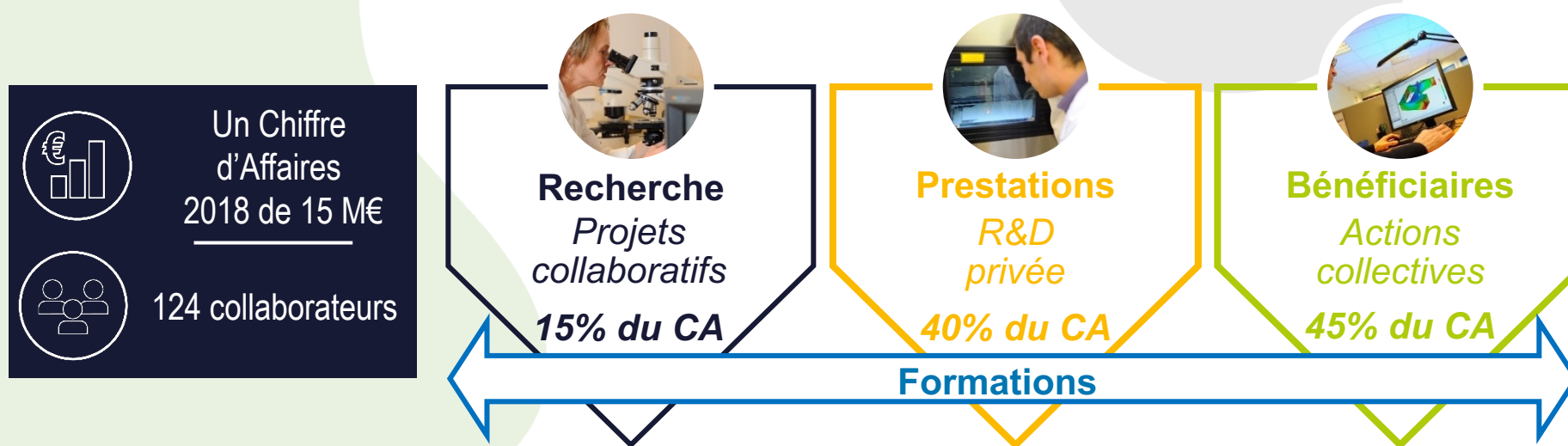
CONCEPTION - CARACTERISATION		CT IPC	CTP	CTTC	ELORPRINTTEC	PICTIC	PRINTUP	SPRINT
SIMULATION	CAO Analog							oui
	CAO digitale							oui
	CAO HF							oui
MODELISATION	Matériaux	oui						oui
	Composants							oui
	Thermique	oui				oui		oui
	Mécanique	oui				oui		
	Optique					oui		
CARACTERISATION	Optique		spectro, microscopie optique et MEB	oui	photospectrométrie (poudre, liquide, couche mince)	spectro transmission et réflexion	spectro, microscopie optique, MEB	oui
	Analog		oui		oui	oui	oui	oui
	Digitale				oui			oui
	HF			Oui (partenaire)				oui
FIABILITE VIEILLISSEMENT	T° Humidité Brouillard salin	oui	oui			oui	T°, humidité	T°, humidité
	Mécanique	oui		Arrachement, flexion, compression, traction		flexion, arrachement		flexion, traction, compression
	Eclairement		lumière UV			spectro d'éclairement	lumière UV+vis	oui
	Conditions réelles		enceintes climatiques			enceintes climatiques	enceinte climatique	

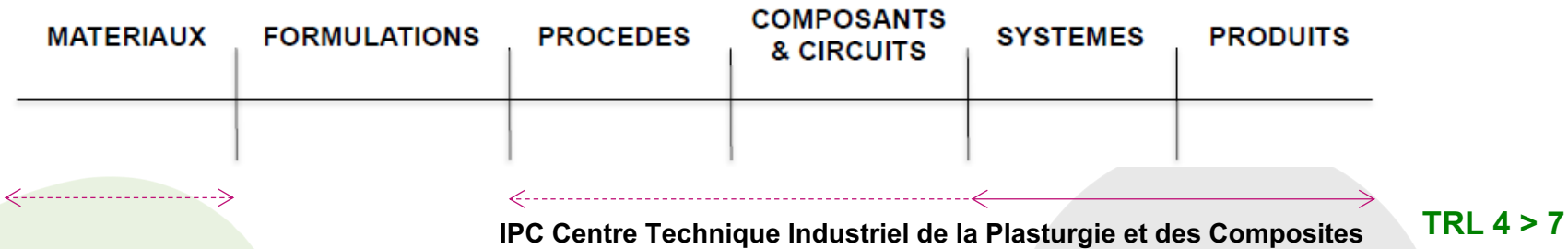
PRE PROCESS		CT IPC	CTP	CTTC	ELORPRINTTEC	PICTIC	PRINTUP	SPRINT
FORMULATIONS	Nature			oui			oui	
	Mélangeurs		disperseur, broyeur à billes	oui		planétaire		
PREPARATION MATERIAUX	Rhéologie		oui	oui	mesure cone-plan, statique ou dynamique		oui	
	Energie de surface		oui	oui	angle de goutte	mesure angle de goutte	oui	
	Mélangeur		oui	oui	mecanique, 3D, magnetique			
	Synthèse			oui	reacteur semi-automatique <5L		oui	
SUBSTRATS	Format		du A4 à la bobine	A5	feuille à feuille A4	feuille à feuille 32*38 cm	A4	feuille à feuille, 15*15cm
	Nature (papier, plastique, ...)			Papier, plastique, verre, silicium, métal, céramique	rigide ou flexible, papier, plastique, verre, métal, ...	papier, plastique, verre, métal, étirable	papier, plastique, verre, silicium, métal	papier, plastique, verre, silicium, métal
TRAITEMENTS SUBSTRATS	Plasma				O2, Ar, CF4, SF6	RIE,	oui	oui
	Corona		oui					
	UV			UV ozone	oui	UV ozone	oui	
	Physico chimique		oui	oui			oui	
	Fonctionnalisation		oui			bain robotisé	oui	
	Enduction		oui	oui			oui	
NETTOYAGE	Mécanique		ultrasons	ultrasons	bain ultrason	bain EDI + ultra sons	bain ultrasons	bain à ultrasons
	Soufflage				oui	séchage spin 32*38cm	oui	
	Dépoussiérage							
	Ionisation							

PROCESS		CT IPC	CTP	CTTC	ELORPRINTTEC	PICTIC	PRINTUP	SPRINT
SALLE	Classe de la salle				ISO 6 C 1000	C 10 000 ISO 7		
IMPRESSION TRADITIONNELLE	Serigraphie		à plat et rotative		Ekra X5	2 EKRA et une ligne automatique	oui	
	Spin coating						oui	
	Flexographie		oui		RK flexiproof 100	oui		
	Héliogravure		oui		Saueressig CP90	oui		
	Slot Die				TSE table coater 200mm	oui		
	Offset		oui					
	Laser		oui			EXIMER 248 nm		
IMPRESSION NUMERIQUE	Jet d'encre		oui	Ceradrop F-serie	Microfab Jetlab 4, Ardeje OD100	oui	Dimatix, Ceradrop, Kelenn	oui
	Aerosol spray		oui	Optomec AJ200	oui	oui		oui
	Impression 3D			Microdispensing nScript			oui	oui
	Nano in print				EVG6200 smart NIL			
DEPOT SOUS VIDE	PVD				Plassys	oui	oui	oui
	CVD						oui	oui
	ALD				Veeco, Savanna 200		oui	electro-chemical ALD
	Gravure (plasma, chimique)				plasma, chimique	plasma RIE	oui	
	Tampographie							

POST PROCESS		CT IPC	CTP	CTTC	ELORPRINTTEC	PICTIC	PRINTUP	SPRINT
FONCTION ?	Découpe		oui			laser IR 10µm	oui	
	Collage					oui		
	Pick & Place		oui			oui	oui	
	Connectique ACF					oui		
	Wire bonding					oui		
	Surmoulage	oui						
SUIVI PROCEDES	Thermoformage	oui				oui		
	Ellipsometrie					oui	oui	
	Profilomètre		oui	oui		oui	oui	
RECUIT	Thermique		oui	oui		oui	oui	
	UV		oui	oui	oui	oui	oui	
	NIR		oui	oui				
	XENON Frittage laser			oui			oui	
	Vide			oui	oui	oui	oui	
	Air chaud		oui	oui	oui		oui	oui
SECHAGE	IR/NIR		oui	oui			oui	oui
	Micro onde/Induction							
PACKAGING	Couches minces							
	Lamination		oui			oui		
	Encapsulation	par surmoulage		oui				
CONTRÔLE	Géométrique			oui				oui
	Positionnement couches			oui				oui
	Epaisseur		oui	Profilomètre	profilometre mecanique, Dektak XT		profilomètre mécanique, AFM	oui
	Contamination			Mircoscopie optique, MEB	microscopie optique MEB		microscopie optique MEB	
MESURE	Physico chimique		oui	EDS FX, XPS (partenaire)	XPS, EDS, GPC, SEC, chromato-flash		XPS, EDS, GPC, SEC, chromato-flash	oui
	Electrique		oui	4-point probe	systeme ss pointe atmosphere inerte courbe IV, EQE, 4-point probe, ...	oui	systeme sous pointes, courbe IV, 4-point probe, LCR meters	oui

- **IPC**, Centre Technique d'Innovation et d'expertise au service de l'industrie de la Plasturgie et des Composites, créé le 1er décembre 2015 et dépendant du Ministère de l'Économie (Direction Générale des Entreprises)
- Mission: améliorer la compétitivité de l'industrie nationale, de manière pérenne, par l'innovation et la mise à disposition de moyens technologiques pour les industriels bénéficiaires et la filière
- IPC intervient sur toute la chaine de valeur: matériaux, conception & simulation, composites, procédés & outillages, emballage, veille technologique, économie circulaire....





- Développement de nouvelles technologies d'intégration d'électronique imprimée dans les produits à l'échelle laboratoire et pilote
 - Matériaux: étude de compatibilité matériaux, compoundage, mise en œuvre, caractérisation, etc.
 - Procédés: optimisation des paramètres de mise en œuvre, outillages adaptés, automatisation du process, etc.
 - Simulation / modélisation des produits et des procédés
- Couplage avec les technologies plastroniques (3D-MID) pour l'interconnexion
- Plateforme d'injection liée à PICTIC pour le surmoulage d'électronique imprimée
- Plateforme Hyprod² pour la fonctionnalisation électronique des composites
- Création de la start-up S2P (Smart Plastic Products) en 2014



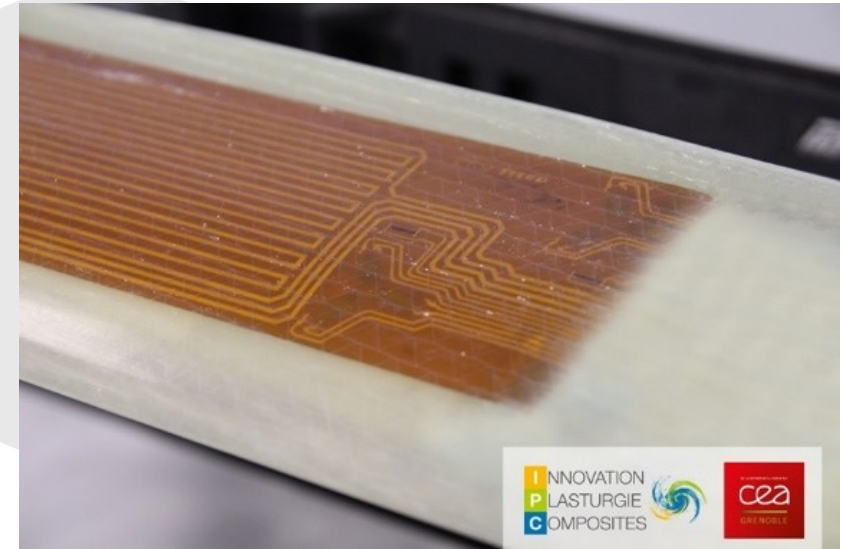
➤ **Intégration d'électronique imprimée dans les pièces plastiques**

- Par thermoformage et / ou surmoulage
- Validation des compatibilités matériaux / procédés
- Optimisation et automatisation des procédés et outillages
- Développement de solutions d'interconnexion dédiées
- Simulation / modélisation
- Caractérisation



➤ **Intégration d'électronique imprimée dans les pièces composites**

- Des procédés manuels à la haute cadence
- Validation des architectures composites et des procédés
- Optimisation et automatisation des procédés et outillages
- Développement de solutions d'interconnexion dédiées
- Simulation / modélisation
- Caractérisation



➤ Injection / surmoulage

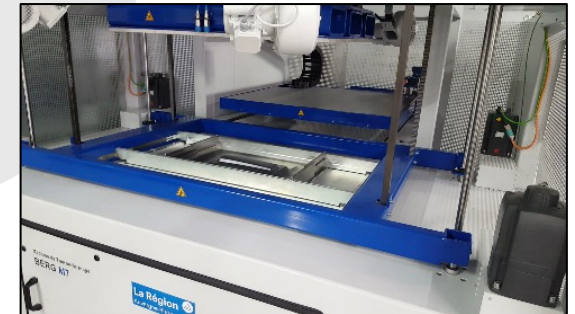
- Parc presses de 15T à 2200T
- Solutions technologiques complémentaires: injection multi-matières, injection LSR, injection sandwich, surmoulage, chaud/froid, vide, etc.
- Robots pour automatisation du process
- Systèmes d'acquisition et de traitement des données

➤ Thermoformage

- Machine Berg M7, dimensions 670 x 470 mm

➤ Procédés composites

- Presses de compression et injection de 50T à 1500T
- Machines d'injection RTM
- Ligne de pultrusion
- Enroulement filamentaire
- Estampage / surmoulage / Injection / Compression
- Moulage RTM, SMC et BMC
- Moulage PMS: infusion, moulage au contact, pré-imprégnés TP et TD, ...



➤ Fabrication additive

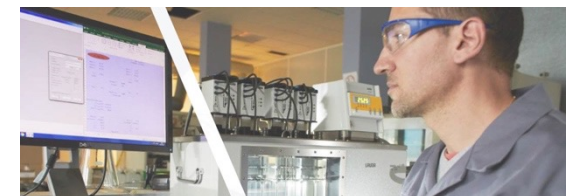
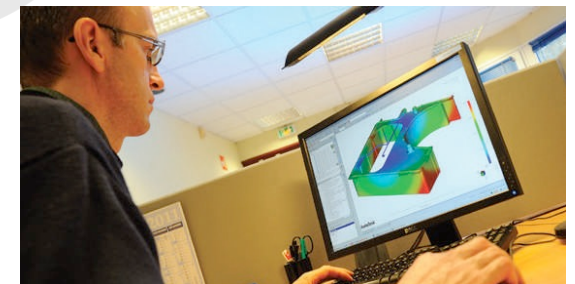
- Métal (fusion laser de poudre)
 - EOS M270 et M290 avec monitoring
- Polymères et composites
 - SLA: Formlabs Form 2
 - FDM: Composite fibres courtes et continues (Markforged Mark 2)
 - FDM: Polymères techniques haute température (Roboze)
 - FDM: Machines prototypes « R&D »

➤ Moyens de conception et de simulation

- Conception produit / process: Solidworks, Catia
- Simulation produit: Altair, Abaqus, Comsol
- Simulation process: Moldflow, Moldex3D
- Logiciels IPC: Moldtherm, HydroMOLD, MCOOL

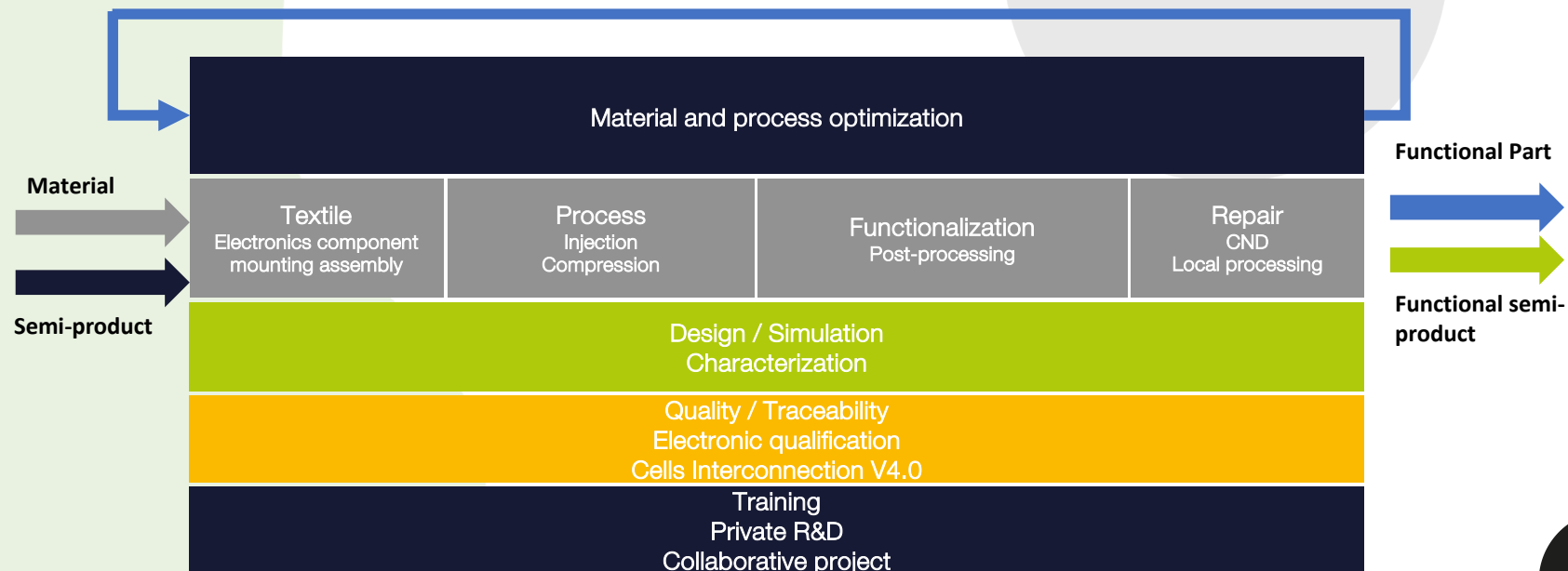
➤ Laboratoires de caractérisation

- Mécanique, physico-chimique, rhéologique, vieillissement, thermique, optique, surface, inflammabilité, transferts / interactions, ...



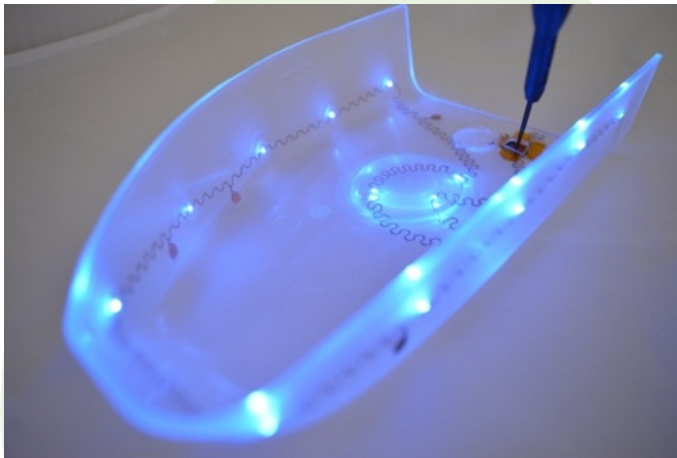
➤ Plateforme Hyprod²

- Développer des produits et semi-produits composites fonctionnels
 - intégration d'électronique à différentes étapes du process
 - utiliser le potentiel des composites pour optimiser les fonctions et systèmes
- Intégrer des fonctions intelligentes pour de la production grande série
 - garantir l'intégrité des fonctions électroniques et structurales
 - maîtriser les contraintes thermiques et mécaniques des procédés



➤ L'électronique imprimée pour les smart plastiques et les smart composites

- Développement des procédés d'intégration
- Développement des matériaux
- Développement des architectures fonctionnelles



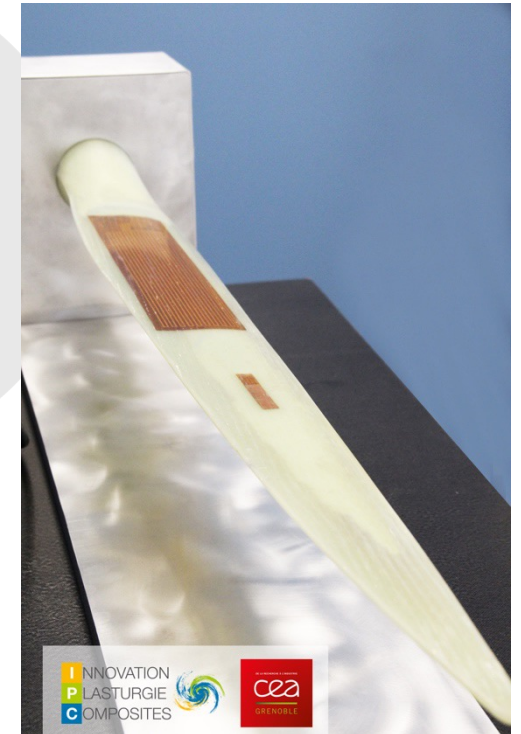
Intégration par thermoformage et surmoulage par injection (IME)



Intégration par moulage au contact



Intégration par fabrication additive



Intégration par infusion

➤ Type d'intervention

- Etude de faisabilité d'intégration d'électronique imprimée pour la fonctionnalisation de pièce plastique ou composite
- Réalisation d'essais de validation: compatibilité matériaux, compatibilité fonction / process, etc.
- Aide à la conception produit: règles de conception, etc.
- Développement et optimisation des procédés d'intégration
- Accompagnement et transfert

➤ Mode d'intervention

- Projets collaboratifs: H2020, ANR, PSPC Régions,
- R&D privée (prestation)
- Actions collectives (bénéficiaires)

➤ Cohérence technologique



Contact	Lionel TENCHINE
Email	lionel.tenchine@ct-ipc.com
Téléphone	04 74 81 92 51

CENTRE TECHNIQUE INDUSTRIEL DE LA PLASTURGIE ET DES COMPOSITES

2 rue Pierre & Marie Curie
01100 BELLIGNAT
France



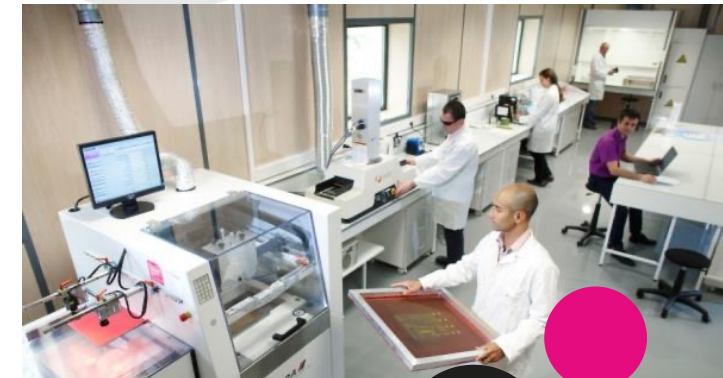


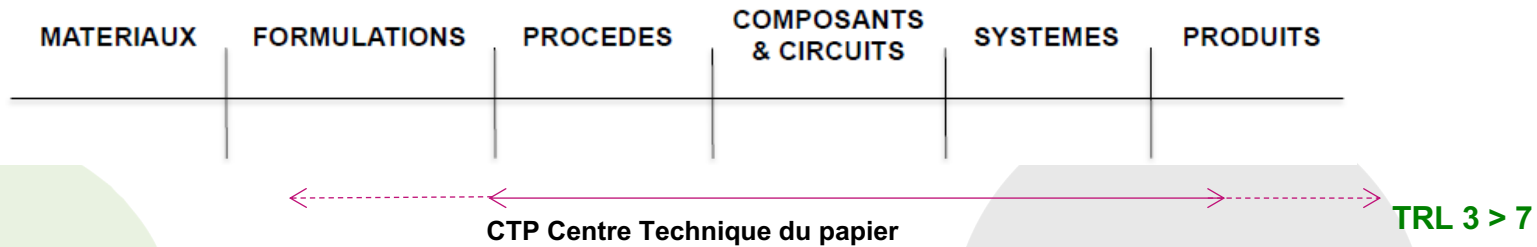
Promouvoir le développement technologique de l'industrie de production et transformation des pâtes, papiers, cartons.

Faire progresser les connaissances scientifiques et technologiques

- ✓ Innover et transférer à l'industrie les savoir-faire
- ✓ Répondre aux besoins et attentes des marchés

- Plusieurs plateformes d'un total de 300m² basées à Grenoble et Douai pour les essais labos, le prototypage, les essais sur pilotes, la conception des circuits et leur contrôle.
- Partenariat avec plusieurs imprimeurs-transformateurs pour les essais industriels.
- Une équipe de 9 personnes pluridisciplinaires.





- Développement de nouvelles technologies au laboratoire (matériaux, procédés, design électrique)
- Plateforme de conception électronique adaptée aux procédés d'impression traditionnels
- Transfert industriel chez les Imprimeurs-Transformateurs pour des séries de prototypes
- Adaptation d'outils industriels d'impression existants à l'électronique imprimée
- Industrialisation des technologies à échelle industrielle de l'ordre du m/s

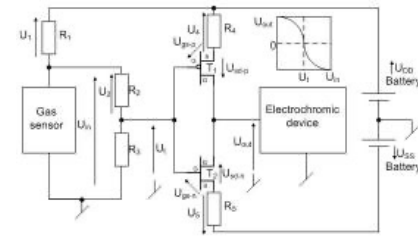
Impression



Chimie



Electronique



Electronique imprimée
ou
Impression électronique pour les imprimeurs-transformateurs

De l'idée au produit !



Idée

Industriel –
utilisateurs finaux

- Évolution sociétale
- Fin de vie...

Output: « projet »



Design

Electronique , Chimiste,
imprimeurs

- Comment obtenir la
fonction

Output: schéma électrique,
matériaux



Développement

Imprimeur

- Presses pilotes

Electronique

- Caractérisation

Output: démonstrateur, plan
de production



Industrialisation

Imprimeur

- Transfert, Optimisation

Electronique

- Contrôle en ligne

Output: prototype

➤ Outils laboratoires d'imprimabilité pour preuve de concept

IGT (Offset), Flexiproof (Flexo), K-printing proofer (Hélio)

➤ Pilotes d'impression pour prototypage et transfert industriel

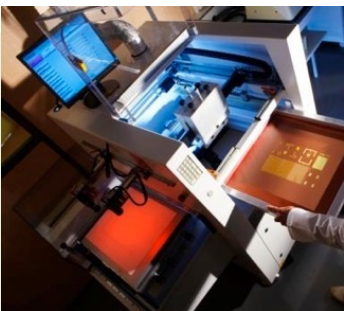
i-SpeedFlex (Flexo), EKRA (sérigraphie), JEEP (Jet d'encre), i-SpeedScreen (Sérigraphie rotative)

➤ Caractérisation des supports

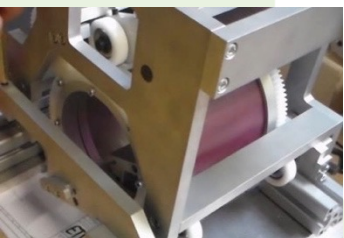
Surface, composition, physico-chimie ...



Pilote Flexographie
>> i-SpeedFlex



Pilote Sérigraphie
>> EKRA



Pilote Sérigraphie rotative
>> i-SpeedScreen



Pilote Jet d'encre
>> JEEP Jetting Electronics Elements Pilot

➤ **Caractérisation électrique**

Mesure sous pointe avec analyseur DC
(RLC, résistivité et I-V des composants actifs)

➤ **Caractérisation électromagnétique**

Performance des antennes imprimées, permittivité diélectrique,
angle de perte des supports sur une large gamme de fréquences
(RFID, NFC, WiFi, GSM, et...)

➤ **Conception de circuits**

Utilisation de logiciels de CAO électronique adaptés aux
exigences de l'électronique imprimée et des procédés
d'impression existants

➤ Le développement industriel : la finalité

- Démonstrateurs et projets amonts au CTP
- Prototypages chez les industriels.
- Rendre autonomes les industriels dans la production des produits.

Démonstrateur



Prototypage



➤ Type d'intervention

- Transformations d'une idée en moyen de production bas coût (conception électrique, matériaux, procédé, contrôle)
- Étude d'imprimabilité d'une gamme de papier ou d'une encre (Tests CTP ou protocole client)
- Impression et transformation de systèmes complexes pour du prototypage
- Evaluation (installation-faisabilité) pour introduire de nouvelles fonctions dans les produits existants
- Transferts industriels chez les imprimeurs transformateurs
- Transformations d'outils de contrôle en ligne

➤ Mode d'intervention

- Prestation individuelle
- Prestation à coût partagé – recherche collective
- Projet collaboratif (ANR, FUI, H2020, etc...)

Contact	Laurent LENGLET
Email	laurent.lenglet@webctp.com
Téléphone	03 27 98 33 00

CENTRE TECHNIQUE DU PAPIER

59 rue Jean Perrin
59500 DOUAI

- Créé en 1984, le **CTTC**, Centre de Transfert de Technologies Céramiques est une association loi 1901, labellisée Centre de Ressources Technologiques par le Ministère de la Recherche
- Mission : « Toutes actions de nature à créer, favoriser, aider, promouvoir, développer les entreprises céramiques ou utilisatrices grâce à un transfert de technologie »
- Chiffres clés:



24 salariés dont 90% de personnels techniques



Budget **2** millions d'euros



Chaque année **60+** projets de recherche contractuelle



En moyenne **5** projets collaboratifs / an

CRT



centre de
ressources
technologiques



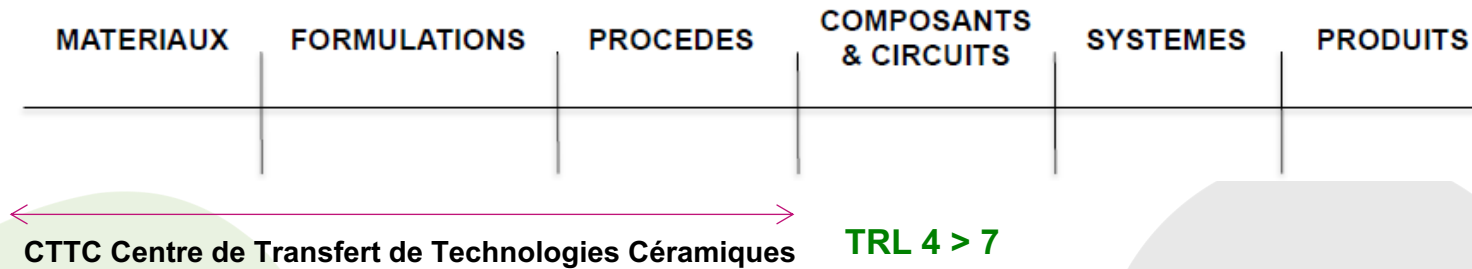
**Offreurs
de solutions**
Industrie du futur



2007 / 29116

Qualiopi
processus certifié

REPUBLIQUE FRANÇAISE



➤ Evaluation de la faisabilité, développement de matières, mise au point de procédés d'écriture directe

➤ **Matériaux :**

- Synthèse de matériaux / caractérisation
- Evaluation de nouvelles encres

➤ **Formulations :**

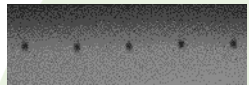
- Formulations d'encres/pâtes adaptées au procédé / édition de spécifications techniques
- Commercialisation / transfert

➤ **Procédés :**

- Optimisation des paramètres opératoires
- Edition des règles de conception

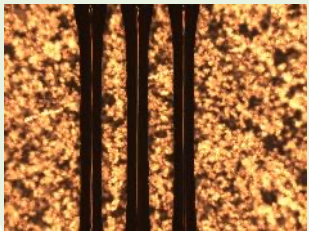
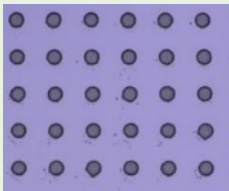
Formulations adaptées

Tests fonctionnels



Test d'éjection - IJP

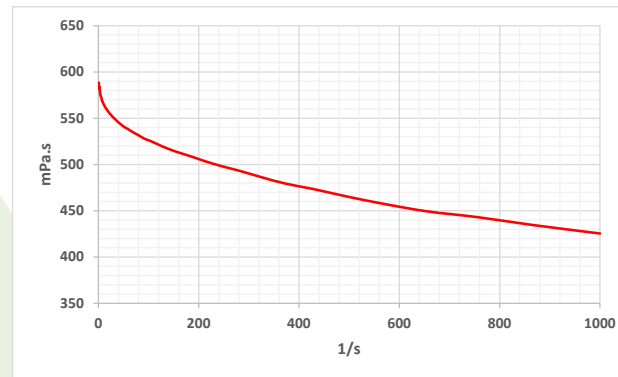
Test d'étalement



Test d'éjection -
microdispensing

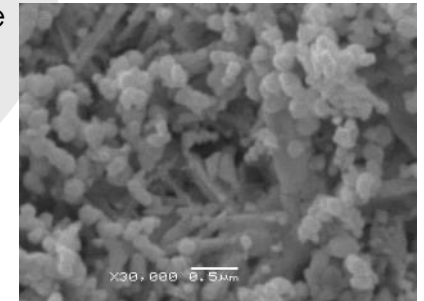
Adaptations des encres

Adaptation rhéologie, tension de surface, etc.



Matériaux spéciaux

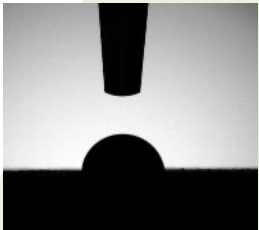
Sélection des matières premières
Formulation aux propriétés adaptées
au procédé



Procédés d'écriture directe

Pré-traitements

Nettoyage
Optimisation de la mouillabilité
Mesure d'énergie de surface



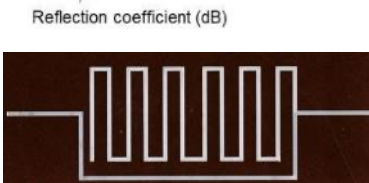
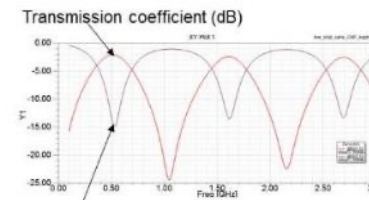
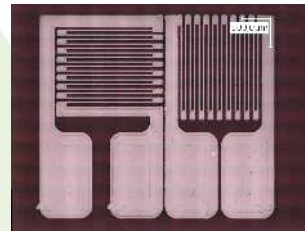
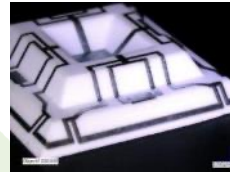
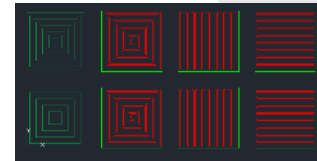
Contact angle



UV Ozone

Impressions

CAO
Optimisation des paramètres d'impression
Adaptation du procédé



Post-traitements & caractérisations

UV, NIR, Recuit Thermique
Optimisation du recuit
Optimisation des caractéristiques

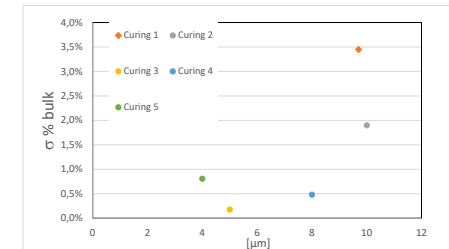


Adphos NIR



Cross-cut

4-points probe



➤ Plateforme CERATECH



--- 1 ---

SYNTHESE

Une plateforme technologique regroupant +90 équipements sur 1000m² dédiés à la mise en forme des céramiques

PREPARATION

--- 2 ---



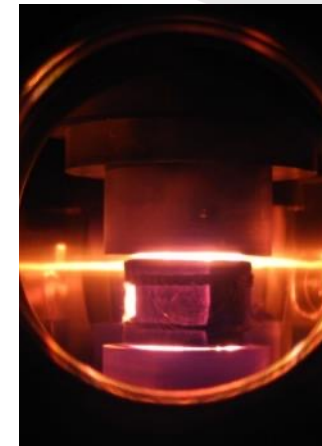
--- 3 ---

**MISE EN
FORME**



**TRAITEMENT
THERMIQUE**

--- 4 ---



--- 5 ---

FINITION

➤ Plateforme ALTERINOV

Ink Jet Printing

Une plateforme unique en Europe pour explorer le potentiel de la FA des céramiques et le développement de composants multi-matériaux



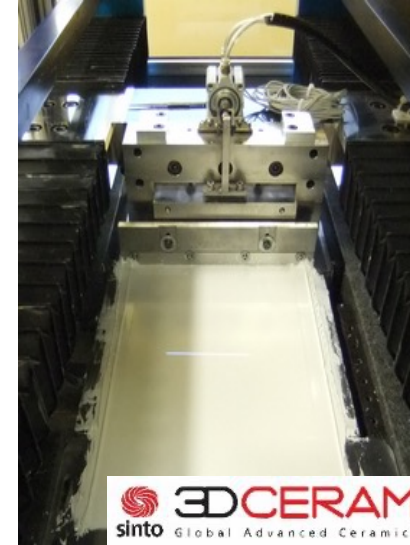
Collaboration MGI-CERADROP

*7 technologies disponibles
+12 imprimantes*



Binder Jetting

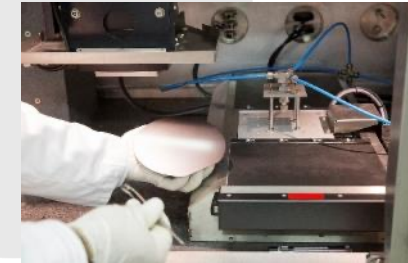
Stéréolithographie Laser



License exclusive

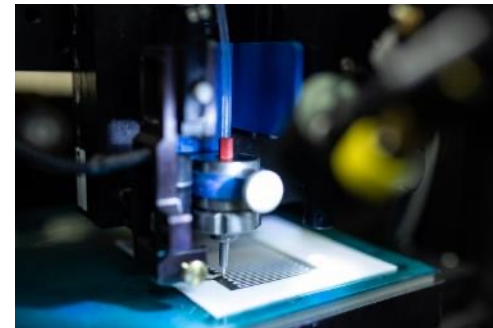


Micro-dispensing

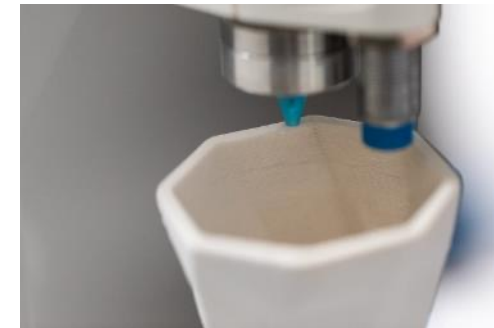


*Technologie INPACT
Brevet FR 2983217*

**Aerosol
Deposition**



Aerosol Jet Printing



Robocasting

Machine d'impression jet d'encre Ceradrop F-serie



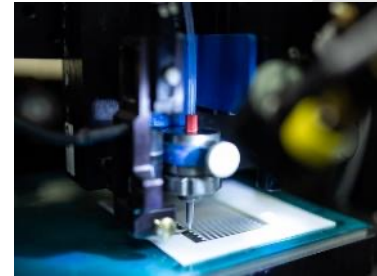
Machine hybride AJP / IJP
1 tête 128 buses
1 tête 16 buses
1 tête AJP Optomec
Contrôle de l'éjection
Modules de traitement NIR et UV
Vmax 500 mm/s
Précision / Répétabilité $\pm 1,5\mu\text{m}$ / $0,5\mu\text{m}$

Machine d'impression par jet d'aérosol AJ200 d'Optomec



Déplacement cartésien x,y
Surface $200 \times 200 \text{ mm}^2$
1 tête fine ($\phi = 100 \mu\text{m}$)
1 tête large (1 mm^2)
Jet continu
Viscosité $< 1000 \text{ mPa.s}$
Résolution max $10\text{-}20 \mu\text{m}$
Vmax 10 mm/s

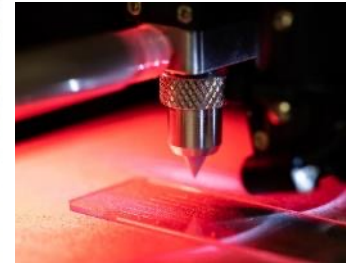
OPTOMECH



Machine d'impression par microextrusion Tabletop 3Dn nScript



nSCRIPT



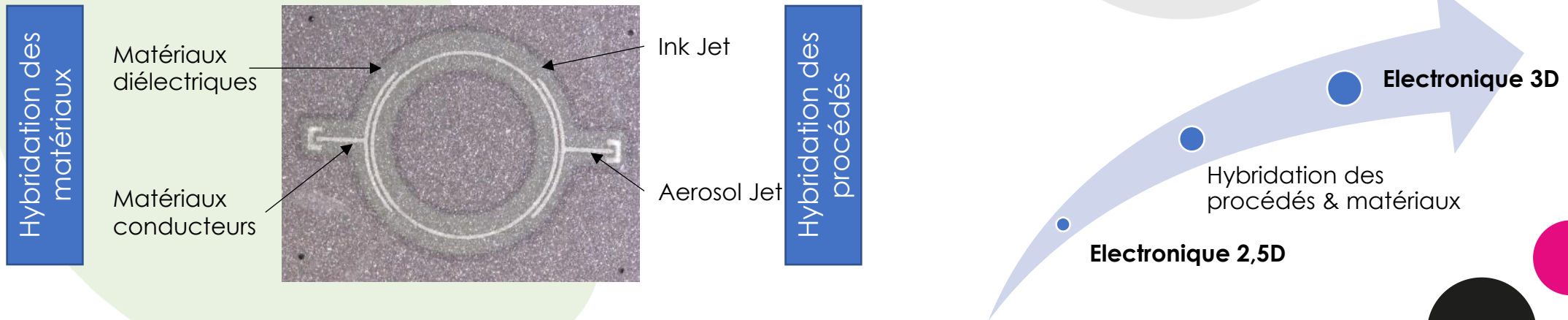
Déplacement cartésien x,y, z
Surface $300 \times 150 \text{ mm}^2$
1 tête de micro-extrusion ($\phi = 10 \mu\text{m} - 150 \mu\text{m}$)
Viscosité $< 1\,000\,000 \text{ mPa.s}$
Résolution max $50 \mu\text{m}$
Epaisseur (plusieurs μm)
Vmax 50 mm/s
Précision / Répétabilité $\pm 6 \mu\text{m}$ / $1 \mu\text{m}$

➤ Projets collaboratifs UE, développement de partenariats

➤ Acquisition de nouveaux savoir-faire (intégration, pick&place, etc.)

➤ Hybridation des matériaux et des procédés pour l'intégration micro-électronique

- Développement des procédés d'écriture directe
- Développement des matériaux
- Développement des technologies hybrides : regroupement des étapes de fabrication



➤ Type d'intervention

- Prestations d'évaluation de matériaux et de procédés
- Réalisation de test d'encre fonctionnelles, aide à la formulation
- Démonstrateurs de faisabilité, preuve de concept, prototypage de produits
- Fourniture tarifée d'encre mises au point en interne, et peu ou pas disponibles sur le marché
- Accompagnement au transfert

➤ Mode d'intervention : de la journée à quelques mois/années

- Prestations contractuelles sur cahier des charges : facturation aux demandeurs
- Projets collaboratifs
- Contrats de partenariats

Modes de collaboration adaptés aux partenaires et à leurs besoins

Contact	Elodie PEREIRA, Chargée d'affaires
Email	e.pereira@cttc.fr
Téléphone	05 55 42 61 50

CENTRE de TRANSFERT de TECHNOLOGIES CERAMIQUES

7 rue Soyouz
Parc d'Ester
87068 LIMOGES CEDEX
France



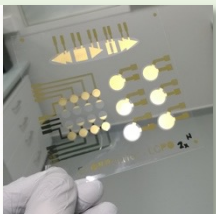
➤ An open innovation research facility for research and development in the field of Printed- Organic and Flexible Electronics

Objectives:

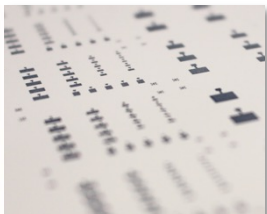
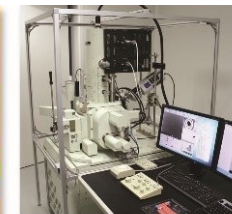
- Create a synergy by bringing academic and industrial actors together in an open innovation environment
- Provide a facility containing equipment and competences in ALL disciplines from materials to prototype fabrication
- Education by Innovation

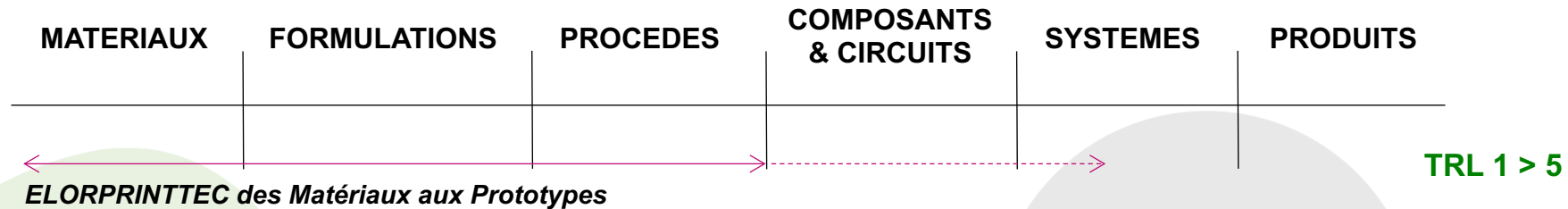
Key figures:

- 15 M€ investment (cleanroom facilities + equipment)
- Open since january 2017, 130+ users accessed the facility
- 8600 hours in 2019 of which ~70% industry



850 m² cleanroom space with ISO6 classification
32 principle fabrication and characterization tools





Synthesis & Formulation:

Reaction upscaling, ink rheology, GPC, chromatoflash, surface energy

Wet deposition techniques:

Spin, spray, slot-die, screen-print, flexography, rotogravure, inkjet single- and multi-nozzle

Patterning:

Lithography, Nano-imprinting, RIE

Vacuum deposition & characterization:

Thermal evaporation, physical vapor deposition, ALD, AFM/STM, XPS, UPS, IPES, MEB, EDS

Optical characterization:

UV/VIS, TFIR, Fluorescence, CIE, Solar Simulator, EQE/IQE, Quantum yield, QE OLED, microscopy

Electrical and mechanical characterization:

Semi-conductor parameter analyzer, ferroelectric tester, 4-point probe, profilometry, IV-station

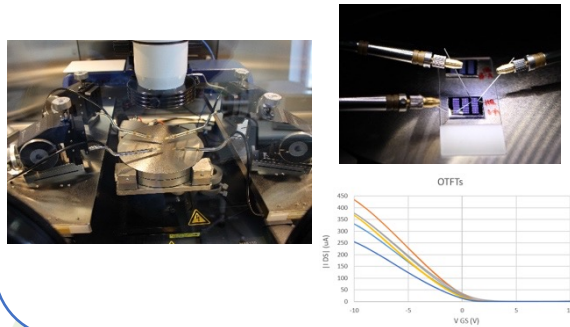
Electronic circuits & components:

Design, test and fabrication, sensors, transistors, OLED, photovoltaic, photodiodes, actuators

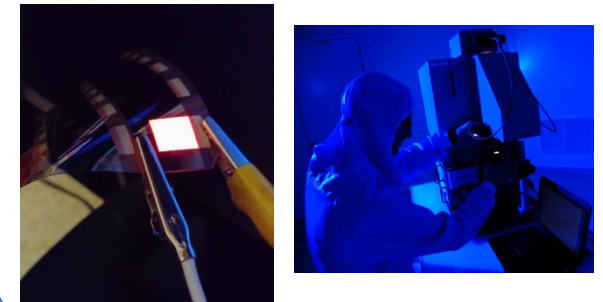
CHARACTERIZATION:

- Chemical: molecular weight, composition
- Physical: rheology, fluorescence, absorption, HOMO/LUMO,
- Structural: STM, SEM, profile
- Elementary: XPS, EDS
- Electrical: IV, Rs, piezo/ferro-electric testing
- Opto-electronic: OLED, OPV, EQE

Electrical probing under nitrogen

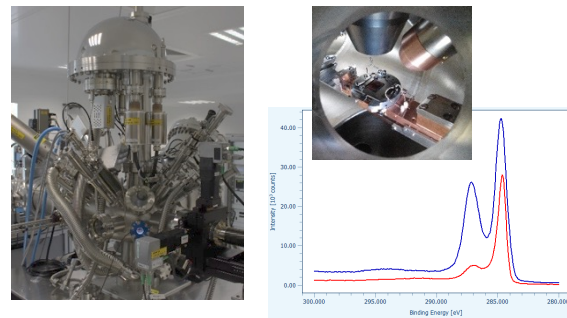


OLED and OPV efficiency measurement

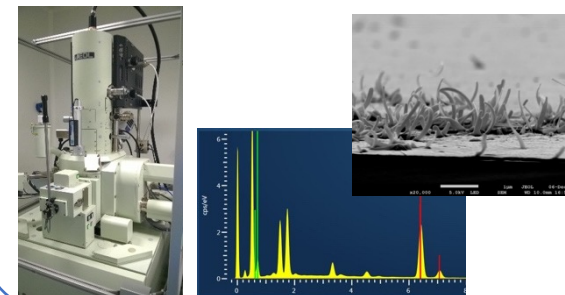


↓ examples

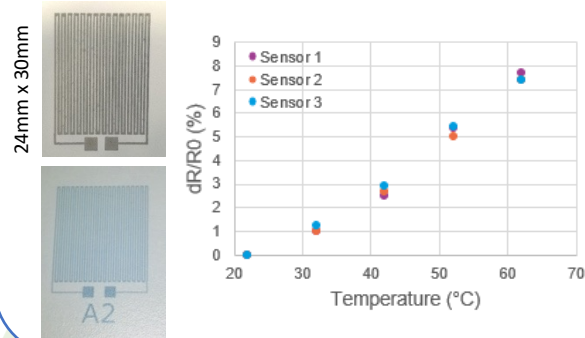
X-ray Photo-electron Spectroscopy (XPS)



Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive x-ray Spectroscopy



temperature / humidity sensors



DEVICES:

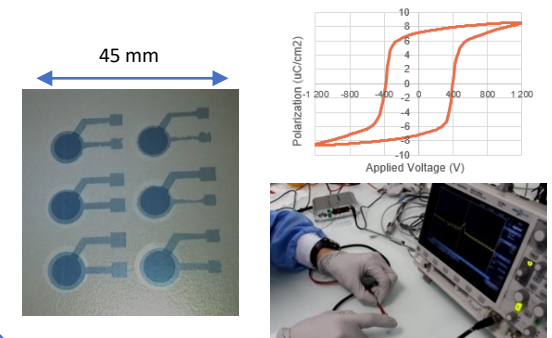
- sensors: temperature, humidity, pressure, bio
- actuators, speakers
- resistor, capacitor, diode, transistor
- photovoltaics
- OLED (organic light emitting diodes)
- heating / cooling panels
- electro-chromic displays

examples

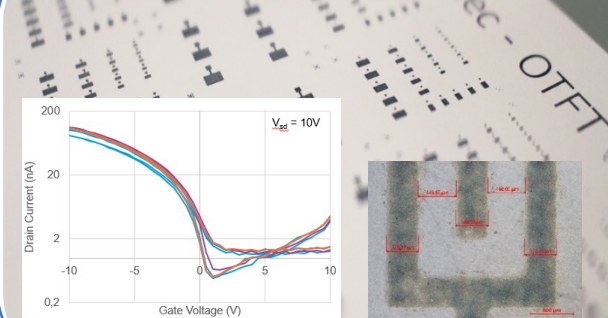
piezo-electric actuator demo, in-house design and fabrication of driving electronics



printed flexible pressure sensors



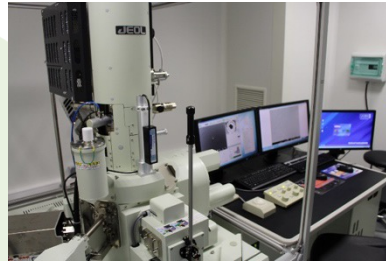
printed transistors on paper



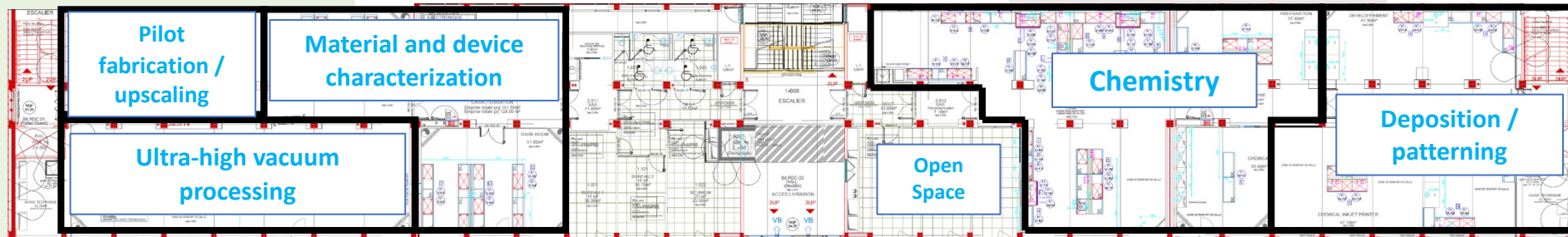
➤ **Multi-disciplinary approach: 5 clusters representing the different integration levels from material synthesis to prototype fabrication and testing:**

- Cluster 1 : Deposition and micro-/nanofabrication
- Cluster 2 : Synthesis and (ink)formulation
- Cluster 3 : Thin-film vacuum deposition and ultra-high vacuum characterization
- Cluster 4 : Characterization of physical, chemical, electrical, optical and mechanical material properties, thin films and device performance.
- Cluster 5 : Printing and up-scaling of printing in small series to A4 size or bigger.

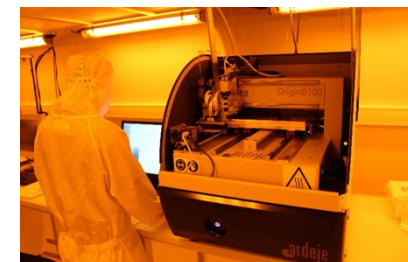
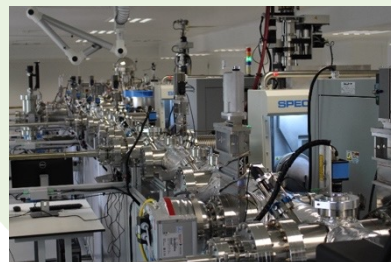
- Multi-disciplinary approach: 5 clusters representing the different integration levels from material synthesis to prototype fabrication and testing:

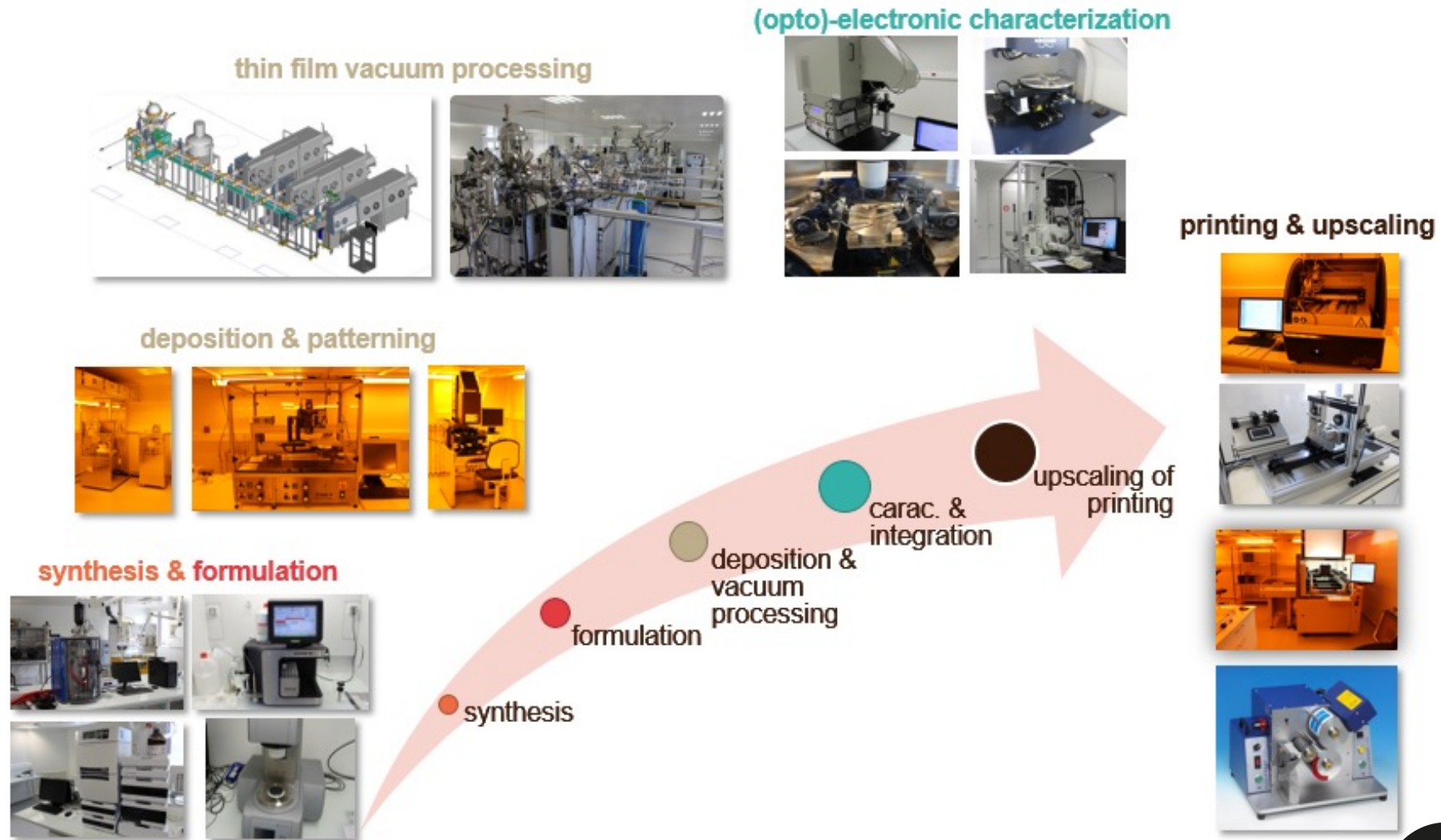


$T = 20 \pm 1^\circ\text{C}$,
 $RH = 55 \pm 5\%$,
Particle concentration =
ISO6 (former class 1000)



Main entrance





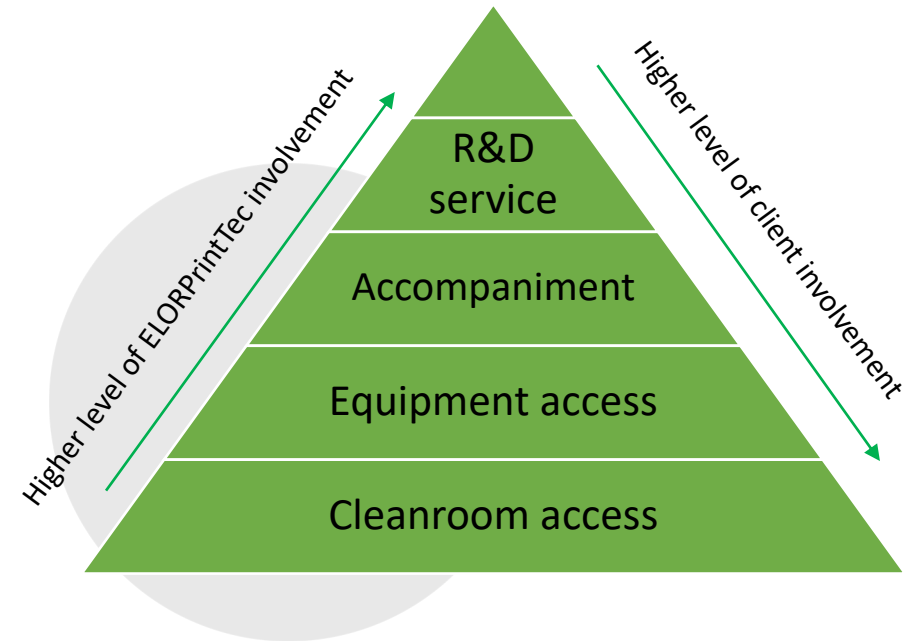
- Further re-inforce bonds with local academic community and other platforms
- Develop international relations
- Further increase offer of technical solutions; substrates, inks, processes, devices
- Further increase offer of equipment and process training
- Team growth; in head-count and competences

Different ways to access and benefit from infrastructure and competences:

- Get trained and use equipment autonomously
- Enter and work with support of a staff member
- Order a R&D service with defined targets (benchmark, development, analysis, prototype)
- Start a long-term collaboration

We offer:

- Professional training & support
- Reliable results
- Minimum downtime
- Strictly controlled cleanroom conditions
- Equipment at state of the art



Financial aspects:

- No initial start-up costs at $t = 0$
- Competitive hourly rate for cleanroom & equipment access
- Additional fee for R&D services

Contact	Wiljan SMAAL
Email	wiljan.smaal@u-bordeaux.fr
Téléphone	+33 (0)5 40 00 32 51
Internet	https://elorprinttec.u-bordeaux.fr/en/

Plateforme ELORPRINTTEC
B8 Allée Geoffroy Saint Hilaire
33615 PESSAC



➤ Printed electronics at CEA/Liten : PICTIC Platform

World Class Research Facilities for Flexible Electronics
Towards Interactives objects and smart surfaces

OBJECTIVE: Develop electronic inks and industrialize processes, to functionalize large flexible surfaces (320 x 380 mm) with electronic functions.



50 engineers and technicians



8M€ investment



1000 m² clean rooms, class 10 000, Standard sheet format G1 : 320mm x 380mm



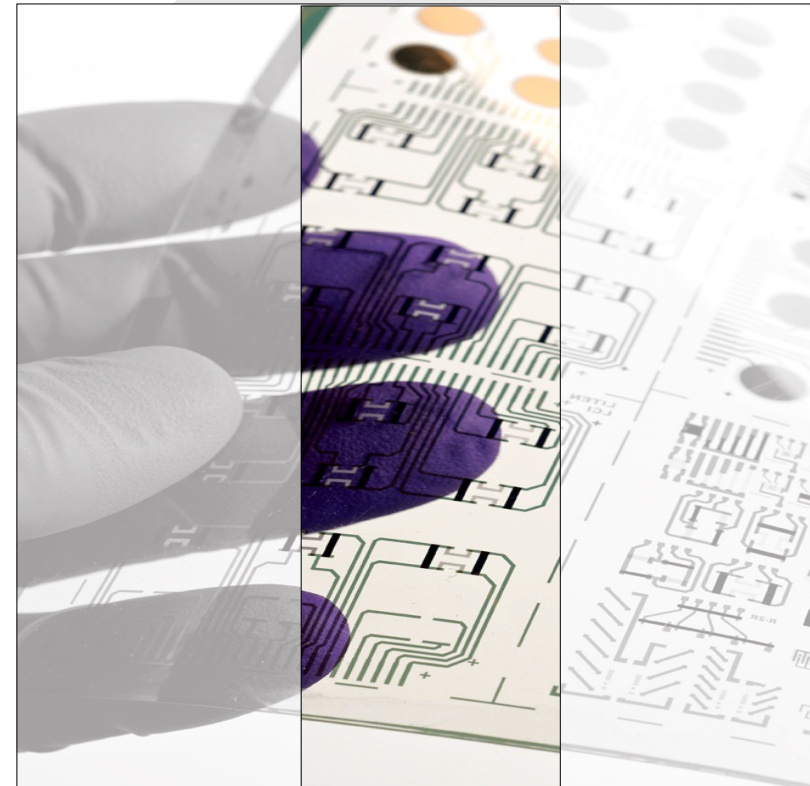
Major equipment include, slot-die, heliogravure and flexographie printers

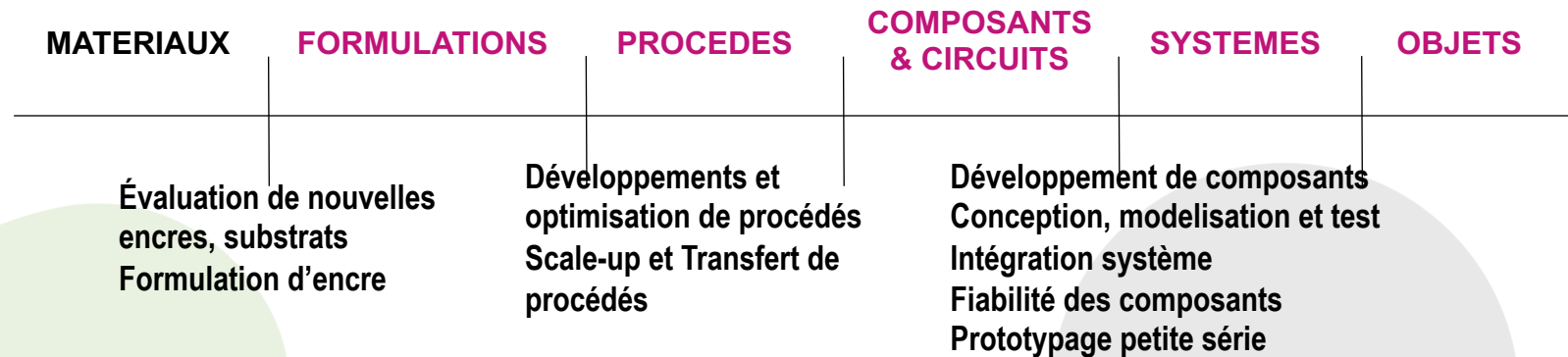


Up to ~80 patents +High level journals & conferences (ISSCC, IEDM,...)



Large partnership including start-ups, material , tool suppliers ,RTO and End Users





➤ Développement de procédés d'impression de fonctions électroniques

- Formulation des encres
- Etude de nouvelles fonctions : composants et circuits
- Développement du procédé de fabrication
- Edition de règles de dessins
- Modélisation, conception et caractérisation des composants et circuits
- Etude de fiabilité des composants sous stress (climatique, électrique, optique)
- Interconnexion et intégration des composants dans des produits
- Prototypage produit et transfert industriel des procédés

Prototypages de composants et circuits
Edition de règles de dessin et modélisation
Portefeuille de brevets procédés et composants

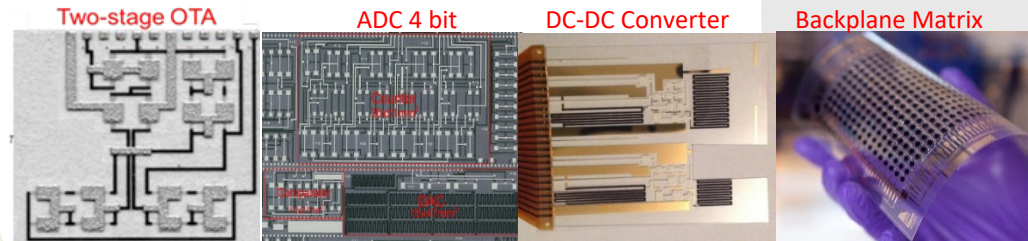
➤ Porte-feuille de composants



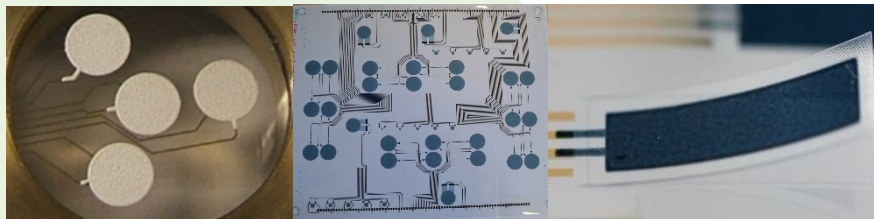
Antenna-Passive Devices
Wiring-Heaters-Touch



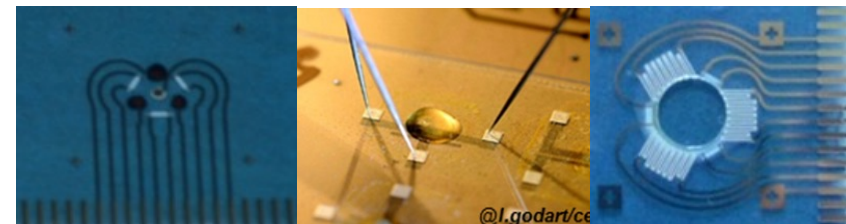
Resistive/Capacitive Sensors
Co-integration



Active Circuits
Digital/Analogue/Arrays

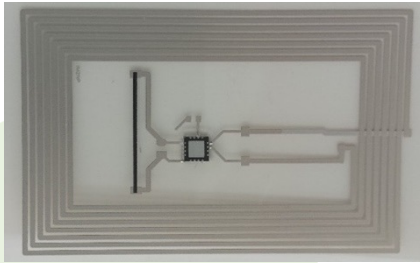


Electro-Active Devices
Piezo- Pyro - Acoustic

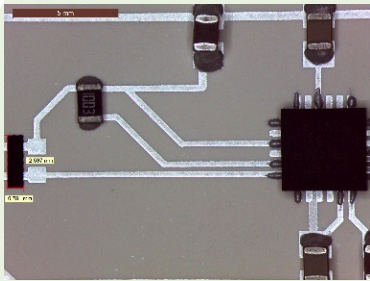


Chem & Bio-Sensors
Passive & Active

➤ Intégration du composant aux systèmes



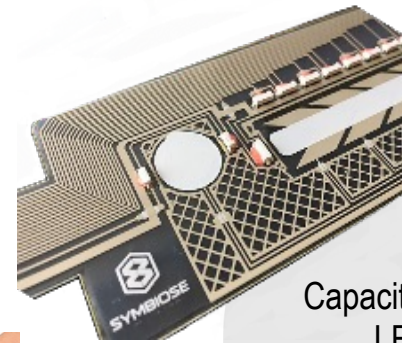
Antenna, Sensor & Si Chip on Paper



SMD Leds on PC



Front panel demo



Capacitive foil, SMD
LEDs & IC

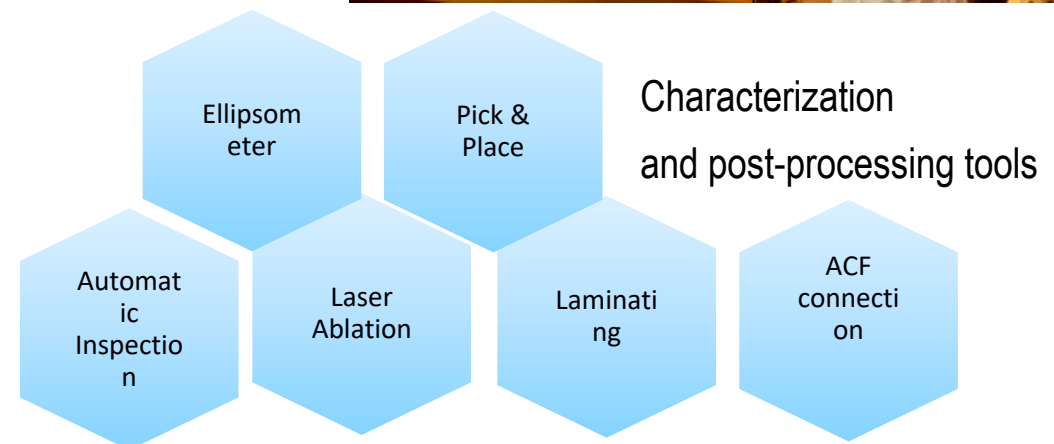
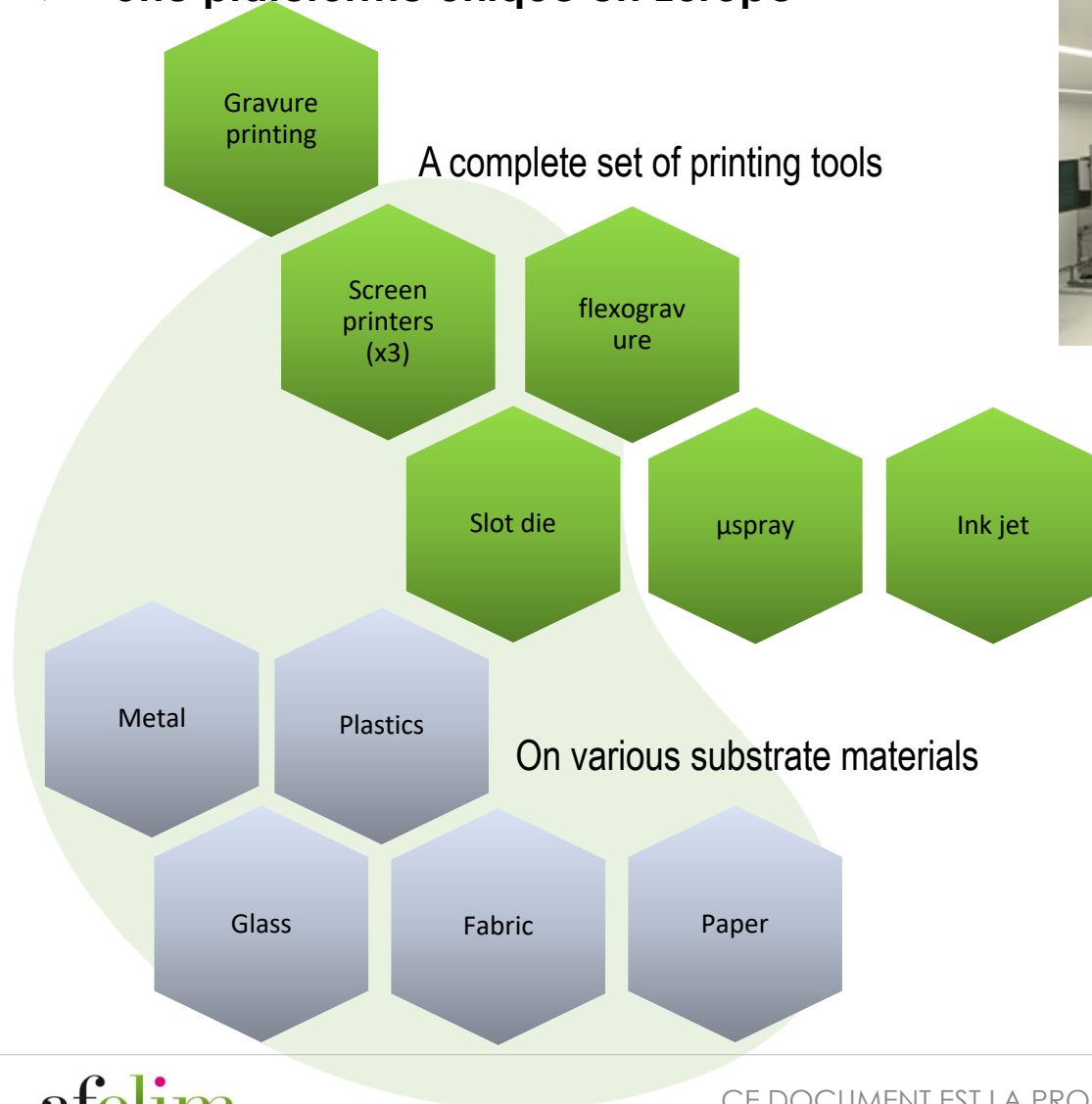


➤ Systèmes complets sur substrat flexible « System On Foils »

Utilisation de la complémentarité électronique imprimée – silicium

Intégration de façon hybride des fonctions imprimées grande surface avec Chip Si pour le traitement du signal

➤ Une plateforme unique en Europe



➤ Caractérisation et vieillissement : moyens de caractérisation dédiés grande surface



➤ Contrôle des procédés d'impressions

Ellipsomètre

Mesure d'épaisseur et d'homogénéité.



➤ Profilomètre mécanique automatique

➤ Mesures des composants en grande surface

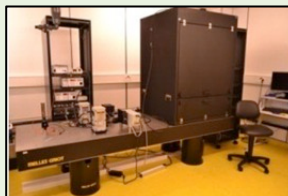
Specific opto-electrical equipments:

Automated tools, remotely controlled



Elite electrical prober :

EQE (quantum efficiency) for UV, Visible and near IR measurement

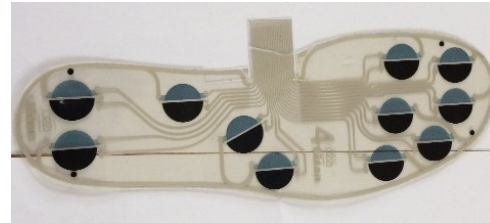


➤ Camera pour mesure spectroscopique

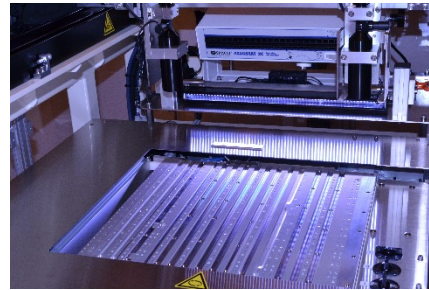
composants optoélectroniques



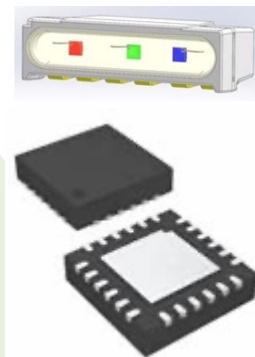
Laser cutting



Laminating



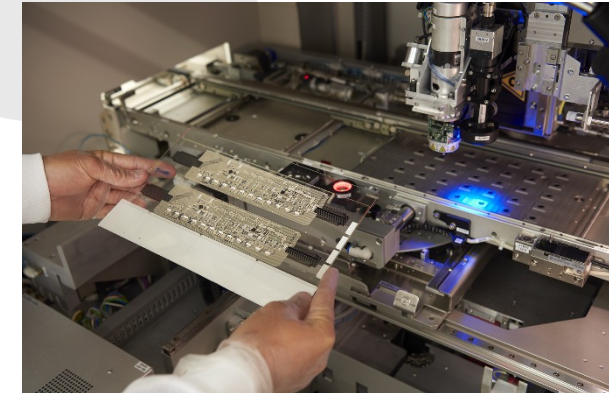
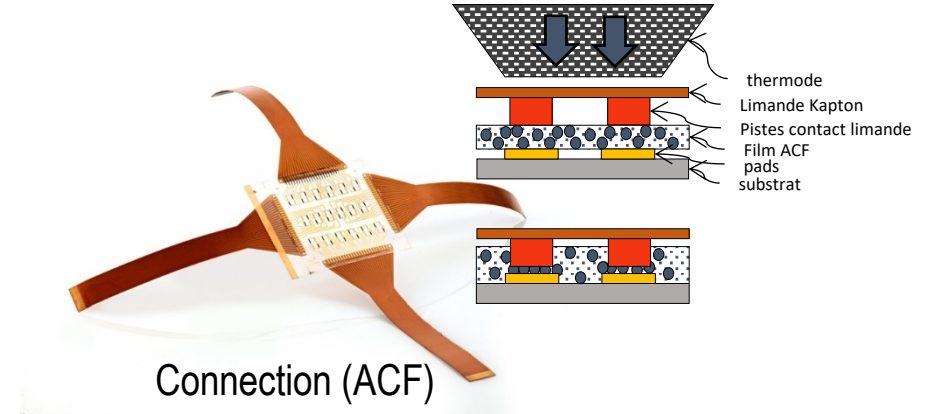
Pick & Place



SMD components:

- LEDs, resistors, capas
- QFN
- Side LEDs

Iso or aniso gluing
paste for connections
(low T°C)



Pick & Place

➤ De l'électronique imprimée vers l'électronique structurelle

Plasturgy: 3D



Printed electronics 2D



Electronics: 2,5D



Convergence of various technologies to get usual fonctionnal devices

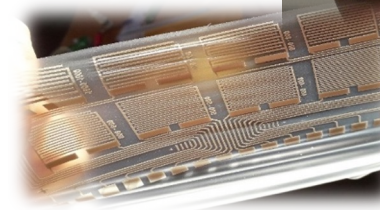
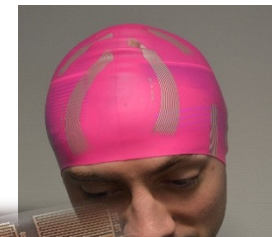
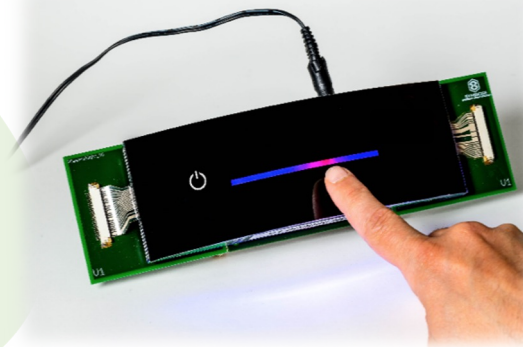
Intégration d'une
« smart » fonction
dans les objets usuels

Simple robust Light flexible cheap?

Plastronics

Printed
electronics

Usual
electronics



stretchable

➤ **Type d'intervention avec PICTIC**

- Prestation sur équipement spécifique, évaluation d'équipement
- Tests d'imprimabilité et de formulation d'encres tests nouveaux substrats
- Développement / optimisation d'une étape procédé, de procédés complets
- Démonstrateurs de faisabilité, prototypage produits et transfert industriels

➤ **Mode d'intervention : de quelques journées à plusieurs mois**

- Prestations : facturées aux demandeurs à la journée ou au projet.
- Projets collaboratifs institutionnels avec PICTIC

➤ **Aspects contractuels**

- Règles de confidentialités, règles de PI et d'exploitation de la PI
- Annexe technique
- Annexe financière

**Modes de collaboration adaptés
aux partenaires et à leurs demandes**

Contact	Christophe SERBUTOVIEZ
Email	christophe.serbutoviez@cea.fr
Téléphone	04 38 78 23 01

PICTIC CEA/Liten

17, rue des martyrs
38054 Grenoble Cedex 9
FRANCE



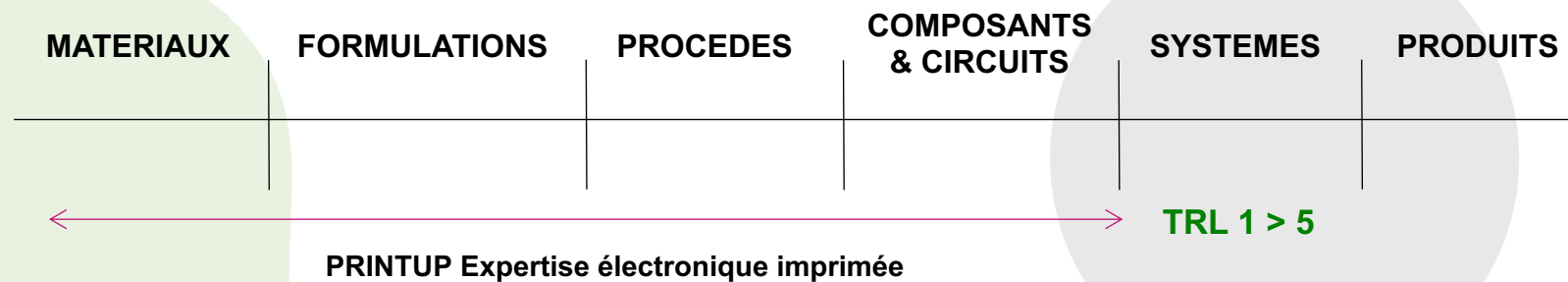
De la molécule au dispositif

- Plateforme de R&D à double orientation:
 - Fondamentale (TRL 1-2, à la frontière avec l'état de l'art actuel)
 - Appliquée (TRL 3-5, dispositif fonctionnel)
- Hébergement de start-up ayant des besoins en formulation, traitement de surface, dépôt numérique
- Ouverte à tout type de collaboration ou de prestation de service
- Ouverte aux académiques comme aux entreprises
- Une équipe de 7 enseignant-chercheurs pluridisciplinaires (chimie, physique, biotechnologies)
- Un laboratoire (ITODYS) universitaire / CNRS fort de 110 personnels



➤ Expertise électronique imprimée

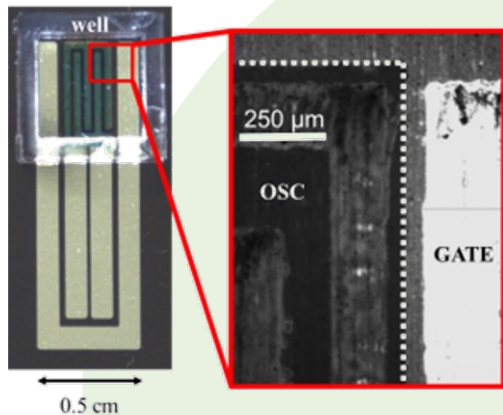
- Du choix des matériaux à la fabrication et caractérisation de dispositifs électroniques imprimés en passant par la formulation des encres et la conception des procédés



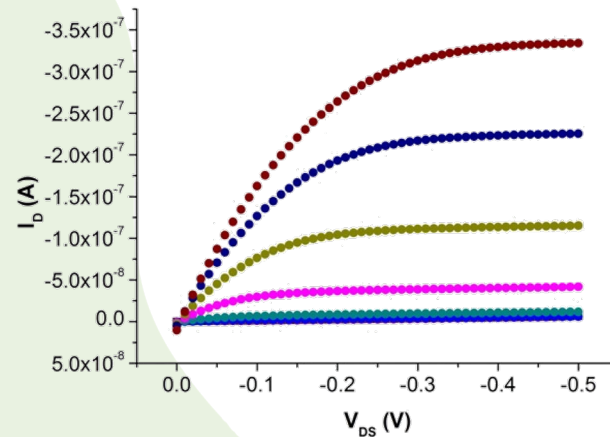
- Impression jet d'encre, sérigraphie, dispensing
- Réalisation de preuves de concept ou de démonstrateurs
- Conception et fabrication à différentes échelles : matériaux, composants, circuits
- Développement de nouvelles fonctions : (bio)capteurs – capteurs physiques (température, pression) – générateurs thermoélectriques – transistors organiques et à base de graphène
- Différents types de caractérisation des matériaux et des dispositifs (optique, microscopique, électrochimique, électrique)

➤ Expertise électronique imprimée

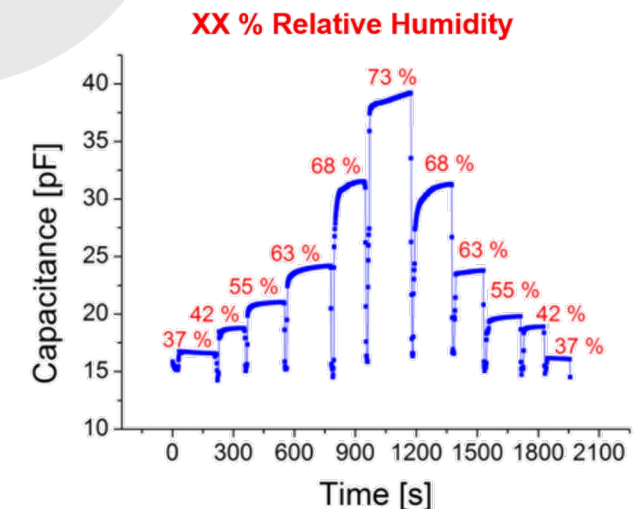
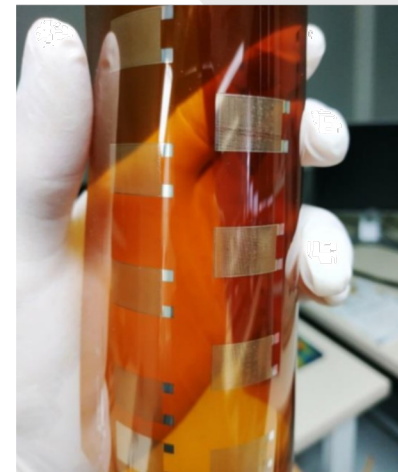
- Du choix des matériaux à la fabrication et caractérisation de dispositifs électroniques imprimés en passant par la formulation des encres et la conception des procédés



Transistors EGOFET totalement imprimés

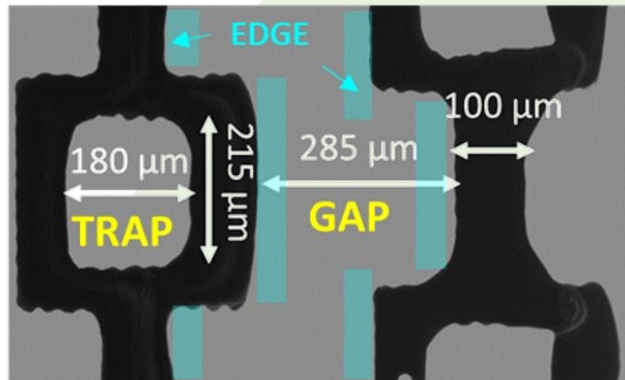


Capteurs de gaz imprimés sur substrat souple

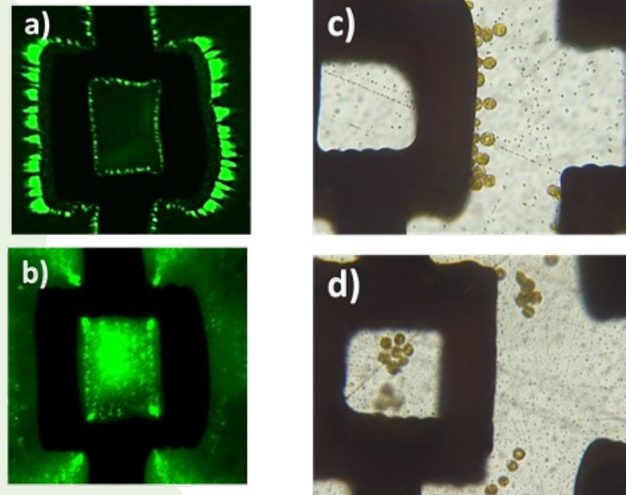


➤ Expertise électronique imprimée

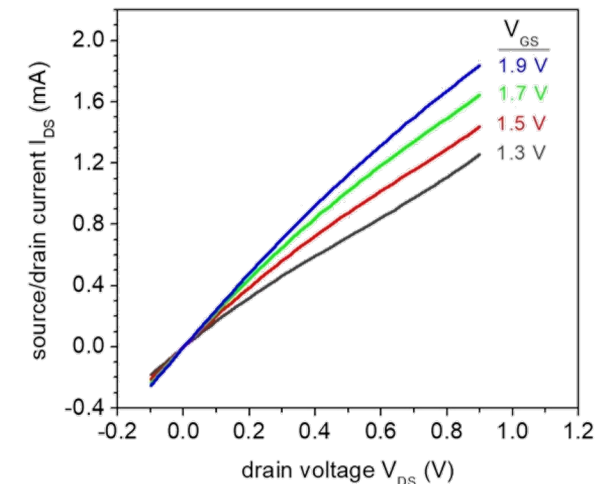
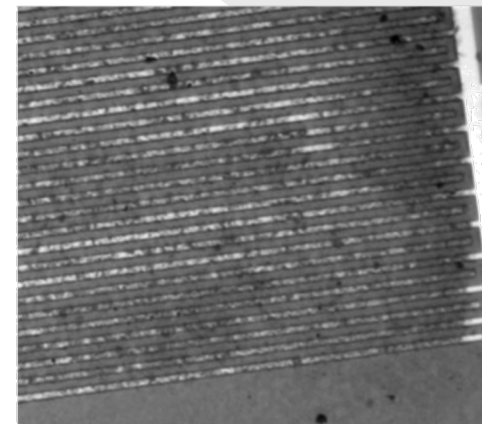
- Du choix des matériaux à la fabrication et caractérisation de dispositifs électroniques imprimés en passant par la formulation des encres et la conception des procédés



Dispositifs pour la diélectrophorèse, imprimés sur substrat souple

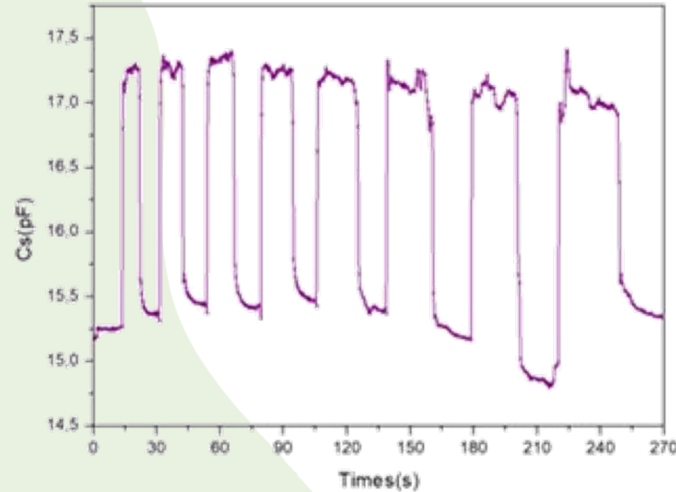


Transistors en graphène imprimés



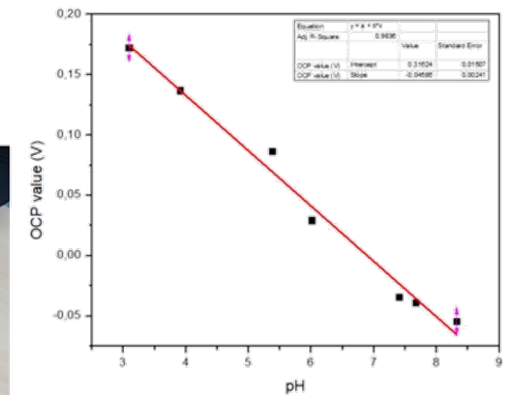
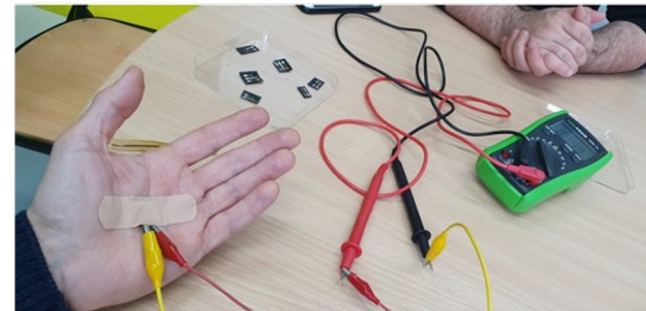
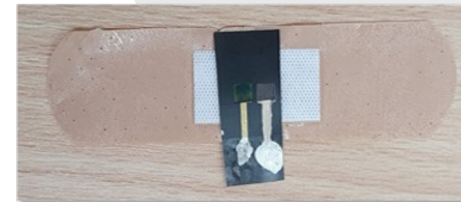
➤ Expertise électronique imprimée

- Du choix des matériaux à la fabrication et caractérisation de dispositifs électroniques imprimés en passant par la formulation des encres et la conception des procédés

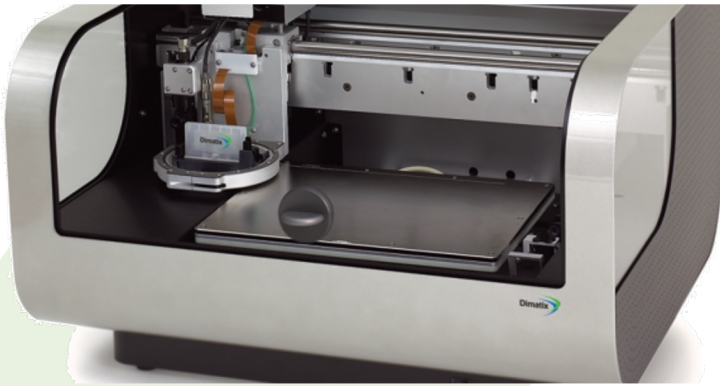


Capteurs de pression imprimés sur substrat souple

Capteurs de pH imprimés intégrés dans un pansement



Machines d'impression jet d'encre Dimatix DMP 2800 (2 machines)



- 1 tête de 16 buses
- Commande piézoélectrique bipolaire et forme arbitraire
- Surface d'impression : 210 mm x 315 mm
- Chauffage possible du porte-échantillon et de l'encre
- Répétabilité en X-Y : $\pm 25 \mu\text{m}$
- Résolution latérale : $\sim 50 \mu\text{m}$
- Caméra CCD pour visualisation du jet
- Fiducial caméra pour visualisation du substrat

Machine d'impression jet d'encre Ceradrop X-serie



- 2 têtes de 128 buses
- Commande piézoélectrique unipolaire
- Surface d'impression : 300mm x 300mm
- Module de séchage infrarouge en ligne
- Chauffage possible des têtes d'impression
- Précision / répétabilité en X-Y : $\pm 1.5 \mu\text{m}$ / $\pm 0.5 \mu\text{m}$
- Système optique de contrôle du jet et des couches imprimées
- Suite logicielle pour l'analyse automatique de l'éjection
- Suite logicielle pour la simulation de toutes les étapes d'impression

Sérigraphieuse DEK 348

Machine semi-automatique

Alignement manuel

Surface d'impression : 508 mm x 508 mm

Vitesse d'impression : 10 – 70 mm/sec

Pression appliquée : 0 – 15 kg



Sérigraphieuse Dubuis MD 329



Recuit photonique Xenon X1100

Puissance maximale : 9 J/cm²

Durée, puissance et nombre des impulsions réglables



Viscosimètre Brookfield LVDV2T

Intervalle de viscosité : (0,15 – 3.065 cP)

Thermocouple intégré

Possibilité d'effectuer des mesures thermostatées



Dispenser-printing Kelenn DMD100

Largeur de pistes minimale: 30µm

Game de viscosité de 20 cps à 5 000 cps

Logiciel de dessin et d'impression 2D multi-couches

Réticulation UV

Laser de cartographie

Table aspirante, chauffante

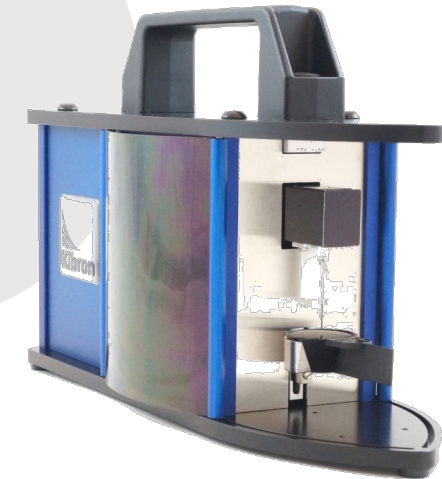
Camera d'inspection

Pick & place



Tensiomètre Aquapi Kibron

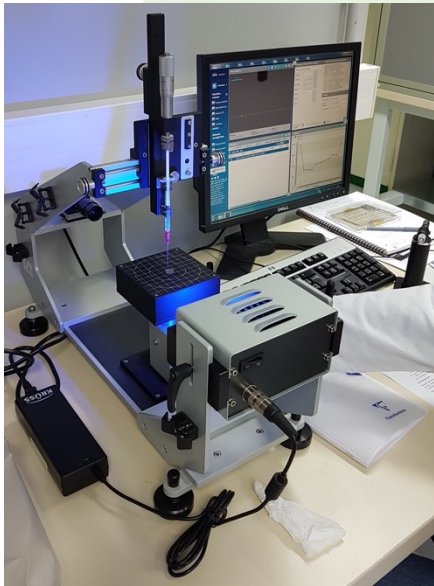
Intervalle de tension : (10 – 100 mN/m)



Mais aussi :

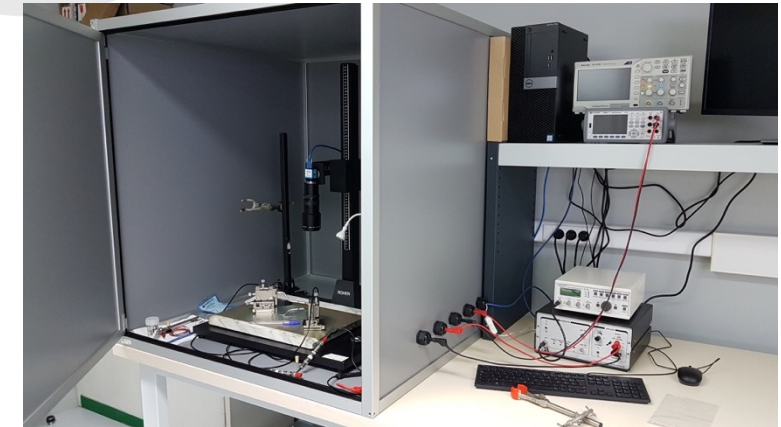
Moyens de fabrication et de traitements

- Tapis de séchage UV
- Recuit thermique sous vide
- Traitement UV-ozone



Moyens de caractérisations physiques et électriques

- Banc de mesure de résistivité 4 pointes
- Banc de caractérisation électrique (mesure I/V)
- Mesures d'angle de contact
- Enceinte climatique
- AFM, MEB, XPS
- ...



Recherche fondamentale

- Impression aux limites de résolution
- Greffage et réactivité dirigée par impression

Applications: orientation biomédicale

- Impression de biomolécules
- Fabrication de dispositifs médicaux flexibles
- Montage de projets collaboratifs

Applications: orientation énergie

- Semiconducteurs organiques n et p
- Thermoélectricité

Lieu d'échange entre partenaires académiques et industriels

- Equipements communs
- Projets co-portés
- Innovations

Des locaux modernes et accessibles à Paris centre



Bâtiment Lavoisier

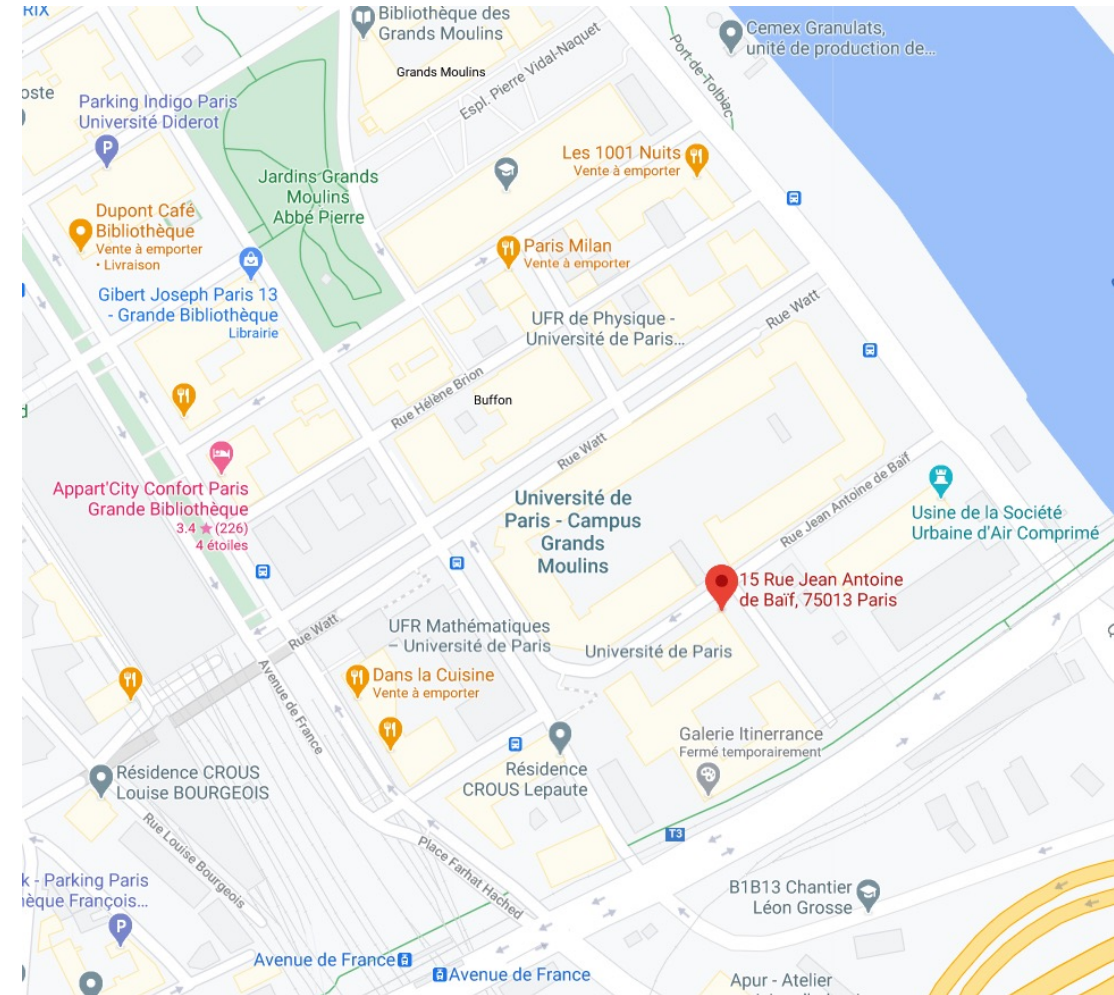
15 rue Jean-Antoine de Baïf, 75013 Paris

Accès:

RER/Métro : Bibliothèque François-Mitterrand

Bus : 89, 62, 64, 325

Tram : T3a, arrêt Avenue de France



Contact	Giorgio MATTANA
Email	giorgio.mattana@u-paris.fr
Téléphone	01 57 27 88 42

PRINTUP

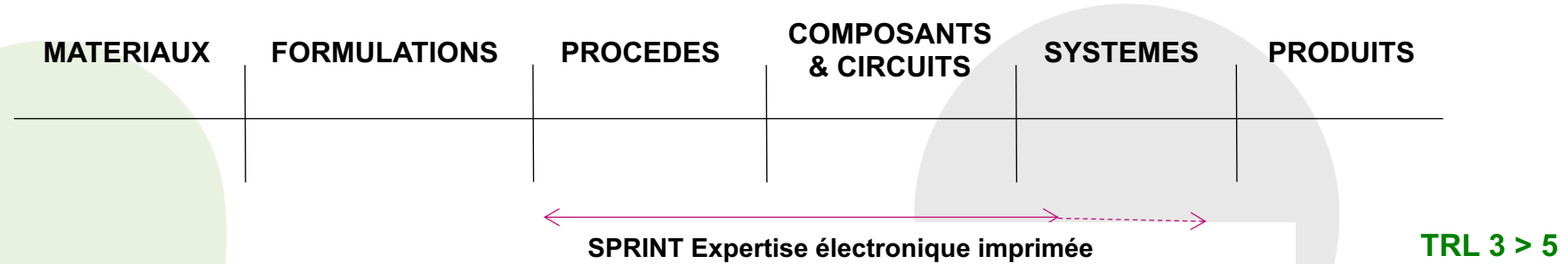
Université de Paris
UFR de Chimie, Laboratoire ITODYS
15 rue Jean-Antoine de Baïf,
75205 PARIS cedex 13 - FRANCE

- Plate-forme technologique de l'IM2NP (Institut Matériaux Micro-électronique et Nanosciences de Provence) UMR CNRS 7334, site de Saint-Jérôme à Marseille
- Plate-forme d'électronique imprimée sur support souple
- Centrée sur la technologie jet d'encre
- Adossée à un grand laboratoire avec large spectre de compétences, du matériau au système
- Expertise en électronique imprimée de la conception à la caractérisation de dispositifs



➤ Expertise électronique imprimée

- De la conception à la caractérisation de dispositifs électroniques imprimés et/ou support souple



Impression jet d'encre

Réalisation de preuves de concept, démonstrateurs

Conception, simulation, modélisation, à différentes échelles : matériau, composant, circuit, système

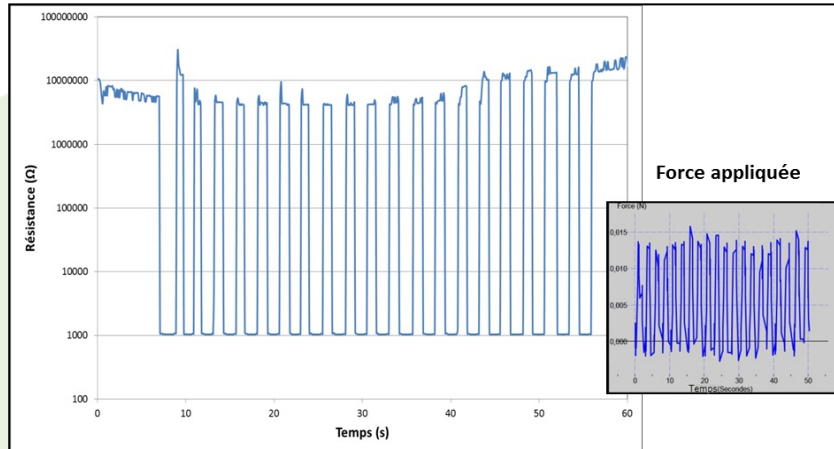
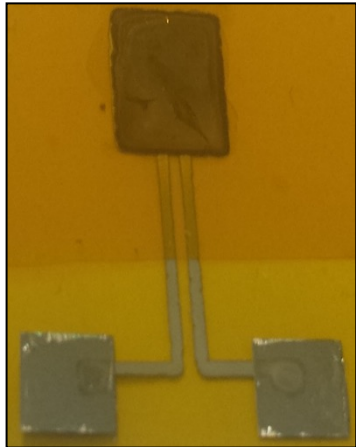
Développement de nouvelles fonctions : capteurs - mémoires - antennes - composants actifs et passifs - photo-détecteurs - cellules solaires - RFID - objets communicants

Tout type de caractérisation

Expertise en intégration hétérogène sur support souple, technologies hybrides

➤ Expertise électronique imprimée

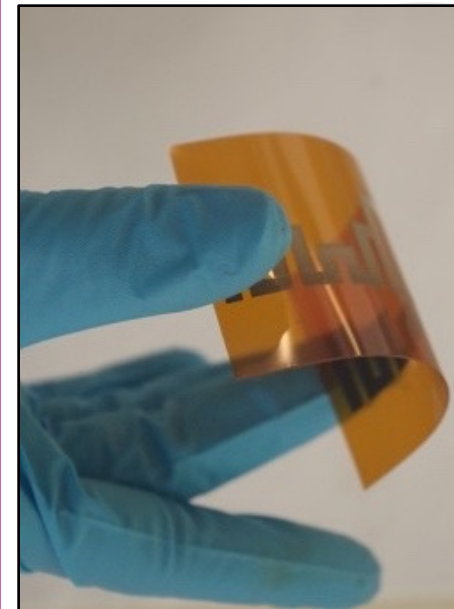
- De la conception à la caractérisation de dispositifs électroniques imprimés et/ou support souple



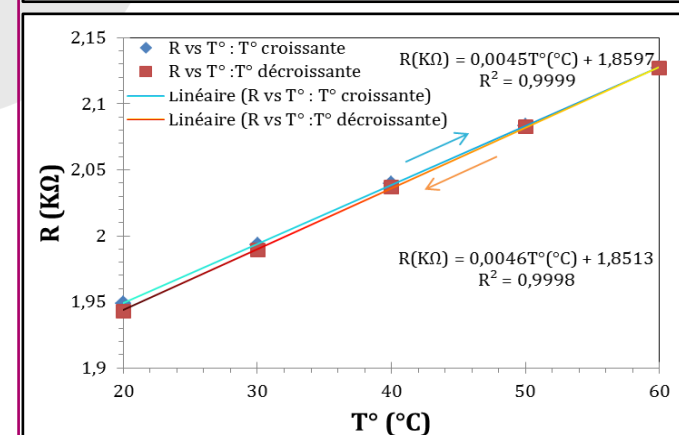
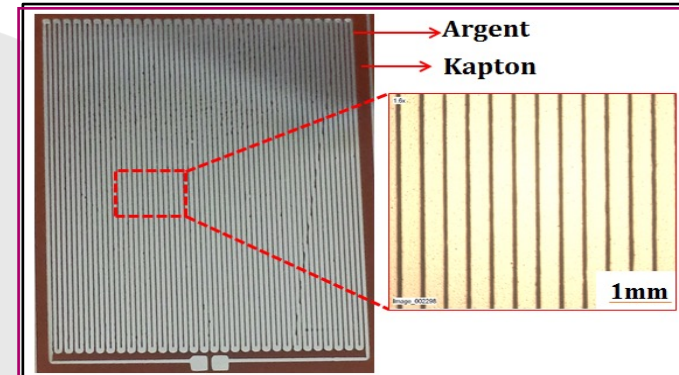
Capteur de force verticale – Sensibilité 0.01N



Couche élastomère
étirable pour capteur
de force



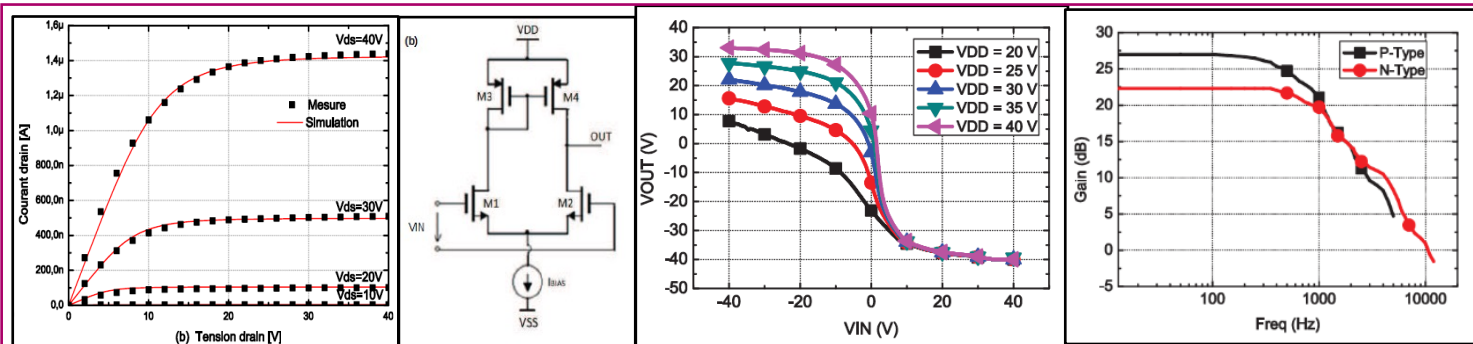
Antenne RFID imprimée sur
support souple pour
application médicale



Capteur de température imprimé sur support
souple pour application médicale

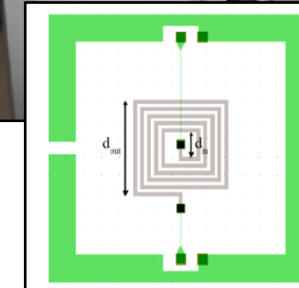
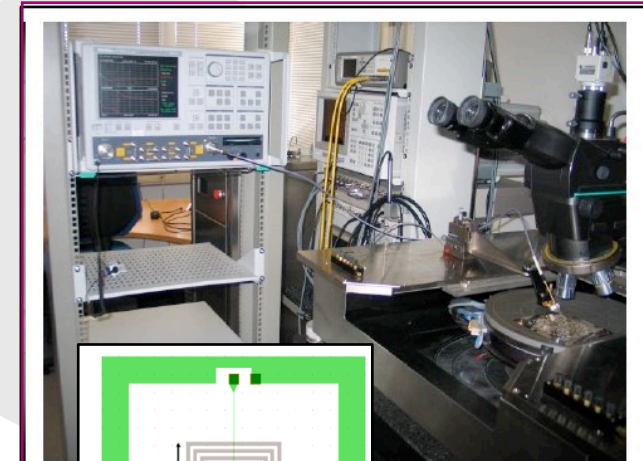
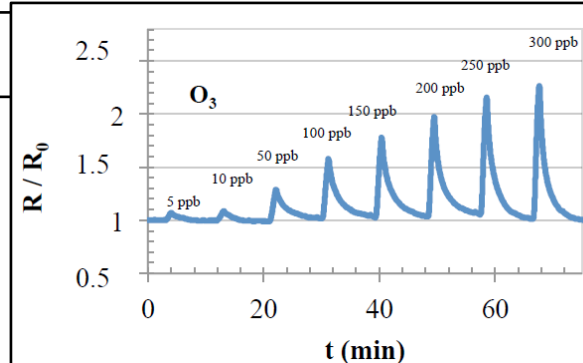
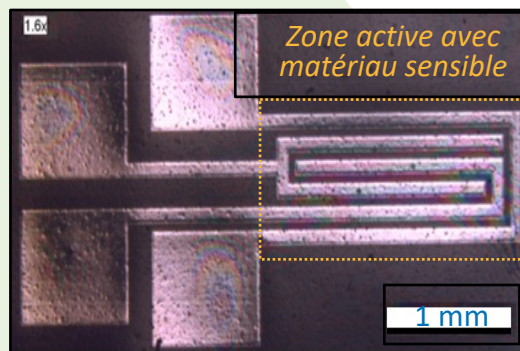
➤ Expertise électronique imprimée

- De la conception à la caractérisation de dispositifs électroniques imprimés et/ou support souple



Modèles de transistors, conception et caractérisation de composants et circuits actifs, analogiques, numériques, imprimés sur support souple

Capteur de gaz sur support souple – Application : suivi qualité de l'air



Conception, modélisation, caractérisation de composants passifs RF imprimés sur support souple

Machine d'impression jet d'encre MicroFab Jetlab 4



1 tête d'impression monobuse
Commande piézoélectrique bipolaire et forme arbitraire
Surface d'impression : 160mm x 120mm
Chauffage possible du porte-échantillon et de l'encre
Vitesse / accélération : 50mm/s / 1500mm/s²
Précision / répétabilité en X-Y : $\pm 30\mu\text{m}$ / $\pm 20\mu\text{m}$
Caméra CCD pour visualisation du jet

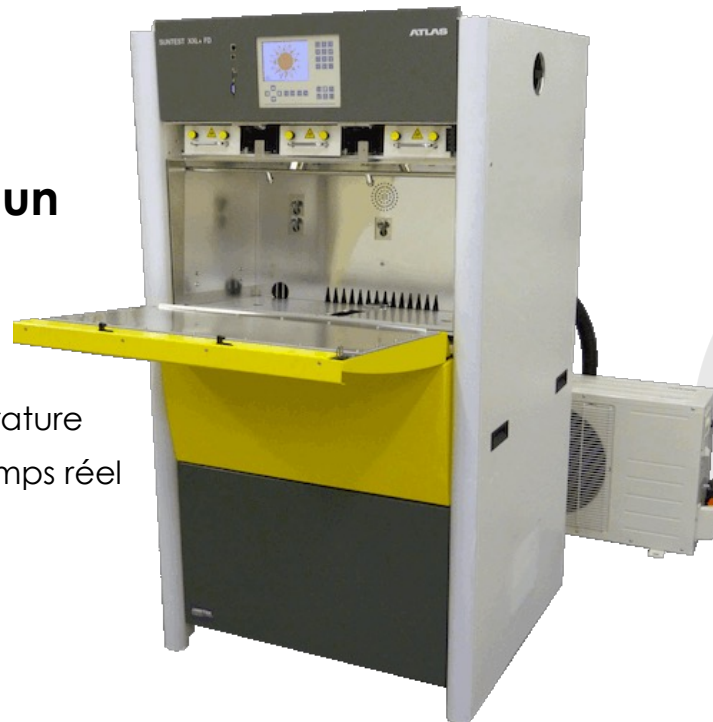
Machine d'impression jet d'encre Ceradrop X-serie



2 têtes d'impression de 128 buses pilotées en ligne
Commande piézoélectrique unipolaire
Surface d'impression : 300mm x 300mm
Module de séchage infrarouge en ligne
Chauffage possible des têtes d'impression
Vitesse maximale de déplacement : 500mm/s
Précision / répétabilité en X-Y : $\pm 1.5\mu\text{m}$ / $\pm 0.5\mu\text{m}$
Système optique de contrôle du jet et des couches imprimées
Suite logicielle pour l'analyse automatique de l'éjection
Suite logicielle pour la simulation de toutes les étapes d'impression

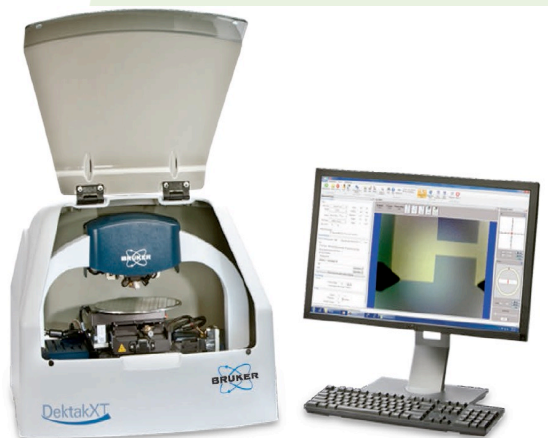
Enceinte climatique Atlas Sun Test XXL HD

Instrument pour test sous xénon
Surface d'exposition 3000 cm²
Contrôle et mesure éclairement, température
Facteur d'accélération 10 à 30 fois le temps réel



Boîte à gants MBraun Labstar

Système de purification de gaz simple colonne
Mini sas 100/300mm
Sondes d'oxygène (O₂ < 1ppm) et d'humidité (H₂O < 1ppm)
Piège à solvants à charbons actifs



Profilomètre à stylet Bruker DektakXT

Dernière génération de profilomètre stylet
Répétabilité / résolution : 4Å / 1Å
Mesure de marche inférieure à 10nm
Vitesse d'acquisition de données très élevée

Moyens de fabrication et de traitements

Machine d'impression par spray
Bâtis de pulvérisation cathodique RF
Bâtis d'évaporation
Réacteur plasma
Fours, étuves
Micro-soudeuse
Etc.

Moyens de caractérisations physiques et électriques

Banc de mesure de résistivité 4 pointes
Banc de caractérisation électrique (mesure I/V) sous contrainte verticale (force/pression verticale), en flexion (rayon de courbure), en traction/étirement, en présence de gaz, humidité, T°
Banc de caractérisation d'impédance (impédance-mètre)
Etc.

➤ SPRINT : liens possibles avec les autres plateformes de l'IM2NP

Plate-forme de caractérisation :

AFM
Banc de caractérisation hyperfréquence
(testeur sous pointes, analyseur vectoriel de réseau)
Chambre anéchoïque (mesure d'antennes)
RFID
Etc.

Plate-forme conception :

Logiciels de simulation électromagnétique
Logiciels de CAO pour circuits électroniques et systèmes analogiques et numériques
Etc.

Regroupant plus de 320 collaborateurs, l'IM2NP rassemble les compétences nécessaires à la recherche en sciences des matériaux, micro-électronique et nanosciences.

La coexistence d'expertises variées au sein d'un même Institut permet d'adresser, à différents niveaux d'étude, les problématiques liées au développement de l'électronique imprimée sur support souple (voire étirable), et la plate-forme technologique SPRINT vient compléter l'ensemble des moyens de fabrication, de conception et de caractérisation présents à l'IM2NP.

Cinq équipes de recherche associent leurs compétences pour le développement de dispositifs électroniques sur tout type de support, tout ou partie imprimés. Les principaux dispositifs visés sont les capteurs, les mémoires, les objets communicants, les dispositifs du photovoltaïque pour des applications dans le domaine de l'industrie, de la santé et de l'énergie.

➤ Types d'intervention avec SPRINT

- Prestations spécifiques en conception, fabrication et/ou caractérisation
- Développement/optimisation d'une étape technologique, tests d'encres fonctionnelles
- Démonstrateurs, preuve de concept
- Développement de nouvelles fonctions : capteurs, mémoires, dispositifs pour le photovoltaïque, objets communicants...
- Intégration hétérogène sur support souple, technologies hybrides

➤ Modes d'intervention : de quelques journées à plusieurs mois/années

- Prestations : facturées aux demandeurs
- Projets collaboratifs
- Contrats de collaboration plus avancés

**Modes de collaboration adaptés
aux partenaires et à leurs demandes**

Contact	Evangéline BENEVENT
Email	evangeline.benevent@im2np.fr
Téléphone	06 60 33 63 66

SPRINT IM2NP

Faculté des Sciences de Saint-Jérôme
Bâtiment Poincaré
52 avenue Escadrille Normandie Niemen
13013 Marseille

L'électronique imprimée s'organise en France et les plates-formes en sont un parfait exemple.

Elles sont réparties sur notre territoire et propose des expertises et des moyens complémentaires pour faire avancer la recherche et épauler les industriels qui se lancent dans ce domaine.

Il faudra par ailleurs continuer à travailler pour mieux répondre aux attentes des industriels et être objectif sur nos faiblesses actuelles pour faire progresser nos plates-formes dans les années à venir.

Il est important aussi de se positionner par rapport à l'Europe et les autres plates-formes Européennes, aussi nous prévoyons de réaliser une étude comparative des moyens Européens dans le domaine de l'électronique imprimée.

Enfin, n'hésitez pas à nous communiquer des informations pour améliorer ce cahier.

Evangéline BENEVENT