



# Investissements d'Avenir / France 2030

Discipline :  
*Sciences de la Matière et de l'Ingénieur*

SYNTHESE THEMATIQUE 2011-2021

## I- LES PROJETS EN CHIFFRES

Les 130 projets relevant de la discipline SMI sélectionnés depuis 2010 dans le cadre des trois Programmes d'Investissements d'Avenir intégrés dans France 2030 ont obtenu un financement de 1 900,1 M€ (fin 2021), se répartissant de la manière suivante :

- 32,6 % (**Equipex** 13,2%, **ESR-Equipex** + 4,7%, **LabEx** 14,9%) dans 85 projets « Centres d'excellence » du PIA1,
- 0,1 % dans un projet « Nano-Biotechnologies » du PIA1,
- 60,3% (**IRT** 39,6 %, **ITE** 20,2%, **Carnot** 0,4%) dans 18 projets « Valorisation » (cinq **IRT**, 12 **ITE**, un **Carnot**) du PIA1,
- 0,3% dans neuf projets PPR « *Make Our Planet Great Again* » (**MOPGA**) du PIA3,
- 6,7% dans 17 projets « Ecoles Universitaires de Recherche » (**EUR**) du PIA3.

La distribution des projets dans ces différents volets est présentée dans le **Tableau I**.

Nature du programme						Contribution à l'action	
Action	Vague			Total	Dotation initiale*	Nombre	Dotation
	1	2	3				
<b>Centres d'Excellence SMI</b>							
<b>EQUIPEX</b>	19	17	1	37	<b>250,1 M€*</b>	37,7%	33,3%
<b>ESR-EQUIPEX +</b>	12	-	-	12	<b>88,8 M€</b>	22,6%	17,3%
<b>LABEX</b>	15	21	-	36	<b>282,4 M€</b>	21,0%	19,0%
<b>Santé-Biotechnologie SMI</b>							
<b>Nanobiotech</b>	1	-	-	1	<b>2,0 M€</b>	12,5%	11,7%
<b>Valorisation SMI</b>							
<b>IRT</b>	5	0	-	5	<b>753,0 M€</b>	62,5%	67,2%
<b>ITE</b>	2	10	-	12	<b>383,6 M€</b>	100%	100%
<b>CARNOT</b>	-	1	-	1	<b>8,0 M€</b>	4,5%	6,2%
<b>Environnement SMI</b>							
<b>PPR-MOPGA</b>	3	4	2	9	<b>4,9 M€</b>	20,4%	20,0%
<b>Enseignement &amp; Recherche SMI</b>							
<b>EUR</b>	9	8	-	17	<b>127,3 M€</b>	32,1%	27,0%
<b>TOTAL</b>	66	61	3	130	<b>1 900,1 M€</b>	28,7%	31,7%

**Tableau I** : Données cumulées des projets relevant de la thématique SMI

Les dotations moyennes des équipements d'excellence de la discipline SMI (6,91 M€, de 1,8 à 20 M€) ainsi que celle des laboratoires d'excellence (7,84 M€, de 1,7 à 19,3 M€) ont été un peu inférieures aux dotations moyennes calculées sur l'ensemble des **Equipex** et **LabEx** (respectivement 7,64 M€ et 8,69 M€).

Les dotations moyennes des projets de valorisation ont été supérieures à celles des centres d'excellence avec 29,5 M€ (3,3-88,4) pour les **ITE** et 150,6 M€ (91,3-220,6) pour les **IRT**.

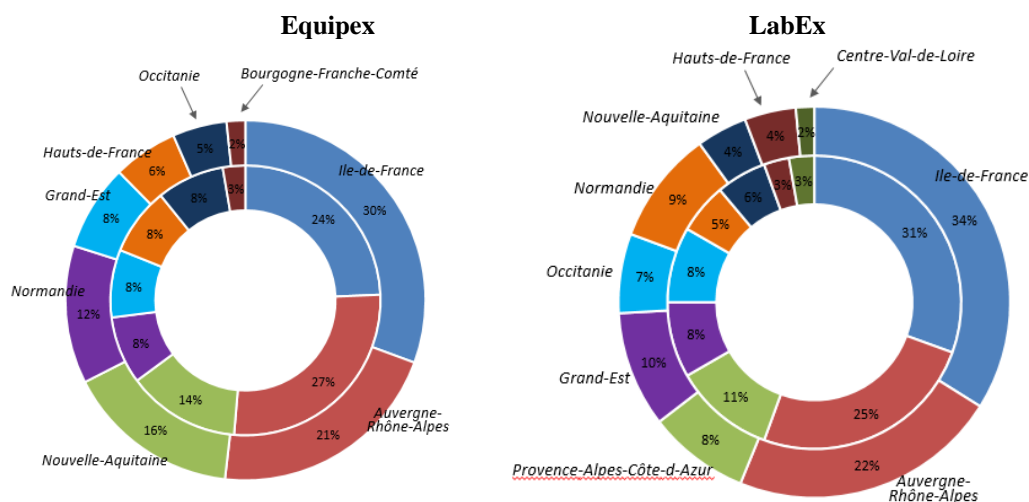
Après en moyenne 11 ans de recherches, les Centres d'Excellence ont quasi-consommé leur dotation initiale et leurs dépenses ont été majoritairement consacrées à l'achat d'équipement pour les **Equipex** ou au recrutement de personnel pour les **LabEx** (0,3% de reliquat pour les **Equipex**).

100% des **IRT**, 54% des **ITE** et 47% des **Equipex** restent en activité au 31/12/2021. En ce qui concerne les **LabEx**, qu'ils soient intégrés au sein d'une structure plus large (Idex, I-SITE ou **EUR**), ils bénéficient d'une prolongation et restent opérationnels au 31/12/2021 (à l'exception de deux arrêts de projets, voir paragraphe V).

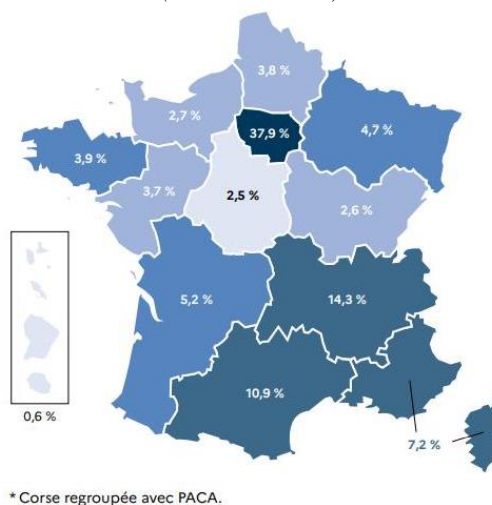
## II- REPARTITION GEOGRAPHIQUE

Les projets des Centres d'Excellence (**Equipex** et **LabEx**) sont répartis dans 10 régions au sein desquelles Ile-de-France et Auvergne-Rhône-Alpes occupent, par leur nombre, les deux premières places, les autres régions se partageant les deux types de programme à l'exception des régions Bourgogne-Franche-Comté, Centre-Val de Loire et Provence-Alpes-Côte d'Azur présentes dans une seule des actions (**Fig. 1**, anneaux internes). Par comparaison, il est utile de noter que l'emploi scientifique est concentré en Ile-de-France, avec 37,9% des effectifs en équivalent temps plein consacré à la recherche, secteur public, secteur privé et personnels de soutien confondus (voir carte de France **Fig. 2**, effectif général R&D de chaque région et englobant toutes les thématiques).

Trois autres territoires, Auvergne-Rhône-Alpes, Occitanie et Provence-Alpes-Côte d'Azur rassemblent 32,4% de l'emploi scientifique.<sup>1</sup> La distribution régionale des financements (**Fig. 1**, anneaux externes) est en bonne adéquation avec la répartition des Centres d'Excellence avec toutefois un écart notable pour les dotations **Equipex** de Bourgogne-Franche-Comté et **LabEx** d'Auvergne-Rhône-Alpes et Normandie.



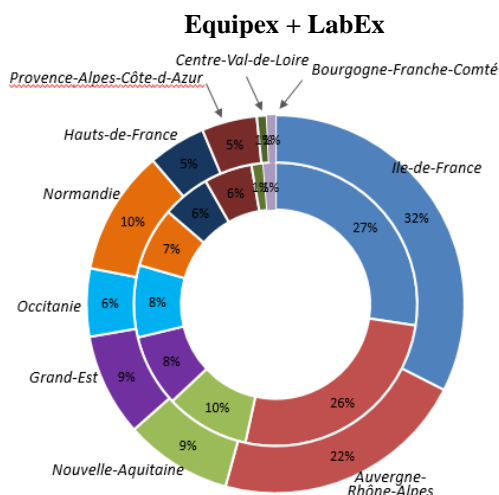
**Figure 1:** Répartition du nombre (anneau interne) et des dotations (anneau externe).



**Figure 2:** Pourcentage de chercheurs par région tous secteurs confondus.

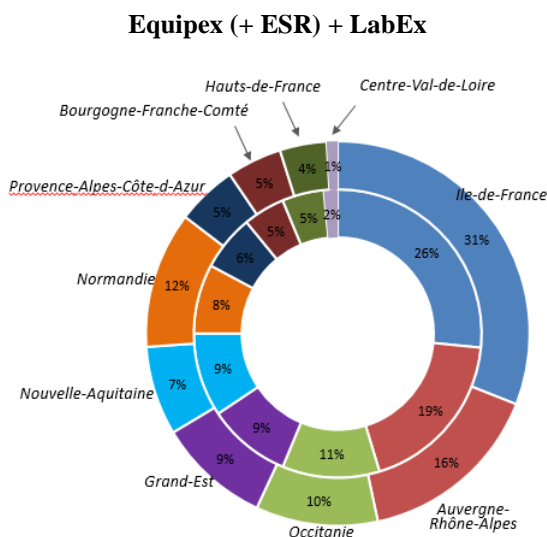
<sup>1</sup> <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid133529/l-etat-de-l-emploi-scientifique-en-france-edition-2018.html>

En traçant les graphes des programmes cumulés (**Equipex + LabEx**), il apparaît sans surprise que les régions les mieux dotées tant en nombre qu'en moyens sont les régions Ile-de-France et Auvergne-Rhône-Alpes, et qu'en comparaison avec les autres régions, la région Auvergne-Rhône-Alpes apparaît sous-représentée, tandis que les régions Ile-de-France et Normandie le sont un peu plus (**Fig. 3**) :



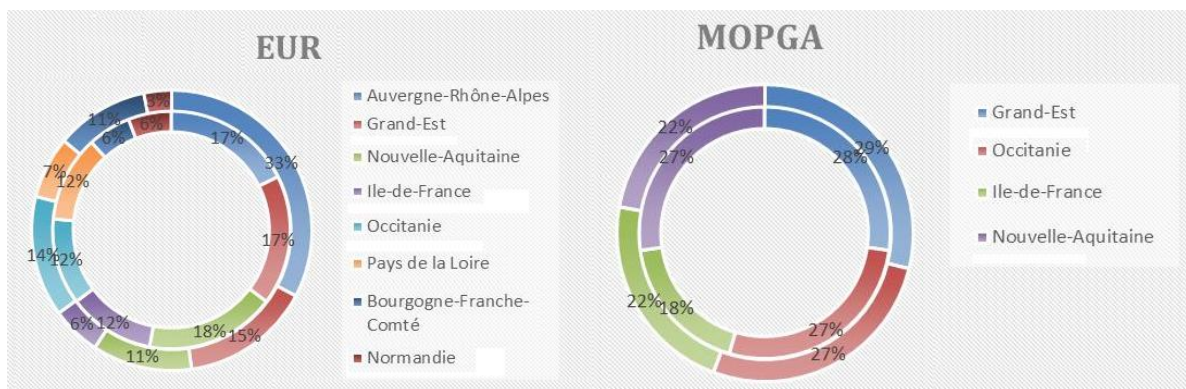
**Figure 3:** Répartition du nombre (anneau interne) et des dotations (anneau externe) des projets SMI du programme Centres d'excellence.

Ces dernières années, diverses évolutions sont venues impacter ces données (clôtures d'**Equipex** et de **LabEx**, incorporations de **LabEx** dans des Idex, et récente reconnaissance de nouveaux programmes **ESR-Equipex +**, ce qui aboutit à un troisième graphe, « instantané » général du nombre de programmes Centres d'excellence opérationnels à la date du 31 décembre 2021 (**Fig. 4**). Les deux régions auparavant majoritaires restent très largement privilégiées, ce qui n'est pas étonnant en considérant le nombre de chercheurs du domaine dans ces régions.



**Figure 4:** Répartition actuelle du nombre (anneau interne) de projets SMI du programme Centres d'excellence.

Les projets des actions **EUR** et **PPR-MOPGA** du PIA3 sont répartis sur un nombre de régions quasi-identique avec une implication affichée de quatre d'entre elles pour l'environnement (**Fig. 5**). Au niveau des dotations des **EUR**, certaines régions apparaissent plus dotées que la moyenne (Auvergne-Rhône-Alpes et Bourgogne-Franche-Comté). Le démarrage des projets a été fortement perturbé par la crise de la COVID-19, même si de nombreuses réunions par visioconférence ont permis d'initier leurs mises en place.

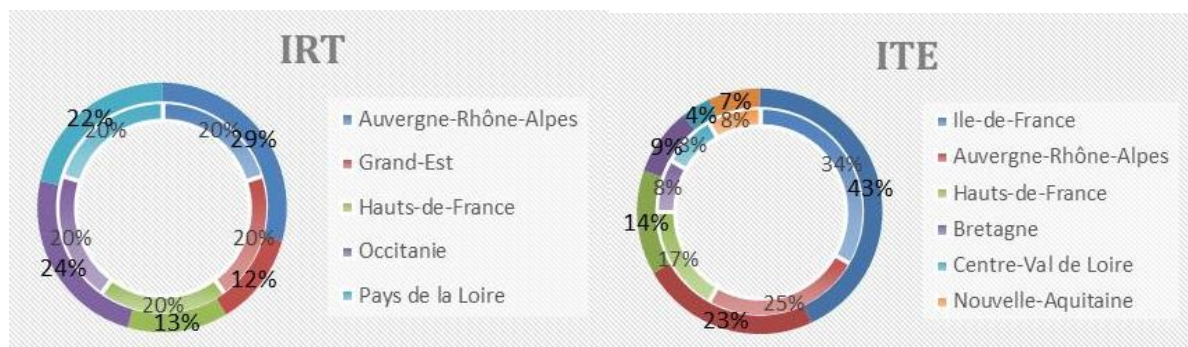


**Figure 5 :** Répartition du nombre (anneau interne) et des dotations (anneau externe) des projets des programmes EUR et PPR-MOPGA.

A noter que le seul projet de Nanobiotechnologie rattaché à la discipline SMI est porté par la région Nouvelle-Aquitaine et concerne l'imagerie.

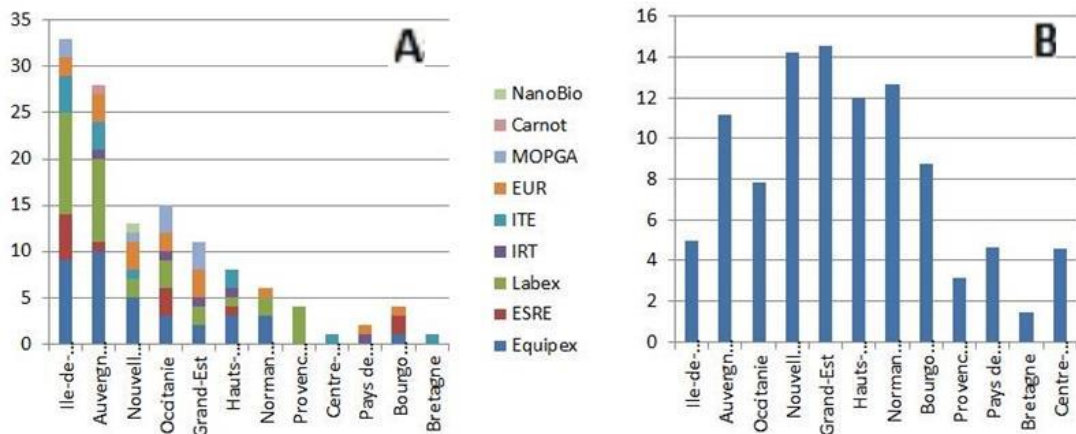
### Programmes de valorisation

Les projets de valorisation (cinq IRT et 12 ITE) sont répartis dans neuf régions dont deux (Auvergne-Rhône-Alpes et Ile-de-France) centralisent huit des 17 projets (Fig. 6, anneaux internes). La distribution régionale des financements (Fig. 6, anneaux externes), qui fait état d'écarts importants par rapport à la dotation moyenne, est un indicateur de l'ampleur et du spectre d'intérêt du projet considéré.



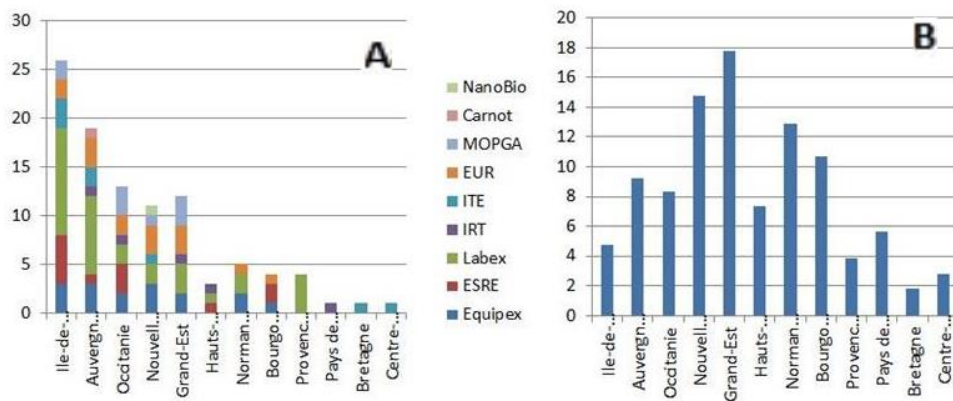
**Figure 6:** Répartition du nombre (anneau interne) et des dotations (anneau externe) des projets du programme Valorisation.

Si la distribution régionale cumulée initiale des projets relevant de la thématique SMI, présentée en Fig. 7A reflète globalement la prééminence des régions concentrant l'emploi scientifique (voir carte Fig. 2), la région Ile-de-France, avec 33 projets et la région Auvergne-Rhône-Alpes, avec 28 projets sur les 130 émergeant à la thématique SMI, se placent en tête, dans le succès aux actions PIA. Ce taux de succès régional calculé pour l'ensemble des actions PIA de la thématique (respectivement 25,9% et 20,6%) et rapporté à l'effectif R&D régional indiqué sur la carte de la Fig. 2 conduit aux valeurs représentées sur la Fig. 7B qui peuvent être considérées comme un indicateur de succès régionaux. Il apparaît sur la Figure 7B que certaines régions sont plutôt bien représentées au regard de leurs effectifs (Nouvelle-Aquitaine et Grand-Est) tandis que d'autres le sont moins (Provence-Alpes-Côte d'Azur et Bretagne).



**Figure 7 :** A- Nombre de projets de la thématique SMI par région ;  
B- Pondération du nombre de projets SMI en fonction du pourcentage de l'effectif global des chercheurs.

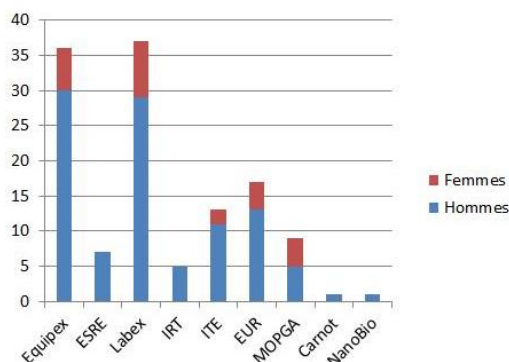
Les évolutions venues impacter ces données (clôtures d'Equipex et de LabEx, incorporations de LabEx dans des Idex, et récente reconnaissance de nouveaux programmes ESR-Equipex +), permet d'aboutir à un deuxième graphe du nombre de programmes Centres d'excellence encore opérationnels à la date du 31 décembre 2021 (Fig. 8A et 8B). Les deux régions auparavant majoritaires apparaissent maintenant moins représentées, et il est assez aisé de constater une baisse des appuis pour la région Hauts-de-France.



**Figure 8 :** A- Nombre de projets de la thématique SMI par région (instantané);  
B- Pondération du nombre de projets SMI en fonction du pourcentage de l'effectif global des chercheurs (instantané)

### III- COMPOSITION DES PORTAGES

Alors que l'effectif des chercheurs en France, toutes disciplines confondues, compte 39,5% de femmes (31% parmi les DR, 41% parmi les CR, 26% parmi les PR et 45% parmi les MCF), leur contribution dans le portage des projets de la discipline SMI n'est que de 19,0% (légère progression en comparaison des 16,6% de la dernière synthèse thématique de 2019). Leur présence s'est renforcée depuis le début des actions lors de changements de RST et se manifeste sensiblement dans les récentes actions MOPGA et EUR (Fig. 9). Ces actions contribuent parallèlement au rajeunissement des porteurs de projets qui de 57-58 ans en moyenne (Equipex et LabEx), évolue vers 51 (EUR) et 39 ans (MOPGA).



**Figure 9** : Répartition par genre des porteurs (RST) des actions SMI.

Le nombre de partenaires pour les différentes actions et leur répartition sont rassemblés dans le **Tableau II**. Le terme « partenaires » utilisé dans ce tableau correspond aux entités légales gestionnaires des équipes de recherche participant au projet et listées dans la convention signée avec l'ANR. Dans le cas des Centres d'Excellence, l'augmentation constatée de leur nombre (10-15%) depuis le bilan effectué en 2016<sup>2</sup> reflète l'évolution du périmètre des actions et donc leur dynamisme. Le nombre de partenaires par projet est important pour les **IRT** et **ITE** (moyennes de 15,8 et 32) avec une participation industrielle majoritaire (59-83%) inhérente à la structuration des projets. Cette valeur est plus faible pour les **Equipex**, **LabEx** et **ESR-Equipex +** (moyennes de 2,7 à 7,9) avec une participation industrielle modérée (10-11% pour **Equipex** et **LabEx**, 3% pour les **ESR-Equipex +**). Le périmètre partenarial des **Equipex**, resserré autour d'équipements spécifiques, est, logiquement, inférieur à celui des **LabEx**.

Les Centres d'excellence associent les universités et écoles aux organismes (CNRS, CEA, Ecole Centrale, CIRAD, IFPEN, ONERA, etc... par importance décroissante) avec une participation industrielle par projet variant de 0,1 à 0,8.

	EQUIPEX	LABEX	ESR	IRT	ITE	EUR	MOPGA	CARNOT	NANO
<b>Nombres de projets</b>	<b>37</b>	<b>36</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>12</b>	<b>17</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Partenaires</b>	<b>221</b>	<b>293</b>	<b>32</b>	<b>160</b>	<b>205</b>	<b>76</b>	<b>15</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
<i>publics</i>	195	260	30	22	84	71	15	1	7
<i>privés</i>	23	31	1	134	121	4	-	1	-
<i>autres</i>	3	2	1	4	-	1	-	-	-
<b>Partenaire par projet</b>	<b>6,1</b>	<b>7,9</b>	<b>2,7</b>	<b>32</b>	<b>15,8</b>	<b>4,5</b>	<b>1,7</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
<b>Entreprise par projet</b>	<b>0,6</b>	<b>0,8</b>	<b>0,1</b>	<b>26,8</b>	<b>9,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>

**Tableau II** : Nombre de partenaires publics (Universités, EPST, Grandes Ecoles, EPIC...) et privés (GE, ETI, PME, TPE, ...) identifiés au sein des actions PIA de la discipline SMI. Chaque partenaire apparaît autant de fois qu'il intervient dans une action.

Un tiers environ des **Equipex** a recours à une entreprise essentiellement dans le cadre de la mise au point d'une machine, tandis que seulement un quart environ des **LabEx** fait appel à un partenariat industriel. Dans les **LabEx**, la participation industrielle concerne principalement les domaines de l'électronique et des matériaux, axes centraux de la discipline SMI.

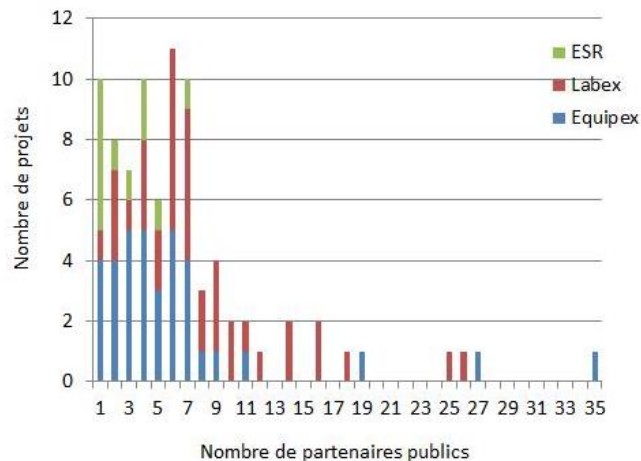
Le quart des **Equipex** est associé à une seule unité de recherche et correspond à l'application de compétences dans un domaine de pointe (microscopie, nanoélectronique, propulsion, solaire, spectrométrie) dans lequel le porteur bénéficie d'une expertise unique et d'une reconnaissance internationale. Les laboratoires sont en général des unités mixtes de recherche entre le CNRS et l'Université et souvent l'un d'eux coordonne le projet.

La variation importante du nombre de structures de recherche (1-35 pour les **Equipex**, 1-26 pour les **LabEx**, 1-7 pour les **ESR-Equipex +**, **Fig. 10**) composant les centres d'excellence tient aux différents facteurs qui ont précédé leur structuration :

- la présence d'un objectif bien défini pour constituer un projet essentiellement mono-disciplinaire (métrologie, physique des ondes, propulsion, rhéologie) ;
- le rassemblement d'équipes géographiquement proches, de disciplines variées, avec un objectif affiché de synergie et d'interface (chimie) ;

<sup>2</sup> <https://anr.fr/fr/investissements-davenir/suivi-et-evaluation/>, Synthèse thématique de mai 2017.

- le regroupement de laboratoires partageant une philosophie commune dans des applications différentes (« Nano » par exemple).



**Figure 10** : Nombre de structures de recherche émergeant aux actions des projets SMI du programme Centres d'excellence.

Les **IRT** sont des personnes morales qui prennent en général la forme de Fondations de Coopération Scientifique. En pratique, certains fondateurs sont des GIE ou des associations qui regroupent plusieurs industriels ou des groupements de PME ; dans ce cas, seul le GIE ou l'association est comptabilisée. Les partenaires occasionnels qui collaborent avec les **IRT** sur un projet ponctuel, sans engagement pluriannuel, ne sont pas comptabilisés.

Les **ITE** sont des personnes morales qui prennent majoritairement la forme de sociétés privées (SAS). Les actionnaires des **ITE** sont très divers, des salariés eux-mêmes aux grands groupes, en passant par les académiques (grands organismes de recherche, universités, écoles d'ingénieurs) et des PME et ETI. Les principaux acteurs de la transition énergétique sont tous présents dans les **ITE**.

L'hétérogénéité des **EUR** selon les champs disciplinaires, les sites, et les types d'alliances entre établissements d'enseignement et de recherche fait la richesse du dispositif qui a émergé en 2018. La maturation des **EUR** est guidée par les jalons que chaque **EUR** s'est donnés par rapport à ses ambitions à moyen terme (d'ici 2023). Les années 2019 et 2020 auraient dû être des années de rodage, d'essai-erreur, et de perfectionnement pour lesquelles il n'est peut-être pas pertinent de faire des analyses, eu égard à la crise de la COVID-19.

## IV- LES THEMATIQUES

### IV.1 Répartitions des projets par disciplines

Moins de 60% de la recherche effectuée au sein des **Equipex** peut être qualifiée de fondamentale ce qui est en accord avec la prédominance technique des objectifs affichés. Cette valeur atteint 90% dans les **LabEx** ce qui reflète la persistance de la recherche fondamentale dans les laboratoires, indispensable à la poursuite croissante de ses applications.

Chaque Centre d'Excellence a ainsi son format et son originalité propres correspondant à sa nature et à ses besoins spécifiques. La catégorisation des projets reste toutefois malaisée du fait de la pluridisciplinarité de la plupart des projets SMI. La Physique est majoritaire au sein des **Equipex** tandis que les Matériaux dominent dans les **LabEx** (cf. Tableaux en annexe). Les trois disciplines, *Physique*, *Matériaux* et *Chimie*, qui regroupent l'ensemble des projets dans un mélange de disciplines et thématiques scientifiques concernant à la fois recherche fondamentale et recherche appliquée, avaient été identifiées dans la synthèse thématique initiale publiée en Octobre 2014.<sup>3</sup> Cette répartition conservée dans l'évaluation 2015 des **LabEx** (*Chemistry & Interfaces*, *Materials & Interfaces*, *Materials & Nanotechnologies*, *Physics & Interfaces*) a évolué dans l'évaluation 2018 (*Energy & Interfaces*, *Materials & Interfaces*, *Physics & Interfaces*) pour prendre en compte la diminution d'un tiers du nombre de **LabEx** analysés.

<sup>3</sup> <https://anr.fr/fr/investissements-davenir/suivi-et-evaluation/>, Synthèse thématique initiale.



Cette distribution reste toutefois restrictive par le fait que, face à la difficulté de fractionner l'expertise d'un Centre d'Excellence, chaque action a été affectée à une discipline principale. L'affectation mentionnée dans les tableaux des annexes correspond à la discipline d'affectation principale (*Chimie, Matériaux* ou *Physique*) et ne prend pas en compte les thématiques transverses comme par exemple l'Energie, la Métrologie ou les Nanosciences.

L'affectation des projets dans les quelques 150 domaines de recherche (« research area ») concernés et identifiés par le *Web Of Science* (16 domaines identifiés en SMI) est un moyen d'affiner la granulométrie de l'analyse. Cette opération a été effectuée pour recenser la production française annuelle par thématique (cf. paragraphe VI).

La thématique SMI est représentée dans cinq **IRT** dont les financements ont été agrégés dans le **Tableau I**, parmi lesquels il convient de distinguer trois cas de figure (voir également Tableau en annexe E):

- **Nanoelec** (Grenoble), qui se consacre à la microélectronique et ses applications,
- un groupe constitué de **Jules Verne** (Nantes), **M2P** (Metz) et **Saint Exupéry** (Toulouse) dont l'activité SMI porte sur les procédés de production ou de mise en œuvre de matériaux composites et métalliques,
- **Railenium** dont les projets de la thématique SMI tendent à se réduire et qui se focalise sur le contrôle physique dans la filière ferroviaire.

A noter que l'**IRT SystemX**, qui n'est pas classé dans la thématique SMI, intervient également sur des projets de simulation.

Les **ITE** (IEED), initialement au nombre de 13 sélectionnés par le jury (12 contractualisés par l'ANR), et maintenant sept encore actifs, constituent la principale action du PIA dans le domaine de l'énergie. Faisant partie des actions de valorisation du PIA, ils sont positionnés sur des degrés de maturité technologique intermédiaires en termes de R&D (partant en général d'un TRL 3, ils peuvent se positionner jusqu'au stade de la mise sur le marché) et ne traitent pas, ou peu, la recherche fondamentale à très bas TRL.

## IV.2 Interdisciplinarité des projets

Environ la moitié des projets relevant des Centres d'excellence sont pluridisciplinaires, ce qui témoigne des applications variées des concepts, outils et méthodes d'analyse qui y sont développés. Les 36 **Equipex** initiaux (maintenant au nombre de 17 depuis la clôture de la plupart d'entre eux) étaient axés vers l'analyse et viennent, pour une large part, en appui aux 36 **LabEx** de la thématique (maintenant au nombre de 34). Leurs objectifs affichés vont de la conception/création/utilisation d'équipement(s) spécifique(s) pour une application donnée à la création de plateformes expérimentales centralisées.

Quelques paires **Equipex/LabEx** associent une thématique scientifique à la plateforme des équipements correspondants, par exemple dans les domaines de l'électronique (**ELORPrintTec** avec **AMADeus** pour l'électronique organique), de l'énergie (**Socrate** avec **SoLSTiCe**), de la métrologie (**REFIMEVE+** et **Oscillator IMP** avec **FIRST-TF**), le nombre de ces « paires associées » diminuant depuis la clôture de la moitié des **Equipex**. Ces associations reflètent, d'une part la bonne organisation d'une thématique, d'autre part sa « multidisciplinarisation » correspondant à l'élargissement de son champ d'applications. Ces regroupements culminent avec une structuration en réseau comme c'est le cas pour la métrologie, les matériaux, les semi-conducteurs ou les batteries.

Contrairement aux domaines SHS, STUE et Agro-Eco, la stratégie des 17 **EUR** en SMI (**Tableau III**) a été dans la plupart des cas de conserver l'autonomie des **LabEx** existants. Il existe ainsi une volonté de maintenir séparés les champs de la formation et de la recherche, reflet possible de l'implication forte des organismes et de leur identité historiquement disjointe des missions d'enseignement dans ce domaine disciplinaire (plus qu'en SHS, par exemple, ne serait-ce qu'en masse critique). Les sciences de l'optique se dégagent dans trois pôles (Bordeaux, Nantes/Angers, St-Etienne), et les nanosciences se distinguent à titres divers (en partie par l'intersection entre différentes **EUR**) dans quatre pôles (Bordeaux, Strasbourg, Toulouse, Troyes).

Nom de l'EUR	INTITULÉ ET MOTS-CLÉS	Programmes en lien avec l'EUR
<b>CBH-EUR-GS</b>	GRADUATE SCHOOL IN CHEMISTRY, BIOLOGY AND HEALTH <i>Chemistry, Biology, Health, Medtech, Bioinorganic chemistry, Structural biology, Cell Biology, Neurodegenerative and chronic diseases, Bio-energy, Biomolecules</i>	Arcane (LabEx) - GRAL (LabEx) - CAMI (LabEx) - Equip@meso (Equipex) - FRISBI (INBS) - ProFI (INBS) - France Life Imaging (INBS)
<b>CSC-IGS</b>	CHEMISTRY OF COMPLEX SYSTEMS INTERNATIONAL GRADUATE SCHOOL <i>Chemistry, Complex systems, Supramolecular, Self-organisation, Dynamics</i>	CSC (LabEx)

<b>E4C</b>	ENERGY FOR CLIMATE INTERDISCIPLINARY INSTITUTE <i>Center for energy and climate, Energetic transition</i>	IPSL-CGS (EUR) - CLAND (Institut Convergences)
<b>EIPHI</b>	INNOVATION THROUGH PHYSICS AND ENGINEERING <i>Engineering, Innovation, Physical sciences, High-technologies, Interdisciplinarity</i>	ACTION (LabEx) - Robotex (Equipex) - Oscillator IMP (Equipex) - REFIMEVE+ (Equipex) - Talent Campus (Idefi) - CMI-FIGURE (Idefi) - Grand Est (SATT)
<b>IA-GS</b>	INSTITUTE OF ACOUSTICS GRADUATE SCHOOL <i>Acoustics, Wave physics</i>	/
<b>InTREE</b>	INTERACTIONS AND TRANSFERS AT FLUIDS AND SOLIDS INTERFACES <i>Interface, Surface, Transfer, Coupling, Fluid, Solid, Texture, Structure, Functionalisation</i>	INTERACTIFS (LabEx)
<b>LIGHT S&amp;T</b>	ADVANCED GRADUATE PROGRAM IN LIGHT SCIENCES AND TECHNOLOGIES <i>Lasers, Extreme-light, Optical materials, Neuropotonics, Advanced microscopy, Nano-optics</i>	BRAIN (LabEx) - AMADeUS (LabEx) - LAPHIA (LabEx) - PETAL+ (Equipex) - ELORPrintTec (Equipex) - MIGA (Equipex) - France Bioimaging (INBS)
<b>LumoMat-E</b>	LUMIÈRE MOLÉCULES MATIÈRE <i>Electronics, Light, Molecular materials, Organic electronics, Photonics, Information storage, Nanostructured systems</i>	THELEME (NCU) - Cursus IDE@L (NCU) - NEPTUNE (NCU) - OUEST VALORISATION (SATT)
<b>NanoX</b>	NANOSCALE SCIENCE AND ENGINEERING <i>Nanophysics, Nanochemistry, Condensed matter physics, Quantum chemistry, Optics, Atomic and cluster physics, Experimentation, Theory, Nanotechnology</i>	NEXT (LabEx) - Saint Exupéry (IRT) - MIMETIS (Equipex) - Toulouse Tech Transfer (SATT)
<b>Nano-Phot</b>	NANO-PHOT GRADUATE SCHOOL <i>Nanomaterials, Nanofabrication, Nanotechnologies, Nanooptics, Nanophotonics, Spectroscopy, Nanosensors</i>	/
<b>PLASMA_ST</b>	SCIENCE ET ENSEIGNEMENT DES PLASMAS <i>Plasma</i>	CILEX (EQUIPEX) - ATTOLab (EQUIPEX)
<b>QMat</b>	QUANTUM NANOMATERIALS AND NANOSCIENCE <i>Quantum engineering, Nanophysics, Nanoscience, Nanomaterials, Nanofabrication</i>	NIE (LabEx) - UNION (Equipex) - UTEM (Equipex)
<b>SLEIGHT</b>	SURFACES LIGHT ENGINEERING, HEALTH & SOCIETY <i>Optics, Surfaces, Imagery, Computer science, Biology, Lasers, Physics, Materials, Mechanics</i>	MANUTECH-SISE (LabEx) - MANUTECH-USD (Equipex) - IVTV (Equipex)
<b>SOLAR</b>	APPROACH OF SOLAR INTEGRATION IN THE BUILT <i>Solar energy, Materials, Built environment, Energy transition, Optimization, Urban planning, Energy consumption, Renewable energies, Eco-construction</i>	INES 2 (ITE) - DURASOL (EQUIPEX) - CEMAM (LabEx) - GRENOBLE (SATT) - @SPIRE (NCU)
<b>TACTIC</b>	ACTIONS TRANSVERSES CÉRAMIQUES AVANCÉES & TIC <i>Advanced ceramics, Materials, Sustainable development, Photonics, Optical fibers</i>	SIGMA-LIM (LabEx) - FIRST-TF (LabEx) - GaNeX (LabEx) - FORMUL (NCU)
<b>TSAE</b>	TOULOUSE GRADUATE SCHOOL OF AEROSPACE ENGINEERING <i>Aeronautics, Astronautics, Engineering</i>	Saint Exupéry (IRT)
<b>XL-Chem</b>	XL-CHEM GRADUATE SCHOOL OF RESEARCH <i>Organic and analytical molecular chemistry, Perfumes, Cosmetics</i>	SynOrg (LabEx)

**Tableau III : EUR émergeant à la thématique SMI : noms, mots clés et projets PIA intégrés ou liés à l'EUR**

La préoccupation majeure liée à la transition énergétique est prise en compte dans deux pôles (Paris, Savoie-Mont-Blanc), tandis que la chimie moléculaire avec applications multiples en biologie et médecine caractérise trois pôles (Caen, Grenoble, Strasbourg). Un lien avec les STUE apparaît avec l'école d'aéronautique/astronautique de Toulouse.

Tous les projets des IRT possèdent un volet numérique comportant la mesure des paramètres physiques nécessaires à l'élaboration des programmes ainsi que l'adaptation des algorithmes et logiciels correspondants. Par contre, n'y figurent pas de travaux sur de nouveaux algorithmes.

Les **Instituts pour la Transition Énergétique (ITE)** sont des centres de recherche interdisciplinaires public-privé. Ils impliquent nécessairement des entreprises, qui figurent parmi les actionnaires de la société constituant l'ITE. Les ITE couvrent beaucoup de domaines de l'énergie (marines avec **FEM**, des bâtiments, urbaines et des transports avec respectivement **INEF4**, **Efficacity** et **VeDeCoM**, solaires avec **INES.2S** et **IPVF**, et sur le secteur de la haute tension, de la transmission, et de la conversion d'énergie du courant continu avec **SuperGrid**), par contre aucun ITE n'avait été sélectionné sur les thèmes des piles à combustible et de l'hydrogène, du stockage de l'énergie (batteries), domaine dans lequel il existe en revanche un **LabEx (STORE-EX)**.

En 2021, il n'existe plus d'ITE actif sur l'efficacité énergétique dans l'industrie : deux avaient été sélectionnés (**IDEEL** et **PS2E**) mais leurs actionnaires n'ayant pas réussi trouver un accord sur le modèle des travaux de R&D et de valorisation économique, ceux-ci ont été arrêtés.

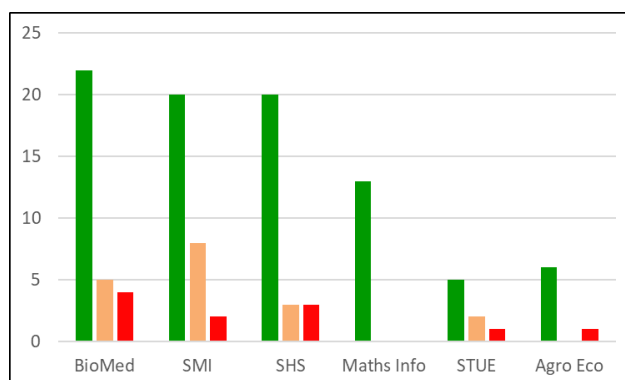
## V- EVOLUTIONS DES ACTIONS PIA DE SMI

- Les **Ecoles Universitaires de Recherche (EUR)** se sont structurées en deux vagues du PIA 3, l'une en 2017, l'autre en 2019. Parmi les 53 lauréates, environ un tiers (n = 17) émerge au domaine **SMI**, une proportion d'ailleurs invariante entre les appels de 2017 (neuf **SMI** sur 29 lauréats) et 2019 (huit **SMI** sur 24 lauréats). De l'appel de 2019, nous retiendrons que l'Institut Polytechnique de Paris a obtenu deux **EUR** sur quatre dans le champ des **SMI (E4C, PLASMA\_ST)**, et observons une multiplicité de projets **SMI** dans des universités de villes moyennes comme Angers, Caen, Chambéry, Limoges, Poitiers et Troyes (à noter d'autres « graduate schools » prenant modèle sur les **EUR** qui émergent dans les universités dotées d'une Idex ou Isite, la thématisation précise de ces nouvelles structures n'étant pas encore lisible, certaines ayant été financées dans le cadre de l'appel SFRI du PIA 3, d'autres faisant partie de la politique de site des universités grâce aux dotations Idex). Les appels **EUR** successifs étaient assez différents dans leurs périmètres et leurs règles de fonctionnement, donc les budgets, tailles, profils, et même missions des écoles qui en sont issus sont également variés — même si une uniformisation des indicateurs communs a été opérée par l'ANR en 2020 pour l'ensemble des 53 **EUR**. Une évaluation consolidée des impacts et résultats propres à des structures éducatives, dont les cohortes présentent une existence calibrée sur des périodicités de deux (master) ou cinq à six ans (doctorat), ne peut toutefois s'appliquer de manière féconde à ces écoles en 2021. Elles ont chacune, depuis la rentrée 2018–2019, diplômé tout au plus quelques dizaines d'étudiants de master et au plus quelques diplômés de doctorat primo-entrants. Parmi les indicateurs chiffrés disponibles, des disparités importantes sont notées, surtout liées aux cultures disciplinaires, au fait que les **EUR** bénéficient ou non d'un pilotage centralisé dans le cadre d'une Idex, selon qu'elles incorporent ou non des **LabEx**, et selon la taille du consortium. Les bilans déclaratifs des indicateurs sont également variés : très fort taux de publication en **SMI**, mais faible taux parmi les écoles d'ingénieur, et disparités prévisibles également au niveau des brevets et des thèses CIFRE (totaux typiquement plus nombreux en informatique et **SMI**). Une constante, déjà sensible, est observée dans l'effet des **EUR** de **SMI** en tant que leviers de performances pour attirer des fonds complémentaires issus du mécénat industriel (**E4C, CSC-IGS, SLEIGHT, TACTIC, InTREE**), du PIA (**ESR-Equipex +, NCU, Universités européennes, etc.**), des régions ou métropoles urbaines, voire des établissements de tutelle eux-mêmes (contingents de bourses de doctorat « réservées » par l'établissement / Université Paul Sabatier, Toulouse ; nouveaux locaux via le CPER ou autres leviers / Le Mans, Saint-Etienne). Une particularité observée parmi certaines **EUR** de **SMI** a été l'ouverture de passerelles vers des certificats de type MBA (**XL-Chem, CSC-IGS, bientôt Nano-Phot**), prenant modèle sur certaines écoles d'ingénieur et permettant aux lauréats d'être mieux armés pour affronter le monde de l'entreprise avec un bagage de chercheurs de haut niveau.
- Le programme **PPR-MOPGA** lancé en juin 2017 a conduit au financement de 41 projets (23 juniors et 18 seniors). Les axes scientifiques de cet AAP étaient au nombre de trois : la transition énergétique, les sciences du système terrestre et les sciences du changement climatique et de la durabilité. Ces trois grandes thématiques ont mobilisé des chercheurs venus de cinq domaines scientifiques : Agro-Eco (6), BioSanté (1), SHS (2), **SMI** (9) et STUE (23). Une première réunion rassemblant les lauréats a été organisée en octobre 2019 en concertation avec les lauréats allemands d'un appel à projets équivalent, afin de jeter les bases de la communauté des chercheurs portant les valeurs de l'action **PPR-MOPGA**. En novembre 2021, s'est tenu à Strasbourg le colloque de mi-parcours rassemblant à nouveau les lauréats français et allemands.
- Après 10-11 ans d'existence, les centres d'excellence sont à maturité. Sur les 36 **EquipEx SMI** du PIA1, 33 ont clôturé leur phase d'investissement au 31 décembre 2021. Pour les trois projets restants, la phase d'investissement se terminera fin 2022 (**DESIR, TEMPOS**) ou fin 2023 (**REFIMEVE+**). En ce qui concerne la fin de la phase de fonctionnement T2 et la clôture des projets, 20 projets étaient déjà clôturés au 31 décembre 2020 et sept projets additionnels se terminaient le 31 décembre 2021. Pour les années qui viennent, les clôtures s'échelonneront entre 2022 (sept clôtures) et 2024 (deux clôtures).

Lors des clôtures récentes, nous avons observé que dans la grande majorité des cas, les projets avaient rempli leurs objectifs. En revanche pour plusieurs d'entre eux, la question de la pérennité se pose principalement à cause du manque de personnels permanents. Les huit projets qui faisaient l'objet d'un plan d'action suite à une évaluation critique lors du jury à mi-parcours de 2017, ont redressé la barre et certains ont même affiché un franc succès. Parmi ces projets, cinq étaient déjà clôturés le 31 décembre 2020. **Socrate** se termine en 2021 et aura assuré la quasi-totalité de ses objectifs et il ne restera que **ThomX** et **Oscillator IMP** en projets actifs. Chacun de ces projets a pris des mesures permettant de renouer avec le succès, **ThomX** ayant obtenu son premier faisceau à l'automne 2021 et **Oscillator IMP** ayant revu son management.

Enfin, il est à noter que l'action **EquipEx** du PIA1 aura été à l'origine de nombreux développements pour les grands instruments comme les synchrotrons (**ROCK, EcoX, ThomX, CRG/F**) et aussi les microscopes électroniques, où la France affichait un certain retard (**TEMPOS, MIMETIS, MATMECA, UTEM**).

- La situation des 171 **LabEx** qui avaient globalement atteint leur vitesse de croisière dès 2015<sup>4</sup> est particulière dans la mesure où un certain nombre d'entre eux (45 dont 24 en **SMI**), ayant intégré une des quatre Idex confirmées (Aix-Marseille, Bordeaux, Sorbonne Université, Strasbourg) ont vu leur évolution prise en charge par la structure coordinatrice. Les autres ont pu bénéficier d'une prolongation de trois ans, à budget constant, de la date d'éligibilité de leurs dépenses ; l'intégration de 15 d'entre eux aux **EUR** sélectionnées en 2017 a réduit à 115 le nombre de **LabEx** qui ont fait l'objet en novembre 2018 d'une évaluation (**Fig. 11**).<sup>5</sup> 20 experts étrangers, ayant pour la plupart participé à l'analyse mi-parcours des projets **SMI** en 2015 et organisés en trois sous-jurys (six sous-jurys pour l'ensemble des **LabEx**), ont siégé durant trois jours pour analyser les dossiers relevant de *Energie & Interfaces*, *Sciences des matériaux & interfaces* ou *Physique & interfaces*. Sur la base de huit critères d'évaluation (trois concernant la qualité du projet, trois concernant son aspect structurant, forces, faiblesses), chacun des sous-jurys s'est prononcé sur la poursuite (éventuellement sous conditions) des financements via le versement des intérêts des dotations non consommables pour une durée supplémentaire de cinq ans (jusqu'au 31/12/2024).



**Figure 11** : Résultats par thématique de l'évaluation 2018 des **LabEx** (■ poursuite, ■ recommandations, ■ arrêt)

Dans les commentaires généraux émis à l'issue de leur analyse, les sous-jurys **SMI** ont salué la valeur ajoutée du **LabEx**, tant dans la qualité et le positionnement (national et international) de la recherche effectuée que dans la structuration des forces scientifiques. Malgré des disparités importantes, les recommandations générales des sous-jurys **SMI** sont *i)* de promouvoir les publications de très haut niveau, *ii)* de postuler plus activement aux bourses ERC, *iii)* d'accroître les actions de valorisation et *iv)* de renforcer les liens avec l'enseignement supérieur.

- Les **Instituts de Recherche Technologique** ont été créés dans le cadre du Programme d'Investissement d'Avenir (PIA) lancé en 2010, dans une logique de partenariats à long terme entre la recherche publique, l'enseignement supérieur et les entreprises afin de piloter et réaliser des activités de recherche technologique orientées « marché » c'est-à-dire qui répondent aux besoins des entreprises. Imaginés par l'État comme un outil de renforcement des systèmes d'innovation, ce sont des fondations de coopération scientifique (sauf un cas dérogatoire) dont les fondateurs, des acteurs académiques et des industriels et qui reçoivent un cofinancement à parité entre l'Etat et le secteur privé. Après une contractualisation initiale en

<sup>4</sup> <http://www.agence-nationale-recherche.fr/investissements-d-avenir/suivi/suivi-par-action/>, Synthèse du suivi 2011-2016 des **LabEx**

<sup>5</sup> <https://anr.fr/fr/investissements-d-avenir/suivi-et-evaluation/>, Evaluation des **LabEx** du PIA1.

2012 ou 2013, les **IRT** ont fait l'objet d'une première évaluation en 2015 et 2016 puis d'une seconde évaluation en 2019, qui a été réalisée par le Hcéres, ainsi que d'une étude économétrique d'impact qui a été réalisée par un cabinet de conseil associé à des spécialistes académiques. A la suite de ces évaluations, le Premier ministre a décidé un complément de financement pour la période 2020-2025 en deux tranches, dont la deuxième fera l'objet d'une décision en 2023.

Les sciences de la matière et de l'ingénieur font l'objet de travaux dans cinq des huit **IRT** (**Tableau IV**).

IRT	Thématique	Localisation principales	Financement engagé au 1er janvier 2022 (décaissable) Tranches 1 à 3	Budget annuel 2021 (M€)	Activité SMI
FCS Bcom	Images, réseaux et applications	Rennes, Lannion	108,1 M€	25,9	Non
FCS Bioaster	Maladies infectieuses	Lyon	119,0 M€	17,5	Non
FCS Jules Verne	Industrie manufacturière	Nantes	149,6 M€	28,2	80% du budget
FCS M2P	Matériaux et procédés	Metz	82,3 M€	17,8	100% du budget
Nanoelec (consortium)	Microélectronique et applications	Grenoble	203,5 M€	51,1	60% du budget
FCS Railenium	Matériel et infrastructure ferroviaires	Valenciennes	85,1 M€	18,7	<10% du budget (90% Numa)
FCS Saint-Exupéry	Aéronautique et espace	Toulouse, Bordeaux	164,0 M€	39,0	60% du budget
FCS SystemX	Ingénierie des systèmes à prépondérance logiciel	Saclay	116,5 M€	28,8	Non

**Tableau IV : Présentation des IRT**

- L'**IRT Jules Verne** travaille sur la mise en oeuvre de matériaux composites, principalement pour l'aéronautique ; il a également initié en 2019 un très important projet de production de fibre carbone à bas coût.

- L'**IRT M2P** travaille à l'élaboration de matériaux métalliques, notamment pour la fabrication additive et les traitements de surface ; il a également une activité de mise en oeuvre de matériaux composites avec des procédés à hautes cadences, adaptés à l'industrie automobile.

- L'**IRT Nanoelec** travaille sur des technologies d'assemblage 3D de microprocesseurs ainsi que sur de l'hybridation de matériaux adaptés à la photonique sur base silicium.

- L'**IRT Railenium** a travaillé durant ses premières années sur des matériaux innovants pour le secteur ferroviaire, mais cette activité n'est plus prioritaire et se réduit.

- L'**IRT Saint Exupéry** travaille à l'élaboration de nouveaux matériaux, principalement composites, pour l'aéronautique (en amont de **Jules Verne**) ; il travaille également sur les systèmes de stockage et de gestion de l'énergie électrique adaptés à l'aéronautique.

- 13 **ITE** avaient été sélectionnés lors de deux vagues d'appels à projet IEED, en 2010 et 2011. Aujourd'hui, sept sont encore actifs en tant qu'**ITE** : un a été abandonné par leurs porteurs, trois ont été arrêtés dans les années suivant leur conventionnement faute d'avoir rempli les obligations nécessaires pour leur continuation (absence de modèle de valorisation ou évaluation triennale négative) et deux n'ont pas été conventionnés immédiatement à la suite de l'instruction de leur dossier. Des conventions-cadre ont toutefois été signées avec ces deux derniers pour autoriser le financement de projets de R&D et un éventuel passage en **ITE** après une période probatoire. Suite à ces évaluations spécifiques, seul un des deux (**FEM**) est devenu **ITE**.

Les **ITE** existants ont fait l'objet d'une évaluation triennale entre 2016 et 2018 selon la date de lancement de l'**ITE**. Ces évaluations ont donné lieu à vérification d'un certain nombre de points cruciaux pour la poursuite du financement PIA, notamment :

- l'existence d'une feuille de route scientifique et technologique régulièrement mise à jour permettant de s'assurer de la pertinence du positionnement de l'**ITE** ;

- la mise en place des structures de gouvernance adéquates, tant pour garantir la qualité scientifique des travaux de R&D que pour prendre les décisions d'engagement financier sur les projets à soutenir et les domaines à développer ;
- un niveau d'implication, notamment financier, suffisant des partenaires ;
- des processus de pilotage de l'activité scientifique, de suivi des projets et de valorisation de la propriété intellectuelle qui en est issue ;
- l'élaboration d'un plan stratégique visant à assurer une autonomie financière vis-à-vis du PIA après une certaine échéance.

Sur la base de ces évaluations, le Premier ministre a décidé en 2020 un complément de financement jusqu'en 2024 pour sept des douze ITE (**Efficacity, FEM, INEF4, INES.2S, IPVF, SuperGrid, VeDeCoM**).

## VI- LES INDICATEURS (au 31 décembre 2020)

L'augmentation de la visibilité internationale de groupes initialement disparates, le démarrage de recherches d'interface, la mutualisation d'équipements ou d'espaces de recherche, la recherche d'applications, la création de nouveaux programmes de formation et/ou la constitution d'une communauté sont autant de signes illustrant la structuration d'une recherche d'excellence.

Les points d'étapes effectués en 2017 et 2019<sup>6</sup> ont permis, d'une part, de constater le rôle capital de l'investissement dans la structuration des collaborations et la mise en place d'équipements de pointe dans le cas des **Equipex** et, d'autre part, de saluer la valeur ajoutée des **LabEx** par la qualité, le positionnement (national et international) de la recherche effectuée et la structuration des forces scientifiques.

L'impact de chacune des actions de la thématique **SMI** repose ainsi sur l'analyse d'un certain nombre d'indicateurs listés **Tableaux V** et **VI** qui traduisent la productivité, l'attractivité des laboratoires et du projet, etc... depuis le début des projets, soit 10-11 ans.

Avec un total de 5 305 thèses financées sur une durée de 10 ans de financement PIA dans les actions mentionnées dans les **Tableaux V** et **VI**, celles-ci auront contribué aux ~195 190 thèses annuelles répertoriées pour cette décennie.<sup>7</sup>

Le nombre de publications déclarées dans le cadre de leur *reporting* par l'ensemble des projets SMI est de 17 589, sur un total de 98778 pour l'ensemble des thématiques (17,8 % des publications sont donc rattachées à un projet SMI).

Si on focalise l'analyse sur l'action **LabEx**, le nombre de publications déclarées par les Labex SMI depuis leur création est évalué en 2021 à 12 603, sur un total de 81 627 pour les 171 Labex (15,4 % des publications Labex proviennent de Labex SMI).

Comme point de comparaison, et quantifier autant que possible cette production scientifique, on notera que l'ensemble des **LabEx** contribue en moyenne pour 8,4 % à la totalité de la production scientifique nationale (102 148 publications annuelles recensées sur la période 2015-2017).<sup>8</sup>

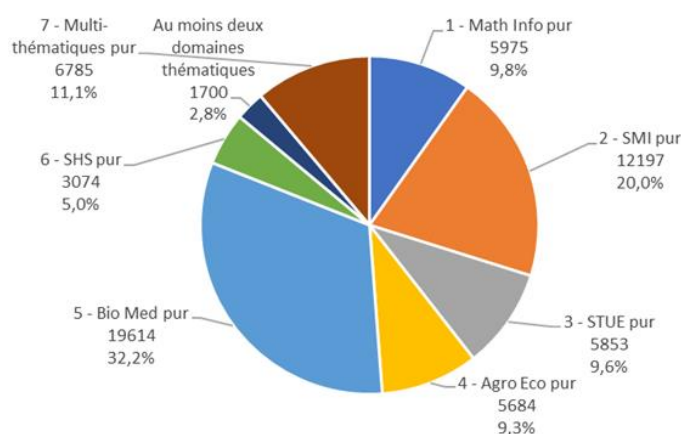
Comme il a été bien spécifié, l'ensemble des données de publications ci-dessous est issu des reporting déclaratif des porteurs de projets. Il est intéressant de comparer ces chiffres avec ceux du chapitre suivant, provenant d'un corpus de publications extrait du WoS : les publications des projets SMI sont au nombre de 12 197, et représentent 20 % du total du corpus de papier PIA (**Fig. 12**).<sup>9</sup>

<sup>6</sup> <https://anr.fr/fr/investissements-davenir/suivi-et-evaluation/>

<sup>7</sup> [https://publication.enseignementsup-recherche.gouv.fr/eesr/FR/T744/le\\_doctorat\\_et\\_les\\_docteurs/](https://publication.enseignementsup-recherche.gouv.fr/eesr/FR/T744/le_doctorat_et_les_docteurs/)

<sup>8</sup> [https://publication.enseignementsup-recherche.gouv.fr/eesr/FR/T033/la\\_position\\_scientifique\\_de\\_la\\_france\\_dans\\_le\\_monde\\_a\\_travers\\_ses\\_publications/#ILL\\_EE\\_SR12\\_R\\_27\\_01](https://publication.enseignementsup-recherche.gouv.fr/eesr/FR/T033/la_position_scientifique_de_la_france_dans_le_monde_a_travers_ses_publications/#ILL_EE_SR12_R_27_01)

<sup>9</sup> [Données internes extraites des informations du paragraphe VII](#)



**Figure 12** : Répartition des publications nationales par domaine dans le corpus du paragraphe VII

Indicateurs	EQUIPEX		LABEX		IRT		ITE	
	SMI	Total	SMI	Total	SMI	Total	SMI	Total
<b>Dotation<sup>1</sup></b>	<b>245,1</b>	<b>748,4</b>	<b>282,4</b>	<b>1 486,7</b>	<b>753,1</b>	<b>1 119,8</b>	<b>383,7</b>	
Publications <sup>2</sup>	1 634	11 774	12 603	81 627	1 118	1 988	1096	
Brevets	183	402	557	1 840	300	441	253	
Start-Up	5	62	86	336	10	15	5	
ERC	-	-	184	692	-	-	-	
IUF	-	-	229	926	-	-	-	
Médailles CNRS	-	-	159	491	-	-	-	
Prof. invités	-	-	468	2 545	-	-	-	
Masters	790	11 463	15 616	89 940	-	-	-	
Thèses financées PIA <sup>3</sup>	0	0	1 142	4 775	218	336	-	
CIFRE	22	52	713	1 729	-	-	-	
Post-doctorants	0	0	2 405	11 933	160	205	182	
Cofinancements <sup>1</sup>	<b>113,3</b>	<b>361,8</b>	<b>426,3</b>	<b>2 157,8</b>	<b>102,2</b>	<b>174,0</b>		

<sup>1</sup>en millions d'euros ; <sup>2</sup>déclarées ; <sup>3</sup>financement ≥ 50%.

**Tableau V** : Bilan cumulé au 31/12/2021 des indicateurs déclarés depuis le démarrage de l'action (1).

Indicateurs	EUR		MOPGA		NANO BIO	
	SMI	Total	SMI	Total	SMI	Total
<b>Dotation<sup>1</sup></b>	<b>127,4</b>	<b>472,3</b>	<b>4,9</b>	<b>24,6</b>	<b>2,0</b>	<b>17,2</b>
Publications <sup>2</sup>	1 039	2 197	78	206	21	122
Brevets	68	95	2	2	1	30
Start-Up	8	8	0	1	0	0
ERC	13	26	0	0	0	0
IUF	19	47	0	0	0	0
Médailles CNRS	32	60	0	0	0	0
Prof. invités	0	0	0	0	0	0
Masters	0	0	0	0	0	0
Thèses financées PIA <sup>4</sup>	49	144	11	36	0	14
CIFRE	48	186	0	0	1	5
Post-doctorants	0	0	18,5	74,5	8	144
Cofinancements <sup>1</sup>	<b>36,0</b>	<b>55,9</b>	<b>0,2</b>	<b>0,8</b>	<b>0,3</b>	<b>2,7</b>

<sup>1</sup>en millions d'euros ; <sup>2</sup>déclarées ; <sup>3</sup>financement ≥ 50%.

**Tableau VI** : Bilan cumulé au 31/12/2021 des indicateurs déclarés depuis le démarrage de l'action (2).

Avec 70,6% et 9,8% de la production scientifique cumulée (publications et brevets) des actions mentionnées dans les **Tableaux V et VI, LabEx** et **Equipex** assurent la majorité de la production scientifique. Le nombre moyen cumulé de brevets par action, toutes thématiques confondues, place sans surprise les **IRT** et **ITE** en tête avec respectivement 60 et 25 brevets par projet depuis le début de l'action (en ne tenant pas compte des trois ITE arrêtés rapidement et n'ayant produit aucun ou très peu de brevets), les **LabEx** tiennent une place honorable avec 15,5 brevets par projet, suivis par les **Equipex** (5,1). Il est par contre étonnant de constater que la comparaison entre les financements des actions et le nombre de brevets résultants ne sont pas corrélés (**Equipex** 183 brevets pour 245,1 M€ de financement, soit 1,3 M€/brevet ; **LabEx** 557 brevets pour 282,4 M€, soit 0,5 M€/brevet ; **IRT** 300 brevets pour 753 M€, soit 2,5 M€/brevet ; **ITE** 182 brevets pour 383,6 M€, soit 2,1 M€/brevet), ce qui tend à montrer que les actions **LabEx** produisent paradoxalement plus de brevets. Rappelons que la France a déposé 9 750 brevets à l'office Européen des Brevets contribuant ainsi pour 6,5% aux 150 000 demandes déposées sur l'année 2017.<sup>10</sup>

Le taux de création de Start-up reste modeste et place les **LabEx** en tête (2,4 start-up créées par **LabEx** sur 11 années) suivis par les **IRT** (2), les **ITE** (0,4) et les **Equipex** (0,2) ; les 115 Start-up issues des actions listées dans les **Tableaux V et VI** viennent ainsi augmenter la dizaine de milliers de start-up recensées en 2018.

Le montant des cofinancements obtenus par l'ensemble des projets PIA **SMI** (678,3 M€) et qui illustre l'effet levier des actions correspond à 37,4% de leur dotation initiale. Cet effet levier varie au sein de la thématique **SMI** selon la nature de l'action considérée : **LabEx** 150,9%, **Equipex** 46,2%, **EUR** 28,3%, **IRT** 13,6% et **MOPGA** 4,0%. Si le public et le privé contribuent également au cofinancement des **IRT, Equipex** et **LabEx** sont majoritairement cofinancés par le public (62 et 55% respectivement) tandis que les **ITE** sont cofinancés à 74% par le privé. Par ailleurs, rapelons que les apports par les partenaires privés des **ITE** et **IRT** est obligatoire, mais qu'ils varient fortement selon les projets.

## VII- PRODUCTION SCIENTIFIQUE DU PORTEFEUILLE SMI DES PIAs

Dans les différentes sections suivantes, sera analysée la production scientifique correspondant aux domaines SMI, en développant particulièrement la dynamique des publications, les liens de co-publication, ainsi que la cartographie de ces publications.

### Etude bibliométrique sur la production scientifique issue des projets du PIA

#### *Préambule : Eléments méthodologiques et mise en garde*

Pour construire le corpus de publications des projets PIA, nous avons utilisé la base de données de publications scientifiques propriétaire *Web of Science*<sup>TM</sup> (WoS) de la société *Clarivates*. Ce choix induit certaines limitations connues et décrites dans la littérature scientifique en bibliométrie, notamment, par exemple, vis-à-vis de la représentativité de certaines disciplines comme les sciences humaines et sociales mais est largement celui qui est fait par les chercheurs en bibliométrie ou par les instituts produisant des statistiques sur les publications, une alternative étant souvent la base *SCOPUS*<sup>TM</sup>. D'ailleurs, le classement dit de Leiden des Universités<sup>11</sup> utilise cette base WoS.

Les publications pertinentes pour cette étude centrée sur les projets financés dans le cadre du PIA ont été identifiées en examinant, via des requêtes automatiques, soit les champs de remerciements afin de repérer ceux qui contenaient la mention à des projets du PIA (acronyme des projets, numéro de contrat principalement), soit les affiliations des co-auteurs de la publication pour des projets correspondant à des « instituts » (IRT, ITE, IHU...).

Un certain nombre de corrections ont dû être apportées « à la main » sur cette première base, afin de modifier des erreurs de référencement dans les remerciements des publications par les auteurs de la publication (notamment certaines erreurs quasi systématiques sur des numéros de contrats, certains auteurs indiquant un numéro de contrat qui ne correspondait pas à leur projet). Le résultat est un corpus de publications dont chacune est associée à un ou plusieurs projets du PIA.

Il faut garder à l'esprit que cette base de 60 882 publications (2011/2020) constitue un **corpus minimal de la production scientifique du PIA** mais probablement pas sa totalité :

- en effet, comme nous l'avons dit, la société *Clarivates* est sélective dans le choix des publications recensées dans le WoS et une partie des productions scientifiques du PIA n'y sont donc pas recensées ;
- il faut que les auteurs de la publication aient explicitement déclaré sous une forme ou une autre le lien de cette publication avec un projet (soit via les remerciements, soit par les affiliations déclarées). S'ils ne l'ont pas fait, même si la publication a effectivement bénéficié du financement du PIA, elle n'a pas été intégrée à ce corpus.

<sup>10</sup> [https://publication.enseignementsup-recherche.gouv.fr/eesr/FR/EESR12\\_R\\_30/la\\_position\\_technologique\\_de\\_la\\_france/#ILL\\_EESR12\\_R\\_30\\_02](https://publication.enseignementsup-recherche.gouv.fr/eesr/FR/EESR12_R_30/la_position_technologique_de_la_france/#ILL_EESR12_R_30_02)

<sup>11</sup> <https://www.leidenranking.com/>



Inversement, des auteurs ont pu déclarer des affiliations PIA (comme un Labex par exemple) sans que la publication ait nécessairement beaucoup profité de ce financement. De plus, même si nous avons essayé d'anticiper certaines erreurs typographiques (par exemple, inversion de lettres dans les noms des projets), il est très probable que des publications aient échappé à ce criblage et n'aient pas été détectées en raison de formulations de remerciements « hors normes ». D'ailleurs, il a été impossible d'identifier les projets correspondant à quelques publications, les auteurs se contentant de remercier génériquement le soutien de l'ANR via le PIA.

Cependant, en dépit de ces limites et de ces défauts, l'utilisation de cette base reste très intéressante, notamment parce qu'elle s'inscrit dans la base bien référencée du WoS, ce qui permet de resituer la production scientifique du PIA dans la production nationale et de calculer des indicateurs basés sur les volumes de publication ou sur les citations reçues par ces publications, par rapport à des références nationales ou mondiales que l'on peut calculer à partir des données de la base du WoS. Elle permet aussi d'effectuer des analyses en termes de couverture disciplinaire et thématique, en utilisant notamment le référentiel de classification des publications récemment introduit au sein de l'outil de *Clarivates InCites<sup>TM</sup>*, les *Citation Topics<sup>TM</sup>*.

Enfin, les analyses présentées dans ce rapport sont essentiellement descriptives : il ne s'agit donc pas d'une étude d'impact bibliométrique au sens strict, qui demanderait un travail beaucoup plus important (avec notamment la construction de contrefactuels nécessaires pour étudier les impacts et effets causaux du financement du PIA).

### 1) Dynamiques de publication dans le domaine thématique des sciences de la matière et de l'ingénieur

Jusqu'en 2017, une montée progressive du volume de publications annuelles associées à des projets du domaine des sciences de la matière et de l'ingénieur est observée, avant un plafonnement, voire même une légère régression à partir de 2018 (**Fig. 13**). Concomitamment à cette augmentation en volume, la part des publications de ce domaine SMI dans l'ensemble des publications du PIA croît rapidement, pour atteindre un plafond se positionnant autour de 23% dès 2014, avant de régresser à partir de 2018. Cette régression peut s'expliquer à l'aide de plusieurs phénomènes :

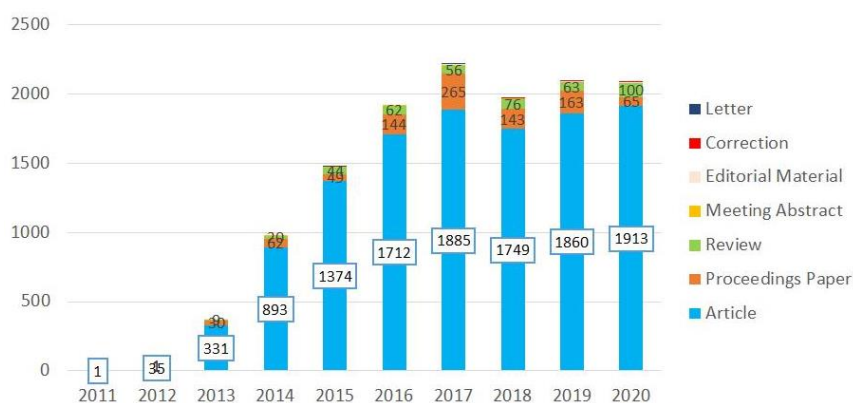
- La dynamique de publications des autres domaines scientifiques s'est révélée plus lente (c'est sans doute vrai pour les sciences humaines et sociales)
- Après 2012, davantage de nouveaux projets ont été financés dans d'autres domaines (par exemple, les PHUC dans le domaine Bio-Med), comparativement au domaine SMI resté longtemps stable en termes de projets PIA
- Enfin, des projets plus transversaux comme les Idex et les EUR ont pris le relais des projets plus ciblés thématiquement qu'étaient les LabEx et les Equipex (d'ailleurs le diagramme suivant montre que la part des publications associées, en plus des projets spécifiques au domaine SMI, à des projets multidisciplinaires, est importante dès 2017). Nous verrons plus loin que la production scientifique dans le domaine SMI se maintient mais avec une contribution croissante de ces actions transversales qui ne sont pas rattachées à un domaine thématique spécifique.



**Figure 13** : Nombre de publications et part dans l'ensemble des publications associées au PIA

#### Les types de publications

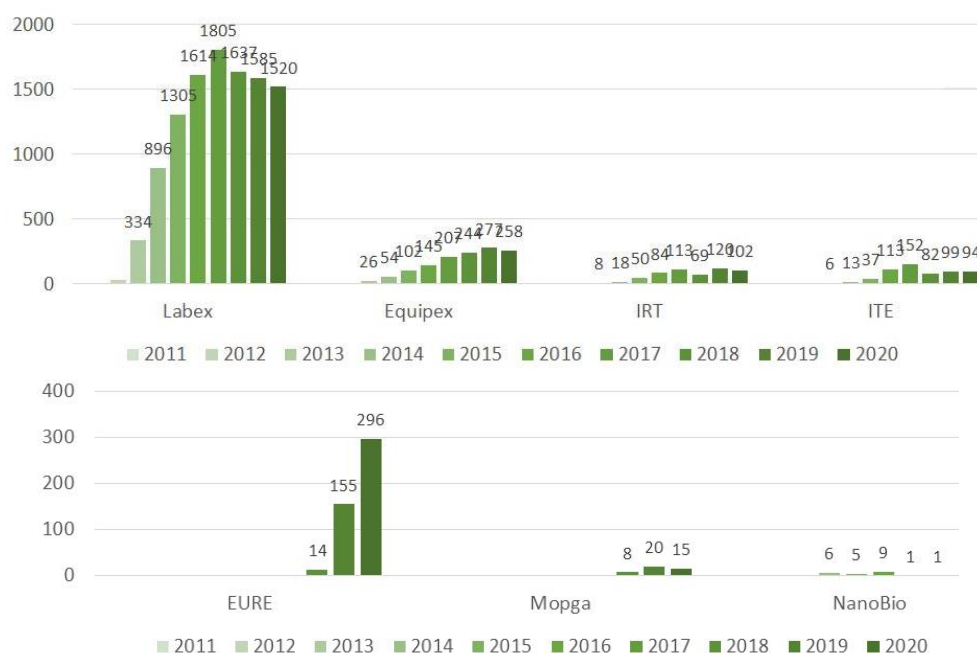
Les publications recensées correspondent très majoritairement à des articles originaux (à presque 90%), puis arrivent en second lieu les Proceedings (922, pour 7%) et ensuite les Reviews (431 pour 3,3%) (**Fig. 14**). Les autres types de publications (Meeting Abstract, Editorial Material...) recensées par le Web of Sciences apparaissent en nombre très limité (moins de 0,5% du total).



**Figure 14** : Type de publications associées à des projets du domaine SMI

### Origines des publications selon les actions

Dans cette rubrique sont présentées les origines des publications en termes d'action (**Fig. 15**). Sans surprise, une très large majorité des publications du domaine SMI est associée à des **LabEx** (10 724 sur les 13 054 recensées, soit 82,2%, la différence avec le **Tableau V** venant des doublons déclarés). Ceci n'est pas nécessairement vrai pour d'autres domaines scientifiques comme Bio-Med, où les IHU et les INBS contribuent beaucoup à la production scientifique, indépendamment des **LabEx**. Concernant le domaine SMI, les **Equipex** d'une part, et les **IRT/ITE** d'autre part, contribuent chacun à peu près au même volume de publications. Un pic particulier a été observé pour les **ITE** en 2017 (152), avant de retomber entre 80 et 100 publications annuelles. Une montée en puissance très forte des **EUR** est observée en 2019 et 2020, celles-ci semblant prendre le relais des **LabEx**, dont la production scientifique culmine en 2017, avant de s'éroder les années suivantes. Enfin, deux dernières actions au démarrage récent, NanoBio (avec un seul projet rattaché au domaine SMI, **VIBBnano**) et **MOPGA** (neuf projets) contribuent beaucoup plus modestement.



**Figure 15** : Dynamiques de publications selon le type d'action associée

Il faut bien faire attention à ne pas cumuler les valeurs de ces différents diagrammes : en effet, cela introduirait des doubles comptes, dans la mesure où, par exemple, certaines publications remercient à la fois un **LabEx** et un **Equipex**. L'objet de la section suivante sera précisément d'explorer ces liens entre projets du PIA via les publications conjointes.

Dans la suite de cette synthèse, nous nous restreindrons aux trois principaux types de publications (articles, proceedings et revues), qui correspondent à plus de 99,5% de la production scientifique des projets du PIA recensée par le Web of Sciences, et représente (sauf pour le cas des revues), la quasi-totalité des publications exposant des résultats originaux. Pour ces publications, nous observons des différentiels très importants en termes de volumes

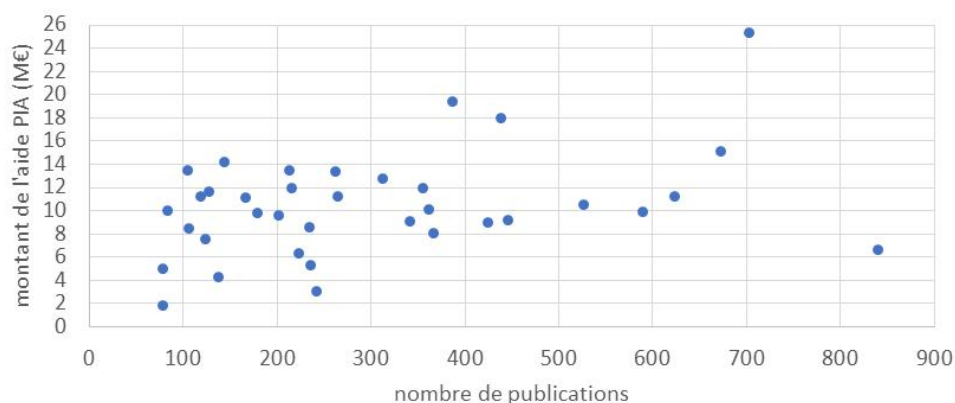
de production scientifique selon les projets, même à l'intérieur d'une action spécifique comme les **LabEx** ou les **Equipex**. Le **Tableau VII** suivant présente la distribution des projets du domaine SMI selon leur type d'action et selon leur volume de publications sur la période 2011-2020. Evidemment, compte-tenu de la relative jeunesse de cette action, les volumes des projets **MOPGA** restent encore faibles, sauf pour un cas.

action (nb de projets)	moyenne de publications	nombre de publications (intervalles)									
		1 à 5	6 à 10	11 à 25	26 à 50	51 à 100	100 à 200	200 à 300	300 à 400	400 à 500	plus de 500
Labex (36)	304					3	9	9	6	3	6
Equipex (36)	37	5	4	6	10	10	1				
IRT (5)	112				1	1	1	3			
ITE (11)	54	2	1	2	2	1	3				
EURE (12)	39	7	2			1	1	1			
Mopga (4)	11	2		1	1						
NanoBio (1)	24			1							
Total		16	7	10	14	16	17	10	6	3	6

**Tableau VII** : Distribution des projets du domaine SMI selon leur nombre de publications entre 2011 et 2020 et action concernée

Tous les **LabEx** ont produit au moins 50 publications et 40% (15) d'entre eux, plus de 300 publications chacun. En moyenne, un **LabEx** du domaine SMI a produit 304 publications depuis sa création jusqu'à 2020. Inversement, la production scientifique associée aux **Equipex** est beaucoup plus modeste, avec une moyenne de 37 publications par projet. Neuf des 36 **Equipex** possèdent moins de dix publications associées (un seul **Equipex** dépassant les 100 publications associées). Pour les **IRT** et les **ITE** (en général beaucoup plus petits que les **IRT**), la production scientifique reste significative : en dépit de leur positionnement plus aval que les **LabEx** dans la chaîne de l'innovation, ils n'ont pour autant pas négligé la valorisation scientifique des travaux réalisés, même si ces moyennes cachent de très fortes disparités entre Instituts, certains **ITE** dépassant largement les 100 publications produites alors que d'autres n'atteignent pas la dizaine. A noter cependant que parmi les faibles producteurs figurent deux **ITE** arrêtés à leur tout début (**IFMAS** et **PS2E**) et un **ITE** qui n'a pas été contractualisé sous cette forme (**Géodénergies**). En retirant ces trois cas particuliers, une moyenne de 71 publications est calculée pour les **ITE** restants.

A ce stade, il est légitime de se demander s'il n'y aurait pas une corrélation directe, au sein d'une même action et pour des thématiques assez proches, entre l'aide PIA accordée et le nombre de publications produite. Pour les **LabEx**, la réponse apparaît mitigée dans la mesure où il est bien observé que le **LabEx** le moins doté financièrement est également celui qui possède le plus petit nombre de publications, le mieux doté figurant parmi les deux plus prolifiques (**Fig. 16**). Cependant il existe toute une zone (pour des aides comprises entre 8 et 14 M€) dans laquelle le volume de financement ne semble pas avoir une influence primordiale sur le volume de publication.



**Figure 16** : Distribution des 36 LabEx du domaine SMI selon leur montant d'aide et leur volume de publication 2011-2020

## 2) Liens entre projets exposés au travers des co-publications

L'objet de cette section est d'explorer les relations entre les différents projets du PIA au travers du prisme des publications conjointes, l'analyse bibliométrique permettant de (re)trouver les liens existants à travers les publications remerciant plusieurs projets. Apparaissent bien entendu des liens entre les Idex et des **LabEx** (pour les *LabEx-in-IDEX*) mais surtout entre **Equipex** et **Labex**, ainsi qu'entre LabEx.

## Les LabEx-in-Index

L'étude des co-publications permet de retrouver un certain nombre de relations du type *LabEx-in-IDEX*, notamment pour les Index suivants (**Tableau VIII**):

- Avenir LES/IDEX Lyon : **CeLyA, iMUST, MANUTECH-SISE**
- AMIDEX (Marseille) : **ICoME2, MEC, SERENADE**
- IDEX Bordeaux : **AMADEus**
- UGA (Grenoble) : **Arcane, Tec21**
- UNISTRA (Strasbourg) : **CSC, NIE**
- UNITI (Toulouse) : **NEXT**
- PSL (Paris-Sciences et Lettres) : **ENS-ICFP, WIFI**
- SUPER (Sorbonne Universités) : **MiChem**
- USPC (Université Sorbonne Paris Cité) : **SEAM**
- IPS (Paris-Saclay) : **CHARMMAT, LaSIPS**

Manquent cependant à l'appel dans cette recherche, plusieurs **LabEx** qui s'inscrivaient dans l'Index UGA (**CEMAM, ENIGMASS, LANEF, MINOS**) qui possèdent des taux d'articles remerciant également l'Index extrêmement faibles (moins de 5%). De même, du côté de l'Université Paris-Saclay, **NanoSaclay** et **PALM** ont des taux de co-publications avec IPS très faibles (3 à 4%). Enfin, le rattachement de **GaNeX** à l'Index UCA JEDI (Nice) est beaucoup plus récent et ne se traduit pas en une part visible de co-publications, dans la mesure où **GaNeX** était aussi un **LabEx** en réseau (ce rattachement posant des difficultés : <https://anr.fr/ProjetIA-11-LABX-0014>).

EOTP (projet PIA) 1	EOTP (projet PIA) 2	# de publications en commun	thématique EOTP1	# publications EOTP1	% publications EOTP1	thématique EOTP2	# publications EOTP2	% publications EOTP2
10-LABX-0024 (WIFI)	10-IDEX-0001 (PSL)	338	2 - SMI	356	95%	7 - Multi-thema	1993	17%
10-LABX-0060 (CeLyA)	11-IDEX-0007 (Avenir L.S.E.)	305	2 - SMI	427	71%	7 - Multi-thema	2059	15%
10-LABX-0037 (NEXT)	11-IDEX-0002 (UNITI)	230	2 - SMI	364	63%	7 - Multi-thema	1039	22%
10-LABX-0092 (MEC)	11-IDEX-0001 (Amidex)	205	2 - SMI	245	84%	7 - Multi-thema	2617	8%
10-LABX-0042 (AMADEus)	10-IDEX-0003 (IDEX BORDEAUX)	197	2 - SMI	236	83%	7 - Multi-thema	1385	14%
10-LABX-0096 (SEAM)	11-IDEX-0005 (USPC)	170	2 - SMI	313	54%	7 - Multi-thema	1266	13%
11-LABX-0058 (NIE)	10-IDEX-0002 (UNISTRA)	155	2 - SMI	368	42%	7 - Multi-thema	1053	15%
10-LABX-0064 (Imust)	11-IDEX-0007 (Avenir L.S.E.)	147	2 - SMI	203	72%	7 - Multi-thema	2059	7%
10-LABX-0010 (ENS-ICFP)	10-IDEX-0001 (PSL)	127	2 - SMI	128	99%	7 - Multi-thema	1993	6%
10-LABX-0075 (MANUTECH-SISE)	11-IDEX-0007 (Avenir L.S.E.)	125	2 - SMI	139	90%	7 - Multi-thema	2059	6%
11-LABX-0064 (SERENADE)	11-IDEX-0001 (Amidex)	117	2 - SMI	176	66%	7 - Multi-thema	2617	4%
10-LABX-0068 (MiChem)	11-IDEX-0004 (SUPER)	117	2 - SMI	225	52%	7 - Multi-thema	2244	5%
10-LABX-0026 (CSC)	10-IDEX-0002 (UNISTRA)	111	2 - SMI	674	16%	7 - Multi-thema	1053	11%
11-LABX-0003 (ARCANE)	15-IDEX-0002 (UGA)	89	2 - SMI	845	11%	7 - Multi-thema	690	13%
11-LABX-0053 (ICOME2)	11-IDEX-0001 (Amidex)	72	2 - SMI	79	91%	7 - Multi-thema	2617	3%
10-LABX-0032 (LaSIPS)	11-IDEX-0003 (IPS)	66	2 - SMI	108	61%	7 - Multi-thema	1410	5%
11-LABX-0039 (CHARMMAT)	11-IDEX-0003 (IPS)	62	2 - SMI	344	18%	7 - Multi-thema	1410	4%
10-LABX-0060 (CeLyA)	16-IDEX-0005 (IDEXLYON)	41	2 - SMI	427	10%	7 - Multi-thema	248	17%
11-LABX-0030 (TEC XXI)	15-IDEX-0002 (UGA)	36	2 - SMI	448	8%	7 - Multi-thema	690	5%
10-LABX-0067 (MATISSE)	11-IDEX-0004 (SUPER)	27	2 - SMI	85	32%	7 - Multi-thema	2244	1%

**Tableau VIII** : Publications communes entre Index et LabEx

## Liens entre projets (hors Index) dans le domaine SMI et entre domaine SMI et autres domaines

Le tableau ci-dessous (**Tableau IX**) présente pour l'ensemble des projets du domaine SMI leur répartition selon les types d'action et selon leur nombre de co-publications avec d'autres projets du PIA, du domaine SMI ou d'autres domaines thématiques.

Le premier constat fait apparaître des différences importantes selon les instruments :

- les projets des actions tournées vers le développement et le transfert technologiques (**IRT, ITE**) ont donné lieu à relativement peu d'interactions se traduisant par des publications avec d'autres projets, soit parce que ces Instituts étaient scientifiquement isolés des autres projets, soit parce que le type de recherche qui y était effectué ne s'y prêtait pas (le volume de publications scientifiques reste en général assez faible dans ces Instituts). Ainsi, neuf des 11 **ITE** n'ont donné lieu à aucune co-publication avec d'autres projets (les exceptions étant **PIVERT** et **IPVF**).
- Pour les **Equipex**, les co-publications sont en général en nombre relativement modeste (15 des 36 possèdent entre une et 10 co-publications). Cela s'explique par le faible volume de publications associées aux **Equipex** en général. Cinq **Equipex** sont restés isolés en termes de publications (**GENEPI, LaSUP, PETAL+, PHARE, ThomX**).
- En revanche, pour les **LabEx**, le paysage est beaucoup plus contrasté, avec un très faible nombre de **LabEx** sans collaboration et surtout quelques **LabEx** avec des nombres de co-publications très importants (cinq **LabEx** du domaine SMI affichent plus de 100 co-publications avec d'autres projets).
- Les projets **MOPGA** sont encore trop récents pour en tirer des conclusions.

- En général, les **EUR** sont également trop récents, sauf dans le cas particulier de **CBH-EUR-GS**, qui a déjà une production scientifique significative et surtout beaucoup de co-publications avec des **LabEx** qu'elle a intégrés (**Arcane**, **GRAL**, **CAMI**...).

actions	# total de projets	nombre de publications avec un autre projet du PIA (hors IDEX)										
		0	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	>100
Labex	36	1	3	6	7	4	2	3	3	1	1	5
Equipex	36	5	15	6	5	3	1	1				
EURE	12	3	7	1								1
IRT	5	1	3		1							
IEED (ITE)	11	9	2									
MOPGA	4	2	2									
Nano-Bio	1	1										
ensemble	105	22	32	13	13	7	3	4	3	1	1	6

**Tableau IX** : Distribution des projets du domaine SMI selon les actions (**LabEx**, **Equipex** ...) et le nombre de co-publications avec d'autres projets

Il est également possible de représenter à l'aide de diagrammes le positionnement des différents projets selon leurs nombres de publications « co-signées » avec d'autres projets ou « signées » uniquement par le projet,<sup>12</sup> où il est constaté que certains projets présentent des taux très importants de co-publications (pratiquement deux sur cinq pour le **LabEx ENIGMASS**, plus de une sur deux pour l'**Equipex Socrate** et un peu moins d'une sur deux pour l'**Equipex GENESIS**). Cette étude fera l'objet d'une synthèse bibliométrique plus étoffée.

Pour préciser les liens entre projets, le **Tableau X** présente la matrice des co-publications entre projets du domaine SMI (en colonne) et les autres projets (du domaine SMI et des autres domaines). Les projets forment des duos ou des trios lorsqu'existent des co-publications entre eux sans avoir de co-publications en nombre significatif avec d'autres projets (en dehors du cas particulier de l'**Equipex EQUIP@MESO** émergeant dans la thématique Math-Infos).

thématique	action	projet	# publications	10-AIRT-0005 (NANOelec)	10-EQPX-0030 (FDSOI11)	10-EQPX-0049 (SOCRATE)	10-LABX-0022 (SOLSTICE)	10-EQPX-0028 (ELORPrinttec)	10-LABX-0042 (AMADEus)	11-EQPX-0018 (GAP)	11-LABX-0017 (INTERACTIFS)	10-EQPX-0036 (MANUTECH-USC)	10-LABX-0075 (MANUTECH-SISE)	10-EQPX-0045 (ROCK)	10-LABX-0076 (STORE-EX)	11-EQPX-0033 (Oscillator-IMP)	11-EQPX-0039 (REFIMEVE+)	10-LABX-0048 (FIRST-TF)	10-EQPX-0052 (UNION)	10-LABX-0026 (CSC)	11-LABX-0058 (NIE)	
				188	50	55	124	53	236	32	237	20	139	63	145	36	28	180	97	674	368	
2 - SMI	AIRT	10-AIRT-0005 (NANOelec)	188		13																	
2 - SMI	EQPX	10-EQPX-0030 (FDSOI11)	50	13																		
2 - SMI	EQPX	10-EQPX-0049 (SOCRATE)	55			40																
2 - SMI	LABX	10-LABX-0022 (SOLSTICE)	124			40																
2 - SMI	EQPX	10-EQPX-0028 (ELORPrinttec)	53					29														
2 - SMI	LABX	10-LABX-0042 (AMADEus)	236					29														
2 - SMI	EQPX	11-EQPX-0018 (GAP)	32							17												
2 - SMI	LABX	11-LABX-0017 (INTERACTIFS)	237							17												
2 - SMI	EQPX	10-EQPX-0036 (MANUTECH-USC)	20									13										
2 - SMI	LABX	10-LABX-0075 (MANUTECH-SISE)	139									13										
2 - SMI	EQPX	10-EQPX-0045 (ROCK)	63											7								
2 - SMI	LABX	10-LABX-0076 (STORE-EX)	145											7								
2 - SMI	EQPX	11-EQPX-0033 (Oscillator-IMP)	36															28				
2 - SMI	EQPX	11-EQPX-0039 (REFIMEVE+)	28															22				
2 - SMI	LABX	10-LABX-0048 (FIRST-TF)	180															28	22			
2 - SMI	EQPX	10-EQPX-0052 (UNION)	97																	25	55	
2 - SMI	LABX	10-LABX-0026 (CSC)	674																	25	65	
2 - SMI	LABX	11-LABX-0058 (NIE)	368																	55	65	
1 - Math Info	EQPX	10-EQPX-0029 (EQUIP@MESO)	725																			8

**Tableau X** : Co-publications entre projets du domaine SMI et autres projets (1)

Dans le second **Tableau XI**, le paysage est un peu plus complexe car il implique des projets qui présentent des liens de co-publications significatifs avec davantage de projets, et notamment, pour certains, avec des projets d'autres domaines thématiques. Ces liens multiples permettent de former des groupes de projets comme par

<sup>12</sup> Et éventuellement un IDEX.

exemple le groupe **TEMPOS/GaNeX/NanoSaclay/ATTOLab/PALM/LaSIPS** dans le domaine de la physique et des sciences des matériaux.

thématique	action	projet	# publications																									
				10-EQPX-0050 (TEMPOS)	11-LABX-0014 (GANEX)	10-LABX-0035 (Nano-Saclay)	11-EQPX-0005 (ATTOLAB)	10-LABX-0039 (PALM)	10-LABX-0032 (LaSIPS)	11-EQPX-0020 (GENESIS)	10-LABX-0009 (EMC3)	11-LABX-0029 (SYNORG)	11-LABX-0039 (CHARMMMAT)	17-EURE-0003 (CBH-EUR-GS)	11-LABX-0003 (ARCANÉ)	11-LABX-0064 (SERENADE)	11-LABX-0030 (TEC XXI)	10-EQPX-0039 (NanoID)	10-LABX-0044 (CEMAM)	10-LABX-0051 (LANEF)	11-EQPX-0010 (CRGF)	10-LABX-0060 (CeLYA)	10-LABX-0024 (WIFI)	10-LABX-0096 (SEAM)	11-LABX-0012 (ENIGMAsS)	11-EQPX-0015 (Excalibur)	10-LABX-0010 (ENS-CFP)	10-LABX-0092 (MEC)
2 - SMI	EQPX	10-EQPX-0050 (TEMPOS)	118																									
2 - SMI	LABX	11-LABX-0014 (GANEX)	263	12																								
2 - SMI	LABX	10-LABX-0035 (Nano-Saclay)	443	9	35																							
2 - SMI	EQPX	11-EQPX-0005 (ATTOLAB)	42																									
2 - SMI	LABX	10-LABX-0039 (PALM)	709			16	23																					
2 - SMI	LABX	10-LABX-0032 (LaSIPS)	108					9																				
2 - SMI	EQPX	11-EQPX-0020 (GENESIS)	91						41																			
2 - SMI	LABX	10-LABX-0009 (EMC3)	388						41		9																	
2 - SMI	LABX	11-LABX-0029 (SYNORG)	624						9		7																	
2 - SMI	LABX	11-LABX-0039 (CHARMMMAT)	344							7																		
5 - Bio Med	LABX	11-LABX-0018 (IRON)	281								16																	
2 - SMI	EURE	17-EURE-0003 (CBH-EUR-GS)	243																									
2 - SMI	LABX	11-LABX-0003 (ARCANÉ)	845									150	150	15	9				9									
2 - SMI	LABX	11-LABX-0064 (SERENADE)	176									15		29														
2 - SMI	LABX	11-LABX-0030 (TEC XXI)	448									9				7												
2 - SMI	EQPX	10-EQPX-0039 (NanoID)	53										29															
2 - SMI	LABX	10-LABX-0044 (CEMAM)	265											7														
2 - SMI	LABX	10-LABX-0051 (LANEF)	214									9														8		
2 - SMI	EQPX	11-EQPX-0010 (CRGF)	35																							8		
5 - Bio Med	INBS	10-INBS-0005 (FRISBI)	1048																									
5 - Bio Med	LABX	10-LABX-0049 (GRAL)	587									17	67	19	14													
5 - Bio Med	LABX	11-LABX-0011 (DYNAMO)	420										34	23	11													
3 - STUE	LABX	10-LABX-0056 (OSUG@2020)	1067											15														
5 - Bio Med	LABX	11-LABX-0042 (CORTEX)	594																									
5 - Bio Med	LABX	11-LABX-0063 (PRIMES)	489																									
5 - Bio Med	EQPX	10-EQPX-0015 (ULTRABRAIN)	28																									
5 - Bio Med	INBS	10-INBS-0004 (France-Biolmaging)	1011																									
3 - STUE	LABX	11-LABX-0060 (OCEVU)	621																									
3 - STUE	LABX	10-LABX-0038 (P2IO)	463																									
3 - STUE	LABX	11-LABX-0013 (FOCUS)	99																									
1 - Math Info	EQPX	11-EQPX-0017 (FLUX)	146																									
1 - Math Info	LABX	10-LABX-0016 (IMoBS3)	269			12																						
1 - Math Info	LABX	11-LABX-0007 (CEMPI)	671				9																					
1 - Math Info	EQPX	10-EQPX-0029 (EQUIP@MESO)	725													7											7	16

**Tableau XI** : Co-publications entre projets du domaine SMI et autres projets (2)

### Liens entre LabEx et Equipex

L'analyse des co-publications permet de vérifier que des interactions connues entre **LabEx** et **Equipex** se traduisent bien en termes de production scientifique (**Tableau XII**). Cette analyse est particulièrement probante en regardant la part que représentent ces co-publications **LabEx-Equipex** dans l'ensemble des publications associées à l'**Equipex** (en effet, en général, il existe beaucoup moins de publications associées à l'**Equipex** qu'au **LabEx**).

Se détachent notamment les liens forts suivants (avec une part supérieure à 40%) :

- **NIE / UNION**; **EMC3 / GENESIS**; **SoLSTiCe / Socrate**; **AMADeus / ELORPrintTec**; **SERENADE / NanoID**; **FIRST-TF / Oscillator IMP**; **FIRST-TF / REFIMEVE+** (le **LabEx FIRST-TF** montrant donc des liens importants avec deux **Equipex**); **PALM / ATTOLab**; **INTERACTIFS / GAP**; **MANUTECH-SISE / MANUTECH-USD**; **WIFI / ULTRABRAIN**.

Dans ce dernier cas, **ULTRABRAIN** est un **Equipex** relevant du domaine biologie-santé alors que tous les autres **Equipex** mentionnés sont rattachés au domaine SMI, tout comme les **LabEx** correspondants.

Il existe aussi des liens plus faibles sans pour autant être négligeables (part située entre 19 et 30%) :

- **CSC / UNION** (**UNION** étant beaucoup plus lié au **LabEx NIE**); **OSUG@2000 / NanoID** (le **LabEx** ne relevant pas du domaine SMI); **LANEF / CRGF**; **MINOS / IMPACT**; **P2IO / Andromède** (le **LabEx** ne relevant pas du domaine SMI); **FIRST-TF / MIGA**.

Sont notées aussi quelques surprises comme par exemple le relativement faible taux de recouvrement entre les publications associées au **LabEx STORE-EX** et celles associées à l'**Equipex ROCK** alors même que ces deux projets ont toujours été présentés comme complémentaires l'un de l'autre dans le domaine des batteries.

EOTP (projet PIA) 1	EOTP (projet PIA) 2	# de publications en commun	thematique EOTP1	# total publications EOTP1	% publications EOTP1	thematique EOTP2	# total publications EOTP2	% publications EOTP2
11-LABX-0058 (NIE)	10-EQPX-0052 (UNION)	55	2 - SMI	368	15%	2 - SMI	97	57%
10-LABX-0009 (EMC3)	11-EQPX-0020 (GENESIS)	41	2 - SMI	388	11%	2 - SMI	91	45%
10-LABX-0022 (SOLSTICE)	10-EQPX-0049 (SOCRATE)	40	2 - SMI	124	32%	2 - SMI	55	73%
10-LABX-0042 (AMADEus)	10-EQPX-0028 (ELORPrinttec)	29	2 - SMI	236	12%	2 - SMI	53	55%
11-LABX-0064 (SERENADE)	10-EQPX-0039 (NanoID)	29	2 - SMI	176	16%	2 - SMI	53	55%
10-LABX-0048 (FIRST-TF)	11-EQPX-0033 (Oscillator-IMP)	28	2 - SMI	180	16%	2 - SMI	36	78%
10-LABX-0026 (CSC)	10-EQPX-0052 (UNION)	25	2 - SMI	674	4%	2 - SMI	97	26%
10-LABX-0039 (PALM)	11-EQPX-0005 (ATTOLAB)	23	2 - SMI	709	3%	2 - SMI	42	55%
10-LABX-0048 (FIRST-TF)	11-EQPX-0039 (REFIMEVE+)	22	2 - SMI	180	12%	2 - SMI	28	79%
11-LABX-0017 (INTERACTIFS)	11-EQPX-0018 (GAP)	17	2 - SMI	237	7%	2 - SMI	32	53%
10-LABX-0092 (MEC)	10-EQPX-0029 (EQUIP@MESO)	16	2 - SMI	245	7%	1 - Math Info	725	2%
10-LABX-0075 (MANUTECH-SISE)	10-EQPX-0036 (MANUTECH-USD)	13	2 - SMI	139	9%	2 - SMI	20	65%
10-LABX-0024 (WIFI)	10-EQPX-0015 (ULTRABRAIN)	12	2 - SMI	356	3%	5 - Bio Med	28	43%
11-LABX-0014 (GANEX)	10-EQPX-0050 (TEMPOS)	12	2 - SMI	263	5%	2 - SMI	118	10%
10-LABX-0056 (OSUG@2020)	10-EQPX-0039 (NanoID)	10	3 - STUE	1067	1%	2 - SMI	53	19%
10-LABX-0035 (Nano-Saclay)	10-EQPX-0050 (TEMPOS)	9	2 - SMI	443	2%	2 - SMI	118	8%
10-LABX-0051 (LANEF)	11-EQPX-0010 (CRGF)	8	2 - SMI	214	4%	2 - SMI	35	23%
10-LABX-0060 (CeLyA)	10-EQPX-0029 (EQUIP@MESO)	8	2 - SMI	427	2%	1 - Math Info	725	1%
11-LABX-0058 (NIE)	10-EQPX-0029 (EQUIP@MESO)	8	2 - SMI	368	2%	1 - Math Info	725	1%
10-LABX-0010 (ENS-ICFP)	10-EQPX-0029 (EQUIP@MESO)	7	2 - SMI	128	5%	1 - Math Info	725	1%
10-LABX-0076 (STORE-EX)	10-EQPX-0045 (ROCK)	7	2 - SMI	145	5%	2 - SMI	63	11%
11-LABX-0003 (ARCANE)	10-EQPX-0029 (EQUIP@MESO)	7	2 - SMI	845	1%	1 - Math Info	725	1%
10-LABX-0055 (MINOS Lab)	10-EQPX-0030 (FDSOI11)	6	2 - SMI	120	5%	2 - SMI	50	12%
11-LABX-0030 (TEC XXI)	10-EQPX-0029 (EQUIP@MESO)	6	2 - SMI	448	1%	1 - Math Info	725	1%
10-LABX-0026 (CSC)	11-EQPX-0022 (I2M2C)	5	2 - SMI	674	1%	5 - Bio Med	65	8%
10-LABX-0032 (LaSIPS)	10-EQPX-0037 (MATMECA)	5	2 - SMI	108	5%	2 - SMI	82	6%
10-LABX-0055 (MINOS Lab)	10-EQPX-0033 (IMPACT)	5	2 - SMI	120	4%	2 - SMI	26	19%
10-LABX-0064 (Imust)	10-EQPX-0029 (EQUIP@MESO)	5	2 - SMI	203	2%	1 - Math Info	725	1%
10-LABX-0037 (NEXT)	10-EQPX-0038 (MIMETIS)	4	2 - SMI	364	1%	2 - SMI	48	8%
10-LABX-0044 (CEMAM)	10-EQPX-0029 (EQUIP@MESO)	4	2 - SMI	265	2%	1 - Math Info	725	1%
10-LABX-0022 (SOLSTICE)	11-EQPX-0016 (EXTRA)	3	2 - SMI	124	2%	2 - SMI	77	4%
10-LABX-0035 (Nano-Saclay)	10-EQPX-0037 (MATMECA)	3	2 - SMI	443	1%	2 - SMI	82	4%
10-LABX-0038 (P2IO)	10-EQPX-0023 (ANDROMEDE)	3	3 - STUE	463	1%	2 - SMI	10	30%
10-LABX-0039 (PALM)	11-EQPX-0029 (MORPHOSCOPE 2)	3	2 - SMI	709	0%	5 - Bio Med	90	3%
10-LABX-0048 (FIRST-TF)	11-EQPX-0028 (MIGA)	3	2 - SMI	180	2%	2 - SMI	11	27%
10-LABX-0049 (GRAL)	10-EQPX-0039 (NanoID)	3	5 - Bio Med	587	1%	2 - SMI	53	6%
10-LABX-0056 (OSUG@2020)	11-EQPX-0039 (REFIMEVE+)	3	3 - STUE	1067	0%	2 - SMI	28	11%
11-LABX-0003 (ARCANE)	10-EQPX-0039 (NanoID)	3	2 - SMI	845	0%	2 - SMI	53	6%
11-LABX-0022 (MMCD)	11-EQPX-0031 (NANOIMAGESX)	3	2 - SMI	107	3%	2 - SMI	22	14%

**Tableau XII** : Co-publications LabEx et Equipex

L'Equipex EQUIP@MESO (Tableau XIII) occupe une place très particulière dans ces liens entre LabEx et Equipex. En effet, ce centre de ressources pour le calcul intensif se retrouve associé à des publications de nombreux LabEx, souvent pour très peu de publications (1-2).

EOTP (projet PIA) 1	EOTP (projet PIA) 2	# de publications en commun	thematique EOTP1	# total publications EOTP1	% publications EOTP1	thematique EOTP2	# total publications EOTP2	% publications EOTP2
10-LABX-0092 (MEC)	10-EQPX-0029 (EQUIP@MESO)	16	2 - SMI	245	7%	1 - Math Info	725	2%
10-LABX-0060 (CeLyA)	10-EQPX-0029 (EQUIP@MESO)	8	2 - SMI	427	2%	1 - Math Info	725	1%
11-LABX-0058 (NIE)	10-EQPX-0029 (EQUIP@MESO)	8	2 - SMI	368	2%	1 - Math Info	725	1%
10-LABX-0010 (ENS-ICFP)	10-EQPX-0029 (EQUIP@MESO)	7	2 - SMI	128	5%	1 - Math Info	725	1%
11-LABX-0003 (ARCANE)	10-EQPX-0029 (EQUIP@MESO)	7	2 - SMI	845	1%	1 - Math Info	725	1%
11-LABX-0030 (TEC XXI)	10-EQPX-0029 (EQUIP@MESO)	6	2 - SMI	448	1%	1 - Math Info	725	1%
10-LABX-0064 (Imust)	10-EQPX-0029 (EQUIP@MESO)	5	2 - SMI	203	2%	1 - Math Info	725	1%
10-LABX-0044 (CEMAM)	10-EQPX-0029 (EQUIP@MESO)	4	2 - SMI	265	2%	1 - Math Info	725	1%
10-LABX-0068 (MiChem)	10-EQPX-0029 (EQUIP@MESO)	2	2 - SMI	225	1%	1 - Math Info	725	0%
10-LABX-0024 (WIFI)	10-EQPX-0029 (EQUIP@MESO)	1	2 - SMI	356	0%	1 - Math Info	725	0%
10-LABX-0037 (NEXT)	10-EQPX-0029 (EQUIP@MESO)	1	2 - SMI	364	0%	1 - Math Info	725	0%
10-LABX-0039 (PALM)	10-EQPX-0029 (EQUIP@MESO)	1	2 - SMI	709	0%	1 - Math Info	725	0%
10-LABX-0096 (SEAM)	10-EQPX-0029 (EQUIP@MESO)	1	2 - SMI	313	0%	1 - Math Info	725	0%

**Tableau XIII** : Co-publications entre projets du domaine SMI et l'Equipex EQUIP@MESO

### Relations entre LabEx

Les co-publications permettent également d'identifier des liens de collaboration entre LabEx, correspondant, probablement, soit à des recouvrements scientifiques, soit à du travail interdisciplinaire/pluridisciplinaire (Tableau XIV). Le LabEx ENIGMASS apparaît clairement à part dans ce paysage, avec des liens forts avec un LabEx relevant du domaine STUE, OCEVU (leurs volumes de production scientifique étant comparables, avec 36% de publications communes) mais aussi des liens significatifs avec deux autres LabEx du domaine STUE, FOCUS et P2IO.

Outre ce cas très visible qui laisse à penser qu'ENIGMASS relève sans doute davantage du domaine STUE que du domaine SMI, il existe beaucoup de liens entre LabEx de domaines scientifiquement éloignés et notamment entre SMI et Bio-Med :

- **CeLyA** / PRIMES et **CeLyA** / CORTEX : effectivement, beaucoup d'innovations dans le domaine de l'acoustique développées au sien de **CeLyA** visent des applications dans le domaine biologique ou médical, comme nous le verrons plus loin,
- **Arcane** / GRAL et **Arcane** / DYNAMO : concernant le lien **Arcane** / GRAL, les deux **LabEx** situés sur le site grenoblois (maintenant associés au sein de la même **EUR, CBH-EUR-GS**) ont lancé des appels à projets conjoints, traduits par les co-publications observées. **Arcane** est un **LabEx** majoritairement de chimie, relativement proche de la biologie, avec une part de chimie bio-inspirée significative et aussi l'intégration de connaissances de biologie moléculaire dans la conception de systèmes moléculaires bio-ciblés plus efficaces. De plus, DYNAMO, même s'il est rattaché au domaine Bio-Santé est à la frontière avec la physico-chimie,
- **SynOrg** / IRON (Innovative Radiopharmaceuticals in Oncology and Neurology). **SynOrg** vise à la fois la compréhension sous-jacente du fonctionnement des organismes vivants et des applications en santé (notamment la synthèse de nouveaux composés pharmacologiquement actifs), ce qui explique ses liens avec IRON,
- **SERENADE** / GRAL: comme **Arcane**, **SERENADE** vise aussi des applications en biologie-santé, comme nous le verrons plus loin.

Se trouvent aussi, dans cette liste, 12 co-publications entre **GaNeX**, qui relève clairement du domaine SMI, et IMoBS3 : ce dernier est un **LabEx** couvrant une très large variété de disciplines, des sciences du numérique aux sciences de l'ingénieur en passant par les matériaux. Nous verrons plus loin que le lien avec **GaNeX** se situe dans un domaine scientifique très précis.

EOTP (projet PIA) 1	EOTP (projet PIA) 2	# de publications en commun	thématique EOTP1	# publications EOTP1	% publications EOTP1	thématique EOTP2	# publications EOTP2	% publications EOTP2
11-LABX-0012 (ENIGMASS)	11-LABX-0060 (OCEVU)	215	2 - SMI	591	36%	3 - STUE	621	35%
10-LABX-0060 (CeLyA)	11-LABX-0063 (PRIMES)	72	2 - SMI	427	17%	5 - Bio Med	489	15%
11-LABX-0058 (NIE)	10-LABX-0026 (CSC)	65	2 - SMI	368	18%	2 - SMI	674	10%
10-LABX-0060 (CeLyA)	11-LABX-0042 (CORTEX)	37	2 - SMI	427	9%	5 - Bio Med	594	6%
11-LABX-0014 (GANEX)	10-LABX-0035 (Nano-Saclay)	35	2 - SMI	263	13%	2 - SMI	443	8%
11-LABX-0030 (TEC XXI)	10-LABX-0056 (OSUG@2020)	32	2 - SMI	448	7%	3 - STUE	1067	3%
11-LABX-0012 (ENIGMASS)	10-LABX-0038 (P2IO)	30	2 - SMI	591	5%	3 - STUE	463	6%
11-LABX-0003 (ARCANE)	10-LABX-0049 (GRAL)	23	2 - SMI	845	3%	5 - Bio Med	587	4%
11-LABX-0012 (ENIGMASS)	11-LABX-0013 (FOCUS)	20	2 - SMI	591	3%	3 - STUE	99	20%
10-LABX-0039 (PALM)	10-LABX-0035 (Nano-Saclay)	16	2 - SMI	709	2%	2 - SMI	443	4%
11-LABX-0029 (SYNORG)	11-LABX-0018 (IRON)	16	2 - SMI	624	3%	5 - Bio Med	281	6%
11-LABX-0064 (SERENADE)	11-LABX-0003 (ARCANE)	15	2 - SMI	176	9%	2 - SMI	845	2%
11-LABX-0003 (ARCANE)	11-LABX-0011 (DYNAMO)	15	2 - SMI	845	2%	5 - Bio Med	420	4%
11-LABX-0014 (GANEX)	10-LABX-0016 (IMoBS3)	12	2 - SMI	263	5%	1 - Math Info	269	4%
11-LABX-0064 (SERENADE)	10-LABX-0056 (OSUG@2020)	12	2 - SMI	176	7%	3 - STUE	1067	1%
11-LABX-0064 (SERENADE)	10-LABX-0049 (GRAL)	11	2 - SMI	176	6%	5 - Bio Med	587	2%
11-LABX-0029 (SYNORG)	10-LABX-0009 (EMC3)	9	2 - SMI	624	1%	2 - SMI	388	2%
10-LABX-0039 (PALM)	10-LABX-0032 (LaSIPS)	9	2 - SMI	709	1%	2 - SMI	108	8%
11-LABX-0003 (ARCANE)	10-LABX-0051 (LANEF)	9	2 - SMI	845	1%	2 - SMI	214	4%
11-LABX-0030 (TEC XXI)	11-LABX-0003 (ARCANE)	9	2 - SMI	448	2%	2 - SMI	845	1%
10-LABX-0035 (Nano-Saclay)	11-LABX-0007 (CEMPI)	9	2 - SMI	443	2%	1 - Math Info	671	1%
11-LABX-0030 (TEC XXI)	10-LABX-0044 (CEMAM)	7	2 - SMI	448	2%	2 - SMI	265	3%
11-LABX-0039 (CHARMMMAT)	11-LABX-0029 (SYNORG)	7	2 - SMI	344	2%	2 - SMI	624	1%
10-LABX-0096 (SEAM)	10-LABX-0009 (EMC3)	6	2 - SMI	313	2%	2 - SMI	388	2%
10-LABX-0005 (CheMISyst)	10-LABX-0020 (NUMEV)	6	2 - SMI	218	3%	1 - Math Info	294	2%
11-LABX-0003 (ARCANE)	10-LABX-0033 (LERMIT)	6	2 - SMI	845	1%	5 - Bio Med	1140	1%
10-LABX-0035 (Nano-Saclay)	10-LABX-0033 (LERMIT)	6	2 - SMI	443	1%	5 - Bio Med	1140	1%
11-LABX-0039 (CHARMMMAT)	10-LABX-0039 (PALM)	6	2 - SMI	344	2%	2 - SMI	709	1%
11-LABX-0003 (ARCANE)	10-LABX-0044 (CEMAM)	6	2 - SMI	845	1%	2 - SMI	265	2%
10-LABX-0068 (MiChem)	10-LABX-0067 (MATISSE)	6	2 - SMI	225	3%	2 - SMI	85	7%
10-LABX-0068 (MiChem)	11-LABX-0062 (PLAS@PAR)	6	2 - SMI	225	3%	3 - STUE	252	2%
11-LABX-0039 (CHARMMMAT)	10-LABX-0033 (LERMIT)	5	2 - SMI	344	1%	5 - Bio Med	1140	0%
10-LABX-0026 (CSC)	10-LABX-0034 (Medalis)	5	2 - SMI	674	1%	5 - Bio Med	329	2%
11-LABX-0039 (CHARMMMAT)	10-LABX-0040 (SPS)	5	2 - SMI	344	1%	4 - Agro Eco	501	1%
11-LABX-0012 (ENIGMASS)	10-LABX-0056 (OSUG@2020)	5	2 - SMI	591	1%	3 - STUE	1067	0%
11-LABX-0012 (ENIGMASS)	10-LABX-0063 (ILP)	5	2 - SMI	591	1%	3 - STUE	513	1%
10-LABX-0037 (NEXT)	11-LABX-0007 (CEMPI)	5	2 - SMI	364	1%	1 - Math Info	671	1%
10-LABX-0064 (Imust)	11-LABX-0063 (PRIMES)	5	2 - SMI	203	2%	5 - Bio Med	489	1%

**Tableau XIV** : Co-publications entre **LabEx** (dont au moins un **LabEx** du domaine SMI)

Si l'étude des co-publications est intéressante pour analyser des liens entre projets du PIA, elle ne précise pas les thématiques qui font l'objet de ces relations.



### 3) Cartographie des publications des projets du domaine des sciences de la matière et de l'ingénieur

A partir de cette section, nous nous limiterons aux publications de types *articles* et *proceedings*, en laissant de côté les revues. En effet, même si ces dernières présentent également un intérêt, nous préférons les écarter pour deux raisons :

- en général, elles ne sont pas destinées à présenter des résultats originaux, alors que nous souhaitons ici nous intéresser principalement à la production scientifique originale issue des travaux financés dans le cadre des projets du PIA ;
- d'autre part, les revues sont souvent très citées, en moyenne beaucoup plus que les articles ou les proceedings et leur présence fausse les statistiques basées sur l'analyse des taux de citation (comme, par exemple, les classes de publications les plus citées : top 10%, top 1%...).

Pour aller au-delà et mieux comprendre la structure de la production scientifique des projets du PIA, il est nécessaire d'introduire une classification en champs scientifiques des publications. Dans cette synthèse, nous utiliserons la nouvelle classification des articles introduite fin 2020 par *Clarivate*<sup>TM</sup> (éditeur du *Web of Sciences*) dans sa plateforme *InCites*<sup>TM</sup>, appelée « *Citation Topics* » car cette classification a été construite grâce à un algorithme de clustering (algorithme de Leiden) qui utilise les liens de citations entre articles.

Cette classification se décompose selon trois niveaux hiérarchiques :

- 10 macro-champs larges (1. Clinical & Life Sciences / 2. Chemistry / 3. Agriculture, Environment & Ecology / 4. Electrical Engineering, Electronics & Computer Science / 5. Physics / 6. Social Sciences / 7. Engineering & Materials Science / 8. Earth Sciences / 9. Mathematics / 10. Arts & Humanities)
- 326 méso-champs intermédiaires,
- 2 457 micro-champs.

Tous ces champs sont numérotés et ont reçu un nom, basé sur les mots-clés les plus fréquents rencontrés dans les articles. Par exemple, le micro-champ **5.20.4 Galaxies** concerne (essentiellement) la recherche sur les galaxies et est emboîté dans le méso-champ **5.20 Astronomy & Astrophysics**, lui-même rattaché au domaine scientifique **5. Physics**.

Nous commençons par présenter la production scientifique de l'ensemble des projets du PIA, en fonction des domaines (**Tableau XV**), se projetant dans les 10 catégories disciplinaires (macro-champs) des *Citation Topics*. Comme nous pouvions nous y attendre, les projets étiquetés comme relevant principalement du domaine SMI montrent une production scientifique s'inscrivant principalement dans les macro-champs *Chemistry*, *Physics* et *Engineering & Material Sciences*. Toutefois, nous notons également plusieurs surprises :

- les nombres de publications issues de projets classés en SMI et s'inscrivant en *Clinical & Life Sciences* et en *Agriculture, Environment & Ecology* ne sont pas négligeables ; il existe même des projets qui ont produit des publications en *Social Sciences*.
- inversement, en *Physics*, la contribution des « projets SMI » n'est pas majoritaire : les contributions de projets étiquetés « Math-info » et « STUE » sont importantes ;
- dans le macro-champ *Chemistry*, cette contribution des projets SMI est tout juste majoritaire, avec une part significative de publications issues de projets du domaine Bio-Med (environ 20%) ; les domaines Math-info et STUE contribuent également à ce macro-champ. Il serait sans doute très intéressant de regarder plus finement dans quels domaines scientifiques (à l'échelle des méso et micro-champs) contribuent les thématiques Bio-Med, Math-info et STUE et quels sont les projets de ces thématiques correspondants, mais ce n'est pas l'objet de la présente synthèse thématique, dédiée aux projets du domaine thématique SMI.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> Ces analyses pourraient remettre en question les rattachements thématiques qui avaient été réalisés au moment du conventionnement des projets. Par exemple, le **LabEx ACTION** a été rattaché au domaine Math-Info alors que la façon dont sa production scientifique se répartit dans les macro-champs fait apparaître la hiérarchie suivante : 5. *Physics* (332 publications), 2. *Chemistry* (211), 4. *Electrical Engineering, Electronics & Computer Science* (119), 7. *Engineering & Materials Science* (74), 1. *Clinical & Life Sciences* (27), 9. *Mathematics* (25). Nous voyons que ce **LabEx** est davantage axé, en termes de production scientifique, sur les sciences de la matière (chimie, physique, science des matériaux) que sur les mathématiques et le numérique.

Macro-champs des Citation Topics	Total	SMI	SMI seul	SMI+autre(s) thématique(s)	SMI+multi-disciplinaire	hors SMI	Math Info	STUE	Agro Eco	Bio Med	SHS
1 Clinical & Life Sciences	16 878	868	423	215	230	16 010	493	99	668	13 072	684
2 Chemistry	8 809	4 881	3 628	230	1 023	3 928	598	354	195	1 823	17
3 Agriculture, Environment & Ecology	6 786	422	323	30	69	6 364	164	681	4 167	1 107	160
4 Electrical Engineering, Electronics & Computer Science	3 176	451	295	26	130	2 725	1 688	96	90	247	158
5 Physics	8 265	3 602	2 682	320	600	4 663	1 107	2 446	17	171	10
6 Social Sciences	1 865	29	26		3	1 836	250	46	101	107	1 153
7 Engineering & Materials Science	2 669	1 772	1 290	35	447	897	330	211	25	27	11
8 Earth Sciences	3 466	242	134	34	74	3 224	178	2 192	232	31	356
9 Mathematics	1 569	43	31	2	10	1 526	1 133	8	13	61	76
10 Arts & Humanities	164	27	8	19		137	6	2	1	22	100
<b>Total</b>	<b>53 647</b>	<b>12 337</b>	<b>8 840</b>	<b>911</b>	<b>2 586</b>	<b>41 310</b>	<b>5 947</b>	<b>6 135</b>	<b>5 509</b>	<b>16 668</b>	<b>2 725</b>

**Tableau XV :** Contribution des projets des différents domaines thématiques à la production scientifique (articles + proceedings) du PIA classée dans les 10 macro-champs des Citation Topics

Dans la suite de ce chapitre, nous nous concentrerons sur le domaine SMI, en analysant sa production à l'échelle des méso et des micro-champs et en croisant avec les différents types d'actions (**LabEx...**).

Les projets du domaine SMI contribuent à 236 des 321 méso-champs dans lesquels s'inscrit au moins une publication issue du PIA. Toutefois, cette contribution peut se limiter à une seule (pour 30 méso-champs), deux (pour 20 méso-champs) ou trois (pour 16 méso-champs) publications seulement (**Tableau XVI**). Comme il n'est pas possible de présenter ici la totalité des méso-champs concernés, nous nous concentrerons sur les méso-champs avec au moins quatre publications issues de projets du domaine SMI. En effet, les seuls cas de figures qui auraient été intéressants à regarder pour les méso-champs à faible nombre de publications sont ceux où la part issue des projets SMI est importante. Or parmi les 66 méso-champs avec entre une et trois publications venant de projets SMI, il n'en existe que 14 où cette part est supérieure à 10%.

macrochamp des Citation Topics	mésochamp des Citation Topics	total	SMI	SMI seul	SMI + autre(s) thématique(s)	SMI + multi-disciplinaire	part SMI (%)
1 Clinical & Life Sciences	1.142 Urology	9	1	1			11,1%
1 Clinical & Life Sciences	1.154 Assisted Ventilation	26	3	1	2	2	11,5%
1 Clinical & Life Sciences	1.173 Cosmetic Surgery	9	1	1			11,1%
1 Clinical & Life Sciences	1.235 Throat & Voice Disorders	17	2	2			11,8%
1 Clinical & Life Sciences	1.243 Kidney Diseases	7	2		1	2	28,6%
1 Clinical & Life Sciences	1.286 Immunology & Hematology	24	3		3		12,5%
2 Chemistry	2.326 Neutron Capture Therapy	2	1	1			50,0%
3 Agriculture, Environment & Ecology	3.275 Crop Protection	18	2	2			11,1%
4 Electrical Engineering, Electronics & Computer Science	4.299 Electrical Protection	5	2	2			40,0%
4 Electrical Engineering, Electronics & Computer Science	4.322 Remote Research & Education	19	2			2	10,5%
5 Physics	5.318 Physics Education	9	1	1			11,1%
5 Physics	5.319 Quasicrystals	7	3	3			42,9%
6 Social Sciences	6.256 Religion	2	1			1	50,0%
7 Engineering & Materials Science	7.300 Asphalt	1	1	1		1	100,0%

**Tableau XVI :** Méso-champs avec faible nombre de publications du PIA dont une ou deux associées à des projets SMI

Dans le **Tableau XVII** suivant, nous présentons la liste des méso-champs auxquels contribuent les projets SMI avec au moins quatre publications, classée par ordre décroissant du nombre de publications. En face de chacun de ces méso-champs sont indiqués le nombre total de publications issues des projets du PIA, le nombre correspondant à des projets du domaine SMI (éventuellement seuls ou en combinaison avec des projets d'autres domaines) ainsi que la part que représentent ces publications issues de projets SMI dans l'ensemble des publications du PIA de ce méso-champ. Notons par exemple que, dès la seconde ligne, le méso-champ de physique *5.9 Particles & Fields* n'est couvert qu'à 35% par le domaine SMI : cela correspond à ce que nous avons vu plus haut, avec le projet **ENIGMASS** qui est rattaché au domaine SMI alors que les autres projets d'astrophysique et de physique des particules relèvent du domaine STUE.

macro-champ des Citation Topics	méso-champ des Citation Topics	total	SMI	SMI seul	SMI + autre(s) thématique(s)	SMI + multi-disciplinaire	part SMI (%)
2 Chemistry	2.1 Synthesis	1065	717	601	34	85	67,3%
5 Physics	5.9 Particles & Fields	1619	571	339	216	23	35,3%
5 Physics	5.56 Quantum Mechanics	811	497	337	9	159	61,3%
7 Engineering & Materials Science	7.12 Metallurgical Engineering	509	484	451		33	95,1%
5 Physics	5.33 Semiconductor Physics	587	480	384	12	93	81,8%
2 Chemistry	2.67 Nanoparticles	772	454	214	41	225	58,8%
2 Chemistry	2.76 2D Materials	477	389	285	9	96	81,6%
2 Chemistry	2.22 Inorganic & Nuclear Chemistry	532	373	286	7	82	70,1%
2 Chemistry	2.62 Electrochemistry	419	323	292	13	19	77,1%
7 Engineering & Materials Science	7.63 Mechanics	453	302	193	3	107	66,7%
7 Engineering & Materials Science	7.57 Modelling & Simulation	590	301	139	22	155	51,0%
2 Chemistry	2.59 Pigments, Sensors & Probes	399	283	201	12	71	70,9%
5 Physics	5.30 Superconductor Science	375	274	191	13	78	73,1%
5 Physics	5.31 Silicon Systems	301	265	254		11	88,0%
2 Chemistry	2.15 Physical Chemistry	642	252	194	12	54	39,3%
5 Physics	5.107 Laser Science	479	220	151	13	62	45,9%
5 Physics	5.88 Electromagnetism	294	210	190	3	18	71,4%
3 Agriculture, Environment & Ecology	3.87 Paper & Wood Materials Science	477	198	165	4	30	41,5%
2 Chemistry	2.160 Microfluidic Devices & Superhydrophobicity	326	187	114	3	70	57,4%
2 Chemistry	2.114 Organic Semiconductors	235	187	126	2	59	79,6%
5 Physics	5.38 Optical Electronics & Engineering	481	186	142	12	36	38,7%
2 Chemistry	2.53 Polymers & Macromolecules	395	186	133	15	42	47,1%
2 Chemistry	2.39 Polymer Science	261	177	134	15	29	67,8%
2 Chemistry	2.41 Catalysts	251	175	153	6	17	69,7%
2 Chemistry	2.167 Microelectromechanical Systems	322	173	106	5	64	53,7%
5 Physics	5.77 Applied Physics	188	163	139		24	86,7%
1 Clinical & Life Sciences	1.254 Ultrasound in Medicine	280	148	18	62	124	52,9%
2 Chemistry	2.145 Biosensors	210	141	110	5	29	67,1%
2 Chemistry	2.74 Photocatalysts	189	130	99	4	29	68,8%
5 Physics	5.98 Geometrical Optics	336	123	101	6	20	36,6%
7 Engineering & Materials Science	7.139 Energy & Fuels	150	108	66	7	36	72,0%
7 Engineering & Materials Science	7.70 Thermodynamics	139	107	98	1	9	77,0%
2 Chemistry	2.123 Protein Structure, Folding & Modelling	456	104	85	12	12	22,8%
5 Physics	5.193 Thermoelectric Materials	140	102	95		7	72,9%
5 Physics	5.188 Deposition, Hardening & Coating	135	96	76		20	71,1%
1 Clinical & Life Sciences	1.42 Bacteriology	665	95	51	31	17	14,3%
4 Electrical Engineering, Electronics & Information Technology	4.58 Wireless Technology	237	95	37	3	55	40,1%
5 Physics	5.202 Plasma Physics	190	87	80	3	5	45,8%
2 Chemistry	2.89 Ionic, Molecular & Complex Liquids	155	87	66	2	19	56,1%
5 Physics	5.221 Nuclear Instruments	117	86	75	4	9	73,5%
2 Chemistry	2.276 Metalloenzymes	161	85	66	12	11	52,8%
5 Physics	5.20 Astronomy & Astrophysics	1154	83	38	25	23	7,2%
4 Electrical Engineering, Electronics & Information Technology	4.18 Power Systems & Electric Vehicles	118	77	74	1	3	65,3%
8 Earth Sciences	8.19 Oceanography, Meteorology & Atmospheric Sciences	558	76	38	17	22	13,6%
2 Chemistry	2.190 Surfactants, Lipid Bilayers & Antimicrobial	182	76	62	4	13	41,8%
7 Engineering & Materials Science	7.177 Combustion	109	74	60		14	67,9%
7 Engineering & Materials Science	7.251 Electrical - Harvesting & Discharging	89	71	56		15	79,8%
1 Clinical & Life Sciences	1.150 Hearing Loss	165	65	9	4	56	39,4%
2 Chemistry	2.211 Mass Spectrometry	238	60	49	7	6	25,2%
2 Chemistry	2.298 Perovskite Solar Cells	84	58	44		14	69,0%
7 Engineering & Materials Science	7.109 Ceramics	63	54	50		4	85,7%
4 Electrical Engineering, Electronics & Information Technology	4.13 Telecommunications	302	53	30	3	23	17,5%
2 Chemistry	2.165 Nanofibers, Scaffolds & Fabrication	152	53	45	1	7	34,9%
7 Engineering & Materials Science	7.192 Testing & Maintenance	95	53	22		31	55,8%
8 Earth Sciences	8.8 Geochemistry, Geophysics & Geology	1322	51	26	7	20	3,9%
4 Electrical Engineering, Electronics & Information Technology	4.116 Robotics	320	50	41	6	7	15,6%
1 Clinical & Life Sciences	1.96 Cell Biology	569	46	27	9	16	8,1%
7 Engineering & Materials Science	7.226 Electrical - Sensors & Monitoring	94	46	16	1	30	48,9%
7 Engineering & Materials Science	7.215 Friction & Vibration	58	46	21		25	79,3%
2 Chemistry	2.210 Corrosion & Deposition Chemistry	54	45	27		18	83,3%
7 Engineering & Materials Science	7.272 Electrical - Solder & Connections	47	45	45			95,7%
1 Clinical & Life Sciences	1.152 Molecular & Cell Biology - DNA Damage	308	44	43	1	1	14,3%

macro-champ des Citation Topics	méso-champ des Citation Topics	total	SMI	SMI seul	SMI + autre(s) thématique(s)	SMI + multi-disciplinaire	part SMI (%)
3 Agriculture, Environment & Ecology	3.85 Food Science & Technology	107	39	28	1	10	36,4%
2 Chemistry	2.170 Nucleic Acids Chemistry	279	38	36		2	13,6%
7 Engineering & Materials Science	7.121 Concrete Science	69	38	21	2	15	55,1%
2 Chemistry	2.234 Photochemistry	62	38	26		12	61,3%
2 Chemistry	2.78 Photoluminescence	123	37	26	2	10	30,1%
7 Engineering & Materials Science	7.133 Geotechnical Engineering	119	36	35	1		30,3%
2 Chemistry	2.90 Water Treatment	90	36	28		8	40,0%
2 Chemistry	2.259 Optical Chemistry	260	35	18	7	11	13,5%
5 Physics	5.250 Imaging & Tomography	118	35	5	5	30	29,7%
8 Earth Sciences	8.140 Water Resources	121	33	21		12	27,3%
4 Electrical Engineering, Electronics & Information Technology	4.17 Computer Vision & Graphics	282	29	14	3	13	10,3%
5 Physics	5.214 Statistical Mechanics	116	28	21		7	24,1%
10 Arts & Humanities	10.240 Music	81	28	8	19	18	34,6%
2 Chemistry	2.282 Hydrogen Chemistry & Storage	30	28	27		1	93,3%
6 Social Sciences	6.115 Sustainability Science	133	27	25	1	1	20,3%
7 Engineering & Materials Science	7.229 Mineral & Metal Processing	78	26	24	1	1	33,3%
1 Clinical & Life Sciences	1.7 Neuroscanning	1044	25	6	12	19	2,4%
5 Physics	5.200 Nuclear Fusion	143	24	22		2	16,8%
3 Agriculture, Environment & Ecology	3.45 Soil Science	356	23	18	1	4	6,5%
1 Clinical & Life Sciences	1.225 Hematologic Diseases	200	23	7	12	16	11,5%
8 Earth Sciences	8.212 Sensors & Tomography	122	23	7	2	16	18,9%
1 Clinical & Life Sciences	1.52 Neurodegenerative Diseases	775	22	15	5	3	2,8%
3 Agriculture, Environment & Ecology	3.4 Crop Science	739	22	11	6	6	3,0%
8 Earth Sciences	8.124 Environmental Sciences	346	22	10	1	12	6,4%
4 Electrical Engineering, Electronics & Information Technology	4.183 Transportation	108	22	21		1	20,4%
3 Agriculture, Environment & Ecology	3.60 Herbicides, Pesticides & Ground Poisoning	201	21	20	1	1	10,4%
5 Physics	5.230 Solitons	168	21	11		10	12,5%
1 Clinical & Life Sciences	1.159 Membrane Channels & Receptors	167	21	12	6	3	12,6%
4 Electrical Engineering, Electronics & Information Technology	4.206 Models of Computation	49	21	20	1		42,9%
5 Physics	5.310 Resistive Switching	29	20	19		1	69,0%
3 Agriculture, Environment & Ecology	3.83 Bioengineering	280	19	13	2	6	6,8%
2 Chemistry	2.209 Spectrometry & Separation	25	19	19			76,0%
7 Engineering & Materials Science	7.262 Explosives	20	18	17		1	90,0%
4 Electrical Engineering, Electronics & Information Technology	4.47 Software Engineering	159	17	17			10,7%
1 Clinical & Life Sciences	1.68 Lipids	152	17	14	3	2	11,2%
1 Clinical & Life Sciences	1.113 Brain Imaging	355	16	8	5	6	4,5%
1 Clinical & Life Sciences	1.66 HIV	243	16	13	3	1	6,6%
4 Electrical Engineering, Electronics & Information Technology	4.48 Knowledge Engineering & Representation	196	16	5		11	8,2%
8 Earth Sciences	8.205 Ocean Dynamics	161	16	11	3	2	9,9%
1 Clinical & Life Sciences	1.204 Molecular & Cell Biology - Immunotherapy	136	16	13	1	2	11,8%
1 Clinical & Life Sciences	1.132 Extracellular Matrix & Cell Differentiation	97	16	11	1	4	16,5%
1 Clinical & Life Sciences	1.5 Neuroscience	818	15	10	5	1	1,8%
3 Agriculture, Environment & Ecology	3.97 Plant Pathology	443	15	8	3	5	3,4%
3 Agriculture, Environment & Ecology	3.171 Photoproductivity	236	15	6	4	5	6,4%
5 Physics	5.135 Nuclear Physics	89	15	6	4	6	16,9%
1 Clinical & Life Sciences	1.184 Physiology & Metals	88	15	14		1	17,0%
5 Physics	5.191 Space Sciences	318	14	10		4	4,4%
2 Chemistry	2.241 Membrane Science	18	14	10		4	77,8%
9 Mathematics	9.143 Dynamical Systems & Time Dependence	68	13	6	1	6	19,1%
3 Agriculture, Environment & Ecology	3.180 Microbial Biotechnology	54	13	11	1	1	24,1%
1 Clinical & Life Sciences	1.54 Molecular & Cell Biology - Genetics	932	12	8	2	2	1,3%
4 Electrical Engineering, Electronics & Information Technology	4.29 Automation & Control Systems	228	12	10		2	5,3%
3 Agriculture, Environment & Ecology	3.91 Contamination & Phytoremediation	198	12	6	4	2	6,1%
4 Electrical Engineering, Electronics & Information Technology	4.101 Security, Encryption & Encoding	197	12	2	1	10	6,1%
1 Clinical & Life Sciences	1.219 Cancer Drugs	72	12	8	2	2	16,7%
4 Electrical Engineering, Electronics & Information Technology	4.138 Semiconductor Technology	51	12	11	1	1	23,5%
8 Earth Sciences	8.292 Mapping & Topography	22	12	12			54,5%
1 Clinical & Life Sciences	1.25 Molecular & Cell Biology - Cancer, Autophagy	506	11	10	1		2,2%
3 Agriculture, Environment & Ecology	3.35 Zoology & Animal Ecology	399	11	6	2	3	2,8%
1 Clinical & Life Sciences	1.82 Gait & Posture	225	11	8		3	4,9%
4 Electrical Engineering, Electronics & Information Technology	4.84 Supply Chain & Logistics	114	11	11			9,6%
1 Clinical & Life Sciences	1.127 Molecular & Cell Biology - Pharmacology	97	11	10		1	11,3%
1 Clinical & Life Sciences	1.49 Dentistry & Oral Medicine	54	11	2	1	8	20,4%
5 Physics	5.302 Instrumentation	12	11	11			91,7%
1 Clinical & Life Sciences	1.6 Immunology	955	10	7	3	1	1,0%

macro-champ des Citation Topics	méso-champ des Citation Topics	total	SMI	SMI seul	SMI + autre(s) thématique(s)	SMI + multi-disciplinaire	part SMI (%)
9 Mathematics	9.50 Applied Statistics & Probability	731	9	8		1	1,2%
1 Clinical & Life Sciences	1.120 Inflammatory Bowel Diseases & Infection	267	9	7	2		3,4%
4 Electrical Engineering, Electron	4.46 Distributed & Real Time Computing	214	9	9			4,2%
3 Agriculture, Environment & Eco	3.16 Phytochemicals	140	9	9			6,4%
9 Mathematics	9.162 Numerical Methods	136	9	4		5	6,6%
1 Clinical & Life Sciences	1.197 Molecular & Cell Biology - Mitochondria	91	9	6		3	9,9%
4 Electrical Engineering, Electron	4.174 Digital Signal Processing	66	9		1	9	13,6%
2 Chemistry	2.166 Chromatography & Electrophoresis	48	9	8	1		18,8%
2 Chemistry	2.176 Drug Delivery Chemistry	48	9	6		3	18,8%
4 Electrical Engineering, Electron	4.237 Safety & Maintenance	42	9	9			21,4%
3 Agriculture, Environment & Eco	3.40 Forestry	747	7	2	2	5	0,9%
1 Clinical & Life Sciences	1.108 Molecular & Cell Biology - Cancer & Devel	411	7	4	3		1,7%
1 Clinical & Life Sciences	1.158 Dermatology - General	31	7	6		1	22,6%
5 Physics	5.295 Lithography	8	7	7			87,5%
1 Clinical & Life Sciences	1.104 Virology - General	239	6	2	3	1	2,5%
1 Clinical & Life Sciences	1.102 Stem Cell Research	209	6	2	2	2	2,9%
1 Clinical & Life Sciences	1.175 Medical Physics	138	6	4	2	2	4,3%
5 Physics	5.131 Meteorological & Atmospheric Sciences	124	6	5		1	4,8%
4 Electrical Engineering, Electron	4.187 Security Systems	83	6	6			7,2%
8 Earth Sciences	8.242 Nuclear Geology	72	6	6			8,3%
2 Chemistry	2.244 Chemometrics	27	6	2	3	4	22,2%
1 Clinical & Life Sciences	1.37 Cardiology - General	188	5	1	2	4	2,7%
1 Clinical & Life Sciences	1.125 Hepatitis	182	5	3	1	2	2,7%
1 Clinical & Life Sciences	1.36 Ophthalmology	173	5	3		2	2,9%
1 Clinical & Life Sciences	1.137 Sleep Science & Circadian Systems	147	5	1	4	4	3,4%
1 Clinical & Life Sciences	1.264 Longevity	111	5	1	4		4,5%
3 Agriculture, Environment & Eco	3.220 Smell & Taste Science	105	5	5			4,8%
3 Agriculture, Environment & Eco	3.198 Mycotoxins	103	5	5			4,9%
1 Clinical & Life Sciences	1.136 Autism & Development Disorders	95	5	5			5,3%
1 Clinical & Life Sciences	1.271 Lysosomal Storage Disorders	35	5	5			14,3%
1 Clinical & Life Sciences	1.129 Back pain	23	5	3		2	21,7%
1 Clinical & Life Sciences	1.168 Vascular, Cardiac & Thoracic Surgery	18	5	5			27,8%
3 Agriculture, Environment & Eco	3.32 Entomology	259	4	3	1		1,5%
1 Clinical & Life Sciences	1.217 Parasitology - Malaria, Toxoplasmosis & C	257	4	2	2		1,6%
1 Clinical & Life Sciences	1.26 Diabetes	195	4	1		3	2,1%
1 Clinical & Life Sciences	1.72 Obstetrics & Gynecology	89	4		1	4	4,5%
1 Clinical & Life Sciences	1.55 Urology & Nephrology - General	79	4		1	4	5,1%
8 Earth Sciences	8.283 Archaeometry	75	4	2		2	5,3%
4 Electrical Engineering, Electron	4.224 Design & Manufacturing	36	4	4			11,1%
1 Clinical & Life Sciences	1.134 Trauma & Emergency Surgery	35	4	3		1	11,4%
1 Clinical & Life Sciences	1.308 Radioactive Tracers	18	4	4			22,2%
7 Engineering & Materials Scienc	7.227 Manufacturing	9	4	3		1	44,4%
7 Engineering & Materials Scienc	7.301 Shape Memory Alloys	8	4	4			50,0%

**Tableau XVII** : Liste des méso-champs auxquels contribuent les projets SMI avec au moins quatre publications

Si, par souci d'exhaustivité, nous avons restitué dans les tableaux précédents la façon dont l'ensemble des projets du domaine SMI couvrent par leur production scientifique les champs scientifiques dans la classification des *Citation Topics d'InCites<sup>TM</sup>*, cette présentation reste peu lisible.

Il est sans doute plus intéressant de présenter cette production scientifique selon deux angles :

- l'angle des projets, afin d'étudier leur degré de spécialisation dans certains domaines scientifiques ou au contraire leur large couverture de nombreux champs. C'est l'objet de la prochaine section, avec d'une part pour l'ensemble des projets, une présentation de leur contribution aux différents macro-champs et l'indication des principaux méso- et micro-champs auxquels ils contribuent. Un focus sera également porté sur les instruments spécifiques que sont les **IRT** et les **ITE** afin d'identifier via les *Citations Topics* leur couverture scientifique.

- l'angle des *Citation Topics*, qui fera l'objet d'une revue, avec différentes analyses focalisées sur les champs correspondant au domaine SMI (*Chemistry*, *Physics* et *Engineering & Material Sciences*) et permettant notamment de resituer la production du PIA par rapport à la production nationale dans son ensemble, tant en termes de volume qu'en termes d'impact vu à travers l'étude des citations.

#### 4) Premiers éléments d'analyse à l'échelle macro du positionnement de la production scientifique par action

Cette section a pour vocation à donner un aperçu des positionnements de la production scientifique des projets de différents types d'action du domaine SMI, à l'échelle des macro-champs d'une part, et en termes de concentration ou dispersion à l'échelle des méso-champs et des micro-champs d'autre part. Nous avons établi une cartographie, par action, du positionnement des projets SMI par rapport aux trois grands domaines disciplinaires concernés dans la classification des *Citation Topics* (chimie / physique / sciences de l'ingénieur et des matériaux). Il ne s'agit pas dans cette section d'étudier le contenu en termes de méso-champs et éventuellement de micro-champs de cette production scientifique : ce sera l'objet de la section suivante, où nous adopterons une présentation par grandes disciplines scientifiques, afin d'analyser comment les projets SMI contribuent à chacune de ces disciplines.

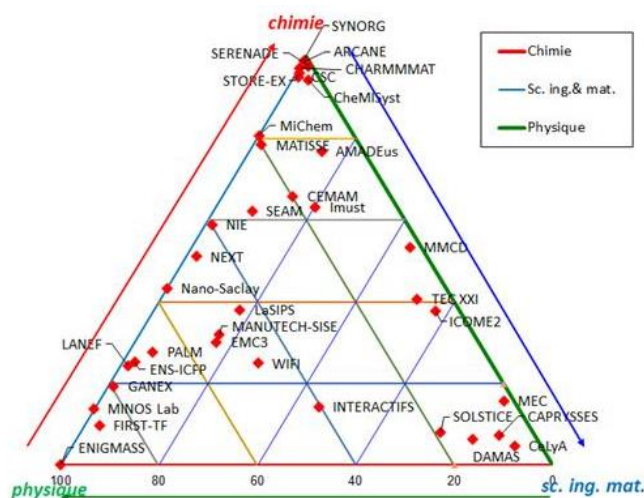
##### Positionnement(s) scientifique(s) des LabEx du domaine SMI

Nous avons regardé comment se distribuent les 36 LabEx selon les poids respectifs de leurs publications dans les trois principaux macro-champs correspondants à SMI : la chimie, la physique et la science de l'ingénierie et des matériaux (Fig. 17).

Cette analyse permet d'identifier :

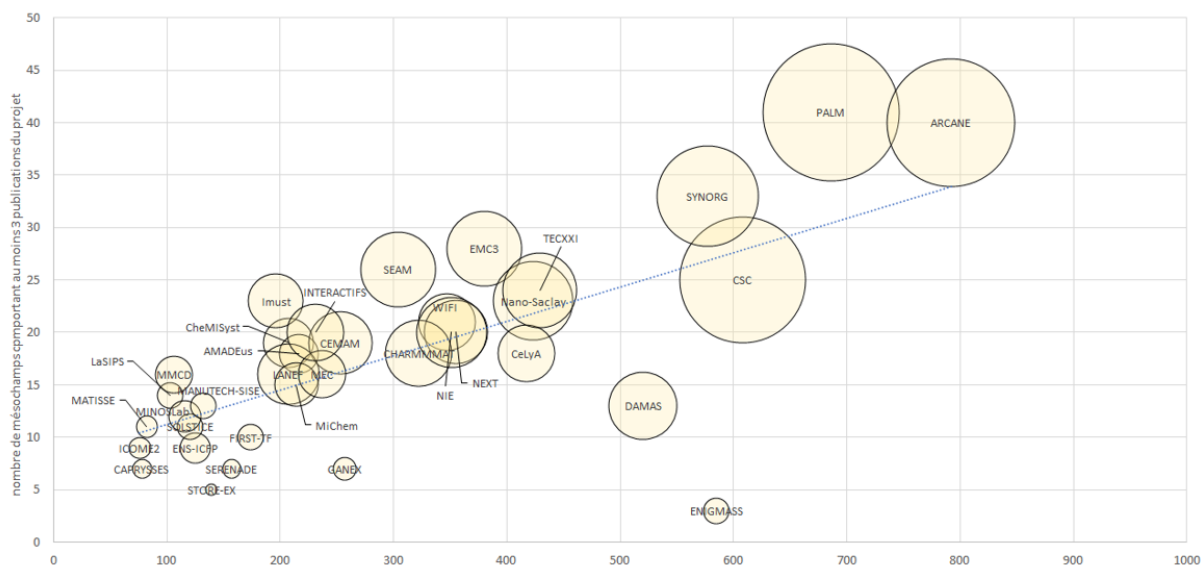
- un groupe de LabEx quasi exclusivement dédiés à la chimie (et éventuellement à d'autres disciplines hors physique et sciences des matériaux) : **Arcane**, **CHARMMMAT**, **CheMISyst**, **SERENADE**, **STORE-EX**, **SynOrg**, **MATISSE** et **MiChem** qui affichent une petite part de leur production scientifique en physique et **AMADEus**, en sciences de l'ingénieur et des matériaux,
- un groupe très fortement axé sur la physique : **PALM**, **ENS-ICFP**, **GaNeX**, **MINOS** et **FIRST-TF** avec une petite part de chimie. **ENIGMASS** sort du lot, étant le seul LabEx totalement dédié à la physique,
- un groupe où les sciences de l'ingénieur et des matériaux dominent très largement : **CAPRYSSES**, **CeLyA**, **DAMAS**, **MEC** et **SoLSTiCe**.

Les autres LabEx sont en général positionnés à cheval sur plusieurs grands champs disciplinaires.



**Figure 17** : Positionnement(s) scientifique(s) des LabEx du domaine SMI

La dispersion des publications des LabEx à l'échelle des méso-champs a été également investiguée, en se donnant comme seuil significatif au moins trois publications du LabEx dans un méso-champ (Fig. 18). Evidemment, en général, plus la production scientifique est importante, plus la couverture en termes de méso-champs est large. Cependant, des différentiels importants apparaissent selon les projets : par exemple, alors que **CeLyA** et **EMC3** montrent des nombres de publications comparables, **EMC3** couvre plus de deux fois plus de micro-champs (31) que **CeLyA** (15). Pour **EMC3**, ceci est le reflet d'une très forte variété thématique en sciences des matériaux, sciences de l'ingénierie et sciences de la Terre, alors que **CeLyA** est centré sur une discipline unique, l'acoustique.



**Figure 18 :** LabEx / Nombre total de publications versus nombre de méso-champs

L'analyse de la totalité des publications permet d'identifier des **LabEx** du domaine SMI qui présentent une production scientifique significative dans d'autres domaines :

- dans le domaine « *Clinical & Life Sciences* » : **CeLyA** (181), **Arcane** (152), **WIFI** (76), **SynOrg** (63), voire **CSC** (37) et **PALM** (48). Pour mieux comprendre ces contributions, il est nécessaire de descendre à l'échelle des méso-champs, voire des micro-champs. Par exemple, dans le cas de **WIFI**, ces publications s'inscrivent très majoritairement dans le méso-champ *1.254 Ultrasound in Medicine* (55) et se répartissent dans trois micro-champs (*1.254.907 Elastography* (35), *1.254.1031 HIFU- High Intensity Focalised Ultrasounds* (10), *1.254.976 Microbubbles* (10)),

- dans le domaine « *Agriculture, Environment & Ecology* » : **Tec21** (151), **Arcane** (37), **SynOrg** (28),

- dans le domaine « *Electrical Engineering, Electronics & Computer Science* » : **WIFI** (57)

- un peu dans le domaine « *Earth Sciences* » avec **EMC3** (29) et **Tec21** (26),

- et enfin dans le domaine « *Arts & Humanities* » avec seulement un projet du domaine SMI qui y contribue, **CeLyA** (28). Ces 28 publications relèvent toutes du méso-champ *10.240 Music*, ce qui semble logique compte-tenu de la spécialisation de **CeLyA** en acoustique. Ces 28 publications se retrouvent cependant dans un micro-champ nommé *10.240.657 Music Psychology*, ce qui montre que **CeLyA** n'a pas soutenu que des travaux dans la discipline scientifique acoustique.

Seul le **LabEx PALM** affiche une contribution non négligeable au domaine des mathématiques, avec 12 publications s'inscrivant dans ce macro-champ. Les autres projets contribuent avec, au plus, trois publications.

### Positionnement(s) scientifique(s) des Equipex du domaine SMI

Les analyses précédentes sont renouvelées pour les 36 **Equipex**, pour lesquels apparaissent (**Fig. 19**):

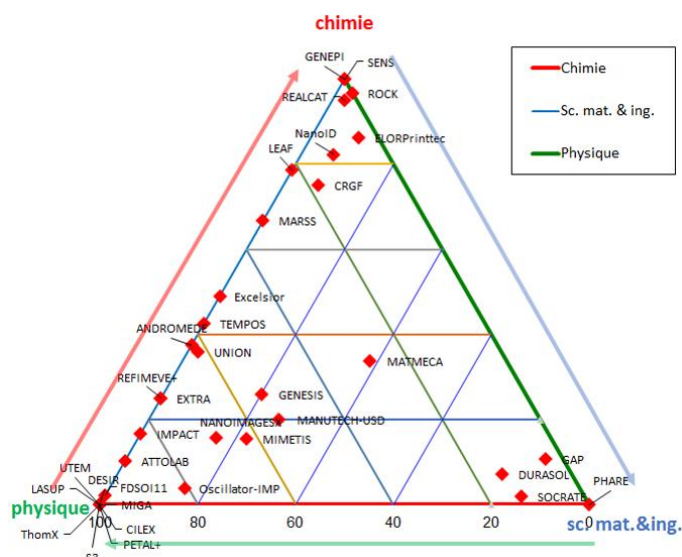
- un groupe d'**Equipex** quasi exclusivement (**GENEPI, SENS, ROCK, REALCAT**) ou très fortement dédiés (**ELORPrintTec, NanoID, LEAF, CRG/F**) à la chimie,

- un autre groupe, de taille importante, focalisé sur la physique (**CILEX, DESIR, FDSOI11, LaSUP, MIGA, PETAL+, S3, ThomX, UTEM**),

- entre les deux, certains **Equipex** sont associés à une production scientifique à cheval sur la chimie et sur la physique (**MARSS, ExCELSIOR, TEMPOS, UNION, EXTRA, REFIMEVE+, IMPACT, Andromede, ATTOLab**),

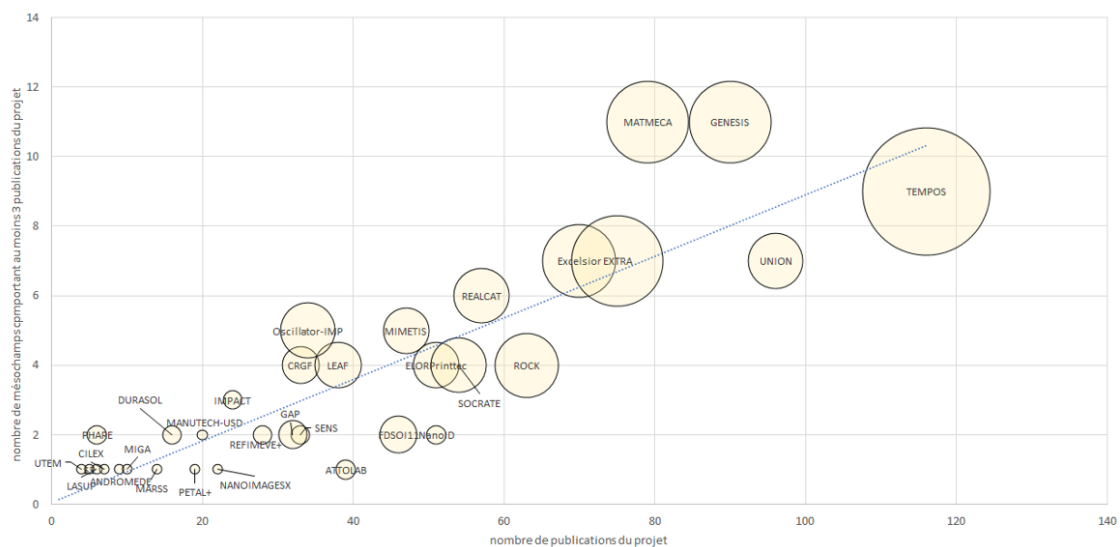
- il existe très peu d'**Equipex** dédiés aux sciences de l'ingénieur ou des matériaux : **PHARE, DURASOL, Socrate et GAP**,

- enfin, quelques **Equipex** sont associés à une production scientifique à l'interface entre les trois grands domaines (**MATMECA, GENESIS, MANUTECH-USD, MIMETIS, NANOIMAGES-X**).



**Figure 19** : Positionnement(s) scientifique(s) des Equipex du domaine SMI

Nous avons vu que la production scientifique moyenne associée à un Equipex est presque d'un ordre de grandeur plus petite que celle d'un LabEx. Il en résulte que, pour un Equipex donné, le nombre de méso-champs couverts reste modeste : sur les 36 Equipex, seuls 6 couvrent plus de 6 méso-champs (Fig. 20).



**Figure 20** : Equipex / Nombre total de publications versus nombre de méso-champs

### Positionnement(s) scientifique(s) des IRT et ITE du domaine SMI

A l'inverse des Equipex, une part importante des IRT et ITE est focalisée sur les sciences de l'ingénieur ou des matériaux : INEF4, M2P, Railenium notamment. D'autres IRT ont également comme dominante ce domaine scientifique (Saint Exupéry, Jules Verne).

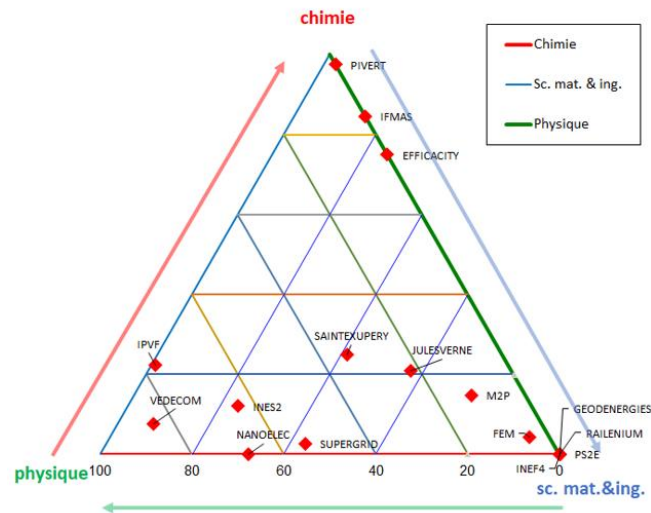
Quelques ITE (ou ex-ITE) apparaissent davantage focalisés sur la chimie : PIVERT, IFMAS (qui n'a finalement pas vu le jour comme ITE mais pour lequel nous relevons tout de même quelques publications qui remercient IFMAS), et, de manière beaucoup plus surprenante, Efficacity. Dans ce dernier cas, cela s'explique parce que, d'une part, cet ITE a finalement très peu de publications qui lui sont associées (huit seulement), notamment dans les domaines chimie/physique/sciences de l'ingénieur, et d'autre part, avait été soutenue une étude sur les piles à combustible, dont la production scientifique (trois publications) se rattache à la chimie (Fig. 21 et 22).

Enfin, deux ITE montrent une production scientifique dans ce domaine SMI davantage tournée vers la physique. Il s'agit d'IPVF, dont la production scientifique dans ce domaine est concentrée dans les méso-champs suivants :

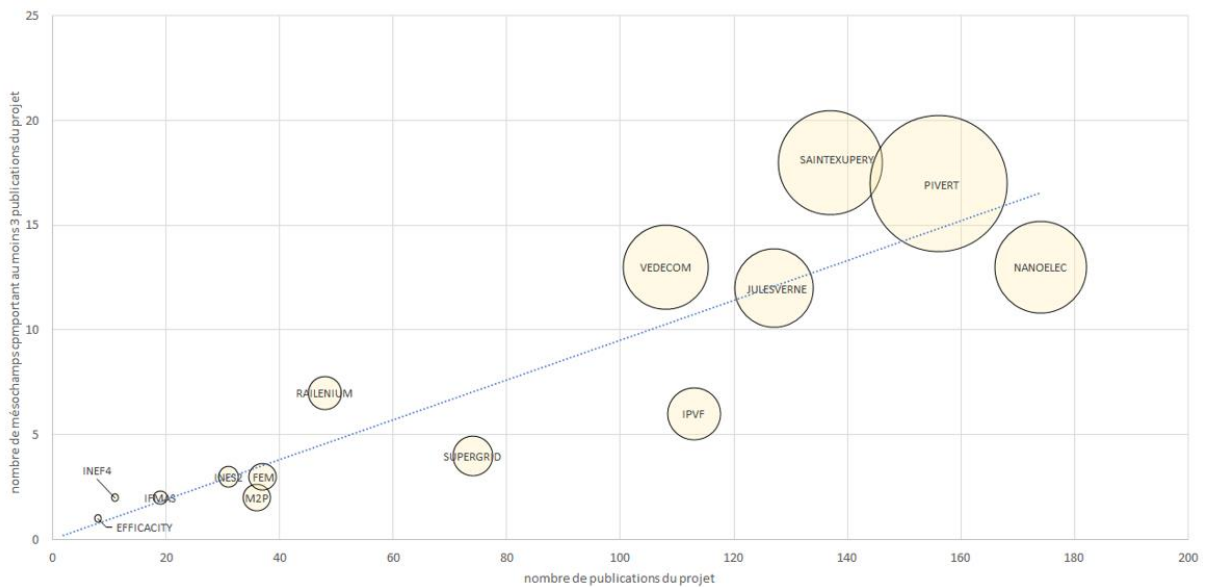
- 5.31 Silicon Systems (37), ce qui est cohérent car ce méso-champ contient le micro-champ relatif au photovoltaïque à base de silicium,



- 5.193 Thermoelectric Materials (34) dont le nom est un peu trompeur ici car il contient le micro-champ 5.193.405 CIGS qui correspond à une filière de photovoltaïque,  
 - 5.33 Semiconductor Physics (13), qui contient un micro-champ, 5.33.1354 Gainnas, concernant le photovoltaïque à hétérojonction utilisant des matériaux de type III-V,  
 et de **VeDeCoM**, dont la production scientifique est très diversifiée (en termes de nombre de méso-champs et de micro-champs de l'ensemble des **ITE**).



**Figure 21** : Positionnement(s) scientifique(s) des **IRT** et **ITE** du domaine **SMI**



**Figure 22** : **IRT** et **ITE** / Nombre total de publications versus nombre de méso-champs

**Positionnement(s) scientifique(s) des EUR, MOPGA et NanoBio du domaine SMI**

Les données étant trop récentes et peu significatives d'un point de vue macro, nous n'analyserons pas de manière approfondie la production scientifique des projets **EUR**, **MOPGA** et **NanoBio** sous cet angle des *Citations Topics*, et donnerons seulement les tableaux présentant la distribution de leurs publications dans ces champs et les principaux méso-champs et micro-champs concernés (**Tableau XVIII**).

projet	actions	nombre de publications recensées	nombre de publications par macro-champ										nombre de meso-champs avec X publications issues du projet										nombre de micro-champs avec X publications issues du projet									
			1 Clinical & Life Sciences	2 Chemistry	3 Agriculture, Environment & Ecology	4 Electrical Engineering, Electronics & Computer	5 Physics	6 Social Sciences	7 Engineering & Materials Science	8 Earth Sciences	9 Mathematics	10 Arts & Humanities	1 publication	2 publications	3 publications	4 publications	5 publications	6 à 10 publications	11 à 20 publications	21 à 50 publications	51 à 100 publications	>200 publications	nombre total de meso-champs impliqués	1 publication	2 publications	3 publications	4 publications	5 publications	6 à 10 publications	11 à 20 publications	21 à 50 publications	51 à 100 publications
EIPHI	EURE	138	8	33	1	14	57		22	1	2	16	3	3	1	1	5	2	1		32	27	11	3	5	4	2	2			54	
CBH-EUR-GS	EURE	219	76	120	20	3						26	13	5	4	3	3	5	1		60	62	19	7	6	1	6	2		103		
TSAE	EURE	1				1						1									1	1									1	
NanoX	EURE	48	1	28		1	18					10	3	2	1	1	2				19	19	5	1	1	1	1			28		
QMAT	EURE	6				6						1		1							2	2	2							4		
SLEIGHT	EURE	1		1								1									1	1								1		
LIGHT&T	EURE	1				1						1									1	1								1		
E4C	EURE	6				5	1					1			1						2	1	1	1						3		
NANO-PHOT	EURE	1		1								1									1	1								1		
SOLAR	EURE	2		2								2									2	2								2		
InHyMat-PV	MPGA	10		10												1					1						1			1		
TRAINER	MPGA	25		23			2					3	3	1		2					9	5	3	1	1	1				11		
APPAT	MPGA	2		2								1									1	1		1						1		
CAMELEON	MPGA	1		1								1									1	1								1		
VIBBNANO	NANB	23	15	8								4	2			1					7	4		2			1			7		

**Tableau XVIII** : Distribution des publications issues des EUR, MOPGA et NanoBio du domaine SMI par macro-champs et nombres de méso-champs et micro-champs concernés

## VIII- LA PRODUCTION SCIENTIFIQUE DU PIA DANS LES DOMAINES CHIMIE – PHYSIQUE – SCIENCES DES MATERIAUX ET DE L'INGENIEUR

### Préambule : éléments méthodologiques

Toutes les analyses de positionnement présentées s'appuieront sur la classification en *Citation Topics* proposée par InCites, avec ses trois niveaux emboîtés (macro / méso / micro).

Nous nous limiterons aux publications du type *articles* en écartant les *proceedings*. En effet, comme nous utiliserons de nouveau les données d'*InCites*<sup>TM</sup>, il s'avère que les indicateurs pré-calculés par *Clarivates*<sup>TM</sup> basés sur les citations reçues par les publications tiennent compte de la différenciation entre ces types de publications. Ainsi, dans un même micro-champ, il peut arriver qu'un *proceeding* de 2018 ayant reçu cinq citations figurera parmi les 10% les plus cités de sa catégorie alors qu'un article de la même année et dans le même champ ayant reçu 50 citations ne le sera pas.

Le **Tableau XIX** ci-dessous permet de voir qu'en moyenne, même si l'approche est très grossière, les *proceedings* reçoivent beaucoup moins de citations que les articles (qui eux-mêmes en reçoivent beaucoup moins que les *reviews*)<sup>14</sup>. Il semble toutefois y avoir des variations sensibles selon les domaines disciplinaires : les *proceedings* des domaines *4 Electrical Engineering, Electronics & Computer Science* et *8 Earth Sciences* sont en effet nettement plus cités que ceux des autres domaines.

Nous voyons aussi dans ce tableau qu'écartier les *reviews* ou les *proceedings* n'a pas le même impact en termes de volumes selon les disciplines : en *Clinical & Life Sciences*, les *reviews* représentent une part importante de l'ensemble des publications alors que ce sont les *proceedings* pour *Electrical Engineering, Electronics & Computer Science*. Pour les trois disciplines qui nous intéressent ici, cette restriction aux seuls articles a un impact moindre que dans ces deux disciplines et permet de retenir entre 88% et 92% des publications recensées.

<sup>14</sup> Il y a des exceptions, en mathématiques et en art et humanités, où les taux de citation sont en moyenne très faibles globalement.

macrochamp	# total de publications (2011-2020)							part articles	# de publications de 2018			taux moyen de citations des publications 2018		
	Article	Proceed.	Review	Editorial Material	Letter	Meeting Abstract	total		Article	Proceed.	Review	Article	Proceed.	Review
1 Clinical & Life Sciences	16 689	381	2 366	399	281	75	20 193	82,6%	2 663	60	377	23,8	2,6	49,3
2 Chemistry	8 819	191	533	14	2	12	9 572	92,1%	1 341	36	86	16,9	1,6	65,5
3 Agriculture, Environment & Ecology	6 876	51	490	79	7	24	7 529	91,3%	1 103	7	89	19,3	1,3	40,5
4 Electrical Engineering, Electronics & Computer Sc	1 976	1 368	38	7	3	4	3 396	58,2%	329	250	4	10,2	4,5	70,3
5 Physics	7 819	529	142	10	3	9	8 512	91,9%	1 189	103	28	22,7	1,5	57,6
6 Social Sciences	1 865	104	42	33	2		2 047	91,1%	349	18	8	9,6	2,0	12,5
7 Engineering & Materials Science	2 455	277	47	3	2	2	2 786	88,1%	431	58	8	12,1	2,2	50,3
8 Earth Sciences	3 437	56	115	11	2	2	3 623	94,9%	603	14	20	15,8	5,9	60,9
9 Mathematics	1 596	57	15	1	1		1 671	95,5%	283	9	5	6,2	3,0	6,6
10 Arts & Humanities	169	8	4	8			190	88,9%	24	2	1	6,0	1,5	8,0
total	51 701	3 022	3 792	565	303	129	59 519	86,9%	8 315	557	626			

**Tableau XIX** : Nombres de publications et taux moyen de citations selon les disciplines et les types de publications (base des publications associées à des projets PIA)

De plus, comme l'objectif principal de ce chapitre est de resituer la production scientifique associée à des projets PIA dans l'ensemble de la production nationale, nous nous limiterons également à des publications dont au moins un des co-auteurs a une adresse en France.<sup>15</sup>

Plusieurs objectifs sont visés :

- Montrer comment la production scientifique associée au PIA couvre les différents champs, en distinguant la part remerciant au moins un **LabEx** : ceci est l'objet des graphiques présents dans les **figures 23, 29, 32 et 35** ;
- Analyser les dynamiques temporelles de cette production scientifique (**Fig. 24, 25 et 26**), ces analyses étant importantes car elles permettent de distinguer une phase transitoire de montée en puissance, allant jusqu'à 2017, et une phase de « maturité » à partir de cette date, où la production scientifique semble avoir atteint un « plateau » (même s'il peut exister des variations à l'échelle des méso et micro-champs) ;
- Pour cette période la plus productive, relativiser ce volume de production scientifique du PIA, par rapport à l'ensemble des publications nationales,<sup>16</sup> à différents niveaux d'agrégation, depuis l'échelle des grands domaines scientifiques, jusqu'aux sous-domaines correspondant aux domaines SMI (chimie - physique - sciences des matériaux et de l'ingénieur). Ces analyses s'appuieront sur des indicateurs de type « part de marché », exprimés en pourcentage de la production nationale dans le domaine considéré et permettront d'identifier les domaines particulièrement bien couverts ainsi que les domaines mal couverts par le PIA (**Fig. 27, 30, 33 et 36**) ;
- Regarder le positionnement de la production scientifique du PIA en termes de citations reçues par rapport à l'ensemble de la production nationale. Nous nous limiterons pour cette analyse quantitative à un seul indicateur, basé sur le taux de présence dans les 10% des publications les plus citées au niveau mondial dans un domaine donné. Ces nombres sont donnés dans *InCites<sup>TM</sup>* par année à l'échelle de chaque micro-champ. Classiquement, en bibliométrie, ce nombre de publications est appelé  $P(\text{top } 10\%)$ <sup>17</sup> et peut être défini pour n'importe quel type d'acteur (un pays, une agence de financement, un laboratoire, une action du PIA, un projet spécifique...). A partir de ce nombre, nous pouvons calculer un indicateur de positionnement relatif, appelé  $PP(\text{top } 10\%)$ , qui consiste à diviser le  $P(\text{top } 10\%)$  par le nombre total de publications de l'acteur considéré. Comme il peut exister de petites variations au niveau mondial,<sup>18</sup> nous normaliserons cet indicateur en le divisant par sa valeur à l'échelle mondiale, de telle manière qu'une valeur de 1 indique que l'acteur se trouve exactement à la moyenne mondiale et qu'une valeur de 2 (par exemple) indique que cet acteur affiche proportionnellement deux fois plus de publications dans les tops 10% les plus cités au monde par rapport à la moyenne mondiale. Ces indicateurs sont présentés dans les **figures 28, 31, 34 et 37**. Notamment, les graphiques permettront de comparer ces indicateurs à l'échelle des méso-champs, pour cinq « acteurs » : le PIA dans son ensemble, la partie associée à des **LabEx**, la France dans son

<sup>15</sup> De fait, le nombre de publications associées à des projets du PIA et signées uniquement par des étrangers n'est pas négligeable : nous en avons dénombré 799 sur plus de 53 000 publications du PIA. Plusieurs raisons expliquent ces articles « étrangers » : le soutien via un **LabEx** ou un IDEX à un court séjour d'un professeur invité (qui, finalement, n'indique pas de rattachement au laboratoire qui l'a accueilli), l'écriture tardive d'un article alors que le chercheur qui avait bénéficié du soutien du PIA (via le financement de sa thèse ou de son post-doc par exemple) est parti à l'étranger, l'utilisation d'un **Equipex** par une équipe étrangère sans implication de collaborateurs français...

<sup>16</sup> Définies comme étant les publications co-signées par au moins un auteur ayant une adresse professionnelle en France. Il y en a proportionnellement beaucoup dans la thématique Math-Info (152 sur 6 327 publications), notamment parce que certains **LabEx** de ce domaine avaient utilisé une part du financement du PIA pour mettre en place des cycles d'accueils courts de professeurs étrangers.

<sup>17</sup> Voir par exemple <https://www.leidenranking.com/information/indicators>

<sup>18</sup> En effet, les articles *ex-aequo* en nombre de citations reçues peuvent conduire à avoir un peu moins que les 10% les plus cités dans le  $P(\text{top } 10\%)$  mondial.

ensemble, la France hors PIA et, enfin, l'Allemagne, pour notamment confronter la « performance » nationale et celle des projets du PIA pour cet indicateur à un pays comparable ;

- Ces indicateurs PP(top 10%) seront croisés avec un indicateur de mesure de la spécialisation de la production scientifique du PIA par rapport à la production nationale. Cet indicateur de spécialisation est défini de la manière suivante : à l'intérieur d'un domaine scientifique donné correspondant à un macro-champ des *Citation Topics*, nous calculons le poids de chaque méso-champ dans ce macro-champ pour les publications de cet acteur et divisons le tout par le même ratio calculé à l'échelle de la France entière. Cette normalisation par les publications nationales permet d'obtenir un indicateur pour lequel une valeur de 1 indique que le PIA montre une production scientifique dans un méso-champ donné qui est strictement dans la moyenne nationale par rapport à l'ensemble du macro-champ, et une valeur de 2 (par exemple) signifie que le PIA a produit proportionnellement dans le méso-champ considéré, deux fois plus de publications que la moyenne nationale dans le même méso-champ. Nous aurions pu normaliser ceci par rapport à l'ensemble des disciplines scientifiques au lieu de normaliser par rapport au macro-champ dans lequel s'inscrivent les méso-champs mais il nous a paru plus judicieux d'opter pour ce second choix, afin notamment d'éviter des effets d'influence entre disciplines très éloignées (par exemple, en étudiant les évolutions temporelles de ces indicateurs, nous ne voudrions pas que des dynamiques spécifiques au domaine SHS influencent les indicateurs portant sur des méso-champs de chimie) ;

- Enfin, de manière beaucoup moins systématique et beaucoup plus ponctuelle, identifier des articles issus de projets du PIA qui ont été particulièrement bien cités (top 1% les plus cités).

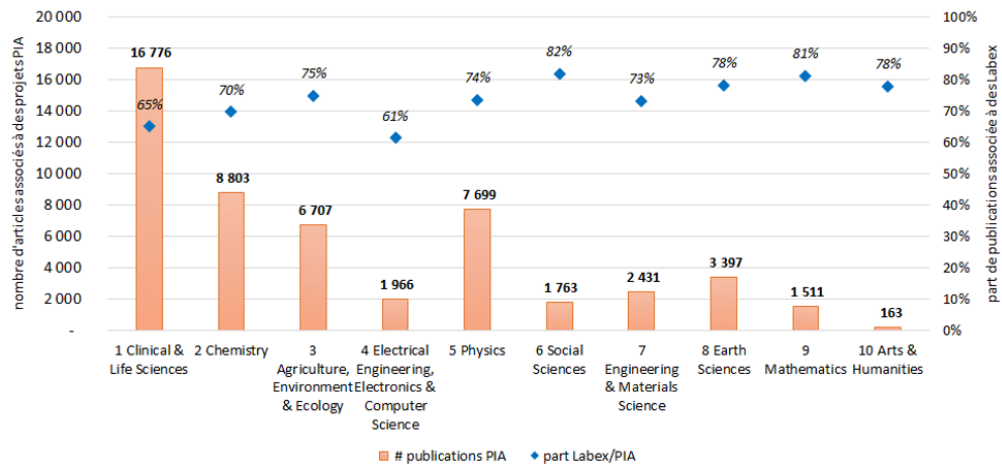
Ces indicateurs et les analyses correspondantes permettront de resituer la production associée au PIA au sein de la production nationale, à la fois en termes de volumes et de « visibilité » mesurée par les citations reçues (*a minima*, via les 10% des publications les plus citées), à différents niveaux d'agrégation de domaines scientifiques (basées sur la classification des *Citations Topics*). Cela conduit notamment à identifier les domaines qui semblent avoir été particulièrement bien couverts par le PIA et, *a contrario*, ceux qui ont été mal ou peu couverts comparativement à l'ensemble de la production nationale. Cela permettra également d'identifier si ce positionnement du PIA est associé à une proportion d'articles très cités sensiblement plus importante que la moyenne nationale.

Cependant, ces analyses ne permettent pas de répondre à d'autres questions particulièrement intéressantes pour comprendre les impacts du PIA, dépassant le cadre de cette synthèse thématique : par exemple, un soutien PIA important à un domaine particulier permet-il ou non d'augmenter la production scientifique nationale dans ce domaine par rapport à d'autres pays notamment ? Inversement, le manque de soutien s'est-il traduit par un recul global ? Sur les citations, est-il possible d'observer un effet PIA qui n'est pas simplement le constat que le PIA a permis de soutenir les meilleures équipes, avec un effet naturel où leur taux de présence parmi les articles les plus cités n'en est que le reflet ? Enfin existe-t-il une augmentation moyenne des taux d'articles nationaux parmi les plus cités au niveau mondial ?

Il est impossible de répondre à ces questions sans mener une étude approfondie, pour au moins deux raisons. D'une part, il faut en général construire des contrefactuels pertinents pour comparer des évolutions entre domaines qui auraient été particulièrement bien soutenus et des domaines peu soutenus. D'autre part, les dynamiques mondiales ne peuvent pas être occultées (par exemple, l'augmentation du nombre de publications chinoises dans certains domaines tels que la chimie ou la science des matériaux « écrase » les autres dynamiques ou les effets beaucoup plus faibles comme celui du financement du PIA).

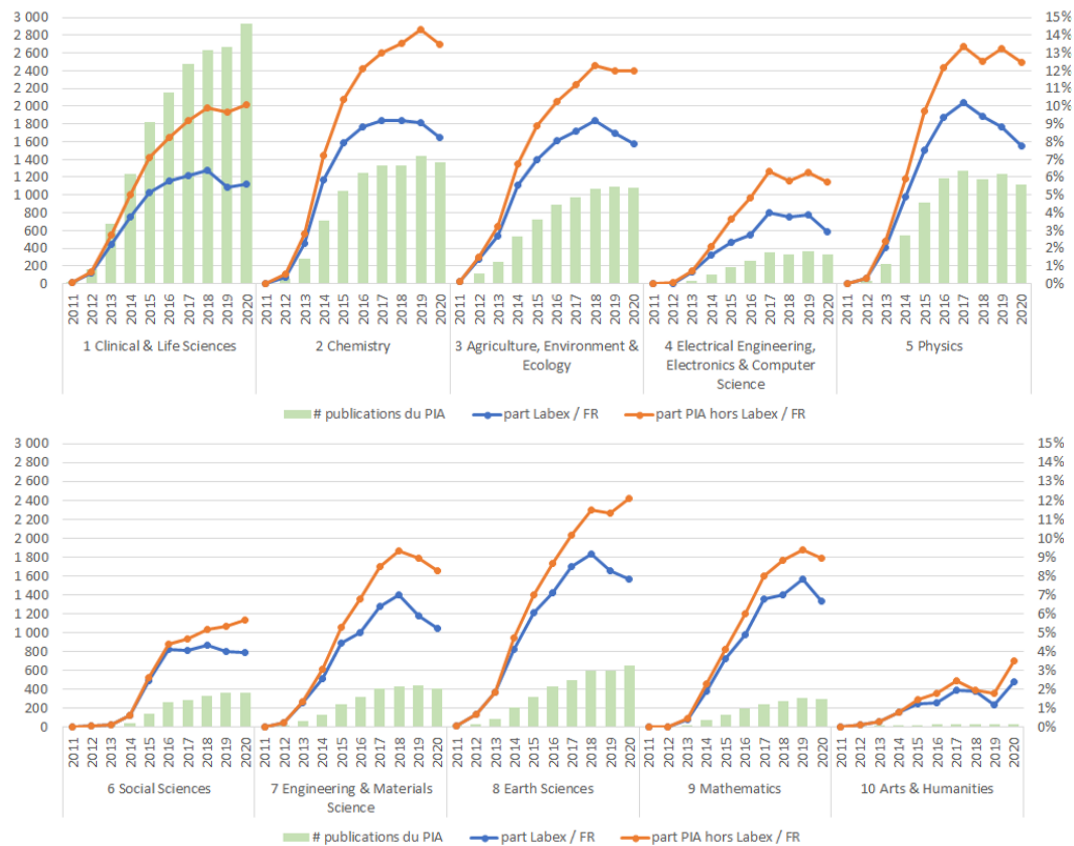
## 1) Eléments de positionnement global à l'échelle des macro-champs

Le premier diagramme (**Fig. 23**) présente la distribution de la production associée à des projets du PIA entre les différents grands domaines disciplinaires correspondant aux macro-champs des *Citation Topics*. Si le domaine « Clinical & Life Sciences » domine par le nombre d'articles, le cumul des trois domaines « Chemistry, Physics et Engineering & Materials Science », qui correspond, peu ou prou, aux sciences de la matière et de l'ingénierie, représente un volume plus important, avec un total de 18 933 articles. Une part toujours majoritaire de ces articles, quel que soit le domaine disciplinaire, est associée aux **LabEx**. Cependant, des variations sensibles sont observées selon les disciplines : le taux le plus bas (61%) apparaît en « Electrical Engineering, Electronics & Computer Science », en raison de la contribution significative des **IRT** dans ce domaine. Dans les sciences humaines et sociales (« Social Sciences » et « Arts & Humanities »), dans les sciences de la Terre et en mathématiques, cette part associée aux **LabEx** est très élevée (supérieure à 78%).



**Figure 23 :** La production scientifique par grand domaine disciplinaire des projets du PIA

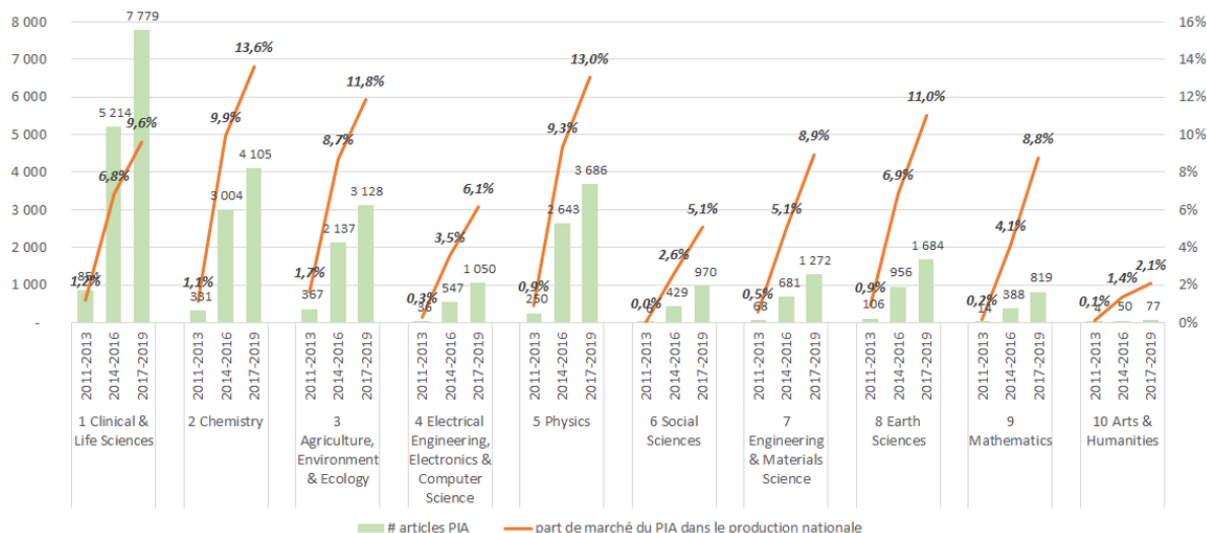
Les graphiques suivants (**Fig. 24, 25 et 26**) présentent la part des publications associées à des projets du PIA, celle-ci progressant au fil du temps dans les différents grands domaines scientifiques. Pour les données de la **figure 25**, nous avons adopté un découpage triennal qui permet, lors des analyses à l'échelle des méso-champs, de s'affranchir de fluctuations non significatives d'une année sur l'autre et de mieux distinguer les tendances globales.



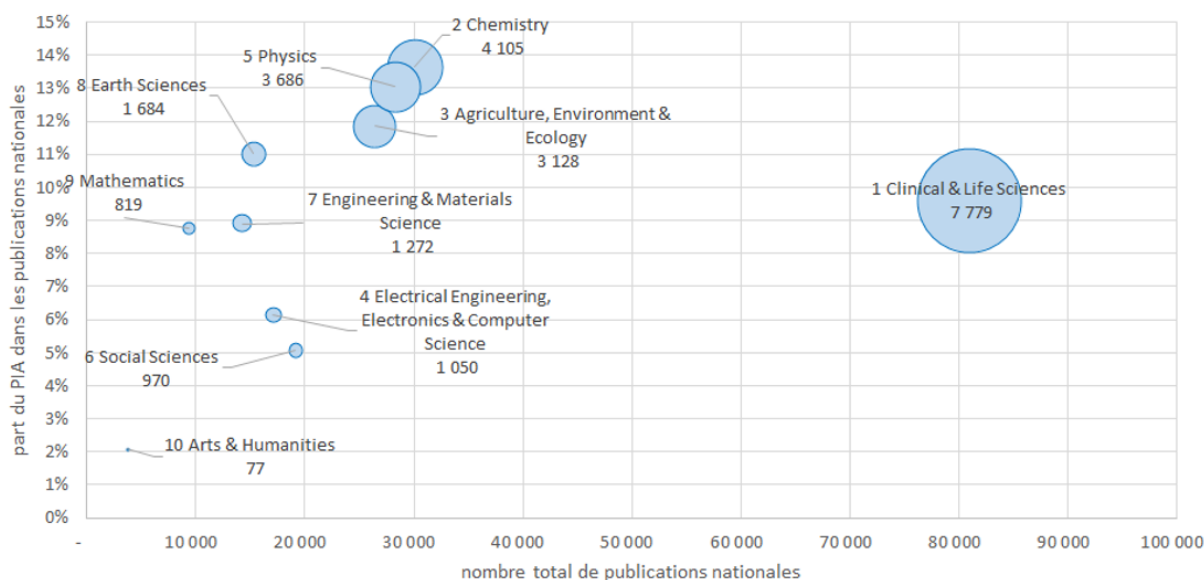
**Figure 24 :** Evolution de la part de la production scientifique du PIA dans la production nationale par grand domaine scientifique avec indication de la part **LabEx**

Le premier constat indique que le taux de publications du PIA dans l'ensemble des publications nationales progresse jusqu'en 2017 environ pour atteindre un quasi-plateau, avec une légère variabilité selon les domaines (le plateau est atteint plus tôt en « Clinical and Life Sciences » comparativement à « Earth Sciences » par exemple).

Le second constat est que ces plateaux correspondent à des taux fort différents entre domaines scientifiques: alors que, en « Chemistry », les publications associées au PIA représentent 13,5% de la production nationale entre 2017 et 2019, en « Arts & Humanities », elles ne représentent que 2,8% pour la même période.



**Figure 25 :** Evolution de la part de la production scientifique du PIA dans la production nationale par grand domaine scientifique



**Figure 26 :** Part de la production scientifique du PIA dans la production nationale par grand domaine scientifique versus nombre total de publications françaises entre 2017 et 2019

Les sections suivantes, chacune consacrée aux disciplines liées à **SMI**, permettent d'identifier l'origine de ces disparités à l'échelle des méso-champs, voire des micro-champs.

## 2) Le domaine de la chimie

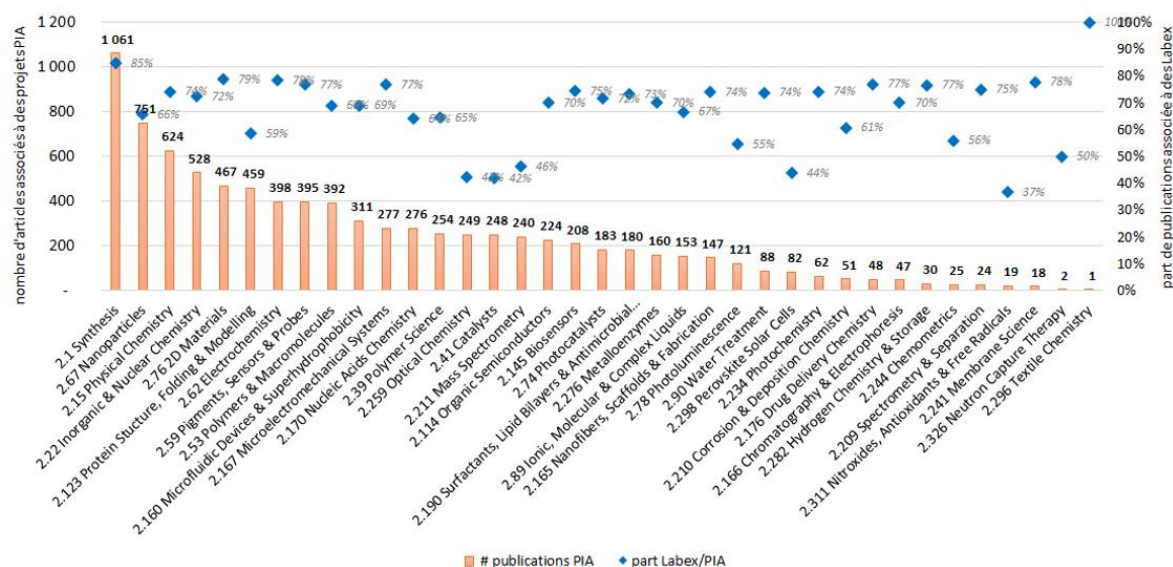
Ce domaine est subdivisé en 37 méso-champs, eux-mêmes composés de 267 micro-champs. Nous pouvons noter que si la plupart des micro-champs recueillent des publications du PIA issues très majoritairement de **LabEx** (en général, entre 65% et 85% des publications du PIA), il existe quelques exceptions notables (**Fig. 27**):

- 2.41 *Catalysts* : en effet, dans ce méso-champ, deux **Equipex**, **REALCAT** et **ROCK**, ont des contributions significatives ;

- 2.259 *Optical Chemistry* : ce sont des projets INBS (France Bio-imaging notamment) qui sont associés à une part importante des publications, notamment dans les micro-champs 2.259.815 *Fluorescence Correlation Spectroscopy* et 2.259.1468 *Two-Photon Absorption* ;

- 2.114 *Mass Spectroscopy* : ce sont de nouveau des projets INBS qui contribuent, principalement ProFI mais aussi FRISBI et METABOHUB et les micro-champs concernés sont 2.211.990 *Metabolomics*, 2.211.497 *Proteomics* et 2.211.304 *MALDI* ;

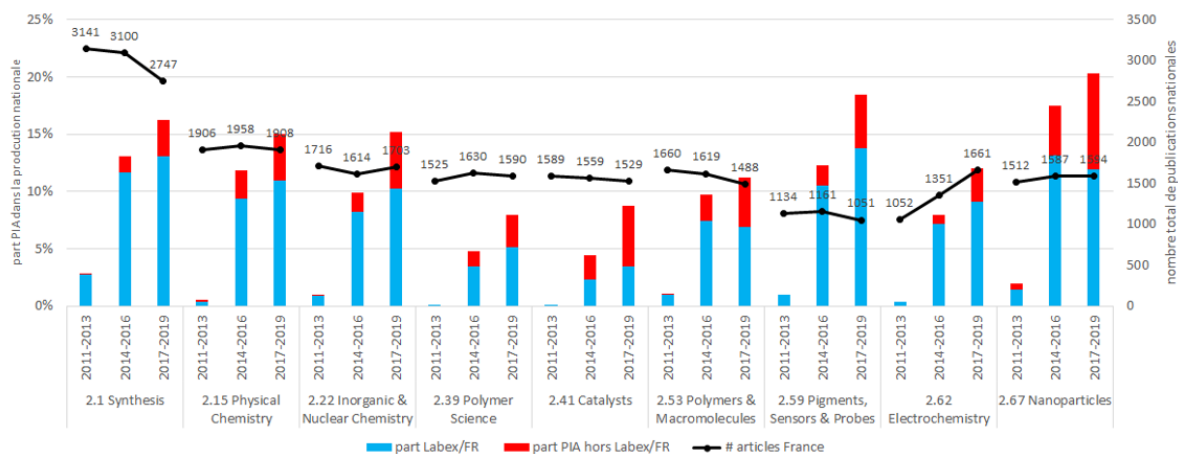
- 2.78 *Photoluminescence* : en plus des **LabEx**, ce sont surtout des IDEX (sans indication de projets d'autres actions) qui contribuent à ce méso-champ, et notamment l'IDEX Bordeaux ainsi que l'IDEX SUPER ;
- 2.298 *Perovskite Solar Cells* : les contributions hors **LabEx** viennent principalement d'IDEX (IDEX Bordeaux, UNITI, PSL, SUPER...) et, pour partie de l'ITE **IPVF** ainsi que du projet **MOPGA** dédié au photovoltaïque (**InHyMat-PV**). Cette faible part des LabEx s'explique ici par le fait qu'il s'agit d'un domaine de recherche qui a émergé postérieurement aux deux vagues de sélection des LabEx et qu'il n'a pu être vraiment soutenu que *via* les IDEX ;
- 2.244 *Chemometrics* et 2.311 *Nitroxides, Antioxydants & Free Radicals* : dans ces deux derniers cas, nous sommes sur des petits nombres de publications associées à des projets du PIA, et les pourcentages perdent de leur pertinence.



**Figure 27** : La production scientifique des projets du PIA par méso-champs du domaine de la chimie

Les quatre graphiques suivants (**Fig. 28**) présentent l'évolution de la part de marché du PIA dans les publications nationales sur trois périodes triennales (2011-13, 2014-16 et 2017-19) pour chacun des méso-champs. Ces graphiques indiquent aussi les dynamiques de publications nationales, éléments intéressants à regarder pour identifier un domaine en expansion scientifique (*a minima* au niveau français) ou inversement en régression. Nous remarquons ainsi l'explosion du nombre de publications associées au méso-champ 2.298 *Perovskite Solar Cells*, qui passe de 40 entre 2011 et 2013 à 262 entre 2017 et 2019.

Nous observons en général une forte croissance entre les deux premiers triennaux, suivie d'un net ralentissement, sauf dans quelques cas où des actions hors **LabEx** ont notamment permis d'assurer une croissance significative ultérieure de cette part de marché. Un autre point notable est que les parts de marché du PIA sur la période 2017-19 sont très différenciées selon les domaines, allant de moins de 3% pour certains méso-champs, à plus de 20% pour d'autres.

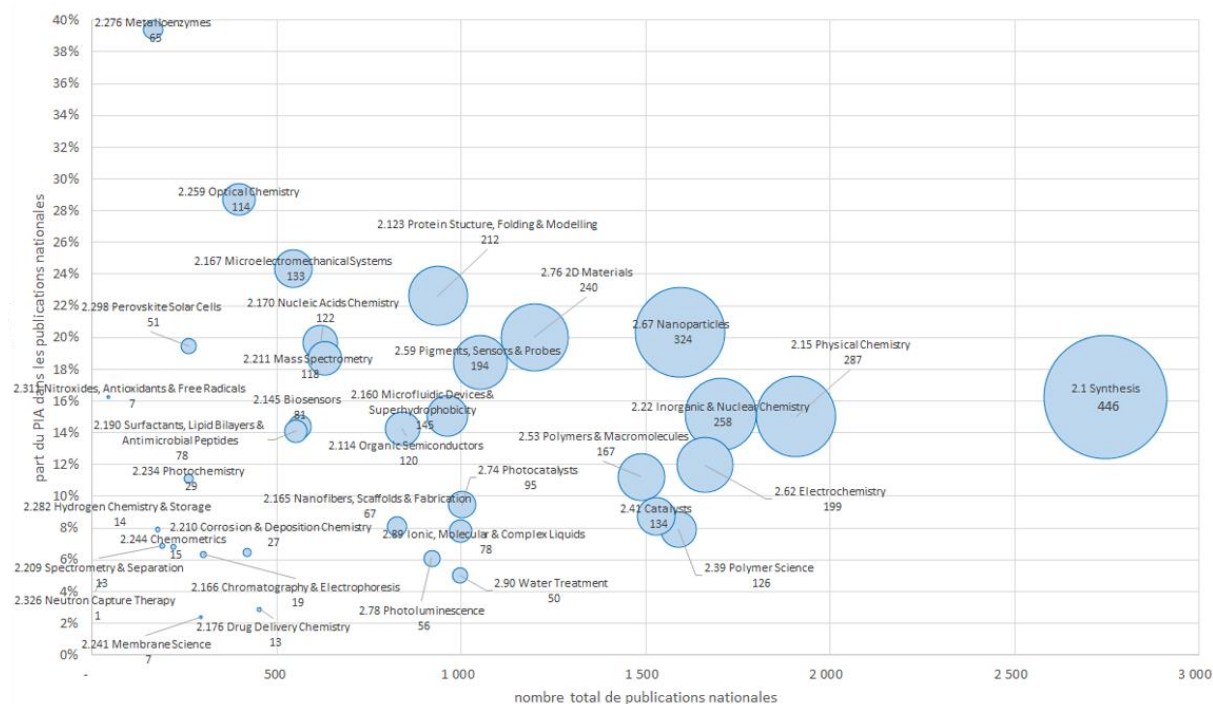




**Figure 28** : Evolution de la part de la production scientifique du PIA dans la production nationale par méso-champ dans le domaine de la chimie

Nous identifions six domaines avec un nombre significatif de publications nationales sur la période 2017-19 (plus de 500) qui sont plutôt mal couverts par le PIA (**Fig. 29**): 2.39 *Polymer Science* / 2.41 *Catalysts* / 2.78 *Photoluminescence* / 2.89 *Ionic, Molecular & Complex Liquids* / 2.90 *Water Treatment* / 2.165 *Nanofibers, Scaffolds & Fabrication*. Le méso-champ 2.176 *Drug Delivery Chemistry* est également très mal couvert, avec seulement 13 publications associées à des projets PIA parmi 453 publications nationales (2,9%). A l'inverse, sept domaines avec un nombre significatif de publications nationales sur la période 2017-19 (plus de 500) apparaissent plutôt bien couverts par le PIA : 2.67 *Nanoparticles* / 2.76 *2D Materials* / 2.59 *Pigments, Sensors & Probes* / 2.123 *Protein Structure, Folding & Modelling* / 2.167 *Microelectromechanical Systems* / 2.170 *Nucleic Acids Chemistry* / 2.211 *Mass Spectrometry*. A noter que deux de ces domaines relèvent des nanosciences et deux autres de la chimie du vivant. Enfin, se distingue un domaine très bien couvert par le PIA, mais à la production scientifique totale assez modeste : 2.276 *Metalloenzymes*.



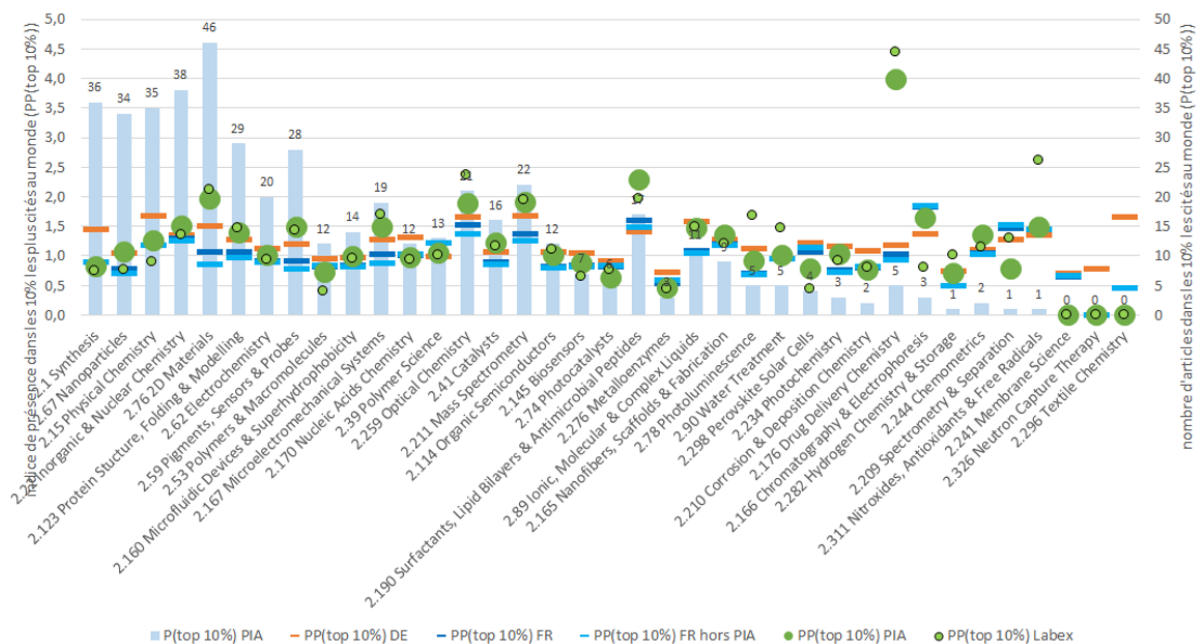


**Figure 29** : Part de la production scientifique du PIA dans la production nationale par méso-champ dans le domaine de la chimie, versus nombre total de publications françaises entre 2017 et 2019

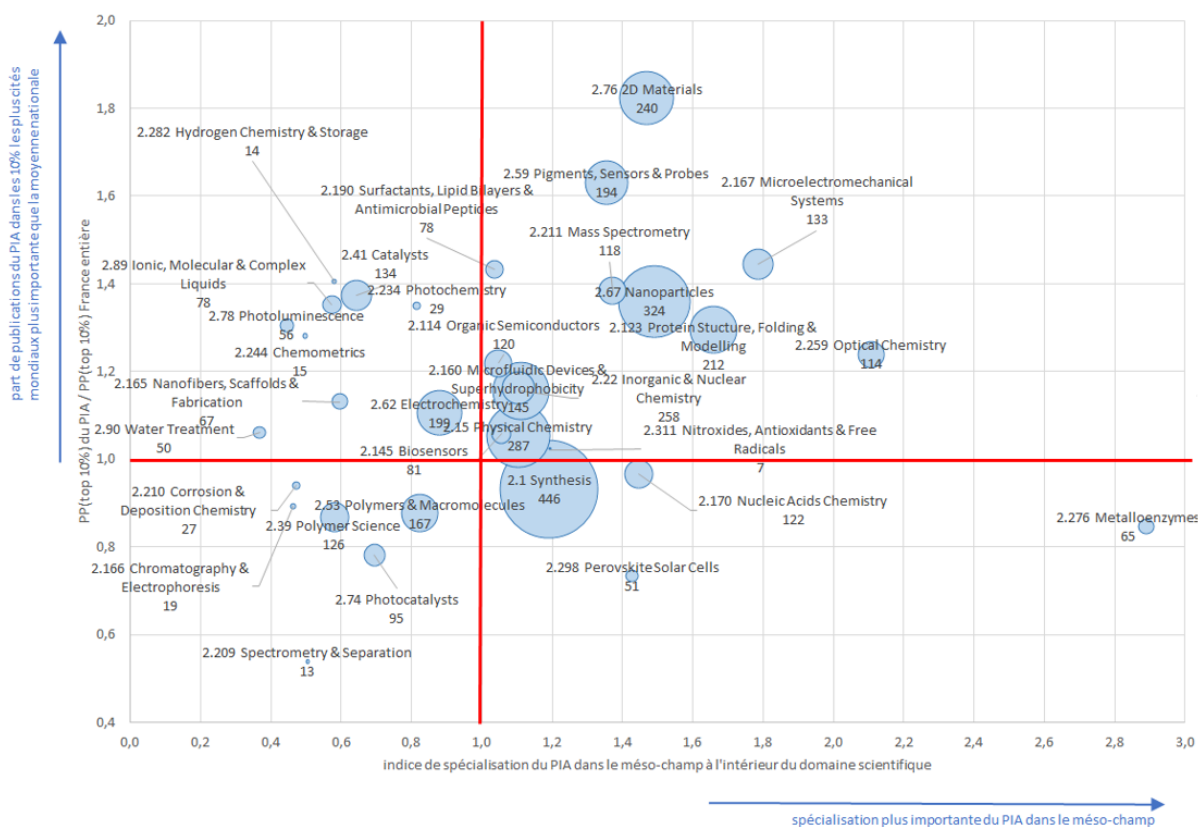
Les analyses des indicateurs basées sur les citations sont un peu délicates pour beaucoup de méso-champs, en raison des faibles effectifs d'articles du PIA qu'ils contiennent. Ainsi, le méso-champ 2.176 Drug Delivery Chemistry présente un  $PP(top\ 10\%)$  très élevé (3,24) pour les publications du PIA mais l'effectif est très réduit ( $P(top\ 10\%)=4$ ). Pour les méso-champs avec des effectifs plus pertinents statistiquement, nous voyons des situations contrastées (**Fig. 30** et **31**):

- un groupe de méso-champs associé aux nanosciences (2.67 Nanoparticles, 2.76 2D Materials, 2.165 Nanofibers, Scaffolds & Fabrication...) présente des indicateurs PIA sensiblement meilleurs comparés à ceux de la France entière ;

- à l'inverse, des méso-champs associés à la science des polymères (2.39 Polymer Science, 2.53 Polymers & Macromolecules) présentent des indicateurs  $PP(top\ 10\%)$  pour le PIA qui sont relativement plus faibles que pour la France entière, alors même que ces champs ont été assez mal couverts. Nous retrouvons aussi dans cette catégorie le méso-champ 2.74 Photocatalysts. Et si le méso-champ 2.276 Metalloenzymes a été plutôt très bien couvert par le PIA, les publications correspondantes montrent un  $PP(top\ 10\%)$  sensiblement inférieur à la moyenne nationale (même si nous sommes là encore sur des petits nombres, avec seulement 65 publications PIA recensées sur la période 2017-19).

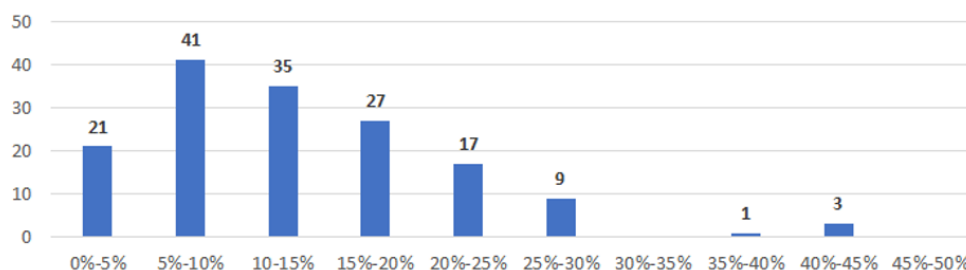


**Figure 30 :** Indices de présence dans les 10% des publications les plus citées au monde



**Figure 31 :** Indices de spécialisation versus présence dans les articles les plus cités français

Enfin, nous nous sommes intéressés à l'échelle des micro-champs, en nous limitant aux micro-champs regroupant au moins 50 publications nationales sur la période 2017-19, ce qui correspond à 154 des 267 micro-champs de la chimie. Ces 154 micro-champs se distribuent de la manière présentée dans le graphique ci-dessous (**Fig. 32**), en fonction de leur « part de marché » PIA sur la période 2017-19. Nous rappelons que le taux moyen de présence d'articles du PIA dans la production française en chimie est, pour cette période, de 13,6%.



**Figure 32** : Distribution de 154 des 267 micro-champs de la chimie, selon leur part de publications PIA

Nous avons cherché à identifier les micro-champs qui s'écartent le plus de cette moyenne. Vingt micro-champs sont très en dessous de la moyenne de la chimie, avec moins de 5% de leurs publications associées à des projets du PIA. Nous retrouvons notamment dans ces micro-champs mal couverts par le PIA :

- des sujets associés au traitement de l'eau (2.90.27 Adsorption, 2.90.313 Electrocoagulation) ou groupés dans le méso-champ 2.241 Membrane Science mais toujours liés au traitement de l'eau et plus généralement à la manipulation de fluides (2.241.1037 Pervaporation, 2.241.270 Nanofiltration). Nous pouvons aussi y rattacher 2.166.423 Capillary Electrochromatography qui correspond également à des techniques basées sur la manipulation de fluides (électro-osmose) et 2.89.72 Vapor-Liquid Equilibria ;
- des sous-domaines de la science de polymères (2.39.539 Blends, 2.1.229 Ethylene Polymerization, 2.39.998 PVC, 2.39.540 Flame Retardancy, 2.165.844 Electrospinning, 2.53.1451 Dendrimers) ;
- quelques sujets sur la délivrance de médicaments.

Méso-champ	Micro-champ	FR-2017-2019	PIA 2017-19	part PIA/FR
2.176 Drug Delivery Chemistry	2.176.140 Solid Dispersion	148	2	1,4%
2.78 Photoluminescence	2.78.773 New Mineral	126	2	1,6%
2.166 Chromatography & Electrophoresis	2.166.423 Capillary Electrochromatography	61	1	1,6%
2.241 Membrane Science	2.241.1037 Pervaporation	59	1	1,7%
2.241 Membrane Science	2.241.270 Nanofiltration	194	4	2,1%
2.39 Polymer Science	2.39.539 Blends	88	2	2,3%
2.90 Water Treatment	2.90.313 Electrocoagulation	262	6	2,3%
2.176 Drug Delivery Chemistry	2.176.771 Stratum Corneum	131	3	2,3%
2.1 Synthesis	2.1.229 Ethylene Polymerization	190	5	2,6%
2.90 Water Treatment	2.90.27 Adsorption	334	10	3,0%
2.170 Nucleic Acids Chemistry	2.170.877 Minor Groove	66	2	3,0%
2.210 Corrosion & Deposition Chemistry	2.210.137 Corrosion	285	9	3,2%
2.39 Polymer Science	2.39.998 PVC	60	2	3,3%
2.176 Drug Delivery Chemistry	2.176.878 Cocrystals	113	4	3,5%
2.39 Polymer Science	2.39.540 Flame Retardancy	225	8	3,6%
2.41 Catalysts	2.41.366 Selective Catalytic Reduction	167	7	4,2%
2.89 Ionic, Molecular & Complex Liquids	2.89.72 Vapor-Liquid Equilibria	250	11	4,4%
2.53 Polymers & Macromolecules	2.53.1451 Dendrimers	90	4	4,4%
2.123 Protein Structure, Folding & Modelling	2.123.778 QSAR	67	3	4,5%
2.210 Corrosion & Deposition Chemistry	2.210.791 Electrodeposition	67	3	4,5%
2.165 Nanofibers, Scaffolds & Fabrication	2.165.844 Electrospinning	87	4	4,6%

**Tableau XX** : Micro-champs avec une part très faible de PIA dans la production nationale

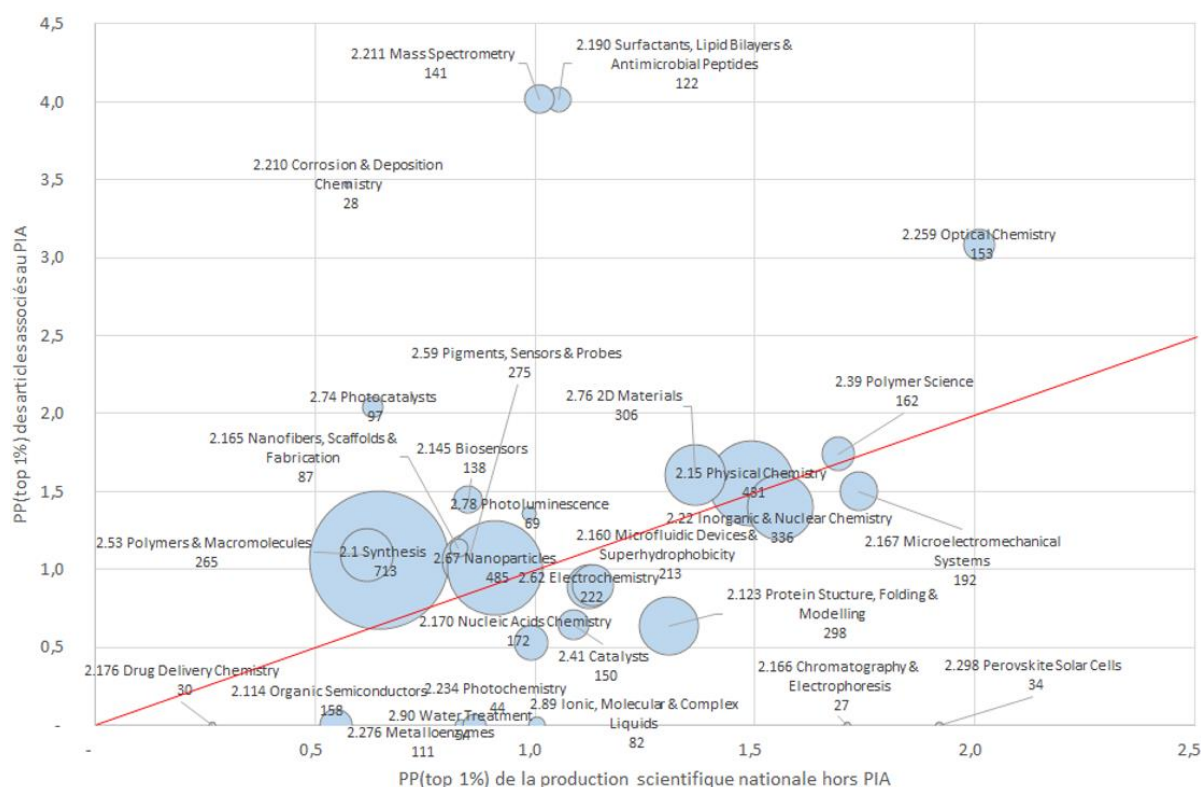
Inversement, 13 micro-champs sont largement au-dessus de la moyenne de la discipline, dont quatre avec plus de 35% de publications associées à des projets du PIA. Ces micro-champs portent sur des sujets assez divers, sans qu'il soit possible d'identifier un plus vaste domaine particulièrement bien couvert par le PIA. Cela est probablement dû à l'effet de concentration et de spécialisation scientifique : en général, pour un micro-champ donné, le nombre d'équipes en France qui y contribuent est restreint et il suffit alors que le PIA ait apporté des financements significatifs à une ou deux de ces équipes pour que ce taux de couverture par le PIA devienne important.

Méso-champ	Micro-champ	FR-2017-2019	PIA 2017-19	part PIA/FR
2.276 Metalloenzymes	2.276.654 Hydrogenase	129	58	45,0%
2.59 Pigments, Sensors & Probes	2.59.290 bpy	58	24	41,4%
2.22 Inorganic & Nuclear Chemistry	2.22.1421 Hemocyanin	77	31	40,3%
2.259 Optical Chemistry	2.259.815 Fluorescence Correlation Spectroscopy	191	74	38,7%
2.170 Nucleic Acids Chemistry	2.170.185 Ribosome	228	65	28,5%
2.259 Optical Chemistry	2.259.1468 Two-Photon Absorption	117	33	28,2%
2.1 Synthesis	2.1.1402 Click Chemistry	142	40	28,2%
2.1 Synthesis	2.1.522 Thioglycosides	108	29	26,9%
2.1 Synthesis	2.1.883 Trifluoromethylation	150	40	26,7%
2.76 2D Materials	2.76.544 MoS2	322	85	26,4%
2.123 Protein Structure, Folding & Modelling	2.123.248 Solid-State NMR	316	83	26,3%
2.59 Pigments, Sensors & Probes	2.59.1261 Self-Assembly	128	33	25,8%
2.76 2D Materials	2.76.1524 Boron Nitride	60	15	25,0%

**Tableau XXI** : Micro-champs avec une part très significative de PIA dans la production nationale

Nous terminons cette section par un regard sur les articles appartenant aux 1% les plus cités au monde dans leur catégorie. A l'échelle des méso-champs, nous constatons des situations assez contrastées même s'il faut se méfier de l'effet des petits nombres (**Fig. 33**):

- un nombre relativement important de méso-champs où la production scientifique hors PIA présente un taux plus fort d'articles très cités par rapport à la production du PIA, notamment, parmi les méso-champs avec des effectifs significatifs d'articles du PIA, 2.41 Catalysts, 2.62 Electrochemistry, 2.123 Protein Structure, Folding & Modelling et 2.170 Nucleic Acids Chemistry ; 2.276 Metalloenzymes ne montre aucun article du PIA parmi les 1% les plus cités mondiaux, alors que c'est un des méso-champs les mieux couverts par le PIA (nous avons aussi vu précédemment que son indicateur PP(top 10%) était en dessous de la moyenne mondiale) ;
- deux méso-champs pour lesquels il existe très nettement plus d'articles très cités que dans le reste des publications nationales : 2.190 Surfactants, Lipid Bilayers & Antimicrobial Peptides et 2.211 Mass Spectrometry.



**Figure 33** : Indicateurs d'impact PP(top 1%) en regard de la production nationale hors PIA

### 3) Le domaine de la physique

Ce domaine est subdivisé en 27 méso-champs, eux-mêmes composés de 169 micro-champs. Le graphique suivant (**Fig. 34**) montre une distribution très variable des tailles de méso-champs, avec notamment quelques méso-

champs rassemblant plus de 500 publications du PIA. Pour la très large majorité de ces méso-champs, les **LabEx** contribuent à au moins les deux-tiers des publications recensées.

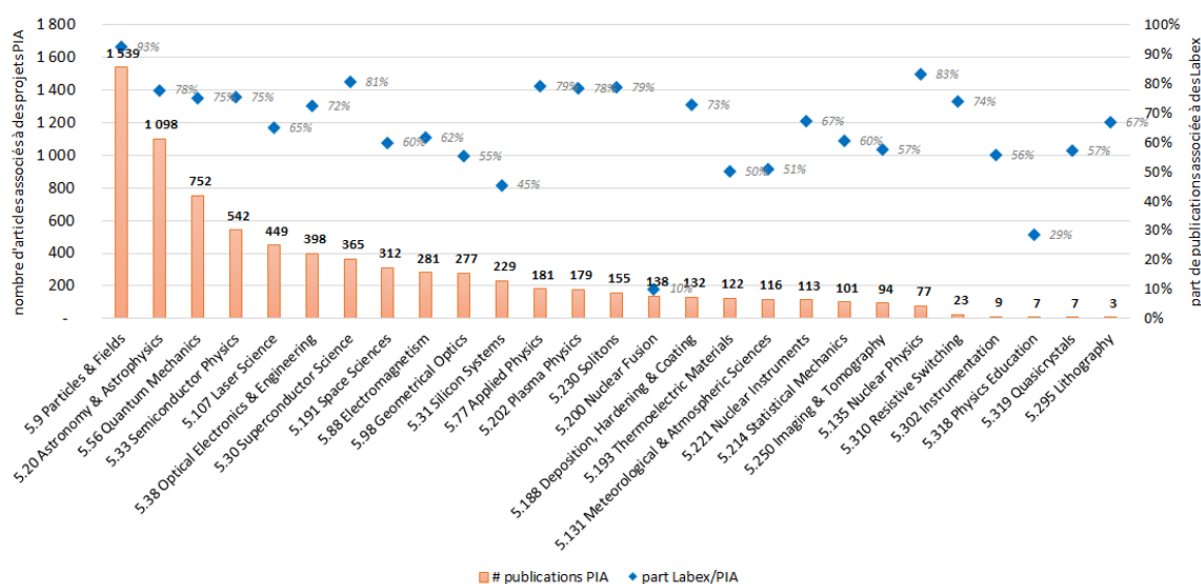
Il y a toutefois quelques exceptions, notamment :

- 5.98 *Geometrical Optics* : des IDEX y contribuent aussi de manière significative, indépendamment des **LabEx**, ainsi que des **IRT (Jules Verne)** principalement, dans le micro-champ 5.98.1073 *Digital Holography* ainsi que **Nanoelec** et **Saint Exupéry**) et des **Equipex (NANOIMAGES-X, UNION)** ;

- 5.31 *Silicon Systems* : nous retrouvons là aussi des contributions significatives de deux **IRT (Nanoelec et Saint Exupéry)** mais surtout d'**ITE** (en solaire photovoltaïque à base de silicium, avec **IPVF** et **INES.2S**, sur l'électronique de puissance basée sur les matériaux SiC avec **SuperGrid Institute** et **VeDeCoM**) et d'**Equipex (FDSoI11)** surtout, qui apparaît assez fréquemment en conjonction avec l'**ITE Nanoelec** dans ce domaine, et aussi **ExCELSiOR** et **TEMPOS**) ;

- 5.193 *Thermoelectric Materials* : en dehors des **LabEx**, la contribution la plus significative vient de l'**ITE IPVF** dans le micro-champ 5.193.405 CIGS (les trois-quarts des publications du PIA dans ce sous-domaine sont associées à **IPVF**) et plus marginalement d'**Equipex** (principalement **EQUIP@MESO**) ;

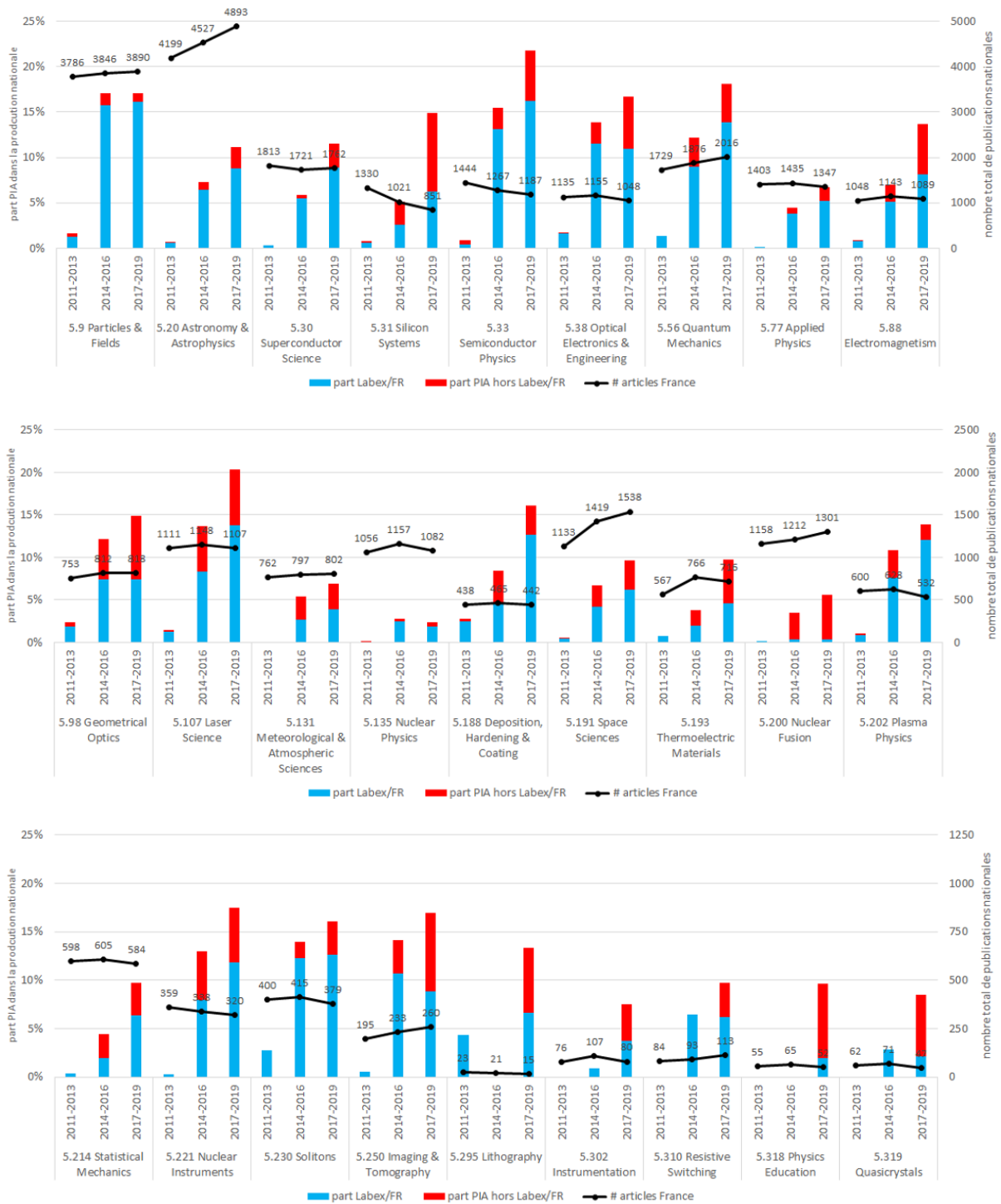
- 5.131 *Meteorological & Atmospheric Science* : dans ce cas, ce sont surtout des IDEX qui contribuent, ainsi que l'**Equipex EQUIP@MESO** (dans le micro-champ 5.131.81 *Solar Wind*). Il n'y a que deux **LabEx** dont la contribution est significative (**PLAS@PAR** et **UnivEarthS**).



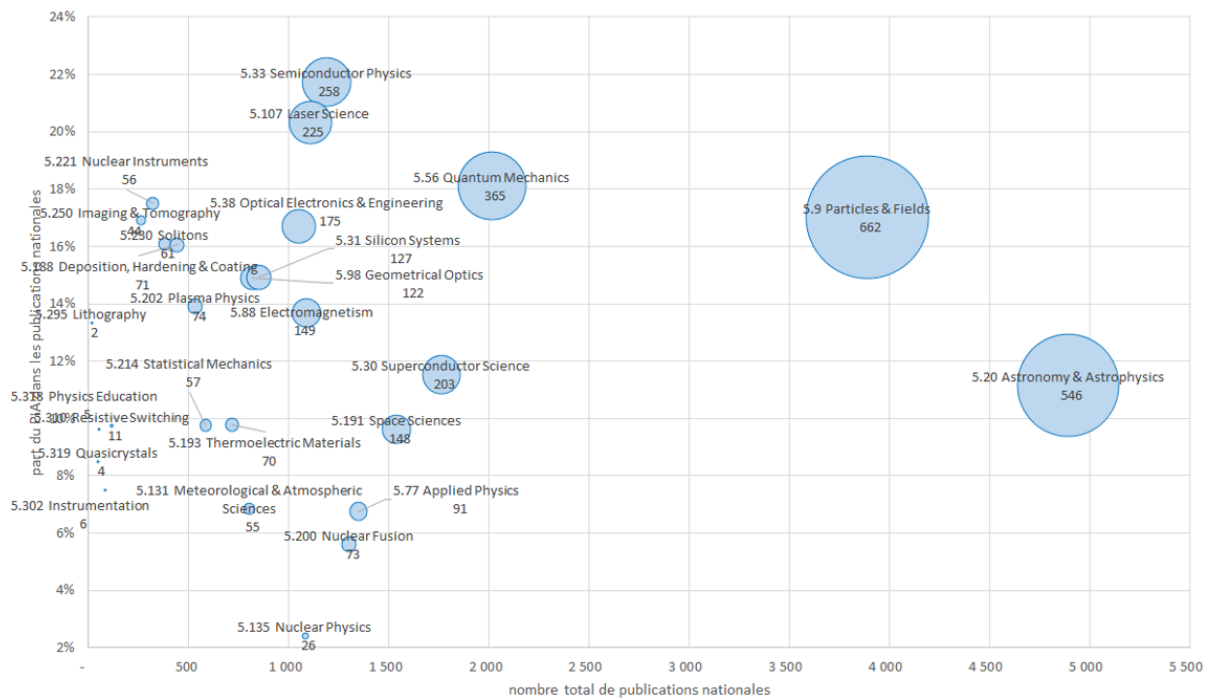
**Figure 34** : La production scientifique des projets du PIA par méso-champ du domaine de la physique

Les trois graphiques suivants (**Fig. 35**) montrent l'évolution des parts de marché de la production scientifique associée au PIA dans l'ensemble des publications nationales, distinguant la contribution spécifique des **LabEx**. Nous voyons que dans les domaines où les autres types d'actions (**IRT**, **ITE**...) que les **LabEx** ont une contribution significative, la progression a pu être importante entre les périodes 2014-16 et 2017-19 : 5.31 *Silicon Systems*, 5.33 *Semiconductor Physics*, 5.88 *Electromagnetism*, 5.193 *Thermoelectric Materials*... Nous notons aussi que les parts de marché sur la période 2017-19 peuvent être très différentes selon les domaines (**Fig. 36**). Certains domaines sont très mal couverts par le PIA, alors qu'ils représentent des volumes de publications importants en France. Il s'agit notamment du domaine de la physique nucléaire et de la fusion nucléaire, et, dans une moindre mesure, de l'instrumentation et de la physique appliquée, des sciences atmosphériques et météorologiques et des sciences spatiales. A noter que ces deux derniers méso-champs concernent des domaines scientifiques proches : l'atmosphère terrestre (micro-champs 5.131.1131 *Dusty Plasma*, 5.131.331 *Magnetosphere*, 5.131.458 *Ionosphere*, 5.131.81 *Solar Wind*) ou celles des planètes du système solaire notamment, et plus globalement le système solaire (micro-champs 5.191.1318 *Saturn*, 5.191.151 *Asteroids*, 5.191.995 *Mars*) quasiment exclusivement couvert par le Labex UnivEarthS seulement : la raison est que l'autre gros pôle français de recherche dans ces domaines, à Toulouse, n'a pas été intégré dans un **LabEx** ou une autre action du PIA.

Inversement, d'autres domaines présentent des taux élevés de publications PIA dans la production nationale : la physique des semi-conducteurs ou la science des lasers notamment.

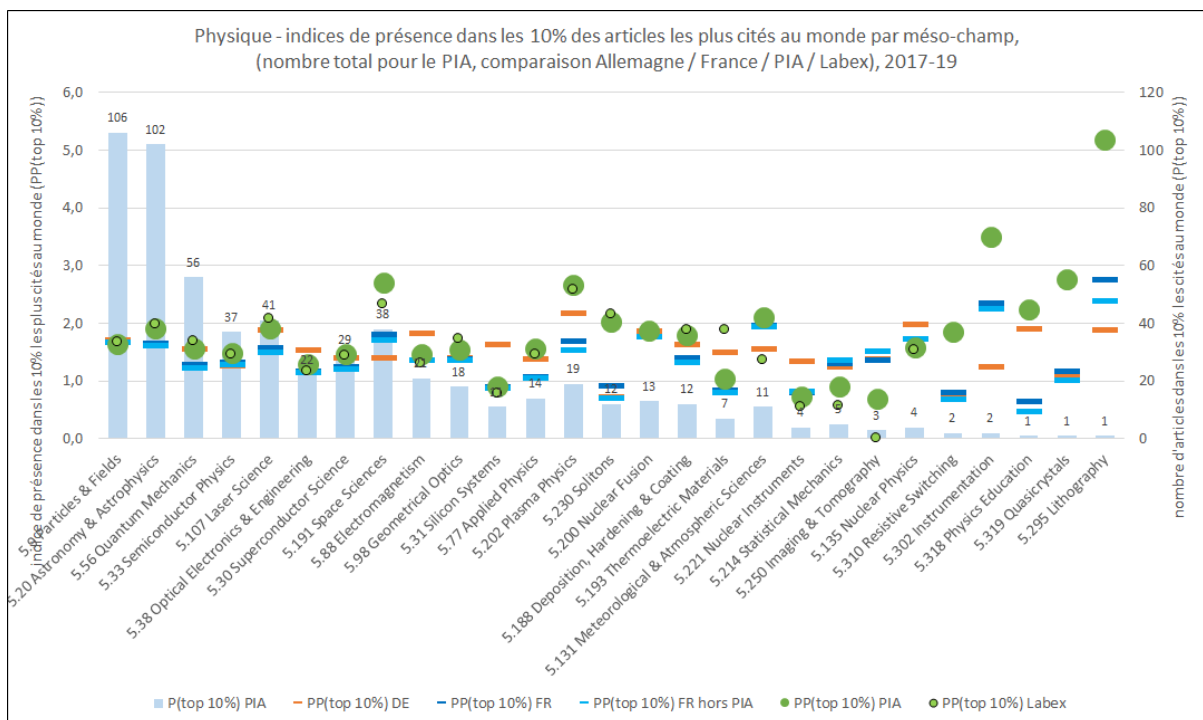


**Figure 35 :** Evolution de la part de la production scientifique du PIA dans la production nationale par méso-champ dans le domaine de la physique

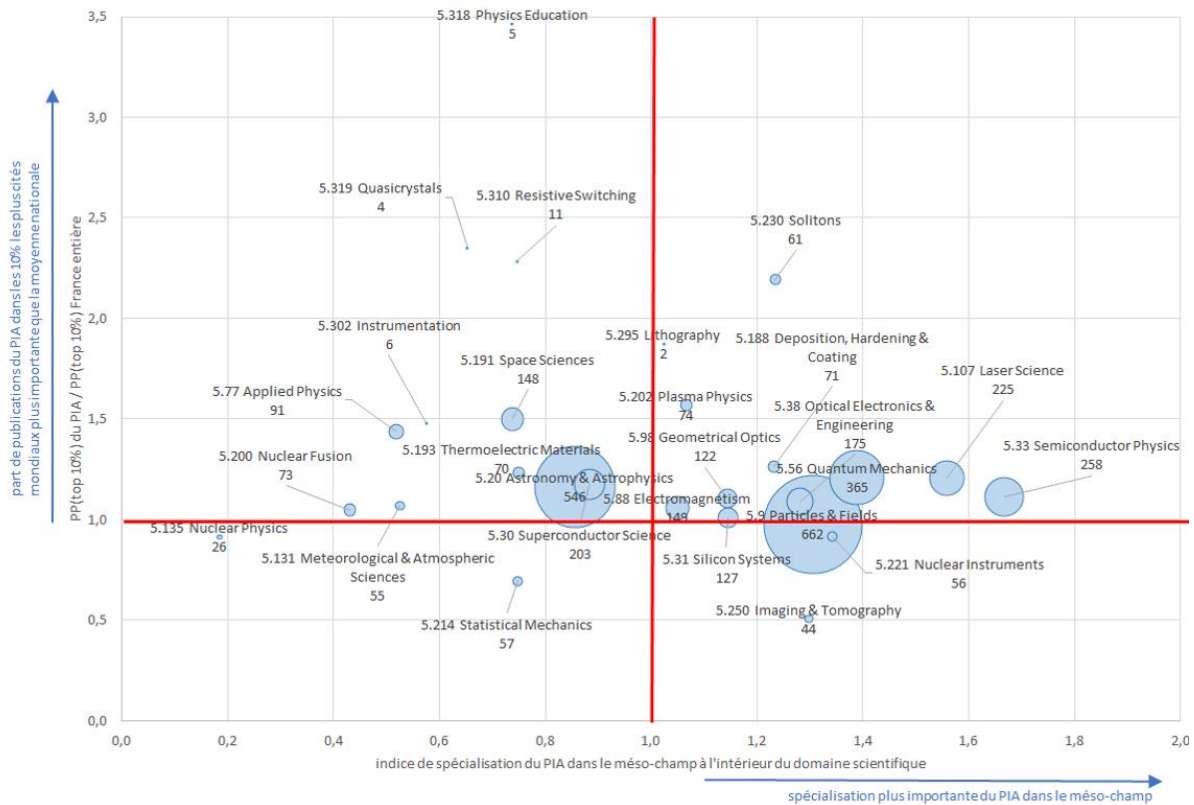


**Figure 36 :** Part de la production scientifique du PIA dans la production nationale par méso-champ dans le domaine de la physique, versus nombre total de publications françaises entre 2017 et 2019

D'une manière générale, pour pratiquement tous les méso-champs présentant un nombre significatif de publications associées à des projets du PIA, l'indicateur d'impact  $PP(top\ 10\%)$  du PIA est supérieur à celui de la France entière (Fig. 37 et 38). Ce point est particulièrement marqué pour les méso-champs 5.191 *Space Sciences* et 5.202 *Plasma Physics*. Pour le méso-champ 5.191 *Space Sciences*, c'est sans doute un effet de la sélectivité, peu d'équipes travaillant dans ce domaine ayant bénéficié d'un financement du PIA, comme nous l'avons vu plus haut. Les seules exceptions sont 5.214 *Statistic Mechanics* et 5.250 *Imaging & Tomography* (mais ce sont de petits effectifs : avec une publication en plus dans le  $P(top\ 10\%)$ , ces deux méso-champs seraient dans la norme PIA).

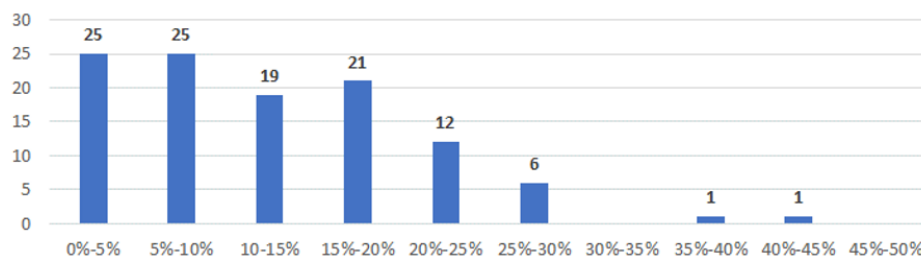


**Figure 37 :** Indices de présence dans les 10% des publications les plus citées au monde



**Figure 38** : Indices de spécialisation versus présence dans les articles les plus cités français

Enfin, nous nous sommes intéressés à l'échelle des micro-champs, en nous limitant aux micro-champs regroupant au moins 50 publications nationales sur la période 2017-19, ce qui correspond à 110 des 169 micro-champs de la physique. Nous rappelons que le taux moyen de présence de publications du PIA dans la production française en physique est, pour cette période, de 11,9%. Nous avons cherché à identifier les micro-champs qui s'écartent les plus de cette moyenne. Les 110 micro-champs se distribuent de la manière présentée dans le graphique ci-dessous (**Fig. 39**), en fonction de leur part de marché PIA sur la période 2017-19.



**Figure 39** : Distribution de 110 des 169 micro-champs de la physique, selon leur part de publications PIA

25 micro-champs sont très en dessous de la moyenne en physique, avec moins de 5% de publications associées à des projets du PIA. Nous retrouvons notamment dans ces micro-champs mal couverts par le PIA :  
- des sujets associés à la physique nucléaire, qui semble avoir été particulièrement mal soutenue par le PIA (5.135.37 C-12, 5.135.526 High-Spin States, 5.135.623 Fission, 5.135.1382 Ultracold Neutrons). A noter que la physique des Tokamaks (5.200.58 Tokamak) est également assez mal représentée (taux de publications du PIA de 6%) ;  
- comme nous l'avons déjà vu, des sujets concernent la science spatiale et les proches planètes (5.191.792 Space Debris, 5.191.995 Mars, mais nous pouvons aussi y associer 5.131.458 Ionosphere et 5.131.331 Magnetosphere) ;  
ou même la physique stellaire (5.20.17 Stars).



Méso-champ	Micro-champ	FR 2017-2019	PIA 2017-19	part PIA/FR
5.33 Semiconductor Physics	5.33.1024 Quantum Wells	55		0,0%
5.191 Space Sciences	5.191.792 Space Debris	69		0,0%
5.135 Nuclear Physics	5.135.37 C-12	360	3	0,8%
5.131 Meteorological & Atmospheric Sciences	5.131.458 Ionosphere	77	1	1,3%
5.214 Statistical Mechanics	5.214.1906 Molecular Communication	75	1	1,3%
5.88 Electromagnetism	5.88.1063 Coercivity	73	1	1,4%
5.135 Nuclear Physics	5.135.526 High-Spin States	331	8	2,4%
5.30 Superconductor Science	5.30.769 Superconducting Magnets	150	4	2,7%
5.88 Electromagnetism	5.88.1216 Magnetostriction	74	2	2,7%
5.30 Superconductor Science	5.30.821 BEDT-TTF	71	2	2,8%
5.135 Nuclear Physics	5.135.623 Fission	209	7	3,3%
5.191 Space Sciences	5.191.995 Mars	401	14	3,5%
5.38 Optical Electronics & Engineering	5.38.520 VCSEL	56	2	3,6%
5.9 Particles & Fields	5.9.1237 Loop Quantum Gravity	135	5	3,7%
5.202 Plasma Physics	5.202.1376 Vacuum Arc	53	2	3,8%
5.221 Nuclear Instruments	5.221.572 Stopping Power	53	2	3,8%
5.9 Particles & Fields	5.9.428 RHIC	395	15	3,8%
5.135 Nuclear Physics	5.135.1550 Neutron Spectrometry	52	2	3,8%
5.131 Meteorological & Atmospheric Sciences	5.131.331 Magnetosphere	278	11	4,0%
5.250 Imaging & Tomography	5.250.1576 Mueller Matrix	74	3	4,1%
5.77 Applied Physics	5.77.457 Manganites	382	17	4,5%
5.135 Nuclear Physics	5.135.1382 Ultracold Neutrons	130	6	4,6%
5.20 Astronomy & Astrophysics	5.20.17 Stars	799	37	4,6%
5.38 Optical Electronics & Engineering	5.38.121 Optical Networks	107	5	4,7%
5.88 Electromagnetism	5.88.317 Metallic Glasses	123	6	4,9%

**Tableau XXII** : Micro-champs avec une part très faible de PIA dans la production nationale

Inversement, quelques domaines présentent des taux de publications associées au PIA très élevés. Nous dénombrons huit micro-champs avec des parts de marché PIA supérieures à 25%. A noter que parmi ces huit micro-champs, y figurent deux relatifs aux instruments nucléaires et associés principalement aux **LabEx EMC3**, aux **Equipex GENESIS** et **MIMETIS** et deux concernent la physique des semi-conducteurs (avec des contributions importantes des **LabEx ACTION** et **CEMPI**).

La communauté travaillant sur le modèle standard des particules, et plus largement la physique théorique des particules, a également plutôt bien bénéficié des financements du PIA, notamment au travers des quatre **LabEx ENIGMASS**, **LIO**, **OCEVU** et **P2IO**. Cependant, celles qui travaillent plus spécifiquement sur des alternatives comme la gravité quantique à boucles en ont beaucoup moins bénéficié comme nous le voyons dans le tableau précédent. Enfin, nous observons également la présence du micro-champ 5.33.75 *GaN* : 72 des 92 articles PIA de ce micro-champ publiés entre 2017 et 2019 sont associés au **LabEx GaNeX**, **LabEx** en réseau associant une large majorité des équipes de recherche publique travaillant dans ce domaine.

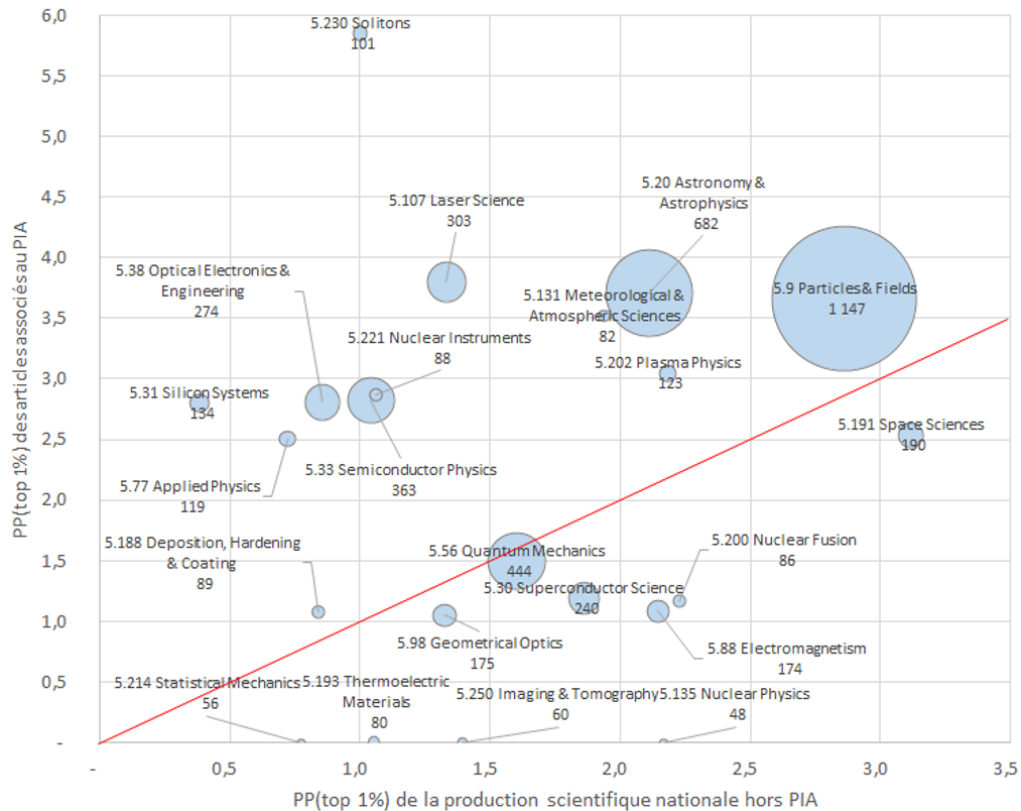
Méso-champ	Micro-champ	FR 2017-2019	PIA 2017-19	part PIA/FR
5.38 Optical Electronics & Engineering	5.38.505 Photonic Crystal Fiber	117	51	43,6%
5.221 Nuclear Instruments	5.221.1918 Focused Ion Beam	58	21	36,2%
5.107 Laser Science	5.107.475 High-Order Harmonic Generation	260	75	28,8%
5.221 Nuclear Instruments	5.221.1034 Electron Tomography	104	29	27,9%
5.33 Semiconductor Physics	5.33.1296 Excitons	115	32	27,8%
5.33 Semiconductor Physics	5.33.329 Quantum Hall Effect	190	51	26,8%
5.9 Particles & Fields	5.9.19 Standard Model	1160	306	26,4%
5.33 Semiconductor Physics	5.33.75 GaN	358	92	25,7%

**Tableau XXIII** : Micro-champs avec une part très significative de PIA dans la production nationale

Nous terminons cette section par un regard sur les articles appartenant aux 1% les plus cités au monde dans leur catégorie. A l'échelle des méso-champs, nous constatons des situations assez contrastées même s'il faut se méfier de l'effet des petits nombres (**Fig. 40**):

- des méso-champs pour lesquels il existe sensiblement plus d'articles très cités que dans le reste des publications nationales : il s'agit notamment du domaine de l'électronique, des semi-conducteurs (5.31 *Silicon Systems*, 5.33 *Semiconductor Physics*, 5.38 *Optical Electronics & Engineering*, ainsi que 5.77 *Applied Physics*) mais aussi de 5.107 *Laser Science* et 5.230 *Solitons* ;

- à l'inverse, des méso-champs où la production scientifique hors PIA montre un taux plus fort d'articles très cités par rapport à la production du PIA : 5.30 *Superconductor Science*, 5.88 *Electromagnetism* et 5.191 *Space Sciences*.

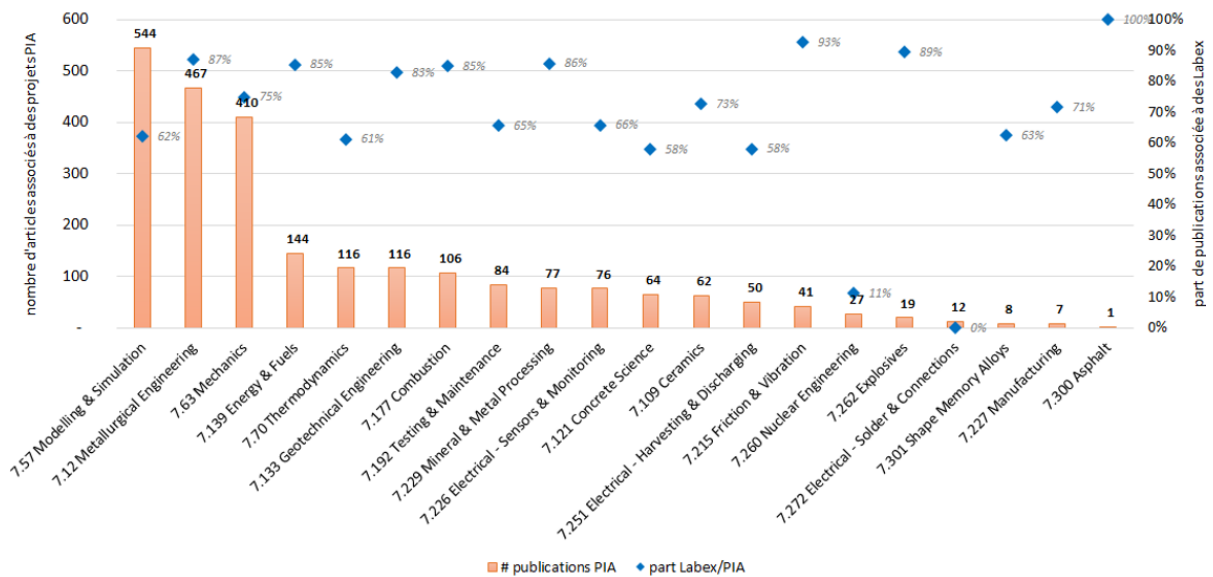


**Figure 40** : Indicateurs d'impact PP(top 1%) en regard de la production nationale hors PIA

#### 4) Le domaine des sciences de l'ingénieur et des matériaux

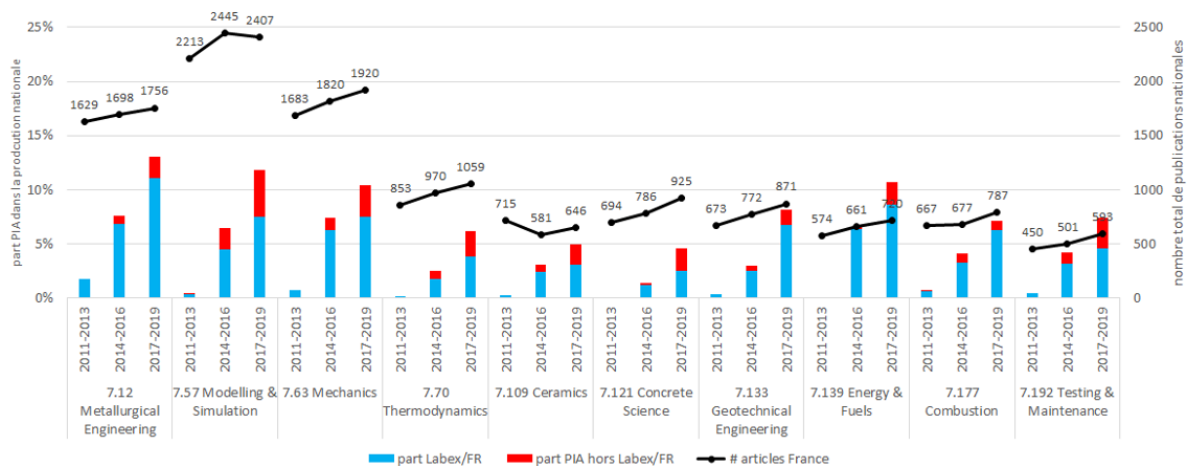
Ce troisième domaine est subdivisé en 20 méso-champs, eux-mêmes composés de 141 micro-champs. Seuls trois méso-champs présentent des volumes de publications importants dans ce domaine. Si les **LabEx** sont indiqués dans une majorité de publications, dans certains cas, d'autres actions contribuent notablement (**Fig. 41**):

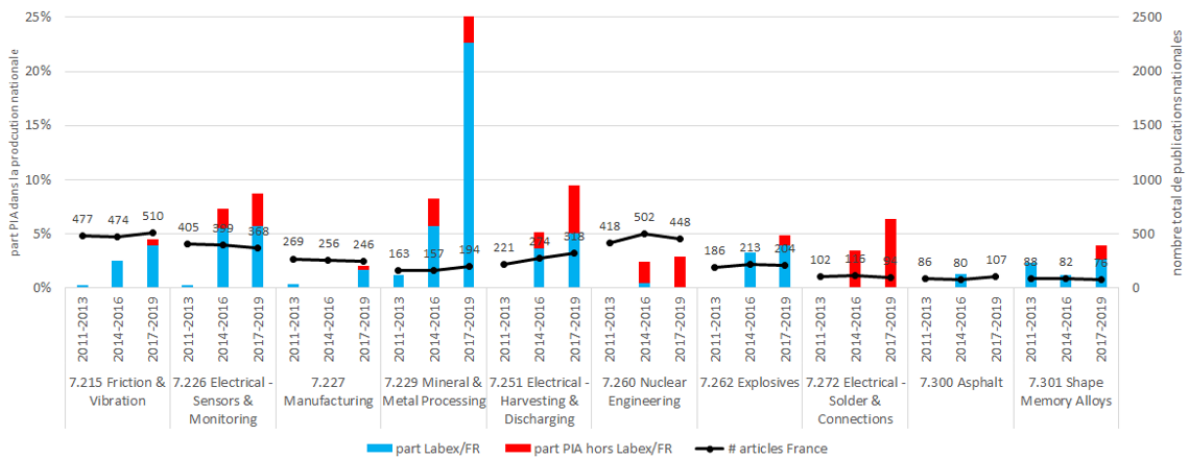
- 7.57 *Modelling & Simulation* : ce méso-champ comprend une part significative de contributions d'IDEX (UNITI, Avenir LSE, AMIDEX...), sans mention d'autres projets, ainsi que de l'**Equipex** EQUIP@MESO (77 publications dans ce méso-champ) comme nous pouvions nous y attendre ;
- 7.70 *Thermodynamics* : la production scientifique est très concentrée sur quelques projets, dont l'**Equipex** **Socrate** (micro-champ 7.70.1160 *Solar Air Heater* principalement) en plus du **LabEx** **SoLSTiCe**. Les **IRT** **Nanoelec** et **Saint Exupéry** contribuent un peu (au micro-champ 7.70.344 *Flow Boiling*) ;
- 7.121 *Concrete Science* : une part significative des publications vient des deux projets RSNR MACENA et SINAPS@, qui s'intéressent au comportement des enceintes (en béton) des réacteurs nucléaires ;
- 7.192 *Testing & Maintenance* : de nouveau, nous retrouvons des contributions de projets RSNR (dont les deux précédents), ainsi que d'IDEX (principalement Avenir LSE) et d'**IRT** (**Jules Verne**, **Railenium**, **SystemX**) qui s'intéressent aux outils de détection de défauts et de monitoring de l'état de santé d'infrastructures ;
- 7.226 *Electrical - Sensors & Monitoring* : en dehors des **LabEx** (**WIFI** principalement, OSUG@2020 et ACTION), les contributions significatives viennent d'IDEX (LUE et PSL essentiellement) ainsi que d'un projet RSNR, ENDE (Evaluation Non Destructives des Enceintes de confinement) ;
- 7.251 *Electrical - Harvesting & Discharging* : outre des **LabEx** et des IDEX, contribuent significativement à ce domaine l'**IRT** **Saint Exupéry** (dans le micro-champ 7.251.1052 *Partial Discharge* qui relève du génie électrique) et l'**ITE** **SuperGrid** Institute (dans le micro-champ 7.251.772 *Vinylidene Fluoride* qui regroupe des publications portant sur les isolants électriques) ;
- 7.260 *Nuclear Engineering* : nous retrouvons principalement dans ce méso-champ des contributions de projets RSNR (DENOPI, DISCOMS, MIRE, PERFROI) sur les barrières de confinement nucléaire (micro-champ 7.260.999 *Zircaloy-4*) ;



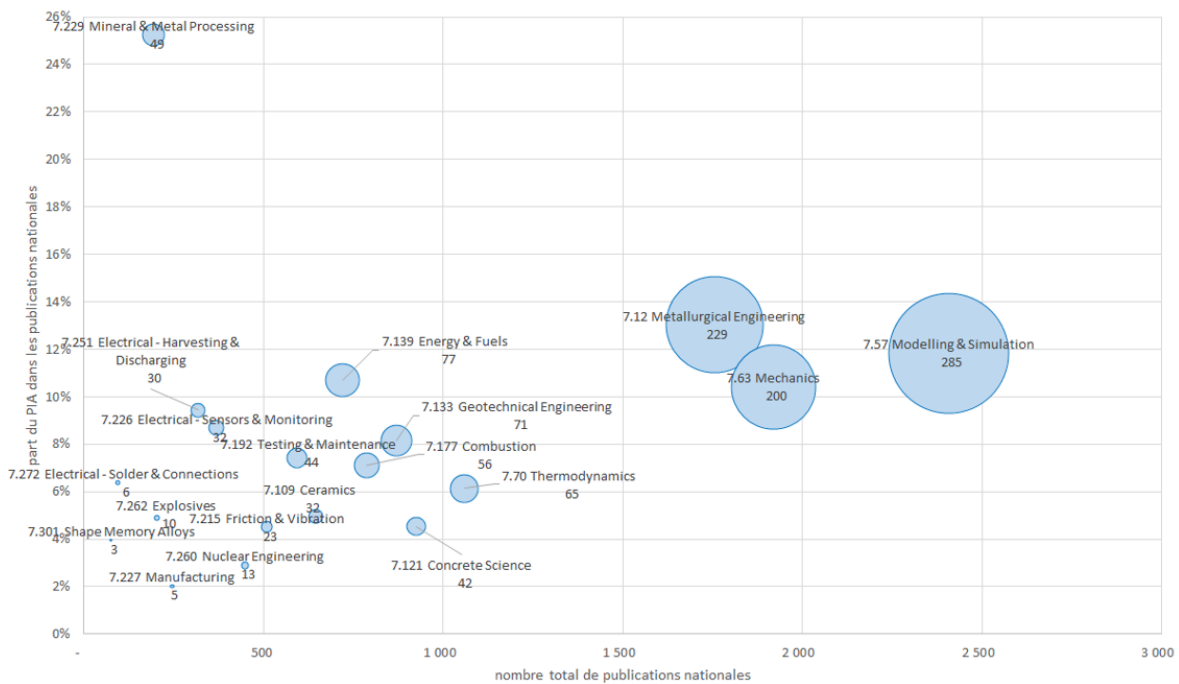
**Figure 41** : La production scientifique des projets du PIA par méso-champ du domaine des sciences de l'ingénieur et des matériaux

L'analyse des évolutions des parts de marché du PIA présentées dans les graphiques suivants (**Fig. 42**) montre que certains domaines scientifiques ont été extrêmement peu couverts par le PIA, en dépit d'une production nationale significative ; ainsi, les méso-champs suivants présentent des parts de marché PIA inférieures à 6% sur la période 2017-19 : 7.109 Ceramics, 7.121 Concrete Science, 7.215 Friction & Vibration, 7.227 Manufacturing, 7.260 Nuclear Engineering, 7.262 Explosives. De plus, contrairement aux domaines de la chimie et de la physique, il n'existe pas de méso-champ présentant une part de marché PIA très élevée sauf pour une exception (25,3% pour le méso-champ 7.229 Mineral & Metal Processing, correspondant aux **LabEx** nancéiens Ressources21 et **DAMAS**). Tous les autres méso-champs sont en dessous des 14% de parts de marché PIA (**Fig. 43**).





**Figure 42** : Evolution de la part de la production scientifique du PIA dans la production nationale par méso-champ dans le domaine des sciences de l'ingénieur et des matériaux

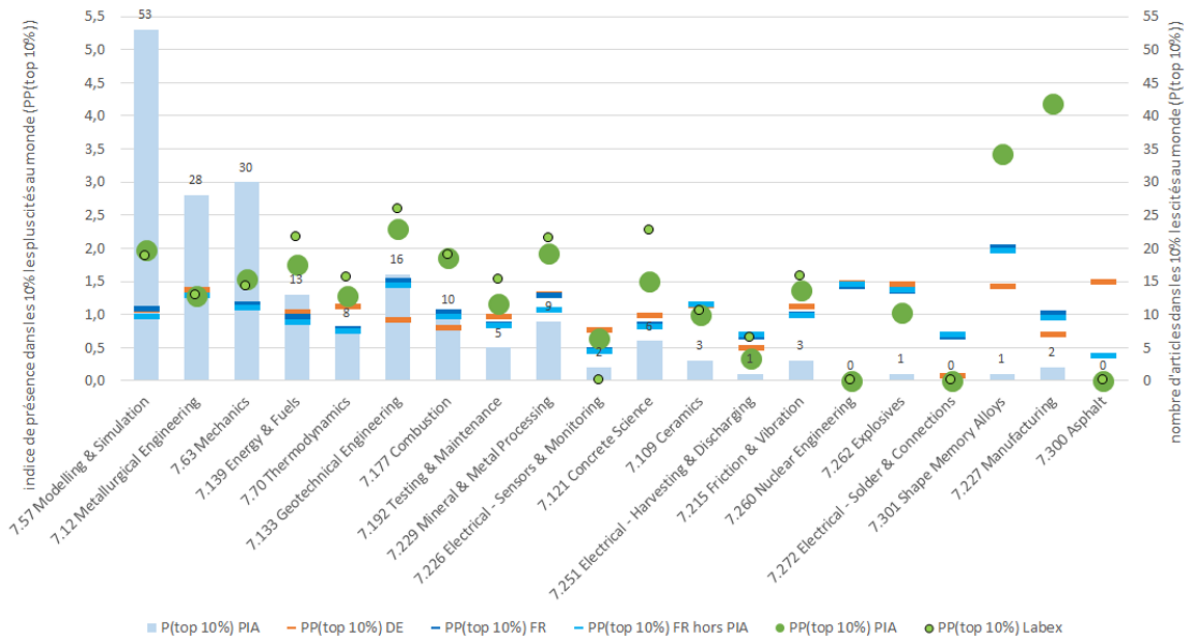


**Figure 43** : Part de la production scientifique du PIA dans la production nationale par méso-champ dans le domaine des sciences de l'ingénieur et des matériaux, versus nombre total de publications françaises entre 2017 et 2019

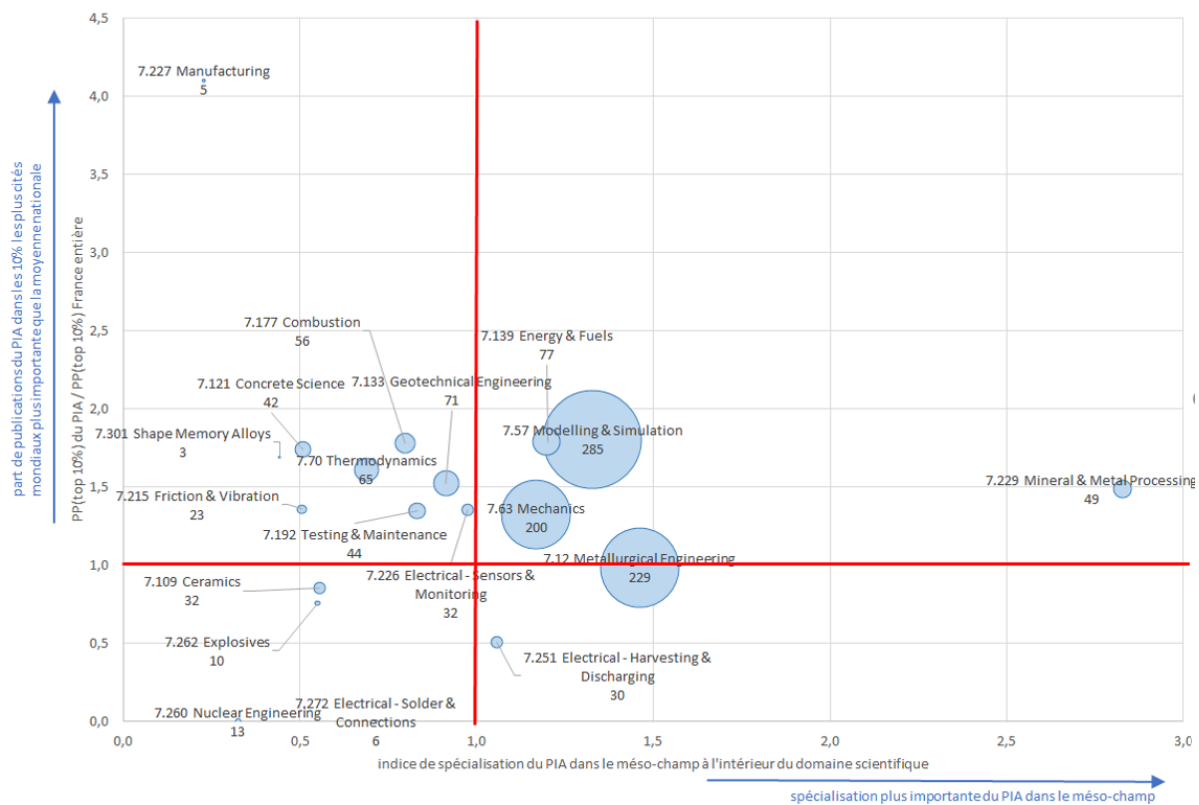
Si nous nous intéressons maintenant aux indicateurs d'impact PP(top 10%), nous constatons des résultats très variés selon les méso-champs (**Fig. 44 et 45**) :

- dans le méso-champ 7.260 *Nuclear Engineering*, la France est particulièrement bien positionnée globalement alors que le PIA a peu couvert ce domaine ;
- à l'inverse, dans les méso-champs 7.70 *Thermodynamics*, 7.121 *Concrete Science*, la France apparaît en retrait par rapport au reste du monde.

Pour la plupart des méso-champs, il est délicat de tirer des conclusions concernant les publications du PIA, compte-tenu des faibles effectifs.

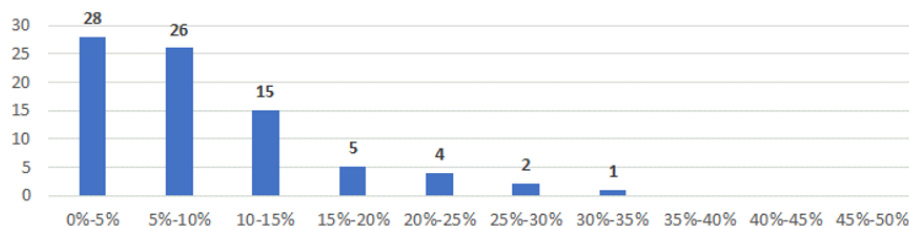


**Figure 44 :** Indices de présence dans les 10% des publications les plus citées au monde



**Figure 45 :** Indices de spécialisation versus présence dans les articles les plus cités français

Enfin, nous nous sommes intéressés à l'échelle des micro-champs, en nous limitant aux micro-champs rassemblant au moins 50 publications nationales sur la période 2017-19, ce qui correspond à 81 des 141 micro-champs de la science des matériaux ou des sciences de l'ingénieur (**Fig. 46**). Nous rappelons que la part de marché des publications du PIA dans la production française de ce domaine disciplinaire n'est, pour cette période, que de 8,9%. Nous avons cherché à identifier les micro-champs qui s'écartent les plus de cette moyenne. Les 81 micro-champs se distribuent de la manière présentée dans le graphique ci-dessous, en fonction de leur part PIA sur la période 2017-19.



**Figure 46** : Distribution de 81 des 141 micro-champs des sciences de l'ingénieur et des matériaux, selon leur part de publications PIA

Vingt-huit micro-champs sont sensiblement en dessous de la moyenne du domaine, avec moins de 5% de publications associées à des projets du PIA. Nous retrouvons notamment dans ces micro-champs mal couverts par le PIA (**Tableau XXIV**) :

- des publications portant sur les matériaux de construction, principalement le béton (7.121.431 Reinforced Concrete, 7.121.26 Concrete) mais aussi l'asphalte (7.300.908 Asphalt Mixture) ; nous pouvons y raccrocher plus largement des micro-champs relevant du génie civil et plus particulièrement des géotechniques (7.133.986 Unsaturated Soils) ;
- une part du domaine de l'énergie correspondant principalement à la combustion (7.177.261 Biodiesel et 7.177.1573 Flame Spread) , à la thermique (7.70.919 Organic Rankine Cycle, 7.70.1693 Ground Source Heat Pump) et plus généralement à l'efficacité énergétique des procédés (7.70.219 Nanofluid, 7.70.344 Flow Boiling, 7.70.569 Bubble Column) ainsi que le captage du CO<sub>2</sub> (7.139.835 CO<sub>2</sub> Capture) ;
- deux micro-champs relevant du méso-champ 7.260 Nuclear Engineering.

Méso-champ	Micro-champ	FR 2017-2019	PIA 2017-19	part PIA/FR
7.63 Mechanics	7.63.2223 Frictional Contact Problems	66		0,0%
7.226 Electrical - Sensors & Monitoring	7.226.1316 Thermal Diffusivity	70		0,0%
7.260 Nuclear Engineering	7.260.913 Burnup	158		0,0%
7.300 Asphalt	7.300.908 Asphalt Mixture	107		0,0%
7.109 Ceramics	7.109.1110 Laser Cladding	102	1	1,0%
7.70 Thermodynamics	7.70.919 Organic Rankine Cycle	80	1	1,3%
7.133 Geotechnical Engineering	7.133.986 Unsaturated Soils	130	2	1,5%
7.12 Metallurgical Engineering	7.12.223 Fatigue Crack Growth	149	3	2,0%
7.70 Thermodynamics	7.70.219 Nanofluid	177	4	2,3%
7.192 Testing & Maintenance	7.192.732 Polynomial Chaos	328	8	2,4%
7.177 Combustion	7.177.1573 Flame Spread	80	2	2,5%
7.227 Manufacturing	7.227.355 Tool Wear	158	4	2,5%
7.215 Friction & Vibration	7.215.984 Journal Bearing	78	2	2,6%
7.70 Thermodynamics	7.70.344 Flow Boiling	139	4	2,9%
7.139 Energy & Fuels	7.139.835 CO <sub>2</sub> Capture	93	3	3,2%
7.177 Combustion	7.177.261 Biodiesel	148	5	3,4%
7.121 Concrete Science	7.121.431 Reinforced Concrete	111	4	3,6%
7.63 Mechanics	7.63.367 Delamination	387	14	3,6%
7.70 Thermodynamics	7.70.1693 Ground Source Heat Pump	55	2	3,6%
7.301 Shape Memory Alloys	7.301.917 Shape Memory Alloys	76	3	3,9%
7.215 Friction & Vibration	7.215.818 Fault Diagnosis	149	6	4,0%
7.121 Concrete Science	7.121.26 Concrete	681	29	4,3%
7.260 Nuclear Engineering	7.260.999 Zircaloy-4	250	11	4,4%
7.57 Modelling & Simulation	7.57.2118 Proper Orthogonal Decomposition	180	8	4,4%
7.63 Mechanics	7.63.970 Nonlocal Elasticity	135	6	4,4%
7.12 Metallurgical Engineering	7.12.717 Metal Matrix Composites	66	3	4,5%
7.70 Thermodynamics	7.70.569 Bubble Column	132	6	4,5%
7.262 Explosives	7.262.787 Spall Strength	104	5	4,8%

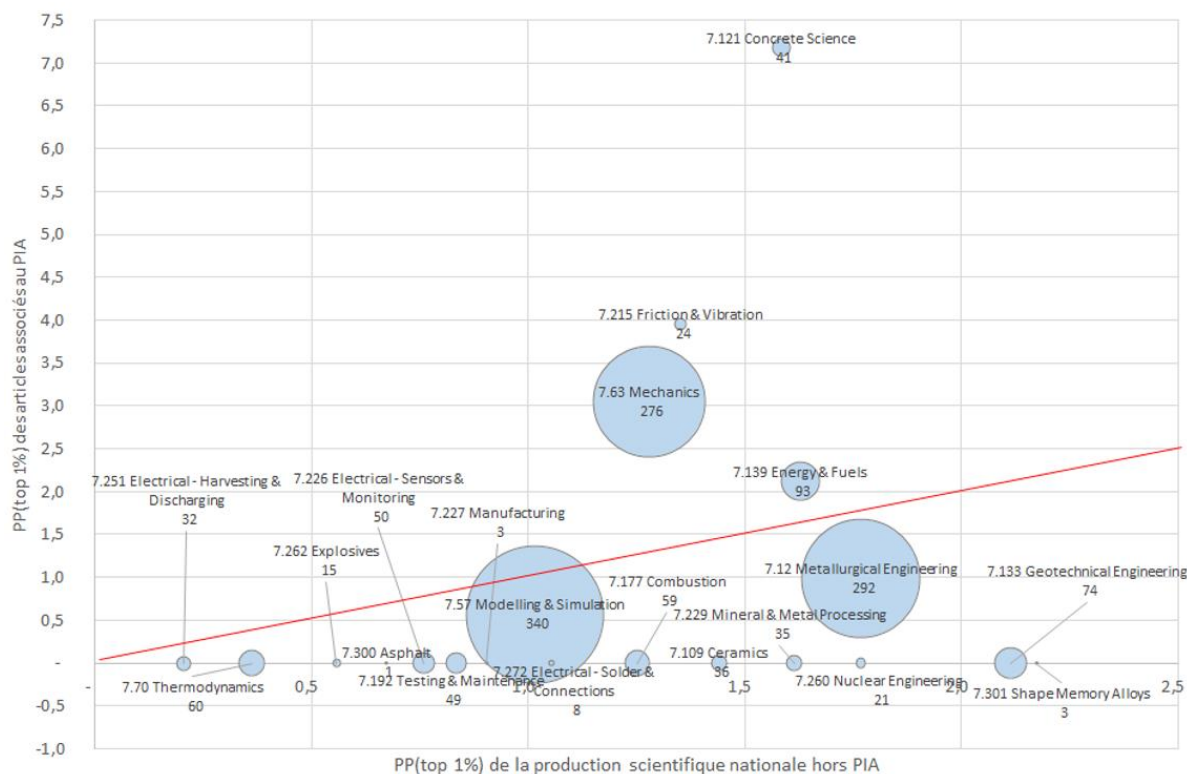
**Tableau XXIV** : Micro-champs avec une part très faible de PIA dans la production nationale

Inversement, quelques micro-champs présentent des parts de marché PIA supérieures à 20%, notamment dans les domaines de la simulation/modélisation et de la métallurgie (**Tableau XXV**).

Méso-champ	Micro-champ	FR 2017-2019	PIA 2017-19	part PIA/FR
7.229 Mineral & Metal Processing	7.229.1157 Flotation	85	27	31,8%
7.12 Metallurgical Engineering	7.12.608 Magnesium Alloy	89	24	27,0%
7.57 Modelling & Simulation	7.57.1104 Isotropic Turbulence	233	60	25,8%
7.57 Modelling & Simulation	7.57.1159 Aeroacoustics	181	42	23,2%
7.70 Thermodynamics	7.70.1160 Solar Air Heater	108	22	20,4%
7.12 Metallurgical Engineering	7.12.88 Severe Plastic Deformation	403	82	20,3%

**Tableau XXV** : Micro-champs avec une part significative de PIA dans la production nationale

Nous terminons cette section par un regard sur les articles appartenant aux 1% les plus cités au monde dans leur catégorie. La situation est ici très différente de celles de la chimie ou de la physique. En effet, nous observons, probablement en raison de la mauvaise couverture de ce domaine scientifique par le PIA, des taux nuls ou faibles d'articles associés au PIA dans les 1% les plus cités mondiaux, *a contrario* parfois de l'ensemble national, où nous pouvons avoir des indicateurs PP(top 1%) élevés (par exemple pour le méso-champ 7.133 *Geotechnical Engineering* ou encore 7.260 *Nuclear Engineering*), comme le montre le second graphique ci-dessous (**Fig. 47**). Comme exemple illustratif, alors que des **LabEx** intègrent dans leur périmètre ce domaine de recherche (**CAPRYSSÉS, EMC3, INTERACTIFS...**), aucun article associé au PIA ne figure dans le top 1% le plus cité du méso-champ 7.177 *Combustion*, alors que nous en recensons 20 dans l'ensemble de la production nationale sur la période 2011-2018. Nous observons cependant une exception, avec 7.121 *Concrete Science* dont l'indicateur PP(top 1%) est nettement plus élevé pour le PIA que pour la moyenne nationale. Cependant, il faut là encore relativiser car nous ne parlons pour le PIA que de trois articles figurant dans ce top 1% mondial.



**Figure 47** : Indicateurs d'impact PP(top 1%) en regard de la production nationale hors PIA

## IX- QUELQUES EXEMPLES NOTABLES D'APPORT DU PIA

### Equipex

L'**Equipex ELORPrintTec** (**Fig. 48**) est une plateforme unique d'équipements dédiés à l'innovation en électronique imprimable et flexible, ouverte aux acteurs académiques et industriels. Les semi-conducteurs organiques sont une nouvelle catégorie de matériaux fonctionnels et représentent une alternative aux technologies classiques à base de silicium. Grâce à ses propriétés uniques, l'électronique organique constitue ainsi une technologie émergente, et est en mesure d'apporter des innovations de rupture. **ELORPrintTec** répond ainsi à ces

défis dans les domaines de l'énergie, la santé, le numérique et l'environnement. Cette plateforme couvre à la fois les chaînes de connaissance et de valeur – compréhension de nouveaux matériaux, formulations, mises en œuvre, innovation, ingénierie, industrialisation, production et marketing – ouvrant à de nombreux marchés potentiels :

- dans le domaine de l'énergie, avec le photovoltaïque, pour disposer de sources d'énergie alternatives et d'un éclairage économe (réduction de l'empreinte carbone), avec développement possible de systèmes de récupération d'énergie thermoélectrique et électrocalorique peuvent aussi être développés ;
- en santé, pour concevoir des capteurs, des actionneurs, des pompes ioniques pour la délivrance ciblée de principes actifs ;
- dans le domaine numérique, où la radio-identification se développe, ainsi que les objets connectés, les afficheurs et la technologie des livres électroniques flexibles (révolution des documents électroniques) ;
- pour l'environnement, la nouvelle génération de l'électronique s'appuiera sur des procédés de fabrication économes du point de vue de l'énergie et des matières premières, qui seront de préférence non fossiles ;
- en matière de sécurité, des documents d'identité, des systèmes anti-contrefaçon, ou permettant la traçabilité, pouvant être mis au point.

Un des premiers résultats dans le domaine du numérique a été la conception de nouveaux matériaux avancés pour l'électronique imprimable destinés à être utilisés dans l'industrie des semi-conducteurs. Cette innovation a été permise grâce à l'infrastructure d'**ELORPrintTec**.

La plateforme **ELORPrintTec** a contribué en outre à consolider l'écosystème local et national (Grands groupes, PME, ETI et start-ups) via l'utilisation et l'intégration des matériaux aux produits existants, ainsi que l'invention et la conception de nouveaux produits basés sur la technologie émergente des matériaux électroniques organiques imprimables.

Enfin, des partenariats ont vu le jour avec des startups, des PME et de grands groupes industriels qui ont perçu tout le potentiel qu'offrait la plateforme à leurs actions de Recherche & Développement.

**ELORPrintTec** permettra, d'une part, aux ingénieurs de demain de se former à travers une recherche de haut niveau, et d'autre part, aux entreprises de se positionner dans ce secteur à la fois porteur de haute technologie et producteur de nombreux emplois en Europe.



**Figure 48** : Equipex **ELORPrintTec**. Ligne d'ultraviolette utilisée dans le dépôt et la caractérisation des films minces. *Insert* : électrode transparente obtenue par les technologies d'impression.

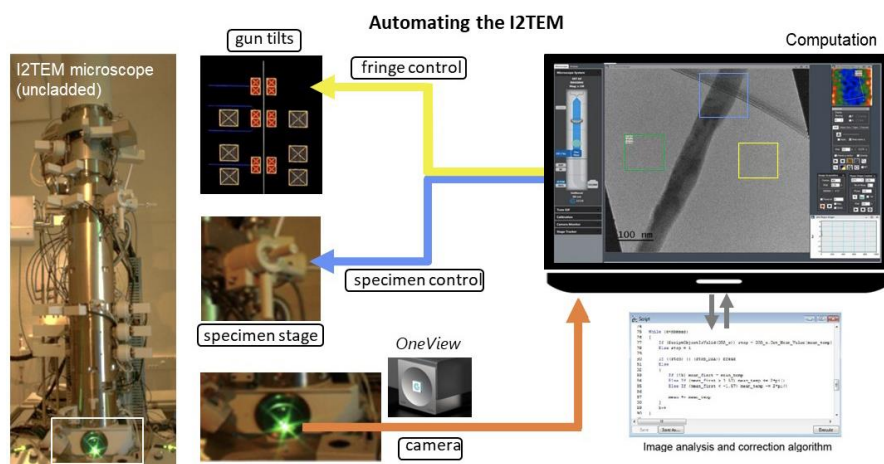
Le projet **MIMETIS** (Microscopie Interférométrique et Microscopie Électronique en Transmission In-Situ)<sup>19</sup> a permis une avancée majeure en Microscopie Électronique en Transmission (MET) et en particulier dans les techniques d'interférométrie électronique pour l'étude du comportement dynamique de la matière à l'échelle nanométrique étudiée sous l'effet de champs mécaniques, magnétiques, ou électriques.

Le développement phare qui a rendu possible les études *in situ* est l'automatisation dynamique du microscope I2TEM (Hitachi HF3300-C) dédié aux études et à l'holographie électronique (**Fig. 49**). L'accès informatique à tous les éléments de la colonne : les lentilles, le goniomètre et les quatre biprismes permettent de piloter le microscope et de contrôler des expériences comme jamais atteint auparavant. L'automatisation permet des temps d'acquisition extrêmement longs dans des conditions parfaitement contrôlées qui sont essentielles pour les expériences *in situ* au cours desquelles les sollicitations de l'échantillon provoquent inévitablement des instabilités. Ces développements ont permis d'acquérir des hologrammes sur des temps cent fois supérieurs aux temps

<sup>19</sup> <https://sites.google.com/site/equipexmimetis>



d'exposition classiques permettant d'obtenir des mesures avec des précisions de deux ordres de grandeur plus précises.



**Figure 49 : Equipex MIMETIS**

Ce projet a ainsi permis de créer une plate-forme MET unique ouverte à la communauté nationale (notamment via le réseau de Plateformes de Microscopie Électronique et Sonde Atomique « METSA »)<sup>20</sup> et internationale permettant d'explorer de nouvelles configurations pour des expériences *operando* interférométriques, ouvrant la voie à des investigations tant fondamentales qu'appliquées en MET. Le projet **MIMETIS** a notamment permis d'étudier, à l'échelle du nanomètre, des structures magnétiques jamais observées dans des objets magnétiques tels que des nanoparticules cubiques d'une vingtaine de nanomètres de taille ou dans des nanofils où des structures cristallines différentes cohabitent à l'échelle de quelques dizaines de nanomètres qui donnent lieu à des transitions locales entre configurations magnétiques de type vortex et curling. Ce projet a également démontré qu'il était possible par interférométrie électronique de quantifier, à l'échelle nanométrique, les charges électriques dans un système polarisé avec une précision d'une seule charge élémentaire. Suite à ce premier travail, nous avons mené plusieurs études *operando* sur des composants issus de la microélectronique comme des nano-capacités, des mémoires à transitions de phases ou des transistors. Le projet **MIMETIS** a également permis de poursuivre nos travaux sur les propriétés mécaniques de nano-objets en développant des outils permettant d'obtenir des mesures quantitatives sur des objets micro- ou nanométriques tout en observant la déformation du matériau à l'échelle des défauts atomiques (dislocations, joints de grain). Cela s'est notamment traduit par l'acquisition d'un nano-indenteur de dernière génération (FemtoTools) permettant de développer des travaux sur le comportement local de matériaux de structure ou utilisés pour l'électronique de puissance.

**L'Equipex Oscillator IMP** : Le temps, et pareillement la fréquence, est la grandeur physique dont la mesure est la plus précise, avec une exactitude de  $10^{-4}$  (montre bracelet) à  $10^{-16}$  (horloges atomiques des laboratoires primaires) et précision jusqu'à 102 fois meilleure. Néanmoins, les applications sont toujours demandeuses du « meilleur » et du « plus petit ». En contraste avec les laboratoires primaires, intéressés principalement par le maintien de l'échelle de temps la plus exacte possible sur le long terme, **Oscillator IMP** se focalise sur la mesure des petits intervalles de temps, de la nanoseconde jusqu'à la journée. Cette plage, de l'ordre de douze décades, est extrêmement riche pour les applications, qui vont de l'astrophysique et la physique nucléaire jusqu'aux robots aspirateurs domestiques, en passant par la radionavigation. Ces applications ont toutes un point en commun, qu'elles s'appuient sur un oscillateur local dont la fréquence doit être stable pour la courte durée nécessaire, tandis que la valeur absolue du temps ou de la fréquence peut être recalée de temps en temps sur les laboratoires primaires. Le projet **Oscillator IMP** est leader dans le domaine de la mesure des fluctuations temporelles et fréquentielles des oscillateurs, dispositifs et des systèmes dans tout le spectre de radiofréquences, jusqu'à la photonique microondes.

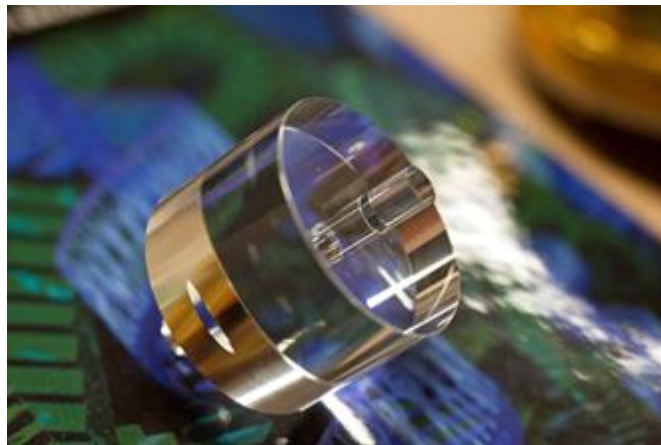
Le projet est situé dans le campus de Besançon, au Département Temps Fréquence de l'Institut FEMTO-ST, dans les locaux de l'ENSMM, et à l'Observatoire. Il fournit l'infrastructure temps fréquence dans le campus, mais il est également disponible à tout laboratoire, agence ou entreprise. **Oscillator IMP** développe également sa propre recherche. Le projet **Oscillator IMP** a été labellisé **Equipex** par le PIA en 2012, avec un financement ANR de 4.2 M€. Il a également reçu plusieurs cofinancements, principalement par la région Franche Comté, successivement Bourgogne Franche Comté, pour un total d'environ 10 M€ en 10 ans.

<sup>20</sup> <http://metsa.prod.lamp.cnrs.fr>

L'équipe d'**Oscillator IMP** a participé à la création du **LabEx FIRST-TF** (aide à la coordination de la recherche française en temps fréquence) et contribue à son fonctionnement avec un membre de droit dans le bureau. **Oscillator IMP** est également partenaire de l'**Equipex REFIMEVE+** (distribution de la fréquence étalon par fibre optique Internet) et contribue avec ses étalons de fréquence. **Oscillator IMP** est à l'origine du cours de formation European Frequency and Time Seminar (<http://efts.fr>), qui a lieu tous les ans.

Plus en détail, le projet est actif dans six domaines scientifiques : photonique micro-ondes, RW et microondes, métrologie, échelle de temps et statistique, électronique numérique et oscillateurs atomiques. Parmi l'équipement significatif, il faut mentionner six étalons atomiques de fréquence sur deux bâtiments différents (sécurité, fiabilité), la synchronisation d'horloges par satellite avec communication bidirectionnelle, le GPS (plus précisément, GNSS) métrologique, une copie locale de l'échelle de temps nationale, trois oscillateurs micro-ondes cryogéniques « CSO » (**Fig. 50**), un cryostat à dilution  $^3\text{He}/^4\text{He}$  permettant d'atteindre la température absolue de 10 mK, le terminal **REFIMEVE+**, deux 2 peignes femtosecondes, un laser stabilisé, de nombreux oscillateurs faible bruit et de l'instrumentation avancée pour les mesures RF, microondes, bruit de phase et variance de Allan.

Le projet est en collaboration étroite avec le LNE-LTFB en partageant équipement et personnel, au point que les deux structures vont fusionner en deux divisions de la même entité (le domaine se révélant quasiment le même, avec des différences pratiques). Le LTFB est associé au LNE, accrédité ISO 17025 et listé dans le « Calibration and Measurement Capabilities (CMCs) » validées et publiées par le BIPM, tandis que **Oscillator IMP** est prioritairement focalisé sur la recherche, et pour la valorisation, collabore étroitement avec Femto Engineering, entité à statut privé appartenant à l'Université de Franche Comté.



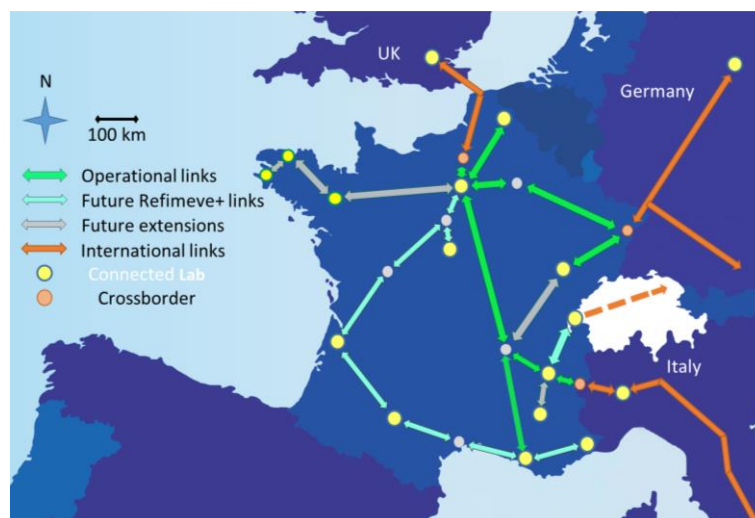
**Figure 50** : Un résonateur saphir (couleurs d'une couverture de livre). Photo ©Institut FEMTO-ST

Basé sur une rupture technologique majeure, **REFIMEVE+** (Réseau Fibré Métrologique à Vocation Européenne, **Fig. 51**) permet de transmettre sans dégradation, via le réseau de fibres optiques de RENATER, un signal de fréquence ultrastable et exact généré par le SYRTE, laboratoire national de métrologie Temps-Fréquence, avec une précision pouvant atteindre 17 à 18 chiffres significatifs. Ce projet a connu un élan supplémentaire, avec le projet T-**REFIMEVE**, dans le cadre de l'action ESR+. Il va permettre de délivrer un ensemble de signaux temporels ultra-précis : radiofréquence, fréquence optique, échelle de temps. Ce seront plus de 30 laboratoires français connectés ainsi que des infrastructures de recherche comme SOLEIL, ESRF et l'IRAM. Les champs scientifiques bénéficiaires sont très variés : physique fondamentale, technologies quantiques, photonique, géodésie et climat, environnement, astronomie, accélérateurs...

Grâce à la mutualisation du réseau de RENATER et l'accès aux références métrologiques du SYRTE, l'équipement **REFIMEVE** permet un effet démultiplicateur considérable en délivrant un service de qualité unique au monde aux laboratoires répartis sur le territoire national. Des interconnexions à plusieurs pays européens sont également opérationnelles, vers l'Allemagne, le Royaume-Uni et l'Italie, et bientôt le CERN. Afin de transmettre les signaux ultra-précis sans dégradation sur plusieurs centaines de km de fibres optiques, le LPL et le SYRTE ont développé des répéteurs optiques. Ceux-ci permettent à la fois de régénérer le signal et de corriger le bruit apporté lors de la propagation, dû aux variations de température et au bruit acoustique. Ces répéteurs fonctionnent de manière autonome et sont supervisés et pilotables à distance.

Dans le cadre d'un transfert de savoir-faire, des versions industrielles des équipements **REFIMEVE** ont déjà été réalisées par un consortium de trois PME françaises, iXblue (précédemment Muquans), Syrlinks et Lumibird. Celles-ci disposent, grâce au réseau **REFIMEVE**, d'une vitrine de valorisation de leurs produits et ont ouvert un marché à l'international (UE, USA, Chine, notamment) en pleine expansion. Par ailleurs, des connexions de **REFIMEVE** vers plusieurs utilisateurs industriels sont envisagées à court terme. L'équipement **REFIMEVE** s'étend actuellement sur 2500 km de fibres optiques et devrait atteindre 4000 km en 2022. Il a permis la comparaison des meilleures horloges européennes et est déjà utilisé pour des mesures de précision en métrologie

ou en physique atomique et moléculaire, en Ile de France, à Besançon, Grenoble ou Marseille. Suite à ces résultats de tout premier plan international, **REFIMEVE** a été labellisé en 2021 comme infrastructure de recherche nationale par le ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, ce qui offre un cadre essentiel pour la pérennisation et le développement futur de l'instrument.

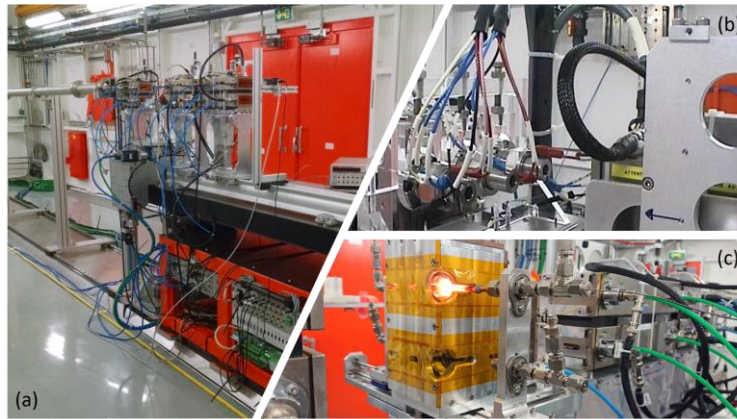


**Figure 51** : Carte de l'équipement, avec ses futures extensions et ses connexions européennes.

L'**Equipex ROCK** est une ligne de lumière exploitant les rayons X de 4 à 40 keV émis par le synchrotron SOLEIL pour la caractérisation par spectroscopie d'absorption X des transformations structurales et électroniques de matériaux utilisés principalement en catalyse et stockage de l'énergie, et ce avec une résolution temporelle inférieure à la seconde. L'expression des besoins scientifiques des partenaires académiques de l'**Equipex**, RS2E (Réseau de Stockage de l'Énergie Electrochimique), UCCS (Unité de Catalyse et Chimie du Solide, Lille) et LRS (Laboratoire de Réactivité de Surface, Paris) a contribué aux développements à la fois méthodologiques et techniques réalisés sur **ROCK**. L'accès à la caractérisation de plusieurs éléments chimiques durant une même transformation est une spécificité unique de **ROCK** permettant d'établir les influences et synergies entre éléments responsables des propriétés des matériaux étudiés par des mesures dynamiques dans les conditions réelles de leurs utilisations. Elle place **ROCK** dans une position remarquable dans le paysage des lignes synchrotrons à travers le monde pour l'étude *operando* des matériaux.

Dans le contexte du réchauffement climatique et de la transition énergétique nécessaire à sa régulation, l'**Equipex ROCK** a contribué par de nombreuses études aux développements de catalyseurs plus performants pour l'abatement de gaz à effet de serre, comme le méthane ( $\text{CH}_4$ ) et le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), la production de l'hydrogène, vecteur énergétique important dans le futur ou la production d'essences synthétiques ou propres par hydrotraitement des coupes pétrolières. Plusieurs dizaines d'expériences sur **ROCK** ont également permis l'optimisation de matériaux d'électrodes pour le stockage des énergies intermittentes avec des capacités de stockage et cyclabilité accrues, dont un certain nombre d'études motivées soit par l'utilisation de composants chimiques abondants comme le sodium, soit par une gestion plus éco-responsable des éléments existants en s'intéressant à leur recyclage par voie chimique.

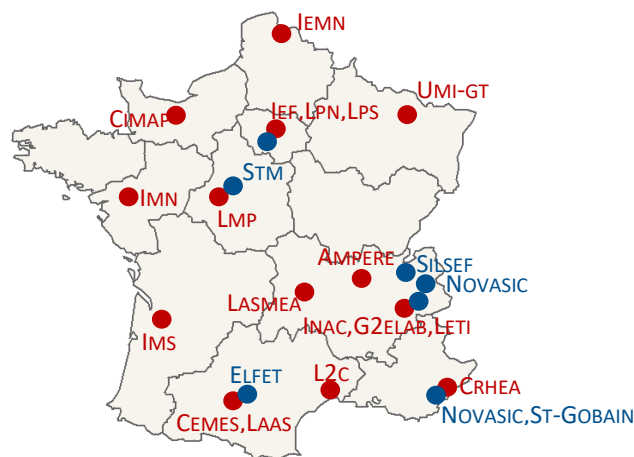
Le financement **Equipex** reçu de 2011 à 2019 a permis la construction de la ligne de lumière **ROCK**, comprenant son infrastructure lourde, ses optiques et mécaniques et ses environnements échantillons (**Fig. 52**) et a contribué à son changement de source de rayons X, en remplaçant le dipôle électro-magnétique de 1.70 T par une source à base d'aimants permanents de 2.81 T étendant significativement le domaine de performances de la ligne dans le domaine des rayons X durs d'énergie supérieure à 20 keV. Depuis sa mise en opération en 2015, et dans le cadre d'une compétition internationale d'appels à projets jugés par des experts scientifiques mandatés par SOLEIL, 750 chercheurs ont ainsi utilisé la ligne de lumière **ROCK** pour la réalisation de plus de 180 expériences. L'origine des thématiques étudiées sur la ligne est à plus de 60% issue de laboratoires académiques et EPIC français et à 30% issue de laboratoires européens, une répartition au temps d'expériences sur la ligne qui est à l'image de celle sur la moyenne des lignes de lumière de SOLEIL. Les résultats obtenus sur la ligne **ROCK** ont été publiés à ce jour dans plus de 130 articles scientifiques parus dans d'excellents journaux.



**Figure 52 :** Equipex ROCK, une ligne de lumière (a) pour la caractérisation operando de batteries (b) et de catalyseurs (c).

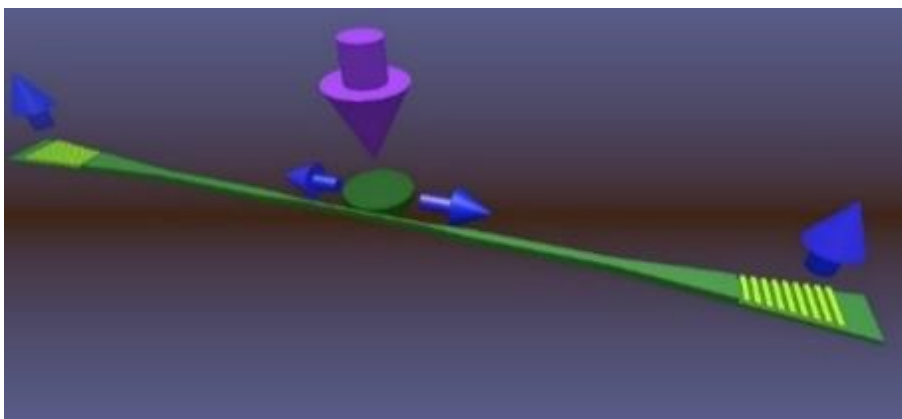
## Labex

**GaNeX** est un **LabEx** national comptant 18 partenaires académiques et 11 partenaires industriels répartis sur l'ensemble du territoire français travaillant sur les applications du nitrure de Gallium dans les domaines de l'électronique et de l'optoélectronique (**Fig. 53**).



**Figure 53 :** localisation des partenaires académiques (●) et industriels (●) du **LabEx GaNeX**.

Le thème fédérateur de **GaNeX** concerne le nitrure de gallium, GaN, ainsi que ses alliages associés. Outre son application mondialement connue dans les domaines des LEDs blanches et de l'éclairage, ce semi-conducteur se révèle aussi un élément clé pour les composants électroniques du futur ou encore pour obtenir des sources ultraviolettes germicides, thèmes également étudiés dans **GaNeX**. Développés dans de nombreux dispositifs utilisés quotidiennement (éclairage LED, disques optiques, communication mobile à meilleur rendement énergétique, gestion de l'énergie électrique dans les transports...), ces composants contribuent à développer une industrie à faible empreinte de carbone. Son utilisation en optique intégrée est explorée dans le projet **LabEx**. Des résultats exemplaires ont été décrits en 2019 mettant au point un résonateur optique (micro-disque) et un circuit photonique (**Fig. 54**).



**Figure 54 :** Circuit photonique à base de niture de gallium. Le résonateur optique (micro-disque vert) est pompé soit électriquement soit optiquement (flèche violette). Un effet laser apparaît alors à sa circonférence, se couple dans le guide optique très proche du disque, par effet tunnel, puis la lumière se propage le long du guide. Des réseaux de couplage (traits jaunes) permettent enfin d'extraire la lumière générée vers l'extérieur où elle peut être ensuite utilisée pour distribuer de l'information par voie optique. Crédits : Farsane Tabataba-Vakili.

Ce dispositif à base de nitrure de gallium restitue une lumière de longueur d'onde située dans le visible, le différenciant fortement des autres matériaux habituellement utilisés en optique intégrée et qui sont actifs dans l'infrarouge. Ces résultats sont le fruit d'une collaboration entre quatre partenaires académiques différents (Auvergne-Rhône-Alpes, Ile-de-France, Occitanie et Provence-Alpes-Côte d'Azur), illustrant le travail de structuration nationale du **LabEx GaNeX**. Ce réseau a conduit en particulier : i) à l'obtention du Prix de la Recherche en 2016 pour la fabrication de diodes vertes et bleues qui, alliant la flexibilité des polymères à la grande durée de vie des LED inorganiques, sont particulièrement prometteuses pour la production d'écrans souples ou même pour du solaire photovoltaïque flexible ; ii) à un article dans *Nature Photonics*<sup>21</sup> dont le classement et les citations en font, pour l'année 2016, un des 12 articles du domaine « Optic » les plus cités au monde; iii) à la création de la start-up EasyGaN qui figure parmi les lauréats du concours d'innovation iLab2019 du Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation en partenariat avec Bpifrance.

Le **LabEx STORE-EX** est impliqué dans le réseau français de recherche sur le stockage électrochimique de l'énergie (R2SE) qui s'appuie sur trois piliers : le Centre de Recherche Amont (CRA) rassemblant les laboratoires académiques français menant des recherches sur les batteries et les supercondensateurs, le Centre de Recherche et Transfert Industriel (CRTI) composé de trois centres technologiques d'Etat - CEA, INERIS et IFPEN (EPICs)- et le Club d'Industriel (CI) fort de 13 membres industriels français. Ce réseau construit un paysage scientifique français cohérent, leader mondial dans le domaine du stockage de l'énergie et de toutes les applications qui en découlent. **STORE-EX** peut être considéré comme le véhicule d'aide à la réalisation des objectifs du RS2E et, avec son fonctionnement anime la science du RS2E. **STORE-EX** n'est pas seulement un réseau de recherche puisqu'il possède son propre bâtiment de 6 000 m<sup>2</sup> à Amiens (le « HUB de l'énergie ») qui est ouvert depuis janvier 2017 et accueille notamment le laboratoire LRCS. Le Hub de l'énergie sert avant tout de vitrine française aux activités de stockage électrochimique tout en permettant un croisement de cultures fertiles à l'innovation où les partenaires se rencontrent et travaillent ensemble. **STORE-EX** relève les défis scientifiques qui limitent actuellement les progrès du stockage électrochimique de l'énergie, de la synthèse et de la caractérisation des matériaux. Le RSE2, via **STORE-EX**, a permis la création de deux startups : Tiamat (technologie de batteries sodium-ion) et Sphère-Energie (outils de laboratoire de R&D pour accélérer la recherche expérimentale).

**STORE-EX** a été essentiel pour fédérer la recherche française sur le stockage électrochimique de l'énergie. Il a été le moteur de la mise en commun des équipements via la création de plateformes analytiques de pointe comprenant RMN, EPR, Mössbauer, Microscopie, et XPS, et le recrutement d'un ingénieur au synchrotron français SOLEIL en a grandement facilité l'accès. De plus, **STORE-EX** facilite le transfert rapide des concepts/idées vers un produit via la mise en place d'une plateforme de prototypage. Celle-ci est basée au Hub à Amiens et permet le prototypage de batteries/supercondensateurs (types 18650 et piles à poche), atteignant ainsi un TRL de 4-5 avant transfert aux entreprises. Le **LabEx** a également contribué au développement d'un programme d'éducation fort, tout d'abord par la création d'un programme d'éducation donnant accès aux étudiants de 3<sup>ème</sup> année de l'Ecole Nationale Supérieure de Chimie, Physique et Biologie de Bordeaux (ENSCBP) à des cours de haut niveau sur les matériaux et technologies de stockage de l'énergie. **STORE-EX** permet également l'accès annuel de six étudiants au Master International « Materials for Energy Storage and Conversion » (MESC), coordonné par l'Université de

<sup>21</sup> G. Cassabois, P. Valvin, B. Gil *Nature Photonics* **2016**, 10, 262.

Picardie Jules Verne. Ce Master, qui était un programme Erasmus Mundus de 2006 à 2016, s'est vu attribué le label "Erasmus+ Master" par la Commission européenne en juillet 2018 pour cinq années supplémentaires. Enfin, **STORE-EX** a favorisé des relations étroites et efficaces entre le CNRS et les Universités ainsi que les EPICs et industriels à un niveau qui n'avait jamais été atteint auparavant en France. Grâce à son rôle moteur dans la structuration de la recherche, **STORE-EX** a directement contribué à accroître la visibilité mondiale de la France dans le domaine de l'énergie. Cette affirmation est soutenue par le rapport du Comité Scientifique International (ISAB) qui a évalué le RS2E/**LabEx** en 2017 mais aussi par le rôle clé du RS2E dans l'influence de la structuration de la recherche européenne sur les batteries de demain. Par exemple, la nouvelle vision de la batterie intelligente de 2030, est l'un des deux piliers constituant le nouveau programme phare européen sur les batteries qui a déjà passé la première étape. **STORE-EX** a déjà un effet de levier pour permettre à certains de ses membres d'obtenir un ERC quel que soit le collaborateur junior ou senior.

Le **LabEx WIFI** (Waves and Imaging : from Fundamentals to Innovation) est porté par l'Institut Langevin, Unité Mixte de Recherches de l'ESPCI Paris-PSL et du CNRS. Il vise à porter au meilleur niveau mondial la physique des ondes et ses applications. A cette fin, il allie, dans un esprit très transdisciplinaire, recherche fondamentale, développement instrumental et création d'entreprises.

L'originalité du **LabEx WIFI** tient au fait qu'il rassemble des chercheurs intéressés par tous les types d'ondes, depuis les ondes mécaniques (ondes acoustiques, élastiques et sismiques, vagues à la surface de l'eau) jusqu'aux ondes optiques (infrarouges et visibles) en passant par les ondes électromagnétiques (radiofréquences, térahertz). Il s'agit de percer les mystères de la propagation de ces différents types d'ondes dans les environnements les plus complexes, d'en déduire de nouvelles approches pour les apprivoiser, et finalement de concevoir des instruments originaux qui les exploitent pour l'imagerie et les télécommunications. Le mariage de compétences au sein du **LabEx WIFI** présente un double intérêt : de nouvelles idées peuvent être testées pour un type d'ondes avant d'être transposées à un autre ; de nouvelles modalités d'imagerie combinant deux ondes différentes peuvent être développées, la première de ces ondes fournissant le contraste de l'image, l'autre gouvernant sa résolution : c'est le concept d'imagerie « multi-ondes ». L'autre force du **LabEx WIFI** réside dans sa capacité à transformer les connaissances issues d'une recherche très fondamentale en innovations de rupture grâce à son « pôle innovation ». Celui-ci a été créé pour bâtir et mettre en œuvre une stratégie d'optimisation du transfert technologique, en coordination étroite avec l'ensemble des partenaires institutionnels de l'Institut Langevin. Depuis 2011, une centaine de brevets ont ainsi été déposés et huit start-up (représentant plus de 150 salariés) ont été créées. Les solutions proposées par celles-ci concernent le façonnage d'ondes électromagnétiques pour les télécommunications intelligentes et les objets connectés,<sup>22</sup> la thérapie cardiaque par ultrasons pour le traitement de la sténose aortique,<sup>23</sup> l'imagerie fonctionnelle préclinique du cerveau par ultrasons,<sup>24</sup> le calcul optique pour accélérer l'apprentissage profond,<sup>25</sup> l'imagerie optique cellulaire à haute résolution grâce à la nanoscopie 3D (**Fig. 55**),<sup>26</sup> la détection et le tri de nanoparticules par interférométrie optique,<sup>27</sup> l'imagerie optique de la cornée et de la rétine avec une résolution cellulaire (SHARPEYE) et le suivi à distance par ultrasons des pathologies respiratoires (AUSTRAL). En retour, ces nouvelles technologies bénéficient aux chercheurs du **LabEx** pour faire de nouvelles percées en physique fondamentale. La boucle est ainsi bouclée.

---

<sup>22</sup> <https://greenerwave.com>

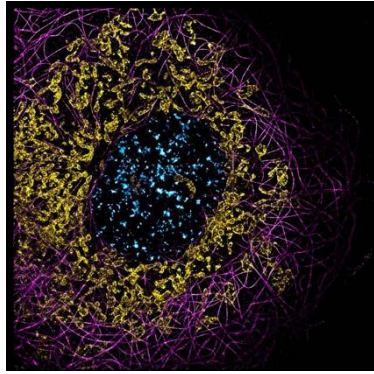
<sup>23</sup> <https://cardiawave.com>

<sup>24</sup> <https://iconeus.com>

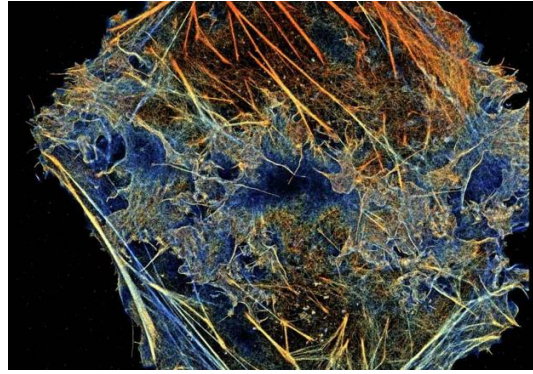
<sup>25</sup> <https://lighton.ai>

<sup>26</sup> <https://www.abelight.com>

<sup>27</sup> <https://www.myriadelab.com>



**Figure 55a :** Multi-marquage d'une cellule (COS-7) en imagerie super-résolue spectralement démultiplexée. Crédit : C. Guillaume (ABELLIGHT)



**Figure 55b :** Réseau de filaments d'actine d'une cellule (COS-7) en imagerie super-résolue 3D (technologie dSTORM couplée à la technologie DONALD développée par la société ABELIGHT). Crédit : C. Guillaume (ABELLIGHT)

## IRT et ITE

**Efficacity** est un **ITE** pour changer rapidement et radicalement les pratiques de la conception urbaine et être au rendez-vous des nouveaux objectifs bas carbone de la France tels que pressentis pour 2030, à savoir un alignement sur l'objectif européen de baisse de 55% des émissions de GES, qui conduiront à plus que doubler l'effort actuel. Sachant que les villes représentent deux tiers des émissions de GES en France, il est aisé de comprendre le rôle crucial de l'Institut **Efficacity** dédié à la transition énergétique des villes. Pour contribuer à relever ce défi, la méthode originale d'**Efficacity** est de faire travailler plus étroitement les trois grands acteurs de l'innovation urbaine : la recherche publique, les entreprises et les territoires. Pour y parvenir, la centaine de collaborateurs d'**Efficacity** comprend une moitié de salariés, un quart d'experts venant des entreprises et un quart de chercheurs venant de laboratoires publics qui travaillent ensemble au sein d'équipes pluridisciplinaires. En outre, ils coopèrent au quotidien avec de nombreux acteurs territoriaux (collectivités, aménageurs, promoteurs) qui sont volontaires pour tester des approches innovantes dans le cadre de partenariats de R&D, afin de les valider avant leur généralisation. **Efficacity** a deux grandes priorités : d'une part, doter les acteurs de terrain d'outil d'aide à la décision qui leur permettent d'optimiser les projets urbains (à l'échelle des quartiers) et les stratégies urbaines (à l'échelle des villes) ; d'autre part, accélérer l'émergence et la réplication à grande échelle d'innovations urbaines.

S'agissant des outils d'aide à la décision, **Efficacity** a en particulier développé une chaîne complète d'outils d'aide à la conception de quartiers bas carbone qui est aussi efficace que les outils classiques existant à l'échelle du bâtiment. Cette chaîne d'outils logiciels comprend quatre étapes clés : EnergyMapper identifie de façon exhaustive les gisements d'énergie renouvelable et de récupération disponibles pour le projet ; à partir de ces gisements, EnergyScreener compare des centaines voire des milliers de scénarios possibles en termes de mix énergétique, de type de réseaux, etc. et en présélectionne quelques dizaines selon des critères économiques et d'impact carbone ; PowerDIS effectue ensuite une simulation énergétique dynamique (SED), c'est-à-dire très détaillée, de ces scénarios pour choisir le scénario optimal et en vérifier la faisabilité ; enfin, UrbanPrint calcule l'empreinte environnementale complète du quartier en analyse de cycle de vie (ACV) intégrant les performances des bâtiments et des réseaux énergétiques mais aussi les matériaux de construction, les réseaux d'eau, les déchets, la mobilité, les changements d'usage des sols, etc.

L'énorme avantage de cette chaîne d'outils est son exhaustivité et sa neutralité vis-à-vis de telle ou telle technologie, car des centaines voire des milliers de combinaisons possibles sont simulées en vue d'optimiser la stratégie énergie/carbone de chaque projet urbain en termes économique et environnemental. Cette rigueur scientifique a été un facteur de confiance pour les territoires pilotes, et ces outils vont maintenant pouvoir être déployés à grande échelle en France, et rapidement à l'international. S'agissant de l'accélération des innovations urbaines, **Efficacity** accompagne d'une part des « territoires d'expérimentations » qui testent en conditions réelles des solutions innovantes avant leur déploiement à plus grande échelle, en particulier avec trois premiers territoires emblématiques : Paris La Défense, Euroméditerranée et La Réunion ; et accompagne d'autre part les plus grands programmes nationaux d'innovation que sont « Ville de demain/EcoCités » (2 Mds €) et « Territoires d'innovation » (3 Mds €) afin d'en évaluer les impacts et les conditions de réplication à grande échelle.

L'**IRT Jules Verne** est un centre de recherche industriel mutualisé dédié au manufacturing. Centré sur les besoins de filières industrielles stratégiques – aéronautique, automobile, énergie, navale et équipements de production – il opère la recherche en mode collaboratif en s'alliant aux meilleures ressources industrielles et

académiques dans le domaine du manufacturing. Conjointement, ils travaillent à l'élaboration de technologies innovantes sur cinq thématiques majeures : Procédés de formage et de préformage | Technologies d'Assemblage et de Soudage | Procédés de Fabrication Additive | Mobilité dans l'Espace Industriel | Flexibilité de la Production. Les résultats de ces travaux de recherche ont ensuite vocation à être déployés dans les usines à court et moyen termes. Pour proposer des solutions globales allant jusqu'à des démonstrateurs à l'échelle 1, l'**IRT Jules Verne** s'appuie sur un ensemble d'équipements exclusifs de pointe parmi lesquels un banc d'essai multiaxial, un îlot d'injection robotisé pour matériaux composites ou encore un îlot de fabrication additive métal.

Depuis 2012, l'**IRT Jules Verne** s'inscrit au cœur d'un écosystème d'innovation d'excellence et déploie une stratégie coordonnée avec le Pôle de compétitivité EMC2.

L'**IRT Jules Verne** dispose d'équipements de pointe et de compétences de haut niveau en Robotique-Cobotique | Procédés matériaux Composites | Procédés matériaux Métallique et additifs | Modélisation et Simulation | Caractérisation, Surveillance, Contrôle.

La mise à disposition de ces ressources co-localisées se déploie au travers de deux typologies de collaboration :

- Des projets de recherche industrielle collaboratifs (TRL 3 à 7) coordonnés par l'**IRT Jules Verne** et mêlant des acteurs industriels de toutes tailles, multi-filières, des acteurs académiques et des centres techniques.
- Des prestations de recherche (prestations intellectuelles et sur équipement) pour tous les acteurs industriels, de la start-up au grand groupe.

En parallèle, l'**IRT Jules Verne** développe des dispositifs spécifiques accélérateurs de l'innovation dans le domaine du manufacturing pour intensifier la recherche amont, faciliter le transfert technologique ou encore booster l'attractivité des métiers industriels. L'**IRT Jules Verne** a également pris un tournant résolument international et déploie désormais son expertise dans le cadre de projets européens s'inscrivant dans sa feuille de route technologique. L'**IRT Jules Verne** en chiffres (à fin 2020) : 96 projets R&D, 12 projets H2020, 133 collaborateurs, 203 M€ de budget engagé sur les projets ; 49 brevets déposés dont cinq déposés en 2020, huit licences d'exploitation et sept projets accompagnés vers l'industrialisation, 20 M€ d'investissement en équipements, Membres et partenaires : 47 industriels, 17 PME et 17 académiques et centres techniques.

L'**IRT M2P** est un institut de recherche technologique spécialisé dans les domaines des matériaux, de la métallurgie et des procédés. Il met ses compétences, ses équipements à échelle semi-industrielle et son réseau de laboratoires académiques au service de projets industriels (prestations sur-mesure, projets de R&D privée ou multipartenaires avec un cofinancement privé/public). L'**IRT M2P** a développé un important réseau de plus de 150 partenaires (aéronautique, automobile, naval, énergie, défense, industrie, ...) depuis sa création en 2013. PME, grands groupes et start-ups, se sont engagés avec l'**IRT M2P** pour définir les plateformes technologiques. L'activité de l'**IRT M2P** est structurée en domaines d'expertise qui peuvent être associés pour répondre aux besoins d'un même projet de R&D : Poudres métalliques, Fonderie avancée, Analyse du Cycle de vie et Recyclage, Traitements et revêtements de surface mécaniques, Traitements thermiques et thermo-chimiques, Matériaux composites, Assemblage multi-matériaux, Analyses et caractérisation.

Le recours à la fabrication additive pour la conception de pièces fonctionnelles à haute valeur ajoutée est aujourd'hui en plein développement. Formes complexes, optimisation des coûts, revêtements innovants, la fabrication additive répond aujourd'hui à de nombreux enjeux des secteurs industriels (matières premières, aéronautique, transports...). Cependant, la matière première et les procédés de finition de surface classiques ne sont pas encore optimisés, notamment pour les pièces de géométries complexes destinées à certains domaines applicatifs (aéronautique, automobile, naval, mécanique de précision), et qui requièrent des niveaux de rugosité spécifiques. Pour répondre à cet enjeu industriel, l'**IRT M2P** mobilise son expertise dans deux activités stratégiques de la fabrication additive : l'élaboration de poudres métalliques en amont et le développement de procédés de parachèvement des pièces en aval. La plateforme d'élaboration de poudres métalliques située sur le site d'Uckange (57) permet de couvrir toute la gamme de compositions métalliques et se compose d'équipements uniques à l'échelle industrielle permettant d'atomiser différents types d'alliages (titane, aluminium, acier, nickel, etc.), d'adapter les propriétés des poudres en fonction de la technologie utilisée, de développer des compositions innovantes et de recycler les poudres hors-gamme ou post fabrication additive.

En complément de cette phase d'élaboration, l'**IRT M2P** dispose de lignes de traitements de surface sur le site de Duppigheim (67). Elles permettent d'accompagner la montée en maturité des procédés de parachèvement en voie humide : polissages chimique, électrolytique, électrolytique plasma). Une plateforme dédiée aux applications innovantes de peinture complète ces équipements. L'**IRT M2P** porte plusieurs projets en lien avec la production de poudres métalliques ainsi que le parachèvement de pièces issues de fabrication additive.

Pour répondre aux normes européennes, l'industrie automobile cherche de nouvelles solutions d'allègement des véhicules. Les structures multi-matériaux associant notamment des matériaux composites (combinaison de renforts fibreux et de matrices polymères) constituent des leviers majeurs pour répondre à ces enjeux en raison de leurs propriétés (bonnes performances mécaniques, faible densité, résistance à la corrosion,



etc...). Au-delà des développements matériaux, ces structures hybrides nécessitent de développer des technologies d'assemblage innovantes comme les assemblages mécaniques. Les matériaux composites présentent aussi un intérêt environnemental en termes de recyclage et de réponse aux contraintes réglementaires liées aux directives REACH. Outre leur fort potentiel d'allègement, ces matériaux nécessitent une importante phase d'industrialisation en vue de s'accorder avec les exigences du marché (coûts et cadences). Grâce à ses équipements, l'**IRT M2P** est capable d'apporter des solutions dans l'industrialisation de ces procédés mais également dans le développement des matériaux constituant ces matériaux composites et cela pour différents secteurs industriels : automobile, BTP, etc. (**Fig. 56**).



**Figure 56** : Fast RTM : Développement des systèmes de préformage et d'injection pour des pièces de structure composite de grandes dimensions.

## EUR

<p>L'EUR Graduate School Manutech SLEIGHT depuis 2018 en chiffres : Environ 300 étudiants en master dont 50% internationaux ; Plus de 190 chercheurs / enseignants-chercheurs et post-doctorants ; Plus de 100 doctorants</p>		
<p><b>4 Appels à projets de Recherche</b>  <b>1 Appel à labellisation de thèse</b>  12 financements de projets avec doctorants  5 financements de projets avec post-doctorants</p>	<p><b>6 SLEIGHT Science Events organisés</b>  Janv. 2019 – “SLEIGHT: Topics and takeholders”  Juil. 2019 – “Material appearance: light scattering and perception”, organisé en partenariat avec le GDR CNRS APPAMAT  Janv. 2020 – “SLEIGHT in 2020”  Janv. 2021 – “SLEIGHT in 2021”  Juil. 2021 – “Machine Learning”, en partenariat avec Labex Milyon, ED SIS, ED MEGA et ED Matériaux, AFM et Minalogic  Janv. 2022 – organisé en partenariat avec la SATT PULSALYS</p> <p>100 à 210 participants à chaque évènement</p>	
<p><b>Certificate Manutech SLEIGHT</b>  5 lauréats récompensés pour leur implication dans les activités de la Graduate School</p>	<p><b>12 bourses d’attractivité</b>  attribuées à des étudiants internationaux inscrits en Master</p>	<p><b>6 conférences internationales cofinancées sur le site Saint-Etienne-Lyon</b></p>
<p><b>1 Student Chapter</b> en cours de création</p>	<p><b>4 mobilités internationales financées</b>, dont 1 année à Ottawa, Canada</p>	<p>1 plateforme technologique pour les étudiants de master et la recherche</p>
<p><b>1 journée thématique sur le thème « Photonique et santé »,</b> pour la communauté Manutech SLEIGHT et les partenaires privés, co-organisée avec Minalogic</p>		
<p><b>10 parcours de master dont 4 nouveaux Erasmus Mundus Joint Master Degrees (EMJMD) à l’Université Jean Monnet Saint-Etienne</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Photonics for security, reliability and safety – PSRS</li> <li>- Radiation and its effects on microelectronics and photonics technologies - RADMEP</li> <li>- Imaging and light in extended reality – IMLEX</li> <li>- Computational colour and spectral imaging – COSI</li> </ul>		

Focus sur les SLEIGHT Science Events - SSE : Ce sont les événements clefs de l'EUR. Organisés deux fois par an, ils rassemblent l'ensemble de la communauté de recherche et d'enseignement de **Manutech SLEIGHT** et ses partenaires autour d'un programme varié : conférences réalisées par des orateurs invités de renommée internationale, workshops dédiés aux trois axes scientifiques de l'EUR et sessions dédiées aux étudiants (Pitch par les étudiants de Master, présentations par les doctorants ...).

Certains SSE sont co-organisés avec les acteurs socio-économiques du territoire et/ou d'autres programmes du PIA permettant d'ouvrir aux communautés scientifiques. Ces événements sont le ciment de l'EUR promouvant des interactions fortes formation-recherche, le croisement des disciplines à l'état de l'art des activités de recherche.

L'école universitaire de recherche (**EUR**) **Manutech SLEIGHT** résulte de la volonté de renforcer le lien entre formations d'excellence, recherche fondamentale et recherche appliquée. Elle se concentre sur l'ingénierie lumière (laser) - surface, couvrant les domaines de l'optique-photonique, la science des surfaces, l'imagerie, l'informatique et la biologie, pour des applications sociétales dans les domaines de l'énergie, de la santé et de la

sécurité, répondant aux défis du XXI<sup>e</sup> siècle. L'**EUR Manutech SLEIGHT** est mise en œuvre depuis septembre 2018 pour 10 ans et rassemble un consortium de 12 partenaires publics et privés de Saint-Etienne et Lyon (Université de Lyon (UdL) / Université Jean Monnet Saint-Étienne (UJM) / Institut national des sciences appliquées de Lyon (INSA Lyon) / Institut d'optique Graduate School (IOGS) / École nationale supérieure des Mines de Saint-Étienne (MINES Saint-Étienne) / Université Claude Bernard Lyon 1 (UCBL) / École Centrale de Lyon (ECL) et École nationale d'ingénieurs de Saint-Étienne (ECL-ENISE) / Centre national de la recherche scientifique (CNRS) / Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM) / Institut de recherche en ingénierie des surfaces (IREIS – HEF Group) / GIE MANUTECH-USD (Ultrafast Surface Design) / Keranova.

Ce consortium pluridisciplinaire travaille en lien fort avec les acteurs socio-économiques du territoire Auvergne-Rhône-Alpes : MINALOGIC, pôle de compétitivité des technologies du numérique ; CIMES, pôle de compétitivité sur la conception, production et intégration de systèmes mécaniques intelligents ; The FrenchTech One Lyon-Saint-Étienne, favorisant l'émergence et la croissance de start-ups, scale-ups et PME du territoire ; PULSALYS, la société d'accélération et de transfert de technologies du site Lyon-Saint-Etienne.

L'**EUR** offre un panel de dix formations graduées pluridisciplinaires portées par la Faculté des Sciences et Techniques et la Faculté de Médecine de l'Université Jean Monnet Saint-Etienne, dont quatre Erasmus Mundus Joint Master Degrees, en partenariat avec diverses universités européennes et internationales. Ces formations de master, presque intégralement en langue anglaise, couvrent l'ensemble des champs disciplinaires de l'**EUR** et s'appuient sur l'expertise scientifique des laboratoires de recherche partenaires. L'**EUR** offre également l'opportunité à des étudiants ingénieurs de participer aux activités de formation par la recherche sur les thématiques de **Manutech SLEIGHT**. Les doctorants participent quant à eux aux activités et curriculum de deux écoles doctorales de l'Université de Lyon.

S'appuyant sur l'excellence scientifique et une approche transdisciplinaire, l'**EUR Manutech SLEIGHT** concentre ses activités de recherche sur trois axes visant une meilleure compréhension et maîtrise de l'ingénierie lumière-surface, et particulièrement pour :

- Prédire, tester et expérimenter les processus de modification de surface induits par la lumière pour la prédiction d'événements se produisant dans l'échelle de temps de l'interaction d'impulsions laser ultrabrèves avec les surfaces, tels que des simulations multi-échelles et multi-physiques de l'absorption de la lumière (*Exemple de projet de recherche* : Projet MORPHOSURF – Morphologie de surface à l'échelle nanométrique par un contrôle temporel et de la polarisation des impulsions laser ultracourtes / Laboratoire Hubert Curien – UJM, CNRS, IOGS ; Laboratoire Georges Friedel – Mines Saint-Etienne, CNRS ; Laboratoire MATEIS – INSA Lyon, UCBL, CNRS).
- Extraire une information complète et du sens à partir de l'imagerie de surface englobant l'ensemble de la chaîne d'image à l'intelligence artificielle, en développant notamment des outils de diagnostic alternatifs et des méthodes de reconstruction associées pour, par exemple, les environnements sévères, la microscopie, l'astronomie ou le diagnostic *in situ* de tissus biologiques (*Exemple de projet de recherche* : Projet DIONISOS - Machine Learning pour le suivi en microscopie électronique de la diffusion de nanoparticules sur des surfaces / Laboratoire MATEIS – INSA Lyon, UCBL, CNRS ; Laboratoire Hubert Curien – UJM, CNRS, IOGS ; Laboratoire CREATIS – INSA Lyon, UCBL, UJM, CNRS, INSERM).
- Favoriser un saut technologique décisif dans l'ingénierie et le contrôle des effets de modification de surface induits par laser, par exemple pour le développement d'une nouvelle génération d'outils intelligents de traitement des surfaces sur des échelles ultimes et le développement de surfaces micro-nano structurées et fonctionnelles avec des propriétés optiques, mécaniques, chimiques, physiques (*Exemple de projet de recherche* : Projet LASIMP – Texturations multi-fonctionnelles par laser femtoseconde de surfaces à base titane pour implants dentaires : Favoriser l'ostéointégration et éviter la contamination bactérienne / Laboratoire SAINBIOSE – UJM, Mines Saint-Etienne, INSERM ; LTDS – ECL, ENTPE, CNRS ; Laboratoire Hubert Curien – UJM, CNRS, IOGS).

Les équipes de recherche de l'**EUR** collaborent avec le **LabEx Manutech-SISE** (Sciences et ingénierie des surfaces et interfaces) et deux **EquipEx** : **Manutech-USD** (Ultrafast Surface Design) et **IVTV** (Ingénierie et vieillissement des tissus vivants).

## X- GLOSSAIRE

Equipex :	<b>E</b> quipement d' <b>E</b> xcellence
EPIC :	<b>E</b> tablishement <b>P</b> ublic à <b>C</b> aractère <b>I</b> ndustriel et <b>C</b> ommercial
EPST :	<b>E</b> tablishement <b>P</b> ublic à caractère <b>S</b> cientifique et <b>T</b> echnologique
ETI :	<b>E</b> ntreprise de <b>T</b> aille <b>I</b> ntermédiaire (effectif < 5000)
EUR :	<b>E</b> cole <b>U</b> niversitaire de <b>R</b> echerche
GIE :	<b>G</b> roupement d' <b>I</b> ntérêt <b>E</b> conomique
IEED :	<b>I</b> nstituts d' <b>E</b> xcellence sur les <b>E</b> nergies <b>D</b> écarbonées
IRT :	<b>I</b> nstitut de <b>R</b> echerche <b>T</b> echnologique
ITE :	<b>I</b> nstitut de <b>T</b> ransition <b>E</b> nergétique
LabEx :	<b>L</b> aboratoire d' <b>E</b> xcellence

PME : **P**etite ou **M**oyenne **E**ntreprise ou microentreprise (effectif < 250)  
PPR : **P**rogramme **P**rioritaire de **R**echerche  
SMI : **S**ciences de la **M**atière et de l'**I**ngénieur  
TRL : **T**echnology **R**eadiness **L**evel = Niveau de maturité technologique  
WOS : **W**eb **O**f **S**cience

# ***ANNEXES***

**Annexe A : Equipex SMI et leurs sites web**

	Acronyme	Titre du projet et site web
<b>EQUIPEX</b>	<b>Andromede</b>	Nanoparticules et molécules de haute vitesse : sonde sous vide ou à l'air des nano-domaines et nano-objets présents sur les surfaces. <a href="http://ipnwww.in2p3.fr/ANDROMEDE.384">http://ipnwww.in2p3.fr/ANDROMEDE.384</a>
	<b>ATTOLab</b>	Plateforme pour la dynamique atto-seconde. <a href="http://attolab.fr">http://attolab.fr</a>
	<b>CILEX</b>	Centre interdisciplinaire lumière extrême. <a href="http://cilexsaclay.fr">http://cilexsaclay.fr</a>
	<b>CRG/F</b>	Ligne de lumière microfocuse et très haute dilution à l'ESRF pour les sciences de l'environnement. <a href="http://www.esrf.eu/UsersAndScience/Experiments/CRG">http://www.esrf.eu/UsersAndScience/Experiments/CRG</a>
	<b>DAUM</b>	Equipement Tube pour l'élaboration et la caractérisation de nano matériaux sous ultra vide <a href="https://pluginlabs.univ-lorraine.fr/en/entity/f28515e6-bd12-48a7-9526-fdff01bbf514/centre-de-competences-depot-et-analyse-sous-ultravide-de-nanomateriaux">https://pluginlabs.univ-lorraine.fr/en/entity/f28515e6-bd12-48a7-9526-fdff01bbf514/centre-de-competences-depot-et-analyse-sous-ultravide-de-nanomateriaux</a>
	<b>DESIR</b>	Désintégration, excitation et stockage d'ions radioactifs. <a href="http://www.cenbg.in2p3.fr/desir/-DESIR-EQUIPEX-">http://www.cenbg.in2p3.fr/desir/-DESIR-EQUIPEX-</a>
	<b>DURASOL</b>	Etude du vieillissement accéléré des composants et systèmes solaires photovoltaïques et thermiques et des corrélations climatiques <i>via</i> des plates-formes multi-sites. <a href="http://www.durasol.fr">www.durasol.fr</a>
	<b>ELORPrintTec</b>	Plate-forme de l'Université de Bordeaux pour l'organique électronique imprimable : de la molécule aux dispositifs et systèmes intégrés – valorisation et commercialisation. <a href="http://elorprinttec.u-bordeaux.fr/en">http://elorprinttec.u-bordeaux.fr/en</a>
	<b>EXCELSIOR</b>	Centre expérimental pour l'étude des propriétés des nanodispositifs dans un large spectre du DC au moyen Infrarouge. <a href="http://excelsior-ncc.iemn.univ-lille1.fr">http://excelsior-ncc.iemn.univ-lille1.fr</a>
	<b>EXTRA</b>	Centre d'Excellence sur les Antimoniures. <a href="http://www.iesengineering.fr/nanomir/">http://www.iesengineering.fr/nanomir/</a>
	<b>FDSOI11</b>	Plateforme FDSOI pour le node 11 nm. <a href="https://www.giant-grenoble.org/fr/investissements-d-avenir-equipements-d-excellence/">https://www.giant-grenoble.org/fr/investissements-d-avenir-equipements-d-excellence/</a>
	<b>GAP</b>	Plate-forme d'essais et de recherche sur les nouvelles technologies de « Groupe Aéro propulseur » pour l'aéronautique et le spatial. <a href="http://www.pprime.fr/?q=fr/equipex-gap">http://www.pprime.fr/?q=fr/equipex-gap</a>
	<b>GENEPI</b>	Equipement de gazéification pour plateforme innovante dédiée aux énergies nouvelles. <a href="http://www.liten cea.fr/fr/plateformes_technologiques/genepi.htm">http://www.liten cea.fr/fr/plateformes_technologiques/genepi.htm</a>
	<b>GENESIS</b>	Innovative Mobility : Smart and Sustainable Solutions. <a href="http://genesis.univ-rouen.fr">http://genesis.univ-rouen.fr</a>
	<b>IMPACT</b>	Caractérisation et tests <i>in situ</i> des matériaux, procédés et architectures. <a href="https://tmlab.fr/afm-s/">https://tmlab.fr/afm-s/</a>
	<b>LaSUP</b>	Plateforme pour l'utilisation des grands aimants superconducteurs. <a href="http://lncmi.cnrs.fr/la-recherche/magnet-materials-technology/generation-de-champ-magnetique-intense-recherche-et-developpement/bobines-supraconductrice-et-hybride/">http://lncmi.cnrs.fr/la-recherche/magnet-materials-technology/generation-de-champ-magnetique-intense-recherche-et-developpement/bobines-supraconductrice-et-hybride/</a>
	<b>LEAF</b>	Plateforme de traitement laser pour l'électronique flexible multifonctionnelle. <a href="http://leaf-equipex.iemn.univ-lille1.fr">http://leaf-equipex.iemn.univ-lille1.fr</a>
	<b>MANUTECH-USD</b>	Ultrafast surface design. <a href="http://manutech-usd.fr/">http://manutech-usd.fr/</a>
	<b>MARSS</b>	Centre de Spectrométrie de Masse pour les Sciences de la Réactivité et de Spéciation. <a href="https://recherche.univ-pau.fr/fr/competences-et-expertises/labels-d-excellence/equipex-equipements-d-excellence/equipex-marss.html">https://recherche.univ-pau.fr/fr/competences-et-expertises/labels-d-excellence/equipex-equipements-d-excellence/equipex-marss.html</a>
	<b>MATMECA</b>	MATériaux-MECAnique / Elaboration-Caractérisation-Observation-Modélisation-Simulation. <a href="http://matmeca.cnrs.fr">http://matmeca.cnrs.fr</a>
	<b>MIGA</b>	Antenne gravitationnelle basée sur l'interférométrie atomique. <a href="https://www.coldatomsbordeaux.org/miga">https://www.coldatomsbordeaux.org/miga</a>
	<b>MIMETIS</b>	Microscopie Interférométrique et Microscopie Electronique en Transmission <i>In Situ</i> . <a href="https://sites.google.com/site/equipexmimetis/home">https://sites.google.com/site/equipexmimetis/home</a>
	<b>NanoID</b>	Plateforme d'identification des nanoparticules dédiée à la sécurité. <a href="http://www.nano-id.fr">http://www.nano-id.fr</a>
	<b>NANOIMAGES-X</b>	Construction et exploitation d'une ligne de nanotomographie au synchrotron SOLEIL. <a href="http://www.synchrotron-soleil.fr/Recherche/ProgrammesTransversaux/nanoimagesX">http://www.synchrotron-soleil.fr/Recherche/ProgrammesTransversaux/nanoimagesX</a>
	<b>Oscillator IMP</b>	Plateforme de Mesure de l'Instabilité des oscillateurs. <a href="http://oscillator-imp.com">http://oscillator-imp.com</a>
	<b>PETAL+</b>	Diagnostics Plasma pour l'installation du laser petawatt sur le laser mégajoule. <a href="https://idex.u-bordeaux.fr/fr/n/Defis-scientifiques/Optique-Photonique-Laser/r3012.html">https://idex.u-bordeaux.fr/fr/n/Defis-scientifiques/Optique-Photonique-Laser/r3012.html</a>
<b>PHARE</b>	Plateforme macHines tournantes pour la mAîtrise des Risques Environnementaux. <a href="https://www.ec-lyon.fr/recherche/plateformes-recherche/plateformes-du-campus/phare">https://www.ec-lyon.fr/recherche/plateformes-recherche/plateformes-du-campus/phare</a>	
<b>REALCAT</b>	Plateforme intégREe AppLIquée au criblage haut débit de CATalysateurs pour les bioraffineries. <a href="http://realcat.ec-lille.fr">http://realcat.ec-lille.fr</a>	
<b>REFIMEVE+</b>	Réseau fibre métrologique à vocation européenne. <a href="http://www.refimeve.fr">http://www.refimeve.fr</a>	
<b>ROCK</b>	Spectromètre EXAFS Rapide pour Cinétiques Chimiques. <a href="http://www.synchrotron-soleil.fr/Recherche/LignesLumiere/ROCK">http://www.synchrotron-soleil.fr/Recherche/LignesLumiere/ROCK</a>	
<b>SENS</b>	RMN de surface exaltée par polarisation dynamique nucléaire. pas de site	

	<b>Socrate</b>	Solaire Concentré : Recherches Avancées et Technologies Energétiques. <a href="http://www.equipex-socrate.fr">http://www.equipex-socrate.fr</a>
	<b>S3</b>	Spectromètre Super Séparateur. <a href="https://hal.archives-ouvertes.fr/in2p3-00966041">https://hal.archives-ouvertes.fr/in2p3-00966041</a>
	<b>TEMPOS</b>	Microscopie électronique en transmission sur le plateau Palaiseau Orsay Saclay. <a href="http://www.tempos.fr">http://www.tempos.fr</a>
	<b>ThomX</b>	Source X monochromatique compacte. <a href="https://sppi.lal.in2p3.fr/">https://sppi.lal.in2p3.fr/</a>
	<b>UNION</b>	Optique ultrarapide, nanophotonique et plasmonique. <a href="http://union.u-strasbg.fr">http://union.u-strasbg.fr</a>
	<b>UTEM</b>	Microscopie électronique ultrarapide en transmission. <a href="http://utem.u-strasbg.fr">http://utem.u-strasbg.fr</a>

### Détails des Equipex SMI

	Acronyme	Région	Vague	RST*	Dotation initiale M€	Champ disciplinaire	
<b>EQUIPEX</b>	<b>GENEPI</b>	Auvergne-Rhône-Alpes	2	CHATAING Thierry	3,85	Chimie	
	<b>MARSS</b>	Nouvelle-Aquitaine	2	DONARD Olivier	8,2	Chimie	
	<b>NanoID</b>	Auvergne-Rhône-Alpes	1	MOTELLIER Sylvie	10,19	Chimie	
	<b>REALCAT</b>	Hauts-de-France	2	PAUL Sébastien	8,7	Chimie	
	<b>SENS</b>	Auvergne-Rhône-Alpes	1	LESAGE Anne	1,8	Chimie	
	<b>ELORPrintTec</b>	Nouvelle-Aquitaine	1	HADZIOANNOU Georges	8,99	Matériaux	
	<b>ExCELSIOR</b>	Hauts-de-France	2	GRANDIDIER Bruno	3,25	Matériaux	
	<b>EXTRA</b>	Occitanie	2	TOURNIE Eric	4,2	Matériaux	
	<b>FDSO11</b>	Auvergne-Rhône-Alpes	1	FAYNOT Olivier	9,99	Matériaux	
	<b>GAP</b>	Nouvelle-Aquitaine	2	GRANDIDIER Jean-Claude	3,75	Matériaux	
	<b>GENESIS</b>	Normandie	2	PAREIGE Philippe	14	Matériaux	
	<b>IMPACT</b>	Auvergne-Rhône-Alpes	1	PELISSIER Bernard	5	Matériaux	
	<b>LEAF</b>	Hauts-de-France	2	DUBOIS Emmanuel	2,6	Matériaux	
	<b>MATMECA</b>	Ile-de-France	1	DRAWIN Stefan	4,5	Matériaux	
	<b>MIMETIS</b>	Occitanie	1	SNOECK Etienne	3,5	Matériaux	
	<b>UNION</b>	Grand-Est	1	HALTE Valérie	11	Matériaux	
	<b>Andromede</b>	Ile-de-France	1	DELLA-NEGRA Serge	4	Physique	
	<b>ATTOLab</b>	Ile-de-France	2	MARTIN Philippe	5	Physique	
	<b>CILEX</b>	Ile-de-France	1	ZEITOUN Philippe	19,99	Physique	
	<b>CRG/F</b>	Auvergne-Rhône-Alpes	2	RENAUD Gilles	2	Physique	
	<b>DAUM</b>	Grand-Est	3	MANGIN Stéphane	5,02	Physique	
	<b>DESIR</b>	Normandie	2	THOMAS Jean-Charles	9	Physique	
	<b>DURASOL</b>	Auvergne-Rhône-Alpes	2	MERTEN Jens	6	Physique	
	<b>LaSUP</b>	Auvergne-Rhône-Alpes	1	RIKKEN Geert	6,99	Physique	
	<b>MANUTECH-USD</b>	Auvergne-Rhône-Alpes	1	GARRELIE Florence	4,2	Physique	
	<b>MIGA</b>	Nouvelle-Aquitaine	2	BOUYER Philippe	9	Physique	
	<b>NANOIMAGES-X</b>	Ile-de-France	2	THOMPSON Andrew	7,6	Physique	
	<b>Oscillator IMP</b>	Bourgogne-Franche-Comté	2	RUBIOLA Enrico	4,2	Physique	
	<b>PETAL+</b>	Nouvelle-Aquitaine	1	BATANI Dimitri	9,3	Physique	
	<b>PHARE</b>	Auvergne-Rhône-Alpes	1	THOUVEREZ Fabrice	3	Physique	
	<b>REFIMEVE+</b>	Ile-de-France	2	CHARDONNET Christian	6,7	Physique	
	<b>ROCK</b>	Ile-de-France	1	BRIOIS Valérie	3,3	Physique	
<b>Socrate</b>	Occitanie	1	FLAMANT Gilles	4,5	Physique		
<b>S3</b>	Normandie	1	SAVAJOLS Hervé	8	Physique		
<b>TEMPOS</b>	Ile-de-France	1	STEPHAN Odile	13,5	Physique		
<b>ThomX</b>	Ile-de-France	1	JACQUET Marie	11,99	Physique		
<b>UTEM</b>	Grand-Est	2	BANHART Florian	3,3	Physique		

\*RST au 31/12/2021 ou à la clôture du projet

**Annexe B : ESR Equipex + SMI et leurs sites web**

	Acronyme	Titre du projet et site web
<b>ESR - EQUIPEX +</b>	2D-MAG	Matériaux magnétiques bidimensionnels. pas de site
	Add4P	Fabrication Additive de verres et composants pour la photonique. <a href="https://fibertech.univ-lille.fr/fr/equipex-flux/add4p-1">https://fibertech.univ-lille.fr/fr/equipex-flux/add4p-1</a>
	CALHIPSO	Compaction et assemblage métalliques par HIP une solution innovante. <a href="https://www.ubfc.fr/recherche/projets-de-recherche/pia/calhipso/">https://www.ubfc.fr/recherche/projets-de-recherche/pia/calhipso/</a>
	DurabilityHY	Etude de la durabilité des technologies hydrogène : piles à combustible et électrolyseurs de fortes puissances de type PEM. pas de site
	e-DIAMANT	Réseau technologique pour les applications scientifiques et industrielles des capteurs diamant. <a href="https://www.universite-paris-saclay.fr/actualites/des-diamants-pour-les-technologies-quantiques-e-diamant-laureat-equipex">https://www.universite-paris-saclay.fr/actualites/des-diamants-pour-les-technologies-quantiques-e-diamant-laureat-equipex</a>
	FASUM	Fourty tesla Superconducting User Magnet. <a href="http://lncmi.cnrs.fr/actualite/fasum-project-financed-by-french-anr-equipex-program/">http://lncmi.cnrs.fr/actualite/fasum-project-financed-by-french-anr-equipex-program/</a>
	HYBAT	Hybrid Antimonide Technologies. <a href="https://nanomir.edu.umontpellier.fr/2021/11/05/nanomir-in-semiconductor-today/">https://nanomir.edu.umontpellier.fr/2021/11/05/nanomir-in-semiconductor-today/</a>
	IMF-NMR	Un nouveau concept de spectroscopie RMN pour la chimie, la biologie et la santé. pas de site
	NANOFUTUR	NANOfabrication investments for FUTURe nanotechnologies. <a href="https://www.xlim.fr/actualites/nanofutur-laureat-de-lami-equipex">https://www.xlim.fr/actualites/nanofutur-laureat-de-lami-equipex</a>
	NEWGAIN	NEW GANil Injector (Nouvel Injecteur au GANIL). <a href="http://cimap.ensicaen.fr/spip.php?article674">http://cimap.ensicaen.fr/spip.php?article674</a>
	PACIFICS	Initiative Accélérateurs pour les Futurs Systèmes Innovants. <a href="https://indico.iiclub.in2p3.fr/event/7358/contributions/23034/attachments/17158/22415/perspectives%20techniques%20IJCL-AB%20V%26S.pdf">https://indico.iiclub.in2p3.fr/event/7358/contributions/23034/attachments/17158/22415/perspectives%20techniques%20IJCL-AB%20V%26S.pdf</a>
	SMARTLIGHT	Smart photonics. <a href="https://icb.u-bourgogne.fr/actualites-fr/equipex-smartlight-et-calhipso-2-projets-pour-financement/">https://icb.u-bourgogne.fr/actualites-fr/equipex-smartlight-et-calhipso-2-projets-pour-financement/</a>

**Détails des ESR Equipex + SMI**

	Acronyme	Région	RST*	Dotation initiale M€	Champ disciplinaire
<b>ESR - EQUIPEX +</b>	2D-MAG	Occitanie	JACQUES Vincent	2,26	Matériaux
	CALHIPSO	Bourgogne-Franche-Comté	BERNARD Frédéric	4,30	Matériaux
	HYBAT	Occitanie	TOURNIE Eric	5,53	Matériaux
	Add4P	Hauts-de-France	DOUAY Marc	3,98	Physique
	DurabilityHY	Occitanie	TURPIN Christophe	12,51	Physique
	e-DIAMANT	Ile-de-France	ROCH Jean-François	6,79	Physique
	FASUM	Auvergne-Rhône-Alpes	SIMON Charles	3,59	Physique
	IMF-NMR	Ile-de-France	FERRAGE Fabien	6,01	Physique
	NANOFUTUR	Bourgogne-Franche-Comté	de LABACHELERIE Michel	17,46	Physique
	NEWGAIN	Normandie	MOSCATELLO DI GIACOMO Marie-Hélène	13,68	Physique
	PACIFICS	Ile-de-France	BOUSSON Sébastien	9,70	Physique
	SMARTLIGHT	Bourgogne-Franche-Comté	CLUZEL Benoît	3,01	Physique

\*RST au 31/12/2021



**Annexe C : Labex SMI et leurs sites web**

	Acronyme	Titre du projet et site web
<b>LABEX</b>	<b>AMADeus</b> •	Matériaux avancés sur mesure. <a href="https://amadeus.labex.u-bordeaux.fr/">https://amadeus.labex.u-bordeaux.fr/</a>
	<b>Arcane</b> ♦	Grenoble, une chimie bio-motivée. <a href="https://www.labex-arcane.fr/">https://www.labex-arcane.fr/</a>
	<b>CAPRYSSES</b>	Cinétique chimique et Aérodynamique pour des Propulsions et des Systèmes Energétiques Propres. <a href="http://www.caprysses.fr">http://www.caprysses.fr</a>
	<b>CeLyA</b> •	Centre lyonnais d'acoustique. <a href="http://celya.universite-lyon.fr/">http://celya.universite-lyon.fr/</a>
	<b>CEMAM</b> •	Centre d'excellence en matériaux architecturés fonctionnels. <a href="http://cemam.grenoble-inp.fr/cemam/">http://cemam.grenoble-inp.fr/cemam/</a>
	<b>CHARMMMAT</b> •	Chimie des architectures moléculaires multifonctionnelles et des matériaux. <a href="http://www.charmmmat.fr/">http://www.charmmmat.fr/</a>
	<b>CheMISyst</b> ■	Chimie des systèmes moléculaires et interfaciaux. <a href="https://www.icsm.fr/labex.html">https://www.icsm.fr/labex.html</a>
	<b>CSC</b> •	Centre de chimie des systèmes complexes. <a href="http://labex-csc.unistra.fr/">http://labex-csc.unistra.fr/</a>
	<b>DAMAS</b> ■	Design des alliages métalliques pour allègement des structures. <a href="http://www.labex-damas.com/">http://www.labex-damas.com/</a>
	<b>EMC3</b>	Centre de matériaux énergétiques et combustion propre. <a href="http://www.labex-emc3.fr/">http://www.labex-emc3.fr/</a>
	<b>ENIGMASS</b> •	L'énigme de la masse. <a href="http://enigmass.in2p3.fr/">http://enigmass.in2p3.fr/</a>
	<b>ENS-ICFP</b> •	ENS - Centre international pour la physique fondamentale et ses interfaces. <a href="http://www.phys.ens.fr/spip.php?rubrique98">http://www.phys.ens.fr/spip.php?rubrique98</a>
	<b>FIRST-TF</b>	Réseau pour l'Innovation, la Recherche, les Services et la Formation en temps-fréquence. <a href="http://www.first-tf.com">http://www.first-tf.com</a>
	<b>GaNeX</b> •	Réseau national sur le nitruure de Gallium. <a href="http://www.ganex.fr">http://www.ganex.fr</a>
	<b>ICoME2</b> •	Centre Interdisciplinaire sur les Matériaux Multi-échelle pour l'Energie et l'Environnement. <a href="https://umi.mit.edu/lab">https://umi.mit.edu/lab</a>
	<b>iMUST</b> •	Institut des sciences et technologies multi-échelle : de la physique et la chimie fondamentale à l'ingénierie de nouveaux matériaux et procédés et ecotechnologies. <a href="https://labeximust.universite-lyon.fr/">https://labeximust.universite-lyon.fr/</a>
	<b>INTERACTIFS</b>	Interactions et transferts aux interfaces fluides et solides. <a href="http://labex-interactifs.pprime.fr">http://labex-interactifs.pprime.fr</a>
	<b>LANEF</b> •	Laboratoire d'alliances sur les nanosciences - Energies pour le futur. <a href="http://grenoble-lanef.fr">http://grenoble-lanef.fr</a>
	<b>LaSIPS</b> •	Laboratoire pour les systèmes et ingénierie de Paris-Saclay. <a href="https://www.universite-paris-saclay.fr/recherche/laboratoires-et-equipements/laboratoires-dexcellence/labex-lasips">https://www.universite-paris-saclay.fr/recherche/laboratoires-et-equipements/laboratoires-dexcellence/labex-lasips</a>
	<b>MANUTECH-SISE</b> •	Conception ultrarapide de surfaces. <a href="http://manutech-sise.universite-lyon.fr/">http://manutech-sise.universite-lyon.fr/</a>
	<b>MATISSE</b> •	Matériaux, interfaces, surfaces, environnement. <a href="http://www.matisse.upmc.fr/">http://www.matisse.upmc.fr/</a>
	<b>MEC</b> •	Mécanique et complexité. <a href="http://labex-mec.univ-amu.fr/">http://labex-mec.univ-amu.fr/</a>
	<b>MiChem</b> •	Chimie intégrée multi-échelle : de la molécule unique aux nano-édifices. <a href="https://dumas.ccsd.cnrs.fr/MICHEM">https://dumas.ccsd.cnrs.fr/MICHEM</a>
	<b>MINOS</b> •	Laboratoire de Minatec sur la miniaturisation de dispositifs innovants de la nano-électronique. <a href="https://www.univ-grenoble-alpes.fr/labex-minos-lab-674030.kjsp">https://www.univ-grenoble-alpes.fr/labex-minos-lab-674030.kjsp</a>
	<b>MMCD</b> ■	Modélisation et expérimentation multi-échelles des matériaux pour la construction durable. <a href="http://mmcd.univ-paris-est.fr/">http://mmcd.univ-paris-est.fr/</a>
	<b>NanoSaclay</b> •	Nano Lab pluridisciplinaire de Paris-Saclay. <a href="http://www.nanosaclay.fr/">http://www.nanosaclay.fr/</a>
<b>NEXT</b> ♦	Nano, mesures extrêmes et théorie. <a href="http://www.next-toulouse.fr/">http://www.next-toulouse.fr/</a>	
<b>NIE</b> •	Nanostructures en interaction avec leur environnement. <a href="https://www.natureindex.com/institution-outputs/france/laboratory-of-excellence-of-nanostructures-in-interaction-with-their-environment-labex-nie/5d300de392ddf75a40649b3f">https://www.natureindex.com/institution-outputs/france/laboratory-of-excellence-of-nanostructures-in-interaction-with-their-environment-labex-nie/5d300de392ddf75a40649b3f</a>	
<b>PALM</b> •	Physique : atomes, lumière, matière. <a href="http://www.labex-palm.fr/">http://www.labex-palm.fr/</a>	

<b>SEAM•</b>	Science et ingénierie pour des matériaux avancés et des dispositifs. <a href="http://www.labex-seam.fr/">http://www.labex-seam.fr/</a>
<b>SERENADE•</b>	Vers une conception de nanomatériaux innovants, durables et sûrs. <a href="http://www.labex-serenade.fr/">http://www.labex-serenade.fr/</a>
<b>SoLSTiCe</b>	Energie solaire, Science, technologie et Innovation pour la conversion d'énergie. <a href="http://www.labex-solstice.fr/">http://www.labex-solstice.fr/</a>
<b>STORE-EX</b>	Laboratoire d'excellence pour le stockage électrochimique de l'énergie. <a href="http://www.energie-rs2e.com/">http://www.energie-rs2e.com/</a>
<b>SynOrg</b>	Synthèse organique : des molécules au vivant. <a href="http://www.labex-synorg.fr/">http://www.labex-synorg.fr/</a>
<b>Tec21•</b>	Ingénierie de la complexité: la mécanique et ses interfaces au service des enjeux sociétaux du 21 <sup>ème</sup> siècle. <a href="http://www.tec21.fr/">http://www.tec21.fr/</a>
<b>WIFI•</b>	Institut Langevin : Ondes et images, du fondamental à l'innovation. <a href="https://www.institut-langevin.espci.fr/home">https://www.institut-langevin.espci.fr/home</a>

LabEx in IDEX•, I-SITE■ ou EUR♦

### Détails des LabEx SMI

	Acronyme	Région	Vague	RST*	Dotation totale M€	Champ disciplinaire
<b>LABEX</b>	<b>Arcane♦</b>	Auvergne-Rhône-Alpes	2	MILET Anne	6,56	Chimie
	<b>CAPRYSES</b>	Centre-Val-de-Loire	2	DAGAUT Philippe	4,93	Chimie
	<b>CHARMMAT•</b>	Ile-de-France	2	MAHY Jean-Pierre	9,45	Chimie
	<b>CheMISys■</b>	Occitanie	1	PELLET-ROSTAING Stéphane	5,5	Chimie
	<b>CSC•</b>	Grand-Est	1	HOSSEINI Mir Weis	15	Chimie
	<b>MATISSE•</b>	Ile-de-France	1	BABONNEAU Florence	11	Chimie
	<b>MiChem•</b>	Ile-de-France	1	SOLLOGOUB Matthieu	7	Chimie
	<b>NanoSaclay•</b>	Ile-de-France	1	FIORINI-DEBUISCHERT Céline	12,49	Chimie
	<b>SERENADE•</b>	PACA	2	ROSE Jérôme	11	Chimie
	<b>SynOrg</b>	Normandie	2	GAUMONT Annie-Claude	11,15	Chimie
	<b>AMADeus•</b>	Nouvelle-Aquitaine	1	DUGUET Etienne	13	Matériaux
	<b>CEMAM•</b>	Auvergne-Rhône-Alpes	1	Alain Pasturel	8,3	Matériaux
	<b>DAMAS■</b>	Grand-Est	2	TOTH Lazlo	8,1	Matériaux
	<b>EMC3</b>	Normandie	1	MAIGNAN Antoine	19,32	Matériaux
	<b>GaNeX•</b>	PACA	2	DUBOZ Jean-Yves	10,25	Matériaux
	<b>ICoME2•</b>	PACA	2	PELLENQ Roland	3	Matériaux
	<b>iMUST•</b>	Auvergne-Rhône-Alpes	1	LECLAIRE Julien	9,51	Matériaux
	<b>INTERACTIFS</b>	Nouvelle-Aquitaine	2	BRUNETIERE Noël	5,19	Matériaux
	<b>LaSIPS•</b>	Ile-de-France	1	BOUCARD Pierre-Alain	9,37	Matériaux
	<b>MANUTECH-SISE•</b>	Auvergne-Rhône-Alpes	1	GARRELIE Florence	7	Matériaux
	<b>MEC•</b>	PACA	1	POCHEAU Alain	3	Matériaux
	<b>MINOS•</b>	Auvergne-Rhône-Alpes	1	JOUBERT Olivier	7,5	Matériaux
<b>MMCD■</b>	Ile-de-France	2	BORNERT Michel	6,67	Matériaux	
<b>SEAM•</b>	Ile-de-France	1	BACROIX Brigitte	10,5	Matériaux	
<b>STORE-EX</b>	Hauts-de-France	1	TARASCON Jean-Marie	13,78	Matériaux	

<b>CeLyA*</b>	Auvergne-Rhône-Alpes	1	PARIZET Etienne	8,92	Physique
<b>ENIGMASS*</b>	Auvergne-Rhône-Alpes	2	MARION Frédérique	7,56	Physique
<b>ENS-ICFP*</b>	Ile-de-France	1	BERROIR Jean-Marc	8,12	Physique
<b>FIRST-TF</b>	Ile-de-France	1	LE COQ Yann	9,7	Physique
<b>LANEF*</b>	Auvergne-Rhône-Alpes	1	BUISSON Olivier	9,92	Physique
<b>NEXT*</b>	Occitanie	1	MARIE Xavier	8,4	Physique
<b>NIE*</b>	Grand-Est	2	DOUDIN Bernard	8	Physique
<b>PALM*</b>	Ile-de-France	1	MENDELS Philippe	17,69	Physique
<b>SoLSTiCe</b>	Occitanie	1	BATAILLE Françoise	7,43	Physique
<b>Tec21*</b>	Auvergne-Rhône-Alpes	2	GEINDREAU Christian	7	Physique
<b>WIFI*</b>	Ile-de-France	1	TOURIN Arnaud	8,33	Physique

*LabEx in IDEX\*, I-SITE\* ou EUR\**

*\*RST au 31/12/2021 ou à la clôture du projet*

#### **Annexe D : NANOBIO SMI**

Acronyme	Région	Vague	RST*	Dotation initiale M€	Champ disciplinaire
<b>VIBBnano</b>	Nouvelle-Aquitaine	1	AIME Jean-Pierre	2,01	Matériaux biologiques
	Développement d'une imagerie vidéo de nanosystèmes biologiques et bio-inspirés.				pas de site

*\*RST au 31/12/2021*

#### **Annexe E : IRT SMI et leurs sites web**

Acronyme	Titre du projet et site web
<b>Jules Verne</b>	Technologies avancées de production de composites, métalliques et structures hybrides. <a href="http://www.irt-jules-verne.fr/">http://www.irt-jules-verne.fr/</a>
<b>M2P</b>	Matériaux, métallurgie, Procédés. <a href="http://www.irt-m2p.eu/fr/accueil.html">http://www.irt-m2p.eu/fr/accueil.html</a>
<b>Nanoelec</b>	Nanoélectronique. <a href="http://www.giant-grenoble.org/fr/recherche-et-technologie-sitemap/irt/92-irt-nanoelectronique/483-a-propos-de-l-irt-nanoelec">http://www.giant-grenoble.org/fr/recherche-et-technologie-sitemap/irt/92-irt-nanoelectronique/483-a-propos-de-l-irt-nanoelec</a>
<b>Railenium</b>	Institut européen de recherche technologique pour l'infrastructure ferroviaire. <a href="http://www.railenium.eu/">http://www.railenium.eu/</a>
<b>Saint Exupéry</b>	Centre de recherche technologique pour l'aéronautique, l'espace et les systèmes embarqués. <a href="http://www.irt-saintexupery.com/">http://www.irt-saintexupery.com/</a>

#### **Détails des IRT SMI**

Acronyme	Région	Vague	RST*	Dotation totale M€	Champ disciplinaire
<b>Jules Verne</b>	Pays-de-la-Loire	1	CASSERAU Stéphane	162,7	Matériaux
<b>M2P</b>	Grand-Est	1	MILLIERE Christophe	91,35	Matériaux
<b>Nanoelec</b>	Auvergne-Rhône-Alpes	1	METRAS Hughes	220,65	Matériaux
<b>Railenium</b>	Hauts-de-France	1	TREGOAT Eric	98,21	Transport
<b>Saint Exupéry</b>	Occitanie	1	DESCHEEMAERKER Denis	180,14	Matériaux

*\*RST au 31/12/2021*

**Annexe F : ITE et leurs sites web**

Acronyme	Titre du projet et site web	
<b>Efficacity</b>	Transition énergétique et écologique de la ville.	<a href="http://www.efficacity.com/fr">http://www.efficacity.com/fr</a>
<b>FEM</b>	France Energies Marine. Energies marines renouvelables.	<a href="http://www.france-energies-marines.org/">http://www.france-energies-marines.org/</a>
<b>Géodénergies</b>	Géotechnologies pour décarboner les énergies.	<a href="http://www.geodenergies.com/">http://www.geodenergies.com/</a>
<b>IDEEL•</b>	Institut National pour le Développement des Ecotechnologies et des Energies Décarbonées.	pas de site
<b>IFMAS•</b>	Institut Français des Matériaux Agro-sourcés.	pas de site
<b>INEF4</b>	Innovation et Excellence Facteur 4.	<a href="http://www.inef4.fr">www.inef4.fr</a>
<b>INES.2S</b>	Institut National de l'Énergie Solaire 2.	<a href="https://www.ines-solaire.org/ines-2s/">https://www.ines-solaire.org/ines-2s/</a>
<b>IPVF</b>	Institut Photovoltaïque d'Île-de-France.	<a href="http://www.ipvf.fr">http://www.ipvf.fr</a>
<b>PIVERT</b>	Picardie Innovations Végétales, Enseignements et Recherches Technologiques.	pas de site
<b>PS2E•</b>	Paris-Saclay Efficacité Énergétique.	pas de site
<b>SuperGrid</b>	Penser les réseaux électriques du futur.	<a href="http://www.supergrid-institute.com">http://www.supergrid-institute.com</a>
<b>VeDeCoM</b>	Institut du Véhicule Décarboné et Communicant et de sa Mobilité.	<a href="http://www.vedecom.fr">www.vedecom.fr</a>

**Détails des ITE**

Acronyme	Région	Vague	RST*	Dotation M€	Champ
<b>Efficacity</b>	Ile-de-France	2	SALEM-SERMANET Michel	30	Energie
<b>FEM</b>	Bretagne	2	DE ROECK Yann-Hervé	34,1	Energie
<b>Géodénergies</b>	Centre-Val-de-Loire	2	RIGOLLET Christophe	15,4	Energie
<b>IDEEL</b>	Auvergne-Rhône-Alpes	1	LARREY Eric	3,3	Energie
<b>IFMAS</b>	Hauts-de-France	2	TENEGAL François	16,6	Energie
<b>INEF4</b>	Nouvelle-Aquitaine	2	FALCHI André	25,9	Energie
<b>INES.2 et INES.2S</b>	Auvergne-Rhône-Alpes	2	MERTEN Jens	51,4	Energie
<b>IPVF</b>	Ile-de-France	2	DROZDOWSKI-STREHL Roch	42,51	Energie
<b>PIVERT</b>	Hauts-de-France	1	CHATILLON Mathieu	23,6	Energie
<b>PS2E</b>	Ile-de-France	2	BRIDENNE Martine	4,4	Energie
<b>SuperGrid</b>	Auvergne-Rhône-Alpes	2	DE LA GRANDIERE Hubert	35,6	Energie
<b>VeDeCoM</b>	Ile-de-France	2	LEBEAU Eric	88,38	Energie

\*Directeur général au 31/12/2021 ou à la clôture du projet

**Annexe G : CARNOT**

Acronyme	Intitulé	Région	Vague	RST*	Dotation initiale M€	Domaine
AVENE PME	Avenir Energie PME	Auvergne-Rhône-Alpes	2	JOUBERT Pierre	7,8	Energie

\*RST à la clôture du projet

**Annexe H : EUR et leurs sites web**

Acronyme	Titre du projet et site web
CBH-EUR-GS	Chemistry, Biology & Health. <a href="http://grad-chembiohealth.univ-grenoble-alpes.fr/en/home-graduate-school-cbh-794476.kjsp">http://grad-chembiohealth.univ-grenoble-alpes.fr/en/home-graduate-school-cbh-794476.kjsp</a>
CSC-IGS	Complex Systems Chemistry International Graduate School. <a href="https://grad-csc.unistra.fr/">https://grad-csc.unistra.fr/</a>
E4C	Energy for Climate Interdisciplinary Institute. <a href="https://www.ip-paris.fr/recherche/centres-interdisciplinaires/e4c-centre-sur-lenergie-et-le-climat">https://www.ip-paris.fr/recherche/centres-interdisciplinaires/e4c-centre-sur-lenergie-et-le-climat</a>
EIPHI	Ingénierie et Innovation par les Sciences Physiques, les savoir-faire technologiques et l'interdisciplinarité. <a href="https://gradschool.eiphi.ubfc.fr/">https://gradschool.eiphi.ubfc.fr/</a>
IA-GS	Institut d'Acoustique Graduate School. <a href="http://iags.univ-lemans.fr/fr/index.html">http://iags.univ-lemans.fr/fr/index.html</a>
InTREE	Graduate School de Poitiers sur les propriétés physico-chimiques des interfaces pour l'aéronautique, l'énergie et l'environnement. <a href="https://eur-intree.univ-poitiers.fr/">https://eur-intree.univ-poitiers.fr/</a>
LIGHT S&T	University of Bordeaux Graduate School in Light Sciences & Technology. <a href="https://light-st.u-bordeaux.fr/">https://light-st.u-bordeaux.fr/</a>
LumoMat-E	Matériaux moléculaires pour l'électronique et la photonique organique. <a href="https://www.lumomat.fr/">https://www.lumomat.fr/</a>
Nano-Phot	Graduate School in Nano-optics and Nanophotonics. <a href="https://recherche.utt.fr/light-nanomaterials-nanotechnologies-l2n/projects/nanophot-graduate-school">https://recherche.utt.fr/light-nanomaterials-nanotechnologies-l2n/projects/nanophot-graduate-school</a>
NanoX	Science et Ingénierie à l'échelle nano. <a href="https://nanox-toulouse.fr/">https://nanox-toulouse.fr/</a>
PLASMA_ST	Ecole universitaire de recherche PLASMA Science. <a href="https://www.ip-paris.fr/ecole-universitaire-de-recherche-plasmascience">https://www.ip-paris.fr/ecole-universitaire-de-recherche-plasmascience</a>
QMat	Quantum Science & Nanomaterials. <a href="http://qmat.unistra.fr/">http://qmat.unistra.fr/</a>
SLEIGHT	Surface Light & Engineering, Health & Society. <a href="https://eur-manutech-sleight.universite-lyon.fr/">https://eur-manutech-sleight.universite-lyon.fr/</a>
SOLAR	Approche d'une intégration solaire dans le bâtiment. <a href="https://www.siseo.univ-smb.fr/eur-solar-academy/">https://www.siseo.univ-smb.fr/eur-solar-academy/</a>
TACTIC	Actions transverses entre les céramiques avancées et les technologies de l'information et de la communication. <a href="https://www.xlim.fr/actualites/lecole-universitaire-de-recherche-eur-tactic-portee-par-lircer-et-xlim-laureate-de-lappel">https://www.xlim.fr/actualites/lecole-universitaire-de-recherche-eur-tactic-portee-par-lircer-et-xlim-laureate-de-lappel</a>
TSAE	Toulouse Graduate School in Aerospace Engineering. <a href="https://www.isae-supaero.fr/fr/recherche/50-y/toulouse-graduate-school-of-aerospace-engineering/">https://www.isae-supaero.fr/fr/recherche/50-y/toulouse-graduate-school-of-aerospace-engineering/</a>
XL-Chem	Synthétiser notre futur. <a href="https://www.xl-chem.fr/">https://www.xl-chem.fr/</a>

**Détails des EUR**

Acronyme	Établissement	Vague	RST*	Dotation initiale M€	Champs*
CBH-EUR-GS	Auvergne-Rhône-Alpes	1	MILET Anne	31,35	SME, SVS
CSC-IGS	Grand-Est	1	MORAN Joseph	8,84	SME, SVS
E4C	Ile-de-France	2	DROBINSKI Philippe	3,25	SME, STUE
EIPHI	Bourgogne Franche-Comté	1	MAILLOTTE Hervé	13,68	SME, SNM

<b>IA-GS</b>	Pays-de-la-Loire	1	TOURNAT Vincent	3,8	SME, STUE, SVS
<b>InTREE</b>	Nouvelle-Aquitaine	2	BARBOT Jean-François	5,5	SME, STUE
<b>LIGHT S&amp;T</b>	Nouvelle-Aquitaine	1	LOUNIS Brahim	5,17	SME, SVS
<b>LumoMat-E</b>	Pays de la Loire	2	HUDHOMME Piétrick	5,3	SME, SVS
<b>Nano-Phot</b>	Grand Est	2	BACHELOT Renaud	3,35	SME, SVS
<b>NanoX</b>	Occitanie	1	MARIE Xavier	14,08	SME
<b>PLASMA_ST</b>	Ile-de-France	2	FONTAINE Dominique	4	SME
<b>QMat</b>	Grand-Est	1	DOUDIN Bernard	6,9	SME
<b>SLEIGHT</b>	Auvergne-Rhône-Alpes	1	GARRELIE Florence	6,3	SME, SVS, SNM, SS
<b>SOLAR</b>	Auvergne-Rhône-Alpes	2	WOLOSZYN Monika	4,1	SME, SVS, SS
<b>TACTIC</b>	Nouvelle-Aquitaine	2	MASSON Olivier	4	SME, SNM
<b>TSAE</b>	Occitanie	1	CASALIS Grégoire	3,67	SME
<b>XL-Chem</b>	Normandie	2	RENARD Pierre-Yves	4,1	SME, SVS

\*SME, Sciences de la Matière et de l'Energie - STUE, Sciences du système Terre/Univers/Environnement – SVS, Sciences de la Vie et de la Santé – SNM, Science du Numérique & Mathématiques – SS, Sciences Sociales – H, Humanités.

\*RST au 31/12/2021

### Annexe I : MOPGA et leurs sites web

Acronyme	Titre du projet et site web
<b>APPAT</b>	Purification de l'air par de nouveaux absorbants hybrides. <a href="https://muse.edu.umontpellier.fr/2019/04/15/un-projet-sur-la-purification-de-lair-avec-le-programme-make-our-planet-great-again/">https://muse.edu.umontpellier.fr/2019/04/15/un-projet-sur-la-purification-de-lair-avec-le-programme-make-our-planet-great-again/</a>
<b>CambioSCOP</b>	Carbon management towards low fossil carbon use. <a href="https://cambioscop.cnrs.fr/">https://cambioscop.cnrs.fr/</a>
<b>CAMELEON</b>	Méthodes moléculaires pour le stockage d'énergie et la production de carburant. Pas de site
<b>ECS</b>	Hybrid systems combining perovskite solar cells and supercapacitors based on coconuts activated carbon for Energy Conversion-Storage devices. Pas de site
<b>InHyMat-PV</b>	Interfaces and Hybrid Materials for Photovoltaics. <a href="https://www.ipvf.fr/fr/UMR/umr-fr/thematiques-de-recherche">https://www.ipvf.fr/fr/UMR/umr-fr/thematiques-de-recherche</a>
<b>PRACCATAL</b>	Systèmes multi-catalytiques pour des synthèses chimiques plus économes en énergie. <a href="https://www.inc.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/lutte-contre-le-rechauffement-climatique-amir-hoveyda-laureat-de-lappel-mopga-strasbourg">https://www.inc.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/lutte-contre-le-rechauffement-climatique-amir-hoveyda-laureat-de-lappel-mopga-strasbourg</a>
<b>PYROKINE</b>	Pyrolyse rapide de la biomasse des déchets: double cinétique. <a href="https://www.imt-mines-albi.fr/fr/actus/marion-carrier-projet-make-our-planet-great-again-pyrokine">https://www.imt-mines-albi.fr/fr/actus/marion-carrier-projet-make-our-planet-great-again-pyrokine</a>
<b>SunCO<sub>2</sub>H<sub>2</sub>En</b>	Approches immédiates et à long terme pour la réduction du CO <sub>2</sub> . Pas de site
<b>TRAINER</b>	Transition énergétique. <a href="https://www.trainermopga.com/">https://www.trainermopga.com/</a>

### Détails des MOPGA SMI

Acronyme	Région	RST*	Dotation initiale M€
<b>APPAT</b>	Occitanie	CADIAU Amandine	0,5
<b>CambioSCOP</b>	Occitanie	HAMELIN Lorie	0,47
<b>CAMELEON</b>	Ile-de-France	RIVADA WHEELAGHAN Orestes	0,46

<b>ECS</b>	Nouvelle-Aquitaine	COJOCARU Ludmila	0,54
<b>InHyMat-PV</b>	Ile-de-France	SCHULZ Philip	0,5
<b>PRACCATAL</b>	Grand-Est	HOVEYDA Amir	0,75
<b>PYROKINE</b>	Occitanie	CARRIER Marion	0,45
<b>SunCO<sub>2</sub>H<sub>2</sub>En</b>	Grand-Est	CHRISTOFORIDIS Konstantinos	0,5
<b>TRAINER</b>	Grand-Est	GIAMBASTIANI Giuliano	0,75

*\*RST au 31/12/2021*