

SYNTHÈSE DES ÉVALUATIONS DE LA RECHERCHE DE L'ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARTS ET MÉTIERS

CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2023-2024
VAGUE D

Rapport publié le 06/02/2025

SOMMAIRE

I. Éléments de méthode	4
1. Périmètre des analyses produites	4
2. Affectation disciplinaire des unités de recherche.....	4
3. Caractérisation des publications de l'établissement.....	4
4. Structuration du document	4
Résumé analytique	5
Analyse globale	6
II. Caractérisation de la recherche de l'Ensam	10
Focus	10
1. Chiffres clefs de l'établissement.....	12
a) Tableau de répartition des effectifs de l'établissement et des unités de recherche par domaine	12
b) Tableau de répartition des effectifs de l'établissement et des unités de recherche par panel.....	12
c) Partenaires de l'établissement.....	13
2. Un écosystème de recherche national	15
3. Investissements d'avenir.....	15
a) Les équipements d'excellence.....	15
b) Les autres programmes financés par le PIA	16
4. Principales plateformes et grandes infrastructures.....	16
5. Principales structures de valorisations	17
a) L'Institut Carnot Arts	17
b) Amvalor	17
6. Implication des collectivités territoriales	18
III. Évaluation de la recherche de l'Ensam	19
1. Domaine des sciences et technologie	19
Focus	19
IV. Annexes	32
1. Nomenclature	32
2. Liste des sigles	33
3. Liste des dix opérateurs partenaires de l'Ensam.....	36
4. Index des unités de recherche évaluées.....	37
5. Caractérisation des publications de l'Ensam.....	38
V. Observations des tutelles	52

I. ÉLÉMENTS DE MÉTHODE

1. PÉRIMÈTRE DES ANALYSES PRODUITES

- Cette synthèse porte sur les évaluations de quinze unités de recherche (UR), sous tutelle de l'École nationale supérieure d'arts et métiers (Ensam). Elles ont été évaluées lors de la vague D (pour 11 d'entre elles), ou lors des vagues antérieures (vague B : 1 UR ; vague C : 1 UR, vague E : 2 UR)¹.
- Les données chiffrées concernant les personnels et les listes des tutelles des entités de recherche ont été recueillies auprès de l'Ensam et de ses partenaires lors du dépôt des dossiers d'autoévaluation. En particulier, les données présentant les personnels concernent uniquement les agents titulaires (EC, C, PAR) en poste au 31 décembre 2022 dans l'unité de recherche. Les données concernant les UR évaluées lors des vagues antérieures ont été actualisées par l'établissement.
- Une partie spécifique (partie V) consacrée aux observations de portée générale formulées par l'établissement est annexée à ce document.

2. AFFECTATION DISCIPLINAIRE DES UNITÉS DE RECHERCHE

- L'affectation d'une unité à un panel du Hcéres signifie que son activité principale a été jugée cohérente avec des disciplines de ce panel. En revanche, comme dans le cas des unités fortement pluridisciplinaires, cette affectation ne nie pas la possible pratique d'autres disciplines dans cette unité et le possible rattachement secondaire de l'UR à un autre panel.

3. CARACTÉRISATION DES PUBLICATIONS DE L'ÉTABLISSEMENT

- La synthèse des évaluations des unités de recherche est complétée par un rapport bibliométrique qui caractérise les publications de l'Ensam. Le corpus de publications est issu d'un travail mené avec l'établissement qui a validé les adresses d'affiliation des unités de recherche dont il est tutelle ou cotutelle. Le rapport présente l'évolution des publications et des copublications internationales de l'école. Il analyse leur profil disciplinaire et présente un indicateur d'impact par domaine de recherche. Les différents indicateurs sont normalisés pour tenir compte des disciplines et sont comparés aux valeurs du groupe homogène d'écoles d'ingénieurs françaises². Le rapport produit par le département Observatoire des sciences et techniques (OST) du Hcéres constitue la section n°5 des annexes de ce document (chapitre IV).

4. STRUCTURATION DU DOCUMENT

- Le document est organisé en deux parties principales : II/ Caractérisation de la recherche et III/ Présentation des évaluations de la recherche, précédées d'un résumé analytique et d'une analyse globale. Un chapitre d'annexes (nomenclature du Hcéres, liste des sigles, liste des opérateurs partenaires de l'Ensam, index des unités de recherche évaluées, caractérisation des publications de l'Ensam) complète l'ensemble.

¹ Les unités L2EP et LMFL ont été évaluées lors de la vague E (2018-2019) ; l'unité Lem3 a été évaluée lors de la vague C (2020-2023) et l'unité I2M a été évaluée lors de la vague B (2020-2022).

² Centrale Lille, Centrale Supélec, École centrale de Lyon, École centrale de Marseille, École centrale de Nantes, École nationale d'ingénieurs de Brest, École nationale supérieure de mécanique et microtechniques, École nationale supérieure d'Arts et Métiers, École nationale supérieure de chimie de Montpellier, École nationale supérieure de chimie de Paris, École nationale supérieure d'ingénieurs de Caen, Isae-Ensm, École supérieure physique et chimie industrielle de Paris, Toulouse INP, Grenoble INP, Institut national des sciences appliquées (Insa) Centre-Val de Loire, Insa Lyon, Insa Rennes, Insa Rouen, Insa Strasbourg, Insa Toulouse, Institut polytechnique de Paris, Institut polytechnique de Bordeaux, Institut d'optique graduate school, université de technologie de Compiègne, université de technologie de Troyes, université de technologie de Belfort-Montbéliard.

RÉSUMÉ ANALYTIQUE

L'Ensam mobilise des compétences scientifiques et techniques qui contribuent au développement de nouvelles technologies dans le secteur de l'ingénierie industrielle. 93 % de ses unités de recherche et 97 % de ses effectifs relèvent des sciences pour l'ingénieur. Présente sur l'ensemble du territoire national (13 sites régionaux), l'École s'appuie sur des relations solides nouées avec des entreprises et sur le soutien des régions pour mener, dans la plupart de ses unités, une recherche reconnue à l'échelle internationale. Celle-ci est consacrée aux enjeux majeurs de l'industrie du futur : innovation technologique, durabilité, et optimisation des systèmes industriels.

SITUATION DES ACTIVITÉS DE LA RECHERCHE

- **Un ensemble disciplinaire homogène relevant des sciences pour l'ingénieur (SPI).**
- L'Ensam emploie 343 agents titulaires (217 EC, 126 PAR) affectés en recherche.
- L'école exerce la tutelle de quinze UR, rattachées à titre principal au domaine ST. Plus précisément, quatorze UR sont rattachées à titre principal aux sciences pour l'ingénieur (SPI, panel ST5), et, une UR aux sciences et technologies de l'information et de la communication (Stic, panel ST6).
- 97 % de ses effectifs relèvent des SPI.
- **Douze partenaires institutionnels.**
- Quatre universités³, le CNRS, Inrae, l'Onéra, le Cnam, l'École navale de Brest, Bordeaux INP, l'École centrale de Lille, et l'école d'ingénieurs Junia.
- **Une contribution de 46 % à l'effectif total des UR.**
- La contribution de l'Ensam à l'effectif total des UR tous opérateurs confondus (465 EC, 22C, 260 PAR) est de 46 % (47 % des EC et 56 % des PAR).
- **Une institution multisites.**
- L'Ensam est implantée à treize sites régionaux (dont un parisien) ; ses UR bénéficient du soutien financier des acteurs territoriaux de sites d'implantation.
- Six UR sont multisites (entre deux et quatre sites).

RÉSULTATS SCIENTIFIQUES NOTABLES

- **Un secteur de recherche dont l'impact est mondial.**
- Réduction de modèle et jumeaux numériques (Pimm, ST5).
- **Treize thématiques ou unités de recherche d'échelle internationale.**
- Procédés de mise en forme et de mise en œuvre des polymères (Pimm, ST5) ; optimisation des processus de conception et d'innovation, développement d'un géopolymère (LCPI, ST5) ; biomécanique intégrée (IBHGC, ST5) ; analyse des systèmes dynamiques

physiques et virtuels (Lispen, ST5) ; analyse des matériaux et des procédés de fabrication (MSMP, ST5) ; procédés d'usinage par enlèvement de matière (Labomap, ST5) ; procédés de fabrication et durabilité des matériaux et des structures (Lampa, ST5) ; mécanique des milieux hétérogènes (I2M, ST5) ; mécanique et matériaux intelligents (Lem 3, ST5) ; aérodynamiques externes ou internes turbulentes (LMFL, ST5) ; optimisation des systèmes de production et développement des procédés de fabrication innovants (LCFC, ST5) ; étude théorique des écoulements complexes (Dynfluid, ST5) ; gestion de l'énergie électrique, modélisation et conception des systèmes électriques et électromécaniques (L2EP, ST6).

- **Classement thématique international 2023.**

● Classement thématique 2023 de l'université Jiao Tong de Shanghai : génie mécanique (201-300^e rang mondial, 5^e en France), génie métallurgique (101-150^e rang mondial, 7^e en France).

VALORISATION DE LA RECHERCHE

- **Une forte activité de valorisation, portée par des outils au service de l'activité partenariale.**
- Un Institut Carnot, une filiale de valorisation de la recherche, des chaires.
- Signature de 1 300 contrats avec des entreprises, dont 80 conventions Cifre, mise en place de onze chaires partenariales, création de sept start-up et de six labcom.
- **Des innovations majeures dans le secteur industriel.**
- Assistances cryogéniques en usinage (Labomap, ST5) ; développement de processus de fabrication connectés, résilients et durables (MSMP, ST5) ; assistances numériques pour la cartographie et l'analyse géospatiale (Pimm, ST5) ; conception du système de radiographies EOSR (IBHGC, ST5) ; étude d'un géopolymère capable de stocker l'énergie thermique (LCPI, ST5).

³ Les universités de Bordeaux, de Sorbonne Paris Nord, de Lorraine, et de Lille.

ANALYSE GLOBALE

- L'Ensam a pour ambition d'affirmer son identité scientifique en mettant l'accent sur l'ingénierie appliquée aux défis industriels et sociétaux. Cette stratégie se décline en trois axes principaux⁴ : (i) le développement d'une recherche partenariale intensive et de qualité avec les entreprises, au plus près de leur implantation territoriale ; (ii) une lisibilité thématique qui permet de couvrir l'ensemble du cycle de vie du produit, des phases très amont de l'innovation produit jusqu'aux phases aval de la fin de vie ; (iii) l'accroissement de son rayonnement international dans les secteurs du génie mécanique, du génie industriel et du génie énergétique.

COMMENTAIRES DE PORTÉE GÉNÉRALE

- Grâce à son ancrage territorial, l'Ensam bénéficie de soutiens régionaux conséquents pour ses activités de recherche.

- L'Ensam se déploie sur un ensemble de treize sites répartis sur le territoire métropolitain. Pour chacune de ces implantations, l'établissement reçoit un soutien significatif des acteurs territoriaux : les régions et les collectivités locales contribuent notamment au financement de certaines infrastructures (bâtiments et plateformes technologiques) ainsi qu'à des contrats doctoraux (une trentaine⁵ durant la période).

- L'implantation de certaines unités sur plusieurs sites complexifie la cohésion au sein de chaque unité et la gestion de leurs ressources humaines.

- Réparties sur les treize sites d'implantation de l'Ensam, les quinze unités de recherche mènent des activités de recherche ciblées en fonction des besoins spécifiques de leurs écosystèmes socioéconomiques territoriaux. Six unités de recherche doivent assurer la cohésion d'effectifs dispersés sur deux à quatre sites d'implantation de l'Ensam.

- Pour consolider la cohésion entre ses UR, l'Ensam a mis en place des programmes transversaux sous forme de réseaux nationaux de la connaissance (RNC). Par exemple, le RNC Usinage⁶ regroupe six unités de l'établissement (I2M, Labomap, Lampa, LEM3, Lisen et MSMP). Néanmoins, l'évaluation montre que les projets collaboratifs entre ces unités sont encore peu nombreux.

- L'établissement soutient les approches pluridisciplinaires pour aborder des thématiques en émergence.

- L'Ensam encourage la recherche pluridisciplinaire sur des sujets novateurs, tels que les jumeaux numériques pour le pilotage des systèmes hydrogène, les exosquelettes, les surfaces intelligentes, ou encore l'usinage écologique⁷. Ces initiatives qui concourent à positionner l'école à la pointe de l'innovation visent à répondre à de grands enjeux socioéconomiques contemporains, comme le développement durable, les technologies avancées, et la santé. Dans la mesure où l'école s'inscrit quasi-exclusivement dans les sciences pour l'ingénieur (panel ST5⁸), elle s'appuie opportunément sur un ensemble de collaborations avec d'autres établissements pour intégrer des compétences en SHS ou en SVE, nécessaires à la réalisation de ses projets de recherche.

- Dans le cadre du dispositif des chaires de professeur junior, l'établissement a recruté en 2022 un chercheur en psychologie. Ce projet a pour ambition d'élargir le périmètre disciplinaire des études consacrées au développement des technologies immersives d'apprentissage.

- La plupart des unités de recherche sont engagées dans des travaux pluridisciplinaires

- L'analyse des évaluations des unités souligne que les collaborations entre chercheurs des trois grands domaines scientifiques (SHS, ST, SVE) sont relativement rares. Toutefois, l'IBHGC se distingue au niveau international par ses recherches novatrices en biomécanique humaine, qui associent les compétences de biomécaniciens (ST) et de cliniciens (SVE).

- Dans le domaine des sciences et technologies (ST), les collaborations entre chercheurs spécialisés en mécanique, génie mécanique, génie informatique, chimie et physique sont plus fréquentes. Ces collaborations impliquent onze unités de recherche, telles que Dynfluid, Lampa, L2EP, LCFC, IBHGC, Pimm, MSMP, Lem3 et Lifse. Par exemple, le LCFC mène des recherches pluridisciplinaires sur les systèmes dynamiques physiques et virtuels, en combinant des expertises en génie mécanique, génie industriel, génie informatique et automatique. Ces travaux favorisent l'innovation dans divers secteurs, tels que la

⁴ Document d'autoévaluation (DAE) Arts et Métiers, 2023, p. 29.

⁵ DAE Arts et Métiers, 2023, p. 33.

⁶ Le RNC Usinage vise à favoriser la collaboration et l'échange de connaissances entre les UR de l'établissement et les acteurs de l'industrie dans le secteur de l'usinage.

⁷ DAE Arts et Métiers, 2023, p. 15.

⁸ 89 % des enseignants-chercheurs de l'Ensam sont rattachés aux sections CNU relevant de la mécanique, du génie mécanique et du génie informatique. Un seul enseignant-chercheur intervient dans le domaine SHS (sciences économiques et de gestion). Fiche DGRH de l'Ensam, données 2022.

mobilité (automobile du futur) et la transformation numérique des entreprises. L'unité Pimm (ST5) rassemble des compétences dans des domaines variés, comme la chimie, les procédés et la métallurgie, afin de soutenir des recherches à visée industrielle, notamment dans le domaine des procédés de mise en forme et de mise en œuvre des polymères.

SCIENCES ET TECHNOLOGIES

- Fait notable, la coloration disciplinaire de l'Ensam est très homogène : la quasi-totalité des unités de recherche de l'établissement (14 UR sur un total de 15) est rattachée à titre principal au panel ST5 (sciences pour l'ingénieur). Une seule UR est rattachée au panel ST6, le L2EP, qui entreprend des travaux en matière de génie énergétique.

- Treize unités de recherche sont reconnues internationalement pour leurs travaux en génie mécanique, en génie industriel et en génie énergétique.

- Parmi les quinze unités évaluées, treize ont un rayonnement international⁹. Une d'entre elles se distingue par des résultats de portée mondiale : Pimm joue un rôle clé pour ses travaux sur les jumeaux numériques.

- Les cinq unités placées sous la tutelle unique de l'Ensam sont reconnues sur le plan international. Elles bénéficient d'un soutien très significatif de la part de l'établissement. L'ensemble de leur personnel est employé soit par l'Ensam, soit par sa filiale Amvalor.

- L'établissement apparaît dans deux classements internationaux thématiques réalisés par l'université Jiao Tong de Shanghai. En 2023, il se classe entre la 201^e et la 300^e place en génie mécanique (5^e en France). Il figure entre la 101^e et le 150^e place (7^e en France) pour la thématique relative au génie métallurgique.

- La réussite aux appels à projets européens, au cœur de la stratégie internationale de l'établissement¹⁰ se concentre sur quelques unités.

- L'Ensam s'est dotée d'un service spécialisé¹¹ pour favoriser l'obtention de financements européens. En parallèle, elle encourage les mobilités internationales entrantes et sortantes ainsi que l'organisation de congrès internationaux.

- Le bilan de l'établissement montre « une croissance notable des projets européens qui sont passés de 9 en 2017 à 20 en 2022¹² et la coordination de ceux-ci, passant d'un projet en 2017 à quatre en 2022¹³ ».

- Les financements internationaux, obtenus grâce à des participations à des appels à projets compétitifs dans le cadre des programmes européens, se concentrent sur six unités. Le bilan agrégé ne compte qu'un seul projet soutenu par l'ERC : le Pimm, spécialisé dans les recherches en génie mécanique, coordonne un projet sur la fatigue des matériaux, financé par le programme consolidator grant de l'ERC. Deux projets financés par le programme Horizon Europe sont coordonnés par les UR MSMP¹⁴ et Lampa¹⁵. Le Lispen est partenaire de neuf projets européens. Toutefois, les activités de recherche sont, en grande partie, financées par le secteur industriel.

INSCRIPTION DE LA RECHERCHE DANS LA SOCIÉTÉ

- Un ensemble de structures consacrées au partenariat avec le monde socioéconomique.

- L'Ensam s'appuie sur l'Institut Carnot Arts¹⁶ qu'elle pilote, pour répondre aux enjeux complexes de la conception, de l'industrialisation et de la fabrication de produits innovants, tout en accompagnant les entreprises dans leur transformation numérique. L'Institut finance des projets de recherche prometteurs en termes d'applications industrielles. À titre d'exemple, il a financé le projet SCCryo2¹⁷, qui a débouché sur une innovation majeure pour les assistances cryogéniques en usinage (Labomap).

⁹ Les treize unités de recherche sont les suivantes : Pimm, LCPI, IBHGC, Lispen, MSMP, Labomap, Lampa, I2M, Lem3, LMFL, LCFC, Dynfluid et L2EP (ST5).

¹⁰ Document « écosystème recherche de l'Ensam », 2020, p. 1.

¹¹ Document « écosystème recherche de l'Ensam », 2020, p. 1.

¹² DAE 2023 Arts et métiers, 2023, page 30

¹³ DAE 2023 Arts et métiers, 2023, page 30.

¹⁴ Le projet Mars (Manufacturing architectures for resilience and sustainability) est financé par le programme Horizon Europe pour un budget total de 5,8 M€

¹⁵ Open innovation ecosystems for do it together process, est un projet qui vise à créer une plateforme consacrée à la conception de meubles assistée par l'intelligence artificielle. Le contrat bénéficie d'un financement H2020-IA de sept millions d'euros. Il rassemble un consortium de quatorze partenaires issus de huit pays (France, Allemagne, Espagne, Italie, Pays-Bas, Pologne, Portugal et Suisse) : <https://artsetmetiers.fr/fr/actualites/projet-europeen-ine-dit-designer-ses-meubles-grace-une-plateforme-dopen-innovation>

¹⁶ Actions de recherche pour la technologie et la société.

¹⁷ Le projet SCCryo2 vise à disposer de données et de modèles fiables pour comprendre les phénomènes mécaniques, thermiques et tribologiques en jeu lors de l'usinage assisté par scCO2.

- Par ailleurs, l'école a fondé en 2016 une filiale de valorisation de la recherche, Amvalor, pour développer des collaborations avec les entreprises, sur l'ensemble des territoires sur lesquels elle est implantée. En particulier, Amvalor soutient un programme de chaires qui s'appuie sur des compétences développées au sein de six unités (I2M, Pimm, Lispen, Lampa, Lifse, L2EP) pour aborder des thématiques à fort impact sociétal ou industriel. À titre d'exemple, la chaire IPerform (Lampa) exploite les technologies immersives et les mondes virtuels pour optimiser la performance humaine dans les environnements industriels.
- L'Ensam est partenaire de trois instituts de recherche technologiques (IRT)¹⁸. La proximité entre l'IRT Jules Verne et l'UR Lampa contribue fortement à stimuler l'activité contractuelle de l'unité.
- **Les activités de valorisation et de transfert sont soutenues dans la majorité des unités, mais le nombre de start-up créées est modeste.**
- L'activité de recherche partenariale se révèle particulièrement dynamique. Le bilan recense plus de 1 300 contrats signés avec des partenaires socioéconomiques, ainsi que de nombreuses conventions Cifre (plus de 80). Cet ensemble très important comprend des contrats structurants de type chaires (12) ou de type laboratoires communs (10). Près des deux tiers des unités sont concernées par ces partenariats stratégiques. Il en résulte des collaborations au long cours avec les acteurs socioéconomiques.
- La variété des partenaires est grande : les conventions de collaboration impliquent des grands groupes, tels que Renault, Airbus et Valeo, mais aussi des PME, notamment dans le secteur du bois (par exemple, Alliance forêts Bois-Forelite, Lesbats scieries d'Aquitaine). Ces collaborations couvrent des secteurs (par exemple, la santé, l'énergie et les transports) et des thématiques (par exemple, modélisation biomécanique personnalisée du système ostéoarticulaire et musculaire, systèmes industriels intelligents, mobilités douces) très diversifiés.
- La création de sept start-up concrétise les réussites en matière de transfert technologique des deux unités Pimm (ST5) et L2EP (ST6), notamment dans les secteurs de l'impression 3D et de la robotique. Toutefois, ce résultat reste en deçà du potentiel global de l'école, au regard du nombre important de contrats de recherche partenariale signés par les unités.
- **Une recherche de qualité à fort impact international, source d'applications industrielles innovantes.**
- Les quatorze unités de recherche, reconnues pour leurs travaux de niveau mondial ou international, produisent de nouvelles connaissances qui stimulent l'innovation technologique.
- Le Pimm (ST5), reconnu à l'échelle mondiale pour sa thématique de recherche sur la modélisation numérique avancée et les jumeaux numériques, pilote trois des six chaires de recherche soutenues par la filiale Amvalor (ESI Group, RTE, SKF).
- Certaines unités jouent un rôle notable dans la conduite de projets d'envergure internationale tournés vers la transformation numérique des entreprises. Par exemple, l'unité MSMP (ST5) coordonne le projet Mars¹⁹, financé par le programme Horizon Europe, qui regroupe, dans un consortium européen, des universités et des industriels. Elle apporte son expertise en ingénierie multiphysique et multi-échelles des procédés pour développer des processus de fabrication connectés, résilients et durables. Par ailleurs, l'unité Pimm (ST5) dirige le projet franco-singapourien Descartes²⁰, géré par CNRS@Create²¹. Grâce à ses recherches sur les jumeaux numériques hybrides, la réduction de modèles et la prise de décision, l'UR met en place des solutions innovantes dans le domaine de la cartographie et de l'analyse géospatiale, thématiques qui sont au cœur de ce projet.
- Des UR mettent à profit leur expertise pour réaliser des avancées technologiques significatives. Par exemple, l'IBHGC (ST5) a joué un rôle clé dans la conception du système de radiographie EOS®, grâce à ses compétences en biomécanique humaine. Ce projet, fruit d'une collaboration entre ingénieurs, cliniciens et industriels (Biospace Instruments), a abouti à un système de radiographie numérique permettant la reconstruction 3D du corps humain à partir de deux prises en vue face et profil.
- La stratégie scientifique des unités est quelquefois guidée par l'anticipation de besoins industriels, ou par la veille scientifique concernant des problématiques industrielles émergentes. Le LCPI (ST5) a réalisé des travaux sur la formulation et l'étude d'un géopolymère capable de stocker l'énergie thermique, pour des applications à l'éco-construction des bâtiments. Les travaux technologiques du Labomap (ST5) dans le secteur de l'usinage répondent aux besoins de l'industrie des machines-outils métal ou bois.

¹⁸ Ces trois instituts sont spécialisés dans les matériaux, la métallurgie et les procédés (M2P), les matériaux composites (IRT Jules Verne) et les matériaux composites à matrice céramique (IRT Antoine de Saint-Exupéry).

¹⁹ Manufacturing architecture for resilience and sustainability.

²⁰ « Program on intelligent modelling for decision-making in critical urban systems » est un projet qui rassemble onze universités françaises, cinq universités à Singapour et cinq partenaires industriels.

²¹ CNRS@Create : Campus for research excellence and technological enterprise.

- Les plateformes technologiques jouent un rôle central dans les collaborations avec les industriels.

- La plupart des unités de recherche sont dotées de plateformes technologiques qui offrent un accès à des équipements et à des moyens expérimentaux de haute technicité, notamment pour des études relatives aux procédés de fabrication, aux matériaux et aux surfaces, à l'automatisation et à la robotique.

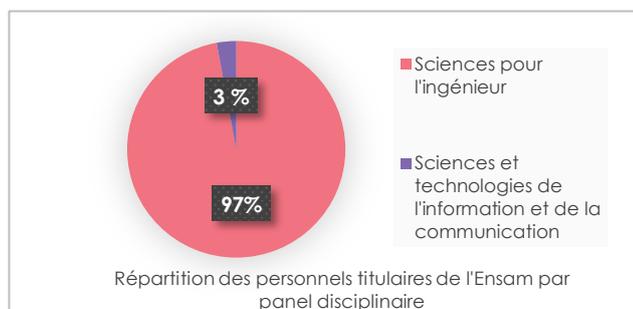
Ces plateformes, telles que Vulcain pour la déformation plastique (LCFC) ou celles consacrées à la réalité virtuelle, l'ingénierie sensorielle ou l'éco-conception (LCPI), soutiennent l'innovation en accompagnant les entreprises dans l'évolution de leurs systèmes de production.

II. CARACTÉRISATION DE LA RECHERCHE DE L'ENSAM

FOCUS

CHIFFRES CLEFS DE L'ÉTABLISSEMENT

- Quinze unités de recherche sur lesquelles l'Ensam exerce la tutelle.
- 343 personnels titulaires (217 EC, 126 PAR) répartis dans quinze UR rattachées à titre principal au domaine ST.
- Au 31 décembre 2022, les 343 agents titulaires de l'établissement (217 EC, 126 PAR) se répartissent dans quinze unités de recherche rattachées à titre principal au domaine des sciences et technologies.
- L'établissement a pour principaux partenaires institutionnels douze opérateurs de recherche, dont onze contribuent aux effectifs d'au moins une des quinze UR. L'ensemble réunit un effectif total de 747 agents titulaires (465 EC, 22C, 260 PAR). Les enseignants-chercheurs représentent 62 % de l'effectif total, les chercheurs 3 % et les personnels d'appui à la recherche 56 %.
- La contribution de l'Ensam et Amvalor à cet effectif total, tous opérateurs confondus, est de 46 % (47 % des EC et 56 % des PAR).



OPÉRATEURS DE RECHERCHE PARTENAIRES DE L'ÉTABLISSEMENT

- Douze partenaires institutionnels.
- L'Ensam a douze partenaires institutionnels : le CNRS, l'École navale de Brest, Bordeaux INP, le Cnam, l'École centrale de Lille, l'Onéra²², Inrae, Junia²³, et les universités de Bordeaux, de Sorbonne Paris Nord, de Lorraine et de Lille.

²² Onéra : Office national d'études et de recherches aérospatiales.

²³ Junia : École d'ingénieurs qui regroupe les programmes HEI (Hautes études d'ingénieur), ISA (Ingénierie de la santé) et Isen (Ingénierie des systèmes électroniques et numériques) sur ses campus de Lille, de Bordeaux et de Châteauroux.

- Le CNRS et le Cnam, principaux partenaires de l'Ensam.

- Le CNRS exerce la cotutelle de quatre unités de recherche, suivi par le Cnam (3 UR), l'école centrale de Lille (2 UR), l'université de Lorraine (2 UR), l'université de Lille (2 UR), l'université de Bordeaux (1 UR), Junia (1 UR), l'université Sorbonne Paris Nord (1 UR), Bordeaux INP (1 UR) et l'École navale de Brest (1 UR).

- La contribution des partenaires de l'établissement aux effectifs des unités de recherche dépend de la catégorie des personnels.

Les enseignants-chercheurs

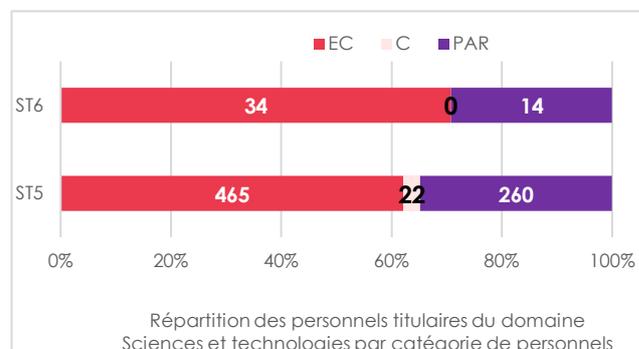
- Toutes UR confondues, l'université de Lorraine contribue le plus (18 %) aux effectifs des enseignants-chercheurs, suivie par l'université de Bordeaux (17 %), Bordeaux INP (4 %), l'université de Lille (3 %), l'école centrale de Lille (3 %), le Cnam (3 %) et l'université Sorbonne Paris Nord (1 %).

Les chercheurs

- Le CNRS contribue à hauteur de 90 % de l'effectif des chercheurs du périmètre recherche de l'Ensam, suivi par l'Onéra (5 %) et Inrae (5 %).

Les personnels d'appui à la recherche

- Amvalor, filiale de recherche partenariale et de valorisation de l'Ensam, contribue pour 19 % à l'effectif des personnels d'appui à la recherche. Les autres contributeurs sont le CNRS (11 %), l'université de Lorraine (9 %), l'Onéra (8 %), l'université de Bordeaux (6 %), l'École navale de Brest (3 %), le Cnam (2 %), l'école centrale de Lille et l'université de Lille (2 % chacun) et Inrae (1 %).

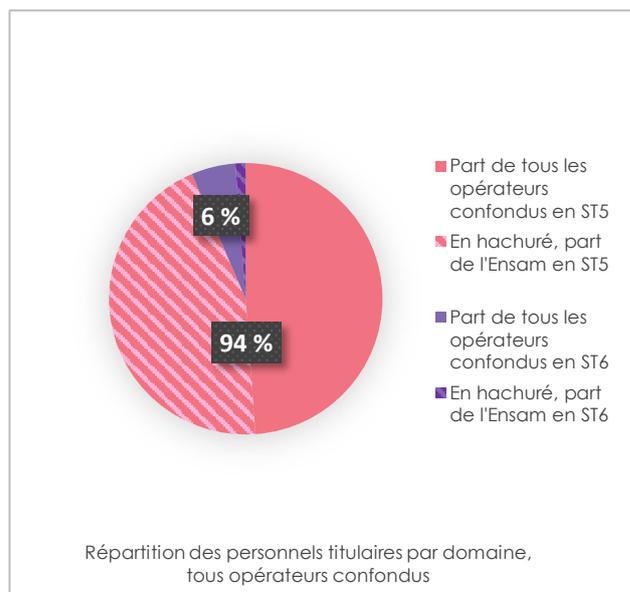


SPECIALISATION DE L'ÉTABLISSEMENT PAR DOMAINE

- L'Ensam est un établissement relevant exclusivement du domaine ST. La totalité des personnels de l'établissement affectés en recherche est membre d'unités de recherche rattachées à titre principal au domaine ST.

- Les forces scientifiques de l'Ensam se répartissent dans des unités couvrant le spectre des panels disciplinaires ST5 (sciences pour l'ingénieur) et ST6 (sciences des technologies de l'information et de la communication).

- 97 % des forces de l'établissement (211 EC, 123 PAR), sont réparties dans quatorze unités rattachées à titre principal au panel ST5 ; 3 % des forces de l'Ensam abondent aux effectifs d'une UR rattachée à titre principal au panel ST6 (6 EC, 3 PAR).



1. CHIFFRES CLEFS DE L'ÉTABLISSEMENT

a) Tableau de répartition des effectifs de l'établissement et des unités de recherche par domaine

Domaine scientifique	Nombre d'UR	EC	C	PAR	Total
Sciences et technologies	15	217 / 465	0 / 22	126 / 260	343 / 747
Total	15	217 / 465	0 / 22	126 / 260	343 / 747

b) Tableau de répartition des effectifs de l'établissement et des unités de recherche par panel

Sciences et technologies

Sciences et technologies	Intitulé	Nombre d'UR	EC	C	PAR	Total
ST5	Sciences pour l'ingénieur	14	211 / 431	0 / 22	123 / 246	334 / 699
ST6	Sciences et technologies de l'information et de la communication	1	6 / 34	0 / 0	3 / 14	9 / 48
Total		15	217 / 465	0 / 22	126 / 260	343 / 747

c) Partenaires de l'établissement

Contribution des partenaires à la tutelle des unités dans lesquelles l'établissement est impliqué

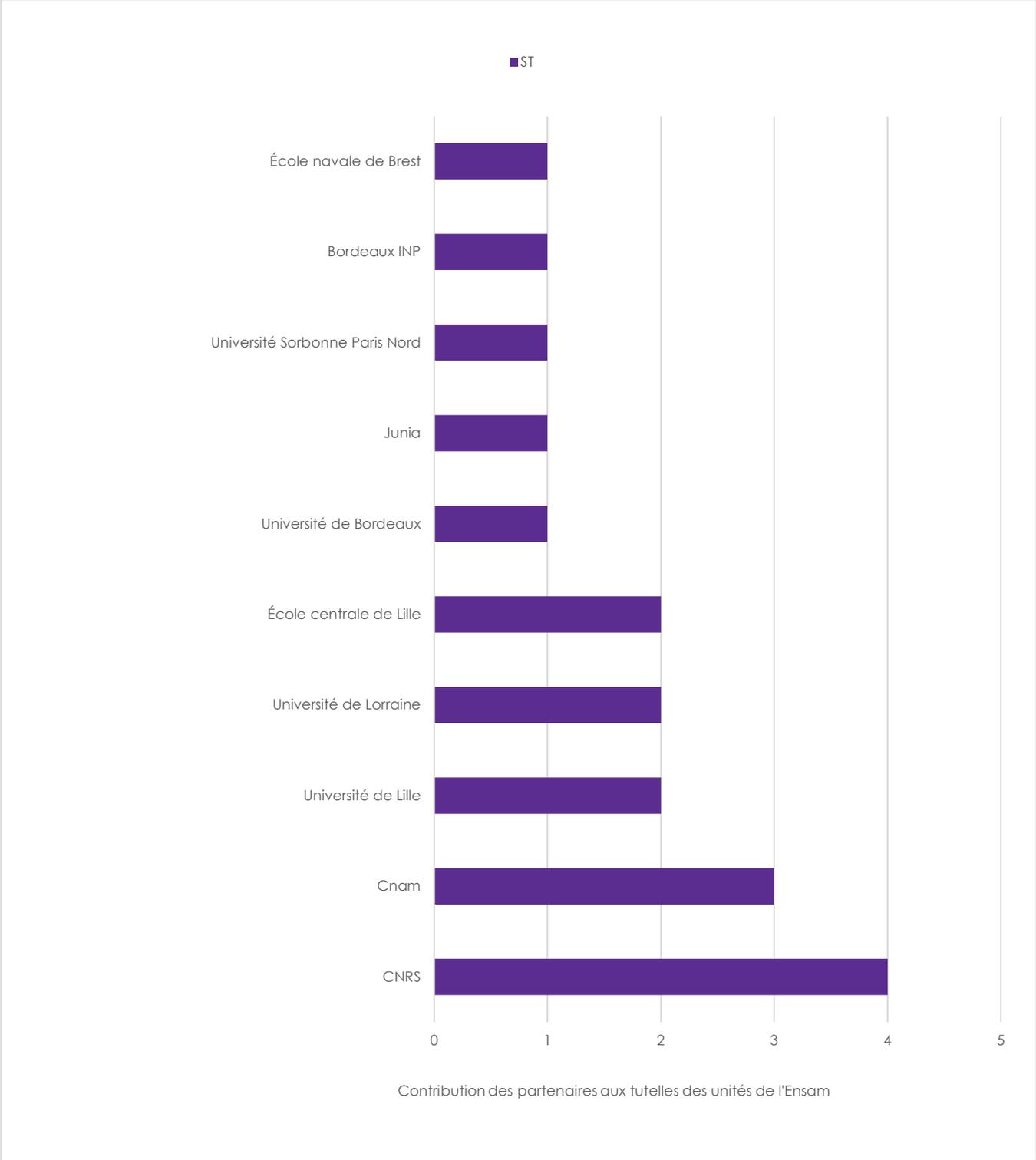


Tableau des contributions relatives des opérateurs de recherche contribuant aux effectifs des unités sous tutelle de l'établissement

Tutelles	Domaine ST		
	EC	C	PAR
Total effectifs	465	22	260
Ensam	47 %	-	56 % ²⁴
CNRS	-	93 %	11 %
Université de Lorraine	18 %	-	9 %
Université de Bordeaux	17 %	-	6 %
Cnam	3 %	-	2 %
École centrale de Lille	3 %	-	2 %
Onéra ²⁵	-	4 %	8 %
Inrae ²⁶	-	3 %	1 %
Université de Lille	3 %	-	2 %
Bordeaux INP	4 %	-	-
École navale de Brest	-	-	3 %
Université Sorbonne Paris Nord	1 %	-	-
Junia ²⁷	-	-	-
Autres employeurs non tutelles	4 %	-	-

²⁴ Ces effectifs intègrent également les personnels d'appui à la recherche d'Amvalor, la filiale de l'Ensam créée en mars 2016. Elle a pour mission de promouvoir et de valoriser les activités de recherche de l'Ensam. Elle affecte à ce titre 19 % des personnels d'appui à la recherche dans les unités sous tutelle de l'établissement.

²⁵ L'Onéra n'est tutelle d'aucune unité avec l'Ensam, mais apparaît dans ce tableau au titre de son importante contribution en termes de personnels au sein des unités sous tutelle de l'Ensam.

²⁶ Inrae n'est tutelle d'aucune unité avec l'Ensam, mais apparaît dans ce tableau au titre de son importante contribution en termes de personnels au sein des unités sous tutelle de l'Ensam.

²⁷ Junia apparaît dans ce tableau au titre de sa tutelle du laboratoire L2EP, mais n'y affecte aucun personnel à la date du 31 décembre 2022.

2. UN ÉCOSYSTÈME DE RECHERCHE NATIONAL

- L'Ensam est implantée à Paris, où se situe son siège, et à douze sites en région²⁸. L'organisation de la recherche à l'Ensam est pilotée à partir de son siège parisien, grâce à un conseil scientifique d'établissement qui se réunit quatre fois par an. Les décisions et sujets débattus au sein du conseil scientifique et de l'équipe de gouvernance sont transmises aux différents sites lors de réunions mensuelles (alternance sur l'année de deux visioconférences et une réunion présentielle) auxquelles sont conviés tous les directeurs de laboratoires.
- Six unités de recherche²⁹ doivent assurer la cohésion d'effectifs distribués sur plusieurs sites géographiques, dont le nombre varie de deux à quatre.

3. INVESTISSEMENTS D'AVENIR

a) Les équipements d'excellence

Acronyme	Thématique	UR de l'établissement impliquées
Équipex+ Continuum ³⁰	Infrastructure de recherche collaborative de 30 plateformes situées dans toute la France, cet équipex+ a pour mission de faire progresser la recherche interdisciplinaire entre l'informatique et les SHS. L'objectif est de développer des recherches de pointe dans les secteurs de la visualisation, de l'immersion, de l'interaction, ainsi que de la perception, de la cognition et des comportements humains en réalité virtuelle ou augmentée.	Lispen - site de Chalon-sur-Saône (ST5)
Équipex+ Tirrex ³¹	L'équipex+ Tirrex vise à développer de nouvelles plateformes robotiques emblématiques ainsi qu'une coordination nationale de leur accès et de leur développement.	Lispen - site de Lille (ST5)
Équipex Xyloforest ³²	L'équipex (2011-2020) avait pour mission de contribuer à l'adaptation et à la valorisation des systèmes forêts-bois. Il s'agissait notamment de développer une plateforme mutualisée de recherche et d'innovation pour les forêts de plantation et les produits du bois.	Labomap - site de Cluny (ST5)

²⁸ Lille, Bordeaux, Angers, Laval, Metz, Aix-en-Provence, Cluny, Châlons-sur-Saône, Châlons-en-Champagne, Chambéry, Saint-Étienne et Brest.

²⁹ I2M, Lampa, Lem3, Lispen, MSMP, et L2EP.

³⁰ L'Ensam est partenaire de ce programme.

³¹ L'Ensam est partenaire de ce programme.

³² L'Ensam est porteur de ce programme.

b) Les autres programmes financés par le PIA

Acronyme	Thématique	UR de l'établissement impliquées
Jenii ³³	Le programme Jumeaux d'enseignement numériques immersifs et interactifs (Jenii), se consacre à l'étude des environnements pédagogiques (intégration de jumeaux numériques, apprentissages dans des environnements virtuels immersifs). Il forme de futurs ingénieurs aux jumeaux numériques, nouveaux outils qu'ils rencontreront dans l'industrie.	Pimm, Labomap, Lampa, Lifse, Lispen, I2M, LCFC, LCPI, MSMP (ST5)
Team-sports ³⁴ (2020-2024)	Le programme Team-sports est lauréat en 2019 de l'appel à projets « Sport de très haute performance » lancé dans le cadre de la préparation des JO 2024. Il visait à optimiser le management dans les sports collectifs et à améliorer les performances individuelles au service de la dynamique de groupe. Il a réuni des compétences en psychologie sociale, en neurosciences, et en environnements virtuels de six UR.	Lispen - site de Chalon-sur-Saône (ST5)
THPCA 2024 ³⁵ (2020-2024)	Le programme Très haute performance en cyclisme et en aviron 2024 est lauréat en 2019 de l'appel à projets « Sport de très haute performance » lancé dans le cadre de la préparation des Jeux olympiques 2024. Il avait pour mission de soutenir des recherches en biomécanique humaine, appliquées à la performance sportive. L'objectif était de maximiser la vitesse en cyclisme et en aviron (maximisation de la production d'énergie, minimisation de la dissipation et optimisation de la relation athlète-machine).	IBHGC (ST5)
UBFC-Integrate ³⁶ (2016-2021)	Le programme SFRI ³⁷ UBFC-Integrate regroupait trois écoles graduées, spécialisées respectivement dans les domaines de l'énergie, de la transition écologique et des technologies appliquées à la santé. Ces formations visaient à répondre aux besoins de l'industrie et de la société en matière d'innovation, tout en assurant une forte employabilité aux étudiants.	Labomap, Lispen (ST5)

4. PRINCIPALES PLATEFORMES ET GRANDES INFRASTRUCTURES

- Pour offrir un accès facilité à des infrastructures de niveau national et international, l'Ensam a noué des partenariats stratégiques avec des acteurs majeurs du monde académique et industriel. Ces collaborations s'articulent autour de six grandes plateformes technologiques, dont certaines sont particulièrement emblématiques.

³³ L'Ensam est porteur de ce programme, lauréat de l'appel à manifestations d'intérêt (AMI) Démonstrateurs numériques dans l'enseignement supérieur (Demoes) lancé dans le cadre du PIA4.

³⁴ L'Ensam est partenaire de ce programme.

³⁵ L'Ensam est partenaire de ce programme.

³⁶ L'Ensam est partenaire de ce programme.

³⁷ SFRI : structuration de la formation par la recherche dans les initiatives d'excellence.

Acronyme	Thématique	UR de l'établissement impliquées
AFH	La plateforme Additive factory hub est développée en collaboration avec le Centre technique des industries mécaniques (Cetim) et l'Onéra. Elle fédère en un même lieu des compétences et des moyens de pointe en génie mécanique. Elle a pour missions la recherche, la diffusion, et la formation au service des entreprises françaises partenaires.	Pimm, I2M (ST5)
PFT Tomographe	La plateforme PFT Tomographe est mutualisée avec le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA). Elle permet la caractérisation non destructive de pièces par des procédés électromagnétiques et ultrasons (contraintes résiduelles, résistance mécanique, endommagement, vieillissement). Elle permet également de cartographier des défauts internes de la matière, en haute résolution et en imagerie multi-résolution, multi-énergie, locale et 3D.	Lampa (ST5)
Vulcain	La plateforme technologique Vulcain regroupe des équipements de déformation plastique : presses, contrôle sans contact avec scan 3D, laser tracker et soudage (FSW et par fusion). Ils sont alimentés par trois robots industriels.	LCFC (ST5)
Électricité et véhicules (EV)	La plateforme EV contribue à étudier dans le cadre du projet Borne de recharge rapide intelligente (B2RI), les impacts techniques, économiques et environnementaux de la recharge rapide sur les consommations des bâtiments. Les travaux se réalisent au plus près du partenaire industriel, le groupe DBT, spécialisé dans la conception, la fabrication et la commercialisation de bornes de recharge de véhicules électriques.	L2EP (ST6)
Sachems	La plateforme Sachems a pour objectif d'intégrer des capteurs dans une infrastructure pour suivre en temps réel son état de santé et anticiper les opérations de maintenance. Cette stratégie de contrôle est particulièrement adaptée aux structures à fort enjeu de disponibilité et de sûreté (par exemple, avion, centrale nucléaire, éolienne, pont).	Pimm (ST5)
Ephaistos	La plateforme Ephaistos est partagée avec l'École polytechnique et l'université de Rennes. Elle est destinée à des applications de choc laser : (i) endommagement par choc laser ; (ii) test d'adhésion par choc laser ; (iii) grenailage laser.	Pimm (ST5)

5. PRINCIPALES STRUCTURES DE VALORISATIONS

a) L'Institut Carnot Arts

- L'Ensam coordonne l'Institut Carnot Arts³⁸. Cette structure s'appuie sur un réseau de 23 laboratoires de recherche et d'innovation (les 15 UR de l'établissement font partie de ce réseau), ainsi que sur des plateformes technologiques. L'objectif est d'accompagner les industriels tout au long du cycle de vie de leurs produits grâce à des compétences scientifiques multidisciplinaires et à des travaux de recherche technologique. Il est structuré en trois grands axes thématiques, en ligne avec les priorités de l'établissement : (i) conception, industrialisation et production ; (ii) mécanique, matériaux et procédés ; (iii) fluides et systèmes énergétiques.

b) Amvalor

- L'Ensam a créé en 2016 la filiale de valorisation Amvalor qui rassemble les quinze laboratoires de l'établissement. Elle a pour mission de développer les collaborations partenariales entre les UR et les entreprises, sur l'ensemble des territoires d'accueil de l'établissement. Il s'agit également d'encourager et d'aider à la valorisation et au transfert des connaissances issues des laboratoires de l'Ensam (produits, matériaux, procédés, savoir-faire) vers les entreprises. Les actions portent sur des collaborations de recherche partenariale, des prestations d'études, des mesures et essais, des opérations de veille technologique, et l'organisation de journées thématiques (séminaires, colloques, congrès).

³⁸ Arts : Actions de recherche pour la technologie et la société.

6. IMPLICATION DES COLLECTIVITÉS TERRITORIALES

- Les collectivités territoriales (régions, départements, métropoles) soutiennent de manière significative les UR de l'Ensam. Elles cherchent à augmenter l'attractivité du territoire en investissant dans la recherche et l'innovation. En soutenant l'Ensam, elles tentent de renforcer l'image du territoire, qui apparaît dès lors comme un pôle scientifique et technologique dynamique.
- Elles allouent des fonds pour soutenir des projets de recherches et des infrastructures. Ces aides financières permettent de moderniser les équipements, d'agrandir les laboratoires, ou de lancer des projets innovants. Les collectivités territoriales collaborent pour co-financer des projets de recherche à dimension régionale, nationale et internationale³⁹. 30 contrats doctoraux ont été financés par les régions et les collectivités locales⁴⁰.
- Elles facilitent les relations entre l'Ensam et les entreprises locales pour promouvoir la recherche appliquée. Par leur support financier, elles contribuent à la mise en place de plateformes collaboratives entre la recherche académique et l'industrie pour mener des projets qui répondent aux besoins économiques locaux. Ces partenariats stimulent l'innovation en liant les recherches de l'Ensam et l'implantation d'entreprises innovantes⁴¹.

³⁹ DAE Arts et Métiers, 2023, p. 21.

⁴⁰ DAE Arts et Métiers, 2023, p. 33.

⁴¹ DAE Arts et Métiers, 2023, p. 9.

III. ÉVALUATION DE LA RECHERCHE DE L'ENSAM

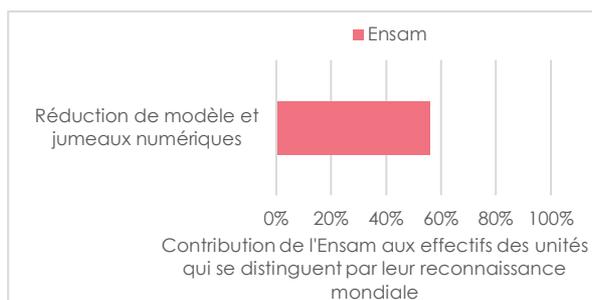
1. DOMAINE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE

FOCUS

SITUATION DES ACTIVITÉS DE LA RECHERCHE

Une thématique du domaine se distingue par son impact mondial

- Les travaux de l'**unité Pimm (ST5)** consacrés aux modèles guidés par les données, à la réduction de modèles et aux jumeaux numériques bénéficient d'une reconnaissance mondiale. Ces recherches ont été présentées lors de congrès majeurs en mécanique. L'Ensam contribue à hauteur de 56 % de l'effectif de Pimm (37 personnels).



Treize thématiques ou unités de recherche accèdent à la reconnaissance internationale

- Avec l'appui de structures de recherche partenariale et de valorisation, l'**unité Pimm (ST5)** conduit d'excellentes recherches à finalité industrielle dans les secteurs des procédés de mise en forme (dont les procédés laser) et de mise en œuvre des polymères. Elle a établi des relations durables avec des acteurs économiques majeurs des secteurs des transports et de l'énergie (Air Liquide, Arkema, SKF). Son rayonnement scientifique international est indéniable. Le bilan affiche une activité soutenue en matière d'AAP compétitifs ; par exemple, l'unité coordonne un projet financé par l'ERC et participe à dix-sept projets européens. Sa production scientifique est remarquable. Elle a été impliquée dans l'organisation de quatre grandes conférences internationales (par exemple, en 2019, Materials & Nanomaterials) et de 65 workshops et journées scientifiques. Elle assure la direction du projet Descartes de la filiale @Create²¹ du CNRS localisée à Singapour (budget de 50 M€ pour 5 ans), qui rassemble treize universités françaises, quatre universités à Singapour et cinq partenaires

industriels. L'Ensam contribue à hauteur de 56 % de l'effectif de Pimm (36 personnels).

- Le **LCPI (ST5)** est reconnu sur le plan international pour ses travaux sur l'optimisation des processus de conception et d'innovation. Il se distingue par sa capacité à identifier précocement des enjeux industriels, comme l'illustre le développement, pour l'éco-construction, d'un géopolymère capable d'accumuler l'énergie thermique. L'unité est bénéficiaire de deux financements européens (Horizon Europe, EIT Manufacturing). Ses collaborations internationales s'appuient sur l'accueil de nombreux professeurs invités et sur la mobilité de ses chercheurs (Brésil, Australie, Italie). La production scientifique est excellente. 75 articles ont été publiés dans les meilleures revues du secteur (Journal of Mechanical Design, Polymers, Computer-Aided Design & Applications). L'Ensam contribue à hauteur de 100 % de l'effectif de LCPI (14 personnels).

- L'**IBHGC (ST5)** développe des recherches en biomécanique intégrée, reconnues sur le plan international. Adoptant une approche originale dans ce secteur de recherche, ses membres modélisent le système neuro-musculo-squelettique en tenant compte des spécificités du patient. L'unité a participé à la conception d'un système de radiographie numérique à très basse dose d'irradiation (EOS[®]) et au développement de méthodes de reconstruction 3D du corps humain à partir de deux radiographies face-profil. La production scientifique compte 238 articles publiés dans des revues de premier plan (PLOS One, Scientific Reports). L'Ensam contribue à hauteur de 40 % de l'effectif de IBHGC (8 personnels).

- Les chercheurs du **Lispen (ST5)** consacrent leurs recherches au développement d'outils et de méthodes pour la conception, l'exploitation et l'analyse des systèmes dynamiques physiques ou virtuels. Ces travaux sont reconnus par la communauté internationale. À titre d'exemple, les recherches ont donné lieu à la création d'un nouveau paradigme pour les jumeaux numériques 4D, qui facilite la modélisation des systèmes physiques évoluant dans le temps. La production scientifique du Lispen compte 170 articles publiés dans des journaux renommés de la discipline (Non-Linear Dynamics, International Journal of Computer Integrated Manufacturing,). L'unité est partenaire de neuf projets européens financés par

les programmes Horizon Europe ou EIT Manufacturing et porte le projet franco-allemand GreenBotAI⁴². L'unité contribue à la plateforme nationale de robotique pour l'industrie du futur financée par l'équipex+ Tirrex. L'Ensam contribue à hauteur de 96 % de l'effectif de Lispen (50 personnels).

- L'unité **MSMP** (ST5) est spécialisée dans l'étude des matériaux et des procédés de fabrication. Ses recherches ont une portée internationale : à titre d'exemple, des travaux ont mis en évidence la relation fonctionnelle entre l'échelle de contact de mesure et la réponse thermomécanique de surfaces multi-échelles de biocomposites, en utilisant la technique de nanoindentation. Pendant la période évaluée, 207 articles scientifiques ont été publiés dans les meilleurs revues du domaine (Acta Materialia, Composites Part B : Engineering). L'unité coordonne le projet Mars⁴³ financé par le programme Horizon Europe. Elle a mis en place un partenariat avec l'université américaine Tamu-TEES⁴⁴, qui permet, notamment, de financer par la National Science Foundation (NSF) l'accueil d'étudiants américains, et de soutenir des mobilités sortantes de doctorants et d'enseignants-chercheurs. L'Ensam contribue à la totalité de l'effectif de MSMP (34 personnels).

- Le **Labomap** (ST5) est une unité spécialisée dans l'étude des procédés de fabrication, en particulier les procédés d'usinage par enlèvement de matière. Ce laboratoire se positionne comme un support technologique de haut niveau pour l'usinage dans les industries des machines-outils pour le métal et le bois. Ses recherches, reconnues à l'échelle internationale, s'articulent autour de trois thématiques principales : l'usinage à grande vitesse, les matériaux et l'usinage du bois, ainsi que l'ingénierie des matériaux et des surfaces. Parmi ses réalisations notables figurent l'élaboration et la caractérisation de produits en bois d'ingénierie, tels que le bois lamellé-collé et les composites structuraux. Les travaux sont à l'origine de la publication de 158 articles, parus dans des revues disciplinaires de premier plan (The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Mechanics of Materials, Wear). L'Ensam contribue à hauteur de 78 % de l'effectif du Labomap (29 personnels).

- Le **Lampa** (ST5) bénéficie d'une renommée internationale. L'unité mène des recherches fondamentales et appliquées sur les procédés avancés de fabrication ainsi que sur la durabilité des matériaux et des structures. En particulier, les chercheurs de l'UR ont développé un modèle d'endommagement à champs de phase qui tient compte de l'anisotropie élastique ; cette approche permet de décrire la rupture fragile dans les matériaux polycristallins. Le bilan du Lampa fait état de 211 publications, parues dans des journaux disciplinaires de premier plan (Engineering Fracture Mechanics, International Journal of Fatigue). L'unité coordonne un projet financé par le programme Horizon Europe (Inedit⁴⁵). L'Ensam contribue à hauteur de 69 % de l'effectif du Lampa (22 personnels).

- L'**I2M** (ST5), évalué lors de la vague B (2020-2022), est une unité spécialisée dans la mécanique des milieux hétérogènes. Elle bénéficie, à l'époque de l'évaluation, d'une reconnaissance internationale pour son expertise en conception, fabrication et caractérisation de matériaux fonctionnels. Sa production scientifique est volumineuse (une moyenne de 150 articles publiés par an). Elle a coordonné un projet financé par le programme European training network (ETN). L'Ensam contribue à hauteur de 18 % de l'effectif de l'I2M (32 personnels).

- Le **Lem3** (ST5), évalué lors de la vague C (2022-2023), est spécialisé en mécanique et en matière de matériaux. Ses recherches bénéficient, lors de l'évaluation, d'une reconnaissance internationale. En particulier, elle est à l'origine d'innovations majeures en mécanique des matériaux intelligents (matériaux piézoélectriques ; alliages à mémoire de forme). Elle a produit 878 publications dans des revues internationales (International Journal of Plasticity, Acta Materialia). Ses membres ont obtenu une vingtaine de prix, parmi lesquels figurent une bourse de l'International Association of Advanced Materials et le prix Beltrami. L'Ensam contribue à hauteur de 13 % de l'effectif du Lem3 (17 personnels).

- L'unité de recherche **LMFL** (ST5) était une unité en création au moment de son évaluation en vague E (2018-2019). Elle résultait du regroupement de deux équipes (ELV⁴⁶ et ER2⁴⁷). À l'époque de

⁴² GreenBotAI est un des cinq projets lauréats de l'appel à projets « Franco-German Innovation projects on artificial intelligence technologies for risk prevention, crisis management and resilience » financés par les ministères de l'économie français.

⁴³ Le projet Mars (Manufacturing architectures for resilience and sustainability) est financé par le programme Horizon Europe pour un budget total de 5,8 M€

⁴⁴ Texas engineering experiment station (TEES) est une agence d'État faisant partie du système universitaire Texas A&M (Tamu) dont la mission est d'améliorer la vie grâce à la recherche en ingénierie fondamentale et appliquée, au développement de la main-d'œuvre et à la transition technologique.

⁴⁵ Inedit - Open innovation ecosystems for do it together process, est un projet qui vise à créer une plateforme consacrée à la conception de meubles assistée par l'intelligence artificielle. Le contrat bénéficie d'un financement du programme H2020-IA de 7 M€. Il rassemble un consortium de quatorze partenaires issus de huit pays (France, Allemagne, Espagne, Italie, Pays-Bas, Pologne, Portugal et Suisse) : <https://artsetmetiers.fr/fr/actualites/projet-europeen-inedit-designer-ses-meubles-grace-une-plateforme-dopen-innovation>

⁴⁶ ELV : Expérimentation et limite de vol, unité sous tutelle de l'Onéra.

⁴⁷ Équipe « Écoulements tournants et turbulents » du laboratoire de mécanique de Lille (LML), fermé en 2015.

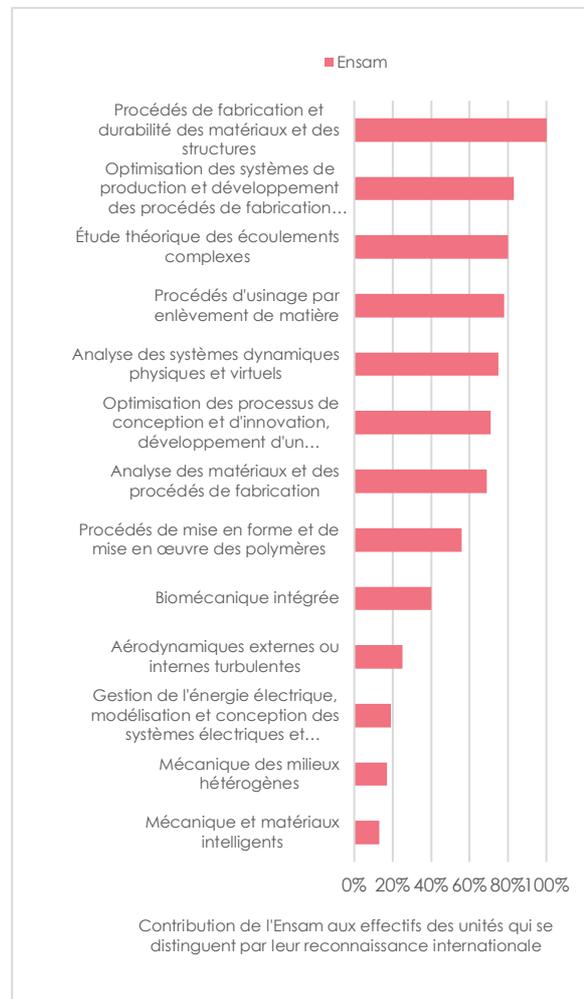
l'évaluation, les recherches sur l'holographie numérique 3D, thématique développée par l'équipe ELV, bénéficiaient d'une notoriété internationale. Cette technique a permis pour la première fois la visualisation en temps réel et en haute résolution de structures complexes, telles que des particules ou des écoulements de fluides, en trois dimensions. L'équipe ER2 était partenaire du projet européen d'infrastructure de recherche en turbulence (EUHIT⁴⁸). Ces recherches ont donné lieu à la publication de 97 articles. L'Ensam contribue à hauteur de 25 % de l'effectif de l'unité de recherche LMFL (10 personnels).

- Le **L2EP** (ST6) a été évalué lors de la vague E (2018-2019). Durant cette période, les recherches de l'unité se concentrent sur la gestion de l'énergie électrique, sur la modélisation et la conception des systèmes électriques, ainsi que sur l'électromécanique. Le L2EP bénéficie à l'époque d'une reconnaissance internationale pour ses travaux sur les réseaux électriques intelligents (smart grids). Il conçoit des systèmes de gestion de l'énergie visant à améliorer l'efficacité des réseaux, l'intégration des énergies renouvelables, et la décentralisation de la production d'énergie. La production scientifique est de grande qualité. Plus de la moitié des articles est publiée dans des revues de premier plan (IET Electrical Systems in Transportation, IEEE Transactions on Power Systems). L'unité est partenaire de six contrats européens et participe à un laboratoire associé international avec l'université Québec Trois-Rivières au Canada. L'Ensam contribue à hauteur de 19 % de l'effectif du L2EP (9 personnels).

- Le **LCFC**, (ST5) est une unité de premier plan international. Ses activités de recherche concernent l'optimisation des systèmes de production et le développement de procédés de fabrication innovants. Elle s'est illustrée en proposant un métamodèle prédictif pour un jumeau numérique, qui permet d'obtenir des données précises sur les systèmes de production et d'en optimiser les performances. Les membres du LCFC ont publié 67 articles dans des revues reconnues par la communauté (Advanced Manufacturing Technology, International Journal on Interactive Design and Manufacturing). L'Ensam contribue à hauteur de 83 % de l'effectif du LCFC (29 personnels).

- Les recherches, menées par l'UR **Dynfluid** (ST5), en mécanique des fluides, et consacrées à l'étude théorique des écoulements complexes sont reconnues par la communauté scientifique internationale et par le secteur industriel. Dynfluid est à l'origine d'avancées scientifiques remarquées : l'unité a développé des méthodes numériques permettant de simuler des écoulements turbulents (couplages thermodynamique, rhéologique et acoustique). Ces travaux ont fait l'objet d'une production

scientifique volumineuse et de qualité (plus d'une centaine d'articles, parus dans les journaux de la spécialité, comme J. Fluid. Mech, Phys. Rev. Fluids). L'unité est présente sur la scène des appels à projets compétitifs : participation à un projet financé par le programme ERC, coordination de trois projets financés par l'ANR, notamment. L'Ensam contribue à hauteur de 80 % de l'effectif de Dynfluid (8 personnels).



Certaines recherches sont bien positionnées au plan national

- Les recherches sur les systèmes navals, menées par **Irenav** (ST5), notamment sur le traitement de l'information maritime, sont bien positionnées à l'échelle nationale. Les travaux de l'UR sur l'analyse des motifs et des comportements des trajectoires maritimes font référence dans le secteur naval. La production scientifique de l'unité compte 78 articles parus dans des journaux de qualité (Ocean Engineering, Physical Review Fluid). L'unité s'est dotée de plateformes expérimentales qui la distinguent au plan national, notamment un émulateur de systèmes propulsifs, et un démonstrateur Shiva unique en France. L'Ensam contribue à hauteur de 72 % de l'effectif d'Irenav (18 personnels).

⁴⁸ EUHIT : European high-performance infrastructures in turbulence.

- Le **Lifse** (ST5) est une unité de recherche appliquée en mécanique des fluides. Ses travaux consacrés aux turbomachines et aux systèmes énergétiques lui confèrent une reconnaissance nationale aussi bien par le monde académique que par le monde industriel (Safran, Fair, Valeo, ArianeGroup). Les recherches s'appuient sur des modélisations numériques et des bancs d'essais originaux et de qualité. L'Ensam contribue à hauteur de 90 % de l'effectif de Lifse (26 personnels).

Points de vigilance

- L'unité Lifse (ST5) n'a rencontré qu'un modeste succès aux AAP compétitifs de l'ANR ou à ceux lancés par les programmes européens. L'UR est insuffisamment présente dans les réseaux académiques.

INSCRIPTION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE DANS LA SOCIÉTÉ

- Les unités de recherches de l'Ensam sont particulièrement impliquées dans des partenariats avec les acteurs du secteur socioéconomique. Les activités d'expertise et les actions de diffusion de la culture scientifique auprès du grand public sont cependant en retrait.

Des partenariats fructueux et nombreux avec le secteur socioéconomique, en particulier industriel.

- La stratégie scientifique des unités de recherche montre une orientation marquée vers l'intégration des technologies de pointe, telles que l'intelligence artificielle, la robotique, la réalité augmentée ou encore la fabrication additive, au sein des systèmes industriels. Désignée sous l'appellation « industrie du futur », cette transformation en profondeur a pour objectif d'améliorer les processus de production, tout en optimisant l'efficacité énergétique, la personnalisation des produits et la durabilité des systèmes industriels.

- L'ensemble des unités collabore intensément avec les entreprises de grands secteurs économiques (aéronautique, énergie, transport, santé, bois). Ces partenariats se traduisent par la signature de très nombreux contrats (plus de 1 300) et de conventions Cifre (plus de 80), ainsi que par la création de chaires (11) et de laboratoires communs (8).

- Un certain nombre d'unités (LMFL, L2EP, Lifse MSMP, Lispen, Dynfluid) mettent à profit leur excellence académique pour répondre à des problématiques industrielles dans le secteur des transports et de l'énergie. Elles ont établi des

relations solides et durables avec de grands groupes comme Safran, Airbus ou Ariane group. Le Lifse est partenaire avec Stellantis et Valeo, d'un contrat de recherche sur le développement d'un système de refroidissement innovant pour les batteries de véhicules électriques, financé par le programme Coram⁴⁹ du PIA4. Le Lispen coordonne une chaire industrielle sur la thématique de la dynamique non linéaire pour les transmissions automobiles du futur (Valéo). Le L2EP a mis en place un laboratoire commun avec EDF au sein duquel il développe un code pour modéliser les machines électriques. Le LCFC est impliqué dans deux laboratoires communs, en partenariat avec le Cetim (LAMFM⁵⁰) et l'INRS (LC2S⁵¹). L'unité pilote une chaire de recherche industrielle consacrée aux systèmes de production reconfigurables, surs et performants. Elle est financée par Thyssenkrupp Presta France, et par l'UIMM⁵².

- Dans le secteur de l'industrie du bois, l2M coordonne la chaire E2WP (Eco engineering wood products), financée par un réseau de PME, notamment le groupe coopératif forestier Alliance Forêts Bois-Forelite SA et Beynel PGS Group. Par ailleurs, dans le cadre d'un partenariat avec la FCBA⁵³ et le groupe Ducerf, l'Ademe France 2030 finance le projet Receffiqua, coordonné par le Labomap. Ce projet vise à travailler sur la transformation du bois afin de le valoriser en bois d'œuvre ; il s'agit en particulier de développer un système de classement éco-efficace des qualités secondaires du chêne.

- Dans le domaine de la santé, l'IBHGC coordonne la chaire Biomecam (Proteor) dont l'objectif est de réaliser une modélisation biomécanique personnalisée du système ostéoarticulaire et musculaire. Le LCPI collabore avec Médecins sans frontières au développement d'un laboratoire d'analyse médicale centré sur l'usage, sous forme d'un minilab.

- D'autres unités se distinguent également par des activités de valorisation et de transfert remarquables, dans les domaines des turbomachines (Lifse, ST5), des jumeaux numériques (Pimm, ST5), de la durabilité des matériaux et des structures (Lampa, ST5) et de l'usinage à grande vitesse (Labomap, ST5).

Points de vigilance

- Dynfluid (ST5) ne mène aucune action en matière de diffusion des connaissances nouvelles au grand public et d'implication dans les débats de société.

⁴⁹ Coram : Comité d'orientation pour la recherche automobile et mobilité.

⁵⁰ LAMFM : Laboratoire de mise en forme des matériaux.

⁵¹ LC2S : Laboratoire mixte conception sûre de situation.

⁵² UIMM : Union des industries et métiers de la métallurgie.

⁵³ L'Institut technologique forêt cellulose bois-construction ameublement (FCBA) a pour mission de promouvoir le progrès technique, de participer à l'amélioration du rendement et à la garantie de la qualité dans l'industrie.

ST5 Sciences pour l'ingénieur

Tutelles	Unités de recherche	EC	C	PAR
		Effectifs de l'Ensam / Effectif total		
Ensam ; Cnam	Dynfluid - Laboratoire de dynamique des fluides	7 / 9	0 / 0	1 / 1
Ensam ; Université de Bordeaux ; Bordeaux INP ; CNRS	I2M - Institut de mécanique et d'ingénierie de Bordeaux	25 / 122	0 / 11	7 / 40
Ensam ; Université Sorbonne Paris Nord	IBHGC - Institut de biomécanique humaine Georges Charpak	8 / 18	0 / 0	0 / 2
Ensam ; École navale de Brest	Irenav - Institut de recherche de l'école navale	18 / 18	0 / 0	0 / 7
Ensam	Labomap - Laboratoire bourguignon des matériaux et procédés	13 / 13	0 / 0	16 / 24
Ensam	Lampa - Laboratoire angevin de mécanique, procédés et innovation	15 / 19	0 / 0	7 / 13
Ensam ; Université de Lorraine	LCFC - Laboratoire conception fabrication commande	15 / 21	0 / 0	14 / 14
Ensam	LCPI - Laboratoire conception de produits et innovation	8 / 8	0 / 0	6 / 6
Ensam ; CNRS ; Université de Lorraine	Lem3 - Laboratoire d'étude des microstructures et de mécanique des matériaux	12 / 95	0 / 2	5 / 35
Ensam ; Cnam	Lifse - Laboratoire d'ingénierie des fluides et des systèmes énergétiques	10 / 13	0 / 0	16 / 16
Ensam	Lispen - Laboratoire d'ingénierie des systèmes physiques et numériques	24 / 26	0 / 0	26 / 26
Ensam ; CNRS ; École centrale de Lille ; Université de Lille	LMFL Kampé - Laboratoire de mécanique des fluides de Lille, Kampé de Fériet	7 / 11	0 / 2	3 / 27
Ensam	MSMP - Laboratoire mécanique, surface, matériaux et procédés	24 / 24	0 / 0	10 / 10
Ensam ; Cnam ; CNRS	Pimm - Procédés et ingénierie en mécanique et matériaux	25 / 34	0 / 7	12 / 25
TOTAL	14	211 / 431	0 / 22	123 / 246

- L'unité **Dynfluid**, implantée sur le campus parisien de l'Ensam, mène des recherches en mécanique des fluides numériques. Ses travaux se consacrent à l'étude théorique des écoulements complexes, et trouvent un écho favorable auprès des industriels. Son activité scientifique est organisée en quatre thématiques : (i) écoulements en régime compressible ; (ii) machine learning et quantification d'incertitude ; (iii) instabilités, transition et contrôle ; (iv) calculs hautes performances, méthodes numériques. L'unité est à l'origine d'avancées remarquées par sa communauté scientifique, ce qui lui confère une reconnaissance nationale. Elle est notamment à l'origine du développement de méthodes numériques pour la simulation des écoulements turbulents (couplages thermodynamique, rhéologique et acoustique). Sa production scientifique est volumineuse et de qualité. Le bilan décompte une centaine d'articles, parus dans les meilleurs journaux de la communauté (J. Fluid. Mech, Phys. Rev. Fluids., J. Comp. Fluids.). L'unité a publié plusieurs logiciels originaux sous licence Opensource (par exemple, dNami, développé dans le cadre de collaborations internationales avec le Japon et l'Allemagne). Elle est très investie dans les appels à projets compétitifs : elle participe à un projet financé par l'ERC et coordonne six projets financés par l'ANR, dont trois qu'elle coordonne. Sa visibilité internationale ne souffre que de sa petite taille (9 EC). Ses membres sont très actifs dans l'organisation de manifestations scientifiques. Ils sont régulièrement invités dans des congrès. Ils ont développé de multiples collaborations avec des partenaires académiques français (JRDA, Pprime, Limsi⁵⁴) et étrangers (Imperial College de Londres, université de Washington, École polytechnique de Bari), mais aussi avec des partenaires industriels (Safran, Onéra, Airbus, ArianeGroup). L'UR a mis à profit ses compétences scientifiques pour répondre à des questions industrielles dans le secteur des transports et de l'énergie. Son bilan souligne la réalisation de 23 contrats de R&D et la signature de huit conventions Cifre (avec Safran, MBDA⁵⁵, Airbus, ArianeGroup). Son bilan ne montre aucune action de médiation scientifique et d'implication dans les débats de société.

Unité évaluée en vague B (2020-2022)

- Les principales thématiques de recherche de **I2M** portent sur la mécanique des milieux hétérogènes, tant au niveau de la modélisation que de l'expérimentation. Reconnue à l'échelle internationale lors de son évaluation en 2020-2022, I2M se distingue par ses travaux en acoustique physique des matériaux et des structures. Ses axes de recherche principaux sont en phase avec les besoins des industries de la mécanique qui couvrent la conception et le dimensionnement (modélisation multiphysique, optimisation, et prise en compte des contraintes environnementales), ainsi que les procédés de fabrication. L'unité affiche une très bonne, voire excellente production scientifique : en moyenne, 150 articles sont publiés par an dans des revues internationales à comité de lecture. I2M entretient de nombreuses collaborations avec d'autres unités du département Sciences de l'ingénierie et du numérique de l'Université de Bordeaux, notamment dans les disciplines de l'électronique (IMS), de l'informatique (Labri) et des mathématiques (IMB), ainsi qu'avec des unités spécialisées en chimie et matériaux (ICMCB, Lof Solvay, CRPP, par exemple). L'unité a bénéficié du financement du programme European Training Network. Elle est également impliquée dans le laboratoire transfrontalier commun Aenigme avec l'université du Pays Basque (UPV-EHU, Espagne). Elle a mené un nombre très élevé de contrats de recherche partenariale (144 contrats de R&D). Cette intense activité est à l'origine de la création de la chaire Eco engineering wood products (E2WP), financée par un réseau de PME du secteur du bois (le groupe coopératif forestier Alliance forêts Bois-Forelité SA, Beynel PGS Group, Lesbats scieries d'Aquitaine, Scierie Labadie, Scierie Labrousse, Tecsa Bois).

- **L'Institut de biomécanique humaine Georges Charpak (IBHGC)** occupe une position originale à l'échelle internationale. Les recherches de l'unité sont consacrées à la biomécanique humaine. Les investigations s'étendent de la modélisation du système neuro-musculo-squelettique chez le sujet vivant jusqu'à l'étude des mécanismes de lésions et de dégénérescence. L'Institut se distingue par une approche intégrée de la biomécanique, réunissant des biomécaniciens et des cliniciens. Leur objectif est de mieux comprendre les mécanismes d'endommagement tout en contribuant à la conception et à l'amélioration des moyens de prévention, de diagnostic ou de prise en charge thérapeutique. Pour mener à bien ces recherches, l'Institut s'est structuré en deux équipes : l'une a pour thématique l'imagerie, les modèles personnalisés, l'innovation clinique et la chirurgie, tandis que l'autre réalise des recherches sur le sport, la mobilité et le handicap. L'IBHGC dispose par ailleurs de plateformes expérimentales de haut niveau. Leurs équipements permettent de réaliser des radiographies à faible dose, de l'analyse du mouvement, de la modélisation et de la simulation numérique, ainsi que de l'exploration fonctionnelle du corps humain. La production scientifique de l'Institut est de très bonne qualité. 238 articles ont été publiés dans des revues de premier plan (Journal of Biomechanics, Clinical Biomechanics, Scientific Reports, PLOS One). D'autres publications concernent des protocoles cliniques. Reconnue sur le plan international, l'unité s'est particulièrement mise en évidence en développant le système

⁵⁴ IRJDA : Institut Jean Le Rond d'Alembert – Sorbonne Université ; Pprime : l'Institut P' est un laboratoire de recherche en sciences physiques et sciences de l'ingénierie, UPR CNRS conventionnée avec l'université de Poitiers ; Limsi : Laboratoire d'informatique pour la mécanique et les sciences de l'ingénieur.

⁵⁵ MBDA est une filiale commune d'Airbus, de BAE Systems et de Leonardo, spécialisée dans la conception de missiles et de systèmes de missiles.

Eos⁵⁶, fruit de l'expertise combinée d'ingénieurs, de physiciens et de cliniciens de différentes spécialités. Ce système de radiographie numérique 3D biplane à très basse dose d'irradiation, permet une reconstruction tridimensionnelle du corps humain à partir de deux radiographies, en face et en profil. Plusieurs membres de l'Institut siègent dans des instances scientifiques renommées (par exemple, la Société de biomécanique). L'unité participe à trois comités éditoriaux de journaux à forte visibilité : Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering, Scientific Reports, et Annals of Physical and Rehabilitation Medicine. Les travaux de recherche autour de l'innovation clinique et chirurgicale ont impliqué des partenaires très diversifiés : fédérations sportives de rugby, de gymnastique, de tennis, de cyclisme, de golf et d'aviron. L'IBHGC a également répondu avec succès à plusieurs appels à projets financés par l'ANR (7). Il porte la chaire Biomecam, financée par des acteurs privés tels que la Société générale, le Groupe mutualiste Covea, Proteor, et par la Fondation Cotrel de l'Institut de France. L'objectif de cette chaire est de réaliser une modélisation biomécanique personnalisée du système ostéoarticulaire et musculaire, clef pour des innovations de rupture dans le domaine de l'ingénierie pour la santé.

● **L'Irenav** est un laboratoire de recherche pluridisciplinaire spécialisé dans le développement du navire du futur. Le laboratoire conduit des recherches amont et appliquées, relatives aux systèmes navals, en adéquation avec les besoins de la Marine nationale. Les thématiques de recherche concernent l'hydrodynamique, la conversion d'énergie, le traitement de l'information maritime par le traitement du signal, l'acoustique sous-marine et les systèmes d'information géographique. L'Irenav regroupe des enseignants-chercheurs qui interviennent dans les formations de l'école navale (Lanveoc, au sud de Brest). L'UR est membre fondateur du groupement d'intérêt scientifique (Gis) Europole Mer. L'unité est structurée en deux équipes : (i) l'équipe Mécanique et énergie en environnement naval (M2EN), qui mène des activités de recherche en hydrodynamique et de la conversion d'énergie, ainsi que dans celui de la propulsion navale et des énergies marines renouvelables ; (ii) l'équipe Modélisation et traitement de l'information maritime (Motim), qui consacre ses travaux scientifiques à l'acoustique sous-marine, et à la modélisation de connaissances localisées. Cette équipe se distingue par ses contributions à l'observation de l'environnement maritime, et au développement de systèmes d'aide à la décision pour la surveillance et le contrôle maritime, et pour la navigation électronique. L'Institut mène des recherches très stratégiques pour l'industrie navale. Il met en jeu des approches originales du traitement de l'information maritime, ce qui lui vaut une reconnaissance indéniable par la communauté scientifique nationale. La production scientifique compte 78 articles, de très bonne qualité. Ils paraissent dans des revues internationales telles que, Ocean Engineering, Physical Review Fluid, et International Journal of Multiphase Flow (pour l'équipe M2EN), et, Data and Knowledge Engineering, IEEE Transactions on Signal Processing, et Journal Acoustical Society of America (pour l'équipe Motim). L'Institut est également reconnu par la communauté nationale pour la qualité de ses travaux et de ses plateformes expérimentales spécialisées dans le développement de bancs d'émulations, et pour son propulseur naval à axe vertical (système Shiva⁵⁷). Ses avancées méthodologiques en traitement du signal, en modélisation spatio-temporelle et en acoustique passive, font référence. On peut citer, à titre d'exemple, les travaux sur l'analyse des motifs et des comportements de trajectoires maritimes, ainsi que la classification des signaux stéréotypés appliqués aux mammifères marins et aux navires. Parmi ses réalisations marquantes, figurent également la réduction de la traînée de frottement par injection de bulles, et l'apprentissage automatique pour l'optimisation du pas d'un propulseur cycloïdal. L'Institut rencontre la réussite aux AAP nationaux et internationaux. Il a par exemple bénéficié de cinq financements de l'AID⁵⁸, soutenant des travaux en robotique, en cybersécurité, en génie maritime, et consacrés aux matériaux énergétiques. Il participe également à trois projets européens soutenus par le programme H2020. L'inscription des activités de recherche dans le tissu économique relatif aux technologies marines est excellente, tant au niveau régional qu'avec les grands groupes du secteur (Naval Group, Thales). Elle se concrétise par la signature d'un grand nombre de contrats partenariaux (23 pendant la période) et de conventions Cifre (9). Les actions menées avec la chaire industrielle de cyberdéfense des systèmes navals⁵⁹, financée par la région Bretagne et le pôle Excellence Cyber, renforcent la visibilité de l'unité, en particulier pour ses approches originales en traitement de l'information maritime.

● Le **Labomap** est spécialisé dans l'étude des procédés de fabrication, notamment les procédés d'usinage par enlèvement de matière. L'unité est organisée en trois équipes : (i) usinage grande vitesse (UGV) ; (ii) matériaux et usinage bois (Mub) ; (iii) ingénierie des matériaux et des surfaces (IMS). Le laboratoire se positionne comme un support technologique de haut niveau en usinage, au service de l'industrie des machines-outils consacrées au métal ou au bois. Il contribue à l'avancement des développements numériques et des expérimentations, et intervient dans les choix des procédés de fabrication les plus adaptés. Sa production scientifique est excellente.

⁵⁶ Eos est le résultat d'un partenariat entre : l'IBHGC ; le service de radiologie pédiatrique du centre hospitalier universitaire Saint-Vincent-de-Paul à Paris ; le laboratoire de recherche en imagerie et orthopédie de Montréal (Laboratoire d'innovation ouverte en technologies de la santé du Centre hospitalier de l'université de Montréal - Lio-ETS CRChum) ; et, la société Biospace instruments dont le fondateur est le professeur Georges Charpak (Prix Nobel de physique en 1992).

⁵⁷ Le démonstrateur Système hydrolien intelligent à variation d'angle, a été développé dans le cadre de l'Institut Carnot Arts, et préfigure le drone électrique du futur.

⁵⁸ AID : Agence de l'innovation de défense.

⁵⁹ Née en 2014 de l'association de partenaires académiques (École navale, Ensta Bretagne, IMT Atlantique) et industriels (Naval Group, Thales Group) sous la tutelle de la Marine nationale, la chaire de cyberdéfense des systèmes navals est au cœur d'un écosystème éminemment sensible et stratégique.

158 articles ont été publiés dans des revues disciplinaires de premier plan (par exemple, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Mechanics of Materials, Wear). L'UR est partie prenante du Collège international de recherche en production (Cirp), du GDR Sciences du bois, ou de l'Union internationale des organisations de recherche forestière (Uifro). L'unité est reconnue sur le plan international pour ses travaux sur l'élaboration et la caractérisation de produits en bois d'ingénierie, notamment le bois lamellé, le bois composite structurel et les panneaux structuraux. Elle excelle également dans la modélisation des phénomènes mécaniques, thermiques et tribologiques en jeu lors de l'usinage assisté par SCCO2 (projet SCCryo2⁶⁰, financé par l'Institut Carnot Arts et la société⁶¹). Dans le cadre de ses activités partenariales, l'unité coordonne deux réseaux nationaux de la connaissance (RNC⁶²), consacrés aux procédés d'usinage. Ces deux réseaux concernent six UR de l'établissement (I2M, Labomq, Lampa, Lem3, Lispen et MSMP). Par ailleurs, elle pilote le projet Receffiqua, dans le cadre d'un partenariat avec la FCBA, le groupe Ducerf, et l'Ademe France (financeur). L'objectif est de développer un système de classement éco-efficient des qualités secondaires du chêne.

- Le **Lampa** mène des recherches à la fois fondamentales et appliquées, portant sur l'ensemble de la chaîne de conception des produits. Il regroupe des enseignants-chercheurs en informatique et en ingénierie, dont les travaux s'inscrivent dans les thématiques de l'innovation, des procédés avancés de fabrication et de la durabilité des matériaux et des structures. L'unité est très ancrée dans son territoire angevin : le Lampa y est un acteur clef de la recherche en mécanique. L'UR développe une remarquable activité contractuelle avec des entreprises de la région (51 prestations de service et 193 contrats partenariaux conclus au cours de la période). Elle dispose de moyens expérimentaux exceptionnels regroupés dans quatre plateformes⁶³ internes. L'utilisation de ce parc expérimental a donné lieu, par exemple, à des travaux reconnus sur l'imprégnation directe de fibres de lin continues par la résine thermoplastique. Parmi les réussites notables du Lampa, le projet Fatal⁶⁴ se démarque également : il s'agit de la mise au point d'un procédé innovant de fabrication de pièces métalliques, qui permet de réduire les temps et les coûts de fabrication. Durant la période évaluée, la qualité scientifique des travaux de l'UR lui vaut la reconnaissance internationale. Les recherches ont été publiées (211 articles) dans des journaux disciplinaires de premier plan (Engineering Fracture Mechanics, International Journal of Fatigue, et International Journal of Mechanical Sciences). L'unité coordonne un projet financé par le programme Horizon Europe (Inedit⁶⁵) et elle est partenaire d'un projet financé par le programme Feder (Capteur EBSD⁶⁶). Le Lampa participe également au projet Descartes⁶⁷, porté par la filiale @Create du CNRS, qui rassemble onze universités françaises, cinq universités à Singapour et cinq partenaires industriels. Au niveau national, elle a obtenu des financements de l'ANR (5), de BPI France (3) et d'Oseo⁶⁸ (1). Elle est active dans les sociétés savantes nationales et internationales (SF2M⁶⁹, Association française du titane, AFM⁷⁰, Mécamat). Elle organise des conférences internationales (ICMFF13⁷¹, Manufacturing 21, International Virtual Reality International Conference).

- Le **LCFC** est localisé sur le campus de Metz, l'un des sites de l'université de Lorraine. Ses travaux se concentrent sur les systèmes de production du futur, en particulier sur les services et sur l'industrie manufacturière. Ils sont articulés autour de trois thématiques principales : (i) la conception et l'exploitation robuste, fiable et sécurisée des produits et des systèmes de production ; (ii) le développement de processus et procédés de production innovants ; (iii) la commande de contrôle de ces nouveaux procédés. La production scientifique de l'unité est très bonne. Une part importante des 67 articles parus durant la période a été publiée dans des revues de premier plan de la discipline (International Journal of Production Research, CIRPS Annals of Manufacturing Technology). L'unité possède un savoir-faire rare en France en matière de gestion des incertitudes dans la conception de produits et de systèmes de production, de forgeage instrumenté, d'intégration de lignes robotisées pour les multi-assemblages et les multi-procédés, ou d'étude de l'interaction homme-machine. Le LCFC s'est distingué en développant un métamodèle prédictif pour jumeaux numériques qui permet de prédire l'évolution des systèmes de production en temps réel et d'optimiser leurs performances. L'unité a participé à cinq projets

⁶⁰ Le projet SCCryo2 vise à disposer de données et de modèles fiables pour comprendre les phénomènes mécaniques, thermiques et tribologiques en jeu lors de l'usinage assisté par scCO2.

⁶¹ <https://www.ic-arts.eu/>

⁶² L'établissement a lancé en 2015 onze réseaux nationaux de la connaissance, qui correspondent à des structures d'animation sur lesquelles s'appuyer pour mutualiser les compétences de recherche et répondre aux appels à projet de recherche partenariale.

⁶³ Les quatre plateformes : (i) technologies virtuelles et calcul scientifique ; (ii) procédés de fabrication ; (iii) imagerie et cristallographie ; (iv) durabilité et tenue mécanique.

⁶⁴ Le projet Fabrication additive en alliage de titane et d'aluminium a été développé grâce à la plateforme technologique développée par l'institut de recherche technologique (IRT) Jules Verne, dont le Lampa est membre.

⁶⁵ Open innovation ecosystems for do it together process, est un projet qui vise à créer une plateforme consacrée à la conception de meubles assistée par l'intelligence artificielle.

⁶⁶ Capteurs - diffraction électronique rétrodiffusée implique l'utilisation d'un microscope électronique à balayage équipé d'un capteur EBSD.

⁶⁷ Le projet Descartes a pour objectif est d'aider la ville de Singapour à développer sa politique écologique.

⁶⁸ Oseo est un établissement public dont la mission est de soutenir l'innovation et la croissance des petites et moyennes entreprises.

⁶⁹ SF2M : Société française de métallurgie et des matériaux.

⁷⁰ AFM : Association française de mécanique.

⁷¹ ICMFF13 : International conference on multiaxial fatigue and fracture.

soutenus par l'ANR, dont trois qu'elle coordonne (Adequat⁷², Robustam⁷³ et Tomoro⁷⁴). Ses plateformes expérimentales couvrent un champ d'expertise singulier au plan national. Elles sont dotées d'équipements à l'échelle de la production industrielle, et elles permettent d'aborder des thématiques variées telles que l'assemblage, la robotique et les presses. À titre d'exemple, la plateforme Vulcain joue un rôle clé dans la conception des systèmes de production du futur, grâce à ses équipements consacrés à la déformation plastique et à ses trois robots industriels. L'unité a signé 40 contrats industriels et onze conventions Cifre (Valeo, Renault, Ascometal). Elle est impliquée dans deux laboratoires communs, en partenariat avec le Cetim (LAMFM⁷⁵) et l'INRS⁷⁶ (LC2S⁷⁷). Elle coordonne une chaire de recherche industrielle financée par Thyssenkrupp Presta France et l'UIMM⁷⁸, et consacrée aux systèmes de production reconfigurables, surs et performants.

- Le **LCPI** est spécialisé dans l'étude et le développement de nouvelles méthodologies de conception. Regroupant une équipe multidisciplinaire d'ingénieurs, de designers et de chercheurs en sciences humaines, le laboratoire adopte une approche globale, qui s'étend de la recherche fondamentale à l'application industrielle. Le LCPI est reconnu pour sa capacité à innover en combinant ingénierie, design et gestion de l'innovation. Ses recherches s'articulent autour de quatre grands axes : (i) innovation centrée sur l'utilisateur ; (ii) méthodes de conception collaborative ; (iii) systèmes complexes et ingénierie ; (iv) éco-conception. Pour mener à bien ses projets partenariaux, le LCPI s'appuie sur six plateformes technologiques, dotées d'équipements de pointe : (i) réalité virtuelle et fabrication additive ; (ii) usages ; (iii) ingénierie émotionnelle et sensorielle ; (iv) innovation, prospective et créativité ; (v) éco-conception et développement durable ; (vi) industrie 4.0. Ces plateformes sont équipées d'appareils de réalité virtuelle, augmentée et mixte, d'un mur de projection stéréoscopique, de dispositifs de projection mapping dynamique et statique, ainsi que d'outils de photogrammétrie, de numérisation, d'imprimantes 3D (FDM multi-matériaux, SLA), et de découpe laser. Une chaîne 4.0 et son jumeau numérique font également partie des équipements. La production scientifique des membres du LCPI est particulièrement remarquable. Ses huit enseignants-chercheurs ont publié 75 articles dans des revues spécialisées (Journal of Mechanical Design, Polymers, ou Computer-Aided Design & Applications) ainsi que 56 articles dans des actes de congrès internationaux. Ces travaux pluridisciplinaires (ergonomie, créativité, design) explorent des thèmes innovants comme le biomimétisme, l'éco-innovation, et les processus de conception, de la phase amont aux produits finis. Le LCPI s'illustre sur la scène internationale, notamment en participant à la rédaction de normes dans le domaine du management de l'innovation (Afnor CN Innov). Ses nombreuses collaborations, aussi bien académiques qu'industrielles, renforcent son rayonnement. Au niveau académique, le laboratoire a signé plusieurs contrats nationaux (9 projets dont 1 soutenu par l'ANR, 5 par le plan de relance, 1 par Bpifrance et 1 par l'Ademe) et internationaux (1 projet financé par Horizon Europe et 1 projet soutenu par EIT Manufacturing). Il accueille également des professeurs invités (notamment de l'Université de Tokyo) et ses chercheurs effectuent régulièrement des séjours à l'étranger (université fédérale de Rio de Janeiro, université d'Adélaïde, École polytechnique de Turin). Le laboratoire a signé plus de 180 contrats de recherche et développement avec les industriels, pour un montant total de 5,4 M€, et dix conventions Cifre. Parmi ses réalisations marquantes, on compte la création d'un « Minilab », un laboratoire d'analyse médicale centré sur l'usage, développé en collaboration avec Médecins sans frontières. Le LCPI participe également à la formation continue des entreprises, transmettant les connaissances acquises en matière de technologies immersives et interactives, essentielles pour accélérer l'innovation. Sept brevets ont été déposés grâce aux travaux du laboratoire.

Unité évaluée en vague C (2022-2023)

- Le **Lem3**, créé en 2011, résulte du regroupement de deux unités de recherche (le Laboratoire de physique et mécanique des matériaux et le Laboratoire d'étude des textures et applications aux matériaux). En 2018, il s'est enrichi en intégrant le Laboratoire de mécanique et biomécanique polymères structures et le groupe Mécanique des matériaux et structures du Lemta. L'unité est organisée en trois départements : (i) mécanique des matériaux, des structures et du vivant (MMSV) ; (ii) ingénierie des microstructures, procédés, anisotropie, comportement (Impact) ; (iii) thermomécanique des procédés et des interactions outil-matière (T-Priom). La majeure partie de l'unité est regroupée depuis 2017 sur le site de la technopole scientifique de Metz. Reconnue sur le plan international, l'unité s'est notamment distinguée pour ses travaux sur la mécanique des matériaux intelligents (matériaux piézoélectriques ; alliages à mémoire de forme). Ces matériaux réagissent à des stimuli externes, comme la chaleur, le stress mécanique ou l'électricité, en modifiant leur forme ou leurs propriétés. Ils trouvent des applications dans des domaines variés tels que la robotique, les capteurs et les actionneurs. La production scientifique du Lem3 est de très grande qualité (878 articles, parus dans des revues internationales,

⁷² Le projet consacré au management adaptatif réunit dans le cadre d'un financement international franco-allemand, des chercheurs de l'institut de technologie de Karlsruhe (KIT-WBK) et du LCFC.

⁷³ Le projet intitulé Conception robuste pour la fabrication additive, se consacre à l'industrie (automobile et aérospatiale) et à l'optimisation dans la fabrication de pièces.

⁷⁴ Le projet Formage incrémental robotisé basé sur l'interaction outil-matériau, propose un robot industriel afin d'améliorer les systèmes de commandes adaptatives.

⁷⁵ LAMFM : Laboratoire de mise en forme des matériaux.

⁷⁶ INRS : Institut national de recherche et de sécurité.

⁷⁷ LC2S : Laboratoire mixte conception sûre de situation.

⁷⁸ UIMM : Union des industries et métiers de la métallurgie.

telles que International Journal of Plasticity, Acta Materialia, ou Composite Structures). Les membres de l'unité ont obtenu de nombreux prix (une vingtaine), comme le prix Fellow de l'International Association of Advanced Materials, ou le Beltrami International Prize. Par ailleurs, une trentaine de chercheurs étrangers (de l'université de Kanazawa au Japon, de l'université d'Édimbourg au Royaume-Uni) ont séjourné au laboratoire (pour une durée moyenne de séjour d'environ 4 mois). Plusieurs congrès internationaux importants (Euromech⁷⁹, Euromat⁸⁰) ont été organisés par des membres de l'unité. Le Lem3 fait preuve d'une forte activité en termes de contrats industriels : 139 contrats ont été signés par des partenaires tels qu'Arcelor Mittal et PSA. Par ailleurs, l'unité a déposé plus de 20 demandes de brevets. On note la présence de deux laboratoires communs avec des entreprises (Ecatectools et Cumulec) et celle d'une chaire industrielle (Cumulec).

- Le Laboratoire d'ingénierie des fluides et des systèmes énergétiques (**Lifse**) est une unité de recherche, essentiellement appliquée, en mécanique des fluides. Son périmètre scientifique couvre les domaines de l'aéro- et de l'hydrodynamique, et il intègre les phénomènes de couplages multiphysiques (thermique et acoustique). Son activité s'organise autour de quatre thématiques : (i) les turbomachines ; (ii) les systèmes énergétiques et le management de la thermique ; (iii) les écoulements multi-espèces et rhéologies ; (iv) l'aérohydrodynamique physique. La thématique consacrée aux turbomachines est l'activité de recherche principale de l'unité. D'une façon générale, les approches utilisées combinent le numérique et l'expérimentation. Ces recherches s'appuient sur les infrastructures de l'unité (soufflerie aérodynamique ; boucles hydrodynamiques). Le Lifse valorise les résultats de ses recherches par des publications nombreuses et de qualité, parues dans des revues à fort impact disciplinaire (Compos. B Eng., Phys. Fluids, J. Eng. Gas Turb. Power, Env. Fluid Mech). Les travaux consacrés à la thématique historique du Lifse, autour des turbomachines, lui confèrent une visibilité et un rayonnement national, auxquels concourt une participation aux comités de congrès nationaux et internationaux (l'UR est membre des comités scientifiques du CFM⁸¹ session Turbomachines 2016-2022, de l'ICCHMT⁸² 2021-2023, du CMBBE⁸³ 2023). L'unité gère la plateforme Confluence, qui regroupe des moyens d'essais (soufflerie aérodynamique, bancs d'essai permettant de caractériser des pompes). Cette expertise et ces moyens expérimentaux sont particulièrement appréciés par ses partenaires industriels et académiques. Dans le secteur des turbomachines et de l'énergétique, l'unité a mis en place de très nombreux partenariats, mobilisant des entreprises comme TGLP, Safran, Fair, Valeo, et Ariane group. Au cours de la période, plus de 100 contrats ont été signés avec ces acteurs socioéconomiques, pour un montant de plus de 9 M€. En particulier, l'unité est associée aux industriels Stellantis et Valeo, dans le cadre d'un contrat de recherche financé par le programme Coram⁸⁴ du PIA 4. Le projet s'intéresse au développement d'un système de refroidissement innovant pour les batteries de véhicules. Une chaire a été lancée avec le soutien financier de Safran⁸⁵. L'unité vulgarise ses recherches auprès du grand public (la population scolaire), en participant à des émissions télévisuelles (par exemple, C'est pas sorcier).

- Le **Lispem** a été créé en 2018. Il est localisé sur trois sites géographiques (Aix-en-Provence, Lille et Chalon-sur-Saône). Il mène des recherches pluridisciplinaires appliquées à l'industrie du futur, dans les secteurs du génie mécanique, du génie industriel, de l'informatique et de l'automatisme. Les activités du Lispem couvrent divers aspects de l'ingénierie numérique, notamment le développement d'outils et de méthodes pour la conception, l'exploitation et l'analyse de systèmes dynamiques, qu'ils soient physiques ou virtuels. L'unité est organisée autour de quatre axes principaux : (i) ingénierie système et représentation numérique ; (ii) simulation et commande ; (iii) interactions Homme-système ; et (iv) transformation industrielle. La production scientifique du Lispem est excellente. Le bilan affiche 170 articles publiés dans des journaux internationaux de premier plan de la discipline (Non-linear Dynamics, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, et International Journal on Interactive Design and Manufacturing). L'unité bénéficie d'une visibilité internationale. Elle a accompli d'importantes avancées scientifiques et technologiques, parmi lesquelles la mise au point d'une technique de perçage de qualité aéronautique, rendue possible grâce à l'utilisation d'un robot manipulateur léger. Le Lispem a également introduit un nouveau paradigme pour la modélisation, la visualisation, l'interaction et la cohérence des jumeaux numériques 4D, interfacés avec des systèmes physiques évoluant dans le temps. Il a également développé des méthodes innovantes pour la génération automatique de vastes volumes de données labellisées, visant à nourrir les techniques d'apprentissage pour la rétroconception de pièces et d'assemblages mécaniques. Ses membres participent à plusieurs comités éditoriaux de journaux de renom (Journal of Computer-aided Design and Applications, Control Engineering Practice, et Journal of Computational Design and Engineering). Au cours de la période évaluée, le Lispem a organisé des conférences internationales, comme

⁷⁹ La Société européenne de mécanique (Euromech) est une organisation scientifique internationale non gouvernementale à but non lucratif.

⁸⁰ Euromat est un congrès international consacré aux dernières avancées en matière de science et de technologie des matériaux.

⁸¹ CFM : Congrès français de mécanique.

⁸² ICCHMT : International conference on computational heat and mass transfer.

⁸³ CMBBE : International symposium on computer methods in biomechanics and biomedical engineering.

⁸⁴ Coram : Comité d'orientation pour la recherche automobile et mobilité.

⁸⁵ La chaire industrielle Belisama « ... vise principalement à faire avancer la maîtrise des systèmes hydromécaniques haute vitesse au sein du laboratoire Lifse. Son ambition est de réaliser des avancées significatives dans le domaine de la conception des pompes centrifuges, en garantissant leur fiabilité, en développant des composants et des systèmes fonctionnant de manière décarbonée grâce à l'utilisation de fluides de substitution au kérosène, tout en optimisant la consommation d'énergie ». Source : site Web : <https://lifse.artsetmetiers.fr/chaire-belisama-ensamsafran-aircraft-engines>.

la Driving stimulation conference (DSC) ou l'International joint conference on mechanics, design engineering & advanced manufacturing. Il a été bénéficiaire de neuf contrats européens soutenus par Horizon Europe ou par EIT⁸⁶ Manufacturing, et coordonne le projet franco-allemand GreenBotAI⁸⁷. Le Lispen héberge trois plateformes technologiques au rang desquelles figure la plateforme technologique de recherche et d'innovation en immersion virtuelle (Petriiv), localisée sur le site de Chalon-sur-Saône. Ses collaborations avec le monde socioéconomique sont remarquables. Il coordonne deux chaires industrielles : l'une sur la dynamique non linéaire pour les transmissions automobiles du futur (Valéo), et l'autre sur les enjeux de la transformation digitale industrielle (Capgemini). Au cours de la période évaluée, le Lispen a signé dix-sept conventions Cifre et 150 contrats qui couvrent différents secteurs comme la robotique industrielle, l'automobile, les systèmes de production ou encore les systèmes énergétiques. Six brevets concernant, en particulier, les systèmes dynamiques multi-physiques et virtuels, ont été déposés.

Les deux unités constitutives du Laboratoire de mécanique des fluides de Lille, Kampé de Fériet, créé en 2018, ont été évaluées lors de la vague E (2018-2019)⁸⁸

- Le **LMFL** a été créé en 2018 suite à la fusion de deux équipes (ELV⁸⁹ et ER2⁹⁰), évaluées lors de la vague E (2018-2019). Spécialisé en mécanique des fluides, ses recherches concernent, principalement, le domaine des aérodynamiques externes ou internes turbulentes. À l'époque, les travaux sur l'holographie numérique 3D, développés par l'équipe ELV, obtiennent une reconnaissance internationale. Cette technique a permis, pour la première fois, de visualiser en trois dimensions des structures complexes, telles que des particules ou des écoulements de fluides, en temps réel et avec une haute résolution. L'équipe ER2 a noué des partenariats solides avec les acteurs du secteur aéronautique et spatial (Cnes⁹¹, ArianeGroup, Safran aircraft engines) dans le domaine des turbomachines, mais aussi avec ceux des secteurs naval, automobile et de la transition énergétique. Le bilan combiné des deux équipes compte 97 articles publiés pendant la période évaluée (2013-2018). Cette production est globalement d'un très bon niveau, mais apparaît insuffisante dans certains secteurs, tels que la métrologie et l'analyse de données. L'unité a participé à treize contrats soutenus par l'ANR. Elle a été bénéficiaire de onze financements européens. À titre d'exemple, l'équipe ER2 a participé au projet d'infrastructure de recherche en turbulence (EUHIT⁹²).

- Le laboratoire **MSMP** est implanté sur trois sites (Aix-en-Provence, Châlons-en-Champagne, Lille). Il développe une activité de recherche pluridisciplinaire dans le secteur des matériaux et des procédés de fabrication, et est organisé en deux équipes : l'équipe Ingénierie multiphysique et multi-échelle des procédés (I2MP) combine expérimentation et modélisation, pour analyser l'impact des procédés sur les propriétés des matériaux ; l'équipe Mécanique, matériaux et surfaces (MMS), se consacre à l'optimisation des microstructures des matériaux (volume et proche surface), dans le but d'améliorer leurs performances mécaniques. Ces équipes s'appuient sur deux plateformes complémentaires, l'une consacrée aux procédés de fabrication et l'autre à la caractérisation et au traitement des matériaux. Ces infrastructures sont dotées d'équipements de haute technicité, tels qu'une fonderie, une impression 3D pour la fabrication additive, une tour super finition, et une rodeuse prototype. L'unité a développé des recherches qui sont reconnues dans la communauté internationale. En particulier, ses chercheurs ont identifié la relation fonctionnelle entre l'échelle de contact de mesure et la réponse thermomécanique pour des surfaces multi-échelles de biocomposites, en utilisant la technique de nanoindentation. Ces travaux ont donné lieu à la production de 207 articles scientifiques, dont les trois-quarts sont parus dans les meilleures revues de la discipline (par exemple, Acta Materialia, Composites Part B : Engineering, et European Polymer Journal). Les membres de l'unité ont été invités dans de nombreuses conférences internationales de premier plan (par exemple, l'International Symposium on Additive Manufacturing), et ont assumé des responsabilités éditoriales dans des revues de référence (par exemple, Crystal, Frontiers in Materials). L'unité coordonne le projet Manufacturing architectures for resilience and sustainability (Mars), financé par le programme Horizon Europe, pour un budget total de 5,8 M€. Au niveau national, elle a été bénéficiaire d'un financement de l'ANR pour un projet portant sur l'effet de la déformation sur le vieillissement magnétique (Mastermind2). L'unité a également été à l'initiative d'un partenariat conventionné avec l'université américaine Texas A&M University System (Tamu), qui inclut l'ouverture du master international Advance manufacturing and material science (AM2S), l'accueil d'étudiants américains financés par la National science foundation (NSF), et des échanges réguliers de doctorants et d'enseignants-chercheurs. Les interactions du MSMP avec le monde socioéconomique sont excellentes. L'unité a conclu un nombre très important (environ 80) de contrats industriels, notamment, auprès de Valeo, de Saint-Gobain, de Renault Sport F1, et d'Arcelor Mittal. Ces travaux collaboratifs portent, par exemple, sur les matériaux ferromagnétiques pour

⁸⁶ EIT : European institute of innovation and technology.

⁸⁷ Le projet GreenBotAI est un des cinq lauréats de l'appel à projets « Franco-German Innovation projects on artificial intelligence technologies for risk prevention, crisis management and resilience », financé par les ministères en charge de l'économie en France (BPI France) et en Allemagne (DLR).

⁸⁸ Les effectifs présentés ont été mis à jour au 31 décembre 2022.

⁸⁹ Expérimentation et limite de vol, unité sous tutelle de l'Onéra.

⁹⁰ Équipe « Écoulements tournants et turbulents » du laboratoire de mécanique de Lille (LML) sous tutelle, à l'époque, du CNRS, de l'université de Lille 1, de l'École centrale de Lille et de l'Ensam (fermée en 2015).

⁹¹ Cnes : Centre national d'études spatiales.

⁹² EUHIT : European high-performance infrastructures in turbulence.

améliorer l'efficacité énergétique des machines électriques et des panneaux photovoltaïques. L'unité a également entrepris des essais pour remplacer le chromage dur et substituer les revêtements à base de cobalt sur les pièces mobiles des réacteurs nucléaires.

● L'unité de recherche **Pimm** rassemble des compétences en matière de procédés d'extrusion, de bioplastiques, de matériaux multiphasés, de métallurgie. Ses thématiques scientifiques s'inscrivent dans un périmètre qui s'étend des procédés de mise en forme (procédés laser, mise en œuvre des polymères) jusqu'aux études de structures. Elles sont abordées par quatre équipes : (i) comportement et microstructure des métaux (Comet) ; (ii) procédés laser (Laser) ; (iii) dynamique structures systèmes et contrôle (Dysco) ; (iv) polymères et composites (P&C). Quatre axes scientifiques interéquipes complètent cette organisation en lui assurant sa cohésion : (i) technologies d'apport pour la fabrication additive ; (ii) architecturation de copolymères blocs par recuit laser ; (iii) mesures de non-linéarités d'un signal d'ondes de déplacement (fatigue sur machine ultrasonique) ; (iv) jumeau numérique hybride d'un robot usineur. Les recherches sont excellentes, et permettent à l'unité d'avoir un rayonnement global d'échelle internationale. Dans un secteur particulier, celui des jumeaux numériques, Pimm développe des travaux reconnus mondialement. Ces recherches s'appliquent à des systèmes multiphysiques ou à faible nombre de données expérimentales, en s'appuyant sur l'intelligence artificielle guidée par la physique. L'ensemble des recherches de l'unité donne lieu à une production scientifique de qualité. 616 articles sont parus dans les revues internationales de la communauté (Polymer Engineering and Science, ACS Applied Polymer Materials, Journal of the Mechanics and Physics of Solids, Optics and Laser Technology). Au cours de la période d'évaluation, Pimm a été impliquée dans l'organisation de nombreuses manifestations scientifiques : quatre grandes conférences internationales (2019 Smart⁹³, 2019 Materials & Nanomaterials, 2019 CSMA⁹⁴, 2020 et 2022 WCCM-Eccomas⁹⁵ et 2021 Complas⁹⁶), 65 workshops et journées scientifiques, et trois symposiums liés à des financements européens. Les chercheurs de l'unité, lauréats de douze prix ou distinctions (Innovation Award, par exemple), ont donné 100 conférences plénières ou keynotes. Certains d'entre eux sont des membres de l'Académie des sciences et technologies, du Conseil scientifique du CNRS, du Conseil scientifique du Cnam, ou du Conseil scientifique de l'Ensam. Un des personnels du Pimm assure la présidence de l'AFM depuis 2022. L'UR a assumé la direction du projet Descartes de la filiale @Create du CNRS, localisée à Singapour (budget de 50 M€ pour 5 ans), qui rassemble 13 universités françaises, quatre universités à Singapour et cinq partenaires industriels. Pimm exerce des responsabilités éditoriales dans différentes revues (Materials Today Communication, International Journal of Forming, Mechanical Systems and Signal Processing). L'unité a rencontré un grand succès aux AAP compétitifs. Elle est impliquée dans 22 projets financés par l'ANR (10 sont coordonnés par l'unité), dix-huit contrats européens (dont un projet financé par l'ERC et 3 projets coordonnés par l'unité). Elle a également contribué à la construction de deux programmes et équipements prioritaires de recherche, Diadem et Tase⁹⁷. Le bilan de l'unité affiche une intense activité partenariale avec les entreprises : 250 contrats ont été signés (pour environ 2 M€ par an). En particulier, l'UR a mené des actions de long terme, qui ont donné lieu à la reconduction en 2022 d'un labcom (avec Air Liquide), et à la création de trois chaires industrielles (avec Arkema, ESI, et SKF), et de trois start-up (4D Pioneer, Poolp, Syrobo). L'unité diffuse ses recherches auprès du grand public (par exemple, émission E=M 6) en centrant ses interventions sur les enjeux du développement durable et de l'industrie du futur (par exemple, les matériaux recyclables ou biosourcés ou biodégradables pour l'emballage alimentaire de demain).

⁹³ Smart : Conférence sur les systèmes intelligents.

⁹⁴ CSMA : International conference on computational science and numerical algorithms.

⁹⁵ WCCM-Eccomas : World congress in computational mechanics.

⁹⁶ Complas : Conference on computational methods in applied science.

⁹⁷ Diadem : Dispositifs intégrés pour l'accélération du déploiement de matériaux émergents ; Tase : Technologies avancées des systèmes énergétiques.

ST6 Sciences et technologies de l'information et de la communication

Tutelles	Unité de recherche	EC	C	PAR
		Effectifs de l'Ensam / Effectif total		
Ensam ; École centrale de Lille ; Junia ; Université de Lille	L2EP - Laboratoire d'électrotechnique et d'électronique de puissance de Lille	6 / 34	0 / 0	3 / 14
TOTAL	1	6 / 34	0 / 0	3 / 14

Le laboratoire d'électrotechnique et d'électronique de puissance a été évalué lors de la vague E (2018-2019).

- Le **L2EP** mène des recherches dans le secteur du génie électrique et s'intéresse plus spécifiquement à la gestion de l'énergie électrique, à la modélisation et à la conception des systèmes électriques ainsi qu'à l'électromécanique. Lors de l'évaluation, l'unité est localisée sur cinq sites à Villeneuve d'Ascq et à Lille. Elle est reconnue internationalement pour ses travaux sur les réseaux électriques intelligents (smart grids), notamment ceux qui portent sur la conception de systèmes de gestion de l'énergie visant à améliorer l'efficacité des réseaux, l'intégration des énergies renouvelables et la décentralisation de la production d'énergie. La production scientifique, durant la période d'évaluation (2013-2018), bien que répartie de manière inhomogène au sein de l'unité, est très bonne (2,53 article/ETP/an). Elle inclut des contributions notables dans le domaine des outils et méthodes numériques ; plus de la moitié des articles est parue dans des revues de premier plan (e.g., IEEE Transactions on Power Electronics, IEEE Transactions on Magnetic). L'intégration de l'unité dans l'écosystème local est très bonne : durant la période évaluée, elle a bénéficié d'un fort soutien des tutelles et de la région (CPER). Sur le plan international, ses collaborations se sont multipliées : l'unité est partenaire de six contrats européens et d'un laboratoire associé International avec l'université Québec Trois-Rivières au Canada. Le L2EP a noué des collaborations nombreuses et fructueuses avec des industriels. Il a signé des contrats cadres avec EDF et RTE et un nombre important de conventions Cifre (27). Les collaborations entre le L2EP et EDF ont donné lieu dès 2006 à la création d'un laboratoire commun : le Laboratoire de modélisation du matériel électrique (Lamel), puis à un premier accord-cadre signé en 2014⁹⁸. Membre de l'Institut Carnot Arts, l'unité déploie une activité de transfert de technologie très soutenue, concrétisée par la création de quatre start-up.

⁹⁸ <https://l2ep.univ-lille/signature-de-accord-cadre-entre-le-l2ep-et-de-la-convention-lamel-20nov-1018/>

IV. ANNEXES

1. NOMENCLATURE

Domaine ST

Panel disciplinaire ST1 : Mathématiques

Sous-panel disciplinaire ST1.1 : Mathématiques fondamentales

Sous-panel disciplinaire ST1.2 : Mathématiques appliquées

Panel disciplinaire ST2 : Physique

Sous-panel disciplinaire ST2.1 : Physique nucléaire et physique des particules, astroparticules et cosmologie, et leurs applications

Sous-panel disciplinaire ST2.2 : Physique des atomes, molécules et plasmas, optique et lasers

Sous-panel disciplinaire ST2.3 : Physique de la matière condensée, nanosciences, propriétés électroniques, systèmes complexes, approches multi-échelles

Panel disciplinaire ST3 : Sciences de la Terre et de l'Univers

Sous-panel disciplinaire ST3.1 : Océan, atmosphère

Sous-panel disciplinaire ST3.2 : Terre solide

Sous-panel disciplinaire ST3.3 : Astronomie, Univers

Panel disciplinaire ST4 : Chimie

Sous-panel disciplinaire ST4.1 : Chimie physique théorique et analytique

Sous-panel disciplinaire ST4.2 : Chimie coordination, catalyse, matériaux

Sous-panel disciplinaire ST4.3 : Chimie moléculaire, polymères

Sous-panel disciplinaire ST4.4 : Chimie du et pour le vivant

Panel disciplinaire ST5 : Sciences pour l'ingénieur

Sous-panel disciplinaire ST5.1 : Mécanique du solide

Sous-panel disciplinaire ST5.2 : Génie des procédés

Sous-panel disciplinaire ST5.3 : Mécanique des fluides

Sous-panel disciplinaire ST5.4 : Énergie, thermique

Panel disciplinaire ST6 : Sciences et technologies de l'information et de la communication – Stic

Sous-panel disciplinaire ST6.1 : Informatique

Sous-panel disciplinaire ST6.2 : Génie électrique, électronique, électromagnétique, photonique et systèmes

Sous-panel disciplinaire ST6.3 : Signal, image, automatique, robotique et génie industriel

2. LISTE DES SIGLES

A

AAP	Appel à projets
Ademe	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
AFH	Additive factory hub
AFM	Association française de mécanique
AID	Agence de l'innovation de défense
AMI	Appel à manifestation d'intérêt
AM2S	Advance manufacturing and material science
ANR	Agence nationale de la recherche
Arts	Actions de recherche pour la technologie et la société

B

B2RI	Borne de recharge rapide intelligente
------	---------------------------------------

C

C	Chercheur
CEA	Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Cefim	Centre technique des industries mécaniques
CFM	Congrès français de mécanique
Cifre	Convention industrielle de formation par la recherche
Cirp	Collège international de recherche en production
CMBBE	Computer methods in biomechanics and biomedical engineering
Cnam	Conservatoire national des arts et métiers
Cnes	Centre national d'études spatiales
CNRS	Centre national de la recherche scientifique
Cora	Comité d'orientation pour la recherche automobile et mobilité
CPER	Contrat de plan État-région

D

DAE	Document d'autoévaluation
Demoes	Démonstrateurs numériques dans l'enseignement supérieur
Diadem	Dispositifs intégrés pour l'accélération du déploiement de matériaux émergents
DSC	Driving stimulation conference

E

EC	Enseignant-chercheur
EDF	Électricité de France
EIT	European institute of innovation and technology
ELV	Expérimentation et limite de vol
Ensam	École nationale supérieure d'arts et métiers
Ensm	École nationale supérieure de mécanique et d'aérotechnique
Ensta	École nationale supérieure de techniques avancées
Équipex	Équipement d'excellence
ERC	European research council
ETN	European training network
EUHIT	European high-performance infrastructures in turbulence
EV	Électricité et véhicules
E2WP	Eco engineering wood products

F

FCBA	Forêt cellulose bois-construction ameublement
------	---

G

GDR	Groupement de recherche
Gis	Groupement d'intérêt scientifique

H

HEI Hautes études d'ingénieur

I

ICCHMT International Conference on Computation Heat and Mass Transfer

ICMFF13 International Conference on Multiaxial Fatigue and Fracture

IMT Institut Mines Télécom

Inrae Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

Insa Institut national des sciences appliquées

IRJDA Institut Jean Le Rond d'Alembert

IRT Institut de recherche technologique

ISA Ingénierie de la santé

Isae Institut de mécanique et d'aérotechnique

Isen Ingénierie des systèmes électroniques et numériques

J

Jenii Jumeaux d'enseignements numériques et immersifs et interactifs

L

Labcom Laboratoires communs

Lamel Laboratoire de modélisation du matériel électrique

LAMFM Laboratoire de mise en forme des matériaux

Limsi Laboratoire d'informatique pour la mécanique et les sciences de l'ingénieur

LC2S Laboratoire mixte de conception sûre de situation

M

Mars Manufacturing architectures for resilience and sustainability

N

NSF National Science Foundation

O

Onéra Office national d'études et de recherches aérospatiales

OST Observatoire des sciences et techniques

P

PAR Personnel d'appui à la recherche

PIA Programme d'investissements d'avenir

PME Petites et moyennes entreprises

R

R&D Recherche et développement

S

SF2M Société française de métallurgie et des matériaux

SFRI Structuration de la formation par la recherche dans les initiatives d'excellence

SHS Sciences humaines et sociales

SPI Sciences pour l'ingénieur

ST Sciences et technologies

Stic Sciences et technologies de l'information et de la communication

T

Tase Technologies avancées des systèmes énergétiques
TEES Texas Engineering Experiment Station
THPCA Très haute performance en cyclisme et en aviron
Tirrex Technological Infrastructure for Robotics Research of Excellence

U

Uifro Union internationale des organisations de recherche forestière
UIMM Union des industries et métiers de la métallurgie
Uifro Union internationale des organisations de recherche forestière
UR Unité de recherche

W

WCCM World Congress in Computational Mechanics

3. LISTE DES DIX OPÉRATEURS PARTENAIRES DE L'ENSAM

Bordeaux INP
Cnam
CNRS
École centrale de Lille
École navale de Brest
Junia
Université de Bordeaux
Université de Lille
Université de Lorraine
Université Sorbonne Paris Nord

4. INDEX DES UNITÉS DE RECHERCHE ÉVALUÉES

Domaine scientifique ST

Dynfluid - Laboratoire de dynamique des fluides.....	24
I2M - Institut de mécanique et d'ingénierie de Bordeaux.....	24
IBHGC - Institut de biomécanique humaine Georges Charpak.....	24
Irenav - Institut de recherche de l'école navale.....	25
L2EP - Laboratoire d'électrotechnique et d'électronique de puissance de Lille.....	31
Labomap - Laboratoire Bourguignon des matériaux et procédés.....	20
Lampa - Laboratoire angevin de mécanique, procédés et innovation.....	26
LCFC - Laboratoire conception fabrication commande.....	26
LCPI - Laboratoire conception de produits et innovation.....	27
Lem3 - Laboratoire d'étude des microstructures et de mécanique des matériaux.....	27
Lifse - Laboratoire d'ingénierie des fluides et des systèmes énergétiques.....	28
Lispen - Laboratoire d'ingénierie des systèmes physiques et numériques.....	28
LMFL Kampé - Laboratoire de mécanique des fluides de Lille, Kampé de Fériet.....	29
MSMP - Laboratoire mécanique, surface, matériaux et procédés.....	29
Pimm - Procédés et ingénierie en mécanique et matériaux.....	30

5. CARACTÉRISATION DES PUBLICATIONS DE L'ENSAM

INTRODUCTION

Ce rapport caractérise les publications de l'Ensam durant la période 2017-2021 avec une série d'indicateurs. Le périmètre de l'analyse est celui de l'ensemble des laboratoires dont l'École est tutelle ou co-tutelle. Les indicateurs sont calculés sur ce corpus d'ensemble des publications, puis par domaine et sous-domaine correspondant aux panels du Conseil européen de la recherche (ERC). La source de données et la méthode sont précisées en fin de rapport.

Deux types d'indicateurs sont présentés : des indicateurs dépendant de la taille de l'École, comme le nombre de publications, et des indicateurs normalisés, indépendants de la taille, comme l'indice de spécialisation ou l'indice d'impact. Les indicateurs du second type permettent de comparer l'École à d'autres institutions ou à des zones géographiques suivant différents axes, comme le profil disciplinaire ou l'impact scientifique.

Nomenclature des domaines ERC

La nomenclature disciplinaire utilisée correspond à celle de l'ERC en trois domaines et 27 sous-domaines (tableau ci-dessous). Ils résultent d'une agrégation des publications relevant des catégories les plus fines de la base WoS dès lors qu'elles interviennent dans la description du domaine ou sous-domaine considéré. Une même publication peut être prise en compte, de façon fractionnée, au titre de plusieurs sous-domaines.

Code ERC	Libellés des domaines et sous-domaines		
Domaine LS – Sciences de la vie			
LS1	Biomolécules : mécanismes bio., structures et fonctions	LS6	Immunité, infection et immunothérapie
LS2	Biologie intégrative : des gènes et génomes aux systèmes	LS7	Prévention, diagnostique et traitement des maladies humaines
LS3	Biologie cellulaire, du dév. et régénérative	LS8	Biologie environnementale, écologie et évolution
LS4	Physiologie, physiopathologie et physiologie du vieillissement	LS9	Biotechnologie et ingénierie des biosystèmes
LS5	Neurosciences et troubles du système nerveux		
Domaine PE – Sciences physiques et ingénierie			
PE1	Mathématiques	PE7	Ingénierie des systèmes et de la communication
PE2	Constituants fondamentaux de la matière	PE8	Ingénierie des produits et des procédés
PE3	Physique de la matière condensée	PE9	Sciences de l'Univers
PE4	Chimie physique et analytique	PE10	Sciences de la Terre
PE5	Chimie de synthèse et matériaux	PE11	Génie des matériaux
PE6	Informatique et systèmes d'information		
Domaine SH - Sciences humaines et sociales			
SH1	Individus, marchés et organisations	SH5	Cultures et production culturelle
SH2	Institutions, gouvernance et systèmes juridiques	SH6	L'étude du passé humain
SH3	Le monde social et sa diversité	SH7	Mobilité humaine, environnement et espace
SH4	L'esprit humain et sa complexité		

Source : traduction à partir du site de l'ERC, https://erc.europa.eu/sites/default/files/document/file/ERC_Panel_structure_2021_2022.pdf.

Comparaison du groupe de 27 écoles d'ingénieurs ou assimilées

Centrale Lille, Centrale Supélec, École centrale de Lyon, École centrale de Marseille, École centrale de Nantes, École nationale d'ingénieurs de Brest, École nationale supérieure de mécanique et microtechniques, École nationale supérieure d'arts et métiers, École nationale supérieure de chimie de Montpellier, École nationale supérieure de chimie de Paris, École nationale supérieure d'ingénieurs de Caen, Isae-Ensma, École supérieure de physique et chimie industrielle de Paris, Toulouse INP, Grenoble INP, Insa Centre Val de Loire, Ins Lyon, Insa Rennes, Insa Rouen, Insa Strasbourg, Insa Toulouse, Institut polytechnique de Paris, Bordeaux INP, Institut d'Optique graduate school, université de technologie de Compiègne, université de technologie de Troyes, université de technologie de Belfort-Montbéliard.

COMMENTAIRE SYNTHÉTIQUE DES INDICATEURS

Nombre de publications et copublications

Au cours de la période 2016-2021, l'Ensam a participé à un peu plus de 3 000 publications scientifiques, soit un peu plus de 600 en année complète (tableau 1).

La part des copublications internationales de l'École fluctue d'une année à l'autre (tableau 2). Au cours de la période, elle reste de près de 10 points inférieure à la part pour la France entière. Pour l'établissement, elle est maximale en 2019, atteignant 58 %, à comparer aux 64 % constatés France entière. En sciences physiques et ingénierie, la part des copublications internationales de l'École apparaît particulièrement faible.

Pour tenir compte du nombre de partenaires institutionnels contribuant à chaque publication, le compte fractionnaire attribue à l'université une fraction de publication au prorata du nombre total de contributeurs. Le compte fractionnaire ne fait pas apparaître de doublons entre établissements et peut être sommé. Les publications de l'établissement ainsi décomptées en termes de contributions sont quasiment stables, un peu inférieures à 300 pour les années complètes, ce qui correspond à une part française des publications de 0,5 % (graphique 1).

Profil disciplinaire de l'École

Au niveau des domaines ERC (tableau 3), l'École apparaît très spécialisée en sciences physiques et ingénierie, avec une part de ses publications dépassant 92 %, soit près de deux fois la part du domaine dans les publications mondiales (indice de spécialisation de 1,9). Symétriquement, l'Ensam n'est pas du tout spécialisée dans les domaines des Sciences de la Vie et des SHS.

L'École est particulièrement spécialisée dans plusieurs sous-domaines des Sciences physiques et Ingénierie. Plus d'un tiers de ses publications sont en PE8, Ingénierie des produits et des procédés, soit un indice de spécialisation de 4,4. En PE11, Génie des matériaux et en PE5, Chimie de synthèse et matériaux, ses indices de spécialisation sont respectivement de 3,9 et 2,1. En PE7, Ingénierie des systèmes et de la communication, l'indice de spécialisation atteint 1,8. Le sous-domaine PE3, Physique de la matière condensée ne représente que 2,5 %, soit un indice de spécialisation de 1,7.

L'Ensam n'est spécialisé dans aucun sous-domaine des Sciences de la vie ou des SHS, où d'ailleurs le nombre des publications sur lequel fonder une analyse est souvent trop faible.

L'Ensam est comparé à son groupe de référence constitué d'autres écoles d'ingénieurs dans le domaine PE uniquement (graphique 2). En PE8 et PE11, l'École est la plus spécialisée du groupe. Elle figure au sommet du troisième quartile des établissements comparés en PE5. En revanche, elle est tout au plus à la médiane, voire très en dessous, en PE2, PE3, PE7, et même, à peu de chose près, à la limite inférieure du groupe pour PE6, Informatique et systèmes d'information.

Indicateurs d'impact scientifique

Durant la période 2016-2020, l'indice d'impact normalisé, toutes disciplines confondues, est de 1, soit la moyenne mondiale (Tableau 4). Si les Sciences physiques et ingénierie l'expliquent, en ayant également un indice d'impact à ce niveau, ce n'est pas le cas des productions en Sciences de la vie, dont l'impact demeure faible (globalement, 0,6). A l'inverse, les SHS reçoivent 30% de citations de plus que la moyenne mondiale des publications comparables. Ce résultat est porté par SH1, Individus, marchés et organisations.

En Sciences physiques et ingénierie, la moyenne mondiale est atteinte dans trois sous-domaines, l'un de spécialisation forte, PE8 (indice de 1,3), l'autre de spécialisation plus modérée, PE2 (1,0), enfin en mathématiques (PE1, indice 1,1), où l'Ensam n'est pas spécialisée.

Dès lors, comparée à son groupe de référence pour cet indicateur, l'Ensam apparaît en tête du groupe en PE8 mais aussi en PE1 (graphique 5). Elle est dans le dernier quartile des établissements en PE2. Même si son indice d'impact est alors inférieur à 1, elle apparaît également au-dessus de la médiane des établissements en PE6 et en PE7. Par ailleurs, en SH1, l'Ensam est dans le dernier quartile des établissements (graphique 7).

Positionnement de l'Ensam au sein des écoles d'ingénieurs françaises ou assimilées (MESR)

En moyenne entre 2017 et 2020, l'Ensam figure en 15^e position pour le nombre annuel de publications (sur 27 établissements). En revanche, elle apparaît en 5^e position, pour l'indice d'impact normalisé toutes disciplines confondues (graphique 8).

ÉVOLUTION DES PUBLICATIONS ET DES CO-PUBLICATIONS INTERNATIONALES

Nombre total de publications, 2017 à 2021*

	2017	2018	2019	2020	2021*	2017-2021*
Publications (articles de revues scientifiques et actes de conférences)	602	634	617	630	568	3 051

* année complète à 95%

Base OST, Web of Science, calculs OST

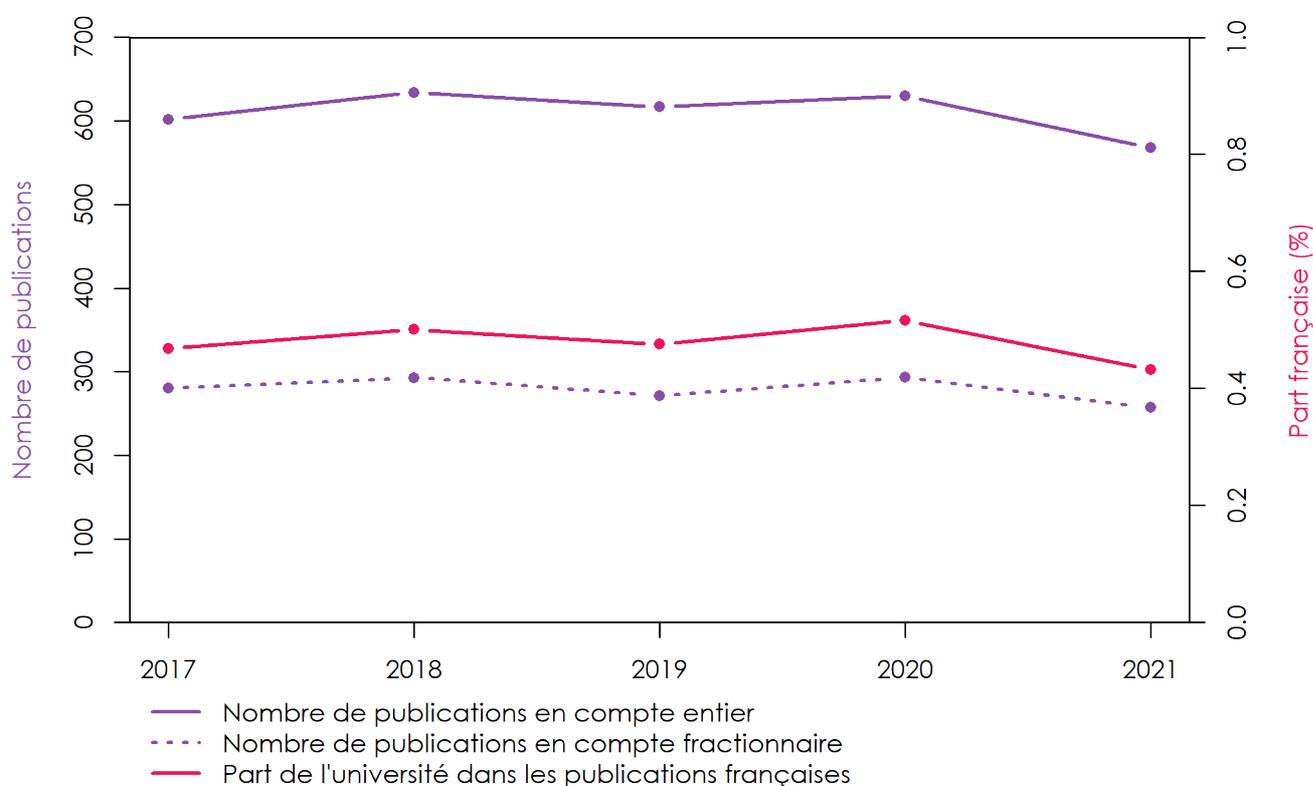
Part des copublications internationales par domaine ERC, 2017 à 2021*

	2017		2018		2019		2020		2021*		2017-2021*	
	Etab.	Fra.										
LS - Sciences de la vie	57,4	59,5	42,6	60,7	57,4	62,0	52,4	62,6	41,5	62,8	49,7	61,6
PE - Sciences physiques et ingénierie	45,7	63,6	52,3	65,4	58,2	66,4	56,2	68,4	53,6	68,2	53,2	66,3
SH - Sciences humaines et sociales	55,0	49,3	45,0	51,0	63,6	54,2	69,2	55,4	47,8	59,1	56,8	54,1
Total	47,0	60,7	51,4	62,2	58,3	63,5	56,2	64,6	51,8	64,8	53,0	63,2

* année complète à 95%

Base OST, Web of Science, calculs OST

Nombre et part française des publications, 2017 à 2021*



* année complète à 95%

Base OST, Web of Science, calculs OST

PROFIL PAR DOMAINE ET SOUS-DOMAINES ERC

Part de publications et indice de spécialisation, par domaine et sous-domaine, 2017 à 2021*

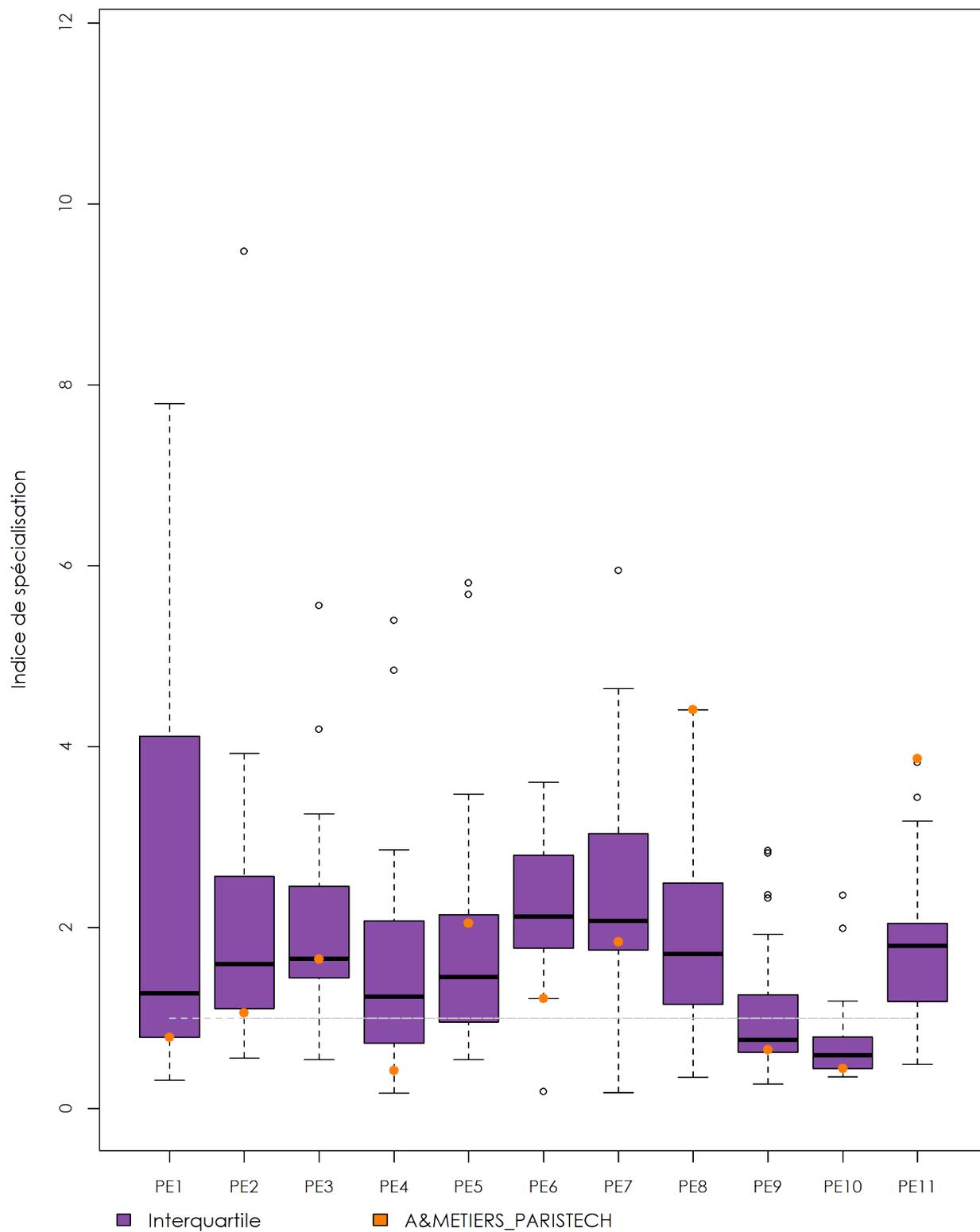
	Part du total, %	Indice de spécialisation**
LS - Sciences de la vie	6,1	0,2
LS1 - Biomolécules : mécanismes biologiques, structures et fonctions	0,4	0,2
LS2 - Biologie intégrative : des gènes et génomes aux systèmes	0,1	-
LS3 - Biologie cellulaire, du développement et régénérative	0,0	-
LS4 - Physiologie, physiopathologie et physiologie du vieillissement	0,4	0,1
LS5 - Neurosciences et troubles du système nerveux	0,6	0,2
LS6 - Immunité, infection et immunothérapie	0,0	-
LS7 - Prévention, diagnostic et traitement des maladies humaines	3,5	0,3
LS8 - Biologie environnementale, écologie et évolution	0,2	0,1
LS9 - Biotechnologie et ingénierie des biosystèmes	0,8	0,1
PE - Sciences physiques et ingénierie	92,2	1,9
PE1 - Mathématiques	2,3	0,8
PE2 - Constituants fondamentaux de la matière	3,6	1,1
PE3 - Physique de la matière condensée	2,5	1,7
PE4 - Chimie physique et analytique	2,3	0,4
PE5 - Chimie de synthèse et matériaux	9,8	2,1
PE6 - Informatique et systèmes d'information	7,2	1,2
PE7 - Ingénierie des systèmes et de la communication	12,3	1,8
PE8 - Ingénierie des produits et des procédés	34,0	4,4
PE9 - Sciences de l'Univers	0,9	0,6
PE10 - Sciences de la Terre	2,3	0,4
PE11 - Génie des matériaux	15,0	3,9
SH - Sciences humaines et sociales	1,7	0,1
SH1 - Individus, marchés et organisations	0,8	0,3
SH2 - Institutions, gouvernance et systèmes juridiques	-	-
SH3 - Le monde social et sa diversité	0,3	-
SH4 - L'esprit humain et sa complexité	0,3	-
SH5 - Cultures et production culturelle	0,1	-
SH6 - L'étude du passé humain	0,0	-
SH7 - Mobilité humaine, environnement et espace	0,2	-
TOTAL	100,0	1,0

* année complète à 95 %

** L'indice n'est pas affiché lorsque le nombre de publications correspondantes est inférieur à 30.

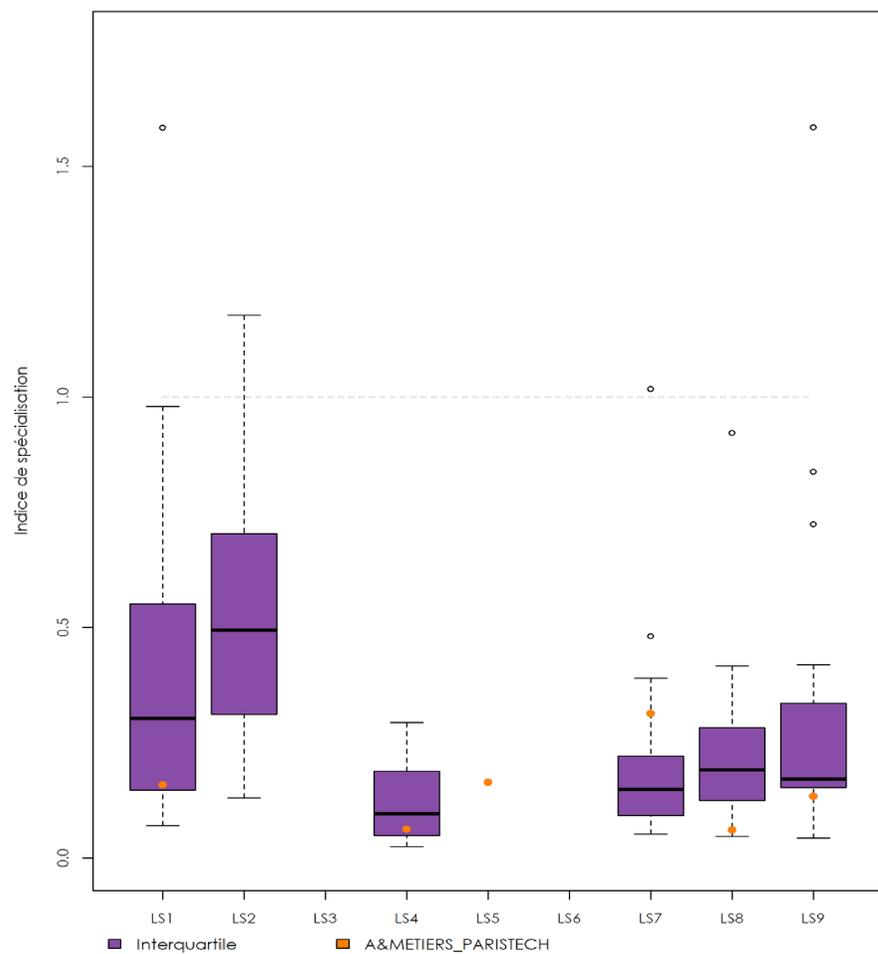
Base OST, Web of Science, calculs OST

Domaine PE : indice de spécialisation, position par rapport au groupe, 2017 à 2021*

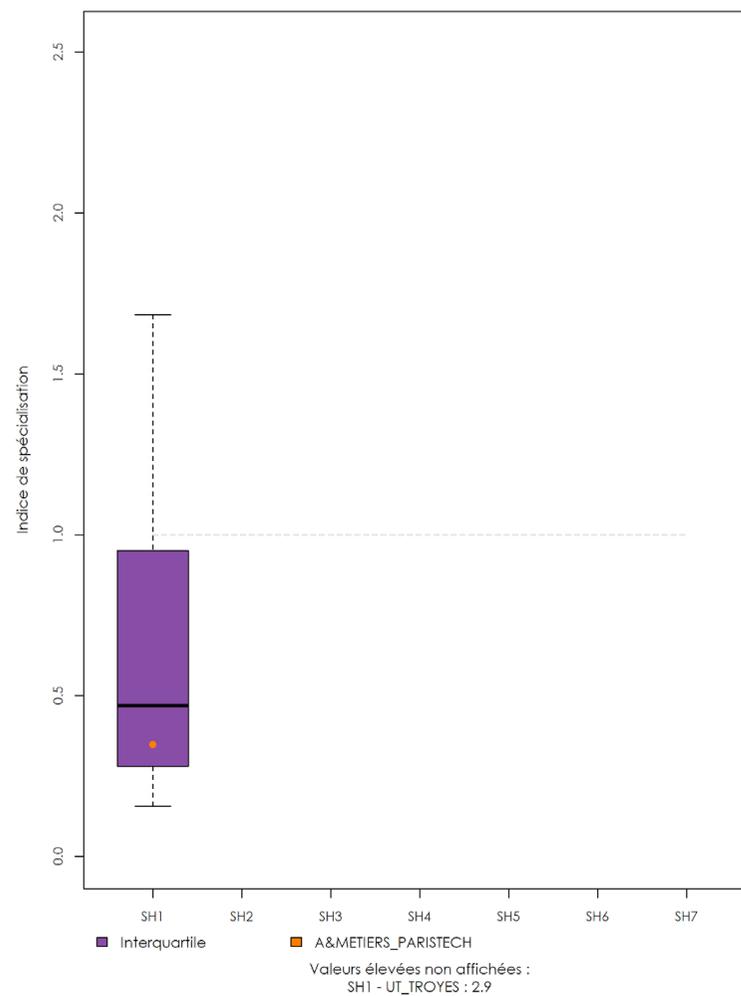


* année complète à 95 %
Base OST, Web of Science, calculs OST

Domaine LS : indice de spécialisation, position par rapport au groupe, 2017 à 2021*



Domaine SH : indice de spécialisation, position par rapport au groupe, 2017 à 2021*



* année complète à 95 %

Base OST, Web of Science, calculs OST

INDICE D'IMPACT PAR DOMAINE ET SOUS-DOMAINE ERC

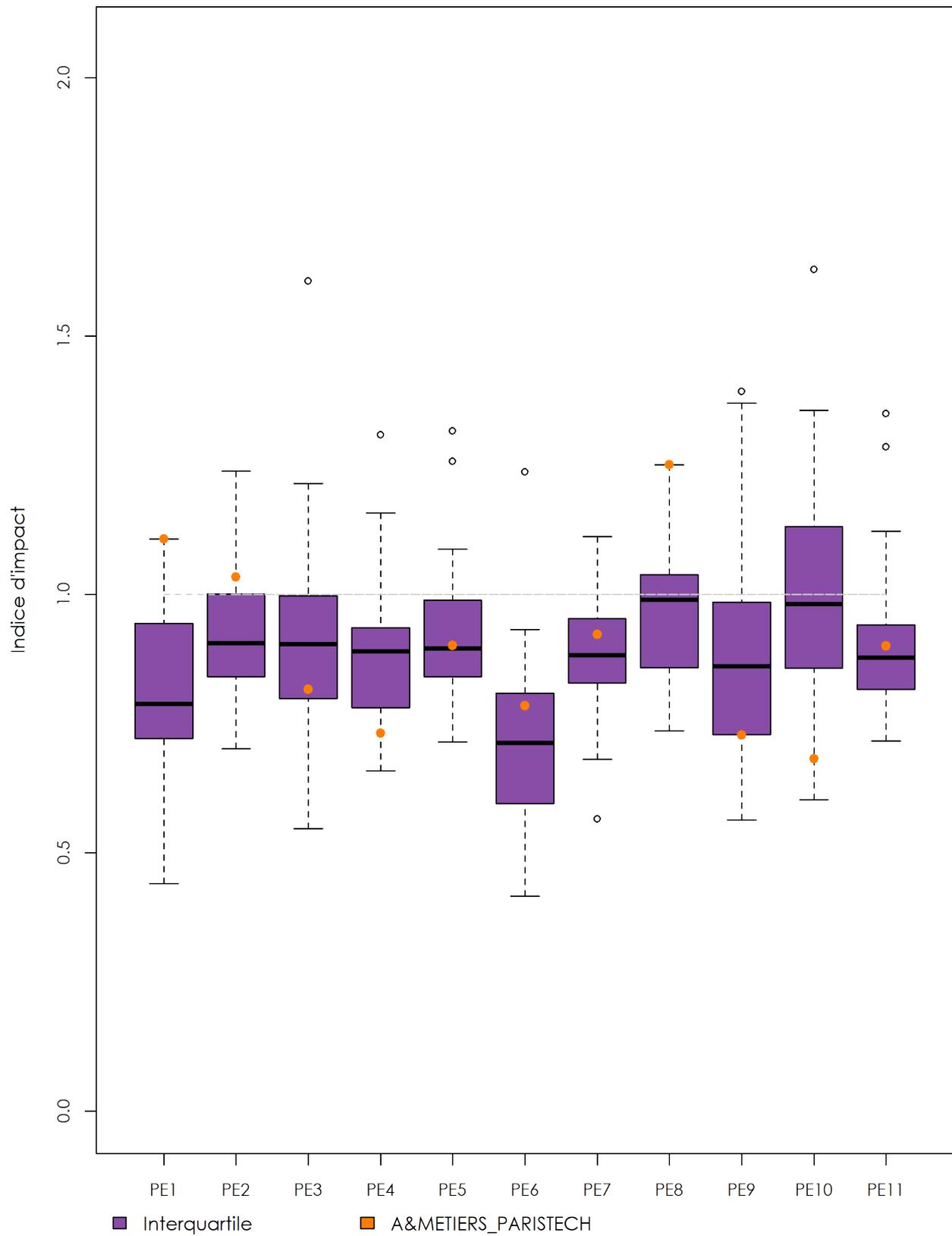
Indice d'impact, par domaine et sous-domaine, 2017 à 2020*

	Indice d'impact**
LS - Sciences de la vie	0,6
LS1 - Biomolécules : mécanismes biologiques, structures et fonctions	-
LS2 - Biologie intégrative : des gènes et génomes aux systèmes	-
LS3 - Biologie cellulaire, du développement et régénérative	-
LS4 - Physiologie, physiopathologie et physiologie du vieillissement	-
LS5 - Neurosciences et troubles du système nerveux	0,6
LS6 - Immunité, infection et immunothérapie	-
LS7 - Prévention, diagnostic et traitement des maladies humaines	0,6
LS8 - Biologie environnementale, écologie et évolution	0,8
LS9 - Biotechnologie et ingénierie des biosystèmes	0,9
PE - Sciences physiques et ingénierie	1,0
PE1 - Mathématiques	1,1
PE2 - Constituants fondamentaux de la matière	1,0
PE3 - Physique de la matière condensée	0,8
PE4 - Chimie physique et analytique	0,7
PE5 - Chimie de synthèse et matériaux	0,9
PE6 - Informatique et systèmes d'information	0,8
PE7 - Ingénierie des systèmes et de la communication	0,9
PE8 - Ingénierie des produits et des procédés	1,3
PE9 - Sciences de l'Univers	0,7
PE10 - Sciences de la Terre	0,7
PE11 - Génie des matériaux	0,9
SH - Sciences humaines et sociales	1,3
SH1 - Individus, marchés et organisations	1,3
SH2 - Institutions, gouvernance et systèmes juridiques	-
SH3 - Le monde social et sa diversité	-
SH4 - L'esprit humain et sa complexité	-
SH5 - Cultures et production culturelle	-
SH6 - L'étude du passé humain	-
SH7 - Mobilité humaine, environnement et espace	-
TOTAL	1,0

* année complète à 95%

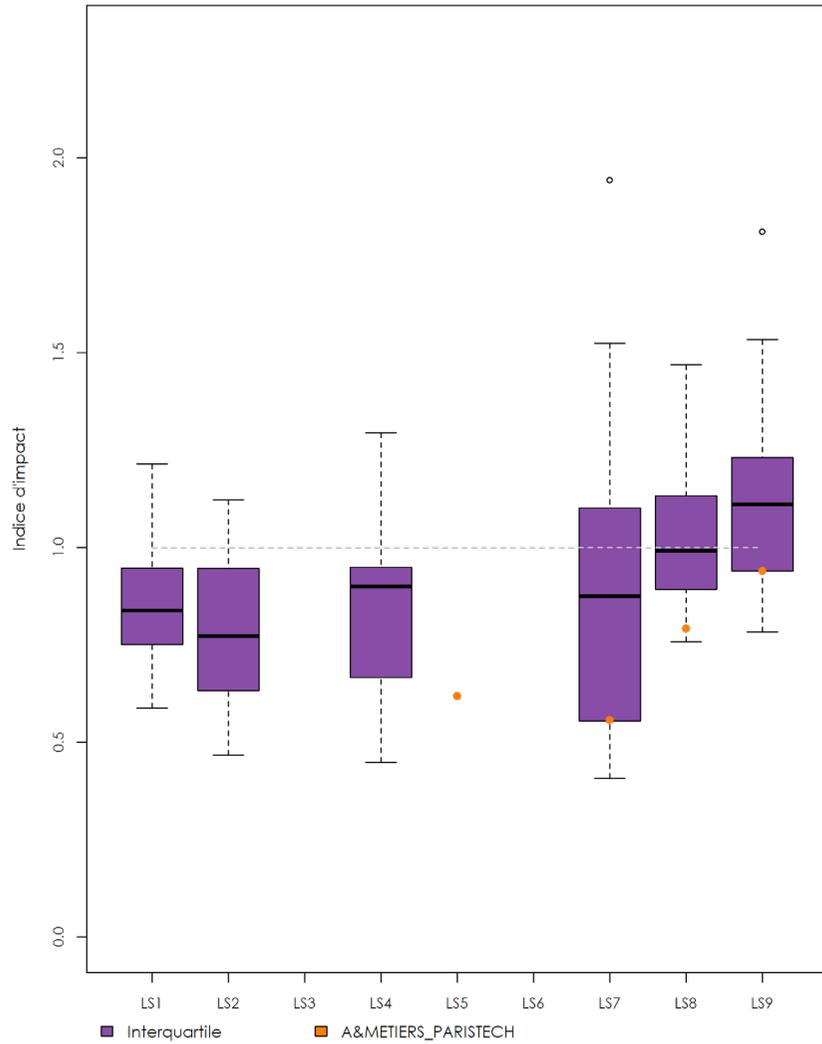
** L'indice n'est pas affiché lorsque le nombre de publications correspondantes est inférieur à 30.
Base OST, Web of Science, calculs OST

Domaine PE : indice d'impact, position par rapport au groupe, 2017 à 2020*

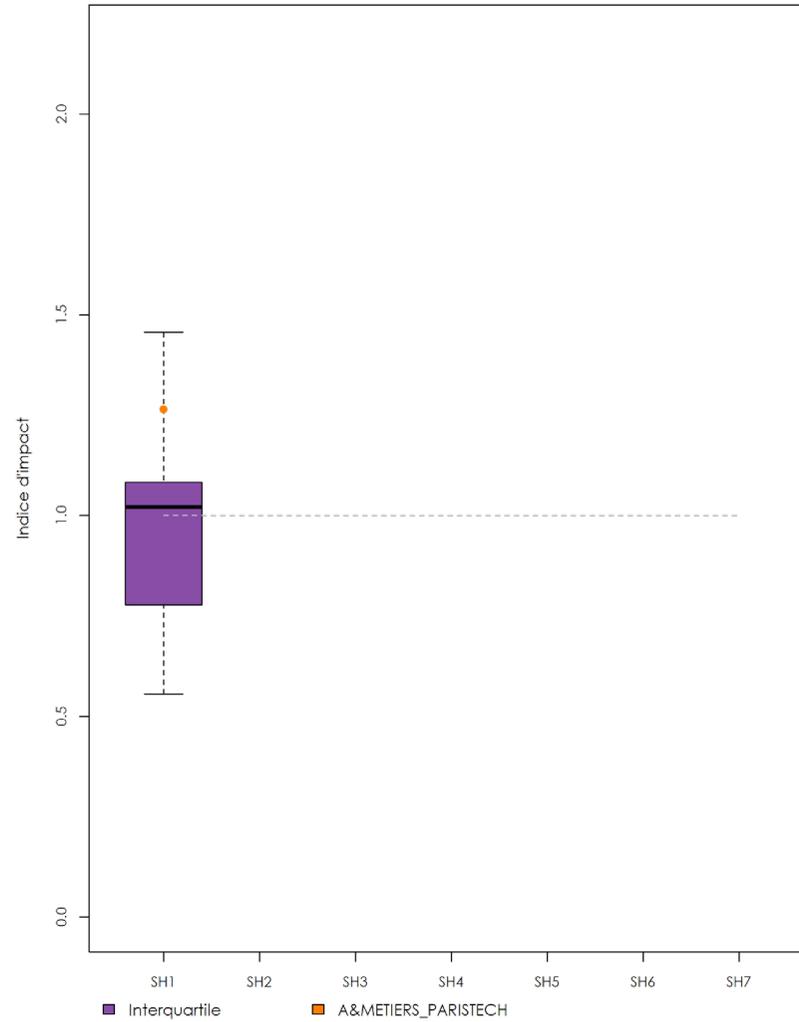


* année complète à 95 %
Base OST, Web of Science, calculs OST

Domaine LS : indice d'impact, position par rapport au groupe, 2017 à 2020*

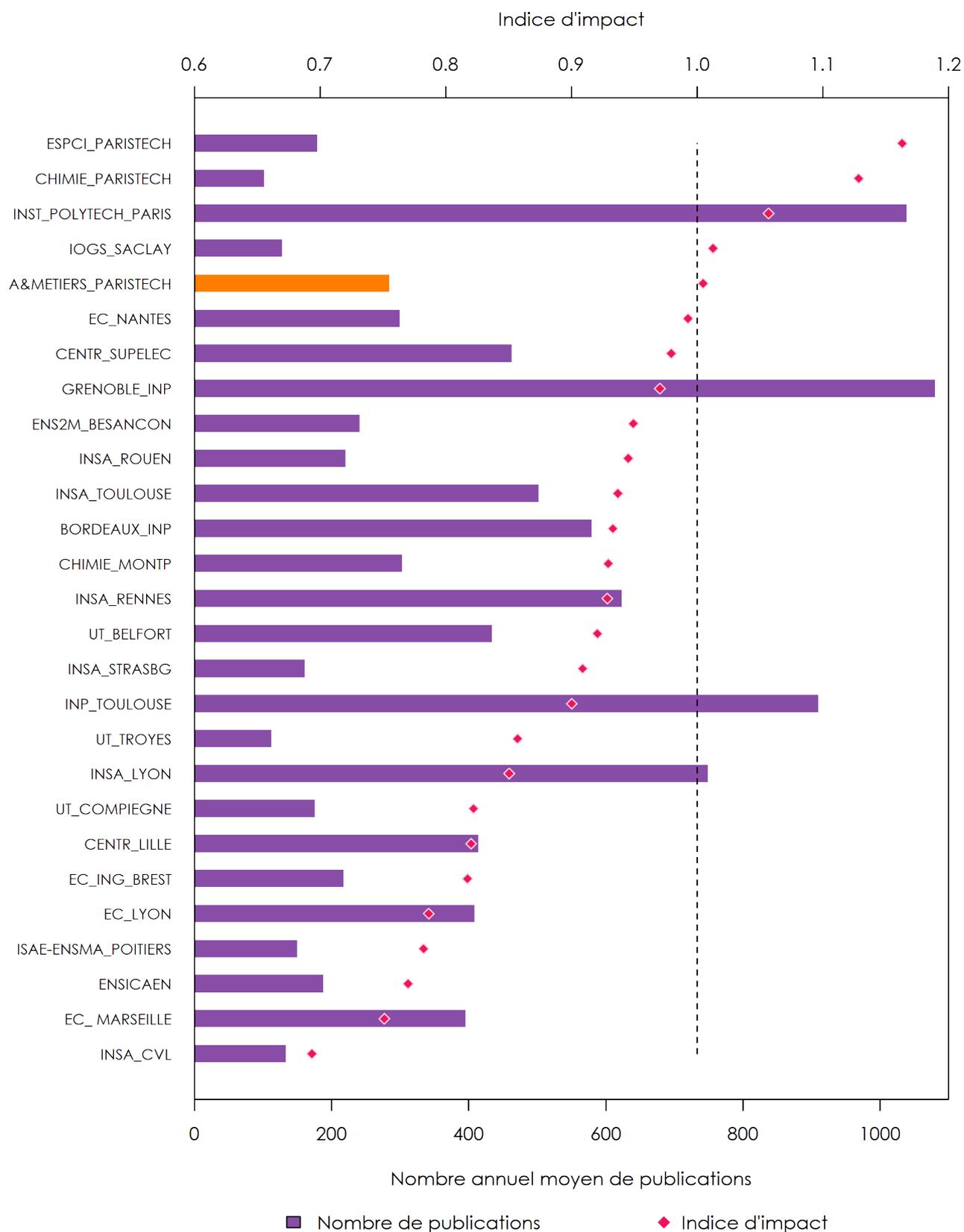


Domaine SH : indice d'impact, position par rapport au groupe, 2017 à 2020*



* année complète à 95%

Nombre de publications et indice d'impact, toutes disciplines, moyenne annuelle, 2017 à 2020*, compte fractionnaire



* année complète à 95 % pour les citations
Base OST, Web of Science, calculs OST

BASE DE DONNÉES ET MÉTHODE

La base de données

La base de publications de l'OST est une version enrichie du Web of Science (WoS) de Clarivate Analytics avec des données complémentaires de nomenclature et de repérage institutionnel. L'actualisation date de juillet 2022.

La base WoS recense les revues scientifiques les plus influentes au niveau international. Sa couverture est plus complète pour les disciplines bien internationalisées. Elle est moins bonne pour certaines disciplines appliquées, pour les disciplines à forte tradition nationale, ou encore pour les disciplines dont la taille de la communauté est faible. C'est le cas pour certaines disciplines des sciences pour l'ingénieur et des sciences humaines et sociales. Néanmoins, la couverture de la base évolue et des revues y sont intégrées chaque année suivant le processus de sélection mis en place par Clarivate Analytics.

Périmètre des publications prises en compte

Les publications prises en compte sont celles de la base OST correspondant aux index SCI-Science Citation Index Expanded, SSCI-Social Sciences Citation Index, A&HCI-Arts & Humanities Citation Index, CPCI-Conference Proceedings Citation Index (S et SSH). Les indicateurs sont calculés sur les types de documents articles, reviews, proceedings papers. Les documents pour lesquels manque une partie des informations (e.g. catégories du WoS, pays,) sont exclus.

Repérage des adresses des établissements

L'identification des publications auxquelles un établissement participe repose sur le repérage annuel des adresses d'affiliation dans le cadre du programme lperu (Indicateurs de production des établissements de recherche universitaire). Toutes les publications des unités de recherche, y compris celles de personnels relevant d'autres établissements, sont prises en compte. Réciproquement, les publications d'enseignants-chercheurs de l'établissement réalisées dans des unités ne relevant pas de son périmètre contractuel ne le sont pas.

Type de compte

En dehors des indicateurs de co-publication, qui sont calculés en « compte entier », des volumes qui sont calculés à la fois en compte entier et en compte fractionnaire, les autres indicateurs sont calculés en compte fractionnaire.

Considérée d'un point de vue institutionnel et géographique, une publication scientifique comporte souvent plusieurs lignes d'adresses car elle a été produite par des chercheurs d'établissements ou de laboratoires différents. Le compte entier privilégie le point de vue de la « participation » à la production scientifique : chacune des publications auquel l'institution a contribué est comptabilisée entièrement (1) pour cette dernière, quel que soit le nombre total d'adresses d'affiliation des auteurs.

Le compte fractionnaire donne à la publication un poids égal à la proportion du nombre d'adresses d'affiliation relatives à l'établissement dans l'ensemble des adresses mentionnées. Le compte fractionnaire privilégie le point de vue de la « contribution » à la production. Par construction, le total des poids attribués aux affiliations institutionnelles de la publication est égal à 1. Les nombres de publications sont ainsi sommables entre institutions, ce qui n'est pas le cas pour le nombre de publications en compte entier qui comporte des doublons entre institutions.

De même, considérée d'un point de vue disciplinaire, une publication est souvent rattachée à plusieurs catégories scientifiques (254 « subject categories »). La plupart du temps, la publication hérite des catégories disciplinaires de la revue ou du support dans lequel elle a été publiée. À titre d'exemple, une publication issue d'une revue indexée dans deux catégories sera, soit comptabilisée pour 1 dans chacune des deux disciplines considérées (compte entier), soit pour une moitié dans chacune (compte fractionnaire disciplinaire).

Le fractionnement total combine les fractionnements géographique et disciplinaire. Le compte fractionnaire est additif à toutes les échelles et pour tous les niveaux de nomenclature.

Indicateurs

À l'échelle d'un établissement, quelques publications peuvent faire fluctuer la valeur de certains indicateurs d'une année à l'autre. Les indicateurs ne sont ainsi fournis que dans les cas où il existe au moins 30 publications (compte entier) pour le domaine et la période considérés.

Part nationale des publications	Pourcentage des publications de l'établissement, en tenant compte de la somme de ses poids contributifs pour chaque publication. Calcul effectué en compte fractionnaire car le compte entier génère des doublons (voir Nombre de publications).
Part des publications d'un domaine ou sous-domaine pour l'établissement	Répartition des publications par domaine disciplinaire ou sous-domaine au sein du corpus des publications identifiées pour chaque établissement (calcul fractionnaire). La répartition correspondante peut être comparée à celle de la France ou du monde.
Indice de spécialisation de l'université dans un domaine ou sous-domaine	Rapport entre le pourcentage de publications dans le sous-domaine disciplinaire considéré au sein de l'institution et ce même pourcentage pour le monde. Le calcul est fait en compte fractionnaire. Un indice supérieur à 1 indique une spécialisation dans le sous-domaine considéré (respectivement une non spécialisation pour un indice inférieur à 1).
Indice d'impact des publications	L'indice d'impact d'un établissement est la moyenne des scores de citation normalisés de ses publications. La méthode consiste à calculer un score normalisé (par catégorie WOS, type de document et année) pour chaque publication, de façon à obtenir une mesure comparable pour tous les articles. L'indice n'est calculé que pour les publications 2017-2020, l'année 2021 étant prise en compte pour les citations reçues. Un indice d'impact supérieur à 1 signifie que les publications de l'établissement sont plus citées en moyenne que les publications du même domaine dans le monde, en considérant le même laps de temps pour les citations.
Co-publications internationales	Ensemble des publications co-signées par l'établissement et au moins une institution étrangère (parts dans les publications de l'établissement ou parts correspondantes dans l'ensemble des publications françaises). Le calcul est fait, en compte entier sur l'ensemble des publications de l'établissement concernées par l'indicateur,

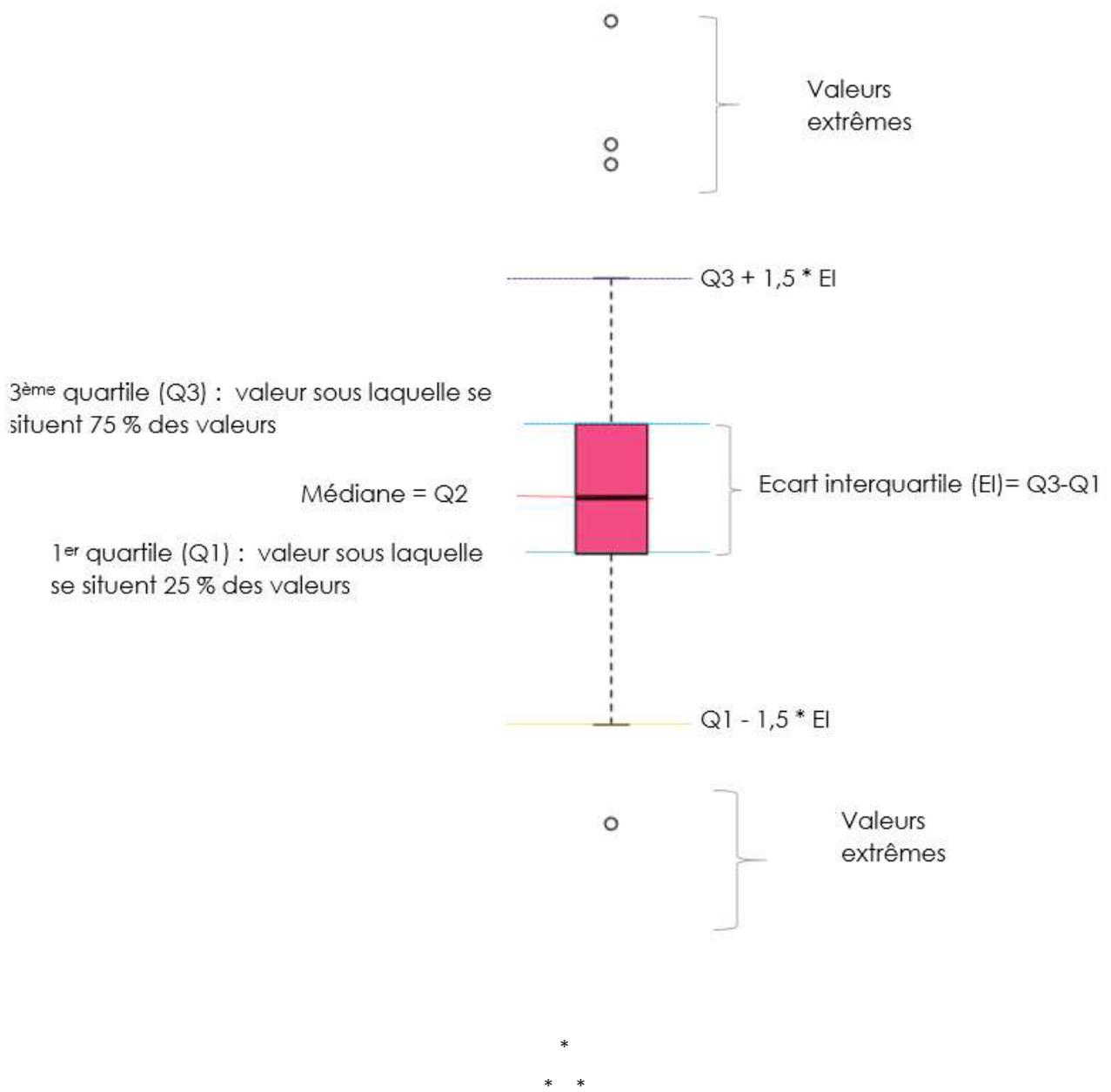
Graphiques de positionnement des établissements au sein de leur groupe de référence

Pour les indices de spécialisation et d'impact, des diagrammes de quartiles (boxplots), comparent la position des établissements. Les indicateurs relatifs à un établissement sont appréciés par comparaison au sein d'un groupe d'établissements comparables (défini en introduction). Pour éviter les redondances, on a veillé à ce qu'aucun établissement ne soit la composante d'un autre. En outre, pour que la comparaison garde un sens général, on s'assure au préalable que la moitié au moins des établissements de la catégorie répond au critère des 30 publications précédent. Dans le cas contraire, le graphique n'est pas présenté et seule la position de l'établissement est indiquée.

Lorsque l'un ou l'autre des établissements comparés prend une valeur extrême qui ne peut pas être représentée sur le graphique sans affecter fortement l'échelle, l'établissement et la valeur de l'indicateur sont indiqués en bas de ce dernier. Par ailleurs, lorsque les valeurs effectives des indicateurs du premier ou du dernier quartile sont inférieures à $1,5 \cdot EI$, les parties en pointillés sont réduites afin de correspondre aux valeurs constatées.

Comme la plage de temps des publications prises en compte n'est pas identique, il arrive que le graphique puisse être produit pour l'indice de spécialisation (2017-2021), mais pas pour l'impact (2017-2020).

Schéma de lecture des diagrammes de quartiles :



V. OBSERVATIONS DES TUTELLES



Ivan Iordanoff

Directeur Général Adjoint à la recherche et à l'innovation
Arts et Métiers Sciences et Technologies

A

HCERES

Département d'évaluation de la recherche

Paris, le 20 Décembre 2024

Objet : Observations de portée générale sur la synthèse des évaluations de la recherche de l'école Nationale Supérieure d'Arts et Métiers

Madame, Monsieur,

Nous souhaitons remercier l'ensemble des équipes du HCERES pour l'important travail de synthèse qu'ils et elles ont effectué.

La synthèse proposée est en adéquation avec les rapports d'évaluation des différents laboratoires dont Arts et Métiers est la tutelle et résume justement l'activité de recherche de l'établissement. Le rayonnement international de la quasi-totalité des unités de recherche, le positionnement mondial de la thématique jumeaux numériques et réductions de modèles, l'engagement de travaux pluri disciplinaires au sein de la plupart de nos unités et la forte activité de valorisation de nos équipes sont autant d'éléments qui encouragent les équipes et l'établissement à continuer et amplifier les dynamiques en cours. L'institut Carnot ARTS, porté par l'établissement est à ce titre un élément très structurant sur les secteurs de la recherche partenariale et celui de la transdisciplinarité. L'efficacité de la structure de valorisation AMVALOR permet aussi de renforcer notablement les équipes en termes d'encadrement technique et scientifique.

En ce qui concerne les laboratoires multisites, ils présentent en effet tel que signalé dans le rapport un challenge un terme d'animation et de gestion. Toutefois, ils présentent également de véritables leviers structurels pour les divers territoires dans lesquels ils sont implantés qui bénéficient des compétences de la globalité du laboratoire, y compris celles des sites situés dans d'autres territoires. Ce levier s'applique également à l'ensemble des laboratoires Arts et Métiers qui ont par exemple la possibilité de travailler au sein d'un même projet pour y apporter des compétences complémentaires.

Enfin, nous sommes conscients que le développement récent portant une forte réussite aux appels à projets européens ne touche pas encore l'ensemble de nos unités de recherche et ce point fera l'objet d'actions particulières lors du prochain quinquennat.

Ivan Iordanoff

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ivan Iordanoff', is placed below the printed name.



Les rapports d'évaluation du Hcéres
sont consultables en ligne : www.hceres.fr

Évaluation des universités et des écoles
Évaluation des unités de recherche
Évaluation des formations
Évaluation des organismes nationaux de recherche
Évaluation et accréditation internationales



2 rue Albert Einstein
75013 Paris, France
T.33 (0)1 55 55 60 10

hceres.fr

 [@Hceres_](https://twitter.com/Hceres_)

 [Hcéres](https://www.youtube.com/Hceres)

