

RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ

Cemef - Centre de mise en forme des matériaux

SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES :

Mines Paris – PSL

Centre national de la recherche scientifique - CNRS

CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2023-2024
VAGUE D



Au nom du comité d'experts :

Emmanuelle Rouhaud, présidente du comité

Pour le Hcéres :

Stéphane Le Bouler, président par intérim

En application des articles R. 114-15 et R. 114-10 du code de la recherche, les rapports d'évaluation établis par les comités d'experts sont signés par les présidents de ces comités et contresignés par le président du Hcéres.

Pour faciliter la lecture du document, les noms employés dans ce rapport pour désigner des fonctions, des métiers ou des responsabilités (expert, chercheur, enseignant-chercheur, professeur, maître de conférences, ingénieur, technicien, directeur, doctorant, etc.) le sont au sens générique et ont une valeur neutre.

Ce rapport est le résultat de l'évaluation du comité d'experts dont la composition est précisée ci-dessous. Les appréciations qu'il contient sont l'expression de la délibération indépendante et collégiale de ce comité. Les données chiffrées de ce rapport sont les données certifiées exactes extraites des fichiers déposés par la tutelle au nom de l'unité.

MEMBRES DU COMITÉ D'EXPERTS

Présidente : Mme Emmanuelle Rouhaud, université de technologie de Troyes - UTT

Mme Sylvie Descartes, Insa Lyon (personnel d'appui à la recherche)

Mme Julie Diani, École polytechnique - X

Experts :

M. Marc Fivel, Communauté Université Grenoble Alpes (représentant du CoNRS)

M. Djimédo Kondo, Sorbonne université

M. Gérard Pineau, université de Poitiers (représentant du CNU)

REPRÉSENTANT DU HCÉRES

M. Frédéric Lebon

REPRÉSENTANTS DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES TUTELLES DE L'UNITÉ DE RECHERCHE

Mme Anne-Christine Hladsky, CNRS

M. Laurent Orgéas, CNRS

M. Yannick Vimont, Mines Paris-PSL

CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Centre de Mise en Forme des Matériaux
- Acronyme : Cemef
- Label et numéro : UMR 7635
- Nombre d'équipes : 7 équipes et 3 équipes support
- Composition de l'équipe de direction : Mme Élisabeth Massoni (directrice) / M. François Bay (directeur adjoint) / Mme Coralie Fischer (directrice administrative)

PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

ST Sciences et technologies
ST5 Sciences pour l'ingénieur

THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

Les thématiques du Centre de Mise en forme des Matériaux ou Cemef se positionnent, historiquement, autour de la science des matériaux et des procédés de mise en forme. Elles vont de l'élaboration de nouveaux matériaux aux procédés de mise en forme, en passant par des caractérisations physico-chimiques. Ce savoir-faire est aussi aujourd'hui appliqué à la mécanique des fluides et la biomécanique et s'élargit aux domaines de la modélisation mécanique, multi-physique et numérique des solides et des fluides. Ces activités s'appuient au niveau technique sur le développement d'algorithmes numériques couplés de façon croissante à des approches intégrant l'intelligence artificielle (IA).

L'unité est structurée autour de sept équipes de recherche, deux équipes support et une équipe administrative. Ces équipes sont regroupées dans quatre pôles thématiques.

Le pôle numérique composé des équipes CFL : Calcul intensif et mécanique des fluides et CSM : Mécanique numérique des solides. Le pôle métallique avec les équipes MSR : Métallurgie, microstructure et rhéologie et 2MS : Métallurgie, mécanique, Structure et solidification. Le pôle polymères constitué des équipes MPI : Mécanique physique des polymères industriels et BIO : Polymères et composites biosourcés. Enfin, le pôle surface avec l'équipe PSF : Procédés surfaces, fonctionnalités.

HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

Unité Mixte de Recherche CNRS depuis sa création, le Cemef est l'un des dix-sept centres de recherche de l'École des Mines de Paris (Mines Paris-PSL), elle-même école associée de l'Institut Mines Telecom (IMT). Mines Paris est également membre fondateur de l'université Paris Sciences Lettres (PSL).

Fondé en 1974, le Cemef a été décentralisé en 1976 à Sophia-Antipolis, en région Paca. Quatre autres centres de recherche se trouvent actuellement sur la délégation de Mines Paris à Sophia-Antipolis : le Centre de Mathématiques Appliquées (CMA), le Centre de recherche sur les Risques et les Crises (CRC), le centre Observation, Impacts, Énergie (O.I.E.) et le centre Procédés, Énergies Renouvelables et Systèmes Énergétiques (Persee).

ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

Le Cemef est impliqué dans différents projets et structures de recherche, du niveau local au niveau international.

Au-delà de son appartenance à l'université PSL (Paris Sciences et Lettres) de par sa tutelle, il est associé à l'UCA (Université Côte d'Azur) ainsi qu'à l'école doctorale SFA (Sciences Fondamentales et Appliquées, ED 364)). Le Cemef est également membre de la fédération Doëblin FR 2800 qui est sous la tutelle de l'université Côte d'Azur, du CNRS, de l'Observatoire de la Côte d'Azur et de Mines Paris. Son rôle est de rassembler les compétences autour de la physique dans la région niçoise dans le cadre de l'UCA sur des thématiques communes et de créer des collaborations entre équipes travaillant dans les domaines de l'astrophysique, de la mécanique, des géosciences et des mathématiques appliquées.

Une équipe projet nommée Calisto, commune entre le Cemef et Inria Sophia Antipolis, a été créée sur la modélisation et la simulation d'écoulements turbulents chargés en particules par des approches stochastiques.

Le Cemef est également fortement impliqué dans l'Institut Carnot M.I.N.E.S. À ce titre, il faut noter la coordination par le Cemef du projet fédérateur Mines Initiative for Numerics and Data Sciences (MINDS) sur la convergence du calcul intensif et la science des données.

Le Cemef a participé à la création de l'école universitaire de recherche « Sciences Fondamentales et Ingénierie », dénommée « Spectrum » de l'UCA dont l'objectif est de proposer une formation de niveau master et doctorat avec un choix entre six domaines scientifiques dont le génie des matériaux (les autres domaines étant la chimie, la gestion de l'environnement, les mathématiques, la physique fondamentale, la science de la Terre et des planètes).

Le Cemef participe également à l'équipex CalHIPso porté par l'université de Bourgogne et financé par l'ANR en 2021. Ce projet est dédié à la promotion des procédés de compaction isostatique à chaud (CIC) auprès des industriels français.

EFFECTIFS DE L'UNITÉ : en personnes physiques au 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	11
Maitres de conférences et assimilés	1
Directeurs de recherche et assimilés	9
Chargés de recherche et assimilés	13
Personnels d'appui à la recherche	24
Sous-total personnels permanents en activité	58
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	6
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	5
Doctorants	63
Sous-total personnels non permanents en activité	74
Total personnels	132

RÉPARTITION DES PERMANENTS DE L'UNITÉ PAR EMPLOYEUR : en personnes physiques au 31/12/2022. Les employeurs non tutelles sont regroupés sous l'intitulé « autres ».

Nom de l'employeur	EC	C	PAR
Mines Paris-PSL	12	15	13
CNRS	0	7	4
Autres	0	0	7
Total personnels	12	22	24

AVIS GLOBAL

Le Cemef, créé en 1974, est une unité de recherche de Mines Paris-PSL. C'est une unité de référence dans le domaine de la mise en forme des matériaux solides et plus largement des procédés de fabrication. Installée à Sophia-Antipolis, sa visibilité et son attractivité aux niveaux régional, national et international sont indéniables.

Le Cemef a ajouté à sa thématique scientifique initiale des thématiques connexes autour de la mécanique des fluides, de la biomécanique et s'investit dans le domaine de l'intelligence artificielle qui prend une part importante dans le projet scientifique. On note donc de fortes évolutions par rapport aux thématiques « historiques » de l'unité. La maturité scientifique et la capacité à développer de nouvelles thématiques de recherche constituent ainsi une des principales forces du Cemef. Ces évolutions sont stratégiques dans la mesure où elles répondent à des demandes extérieures (appels à projets, contrats) et internes (intérêt des chercheurs, nouveaux recrutements). Le risque est de voir apparaître une réelle dispersion thématique ou la diminution du nombre de projets de recherche amont.

Le Cemef jouit d'une excellente attractivité aux niveaux national et international. Sa production scientifique, dans les revues de référence des domaines spécifiques abordés, est excellente en quantité et qualité. L'unité

participe à des projets d'envergure nationale et internationale ; son taux de succès en réponse à des appels à projets de l'ANR et de l'Europe est exceptionnel (26 projets ANR et 4 projets européens financés pendant la période). L'interaction avec le tissu industriel national est tout aussi excellente et se traduit par de nombreux contrats autour de thèses Cifre et de nombreux projets financés comme les chaires industrielles.

Le comité a apprécié le projet de structuration de l'unité qui doit se poursuivre en prenant en compte les forces et les moyens disponibles. Les différents chantiers proposés témoignent d'une dynamique réelle et prometteuse.

Le nombre important de doctorants et la participation à la création de l'école universitaire de recherche Spectrum témoignent d'une forte implication de l'unité dans la formation par la recherche. Une amélioration du cadre de travail des doctorants ainsi que le développement des interactions entre eux, aussi bien en intra qu'inter équipes sont des points de réflexion à poursuivre. Plus globalement, le fonctionnement et l'organisation de la vie scientifique de l'unité doivent contribuer à favoriser la collaboration en son sein.

ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

A - PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les principales recommandations du précédent rapport pour le Cemef peuvent se résumer à :

- L'encouragement au regroupement d'équipes ;
- L'importance de veiller à garder le matériel au centre des activités du laboratoire ;
- Éviter une dispersion thématique trop importante.

Le Cemef était constitué en 2017 de dix équipes réparties dans quatre pôles thématiques. Cette structuration a évolué pour voir se réduire le nombre total d'équipes, maintenant à sept avec l'objectif d'assurer une meilleure interaction modélisation/expérimentation au sein de chacune des équipes. Cette structuration est encore en évolution pour regrouper certaines équipes aux thématiques proches mais complémentaires (2MS et MSR, d'une part, et BIO, MPI et PSF, d'autre part) et supprimer la structuration par pôles devenue inutile. La nouvelle structure, envisagée pour le prochain quinquennat, apparaît équilibrée et plus lisible.

Les thématiques du Cemef se sont élargies au cours de la période. Le matériel reste au centre des activités du laboratoire. Néanmoins, il y a eu une extension du terme matériel qui est maintenant considéré dans tous ses états : gaz, liquide, solide et pour des domaines qui ne sont plus uniquement centrés sur les procédés de fabrication mais aussi autour de la biomécanique et plus largement de la chimie et de la physique de la matière. L'élargissement thématique est donc réel. Ces évolutions sont stratégiques dans la mesure où elles répondent à une demande extérieure (appels à projets, contrats) et interne (intérêt des chercheurs, nouveaux recrutements). Ces évolutions permettent ainsi de répondre aux enjeux scientifiques actuels tout en palliant les difficultés rencontrées en termes de ressources financières, la diminution importante des dotations provenant des tutelles (CNRS, Mines Paris) étant compensée par une augmentation des ressources contractuelles.

B - DOMAINES D'ÉVALUATION

DOMAINE 1 : PROFIL, RESSOURCES ET ORGANISATION DE L'UNITÉ

Appréciation sur les objectifs scientifiques de l'unité

Les objectifs scientifiques du Cemef se sont étendus au-delà des thématiques historiques de l'unité et correspondent aujourd'hui à la caractérisation, la modélisation et la simulation du comportement de la matière avec quatre principaux axes d'intérêt : les méthodes numériques, les métaux, les polymères et les procédés de fabrication. Les objectifs de l'unité sont clairs et ambitieux, sa structuration venant en appui de leur visibilité. Des activités de recherche fondamentale s'ajoutent à la volonté de répondre aux problématiques sociétales aussi en lien avec l'environnement industriel propre au Cemef.

Ces évolutions thématiques sont stratégiques dans la mesure où elles répondent à la fois à une demande extérieure (appels à projets, contrats) et à une demande interne (intérêt des chercheurs, nouveaux recrutements).

Appréciation sur les ressources de l'unité

Les ressources financières de l'unité sont importantes, relativement constantes durant la période et toujours supérieures à 10 M€ par an. La diminution importante des dotations provenant des tutelles (CNRS, Mines Paris) est compensée par une augmentation des ressources contractuelles. La majeure partie des activités de recherche du Cemef est ainsi effectuée en partenariat avec le monde économique et la part des ressources contractuelles est proche de 70 %. Ces ressources ont permis de maintenir la masse salariale et des investissements importants pour des équipements expérimentaux.

Appréciation sur le fonctionnement de l'unité

L'unité a réussi à structurer des activités de recherche multiples avec un organigramme fonctionnel clair sous la gouvernance des tutelles. Les liens entre les équipes de recherche et les équipes support sont compris et fonctionnels. Une politique volontariste de mutualisation des ressources inter-équipes permet de lisser les variations de ressources au niveau de chaque équipe et de développer des thématiques de recherche amont. Au niveau inter-équipe, l'animation scientifique (séminaires), le dialogue et le nombre de projets de recherche communs restent limités. Un point de vigilance concerne la formation doctorale, la durée des thèses est très longue et le taux d'abandon élevé dans certaines équipes.

1/ L'unité s'est assigné des objectifs scientifiques pertinents.

Points forts et possibilités liées au contexte

La maturité scientifique et la capacité à développer de nouvelles thématiques de recherche constituent une des principales forces du Cemef. L'unité a élargi ses thématiques vers des domaines qui ne sont plus uniquement centrés sur les procédés de fabrication mais aussi vers la biomécanique et plus largement autour de la chimie et de la physique de la matière. Le matériau reste le cœur d'activités, considéré dans tous ses états : gaz, liquide, solide. Cet élargissement offre l'opportunité à l'unité d'utiliser ses compétences en modélisation et simulation souvent à l'origine de développements expérimentaux. Il permet aux chercheurs d'exprimer leur individualité dans le cadre de contrats industriels et de réponses à des appels à projets. Le Cemef a développé de nombreux partenariats avec les industriels basés sur des relations solides, de confiance et de connaissance mutuelle. Ces relations souvent pérennes permettent de développer les compétences du laboratoire en lien avec le monde socio-économique et de répondre à des problèmes sociétaux.

Ces travaux de recherche ont lieu dans un environnement de recherche très riche (institut Carnot, EUR, équipex) et grâce à de nombreux financements obtenus en réponse aux appels à projets nationaux ou internationaux qui permettent également de développer des thématiques en collaboration avec l'extérieur. Ils ont donné lieu à une production scientifique soutenue et variée.

La recherche menée par le Cemef est qualifiée de « partenariale » par la tutelle Mines Paris. Pour autant, le Cemef a su trouver un équilibre par le passé et au cours de la période en structurant ses thématiques de recherche entre développements techniques avancés pour l'industrie et développement de thématiques de recherche plus fondamentale.

Points faibles et risques liés au contexte

Le mode de financement de l'unité a évolué durant la période pour inclure de plus en plus de contrats et projets. Cette évolution a des conséquences que le comité souhaite souligner. Les modes de financement actuels laissent une marge limitée pour financer des thématiques novatrices proposées par les chercheurs, à moyen ou long terme, permettent plus difficilement les collaborations (co-encadrements) et peuvent laisser certains chercheurs sur le côté. Le comité a constaté que les échanges et actions inter-équipes dans l'unité sont peu nombreux. Par ailleurs, ce mode de financement, même s'il permet le transfert de compétences, peut contraindre le champ thématique exploré et surtout restreindre le volume et la qualité de la recherche amont.

2/ L'unité dispose de ressources adaptées à son profil d'activités et à son environnement de recherche et les mobilise.

Points forts et possibilités liées au contexte

Les ressources financières de l'unité sont importantes, relativement constantes au cours de la période et toujours supérieures à 10 M€ par an. Les ressources contractuelles sont en augmentation. L'ensemble de ces ressources a permis de maintenir la masse salariale et de recruter des enseignants-chercheurs ; des investissements importants ont été également effectués pour des équipements expérimentaux.

Les nombreux projets financés en réponse à des appels à projets permettent aux chercheurs de l'unité de disposer de ressources importantes sur des thématiques choisies individuellement et en lien avec les compétences mobilisables de l'unité. Les très nombreux contrats avec l'industrie dans le cadre de collaborations pérennes constituent la ressource principale de l'unité. Ce mode de financement, associé à une politique volontariste de mutualisation des ressources, permet à l'unité de mener ses activités de recherche en toute cohérence avec ses thématiques et avec les objectifs socio-économiques de son environnement.

Les nombreux transferts de compétences et les collaborations contractuelles font du monde industriel et aussi médical un environnement propice de recherche pour l'unité.

Points faibles et risques liés au contexte

Le mode de financement de l'unité a évolué au cours de la période, avec la diminution de la dotation des tutelles et l'augmentation des financements sur contrats et projets ; ceci appelle une vigilance accrue de la part de l'unité en particulier pour financer la masse salariale qui a pu être maintenue mais pas augmentée durant la période. L'unité a ainsi choisi de recruter des enseignants-chercheurs suite à des départs à la retraite aux dépens des personnels administratifs ou pour le support technique dont le nombre diminue.

D'un point de vue thématique, cette augmentation des ressources contractuelles peut nuire aux aspects fondamentaux et au ressourcement de la recherche du Cemef. Elle favorise aussi l'élargissement des thématiques de recherche de l'unité pour se conformer à celles recommandées par les tutelles, aux thématiques des appels à projet et aux besoins des industriels. L'unité développe aujourd'hui des activités en biologie, environnement, biomécanique et intelligence artificielle. Si des collaborations ont été établies, les forces en présence en termes de nombre de chercheurs semblent parfois limitées au regard de ces élargissements.

3/ Les pratiques de l'unité sont conformes aux règles et aux directives définies par ses tutelles en matière de gestion des ressources humaines, de sécurité, d'environnement, de protocoles éthiques et de protection des données ainsi que du patrimoine scientifique.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité a pu bénéficier du recrutement de jeunes enseignants-chercheurs. Les ressources contractuelles lui offrent une marge de manœuvre pour recruter et investir sur ressources propres.

L'unité est attentive au respect de la parité ; on retrouve une proportion de 30 % de femmes, à la fois parmi les doctorants et les permanents. La parité est strictement respectée à la direction des équipes de recherche.

Points faibles et risques liés au contexte

Les mouvements de personnels permanents ont été importants dans la période : onze départs et quatorze recrutements. À la suite d'arbitrages budgétaires, quelques postes administratifs ont été supprimés, ce qui risque de conduire à un déséquilibre entre les postes administratifs et les postes de chercheurs et, par voie de conséquence, à une surcharge de travail pour le personnel administratif et la difficulté à transmettre les compétences. On note aussi une baisse des effectifs dans l'équipe support pour les équipements expérimentaux, ce qui risque de poser des problèmes à l'avenir pour le bon fonctionnement des expériences, la maintenance des appareils et la transmission des compétences.

Le service d'enseignement de plusieurs enseignants-chercheurs est effectué en région parisienne, ce qui constitue une difficulté pour la gestion des déplacements (temps, organisation) et ne contribue pas à limiter le bilan carbone de l'unité dans la mesure où les déplacements se font souvent en voiture et en avion, les transports en commun étant coûteux et inadaptés aux besoins. La disparition du restaurant du Cemef à proximité, au-delà de l'inconvénient pratique, contribue à limiter les échanges informels.

Les doctorants représentent une part importante des personnels de l'unité (46 %). Le comité aimerait mentionner un point d'inquiétude quant à la formation des doctorants. Tout d'abord, la durée des thèses est très élevée avec 46 mois de moyenne. Ensuite, certaines équipes connaissent un nombre préoccupant d'abandons de thèse. Aussi, le taux d'encadrement moyen durant la période est anormalement élevé, souvent supérieur à trois et pouvant atteindre neuf, ce qui parfois coïncide avec des abandons. Enfin, certains doctorants se sentent isolés ou en situation psychologique délicate.

DOMAINE 2 : ATTRACTIVITÉ

Appréciation sur l'attractivité de l'unité

La visibilité et l'attractivité du Cemef aux niveaux régional, national sont excellentes, et réelles au niveau international. Cette unité se place parmi les meilleures au niveau national sur plusieurs critères. Par exemple, la production scientifique est abondante et de qualité. Le rayonnement scientifique est excellent avec 26 projets ANR obtenus pendant la période (sur 58 déposés) et quatre projets européens financés. Au plan du rayonnement, l'unité a obtenu de très nombreux prix dont une médaille d'argent CNRS. Les interactions avec le tissu industriel national sont nombreuses et permettent, en plus du ressourcement, le transfert des développements amonts effectués dans l'unité.

- 1/ L'unité est attractive par son rayonnement scientifique et s'insère dans l'espace européen de la recherche.*
- 2/ L'unité est attractive par la qualité de sa politique d'accompagnement des personnels.*
- 3/ L'unité est attractive par la reconnaissance de ses succès à des appels à projets compétitifs.*
- 4/ L'unité est attractive par la qualité de ses équipements et de ses compétences techniques.*

Points forts et possibilités liées au contexte pour les quatre références ci-dessus

Le Cemef est attractif de par sa visibilité, tout d'abord grâce à l'excellence de son niveau de publications. Ces journaux sont reconnus par la communauté, on peut citer un article collectif dans Nature, ainsi que de nombreuses publications. En plus du rayonnement international procuré par ces articles, on peut aussi citer une invitation par la Nasa mentionnée dans le portfolio. Les 27 prix obtenus pendant la période par les membres de l'unité sont aussi une preuve de son rayonnement ; au niveau national une médaille d'argent CNRS, plusieurs prix de la SF2M, et le prix de la meilleure équipe en simulation (Prix Joseph Fourier - Atos) ; au niveau international le « International Association for Computational Mechanics (IACM) Fellow Award ». Ce rayonnement est renforcé par la participation des membres de l'unité à l'organisation de nombreux événements nationaux et internationaux et la participation à des instances de sociétés savantes. L'unité s'insère dans l'espace européen avec quatre projets européens financés au cours de la période. Deux de ses membres sont actifs dans les instances de la société savante européenne Esaform.

À ce rayonnement vraiment visible par la communauté scientifique s'ajoute un réel rayonnement au niveau industriel, une des caractéristiques du Cemef (70 % des ressources de l'unité proviennent du monde industriel). L'unité est reconnue pour ses travaux en lien avec l'industrie et le transfert de ses compétences académiques grâce à de nombreux projets et contrats. Des partenariats contractualisés de longs termes existent. On peut citer comme partenaires privilégiés Safran, le CEA, Aubert et Duval, PSA et TSV avec lesquels le montant des financements s'élève à plus de 4 millions d'euros durant la période. La mise à disposition et la maintenance de logiciels ainsi que le dépôt de deux brevets concrétisent ces partenariats.

L'unité offre un environnement attractif pour les chercheurs, tout d'abord du fait de sa notoriété et de sa visibilité scientifique. La politique de mutualisation des ressources avec la possibilité de co-encadrer rapidement une thèse de doctorat pour les nouveaux arrivants sont des points forts. Il faut ajouter à cela l'environnement technique favorable (moyens informatiques et expérimentaux nombreux et de grande qualité). La mise en place d'une politique d'intéressement constitue aussi un élément d'attractivité pour certains chercheurs.

Le taux de succès du Cemef en réponse à des appels à projets compétitifs est exceptionnel : 26 projets ANR financés pendant la période (sur 58 déposés) et quatre projets européens financés (sur 26 déposés). Ces chiffres mettent aussi en avant l'investissement important des membres de l'unité pour la recherche de financement. Parmi ces succès, on peut citer l'obtention d'une ERC et le fait que le Cemef détient le meilleur taux au niveau national du nombre de chaires industrielles ANR obtenues. À ces projets de recherche s'ajoutent différents

projets fédérateurs comme la participation à une EUR et le projet Minds qui met en évidence l'implication du laboratoire dans des activités de structuration de la recherche. L'ensemble constitue sans aucun doute un élément d'attractivité pour l'unité.

L'unité dispose de moyens techniques nombreux et de qualité avec des équipements de pointe tant d'un point de vue informatique que d'un point de vue expérimental. En plus du nouveau cluster « Laffitte » et de l'achat d'un nouveau MEB durant la période, on peut citer des moyens qui sont mis en avant dans le portfolio : le logiciel PhysalurgY et la machine d'essais Dedimet (déformation et dilatation des métaux). Sur les 3 000 m² qu'occupe le Cemef, 1 400 sont dédiés aux installations expérimentales. Ces équipements sont gérés et maintenus par deux équipes d'appui : l'équipe SCL (Service, calculs, Logiciels) pour la partie informatique et l'équipe MEA (Mesures, Études, Atelier), équipe qui non seulement développe et réalise les moyens d'essais à façon mais aussi forme le personnel sur les nouvelles techniques et vient en appui pour l'analyse des résultats.

Points faibles et risques liés au contexte pour les quatre références ci-dessus

Le rayonnement scientifique du Cemef est excellent et l'unité a trouvé, et trouve toujours, un équilibre entre recherche amont, recherche appliquée et recherche dite partenariale. Malgré la part importante des financements provenant de l'industrie dans son budget, l'unité a su jusqu'à maintenant éviter les prestations d'expertises ou de service qui ne permettent pas d'avancée scientifique. Ce mode de financement par contrats prenant une part de plus en plus importante dans le budget de l'unité, le risque est de voir la proportion de ces prestations augmenter, au détriment d'une recherche plus amont, ce qui, à terme, nuirait au rayonnement scientifique de l'unité.

L'unité évoque des difficultés pour le recrutement des doctorants qui constitue une part importante du personnel (46 %). D'autre part, il y a eu plusieurs abandons de thèse pendant la période (sur les 167 thèses de la période, on décompte 20 abandons) et le taux d'encadrement de certains chercheurs est trop élevé (le taux d'encadrement est très souvent supérieur à 3 par HDR et est supérieur à 10 pour certains HDR). Il y a donc un risque réel pour l'attractivité de l'unité pour les doctorants à terme.

La mise en place d'une politique d'intéressement des personnels comporte aussi des risques ; cela peut en effet contribuer à instaurer une ambiance concurrentielle entre les personnels de l'unité ou d'une équipe et rendre plus difficiles le partage des ressources, les collaborations et les co-encadrements de thèse au niveau inter ou intra équipe.

L'unité est clairement attractive par la reconnaissance que lui confèrent ses succès à des appels à projets compétitifs, le taux de succès du Cemef étant exceptionnel. Le seul risque serait de voir ce taux diminuer. L'unité ayant mis en place une politique incitative pour favoriser ces succès, ce risque semble vraiment maîtrisé.

Les compétences techniques et la qualité des équipements du Cemef sont reconnues et visibles ; cela constitue sans nul doute un élément d'attractivité. Le recrutement des personnels dédiés et les coûts de maintenance étant de plus en plus reportés sur le budget propre du Cemef, grâce aux projets et aux contrats, il y a un risque que l'unité ne puisse maintenir ce niveau de compétences.

DOMAINE 3 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

Appréciation sur la production scientifique de l'unité

Les publications de l'unité sont de grande qualité, elles sont parues pour la très grande majorité dans des journaux reconnus par la communauté. Ces publications sont visibles (28 prix obtenus dont une médaille d'argent CNRS) et accessibles dans la mesure où plus de 70 % sont en open access. Avec en moyenne plus de 70 articles publiés par an dans des journaux internationaux avec comité de lecture et un taux de publication dans ces journaux à 2,5 par équivalent temps plein de chercheurs permanents et par an, le niveau de publication du Cemef est aussi, quantitativement, excellent.

1/ La production scientifique de l'unité satisfait à des critères de qualité.

2/ La production scientifique de l'unité est proportionnée à son potentiel de recherche et correctement répartie entre ses personnels.

3/ La production scientifique de l'unité respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.

Points forts et possibilités liées au contexte pour les trois références ci-dessus

La production scientifique du Cemef dans les journaux de référence des domaines spécifiques abordés est excellente. Ces revues disciplinaires à comité de lecture sont de qualité et, pour leur très grande majorité, référencées au niveau international. Elles sont reconnues par la communauté, on peut citer Computational Methods in Applied Mechanics and Engineering, Acta Materialia, Biomacromolecules, Journal of Computational Physics, Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics, Acta Materialia, Polymer, Wear, International Journal of Adhesion and Adhesives et la prestigieuse revue Nature. Ceci est vrai pour toutes les équipes. Ces articles concernent à la fois des travaux théoriques ou amont comme les articles dont certains sont mentionnés dans le portfolio. On trouve, en particulier des travaux à l'interface entre mécanique et matériaux ou des publications comportant des applications bio-médicales ou industrielles. L'unité travaille sur le développement de méthodes numériques, avec, en plus des multiples travaux sur des approches numériques « classiques », des travaux dans le domaine de l'apprentissage profond. Des thématiques originales avec des collaborations internationales soutenues font aussi l'objet de publications dans des journaux à très forte reconnaissance dans la communauté comme les travaux sur l'asteroid Bennu qui fait l'objet de plusieurs publications dans Nature Astronomy et une dans Nature.

D'un point de vue quantitatif, l'unité a publié 420 articles dans des revues internationales à comité de lecture (ACL) référencées sur HAL pendant la période (6 ans) pour 28 chercheurs permanents en équivalent temps plein, nombre évalué en décembre 2022 ; le taux de publication d'excellent niveau s'élève ainsi à de 2,5 par an et par équivalent temps plein. La production scientifique est répartie dans les équipes et 70 de ces publications ont été écrites en collaboration avec au moins une autre équipe de l'unité. Le taux de publication dans chaque équipe et par chercheur permanent équivalent temps plein s'élève ainsi à, pour les différentes équipes : 2MS : 1,8/ETP/an (pour 44 ACL et 4 ETP), BIO : 4,2/ETP/an (pour 76 ACL et 3 ETP), CFL : 2,5/ETP/an (pour 118 ACL et 8 ETP), CSM : 2,7/ETP/an (pour 80 ACL et 5 ETP), MPI : 6,7/ETP/an (pour 40 ACL et 1 ETP), MSR : 4,3/ETP/an (pour 104 ACL et 4 ETP), PSF : 1,1/ETP/an (pour 23 ACL et 3,5 ETP).

On peut noter que 17 % des publications sont écrites en commun entre au moins deux équipes de l'unité et que 70 % des publications sont disponibles en Open Access.

Points faibles et risques liés au contexte pour les trois références ci-dessus

Le nombre d'équivalents temps plein en chercheurs permanents du Cemef est de 28 au 31/12/2022. Si la qualité et le niveau des publications sont excellents, on peut remarquer une grande variété thématique dans les travaux publiés, thématiques qui s'éloignent parfois du cœur des objectifs scientifiques identifiés par l'unité. Le risque lié à ce contexte serait de voir la visibilité du Cemef diminuer du fait de cette disparité thématique.

DOMAINE 4 : INSCRIPTION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE DANS LA SOCIÉTÉ

Appréciation sur l'inscription des activités de recherche de l'unité dans la société

L'unité a une interaction forte avec le monde non académique par son activité contractuelle avec l'industrie et avec le monde biomédical, activité soutenue par des projets financés et des partenariats pérennes. En particulier, l'unité a déposé deux brevets pendant la période ; de plus elle produit et maintient plusieurs logiciels de niveau commercial. Enfin, elle se distingue par plusieurs actions de vulgarisation durant la période.

1/ L'unité se distingue par la qualité et la quantité de ses interactions avec le monde non-académique.

2/ L'unité développe des produits à destination du monde culturel, économique et social.

3/ L'unité partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.

Points forts et possibilités liées au contexte pour les trois références ci-dessus

Les interactions de l'unité avec le monde non académique sont en grande partie avec le monde industriel et biomédical (30 % des ressources financières de l'unité provenant de contrats et projets partenariaux). Les transferts de compétences sont nombreux et efficaces. On peut noter cinq chaires ANR. D'autre part, les nouvelles compétences en intelligence artificielle appliquée au domaine de la santé, contribuent à favoriser les interactions avec des hôpitaux (Nice, institut neurologique de l'hôpital de Munich) avec le projet ERC Cure.

L'unité développe plusieurs logiciels à destination du monde économique distribués par S&CC et Transvalor et utilisés par une cinquantaine de partenaires. Ceci est rendu possible par la maturité technique des développements numériques réalisés au Cemef. On peut citer le logiciel PhysalurgY (équipe 2MS) et XimeX : extrusion et mélange de fluides industriels, Qobeo air : aérothermie de fours industriels, Qobeo bulle : simulation de l'ébullition turbulente et le changement de phase lors de la trempe industrielle, Rem3D : écoulement multiphasique pour l'injection des polymères, Theracast : élaboration d'alliages par fonderie. Aussi, l'unité a déposé deux brevets pendant la période pour un procédé de fabrication d'aérocellulose (équipe Bio) et pour des lubrifiants renforcés par des nano additifs (équipe PSF). Enfin, plusieurs des projets de recherche de l'unité s'attaquent à des sujets avec des enjeux importants pour le monde socio-économique. En plus des projets en lien avec les procédés de fabrication, on peut citer des projets à finalité médicale sur les bio-aérogels et la theophylline, ou environnementale sur le cycle de vie du polyester, des travaux sur de nouveaux isolants thermiques ou la mise au point d'un procédé de fabrication d'aérocellulose.

L'unité intervient dans plusieurs manifestations de vulgarisation scientifique telles que la Fête de la Science, une participation au village des Sciences et de l'Industrie, Juan-les-Pins, en 2017, l'organisation des portes ouvertes au Cemef en 2018, le Nice Physics Camp en 2019 et 2020, et des interventions auprès de classes préparatoires ou d'étudiants en licence en 2021. Un membre de l'équipe BIO participe activement à des activités de vulgarisation en assurant la présidence de l'association « Science pour tous 06 ». Enfin, un article de presse dans l'Usine Nouvelle au sujet du projet Minds et plusieurs présentations ou vidéo pour des publics variés (une présentation sur la biomécanique, sur l'astéroïde Bennu, une vidéo sur la microscopie 3D et les évolutions microstructurales lors de la mise en forme, deux présentations sur les polymères).

Points faibles et risques liés au contexte pour les trois références ci-dessus

Pas de points faibles ni de risques identifiés sur ce domaine.

ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'UNITÉ

Le Cemef a pour thématique historique l'étude de la mise en forme des matériaux, en associant l'élaboration et la caractérisation physico-chimique à la modélisation et à la simulation. Au cours de la période récente, pour utiliser et développer ses compétences, l'unité a étendu ces thématiques vers la mécanique des fluides, la biomécanique et la prise en compte de phénomènes physiques multiples (multi-physique). L'unité envisage dans un avenir proche de continuer à développer cette thématique multi-physique, tant du point de vue expérimental que numérique, tout en gardant son activité historique. Un développement important est aussi envisagé pour utiliser l'intelligence artificielle à différents niveaux, tout d'abord pour la simulation, puis pour l'analyse des résultats expérimentaux et le développement des procédés.

Il reste à clarifier dans la trajectoire, le positionnement de l'unité par rapport à l'intelligence artificielle : l'objectif est-il d'utiliser ces nouveaux outils au risque de perdre la maîtrise des contenus et de l'analyse ou de concevoir et développer des outils de modélisation-simulation-optimisation utilisant du deep learning ?

Plus globalement, la multiplication des thématiques présente un risque de dispersion au niveau des objectifs et des compétences dans la mesure où le nombre de personnels de l'unité n'augmente pas.

Pour porter ces développements, un plan stratégique est proposé pour l'évolution de l'unité avec la création d'un comité de direction élargi composé de plusieurs délégués dont l'objectif est aussi de porter la mise en place de ce plan. Un conseil scientifique sera aussi créé avec des personnalités extérieures.

Un des premiers chantiers a pour objectif de finaliser la restructuration engagée durant la période passée, avec la disparition des pôles de recherche et le regroupement des équipes BIO, MPI et PSF sur une thématique « polymères et surfaces ». L'objectif est de constituer des équipes d'au moins cinq personnes. Se pose aussi la question du regroupement des équipes MSR et 2MS autour des métaux et de la métallurgie, le nombre de chercheurs dans ces équipes étant en diminution (mutations et départs en retraite). La création de nouvelles thématiques pourra être proposée par les chercheurs et accompagnée par l'unité sur quelques années grâce à la notion « d'axe » transverse. L'axe MSF pour MicroStructures Fonctionnelles est constitué de trois chercheurs ; le comité souhaite souligner le fait que les objectifs de cet axe sont très généraux et disproportionnés par rapport à la taille de l'équipe ; dans le détail, ces objectifs ne sont pas clairs. Aussi, certaines des thématiques à développer par l'axe MSF, ne correspondent pas aux compétences des chercheurs impliqués ou sont redondantes par rapport à des thématiques portées par les autres équipes de l'unité. Il faut souligner le fait que des projets financés portés par les membres de l'axe MSF sont en cours. L'unité devra veiller à une bonne articulation des activités de MSF par rapport aux autres équipes de l'unité et à une meilleure intégration de ses membres.

Pour le mode de financement de la recherche, l'objectif de l'unité est bien de continuer à trouver un vrai équilibre entre recherches amont et partenariale, ce qu'elle a su faire jusqu'à présent. Plus précisément, il s'agit de rediscuter de la redistribution des budgets par équipe pour prendre en compte l'autonomie des chercheurs. Le choix est de favoriser le financement par projet. On note aussi la volonté de mettre en place pour les chercheurs des objectifs fixés et un bilan lors d'un entretien régulier associé à une politique d'intéressement.

Les travaux de recherche effectués au Cemef associent la modélisation et la simulation portées par une composante expérimentale avérée qui permet la compréhension des phénomènes et la validation des calculs. Aussi, la mise en place de procédés nouveaux nécessite d'aller jusqu'à la réalisation technique. Le comité souhaite souligner que cette association expériences-modélisations-simulations participe à la visibilité et à l'attractivité du Cemef. Un chantier est prévu pour réorganiser le parc expérimental pour une optimisation en cohérence avec la diminution des moyens. En particulier, le nombre de personnes compétentes sur ces outils expérimentaux est en diminution, ce qui peut mettre en péril, à terme, ce pan de l'activité de recherche de l'unité. Plusieurs pistes sont envisagées dans la trajectoire qui pourraient permettre de remédier à cette difficulté.

RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

Recommandations concernant le domaine 1 : Profil, ressources et organisation de l'unité

L'unité doit veiller à garder une autonomie sur ses choix thématiques qui doivent être portés par les chercheurs en adéquation avec les compétences et les ressources humaines et matérielles pour éviter toute dispersion thématique. Le comité recommande donc de développer des processus indépendants des modes de financement pour définir des axes de recherche transversaux et portés par l'ensemble des équipes de l'unité. Ceci permettra aussi au Cemef de maintenir l'équilibre existant entre recherche amont et appliquée.

Pour porter ces projets, le comité recommande de construire des équipes de taille plus importante et plus homogène ce qui devrait permettre de lisser les difficultés posées par les mouvements de personnel (effectivement, une structure avec des équipes de plus de 5 chercheurs est prévue dans la trajectoire). Il s'agit donc de continuer la structuration commencée avec le regroupement des équipes BIO, MPI et PSF, et d'envisager le regroupement des équipes MSR et 2MS en fonction des mouvements de personnel à venir (départs, recrutements).

Le comité recommande aussi de mettre en place une politique qui favorise les échanges, les collaborations entre équipes et la vie scientifique au niveau de l'unité (séminaires, etc.). Il faut aussi veiller à ce que le comité scientifique et le conseil de laboratoire ne deviennent pas des entités purement formelles.

Le comité a mentionné un point d'inquiétude quant à la formation des doctorants concernant la durée des thèses, le taux d'encadrement et le nombre d'abandons. Il recommande à la nouvelle direction de l'unité d'y porter toute son attention. Une instance, neutre, accessible à tous, d'écoute et de résolution des conflits entre doctorants et encadrants pourrait être une option. Aussi, il est important que les doctorants puissent et soient encouragés à participer régulièrement à des événements au niveau de l'unité (séminaires, etc.) : ceci fait partie de leur formation doctorale.

Recommandations concernant le domaine 2 : Attractivité

L'attractivité du Cemef est excellente aux niveaux régional, national et européen. L'unité pourrait tirer profit de cette reconnaissance et de la très grande visibilité de certaines de ses équipes pour renforcer son attractivité au niveau international.

Recommandations concernant le domaine 3 : Production scientifique

La production scientifique de l'unité est excellente tant en qualité qu'en quantité. Ceci doit être maintenu.

Recommandations concernant le domaine 4 : Inscription des activités de recherche dans la société

Les activités de recherche du Cemef s'inscrivent dans la société, l'unité trouvant un bel équilibre entre recherches amont et partenariale auxquelles s'ajoutent plusieurs actions destinées au grand public. Le comité recommande de continuer à construire cet équilibre.

ÉVALUATION PAR ÉQUIPE

Équipe 1 : CFL - Calcul Intensif et Mécanique des Fluides

Nom du responsable : M. Elie Hachem

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe CFL (Calcul Intensif et Mécanique des Fluides) développe ses activités de recherche autour de trois thématiques bien identifiées : (i) les mathématiques appliquées, (ii) le calcul intensif (HPC) et l'intelligence artificielle et (iii) la modélisation en mécanique des fluides.

Ces activités se déclinent plus particulièrement en cinq axes scientifiques : A- Le développement numérique des solveurs éléments finis en parallèle avec adaptation de maillage ; B- Les écoulements multiphasiques, suivi d'interfaces avec changement de phase ; C- L'Interaction fluide/structure et aérothermique ; D- Les jumeaux numériques couplant apprentissage profond-renforcé et mécanique des fluides ; E- La physique numérique, expérimentale, rhéologie et matière molle

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Lors du précédent rapport, il était conseillé aux chercheurs de l'équipe CFL de vérifier que les travaux futurs envisagés soient en bonne cohérence avec les objectifs globaux du Cemef.

On note durant la période de fortes évolutions pour les thématiques du Cemef par rapport aux thématiques « historiques », évolutions en partie portées par l'équipe CFL. Si cela ne répond pas aux recommandations du précédent rapport, on peut noter que ces évolutions sont stratégiques dans la mesure où elles répondent à une demande extérieure (appels à projets, contrats) et interne (intérêt des chercheurs, nouveaux recrutements). Ceci dit, il y a un risque qui est de voir apparaître une forme de dispersion thématique ou la diminution du nombre de projets de recherche amont. Le comité encourage donc l'équipe CFL à continuer de définir ses objectifs de recherche en lien avec les thématiques de l'unité tout en gardant un équilibre entre recherches amont et partenariale.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	4
Maitres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	2
Chargés de recherche et assimilés	4
Personnels d'appui à la recherche	2
Sous-total personnels permanents en activité	12
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	3
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	19
Sous-total personnels non permanents en activité	22
Total personnels	34

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe CFL est un groupe de recherche très dynamique avec des publications dans des revues reconnues par la communauté et une production scientifique de très bon niveau. Le taux de publication s'élève à 2,5 ACL/ETP/an. Son rayonnement scientifique se traduit par la sollicitation de certains de ses membres pour des collaborations internationales, académiques ou industrielles comme en attestent les nombreuses thèses soutenues ou en cours pendant la période et la chaire industrielle Infinity. On peut aussi noter l'excellence du taux de projets financés en réponse à des appels à projet et en particulier l'obtention d'une ERC.

Points forts et possibilités liées au contexte

De par ses compétences scientifiques, l'équipe CFL se positionne comme une référence en calcul intensif et mécanique des fluides au sein des Mines Paris (projet fédérateur Carnot Mines Minds & ERC Consolidator Grant Cure) avec aussi une forte capacité à répondre à des besoins industriels comme en témoignent les nombreux contrats de collaboration. On note aussi un très bon niveau de publications (2,5 ACL/ETP/an) dans des revues phares du domaine incluant International Journal for Numerical Methods in Engineering, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, Journal of Computational Physics et International Journal for Numerical Methods in Fluids.

Le développement de jumeaux numériques par le couplage de l'intelligence artificielle à la mécanique des fluides, sur toutes les thématiques du calcul intensif et massivement parallèle, donne une forte reconnaissance de cette équipe sur le plan international.

Points faibles et risques liés au contexte

Les thématiques de l'équipe CFL sont nombreuses autour des mathématiques appliquées, du calcul intensif, de l'intelligence artificielle et de la modélisation des fluides. Ces thématiques sont déclinées en cinq axes et sont appliquées dans de nombreux domaines tels que l'aéronautique, le nucléaire, l'industrie manufacturière, l'énergie et la santé au risque d'une certaine dispersion thématique en regard du nombre de chercheurs dans l'équipe (8 équivalents temps plein fin 2022). L'implication de l'équipe dans la formation par la recherche est excellente comme en atteste le nombre élevé de thèses soutenues. Toutefois, il serait souhaitable qu'une meilleure répartition des encadrements de thèses soit adoptée au sein de l'équipe.

Le comité attire aussi l'attention sur le risque qui sera induit par trois départs en retraite programmés dans les cinq années à venir. Une des principales missions du nouveau responsable d'équipe sera d'attirer de jeunes numériciens.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

La triple approche « numérique-expérimentale-IA » permet à l'équipe CFL de se donner l'ambition d'aborder des problèmes majeurs dans de nombreux domaines, tels que les analyses pour l'interaction structure-fluide, l'optimisation des procédés, le comportement de la matière molle et la construction de jumeaux numériques, mais aussi la conception de nouveaux traitements médicaux et plus particulièrement l'optimisation de dispositifs médicaux tels que les stents vasculaires (ERC Cure), l'émergence de nouvelles technologies pour accompagner la transition énergétique (Optimisation du positionnement des panneaux), la modélisation des phénomènes complexes (i.e. agroalimentaire, cosmétique, géophysiques, etc.) et la compréhension des processus industriels, etc.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

La triple approche « numérique-expérimentale-IA » de la mécanique des fluides confère à l'équipe CFL un fort potentiel pour améliorer la performance, la sécurité et la durabilité dans de nombreux domaines comme l'énergie et la santé. Toutefois, le fait d'avoir l'ambition de développer de nouveaux axes de recherche risque de générer une certaine dispersion thématique compte tenu du nombre de chercheurs dans l'équipe et de leurs compétences. Il est important de conserver une ligne directrice pour les activités de recherche de l'équipe proportionnée aux forces en présence et en collaboration avec les autres équipes du Cemef.

Équipe 2 : CSM - Mécanique Numérique des Solides

Nom de la responsable : Mme Katia Mocellin

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe CSM mène des travaux de recherche principalement numériques autour de la simulation de matériaux solides sous chargement complexes. Les thématiques de recherche concernent les développements et applications de ces techniques numériques à différentes situations comme :

- Le développement de méthodes numériques par éléments finis, de maillages, de solveurs non linéaires ;
- La simulation de procédés de mise en forme à l'état solide prenant en compte des chargements complexes, l'endommagement ou des couplages multiphysiques ;
- La réalisation d'essais mécaniques et de montage semi-industriels avec corrélation d'images pour étudier des chargements complexes.

D'autres activités sont menées autour de la biomécanique, notamment grâce à la participation de trois praticiens hospitaliers et d'une start-up. Ces activités concernent :

- Des simulations et des essais mécaniques appliqués au comportement non linéaire des organes ;
- Des simulations appliquées au milieu dentaire : calculs de contrainte pendant le grincement de dents, milieux à gradients des implants.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Lors de l'évaluation précédente, le comité avait suggéré de fusionner les trois équipes du pôle CMP (à savoir les équipes CFL, CSM et MSM à l'époque) sur le thème de la mécanique et physique numériques. Cette fusion n'a pas été complètement réalisée à ce jour, le pôle numérique s'étant recentré sur les deux équipes CFL et CSM. La fusion des équipes CFL et CSM ne semble plus pertinente aujourd'hui du fait de la structure actuelle de l'unité et des évolutions proposées dans la trajectoire.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	2
Maitres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	3
Chargés de recherche et assimilés	1
Personnels d'appui à la recherche	1
Sous-total personnels permanents en activité	7
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	7
Sous-total personnels non permanents en activité	8
Total personnels	15

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

CSM est reconnu internationalement pour son expertise unique dans le domaine de la mise en forme des matériaux avec des publications dans des revues reconnues par la communauté et une production scientifique de très bon niveau, le taux de publication s'élevant à 2,7 ACL/ETP/an. En s'entourant de praticiens hospitaliers, l'équipe a su mettre ses compétences au service du biomédical sans pénaliser ni trop disperser ses activités historiques.

Points forts et possibilités liées au contexte

CSM est une équipe très dynamique avec des publications dans des revues reconnues par la communauté (comme Materials Science and Engineering A ou Journal of materials processing and technology pour les activités classiques de l'équipe et Dental Materials pour les travaux dans le domaine biomécanique ou Nature pour les travaux concernant un astéroïde), une production scientifique de très bon niveau, et un taux de publication par ETP de chercheur permanent s'élevant à 2,7. Elle mène des activités de recherche autour de la mise en forme des matériaux qui sont le cœur de métier historique du Cemef. L'équipe possède un savoir-faire reconnu dans le développement de méthodes numériques par éléments finis avancées tels des solveurs non-linéaires, des mailleurs spécifiques ou encore des couplages avec des modèles multiphysiques. Ces compétences sont valorisées au travers de nombreuses thèses industrielles et font l'objet de plusieurs collaborations internationales avec par exemple le Chili pour le projet Ecos-Sud et la Nasa avec un projet en collaboration étroite avec l'équipe MSR sur l'astéroïde Bennu. Le comité note aussi la participation à l'organisation des conférences Esaform et ICTP. La plupart des développements numériques sont intégrés dans des logiciels commercialisés par Transvalor.

Les activités biomédicales ont judicieusement été recentrées sur la chirurgie maxillo-faciale en laissant de côté les tissus les plus mous. Pour cette seconde thématique menée en collaboration avec des praticiens hospitaliers, CSM applique toujours la même démarche couplant essais mécaniques spécifiques et simulations numériques par éléments finis.

L'équipe a participé activement à l'organisation d'une conférence majeure du domaine de la mise en forme, ICTP2023 qui a réuni à Cannes plus de 560 participants de 33 pays ce qui confirme son rôle moteur dans le domaine.

Points faibles et risques liés au contexte

Il n'y a pas de point faible à signaler pour l'équipe CSM si ce n'est un risque d'une perte d'équilibre entre les impératifs industriels imposés par les conventions Cifre et les développements académiques.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

La trajectoire proposée par l'équipe CSM s'inscrit dans la continuité des actions engagées notamment par les succès récents à deux projets ANR. De façon assez cohérente, l'équipe propose d'intégrer plus de physique dans ses modèles les plus phénoménologiques et de développer plus encore les démarches multi-échelles en plasticité cristalline en collaboration étroite avec l'équipe MSR.

L'équipe propose d'utiliser l'IA comme outil de résolution sans toutefois s'impliquer dans les développements de cette technique. En cohérence avec les thématiques et compétences de l'équipe, les problématiques de corrosion ou d'oxydation ne figurent pas dans le projet de recherche proposé et pourraient constituer une perspective intéressante à terme.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Les évolutions proposées par l'équipe sont pertinentes. Le comité encourage l'équipe à intégrer plus de physique dans les modèles. Ceci pourrait s'accompagner de développements plus fondamentaux (mathématiques) sur les méthodes numériques en parallèle de l'utilisation envisagée de l'intelligence artificielle.

Équipe 3 : MSR - Métallurgie, Microstructure et Rhéologie

Nom de la responsable : Mme Nathalie Bozzolo

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe MSR se donne pour objectif de prédire les microstructures en fonction du chemin thermodynamique en alliant expériences et simulations numériques. Elle propose six axes scientifiques : Axe F-Analyse expérimentale des mécanismes et cinétiques métallurgiques ; G- Modélisation et simulation en champ moyen (représentation statistique des attributs microstructuraux) ; H- Modélisation et simulation en champ complet (représentation explicite de la morphologie microstructurale) ; I- Développements d'outils expérimentaux et méthodes d'analyse microstructurale quantitative ; J- Développement de méthodes numériques et calculs haute performance en métallurgie numérique ; K- Encadrement technique des parcs d'essais thermomécaniques et de microscopie pour les matériaux métalliques.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

L'équipe MSR a recruté à plein temps un chercheur qui était partagé avec une autre équipe lors de la précédente évaluation ce qui a renforcé le nombre de rang A de l'équipe et conduit à une production scientifique visible, reconnue et bien identifiable par rapport à l'exercice précédent ; ceci répond à une recommandation faite par le précédent comité.

L'évaluation précédente avait souligné un manque de visibilité internationale et une visibilité européenne naissante. Bien que ces faiblesses soient encore présentes, un effort a été fait notamment par l'organisation de la conférence Eurosuperalloys programmée en 2026.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	2
Maîtres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	3
Personnels d'appui à la recherche	3
Sous-total personnels permanents en activité	8
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	3
Doctorants	19
Sous-total personnels non permanents en activité	22
Total personnels	30

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

MSR est une équipe dynamique avec une très forte valorisation industrielle comme en témoignent les quatre chaires industrielles ANR (Opale, Topaze, Digimu et RealiMotion) et le laboratoire commun Opale avec Safran et prochainement étendu à Aubert & Duval. La production scientifique dans des revues reconnues par la communauté est de très bon niveau et le taux de publication excellent (4,3 ACL/ETP/an). Les développements numériques font par exemple l'objet de la chaire industrielle Digimu reconduite pendant la période avec RealiMotion et impliquant un très grand nombre de partenaires (CEA, ArcelorMittal, Aperam, Framatome, Constellium, Aubert & Duval, Safran, Ascometal, Timet, Transvalor).

Les activités de l'équipe sont bien réparties entre les deux piliers expérience et simulation numérique.

Points forts et possibilités liées au contexte

Grâce à ses très fortes interactions avec l'industrie, l'équipe MSR conduit l'exemple même de la recherche « partenariale » revendiquée par Armines. La production scientifique de l'équipe est excellente, avec plus de 100 ACL (soit un taux de 4,3 ACL/ETP/an) pendant la période dans des revues de grande qualité telles Acta Materialia, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, International Journal of Plasticity, International Journal of Solids and Structures et Nature pour les travaux sur l'astéroïde en collaboration avec l'équipe CSM. Les 27 conférences invitées sont un indicateur du rayonnement de l'équipe.

Les développements du logiciel commercial Digimu distribué par Transvalor donnent une très bonne visibilité de l'équipe à l'échelle nationale. Les dispositifs expérimentaux de pointe acquis en 2018 ouvrent de nouveaux champs d'investigation originaux et prometteurs.

Points faibles et risques liés au contexte

Le taux d'encadrement doctoral par HDR au sein de l'équipe MSR est beaucoup trop élevé (ce taux a pu atteindre 10,5 en 2017 et s'élève en moyenne à 8,8 pendant la période) et ne peut garantir une bonne qualité de formation par la recherche des étudiants en master ou en thèse de doctorat. Le nombre de chercheurs HDR de l'équipe est trop faible par rapport à l'ensemble des encadrements.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

La trajectoire de l'équipe MSR s'inscrit dans la continuité des travaux engagés sur le dialogue constant entre expériences et simulations. Après avoir beaucoup étudié les évolutions des microstructures au cours de la mise en forme des matériaux métalliques, l'équipe souhaite aborder les problématiques de transformations de phase à l'état solide. Cette orientation thématique, motivée par le recrutement récent de plusieurs permanents, devrait renforcer plus encore les liens avec les entreprises fidélisées par les différentes chaires et le laboratoire commun.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Il faut veiller à consolider, voire à augmenter le nombre de chercheurs HDR de l'équipe MSR. À défaut, si des départs de cadres de l'équipe étaient à prévoir, il faudra adapter le nombre de contrats industriels à un taux d'encadrement doctoral plus raisonnable ou prévoir un regroupement avec l'équipe 2MS.

Équipe 4 : 2MS - Métallurgie, Mécanique, Structures et Solidification

Nom du responsable : M. Charles-André Gandin

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe 2MS développe des activités de recherche portant sur la caractérisation et la modélisation des procédés de mise en forme depuis l'état liquide. Elle affiche cinq thèmes de recherche :

- Modélisation thermomécanique desdits procédés (activités numériques CimLib) et validations (activités expérimentales aux grands instruments) ;
- Comportement thermomécanique anisotrope (activité expérimentale Dedimet (déformation et dilatation des métaux), modélisations associées) ;
- Modélisation des microstructures de solidification et des ségrégations chimiques (activités numériques CimLib) ;
- Couplages thermodynamiques des transformations de phases, à l'équilibre et hors équilibre (activité numérique PhysalurgY) ;
- Réduction de modèle appliquée à la modélisation de la fabrication additive (activité numérique Amulti).

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

L'équipe 2MS est le fruit de la fusion des équipes TMP et SP2 en 2019 (donc pendant la période d'évaluation). Il avait été signalé que la taille de ces équipes était critique et cette fusion vient corriger cet état de fait.

La durée relativement élevée des thèses, signalée en 2018, reste problématique en 2023 avec une durée moyenne de 47 mois pour les quinze thèses soutenues au cours de la période d'évaluation.

Même si l'on peut signaler l'implication de 2MS dans quelques actions de communication à destination du grand public, la demande de développements d'applications pédagogiques des outils numériques au sein de l'équipe pourrait être améliorée.

Une dernière recommandation était d'afficher une ou deux lignes directrices fortes, ce qui n'apparaît qu'au niveau de la trajectoire.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maitres de conférences et assimilés	1
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	2
Personnels d'appui à la recherche	0
Sous-total personnels permanents en activité	5
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	5
Sous-total personnels non permanents en activité	5
Total personnels	10

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe 2MS est dynamique avec une bonne production scientifique et une très bonne reconnaissance internationale, le taux de publication s'élevant à 1,8 ACL/ETP/an. La fusion de SP2 et TMP est une réussite comme en témoignent les nombreuses codirections de thèses entre chercheurs des deux anciennes équipes.

Un effort de valorisation des nombreux développements numériques a été réalisé et concrétisé par plusieurs dépôts de logiciels à l'Agence pour la Protection des Programmes.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe 2MS a une bonne production scientifique avec 37 articles publiés pendant la période pour cinq chercheurs, soit 1,8 ACL/ETP/an.

L'équipe est très active dans les réseaux nationaux et internationaux.

On note un bon succès aux appels à projets, ce qui démontre une très bonne reconnaissance scientifique.

Trois dépôts à l'Agence pour la Protection des Programmes ont été réalisés en 2022 et les développements numériques sont intégrés dans des logiciels commerciaux diffusés par Transvalor.

Points faibles et risques liés au contexte

Le départ en retraite d'un professeur risque de déséquilibrer l'équipe 2MS qui ne comptera plus qu'un directeur de recherche en rang A. L'HDR devant être très prochainement soutenue dans l'équipe devrait permettre de combler très rapidement le besoin en encadrement.

La dynamique de recherche est soutenue et a conduit à une dispersion des activités comme en témoignent les six axes affichés durant la période pour quatre ETP dans l'équipe. Il manque en effet un fil rouge qui pourrait être identifié ou une structuration/hiérarchisation des différents thèmes de recherche.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

La trajectoire affichée par l'équipe 2MS est claire et limitée à quelques actions bien identifiées, ce qui permet de corriger l'écueil d'une dispersion thématique trop importante visible tout au long de la période évaluée. Elle repose principalement sur trois projets ANR obtenus en 2022. Ainsi, l'équipe propose de modéliser le couplage de la genèse des microstructures avec une analyse thermomécanique dans le cas de la fabrication additive par fusion laser sur lit de poudre ou encore d'étudier le comportement de poudres disposées sur la surface liquide d'un métal lors de la coulée de lingots.

Il s'agit donc d'un projet de recherche à court terme et une mise en perspective serait nécessaire pour orienter les activités au-delà de trois ans.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le comité recommande à l'équipe 2MS de :

- Poursuivre l'effort de réduction de la durée des thèses ;
- D'anticiper au mieux les conséquences du départ en retraite du professeur de l'équipe, en réduisant par exemple la voilure des sujets de recherches affichés, dans l'attente d'un éventuel recrutement ou d'envisager de se regrouper avec l'équipe MSR ;
- D'éviter la dispersion en structurant les sujets de recherche sur quelques thématiques fédératives à moyen terme.

Équipe 5 : MPI - Mécanique Physique des Polymères Industriels

Nom du responsable : M. Jean-Luc Bouvard

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Les domaines d'activités de l'équipe MPI (Mécanique et Physique des Polymères Industriels) concernent l'analyse des comportements thermomécaniques des polymères essentiellement à l'état solide et de leur impact sur les procédés de mise en forme et sur les développements microstructuraux associés.

Les trois thèmes principaux traités sont :

- L'analyse des comportements thermomécaniques des polymères pris dans des états solide, caoutchoutique et plus récemment dans les étapes de fusion et de cristallisation depuis l'état fondu (« état pâteux ») en lien avec leur microstructure,
- La compréhension des procédés de mise en forme par étirage à l'état caoutchoutique tels que sont le thermoformage, le soufflage de corps creux avec un intérêt particulier pour les développements microstructuraux associés,
- Le développement de modèles de comportement thermomécaniques physiquement basés associés aux axes 1 et 2 et le développement de stratégies multi-échelles composites (relation microstructure/propriétés finales).

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le rapprochement de l'équipe MPI avec l'équipe BIO, recommandé il y a 5 ans, n'a pas encore eu lieu mais est dans l'agenda de l'unité. Par ailleurs, la fusion avec l'équipe Procédés, Surfaces et fonctionnalités est également proposée. Cette dernière équipe est en effet réduite en termes de chercheurs et les activités proposées sont cohérentes avec un rapprochement avec BIO et MPI.

Une recommandation avait été émise sur la production scientifique des doctorants. L'équipe n'a pas fait de commentaire permettant d'évaluer comment cette recommandation avait été prise en compte mais le comité souligne que la production de l'équipe est excellente en quantité et qualité.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	2
Maîtres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	2
Sous-total personnels permanents en activité	4
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	2
Doctorants	5
Sous-total personnels non permanents en activité	7
Total personnels	11

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe MPI est dynamique avec deux professeurs collaborant étroitement. La production scientifique dans des revues reconnues par la communauté est d'excellent niveau. Elle est portée par une activité exceptionnelle avec un taux de publication s'élevant à 6,7 ACL/ETP/an.

L'équipe MPI est soucieuse de travailler sur les thématiques de transition énergétique et développement durable. Elle porte notamment un projet sur la recyclabilité des matériaux polymères. Elle travaille sur la durabilité des polymères dans des applications de cellules photovoltaïques.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe MPI bénéficie d'un contexte très favorable du fait du besoin de trouver des solutions pour l'emploi de polymères mieux recyclables et plus durables pour des applications techniques, composites. On note le souhait de recruter un enseignant-chercheur pour développer les activités de polymères bio-sourcés.

L'équipe a une bonne visibilité et rayonnement dans les milieux industriels et académiques, de nombreux partenariats industriels se trouvant dans différents domaines : automobile, emballage, énergie, etc.

Enfin le positionnement de l'équipe lui permet de discuter avec des partenariats académiques de différentes disciplines, depuis la physico-chimie jusqu'à la modélisation du comportement, en passant par la mécanique des polymères.

Points faibles et risques liés au contexte

Il est mentionné des équipements expérimentaux vieillissants et le nombre de personnels au support technique en baisse.

La taille de l'équipe MPI est faible et mérite de se poser la question d'un rapprochement avec l'équipe BIO qui se justifie d'autant plus par des activités futures de l'équipe sur de nouveaux polymères biosourcés, mieux recyclables et plus durables ; ce regroupement est prévu dans la trajectoire de l'unité.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

Le départ en retraite d'un professeur et d'un technicien semble avoir été bien géré en renforçant l'équipe MPI par un poste de professeur et une certaine réorientation des sujets traités. En effet, l'équipe a su voir les opportunités scientifiques apportées par les transitions énergétique et écologique. En orientant ses travaux vers l'étude de l'utilisation de nouveaux matériaux émergents, notamment les matériaux complexes avec une base ou un composant polymère, et l'étude du comportement de matériaux recyclés, l'équipe répond à un besoin fort non seulement des industriels mais aussi de la société et utile à l'environnement. L'équipe propose également de renforcer la modélisation par approche multi-échelle pour développer des outils numériques venant remplacer ou compléter les mesures ou analyses expérimentales. On notera que ce renforcement devra s'appuyer sur les compétences d'autres équipes et qu'aucune ressource n'est prévue pour cet effort.

On note que l'équipe s'éloigne un peu de l'étude de la relation procédés/microstructure. En effet, à part l'étude du procédé de soufflage de bouteille (compétence historique dont on peut se poser la question des challenges encore à explorer côté procédé), l'équipe ne s'est pas réellement positionnée sur le sujet de l'impression 3D des polymères ou sur les procédés émergents de polymères nano-architecturés. En revanche, elle propose de renforcer ses études de la relation structure/propriétés mécanique en prenant en compte les aspects physico-chimiques.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'équipe MPI propose d'engager une fusion avec les équipes BIO et PSF, ce qui semble tout à fait pertinent en termes de thématiques et de complémentarité scientifiques. Par ailleurs, cela permettra aux doctorants d'élargir leurs champs de connaissances sur les polymères du fait des interactions qui pourront être renforcées au sein de la nouvelle équipe.

L'équipe souhaite augmenter sa compétence de modélisation en collaborant davantage avec les équipes numériques de l'unité pour poursuivre les efforts de modélisation rendant compte du lien procédé/microstructure et celui de microstructure/propriétés mécaniques pour réussir à contribuer fortement au lien procédé/microstructure/propriétés mécaniques. Cet objectif est à louer ; cependant, pour qu'il ait un impact à moyen/long terme, il sera nécessaire qu'une personne de l'équipe au moins monte en compétence en termes de modélisation.

Équipe 6 : BIO - Polymères et Composites Biosourcés

Nom de la responsable : Mme Tatiana Budtova

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'objectif de l'équipe BIO est de développer de nouveaux matériaux fonctionnels à base de polymères (de préférence biosourcés) avec un accent sur la santé et l'environnement. Depuis 2020, un nouveau domaine a émergé, avec comme objectif de participer à l'évaluation de l'impact des plastiques pétro- et biosourcés sur la santé humaine et les différents compartiments environnementaux.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Il y a cinq ans le comité d'experts avait recommandé à l'équipe BIO de se rapprocher de l'équipe MPI. Ce rapprochement n'a pas encore été fait. En revanche, notons, que les deux équipes BIO et MPI ont mentionné le souhait de fusionner avec l'équipe PSF, procédés, surface fonctionnalisés.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maitres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	2
Personnels d'appui à la recherche	1
Sous-total personnels permanents en activité	4
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	5
Sous-total personnels non permanents en activité	6
Total personnels	10

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe BIO a un très fort rayonnement national et international notamment du fait d'une forte implication dans le pilotage des sociétés savantes et a un grand dynamisme de publications. La production scientifique est d'excellent niveau tout comme le taux de publication s'élevant à 4,2 ACL/ETP/an. Cela se traduit par de nombreuses invitations en congrès et par la participation à des écoles d'été. Un membre de l'équipe a notamment reçu la médaille d'argent du CNRS pendant la période.

Points forts et possibilités liées au contexte

Les activités de l'équipe BIO sont en ligne avec le développement important en ce moment de matériaux mous multifonctionnels, robotiques, biomécanique.

Par ailleurs, l'équipe propose des procédés d'extraction et recyclage de polymères, thème à pousser fortement dans le contexte actuel de pollution environnementale.

Les activités développées sont favorables au dépôt de brevets, ce qui a été le cas pendant la période (par exemple, un brevet déposé en 2020).

Points faibles et risques liés au contexte

Le comité remarque que l'équipe BIO manque de support technique, ce qui met en péril ses activités, difficulté similaire à celle de l'équipe MPI.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

La trajectoire de l'équipe BIO concerne le développement de matériaux aérogels comme matrice de principes actifs, notamment pour la santé, des composites avec des charges bio-sourcées, notamment pour l'isolation thermique, et des solutions d'impression 3D de solutions de polysaccharides.

Un nouveau thème est apparu récemment sur l'impact des plastiques sur l'environnement.

La fusion des équipes BIO, MPI et PSF est prévue dans la trajectoire. Cette fusion devrait permettre d'ajouter aux sujets traités actuellement une composante mécanique rendant les études plus riches encore.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

En collaborant avec les équipes MPI et PSF, l'équipe BIO pourrait travailler encore mieux sur les applications ingénieries des matériaux développés. Le comité ne peut donc qu'encourager le rapprochement proposé pour ces équipes.

Équipe 7 : PSF - Procédés, Surfaces, Fonctionnalités

Nom du responsable : M. Pierre Montmitonnet

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Les thématiques de recherche de l'équipe PSF sont l'ingénierie des surfaces (procédés, fonctionnalisation, mécanismes d'oxydation, etc.) et la tribologie.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les recommandations du précédent rapport relatives à l'équipe PSF (obtenir des financements « blancs ou libres », porter une attention aux développements expérimentaux) ont été suivies par des actions concrètes. Par exemple, une ANR JCJC a été obtenue, en 2022, par une personne chargée de recherche École des Mines et recrutée en 2016 ; un projet région a permis l'achat d'un nouveau MEB ; un équipement de micro-indentation et un tribomètre ont complété le parc expérimental.

Une autre recommandation portait sur le maintien ou non des activités modélisation et simulation numérique, et celles de physico-chimie et analyse de surface. L'activité physico-chimie et analyse de surface, importante pour l'ingénierie des surfaces et la tribologie, apparaît être soutenue par l'équipe et l'unité. En effet, un FTIR a été remis en route et un projet est coconstruit avec la direction et l'environnement scientifique de l'équipe pour l'achat d'un XPS dernière génération.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maitres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	2
Personnels d'appui à la recherche	1
Sous-total personnels permanents en activité	5
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	1
Doctorants	5
Sous-total personnels non permanents en activité	6
Total personnels	11

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe PSF bénéficie de financements de thèses réguliers (dont 50 % en thèses Cifre) et de moyens expérimentaux originaux lui permettant de mener des relations contractuelles soutenues avec le monde socio-économique. La production scientifique est perfectible avec un taux de publication s'élevant à 1,1ACL/ETP/an. Au cours de la période, deux des cinq membres permanents de l'équipe ont réorienté leur thématique de recherche vers la fabrication additive. Cette thématique n'apparaît encore que très peu l'équipe étant principalement orientée vers la tribologie.

Points forts et possibilités liées au contexte

Le recrutement en 2016 d'une chargée de recherche au sein de l'équipe PSF a permis de dynamiser l'axe tribologie. Une ANR JCJC a été obtenue en 2022.

La production scientifique, 1,1 ACL/ETP/an, est perfectible si l'on tient compte du fait que certains des membres de l'équipe ont choisi de réorienter leurs thématiques de recherche et sont peu publiant.

L'équipe possède des moyens expérimentaux, originaux et récents pour certains. Ceux-ci constituent un véritable atout pour le montage de projets collaboratifs et pour l'attractivité de l'équipe.

Points faibles et risques liés au contexte

Deux membres de l'équipe PSF ont réorienté leur thématique vers la fabrication additive, et ont rejoint le nouvel axe transversal MSF en 2022. La taille de l'équipe restante devient sous-critique. Ceci constitue un risque à moyen terme. Logiquement, l'axe tribologie de l'équipe s'est donc recentré sur deux sujets porteurs en lien avec son histoire et les évolutions industrielles.

Quatre abandons de thèse ont eu lieu pendant la période, ce qui est assez important par rapport au nombre total de doctorants.

Les moments d'échanges autour des travaux des chercheurs (séminaire de doctorants, d'EC ou de chercheurs invités) sont rares. Il n'existe pas d'espace commun permettant de favoriser les rencontres et discussions informelles.

Certains outils de caractérisations sont vieillissants.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

Deux membres de l'équipe PSF réorientent leur thématique et intègrent le nouvel axe transversal « MSF pour microstructures fonctionnelles ». La taille de l'équipe restante devient sous-critique. De ce fait, le rapprochement avec les équipes MPI et BIO est discuté et bienvenu. Ce point a été présenté lors des entretiens avec le comité d'experts. Les thématiques scientifiques de PSF qui se sont recentrées sur la tribologie et l'ingénierie des surfaces, s'inscrivent de manière cohérente dans des thèmes proposés pour la future équipe issue du rapprochement de BIO et MPI, tels que la durabilité des surfaces et interfaces (matériaux polymères, biosourcés, recyclés), le collage mécanique ou physico-chimique.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

En s'associant avec les équipes MPI et BIO, l'équipe PSF apportera ses compétences en ingénierie des surfaces et interfaces. L'équipe résultante pourrait travailler encore mieux sur les applications ingénieries des matériaux développés. Le comité ne peut donc qu'encourager le rapprochement proposé des trois équipes. Il faudra veiller à conserver le dynamisme actuel sur des thèmes scientifiques nouvellement lancés tels que le développement de lubrifiants adaptés aux conditions sévères de lubrification limite, dans le contexte du véhicule électrique.

DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

DATES

Début : 16 novembre 2023 à 8h15

Fin : 17 novembre 2023 à 17h00

Entretiens réalisés en présentiel

PROGRAMME DES ENTRETIENS

Jeudi 16 novembre 2023

08h15-08h30	Accueil
08h30-09h30	Réunion du comité de visite (huis clos en salle Cemef)
09h30-09h45	Introduction - Présentation des membres du comité
09h45-10h45	Présentation générale du Cemef - bilan - discussion
10h45-11h00	Pause-café
11h00-13h00	Présentation des équipes de recherche et d'un axe (bilan, trajectoire et discussion) CFL- Computing and Fluids CSM- Computational Solid Mechanics BIO- Polymères et Composites Biosourcés MPI - Mécanique Physique des Polymères Industriels
13h00-14h00	Déjeuner
14h00-15h45	Présentation des équipes de recherches et d'un axe MSR- Métallurgie, Structures et Rhéologie 2MS- Structures et Propriétés dans les Procédés de Solidification PSF- Procédés, Surfaces et Fonctionnalités Axe MSF - Microstructures et fonctionnalités
15h45-16h15	Pause-café
16h15-17h15	Visite du laboratoire et Ateliers thématiques
17h15-19h00	Réunion du comité de visite (huis clos en salle Cemef)

Vendredi 17 novembre 2023

08h30-09h30	Réunion avec les tutelles
09h30-10h30	Visite du laboratoire et ateliers thématiques
10h30-10h45	Pause-café
10h45-11h45	Présentation de la trajectoire du Cemef - discussion
11h45-12h30	Entretien avec le personnel d'appui à la recherche
12h30-13h30	Déjeuner
13h30-14h15	Entretien avec les doctorants et post-doctorants
14h15-15h00	Entretien avec le personnel chercheur et enseignant-chercheur
15h00-16h00	Conclusions de la journée (comité et direction du Cemef, huis clos en salle Cemef)
16h00-17h00	Réunion du comité de visite (huis clos en salle Cemef)

OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES

Arnaud TOURIN

Vice-président recherche, sciences et société

+33 1 80 48 59 13
arnaud.tourin@psl.eu

Paris, le 15 mai 2024

M. Eric SAINT-AMAN
Directeur
Département d'évaluation de la recherche
HCÉRES

Référence : DER-PUR250024251 - CEMEF - Centre de mise en forme des matériaux.

Monsieur le Directeur,

Les tutelles de l'unité CEMEF remercient l'ensemble des experts pour leur travail d'évaluation.

Vous trouverez ci-joint les observations formulées sur leur rapport par Mines Paris-PSL.

Je vous prie de recevoir, Monsieur le Directeur, mes plus cordiales salutations.



Arnaud TOURIN

Paris, le 10 mai 2024

Évaluation de l'Unité de Recherche CEMEF
CENTRE DE MISE EN FORME DES MATERIAUX
Observations

La Direction de Mines Paris - PSL tient à remercier le Comité de visite HCERES pour l'objectivité et le sérieux de son évaluation.

Le Comité a noté l'excellente dynamique qui anime le Cemef et a insisté sur son rayonnement académique, son attractivité ainsi que sa capacité à financer ses recherches tant sur ressources publiques que privées. Nous l'en remercions.

Nous souhaitons néanmoins apporter des éléments de réponse à quelques points mentionnés dans le rapport d'évaluation.

Le Comité a attiré notre attention sur les risques potentiellement associés au modèle économique du Cemef. Mines Paris – PSL tient à rappeler que ce modèle, décliné sur l'ensemble des centres de recherche et appuyé sur une forte activité contractuelle avec les acteurs industriels, a fait ses preuves depuis plusieurs décennies et a permis de mettre en place des partenariats fructueux, dans la durée, bénéficiant tant aux centres de recherche qu'aux industriels. Dans les faits, ce modèle donne une grande souplesse aux équipes pour alterner les activités de recherche sur financement public (recherche souvent amont) et contractuelle (recherche orientée avec les industriels) et permet de tisser des liens étroits avec la sphère socio-économique. En ce qui concerne le Cemef spécifiquement, on pourra noter un équilibre remarquable entre recherche partenariale et rayonnement scientifique de haut niveau, grâce aux compétences des personnels, leur exceptionnel taux de succès sur AAP publics – comme noté par le Comité – et un pilotage fin de l'activité par la Direction du centre.

Si ce modèle permet le financement des activités et d'une partie du personnel contractuel (sur Armines), il s'appuie également sur la prise en charge de la masse salariale de la majorité des agents permanents sur la dotation de l'Ecole. Dans le contexte économique que l'ESR connaît depuis plusieurs années et auquel Mines Paris – PSL n'échappe pas, cela implique des arbitrages délicats entre personnels scientifiques et fonctions dites « support ». En particulier, les personnels dédiés au MCO des moyens expérimentaux constituent d'ores et déjà un sujet d'attention pour l'établissement qui s'attachera à répondre au mieux aux besoins du centre avec le soutien de PSL et du CNRS.

Pour conclure sur le modèle économique, le Comité a noté les risques associés à la politique d'intéressement menée par Mines Paris – PSL. Si ce dispositif constitue un élément d'attractivité indéniable, il est encore très

nouveau et nécessitera évidemment un retour d'expérience afin d'en identifier tous les effets, positifs comme négatifs.

Sur le plan scientifique, le Comité a noté d'importantes évolutions par rapport aux thématiques historiques du Cemef - et en particulier un fort investissement dans le domaine de l'intelligence artificielle - avec un risque de dispersion thématique associé. Cette évolution est pleinement assumée par Mines Paris – PSL : le Cemef a su rester centré sur ses thématiques de cœur tout en s'adaptant aux évolutions scientifiques actuelles. Il a ainsi été capable de constituer l'un des meilleurs centres en numérique de France et s'assurer d'une forte visibilité internationale (comme en témoignent les chaires ou les 400 licences délivrées en France et à l'étranger, sachant ainsi capitaliser sur sa capacité à développer des outils numériques.

La mise en place d'axes transverses initiée récemment permettra par le déploiement des moyens disponibles (ressources internes, chercheurs associés, collaborateurs externes ou industriels), d'appliquer et transférer les compétences du Cemef aux enjeux actuels (santé, énergie, développement durable, etc.), en cohérence avec le modèle de recherche orientée de Mines Paris - PSL.

Pour conclure, Mines Paris - PSL tient à remercier les membres du Comité d'évaluation du HCERES pour le très bon esprit - constructif, attentif et bienveillant - dont ils ont fait preuve lors de l'évaluation de l'Unité, ainsi que l'ensemble des personnels du Cemef pour leur implication dans cet exercice d'évaluation exigeant.

A handwritten signature in blue ink, reading "Agnès Laboudigue".

Agnès Laboudigue
Directrice de la Recherche par intérim, Mines Paris-PSL

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)

