



Compte-Rendu Scientifique LABX

INFORMATIONS SUR LE PROJET

Acronyme du projet

MMCD

Rapport couvrant la période du

01/01/2020

au

31/12/2020

Date de notification de la convention attributive d'aide

-0001-11-30

Titre complet du projet

Modélisation et Expérimentation Multi-Echelles des Matériaux pour la Cons-truction Durable

Etablissement coordinateur

Université Gustave Eiffel

Date de début du projet

2012-03-01

Date de fin du projet

2019-12-31

Mots-clés

matériaux; microstructure; hétérogénéités; nanostructure; simulation numérique; imagerie; changement d'échelle; mécanique; transport; couplage; thermo-hydro-mécanique; endommagement; rupture; fissuration; rhéologie; élaboration; matériaux naturels;

Site web du projet

<http://mmcd.univ-paris-est.fr>

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU PROJET, REDACTEUR DU PRESENT RAPPORT

Nom, Prénom

BORNERT

Téléphone :

0698913736

Courriel

michel.bornert@enpc.fr

Date de rédaction

2021-03-18

RESUME PUBLIC / PUBLIC SUMMARY

Résumé du projet

Intégrant son avancement et faits marquants depuis le début. Cette partie sera actualisée chaque année. Maximum 20 lignes - 2000 caractères.

Le Labex MMCD vise à structurer la communauté "matériaux" du site Paris-Est autour d'un projet centré sur les matériaux de la construction, et à y faire émerger une activité de recherche amont originale, impliquant des compétences diverses et complémentaires. Lors de sa première phase de fonctionnement, de 2012 à 2019, les moyens du Labex ont permis de financer 34 thèses et 22 post-doctorats qui ont produit 116 publications dans des revues internationales (au 15/03/2021). Les autres modes d'action sont l'accueil de chercheurs étrangers sur des durées de l'ordre du mois, l'acquisition de moyens expérimentaux ou de calcul spécifiques, ainsi que l'organisation de manifestations scientifiques. Un séminaire interne annuel regroupe l'ensemble des acteurs du Labex pour faire le point des recherches en cours et évoquer de nouvelles orientations. Le Labex soutient également l'organisation par ses chercheurs de manifestations scientifiques nationales ou internationales. Certaines sont de grande envergure, telle la conférence Biot organisée en 2017. D'autres visent à établir ou renforcer les liens avec des institutions étrangères, comme les deux séminaires d'échange avec l'université de Cambridge organisés en 2018/2019. Depuis le démarrage en 2017 du projet I-Site FUTURE, les chercheurs du Labex apportent aussi leurs compétences aux projets de recherche multidisciplinaires promus par ce dernier. Après une année 2019 de transition qui a conduit à restructurer l'activité du labex sous forme de 7 « projets structurés » ambitieux focalisés sur des thématiques fortes et originales du Labex, l'année 2020 a été celle du redémarrage effectif de l'activité scientifique dans ce nouveau contexte, avec en particulier 8 nouvelles thèses, dont 5 en co-financement, et 2 projets post-doctoraux. La crise sanitaire a toutefois fortement perturbé l'effet fédérateur du Labex, en imposant l'annulation ou le report de nombreuses manifestations scientifiques

ETAT D'AVANCEMENT DU PROJET / PROGRESS OF THE PROJECT

Décrire ici l'état d'avancement du projet par rapport au contenu de la convention Labex sur ses différents volets : gouvernance/organisation, recherche, formation, valorisation, rayonnement, en focalisant sur les éléments importants de la vie du projet dans l'année écoulée. Dans chacun de ces volets, il conviendra de décrire ce qui a été réalisé, ce qui a dû être infléchi ou modifié, ce qui n'a pas pu être réalisé. Les causes des modifications ou non réalisations devront être explicitées. Le cas échéant, les principales difficultés rencontrées par le projet devront également être rapportées.

Gouvernance (lancement, organisation et gouvernance du projet, pilotage et dispositifs de suivi, mode d'implication des directeurs d'unités de recherche concernés). Maximum 1 page - 4200 caractères.

Après le remaniement de la gouvernance du Labex fin 2015 pour répondre aux recommandations à mi-parcours du comité international d'experts, son organisation a à nouveau été revue en 2018 avec l'objectif d'une intégration de plus en plus poussée des activités de recherche sur les matériaux de la construction sur Paris-Est, autour de quelques grandes thématiques phares. La "phase 1" du labex, de 2012 à 2015, a été celle d'une découverte réciproque des chercheurs issus de communautés et de laboratoires différents, avec très peu d'histoire antérieure commune. La "phase 2" du labex, de 2016 à 2018, a été une phase de transition, avec coexistence d'une animation scientifique en quatre « axes » thématiques et en « projets transverses » impliquant un nombre plus élevé de chercheurs titulaires ou étudiants, sur des enjeux plus ambitieux. Trois projets de ce type ont été définis sous la responsabilité d'un animateur garantissant les interactions entre les composantes. Un principe de suivi de projet a également été instauré, reposant sur un compte-rendu annuel sous forme de fiche de synthèse et la participation des chercheurs et étudiants au séminaire du Labex. Ce principe a fonctionné de manière fructueuse en 2016 et 2017, mais a été bridé dès 2018 par le manque de moyens du Labex. L'essentiel des ressources avaient été engagé en 2016 pour lancer les dernières thèses (devant se terminer avant fin 2019). L'appel de 2017 a ainsi été limité au renforcement des projets transverses par des post-doctorats et 2018 a été une année blanche en matière de démarrage de projets de recherche. Il en malheureusement été de même en 2019, suite à la demande de réorienter le projet déposé fin 2018 pour répondre à certaines critiques du comité international. La validation in fine à l'été a été trop tardive pour relancer le labex dès 2019. Une incertitude de trésorerie aurait par ailleurs rendu difficile le démarrage massif de projets.

La phase 3 du labex, reposant sur la notion centrale de projet structuré (SP), étendant celle de projet transverse à un ensemble de modes de financement plus large et à une perspective élargie couplant recherche, enseignement, formation, valorisation et partenariats académiques, internationaux et/ou socio-économiques, n'a ainsi démarré dans les faits que fin 2019. A la suite d'une réunion globale en octobre exposant largement les nouveaux principes, les 7 SP se sont réunis à l'initiative de leurs animateurs à plusieurs reprises pendant l'hiver en comités opérationnels plus restreints mais néanmoins largement ouverts à tous les chercheurs de Paris-Est. L'incertitude quant au calendrier de financement a toutefois repoussé la concrétisation d'un appel à projets et la crise sanitaire mondiale a notablement freiné les initiatives et les contacts avec les candidats docteurs potentiels. L'appel à projets annuel a été diffusé début mai, avec échéance début juin, et comportait un

double volet. Le premier concerne la définition d'un programme d'action pluri-annuel du SP, formalisé dans une « feuille de route », par rapport auxquels se positionnent ensuite les sous-composantes relevant des modes de financement spécifiques (thèses, séminaires, invitations...). Le comité de pilotage, formé des animateurs de SP, des DU des laboratoires partenaires et du RST, a évalué et validé les projets soumis en juin. Du fait d'une démission d'un doctorant (en lien avec la crise sanitaire), un second appel à projets de thèse a été diffusé à la fin de l'été et le comité a validé deux autres candidatures. In fine, 8 thèses (dont 5 cofinancées) et 3 post-doctorats ont été validés, couvrant l'ensemble des SP, mais avec une activité plus intense sur SP1, SP4 et SP5.

Le transfert du portage du Labex de UPE vers UGE à l'automne a induit quelques difficultés administratives, notamment pour l'établissement des contrats de travail. La crise sanitaire a imposé de repousser les deux manifestations scientifiques validées en juin. La saturation générale qu'elle a induit a par ailleurs conduit à ne pas organiser le séminaire annuel du Labex en 2020. Si les projets ont tous pu démarrer, les conditions ont été particulièrement difficiles pour les doctorants.

Recherche. Maximum 1 page - 4 200 caractères.

Comme rappelé dans la rubrique précédente, le travail scientifique du labex se décline depuis 2019 en sept projets structurés :

1. Porous and bio-based materials
2. Multiscale analysis of fracture and damage
3. Rheology/elaboration of complex materials (aerated, reinforced)
4. Surface effects & coatings
5. Geometry for structures and microstructures
6. Materials for new construction methods
7. Advanced experimental & numerical methodologies

Certains (SP1, SP2, SP3) sont l'extension des projets transverses antérieurs, d'autres (SP4 et SP5) résultent de l'émergence de thématiques nouvelles dans la communauté Paris-Est grâce à des projets initiés par le Labex et qui se sont avérés fructueux, notamment du fait de l'interaction entre communautés complémentaires (chimie théorique et traitements de surface pour SP4, théories mathématiques, mécanique des structures et architecture pour SP5). SP6 résulte de la nécessité de proposer une science des matériaux spécifiques aux nouvelles techniques de construction digitale (impression 3D notamment) qui est une composante forte du projet I-site FUTURE. SP7 a une vocation plus amont de développement méthodologique exploratoire. Les projets antérieurs ont en effet montré que ce rôle exploratoire du Labex était nécessaire et potentiellement fructueux (par ex. SP5 résulte d'une telle approche, tout comme les méthodes expérimentales et numériques qui font maintenant la force de SP2). Toutefois, ces SP en sont encore dans une phase émergente puisque les travaux (thèse et post-doctorats) n'ont démarré qu'à l'automne 2020.

L'année 2020 a ainsi été une année légèrement en retrait du point de vue de l'activité de recherche pure, puisque la plupart des projets initiés en phase 2 du labex étaient déjà achevés. On note néanmoins trois soutenances de thèses et une quatrième tout début 2021, qui achèvent cette seconde phase du labex. Ces soutenances tardives s'expliquent chacune par des circonstances particulières et ont toutes été d'excellent niveau (avec par exemple de 2 à 5 publications de très bon niveau déjà parues).

L'année a ainsi été principalement consacrée à la valorisation des projets antérieurs sous forme de publications, dont le nombre est resté élevé (18 publications acl, dans la moyenne des années antérieures) et le niveau toujours élevé, voire en hausse, conformément aux recommandations du comité international d'experts. Toutes ces publications sont (ou seront) en accès libre, conformément à l'engagement pris.

En particulier, il faut relever la publication dans la prestigieuse revue Nature Materials du travail de Francesco Bonacci sur le vieillissement des suspensions colloïdales en lien avec l'évolution des propriétés de contact, mesurées grâce à l'utilisation de pinces optiques et de microscopie confocale, en collaboration avec l'université du Delaware. Ce travail a aussi permis d'obtenir un financement SESAME de la région Ile de France pour acquérir un tel équipement au laboratoire Navier. Un autre travail remarqué concerne l'analyse des mécanismes de séchage du bois, qui a fait l'objet de plusieurs travaux de thèse (Meng Zhou) ou post-doctorat (Nguyen Dang Mao). En combinant la RMN du proton et l'imagerie microtomographique (en particulier sur la ligne Anatomix du Synchrotron Soleil, sur laquelle les chercheurs du Labex ont réalisé la première expérience utilisateur en 2018 et mené plusieurs expériences depuis), un mécanisme inattendu a été révélé, qui combine transfert d'eau libre dans les pores du bois et transfert d'eau liée dans les parois. Ce travail publié dans Physical Review Applied a fait l'objet d'une actualité sur le site du CNRS/INSIS et sera également mis en valeur sur le site du synchrotron. Sur le thème du renforcement des bétons par des fibres, il faut noter le travail très complet de Nicolas Ducoulombier qui a couvert à la fois des questions très technologiques de conception d'un dispositif d'impression 3D de béton avec renfort fibreux continu, et l'analyse mécanique très poussée du comportement du matériau anisotrope obtenu, couplant modélisation mécanique théorique et expérimentation multi-échelle.

Formation. Maximum 1 page - 4 200 caractères.

Le projet initial de 2012 prévoyait la mise en place d'une formation M2 ouverte à un public international centrée sur les domaines scientifiques du Labex. Ce projet s'est toutefois avéré très délicat à mettre en place suite à la nouvelle structuration de l'offre de masters et, surtout, du fait de la trop grande diversité des domaines de compétence couverts par le Labex. Une autre modalité d'action en direction des étudiants de master a de ce fait été adoptée courant 2015, et mise en œuvre en 2016. Il s'agit d'un soutien financier au démarrage des nouveaux masters issus de la restructuration de 2014, pour un montant de 5k€ par formation et selon des modalités spécifiques à chaque master. Dix masters étaient potentiellement concernés par ce soutien, mais seuls 4 en ont fait la demande. Le Labex a par ailleurs financé quelques stages masters en 2016

et 2017, mais l'effet de ces stages en petit nombre s'est avéré insuffisant pour augmenter l'attractivité de ces formations. Ces modalités n'ont pas été poursuivies après 2017, notamment faute de moyens, bien qu'un stage ait toutefois été financé en 2017 pour compléter le travail d'un post-doctorant interrompu par un congé maternité. Par ailleurs, des cours de niveau doctoral sont exigés de la part des visiteurs étrangers dont le séjour est financé par le Labex.

Ces contributions très ponctuelles ne donnant pas entière satisfaction, la réflexion d'ensemble sur les interactions entre le Labex et l'enseignement a été reprise en cours de l'année 2018, dans le contexte du projet de renouvellement. Diverses pistes ont été explorées à l'échelle des formations de M2. Il a par exemple été envisagé d'organiser un séminaire d'ouverture, proposé à un horaire commun, à l'ensemble des étudiants des masters associés au Labex, assuré par des chercheurs du Labex ou des personnalités extérieures invitées et présentant sous une forme accessible à un public large, la diversité des enjeux et démarches scientifiques abordés au sein du Labex. L'assiduité à ce séminaire pourrait permettre d'attribuer un label spécifique au diplôme délivré. La tentative de mise en place d'un tel principe a toutefois mis en évidence un grand nombre de difficultés pratiques, toujours liées à la diversité des disciplines couvertes par le Labex. De telles idées ont toutefois été reprises dans la restructuration de l'offre de formation par la recherche dans le cadre de l'appel SFRI de 2019/2020, auquel le Labex a contribué, notamment dans le cadre d'une réflexion sur la proposition d'un Graduate Program « Matériaux » (voir rubrique lien avec I-site)

L'ensemble de ces considérations ont in fine conduit à proposer dans le nouveau projet de Labex un volet d'enseignement concernant le niveau M2 et au-delà, selon les modalités suivantes :

- une déclinaison de l'offre de formation principalement à l'échelle des "projets structurés" et non pas de l'ensemble des champs disciplinaires relevant du Labex, et comportant deux volets:
- d'une part des stages M2, limités aux préoccupations scientifiques des projets structurés en liaison étroite avec les autres composantes de recherche de ces derniers, de sorte à associer précocement les étudiants de M2 aux recherches du Labex.
- d'autre part des formations spécialisées de niveau doctoral, dispensés par les chercheurs du projet, ou les invités associés au projet, concentré sur quelques périodes dans l'année et pouvant conduire à une offre pérenne de formation doctorale

La crise sanitaire en a rendu difficile la mise en place de telles formations de niveau doctoral, mais les SP, tout au moins ceux bénéficiant d'une certaine maturité, ont bien intégré cette composante dans leur feuille de route et réfléchissent à leur concrétisation pour l'après-crise. Concernant le financement de stages M2 dans le cadre des SP, il ne s'est pas non plus mis en place en 2020 principalement du fait d'un décalage calendaire induit par l'incertitude financière en début d'année et surtout de l'arrêt des programmes expérimentaux du fait de la crise. Ce mécanisme prendra tout son sens lorsque les doctorants recrutés fin 2020 pourront assurer l'encadrement de tels stagiaires.

[Valorisation \(lister les start-up ou entreprises créées depuis le début du projet\).](#)

Maximum 1 page - 4200 caractères.

Plusieurs brevets directement issus de projets du Labex ont été déposés. Ainsi, un brevet national et international a porté en 2016 sur le procédé de traitement des fibres de miscanthus utilisé pour élaborer les matériaux composites bio-sourcés étudiés dans le cadre de la thèse de E Rodi (ICMPE/MSME). Le brevet national "Mousse de géopolymère et son procédé de fabrication" de 2017 résulte des développements de la thèse de B. Feneuil (prix de thèse UPE 2019). Au cours de l'année écoulée, un brevet européen (method and device for manufacturing an anisotropic fibrous concrete) a été déposé pour protéger les développements technologiques menés au cours de la thèse de N. Ducoulombier (cf précédemment). Par ailleurs, un brevet ("Agent de cure pour formulation cimentaire") a été déposé en 2018 et deux autres (« Matériau radiosensible comprenant des dérivés du diacétylène » et « Films auto-supportés et leurs utilisations ») en 2020 par des chercheurs de Navier et ICMPE, respectivement, actifs au sein du labex, sur des thèmes connexes à ce dernier.

Un chercheur de MSME (S. Vincent) spécialisé dans les simulations HPC des écoulements diphasiques, et ayant bénéficié d'un financement Labex (thèse Yang Xu, soutenance 2018) pour développer des méthodes de calcul de dépôt de couches minces par projection de gouttelettes (lien avec SP2) a créé la start-up Wints (<http://wints.fr/>) qui propose des outils « Software As A Service » pour la modélisation et la simulation des transferts diphasiques à travers une interface Web. Le moteur de calcul repose sur le logiciel Fugu développé à MSME. Par ailleurs, certains projets de micro-fluidique menés au sein de l'Axe 3 ou du projet transverse 3 impliquent des chercheurs associés à l'entreprise Fluidion (<http://www.fluidion.com/fr/>), créée en 2012 et dont le gérant est un ancien enseignant-chercheur de ESYCOM/CMM.

On peut également noter que le projet de thèse de N. Ducoulombier, portant sur le comportement de bétons renforcés par des fibres longues et l'utilisation de ces matériaux pour la construction additive, est mené en partenariat avec une start-up (X-Tree) dont l'objectif est de proposer des solutions constructives novatrices, et qui connaît actuellement une croissance très importante. À l'issue de son contrat doctoral, N. Ducoulombier a d'ailleurs poursuivi son travail dans le cadre d'un contrat entre cette entreprise et l'ENPC et a rejoint l'entreprise en CDD en cours d'année 2020.

De manière plus générique, on peut affirmer qu'un nombre significatif de projets du Labex ont eu ou pourront avoir des répercussions notables dans le monde économique. C'est très clair pour l'activité de SP5 " Geometry for structures and microstructures ", qui résulte à l'origine de considérations mathématiques relativement amont, et qui intéresse aujourd'hui fortement les bureaux d'étude. Trois projets de thèse en partenariat industriels (Bouygues, Viry) ou internationaux (EPFL) ont d'ailleurs émergé sur ce thème (voir liste des co-financements). Il en sera probablement de même de l'activité "Surface effects & coatings" qui suit une trajectoire partie de la simulation numérique, passant par les développements expérimentaux et arrivant actuellement aux problématiques concrètes de protection vis-à-vis de la corrosion, de traitements antibactériens ou encore de mise au point de capteurs. Très récemment, les collaborations entre MSME (simulation), ICMPE (élaboration) et imagerie (Navier), notamment dans le cadre de SP1, ont conduit ces trois partenaires à répondre collectivement à des appels à projets gérés par la SATT Ergané, avec un succès obtenu sur un projet de prématuration technologique sur l'élaboration de mousses.

Si SP2 (Multiscale analysis of fracture and damage) a une vocation plus générique ou méthodologique, il est remarquable que les développements issus des thèses associées, aient engendré plusieurs autres partenariats, soit dans le cadre de projets ANR PRCI, du programme

CNRS NEEDS ou encore avec des organismes publics (CEA, ANDRA...). D'autres exemples pourraient être cités dans le même esprit.

Rayonnement, actions de promotion du Labex (précisez les cibles et la part de l'aide des moyens consacrés). Maximum 1 page - 4200 caractères.

Environ 2% du budget du Labex est dédié au soutien à l'organisation de colloques scientifiques par les chercheurs du Labex. Ces crédits à hauteur de 0,5 à 5k€, sont accordés à la condition d'en faire état auprès du public concerné par la manifestation, à la fois dans les présentations introductives et les documents écrits distribués aux conférenciers. Cette procédure assure une visibilité (nationale ou internationale selon le cas) au labex MMCD et aux travaux du labex qui y sont présentés. A ce jour, 18 manifestations ont été soutenues (<http://mmcd.univ-paris-est.fr/agenda/>).

Ce principe est maintenu dans la phase 3 du labex qui vient de démarrer, avec le souci de motiver et privilégier des manifestations en lien fort avec les SP. Il était d'ores et déjà prévu de soutenir deux nouvelles manifestations en 2020, l'une à caractère national (célébration des 50 ans d'activité sur les polymères à Thiais, liée aux projets SP1, SP3 et SP4) et l'autre internationale (conférence Advances in Architectural Geometry, liée au projet SP5). La crise sanitaire a toutefois imposé de repousser ces événements, actuellement prévus en 2021, sans garantie pour le premier et sous forme virtuelle pour le second.

Par ailleurs, le Labex organise aussi ses propres manifestations : il s'agit d'abord des séminaires annuels, à vocation essentiellement interne, organisés sur 2 jours depuis 2016 (dernier en date : 2 et 3 juillet 2018). Compte-tenu de l'incertitude quant à son renouvellement et de la phase de transition que le Labex a connue en 2019, avec peu de projets scientifiquement actifs (9 thèses en phase finale de rédaction à l'été 2019, un seul projet de thèse en seconde année), ce séminaire n'a pas été organisé en 2019. La crise sanitaire de 2020 a malheureusement aussi tué dans l'œuf toute initiative pour le renouveler durant l'été ou l'automne 2020. Il conviendra de réactiver cette pratique lorsque le Labex aura retrouvé une situation plus stable, avec en particulier les premières productions scientifiques des projets démarrés à l'automne 2020.

Le Labex a aussi organisé de manière autonome en 2014 trois séminaires spécialisés sur des thèmes sélectionnés, ouverts aux participant externes, éventuellement sur invitation. Ce dernier type de manifestations sera amené à se développer, dans le contexte des projets structurés proposés dans le nouveau projet, dont ils constitueront un élément de communication essentiel. Un tel événement est d'ailleurs prévu par SP2 fin mars 2021, pour l'instant dans une configuration à vocation encore locale.

Une autre volet de rayonnement international repose sur l'invitation de chercheurs étrangers, pour des durées de 1 à 2 mois (environ 1% du budget). Les dernières visites dates de 2018. Pour les raisons déjà évoquées (phase d'incertitude et de transition), on ne recense aucun chercheur visiteur en 2019. Et bien sûr les événement de l'année 2020 ont rendu impossible toute invitation de ce type. On peut toutefois évoquer l'invitation du Prof. Busnell dans le cadre du programme « professeur invité » de I-site FUTURE, mais dont le séjour s'est limité à la participation à des séminaires virtuels avec quelques échanges avec certaines composantes du labex, mais de manière trop sommaire.

Un mécanisme à l'intersection entre les deux principes précédents a par ailleurs été instauré en 2018 : il s'agit de l'organisation de séminaires d'échanges avec une institution étrangère en vue d'explorer les opportunités de coopération. Une première manifestation de ce type a été organisée et financée par le Labex en septembre 2018 pour accueillir 4 chercheurs de l'Université de Cambridge et a été renouvelée en avril 2019 pour accueillir 3 autres chercheurs de la même institution. Ces séminaires sur 2 jours ont regroupé une trentaine de chercheurs des laboratoires du Labex. Ces manifestations ont été unanimement appréciées, et ce principe sera reconduit et encouragé dans le contexte du fonctionnement en SP dans les années à venir. Ces échanges préliminaires n'ont pas été suivis de projets de collaboration plus concrets, les échanges internationaux de l'Université de Cambridge étant gelés tant que la crise sanitaire est en cours.

FICHIERS ILLUSTRANT L'AVANCEMENT DU PROJET

Afin d'illustrer l'avancement du projet, 4 fichiers en format .jpg peuvent être joints. Charger les fichiers en cliquant sur le lien "[Envoyer des fichiers](#)" ci-dessous.

[Aucun fichier enregistré]

RELATIONS AVEC L'IDEX / ISITE (A NE COMPLETER QUE PAR LES LABEX IN IDEX / ISITE)

Décrire l'intégration du Labex dans l'Idex /Isite et le rôle d'animation de l'Idex /Isite Maximum 1 page - 4 200 caractères.

Le RST de MMCD rencontre régulièrement les RST des 3 autres Labex (SITES, Bézout et Futurs Urbains) associés au projet I-Site FUTURE, ainsi que les instances de gouvernance de ce dernier, notamment pour l'élaboration de projets communs à l'échelle de l'I-site. Cela a été le cas lors de la définition initiale des contours du volet scientifique de l'I-site; cela l'a à nouveau été lors de la réflexion sur la structuration de l'offre de formation par la recherche (SFRI) en 2019/2020. Un comité restreint formé de Xavier Chateau, directeur de l'École Doctorale SIE, François Chevoir chercheur IFFSTAR à Navier et directeur de la première année de la formation d'ingénieur à l'ENPC et du RST du Labex, a pris contact avec l'ensemble des responsables de M2 liés à MMCD, pour proposer une architecture de « Graduate Program » sur le thème des matériaux. Il comportait des voies de mise en place d'actions transformantes pour renouveler l'offre de formation dès le niveau M1 (dont une première concrétisation serait un master M1 sur les matériaux, projet est porté par X. Chateau), ainsi que des mécanismes transversaux dérivés de ceux envisagés dans le cadre du Labex (cf rubrique formation) et complétant l'offre de ce dernier focalisé préférentiellement les parcours M2 et surtout doctoraux. Les principes de cette proposition, composante de la « Graduate School » chapeautant le projet SFRI, ont été acceptés par le comité de pilotage de ce dernier. Des difficultés institutionnelles liées à la multiplicité des tutelles intervenant dans cette offre (le Labex et les composantes de formation concernées relevant de Univ. G. Eiffel mais aussi de UPEC et de l'ENPC), et de communication entre les composantes M2 concernées et d'autres structures de l'UPEM les fédérant, ont conduit à ne pas intégrer cette composante d'emblée dans le projet SFRI. La réflexion va être reprise courant 2021 avec le recul nécessaire et l'ensemble des acteurs.

Le RST du Labex MMCD est également membre du CS de l'Isite et intervient notamment dans l'évaluation de certains projets de ce dernier, en particulier le programme d'accueil des chercheurs étrangers et les projets scientifiques "exploratoires". Les projets "impulsion" plus conséquents mais encore thématiques et les projets à large spectre "Tremplin" sont évalués par un comité international. Cela garantit une certaine cohérence entre les modalités de financement gérées aux deux échelles (Labex et Isite) ; cela concerne en particulier les programmes d'accueil de chercheurs étrangers et de chercheurs du monde socio-économique, déclinés sur des échelles de temps différentes. Les projets exploratoires de l'Isite sont aussi un moyen d'aborder de nouvelles pistes scientifiques avec une enveloppe financière non envisagée par MMCD, pour éviter les doublons. Dans ce contexte, deux projets (QUIET et HYPHO) ont démarré en 2020 sur des thèmes proches du labex, en aval ou amont, selon le cas, d'actions de ce dernier (SP7 ou SP1 respectivement).

Mais l'essentiel des complémentarités se joue aux interfaces scientifiques entre projets Impulsion et Tremplin et SP du Labex, les seconds fournissant le support de recherche fondamentale nécessaire aux premiers. Ainsi SP6 est clairement conçu comme support aux projets Tremplin Dixite (construction numérique...) et Impulsion Alluvium (construction en terre), positionnés à une échelle plus technologique. De même, SP4 est lié au projet Impulsion Capteurs, focalisé sur la conception et la réalisation de capteurs pour le bâtiment. Enfin, GAMES est une extension de projets théoriques initiés par MMCD (qui ont conduit à SP5, en lien également avec Bézout) et vise à réaliser en pratique les principes théoriques élaborés en amont. Ce projet Impulsion a néanmoins toujours besoin d'une assise théorique qu'assureront les Labex. Cela s'est concrétisé en 2020 par le co-financement de deux thèses, grâce aux moyens financiers apportés par les partenariats industriels que GAMES a su mobiliser. Le Labex tout seul n'aurait probablement pas pu arriver à ce résultat, l'écart en TRL étant trop important. Un montage similaire mobilisant un soutien par Saint Gobain a permis le démarrage d'un post-doctorat MMCD/Alluvium.

LISTE DES 10 PUBLICATIONS MAJEURES DU PROJET

Renseigner la liste des 10 publications majeures publiées dans les revues référencées dans le web of science au cours de l'année. Seules les publications effectives (avec date de publication) doivent être listées. Maximum 1,5 pages - 6300 caractères.

** Thématique "nouveaux matériaux, poreux, biosourcés, composites..."

1 - Penvern, H., Zhou, M., Mailliet, B., Courtier-Murias, D., Scheel, M., Perrin, J., Weitkamp, T., Bardet, S., Caré, S., Coussot, P., (2020), How Bound Water Regulates Wood Drying, Physical Review Applied, 14(5), 054051, doi: 10.1103/PhysRevApplied.14.054051

Cet article a fait l'objet d'une actualité sur le site du

CNRS/INSIS : <https://insis.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/le-role-surprenant-de-leau-dans-le-sechage-du-bois> et sera également mis en valeur sur le site du

Synchrotron Soleil.

2 - Nguyen, Q.-B., Nguyen, N.-H. Rios de Anda, A., Nguyen, V.-H., Versace, D.L., Langlois, V., Naili, S., Renard, E., (2020) Photocurable bulk epoxy resins based on resorcinol derivative through cationic polymerization, Applied Polymer Science, 137:e49051, doi: 10.1002/app.49051

3 - Feneuil, B., Roussel, N., Pitois, O. (2020), Yield stress of aerated cement paste, Cement and Concrete Research, 127, 105922, A3, DOI: 10.1016/j.cemconres.2019.105922

4 - Mezhoud S., Monchiet V., Bornert M., Grande D. (2020), Computation of macroscopic permeability of doubly porous media with FFT based numerical homogenization method, European Journal of Mechanics, B Fluids, 83, pp. 141-155, doi: 10.1016/j.euromechflu.2020.04.012

** Thématique fissuration/endommagement :

5 - Souguir, S., Brochard, L., Sab, K., (2020), Stress concentration and instabilities in the atomistic process of brittle failure initiation, International Journal of Fracture, Vol. 224, pp. 235-249, doi: 10.1007/s10704-020-00459-x

6 - Ducoulombier, N., Chateau, C., Bornert, M., Caron, J.-F., Aïmedieu, P., Weitkamp, T., Perrin, J., King, A., Scheel, M. (2020), X-ray tomographic observations of microcracking patterns in fibre-reinforced mortar during tension stiffening tests, Strain, , doi: 10.1111/str.12347

** Thématique "Rhéologie"

7 - Bonacci, F., Chateau, X., Furst, E.M., Fusier, J., Goyon, J., Lemaître, A. (2020) Contact and macroscopic ageing in colloidal suspensions, Nature Materials, 19(7), pp. 775-780, <https://rdcu.be/b2phj>, doi: 10.1038/s41563-020-0624-9

** Thématique "Structures et géométrie"

8 - Tellier, X., Douthe, C., Hauswirth, L., Baverel, O. (2020) Linear-Weingarten membranes with funicular boundaries, Structural Concrete, 21(6), pp. 2293-2306, doi: 10.1002/suco.202000030

** Thématique « Matériaux pour les nouvelles méthodes de construction »

9 - Ducoulombier, N., Demont, L., Chateau, C., Bornert, M., Caron, J.-F. (2020) Additive Manufacturing of Anisotropic Concrete: a Flow-Based Pultrusion of Continuous Fibers in a Cementitious Matrix, Procedia Manufacturing 47,1070-1077, doi: 10.1016/j.promfg.2020.04.117

** Thématique « Nouvelles méthodes expérimentales ou numériques » :

10 - Cancès, E., Ehrlicher, V., Legoll, F., Stamm, B., Xiang, S. (2020) An embedded corrector problem for homogenization. Part I: Theory. Multiscale Modeling & Simulation 18(3) pp.1179-1209, doi: 10.1137/18M120035X

Il est à noter que la quasi-totalité des publications du Labex MMCD sont maintenant en accès libre, conformément aux engagements pris lors du renouvellement. Les liens "open access" des articles sont disponibles sur la page des publications du Labex : <http://mmcd.univ-paris-est.fr/publications-and-reports/articles-in-international-peer-reviewed-journals/>

COMMENTAIRES LIBRES / FREE COMMENTS

[Ces commentaires libres peuvent porter sur le projet lui-même et sa trajectoire, sur les indicateurs fournis, sur les aspects financiers. Maximum 1 page - 4 200 caractères.](#)

*** LA NOUVELLE INTERFACE DE SAISIE EST PARTICULIEREMENT INSTABLE.***

*** J'ai du introduire à plusieurs reprises les données et certaines pourraient être incomplètes. Le document complet est disponible et peut être transmis par des voies plus humaines si jamais le résultat de cette opération informatique de soumission s'avérait infructueuse.***

*** Suite au changement de la tutelle porteuse du Labex MMCD au 1/10/2020, l'adresse du site web du labex va évoluer pour passer de <http://mmcd.univ-paris-est.fr> à <http://www.labex-mmcd.fr>.

Cette transition devrait s'opérer au printemps 2021.

*** Le tableau de saisie des cofinancement ne fonctionnant pas avec la nouvelle interface (impossible d'ajouter une ligne, problème constaté sur plusieurs navigateurs), les données sont fournies ci-après selon le même format.

Il s'agit pour l'essentiel de projets ANR ou financés par la région IdF (DIM MAP et RESPORE) obtenus à la suite de travaux initiés dans le cadre du

Labex ou sur des thèmes connexes. de projets de recherche (de type Exploratoire, Impulsion ou Tremplin) de I-site FUTURE en lien étroit avec des composantes du Labex, et de relations contractuelles avec des partenaires privés reposant sur des compétences acquises dans le cadre de projets initiés par le Labex (voir à ce sujet la rubrique "valorisation")

Etablissement	Coordinateur	Type Cofinancier	Cofinancier	nature	Total	2020
UGE	PUBLIC-ANR	ANR/PRISMADD	monétaire	144931	23189	
ENPC	PUBLIC-ANR	ANR/PRISMADD	monétaire	163175	26108	
ENPC	PRIVE-ENTREPRISES	VIRY	monétaire	80000	0	
ENPC	PRIVE-ENTREPRISES	EGIS	monétaire	50000	0	
ENPC	PUBLIC-ADMINISTRATION	ANDRA	monétaire	27500	0	
ENPC	PUBLIC-ANR	ANR	monétaire	299592	44938	
CNRS	PUBLIC-ANR	ANR	monétaire	136080	20412	
ENPC	PUBLIC-ANR	ANR	monétaire	176941	0	
ENPC	PUBLIC-ANR	ANR	monétaire	126048	20168	
ENPC	PUBLIC-ANR	ANR	monétaire	32400	4860	
ENPC	PUBLIC-AUTRES-ORGANISME	CEA Cadarache	monétaire	24938	0	
ENPC	PUBLIC-COLLECTIVITES	Region IdF / DIM RESPORE	monétaire	50000	4845	
CNRS	PUBLIC-COLLECTIVITES	Region IdF / DIM MAP	monétaire	130000	50000	
CNRS	PRIVE-ENTREPRISES	Total	monétaire	12000		
CNRS	PUBLIC-COLLECTIVITES	Region IdF / DIM RESPORE	monétaire	110000	0	
CNRS	PUBLIC-ANR	ANR/SAFRAN	monétaire	192000	0	
CNRS	PRIVE-ENTREPRISES	ARIANEGROUP	monétaire	43000	0	
CNRS	PUBLIC-ANR	ANR/DUPON	monétaire	348000	0	
ENPC	PUBLIC-AUTRES-ORGANISME	IFPEN	monétaire	30000	0	
ENPC	PRIVE-ENTREPRISES	Bouygues Construction	monétaire	82674	0	
ENPC	PUBLIC-AUTRES-ORGANISME	CSTB	monétaire	100000	0	
UGE	PRIVE-ENTREPRISES	RAZEL/TOTAL/EDF	monétaire	234000	78498	
ENPC	PUBLIC-ANR	I-Site FUTURE Tremplin Dixite	monétaire	437787,52	437787,52	
ENPC	PUBLIC-ANR	I-Site FUTURE Visiteur	monétaire	26666,66	26666,66	
ENPC	PUBLIC-ANR	I-Site FUTURE Impulsion Alluvium	monétaire	79000	16000	
ENPC	PUBLIC-ANR	I-Site FUTURE Impulsion Games	monétaire	115000	94200	
ENPC	PRIVE-ENTREPRISES	Total	monétaire	116296	116296	
ENPC	PUBLIC-ANR	I-Site FUTURE Exploratoire Quiet	monétaire	17820	12474	
UGE	PUBLIC-ANR	I-Site FUTURE Exploratoire HYPHO	monétaire	18400	18400	
UPEC	PUBLIC-ANR		monétaire			
total				3404249,18	994842,18	

INDICATEURS

Reconnaissance scientifique :

Toutes les données sont renseignées en année civile sur l'année 2020

ERC*	0
IUF**	0
Médailles CNRS	0

Indiquer les noms des Lauréats ERC au titre de 2020 :

Starting grants	0
Consolidator grants	0
Advanced grants	0

Autre Prix ou distinction scientifique

Le Labex est libre de signaler dans ce paragraphe toute distinction qu'il lui semblerait utile de porter à la connaissance de l'ANR. Maximum une demi-page - 2100 caractères.

*** Prix obtenus par des doctorants directement financés par le Labex MMCD :

Prix du Groupe Français de Rhéologie : Francesco Bonacci, "Étude à l'échelle microscopique des propriétés rhéophysiques de matériaux modèles par l'analyse de trajectoires de particules multiples et de l'interaction entre deux particules isolées", Navier, équipe Rhéophysique et Milieux Poreux, direction Xavier Chateau

Francesco est également nommé pour le prix de thèse ENPC attribué au printemps 2021.

Finaliste au prix européen de thèse ALERT Geomaterials (<http://alertgeomaterials.eu>) : Youssouf Abdallah, "Compaction banding in high-porosity limestones : Experimental observations and modelling", Navier, équipes Géotechnique et Multi-échelle, direction Jean Sulem

*** Prix obtenus par des doctorants travaillant dans les laboratoires partenaires sur des thèmes proches de ceux du Labex MMCD :

Prix de l'Université 2020 du Val-de-Marne, thèse CIFRE d'Elsa Cansell 2016-2019, "Adhésation des élastomères sur des substrats métalliques : étude des mécanismes d'adhésion", ICMPE, direction Valérie Langlois

Prix de thèse Université Paris Est / Ecole doctorale SIE pour Gaëtan Gerber, "Interactions entre suspensions de particules et matrices poreuses : transport, dépôt et accumulation", Navier, équipe Rhéophysique et Milieux Poreux, direction Philippe Coussot

IASS Hangai Prize (<https://iass-structures.org/Hangai-Prize-Recipients>) attribué à Nicolas Montagne, "Voss surfaces: A design space for geodesic gridshells", direction Olivier Baverel, collaboration

Navier/EPFL

Finaliste au prix de thèse ALERT Geomaterials : Philipp Braun, "Comportement thermo-hydro-mécanique de l'argilite du Callovo-Oxfordien : Effets des chemins de contrainte et des variations de température", Navier, équipe Géotechnique, direction Pierre Delage

*** Autres distinctions de chercheurs associés au Labex :

Nomination de Jean Sulem (Navier) comme Editeur en chef de la revue Rock Mechanics & Rock Engineering (Springer)

Nomination de Philippe Coussot (Navier) comme Editeur en chef de la revue Rheologica Acta (Springer)

Publications :

Publications mentionnant le soutien financier du PIA pour le projet	18
Monographies, ouvrages collectifs ou actes mentionnant le soutien financier du PIA pour le projet	3

Nombre d'étudiants en Master (participant au développement scientifique des axes du Labex) :

0

Effectifs du Labex (du début du projet au 31/12/2020) - Personnels statutaires

	Nb de personnes physiques	ETPT
Chercheurs (dont IGR)	72	4.9
Enseignants chercheurs	52	3.5
Personnels de soutien	18	1

Effectifs du Labex (du début du projet au 31/12/2020) - Personnels en CDD : Post-doctorants/Doctorants

	Post-doctorants : Nb de personnes physiques	Post-doctorants : ETPT	Doctorants : Nb de personnes physiques	Doctorants : ETPT
Chercheurs (dont IGR)	24	2.6	42	11.86

Effectifs du Labex (du début du projet au 31/12/2020) - Personnels en CDD : Autres

	Autres : Nb de personnes physiques	Autres : ETPT
Chercheurs (dont IGR)	0	0
Enseignants chercheurs	0	0
Personnels de soutien	0	0

Effectifs du Labex (du début du projet au 31/12/2020) - Personnels en CDI

	Nb de personnes physiques	ETPT
Chercheurs (dont IGR)	0	0
Personnels de soutien	0	0

Doctorants :

Nombre de thèses financées entièrement ou au moins pour moitié par le projet, initiées sur l'année de suivi	8
Nombre de thèses CIFRE ou équivalent initiées l'année de suivi	0
Nombre de thèses financées entièrement ou au moins pour moitié par le projet, soutenues sur l'année de suivi	3
Nombre de thèses CIFRE ou équivalent soutenues l'année de suivi	0
Nombre de thèses en cours dans le Labex (quel que soit le type de financement)	8

Dont :Doctorants (ayant effectué leur M2 ou équivalent dans une autre université que celle où ils sont inscrits en thèse)

Pourcentage (%) de doctorants financés à 50% ou plus par le Labex ayant effectué leur M2 ou équivalent dans une université étrangère	0
Pourcentage (%) de doctorants financés à 50% ou plus par le Labex ayant effectué leur M2 ou équivalent dans une autre université française	37.5

Devenir des docteurs ayant été financés par le PIA (au moins à 50%)

	Nombre de thèses soutenues	Nombre Enseignant chercheur	Nombre chercheur public	Nombre chercheur privé	Nombre Post-doc	Nombre Recherche emploi	Nombre Autre	Dont travail à l'étranger
2013	0	0	0	0	0	0	0	0
2014	0	0	0	0	0	0	0	0
2015	4	1	1	1	0	0	1	2
2016	5	1	0	3	0	0	1	1
2017	7	0	0	3	1	0	3	2
2018	8	0	0	6	2	0	0	3

2019	6	0	0	2	2	0	2	0
2020	3	0	0	1	2	0	0	1

Post-Doctorants :

Nombre total de Post-doctorants (personnes physiques)	3
Dont nombre de Post-doctorants étrangers recrutés à l'étranger (personnes physiques)	1

Professeurs invités :

Nombre de professeurs et chercheurs étrangers invités financés totalement ou partiellement par le projet	0
Somme des mois effectués par des professeurs invités	0

Valorisation et ressources propres. Nombre de brevets déposés dans l'année

3

Création Start-Up, Entreprises :

	Nombre de start-up créées dans l'année à partir de travaux financés par le projet	Dont nombre de start-up ayant une activité économique en 2020
2013	0	0
2014	0	0
2015	0	0
2016	0	0
2017	0	0
2018	0	0
2019	0	0
2020	1	1

COFINANCEMENTS PAR ETABLISSEMENT PARTENAIRE

Liste des cofinancements : Préciser les sources de financements pour le projet autres que toutes les subventions PIA et les apports en nature (biens, services, RH...) obtenus par les établissements partenaires membres du consortium.

Etablissement Coordinateur / Partenaire ayant obtenu le financement	Type cofinancier *	Nom cofinancier	Nature / Objet du financement **	Montant sur lequel le cofinancier s'est engagé sur la durée du projet (en €)	Montants perçus en 2020 (en €)	
		VIDE	VIDE	VIDE	VIDE	

DONNEES FINANCIERES LIEES A LA SCIENCE OUVERTE - INDICATEURS

Montant des APC (Articles Processing Charges) payés dans le cadre du projet

0

Coût associés à la gestion des données du projet (stockage, gestion, mise à disposition,...)

0

DONNEES FINANCIERES LIEES A LA SCIENCE OUVERTE - FICHER

* Indiquez ici le detail du montant global. Compléter et joindre le fichier Excel : Cliquer **ICI** Une fois les informations renseignées charger le fichier (au format .xlsx) en cliquant sur le lien "Envoyer des fichiers" ci-dessous.

```
[{"size":"0", "name":"ScienceOuverte_MMCD_articles_2021.xlsx", "ext":"xlsx"}]
```

VALIDATION

En cochant cette case je certifie avoir complété l'ensemble des informations concernant le projet

oui