



Compte-rendu scientifique LABEX

INFORMATIONS SUR LE PROJET

Acronyme du projet :	MMCD
Rapport couvrant la période du :	2019-01-01 00:00
au :	2019-12-31 00:00
Date de notification de la convention attributive d'aide :	27/11/2012
Titre complet du projet :	Modélisation et Expérimentation Multi-Echelles des Matériaux pour la Construction Durable
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; génie civil; géomatériaux; poreux; bio-sourcé; bois; composites; matériaux modèles; surfaces; interfaces; géométrie; stochastique; construction numérique;
Etablissement coordinateur :	COMUE Université de Paris Est
Date de début du projet :	01/03/2012
Date de fin du projet :	31/12/2019
Site web du projet :	http://mmcd.univ-paris-est.fr

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU PROJET, REDACTEUR DU PRESENT RAPPORT

Nom, Prénom :	BORNERT, Michel
Téléphone :	
Téléphone	01 64 15 37 90
Poste	(ligne directe)
Mobile	0698913736
Courriel :	michel.bornert@enpc.fr
Date de rédaction :	2020-04-29 00:00

RESUME 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" d'Université 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. L'essentiel des moyens financiers du Labex a été engagé avant 2017 pour soutenir des projets de thèse se terminant fin 2019, ce mode d'action s'étant révélé le plus productif. A ce jour, 34 thèses et 22 post-doctorats ont ainsi produit environ 95 publications parues dans des revues internationales. 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 depuis 2016 sur deux jours 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 leurs compétences aux projets de recherche multidisciplinaires promus par ce dernier.

L'année 2019 a été une année de transition et de bilan qui a permis de repenser l'action du Labex pour les années à venir. La structuration initiale en « thèmes » disciplinaires, puis en quatre « axes » plus étendus associés à trois « projets transverses » mobilisant des compétences plus larges, a convergé vers la définition de 7 « projets structurés » ambitieux visant à promouvoir les originalités fortes, avec de nouveaux modes d'action ouverts à des partenariats élargis.

ETAT D'AVANCEMENT DU PROJET / PROGRESS OF THE PROJECT

Après un premier remaniement fin 2015 des modes de fonctionnement du labex pour répondre aux recommandations du comité international d'experts mandaté par l'ANR à mi parcours, l'élaboration du dossier de renouvellement au cours de l'année 2018 a été une nouvelle fois l'occasion de revoir son organisation, dans l'esprit 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 la coexistence d'une animation scientifique en quatre "axes", essentiellement associés aux échelles d'analyse (nanoscopique, microscopique, structures) ou au type de comportements (solide ou pâteux), mais intégrant plus fortement les disciplines (e.g. chimistes et mécaniciens) et les pratiques (numériciens et expérimentateurs), et surtout 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, impliquant au moins trois projets de thèse ou post-doctorat, 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 sous forme de fiches de synthèse et la participation annuelle 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 engagées en 2016 pour lancer les dernières thèses (devant se terminer avant fin 2019). L'appel de 2017 a été limité au renforcement des projets transverses sous forme de post-doctorats.

L'année 2018 a ainsi été une année blanche en matière de démarrage de projets de recherche et 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 de 2018. 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 pas encore démarré dans les faits. A la suite d'une réunion globale courant octobre 2019 exposant largement les principes du nouveau labex, les 7 projets structurés dont on rappelle les thèmes ci-après se sont néanmoins réunis à plusieurs reprises fin 2019- début 2020, afin de définir les premières actions du labex MMCD phase 3. L'incertitude quant au calendrier de financement a toutefois repoussé la concrétisation d'un appel à projets (notamment en termes d'enveloppe financière). In fine, l'émergence de la crise sanitaire mondiale a notablement freiné les initiatives.

Les évolutions récentes devraient néanmoins permettre de réactiver l'action scientifique à l'automne 2020, notamment en liaison avec les projets du volet recherche de l'Isite FUTURE. Retrouver une dynamique scientifique d'ampleur comparable à celle qui a existé courant 2017 prendra toutefois du temps, ne serait-ce que pour reconstituer un groupe de chercheurs doctorants ou post-doctorants de taille critique suffisante pour interagir scientifiquement.

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

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.

Les dernières thèses financées par le Labex MMCD ont démarré en octobre 2016 et ont donc été principalement en phase de rédaction et de préparation de soutenance pour une bonne partie de l'année 2019.

Ces travaux et ceux qui les ont précédés n'en ont pas moins conduit à une excellente productivité scientifique du Labex puisque 17 articles sont parus dans des journaux à comité de lecture (on n'en comptabilise que 16, les sources de financement Labex n'ayant involontairement pas été rappelées dans le 17ème) et 7 articles sont d'ores et déjà recensés pour l'année 2020. Il faut souligner la grande qualité d'ensemble de ces publications, qui reflète la prise en compte d'une des recommandations du comité scientifique international au bilan déposé en 2018. En particulier, le travail de thèse de F. Bonacci (projet transverse 3) sur la mise en évidence expérimentale du vieillissement des propriétés des contacts entre grains d'une suspension colloïdale, par une technique de sollicitation par pinces optiques et observation des déformées de chaînes de particules, a conduit à une publication dans la prestigieuse revue "Nature Materials", parue début 2020. Le travail de M. Zhou (soutenu en 2018) aurait presque conduit au même résultat (cf rapport 2018) mais est finalement paru dans la revue *Physical Review Research*, pour des raisons de forme, le résultat majeur démontré ayant déjà été suggéré antérieurement par la même équipe dans un autre article. Ce résultat qui revisite fondamentalement le mode de diffusion de l'eau dans les milieux naturels tels que le bois a été obtenu en combinant mesures de profils d'eau libre ou liée par RMN et imagerie tomographique synchrotron rapide menée sur la ligne Psiché de Soleil. Ce résultat a fait l'objet de communications spécifiques du CNRS

(<https://insis.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/comment-le-bois-regule-sa-propre-imbibition-deau>) et du synchrotron Soleil. On peut aussi évoquer la productivité exceptionnelle de la thèse de B. Feneuil soutenue en 2018 (prix de thèse UPE), avec 4 articles (1 en 2017, 2 en 2019 et 1 en 2020) dans la revue *Cement and Concrete Research* qui fait autorité dans le domaine des ciments. Dans le même esprit, le travail un peu plus ancien de G. Bracq sur les alliages à haute entropie a fait l'objet de deux articles amplement cités (l'article de 2017 a 68 citations). Le travail de thèse de N. Bourgeois sur les diagrammes de phase de l'hydrogène dans les métaux a conduit à six publications (entre 2015 et 2019) dont notamment en 2019 la co-signature d'un article de revue sur le stockage de l'hydrogène dans les alliages à base magnésium.

L'année 2019 est aussi celle des bilans des projets transverses initiés en 2016. La combinaison de deux projets complémentaires en interaction a été fructueuse à plusieurs reprises. A la suite du travail de F. Bonacci évoqué plus haut, le travail post-doctoral numérique de G. Girardi (démarré en 2019) a conduit à revisiter la modélisation numérique de l'élasticité des suspensions colloïdales sur la base des observations expérimentales. Il est clair qu'il n'aurait pas été possible de mener de front les deux approches dans un unique travail de thèse. Par ailleurs, dans le cadre du projet structuré portant sur la fissuration, une interaction étroite entre un doctorant numéricien (D. Hun) et un post-doctorant expérimentateur (A. Dadda) a permis de progresser significativement sur la compréhension des mécanismes de fissuration des sols argileux en présence d'hétérogénéités. Une publication est en préparation.

L'imagerie, notamment tridimensionnelle, joue un rôle déterminant sinon central dans nombre de projets du labex. Cela a été le cas des projets de F. Bonacci, B. Feneuil et A. Dadda déjà cités. Une expérience très productive a par ailleurs été menée sur la nouvelle ligne Anatomix du synchrotron Soleil (inaugurée par une expérience du labex en 2018, cf rapport précédent). L'expérience de microtraction in situ, développée par N. Ducoulombier et dont il a traité les images avec la méthodologie de la thèse labex de T.T Nguyen (2015), a permis de décrire très en détail les modes d'endommagement à l'interface fibre/ciment dans un béton imprimé.

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 à la mise en place 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.

L'ensemble de ces considérations ont in fine conduit à proposer dans le nouveau projet de Labex un volet d'enseignement selon les modalités suivantes :

- une déclinaison de l'offre de formation principalement à l'échelle des "projets structurés" et non pas de l'ensemble 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.

Ces éléments restent pour l'instant à mettre en place. Un financement avait été réservé fin 2019 pour accueillir des stagiaires M2 (un par SP). Ils n'ont pas eu le succès escompté, pour deux raisons essentielles : les SP sont en phase initiale, sans doctorant pour encadrer au quotidien des stagiaires (et il n'y a quasiment plus de doctorants MMCD). Par ailleurs, la crise sanitaire a totalement perturbé l'accueil de tels stagiaires, notamment sur les programmes expérimentaux.

Valorisation

Lister les start-up ou entreprises créées depuis le début du projet. Maximum 1 page - 4200 caractères.

Les activités de recherche du Labex se situant à un niveau amont, leur valorisation n'est pas immédiate. On peut néanmoins citer le dépôts de quelques brevets directement issus de projets du Labex, ou indirectement associés à ses développements scientifiques. Ainsi, un brevet national et international a été déposé 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). Un autre brevet national portant sur la "Mousse de géopolymère et son procédé de fabrication" a été déposé en 2017 à la suite de développements menés pour la thèse de B. Feneuil (prix de thèse UPE 2019). Plus récemment un brevet portant sur un "Agent de cure pour formulation cimentaire" a été déposé en mars 2018 par des chercheurs du labex.

S'il n'y a pas eu de start-up ou d'entreprise créée directement par les activités du Labex, l'un des projets de thèse sélectionnés en 2016 (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. À l'issue de son contrat doctoral Labex, N. Ducoulombier a d'ailleurs poursuivi son travail dans le cadre d'un contrat entre cette entreprise et l'ENPC. Il rejoindra l'entreprise après sa soutenance envisagée en juillet 2020. On précise que sa soutenance différée est la conséquence conjointe d'une grande charge de travail en 3eme année pour valoriser une expérience particulièrement productive menée sur synchrotron et de son implication forte dans la mise au point d'un procédé industriel critique pour l'entreprise.

Par ailleurs, certains projets de micro-fluidique menés au sein de l'Axe 3 ou du projet transverse 2 impliquent des chercheurs associés à l'entreprise Fluidion, créée en 2012 et dont le gérant est un ancien enseignant-chercheur de ESYCOM/CMM.

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 du projet structuré "Advanced structures and metamaterials", 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 ou internationaux ont d'ailleurs émergé récemment sur ce thème. 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-a-vis de la corrosion, de traitements antibactériens ou encore de mise au point de capteurs. SP2 a une vocation plus génériques ou méthodologique, mais il est remarquable que les développements issues des thèses associées, ont engendré plusieurs autres partenariats, soit dans le cadre de projets ANR PRCI, du programme CNRS NEEDS ou encore avec des partenaires (CEA ANDRA...). D'autres exemples pourraient être cités dans le même esprit. Ce rapport fournit dans la dernière rubrique "cofinancements" une liste de projets de ce type, soit directement induits par les projets du labex, soit fortement liés, associés à des financements externes gérés par les tutelles des laboratoires, dont certains sont de nature industrielle.

Suite aux recommandations du jury international de 2018, reprises par l'ANR, une réflexion a été menée pour mettre en place des partenariats plus étroits entre le Labex et les entreprises, tout en préservant le caractère fondamental, exploratoire et autonome des recherches menées au sein du Labex MMCD. Elle a conduit à instaurer un principe de mécénat, géré par les fondations associées aux tutelles, l'accueil temporaire au sein des laboratoires de chercheurs du monde socio-économique, et le prolongement des projets en vue de la valorisation de certaines composantes. Ces outils restent à expérimenter dans les années à venir.

**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) aux financements du PIA1 et plus spécifiquement au labex MMCD, ainsi qu'au travaux menés au sein du labex qui y sont présentés. A ce jour, 18 manifestations ont été soutenues, dont une en 2019 (Imagerie-GC, 4-5 avril, à rayonnement national, ~50 personnes). La liste complète est disponible sur le site web du Labex: <http://mmcd.univ-paris-est.fr/agenda/>.

Ce principe est maintenu dans la phase 3 du labex en cours de démarrage, 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 au projets SP1, SP3 et SP4) et l'autre internationale (conférence Advances in Architectural Geometry, liée au projet SP5). La crise sanitaire impose toutefois de repousser ces événements, probablement en 2021.

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 le démarrage de nouveaux projets de thèse 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 autre volet de rayonnement international repose sur l'invitation de chercheurs étrangers, pour des durées de 1 à 2 mois (environ 1% du budget). Un chercheur géotechnicien de l'Université de Sidney a été accueilli pour 2 mois à Navier en 2017 (deux publications issues de cet échange sont parues en 2019), et un chercheur spécialiste de métamatériaux du Beijing Institute of Technology a passé le mois de juillet 2018 au laboratoire MSME. Pour les raisons déjà évoquées (phase d'incertitude et de transition), on ne recense aucun chercheur visiteur en 2019.

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.

FICHIERS ILLUSTRANT L'AVANCEMENT DU PROJET

0

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 Labex MMCD fait partie des 4 Labex associés au projet I-Site FUTURE sélectionné en 2017, les autres étant SITES, Bézout et Futurs Urbains. Le Labex et en particulier son RST rencontrent régulièrement les autres Labex et les instances de gouvernance de l'Isite, notamment dans le contexte de la construction des projets communs à l'échelle de l'Isite. Cela a été le cas lors de la définition initiale des contours du volet scientifique de l'Isite; cela l'a à nouveau été récemment lors de la réflexion sur la structuration de l'offre de formation par la recherche (SFRI) au cours de l'hiver 2019-2020. Le RST du Labex MMCD est également membre du Comité Scientifique de l'Isite et intervient notamment dans l'évaluation de certains projets financés par l'Isite, 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" étant évalués par un comité international). Cela garantit une certaine cohérence entre les modalités de financement gérées aux deux échelles d'intervention (labex et Isite). En particulier, le programme d'accueil des chercheurs visiteurs du labex, décliné sur des périodes courtes (mois), est complémentaire de celui de l'isite visant des collaborations pluri-annuelles (avec présence sur le site typiquement 3 mois par an). De même, le principe de financement de séjours longs de chercheurs originaires du monde socio-économique envisagé dans la version amendée en mai 2019 du projet du labex MMCD peut être vu comme un point d'entrée vers le programme "carrière duale" envisagé par l'Isite FUTURE, qui reste pour l'essentiel à construire. Les projets exploratoires de l'Isite sont aussi un moyen d'explorer de nouvelles pistes scientifiques avec un volume de financement non explicitement envisagé au sein du labex, pour justement éviter les doublons. Dans ce contexte, un projet exploratoire (QUIET) actuellement en phase de démarrage portant sur l'imagerie tomographique pourrait se poursuivre en cas de perspectives positives par un projet plus ambitieux dans le SP7 du Labex. Mais l'essentiel des complémentarités se joue aux interfaces scientifiques entre projets Impulsion et Tremplin et projets structurés sur Labex, les seconds fournissant le support de recherche fondamentale nécessaire aux premiers. C'est d'ailleurs pour une bonne part dans cet esprit que les SP de la phase 3 du labex ont été définis. Ainsi SP6 (matériaux pour nouvelles méthodes de construction) est clairement conçu, au moins en partie, comme support aux projets Tremplin "Dixite" (construction numérique, chantier digital, impression béton...) et Impulsion "Alluvium" (construction en terre), qui se positionnent à une échelle plus technologique et visent des réalisations pratiques. De même, SP4 (surfaces et revêtements) est fortement connecté au projet Isite Capteurs, focalisé sur la conception et la réalisation de capteurs pour le bâtiment (notamment sur la qualité de l'air). Enfin, le projet Impulsion GAMES est une extension de projets théoriques initiés au sein du labex, en partenariat avec le labex Bezout (qui dans sa nouvelle mouture en a également fait une composante spécifique), qui vise à réaliser en pratique les principes théoriques élaborés en amont. Ce projet Impulsion aura néanmoins toujours besoin d'une assise théorique qu'assureront les Labex. Cela se concrétisera fort probablement dès 2020 par le lancement de thèses co-financées Labex/Isite, co-financement rendus possibles par les moyens financiers apportés par les partenariats socio-économiques 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. Ces perspectives restent toutefois pour l'essentiel encore à concrétiser. Mais il y a bon espoir d'y arriver par le démarrage de thèses à l'automne 2020, après trois années sans moyen de le faire, et ceci en dépit des circonstances très défavorables induites par la situation sanitaire mondiale.

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. Vo, V. S., Mahouche-Chergui, S., Nguyen, V. H., Naili, S., Carbonnier, B. (2019). Crucial Role of Covalent Surface Functionalization of Clay Nanofillers on Improvement of the Mechanical Properties of Bioepoxy Resin. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 7, 15211-15220. DOI : 10.1021/acssuschemeng.9b02088

2. Zhou M., Caré S., King A., Courtier-Murias D., Rodts S., Gerber G., Aïmedieu P., Bonnet M., Bornert M., Coussot P. (2019) Wetting enhanced by water adsorption in hygroscopic plantlike materials, *Phys. Rev. Research* 1, 033190 – Published 20 December 2019, <https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.1.033190>

** Thématique fissuration/endommagement :

3. Le V.H.T., Brisard S., Pouya A., (2019), Debonding of a circular inclusion: asymmetric propagation of a pair of cracks, *International Journal of Solids and Structures*, 167, 71-78, <https://hal-enpc.archives-ouvertes.fr/hal-02067332>, <https://doi.org/10.1016/j.ijsolstr.2019.03.004>

** Thématique "Rhéologie"

4. Feneuil, B., Roussel, N. and Pitois, O. (2019) Optimal cement paste yield stress for the production of stable cement foams, *Cement and Concrete Research*, 120, 142-151, DOI: 10.1016/j.cemconres.2019.03.002

** Thématique couches minces et revêtements

5. Bouanis F., Moutoussamy P., Florea I., Dominique N., Chaussadent T. and Pribat D., (2019), Graphene nanoplatelets coating for corrosion protection of aluminum substrates, *Corrosion*, 75(7) p. 799-808, <https://doi.org/10.5006/2960>

6. Xu, Y., Vincent, S., He, Q.-C., Le-Quang, H., (2019) Spread and recoil of liquid droplets impacting on solid surfaces with various wetting properties. *Surface & Coating Technologies* 357, 140-152, DOI: 10.1016/j.surfcoat.2018.09.079

** Thématique "Structures et géométrie"

7. Tellier, X., Douthe, C., Hauswirth, L., Baverel, O. (2019) Surfaces with planar curvature lines: Discretization, generation and application to the rationalization of curved architectural envelopes, *Automation in Construction*, 106, 102880, DOI 10.1016/j.autcon.2019.102880

8. Lavazec D., Cumunel G., Duhamel D., Soize C. (2019) Experimental evaluation and model of a nonlinear absorber for vibration attenuation, *Communications In Nonlinear Science And Numerical Simulation*, Volume 69, Pages: 386-397, DOI: 10.1016/j.cnsns.2018.10.009

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

9. G. Bracq, M. Laurent-Broc, C. Varvenne, L. Perrière, W.A. Curtin, J.-M. Joubert, I. Guillot (2019) Combining experiments and modeling to explore the solid solution strengthening of high and medium entropy alloys, *Acta Materialia*, 177: 266-279, DOI: 10.1016/j.actamat.2019.06.050

** Autres thèmes :

10. Nguyen, V.-T., Wu, N., Gan, Y., Pereira, J.-M. & Tang, A. M. (2019) Long-Term Thermo-Mechanical Behaviour of Energy Pile in Clay. *Environmental Geotechnics* 1-40 doi:10.1680/jenge.17.00106

COMMENTAIRES LIBRES / FREE COMMENTS

Dans la continuité rédactionnelle des rapports antérieurs, les indicateurs fournis concernent pour la plupart l'activité en un sens très strict du Labex, notamment pour ce qui concerne les personnels titulaires et les doctorants et post-doctorants : il s'agit des seuls étudiants financés par les ressources PIA du Labex, et du personnel d'encadrement ayant explicitement été impliqué dans leurs projets de recherche, comptabilisé pour le seul temps de travail dédié à ces projets.

C'est ainsi que les doctorants CIFRE au sein des laboratoires partenaires ne sont pas comptabilisés. On précise toutefois qu'il y a eu 8 démarrages de thèse CIFRE en 2019 au sein des laboratoires partenaires et 9 soutenances. De même, les 16 publications listées sont celles produites par ces doctorants ou post-doctorants Labex, ou (pour 3 d'entre elles) en partenariat avec un chercheur invité suite à son séjour financé par le Labex, et ne couvrent évidemment pas l'ensemble des activités des laboratoires sur les thématiques scientifiques de MMCD.

La liste des "autres publications" n'est pas exhaustive. Une 17ème publication ACL parue en 2019 rendant compte de travaux financés par le Labex MMCD ne fait pas référence à ce dernier, par omission involontaire. Elle n'est donc pas comptabilisée dans les indicateurs de ce rapport, mais figure néanmoins dans le fichier ScienceOuvverte_MMCD.xlsx. Ce fichier liste également les 6 publications parues début 2020, résultants de travaux du Labex de 2019 ou antérieurs.

Pour ce qui concerne les co-financements, on précise que la structure administrative du Labex ne permet pas d'établir simplement des relations contractuelles avec des partenaires, qu'ils soient publics ou privés. Les relations contractuelles sont ainsi pilotées par les laboratoires partenaires et gérées par l'une de leurs tutelles. La liste des co-financements fournie regroupe les partenariats mis en place à la suite de projets ayant été initiés dans le cadre du Labex MMCD, montrant l'effet d'entraînement de ce dernier. La liste est relativement représentative du type de co-financement induits, qui peuvent être d'origine publique ou privée : projets ANR PRCE (MMELED, THWELLCEMENT, TURBOAHEAD, ARCHIMATOS, TWIST) ou JJC (CAMEL), projet régionaux (DIM RESPORE et DIM MAP de la RIF), projets avec d'autres organismes publics (CEA, ANDRA, IFPEN, CSTB...) ou entreprises privées (Bureaux d'étude : VIRY, EGIS, ou grands groupes : Total, Bouygues). Pour ces dernières, on n'a listé que les projets ciblés sur des activités fortement en lien avec des compétences précises issues du Labex. Ainsi, les chaires d'enseignement et de recherche partant sur des thématiques plus larges n'ont pas été reportées, bien que les financements associés soient notablement plus conséquents.

On précise aussi que les catégories "autres" relatives au devenir des docteurs, regroupent notamment des enseignants du secondaire. Les pourcentages fournis sur les origines des doctorants sont relatifs aux 10 étudiants en cours de thèse en 2019, dont 6 ont soutenu fin 2019 et 3 vont soutenir avant l'été 2020 (une partie du retard étant due à la crise sanitaire). L'absence de démarrage de thèse en 2017 et 2018 résulte du choix fait en 2016 d'engager l'essentiel du reliquat des ressources du Labex de sorte à les consommer en totalité à la fin du projet, soit fin 2019 - l'autorisation d'engager des dépenses après 2020 n'ayant été donnée qu'après le démarrage de ces projets de thèse. L'absence de démarrage de thèse en 2019 résulte d'une part de la forte incertitude induite par le dossier complémentaire demandé en mars 2019 et la date tardive de la réponse, in fine positive, qui ont rendu illusoire le recrutement de bons doctorants. De plus, les incertitudes quant au calendrier de financement et à la situation comptable de UPE ont bridé la motivation des chercheurs et animateurs du Labex pour s'investir dans sa réactivation.

Le Labex MMCD va ainsi accueillir de nouveaux doctorants (si tout va bien, en dépit de la crise en cours) en septembre sans la présence d'anciens. De gros efforts devront ainsi être déployés pour réactiver l'état d'esprit qui avait fait sa force jusqu'en début 2018.

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.

INDICATEURS

Reconnaissance scientifique :

	ERC*	Médailles CNRS	IUF**
2019	0	0	0

Indiquer les noms des Lauréats ERC au titre de 2019 :

Starting grants :	N/A
Consolidator grants :	N/A
Advanced grants :	N/A

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.

Blandine Feneuil, doctorante financée par le Labex MMCD (2015-2018), a obtenu le prix de thèse de Université Paris Est pour son travail intitulé "Stabilité des mousses de ciment: lien avec les propriétés rhéologiques de la pâte de ciment". Elle a soutenu sa thèse le 11 octobre 2018 et est actuellement post-doctorante en Norvège (department of Mathematics, University of Oslo).

Pierre Delage, Directeur de Recherche au laboratoire Navier (équipe géotechnique/cermes), a été élu comme membre titulaire de l'Académie d'Agriculture de France en décembre 2019. Il a notamment participé à l'encadrement de deux projets post-doctoraux financés par le labex MMCD en 2013-2014: celui de Agnieszka NOWACKA sur l'étude par RMN de la réorganisation des argiles sous l'effet de l'eau, et celui de Zineddine DJEFFAL sur l'utilisation de réseaux de micro-capteurs autonomes pour l'étude des sols granulaires.

Le prix "Charles Pary" (Médaille d'or de la meilleure innovation dans le secteur routier, attribuée tous les 4 ans by the "World Road Association") a été décerné à Anne de Bortoli pour son travail de thèse, dirigé par Adélaïde Feraille (laboratoire Navier) et Fabien Laurent (LVMT)

La médaille "Sir Alcon Copisarow" décernée tous les 5 ans par la Section Britannique de la Société des Ingénieurs et Scientifiques de France (IESF), a été décernée à Roger Franck, directeur de recherche émérite au laboratoire Navier, en juillet 2019. Cette médaille récompense les actions de coopération à l'international, la réalisation de projets majeurs et les contributions dans le domaine de la recherche et de l'enseignement, dans le champ des sciences et de l'ingénierie et dans l'intérêt des générations futures.

Publications :

	Publications mentionnant le soutien financier du PIA pour le projet	Autres publications (monographies, ouvrages collectifs, actes...)
2019	16	4

Nombre d'étudiants inscrits dans les masters du projet :

0

Effectifs du Labex (du début du projet au 31/12/2019) -

	Nb de personnes physiques	ETPT
Chercheurs (dont IGR)	68	6.4
Enseignants chercheurs	41	3.9
Personnels de soutien	15	1

Effectifs du Labex (du début du projet au 31/12/2019) -

	Post-doctorants : Nb de personnes physiques	Post-doctorants : ETPT	Doctorants : Nb de personnes physiques	Doctorants : ETPT
Chercheurs (dont IGR)	22	2.74	34	13.02

Effectifs du Labex (du début du projet au 31/12/2019) -

	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 31/12/2019) -

	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	Nombre de thèses CIFRE ou équivalent initiées l'année de suivi	Nombre de de thèses financées entièrement ou au moins pour moitié par le projet, soutenues sur l'année de suivi	Nombre de thèses CIFRE ou équivalent soutenues l'année de suivi	Nombre de thèses en cours dans le Labex (quel que soit le type de financement)
2019	0	0	6	0	4

Don't: (ayant effectués 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	Pourcentage (%) de doctorants financés à 50% ou plus par le Labex ayant effectué leur M2 ou équivalent dans une autre université française
2019	20	40

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

	1-Nombre de thèses soutenues	2-Nombre Enseignant chercheur	3-Nombre chercheur public	4-Nombre chercheur privé	5-Nombre Post-doc	6-Nombre Recherche emploi	7-Nombre Autre	Dont travaillant 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	1	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	2	0	0

Post-Doctorants :

	Nombre total de Post-doctorants (personnes physiques)	Dont Nombre de Post-doctorants étrangers recrutés à l'étranger (personnes physiques)
2019	2	1

Professeurs invités :

	Nombre de professeurs et chercheurs étrangers invités financés totalement ou partiellement par le projet	Somme des mois effectués par des professeurs invités
2019	0	0

Valorisation et ressources propres :

Nombre de brevets déposés dans l'année : 0

Création Start-Up, Entreprises :

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

*Seuls sont acceptés les types de cofinanceurs suivants (**Veillez respecter les majuscules et tirets**):

- PUBLIC-ANR
- PUBLIC-COLLECTIVITES
- PUBLIC-ADMINISTRATION
- PUBLIC-AUTRES-ORGANISME
- PRIVE-ENTREPRISES
- PRIVE-ETABLISSTS-DE-SANTE
- PRIVE-AUTRE
- INTERNATIONAL-COMMISSION-EUROP
- INTERNATIONAL-AUTRES

Pour les fonds FEDER , merci de répartir les montants indiqués entre les types de cofinanceurs « PUBLIC-COLLECTIVITES» et « INTERNATIONAL-COMMISSION-EUROP » en fonction de la provenance des fonds.

Pour les fonds CPER, merci de répartir les montants indiqués entre les types de cofinanceurs «PUBLIC-COLLECTIVITES» et « PUBLIC-ADMINISTRATION» en fonction de la provenance des fonds.

** Nature et objet du financement : On précisera notamment si le financement est apporté en monétaire, en nature (ex: locaux, matériels...) ou en personnels.

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 2019 (en €)
MSME / UPEM	PUBLIC-ANR	ANR / PRISMADD	monétaire	144931	23189
NAVIER / ENPC	PUBLIC-ANR	ANR / PRISMADD	monétaire	163175	26108
NAVIER / ENPC	PRIVE-ENTREPRISES	VIRY	monétaire	80000	18750
NAVIER / ENPC	PRIVE-ENTREPRISES	EGIS	monétaire	50000	17500
NAVIER / ENPC	PUBLIC-ADMINISTRATION	ANDRA	monétaire	27500	9000
NAVIER/ ENPC	PUBLIC-ANR	ANR	monétaire	299592	44938
NAVIER / CNRS	PUBLIC-ANR	ANR	monétaire	136080	20412
NAVIER / ENPC	PUBLIC-ANR	ANR	monétaire	176941	35386
NAVIER / ENPC	PUBLIC-ANR	ANR	monétaire	126048	20168
NAVIER / ENPC	PUBLIC-ANR	ANR	monétaire	32400	4860
NAVIER / ENPC	PUBLIC-AUTRES-ORGANISME	CEA Cadarache	monétaire	24938	8938
NAVIER / ENPC	PUBLIC-COLLECTIVITES	Region IdF DIM RESPORE	monétaire	50000	45155
NAVIER / CNRS	PUBLIC-COLLECTIVITES	Region IdF DIM MAP	monétaire	130000	80000
NAVIER / CNRS	PRIVE-ENTREPRISES	Total	monétaire	12000	5000
NAVIER / CNRS	PUBLIC-COLLECTIVITES	Region IdF DIM RESPORE	monétaire	110000	30000
ICMPE / CNRS	PUBLIC-ANR	ANR / SAFRAN	monétaire	192000	32000
ICMPE / CNRS	PRIVE-ENTREPRISES	ARIANEGROUP	monétaire	43000	16000
ICMPE / CNRS	PUBLIC-ANR	ANR / société DUPIN	monétaire	348000	0
NAVIER / ENPC	PUBLIC-AUTRES-ORGANISME	IFPEN	monétaire	30000	0
NAVIER / ENPC	PRIVE-ENTREPRISES	Bouygues Construction	monétaire	82674	0
NAVIER / ENPC	PUBLIC-AUTRES-ORGANISME	CSTB	monétaire	100000	0
NAVIER / IFSTTAR	PRIVE-ENTREPRISES	RAZEL/TOTAL/EDF	monétaire	234000	78000
TOTAUX				2593279	515404

DONNEES FINANCIERES LIEES A LA SCIENCE OUVERTE

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

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

0

0

* 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": "24.681", "name": "ScienceOuverte_MMCD.xlsx", "filename": "OS_0_1_vwvrjhob8w5lict.xlsx", "ext": ".xlsx"}]
```

1

VALIDATION

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

Oui

IMAGES ATTACHÉES

Images attachées à l'avancement du projet :

