



agence d'évaluation de la recherche
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

Évaluation de l'AERES sur l'unité :

Laboratoire NAVIER

sous tutelle des

établissements et organismes :

École des Ponts ParisTech

Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS

Institut Français des Sciences et Technologies des

Transports, de l'Aménagement et des Réseaux -

IFSTTAR



Février 2014



agence d'évaluation de la recherche
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

*Pour l'AERES, en vertu du décret du 3
novembre 2006¹,*

- M. Didier HOUSSIN, président
- M. Pierre GLAUDES, directeur de la section
des unités de recherche

Au nom du comité d'experts,

- M. Gilles PIJAUDIER-CABOT, président du
comité

¹ Le président de l'AERES « signe [...], les rapports d'évaluation, [...] contresignés pour chaque section par le directeur concerné » (Article 9, alinea 3 du décret n°2006-1334 du 3 novembre 2006, modifié).

Rapport d'évaluation

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.

Nom de l'unité : Laboratoire Navier

Acronyme de l'unité :

Label demandé : UMR

N° actuel : 8205

Nom du directeur
(2013-2014) : M. Karam SAB

Nom du porteur de projet
(2015-2019) : M. Karam SAB

Membres du comité d'experts

Président : M. Gilles PIJAUDIER-CABOT, Université de Pau et des Pays de l'Adour
(représentant du CoNRS)

Experts : M. Philippe BOISSE, INSA de Lyon

M. François BUYLE-BODIN, Université de Lille 1

M. Albert GIRAUD, Université Lorraine-Nancy

M. Pierre LEVITZ, CNRS

M. Chérif NOUAR, Université Lorraine-Nancy

M. Olivier POULIQUEN, CNRS

M. Gioacchino VIGGIANI, Université Joseph Fourier (représentant du CNU)

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Jean-Pierre BRANCHER

Représentant(s) des établissements et organismes tutelles de l'unité :

M. Andrei CONSTANTINESCU, CNRS

M. Denis DUHAMEL (responsable de l'École Doctorale n°531 SIE)

M. Bernard JACOB, IFSTTAR

M. Serge PIPERNO, École des Ponts ParisTech

M^{me} Patricia SALAS-SCHUH, Délégation régionale du CNRS

1 • Introduction

Historique et localisation géographique de l'unité

Le laboratoire Navier (UMR 8205) est une unité mixte de recherche de l'École Nationale des Ponts et Chaussées (ENPC), de l'Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR) et du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). Cette unité de recherche est issue de regroupements successifs qui ont été opérés entre 2007 et 2010.

Le laboratoire Navier comprend 82 permanents, dont 52 chercheurs et enseignants-chercheurs et 27 personnels BIATSS. La proportion de chercheurs est forte : 28 chercheurs dépendent de l'ENPC, 18 chercheurs dépendent de l'IFSTTAR et 5 dépendent du CNRS. Il faut mentionner ici que les chercheurs de l'ENPC sont aussi impliqués dans la formation de l'école, avec une charge d'enseignement en moyenne inférieure à celle d'un enseignant-chercheur de l'enseignement supérieur. L'unité accueille aussi deux enseignants-chercheurs permanents de l'Université Paris-Est et un enseignant-chercheur de l'ENSA Grenoble.

Le laboratoire est réparti sur deux localisations au sein du campus de Marne-La-Vallée. Un de ses équipements emblématiques (IRM) est hébergé par l'Université Paris-Est sur un autre site.

L'unité mène des recherches de base sur la mécanique et la physique des matériaux, des structures et des géomatériaux. Les enjeux sociétaux concernent la construction durable, les risques naturels, l'environnement et l'énergie. Pour cela, elle affiche depuis 2012 une structuration en six équipes de recherche :

- Dynamique des Structures et Identification
- Géotechnique
- Matériaux et Structures Architecturés
- Modélisation et expérimentation multi-échelle pour les solides hétérogènes
- Physique des milieux poreux
- Rhéophysique

Équipe de direction

Le laboratoire Navier est dirigé par M. Karam SAB depuis 2011. La disparition soudaine en 2010 du précédent directeur de l'unité, M. Olivier COUSSY, a été un événement marquant. L'organisation actuelle du laboratoire correspond à un remaniement préparé collectivement dans le courant de l'année 2011 et réalisé en 2012 afin de mieux mettre en œuvre le projet scientifique du laboratoire dans ce contexte.

Nomenclature AERES

ST5 (Sciences pour l'ingénieur, SPI)

Effectifs de l'unité

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
N1 : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	2	3
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	50	49
N3 : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	30	30
N4 : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
N5 : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	1	1
N6 : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)	1	1
TOTAL N1 à N6	84	84

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	114	
Thèses soutenues	112	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	25	
Nombre d'HDR soutenues	11	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	34	34

2 • Appréciation sur l'unité

Avis global sur l'unité

Le laboratoire Navier fait partie des unités « phare » dans le domaine de la mécanique du solide et de la géomécanique en région Île-de-France. La progression observée en une dizaine d'années est remarquable. Le bilan scientifique sur ces cinq dernières années est excellent.

Cette unité de recherche dispose de plusieurs atouts : la présence de personnalités scientifiques de premier plan, un bassin de recrutement remarquable dont sont issus des jeunes chercheurs brillants du laboratoire, une interaction avec le monde industriel forte, organisée en chaires d'enseignement et de recherche et enfin des équipements emblématiques dont certains contribuent largement à l'image de marque de l'unité. L'ambiance de travail semble excellente et le sentiment d'appartenance des personnels à l'unité est bien présent, malgré une organisation multi-sites qui devrait perdurer.

Collectivement, le laboratoire a su se réorganiser suite à la disparition soudaine de son ancien directeur. Il doit maintenant s'appuyer sur cette excellente base pour prendre plus de risques scientifiques, s'ouvrir encore plus aux collaborations internationales et nationales et jouer pleinement le rôle de leader qu'il est parfaitement en position d'assumer.

Points forts et possibilités liées au contexte

Depuis sa création sur son périmètre actuel en 2010, le laboratoire Navier a connu une croissance conséquente à tous points de vue : en terme de personnel, de production scientifique, de relations avec le monde économique et de formation par la recherche. Le bilan scientifique présenté témoigne de la vitalité de l'unité. La qualité de la production scientifique, le rayonnement de ses chercheurs et les liens avec le monde socio-économique – au travers des 7 chaires mises en place en particulier – sont excellents.

En s'appuyant sur un environnement particulièrement fertile, le laboratoire a su développer une formation doctorale de qualité et attirer d'excellents étudiants. Il a su aussi recruter des chercheurs brillants. Aux côtés des personnalités scientifiques de renom que l'unité a la chance d'accueillir, ces jeunes chercheurs sont porteurs de solides perspectives d'avenir qui commençaient déjà à se dessiner lors de la précédente évaluation. Le laboratoire Navier dispose enfin d'équipements emblématiques (RMN, Imagerie RX) combinés à un savoir-faire reconnu.

Malgré une organisation sur plusieurs sites appelée à perdurer, le laboratoire a su s'organiser de façon à ce que chacun puisse s'exprimer au mieux. L'ambiance au sein de l'unité est bonne.

Points faibles et risques liés au contexte

La visibilité internationale du laboratoire Navier n'est pas tout à fait à la hauteur de son bilan scientifique. Ceci témoigne d'un fonctionnement qui mériterait d'être plus ouvert, en France et à l'international (collaborations, projets européens, ...).

Le fonctionnement du laboratoire réparti sur trois sites (bien que proches) est une difficulté. La gouvernance du laboratoire est organisée selon des échanges entre la direction du laboratoire et chaque tutelle séparément. Ce fonctionnement – et l'allocation des moyens qui en résulte – est préjudiciable à la mise en œuvre d'une stratégie scientifique concertée.

Recommandations

Le projet présenté lors de la dernière évaluation indiquait un positionnement scientifique s'orientant plus vers la physique (des milieux poreux). Le projet actuel témoigne d'un certain recentrage vers des domaines de la mécanique où le laboratoire excelle. Le comité d'experts incite les chercheurs du laboratoire à prendre plus de risques et à explorer des champs scientifiques nouveaux. Compte tenu de la qualité de ses chercheurs, il peut se le permettre.

Le laboratoire accueille un certain nombre de personnalités emblématiques de leurs disciplines qui ont une audience internationale, mais l'unité dans sa globalité gagnerait à accroître sa visibilité. Il doit mieux « faire connaître son savoir-faire » et participer ainsi encore plus à la vie scientifique internationale.

Les enjeux en termes d'organisation et de gouvernance sont le renforcement du collectif afin de compenser une structuration multi-sites et l'éloignement de l'IRM qui représente un risque potentiel. Une meilleure cohésion – par exemple entre les doctorants ou entre les personnels administratifs et techniques et par l'organisation de séminaires communs - permettrait probablement un collectif plus fort. Un dialogue accru avec les tutelles et entre les tutelles, afin de mieux partager les objectifs assignés au laboratoire et de l'épauler autant que possible, est souhaitable.

3 • Appréciations détaillées

Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Le bilan quantitatif des publications est très bon, au niveau des meilleures unités de recherche dans la discipline :

- avec 553 articles publiés dans des revues internationales indexées par le Web of Sciences, le laboratoire entretient un rythme de publications correspondant à deux articles par an et par chercheur. Il est en progression de 10 % par rapport à la dernière évaluation. Les publications communes à plusieurs équipes représentent 10 % de la production ;
- la répartition de la production selon les équipes est située entre 1,5 et 2,5 publications par an et par chercheur. Elle est assez homogène si l'on tient compte des habitudes de publication des communautés scientifiques correspondantes. Tous les membres de l'unité sont producteurs (à une exception près) ;
- globalement, le laboratoire publie dans les meilleurs journaux de chaque discipline de façon régulière (IF parfois supérieur à 8), mais aussi dans des revues plus appliquées qui ont nécessairement une audience plus restreinte. Cette diversité est en cohérence avec les objectifs d'excellence scientifique et de souci des applications qu'affiche l'unité ;
- une analyse bibliométrique sur l'ensemble de l'unité (depuis 1995) montre que les travaux des membres du laboratoire sont très bien cités (plus de 9000 citations), avec un facteur h global supérieur à 45 ;
- le nombre de communications à des conférences avec actes (393) est en retrait par rapport au nombre d'articles, ce qui témoigne de la volonté des chercheurs de consolider leurs résultats dans des revues internationales de qualité.

Les avancées majeures affichées par l'unité sont :

- les travaux portant sur les propriétés rhéologiques des suspensions de particules dans les fluides à seuil ;
- la mise en place de la plateforme fédérative d'imagerie micro-tomographique pour l'analyse des matériaux et des structures sous sollicitations thermo-hydro-mécaniques et les travaux sur l'imagerie par résonance magnétique ;
- le développement d'un nouvel axe de recherche sur le stockage géologique de CO₂ ;
- les modèles de foule piétonne pour quantifier les effets dynamiques ;
- des innovations dans le domaine des matériaux composites du Génie Civil avec des modèles théoriques de changement d'échelle.

Sur chacun de ces thèmes, le laboratoire a incontestablement produit des résultats marquants et originaux, résultats qu'il ne faut pas analyser seulement de façon académique : deux brevets ont été déposés, les logiciels de traitements d'images par corrélation développés par l'unité font aussi référence dans le domaine.

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Le rayonnement scientifique de l'unité peut être mesuré par divers indicateurs individuels et collectifs :

- la notoriété de certains de ses chercheurs confirmés est un élément marquant, surtout compte tenu de leur relative jeunesse. Plus de 10 % d'entre eux ont un facteur h supérieur ou égal à 15 (allant parfois à plus de 30) ;
- le nombre de prix scientifiques est élevé : médailles de bronze du CNRS, prix de sociétés savantes nationales et internationales, 11 prix de thèse dont 3 sont européens ;
- l'implication des membres de l'unité dans des sociétés savantes, dans l'organisation de manifestations scientifiques internationales, principalement dans le domaine de la géomécanique ;
- le nombre de conférences plénières et invitées lors de manifestations internationales (en moyenne 13 par an) ;
- les participations de l'unité dans les projets relatifs aux investissements d'avenir : direction du Labex MMCD (Modélisation et Expérimentation pour la Construction Durable), participation à l'Equipex NanoimageX ;

- l'implication de l'unité dans 13 GDR du CNRS (dont un européen et un international) et dans la fédération francilienne de mécanique ;
- la participation à des projets européens et à la coordination d'actions européennes (COST).

Ces indicateurs doivent aussi être analysés à la lumière de l'évolution de l'unité qui a beaucoup recruté depuis la dernière évaluation (23 chercheurs et enseignants-chercheurs, soit 40 % du potentiel actuel). Ces recrutements constituent une preuve indéniable de l'attractivité de l'unité, combinant un objectif d'excellence scientifique à un environnement composé d'une école d'ingénieur prestigieuse et d'un organisme de recherche de référence. Le laboratoire gagnerait cependant à diversifier encore plus les formations d'origine des chercheurs qu'il recrute.

Cet environnement explique aussi le grand nombre de doctorants accueillis par le laboratoire (97 parmi les 114).

Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

Les enjeux sociétaux concernent la construction durable, les risques naturels, l'environnement et l'énergie. L'unité est parfaitement en phase avec les enjeux sociétaux abordés par l'IFSTTAR, en particulier sur deux thèmes principaux : « construction durable » et « environnement – énergie ».

Ces enjeux sociétaux sont très présents au sein de l'unité au travers de 7 chaires d'enseignement et de recherche. Le laboratoire en coordonne 2. Ces chaires assurent une formation de qualité et permettent d'entreprendre des opérations de recherche. Elles participent à l'augmentation des ressources propres de l'unité. Celles-ci ont connu un doublement entre 2008 et 2013 pour atteindre aujourd'hui 2,8 M€. Ces ressources propres sont issues de subventions publiques et de conventions de recherche avec des industriels d'un montant comparable. Bien que l'unité accueille un grand nombre de doctorants et entretienne des relations étroites avec le monde industriel, le nombre de contrats CIFRE est plus modeste. Il représente moins de 20 % des thèses soutenues sur la période.

Appréciation sur l'organisation et la vie de l'unité

La structuration actuelle du laboratoire correspond à un projet scientifique largement partagé par l'ensemble du laboratoire. Ce dernier pâtit cependant de sa localisation sur plusieurs sites. Les perspectives de réunion des deux sites principaux s'éloignant, on note une certaine déception de la part de l'ensemble de l'unité, d'autant plus qu'il s'agissait d'un projet qui a mobilisé largement ses membres. Il faudra compenser ce retard supplémentaire par une vie de laboratoire encore plus forte (organisation de séminaires réunissant l'ensemble de l'unité, concertation accrue entre les responsables administratifs et les personnels techniques, politique d'achat commune). L'impression du comité d'experts à l'issue des entretiens est que le laboratoire Navier est une unité où il fait bon travailler. Les conditions sont donc propices à une animation accrue.

Si les trois tutelles du laboratoire sont très satisfaites de l'activité du laboratoire, on ne peut manquer de remarquer que l'implication des tutelles les plus représentées (ENPC, IFSTTAR) décroît régulièrement en termes d'attribution de moyens et de soutien aux doctorants. Si cette diminution n'est pas catastrophique alors que chacun connaît un contexte budgétaire difficile, il apparaît que l'organisation de l'unité manque d'un espace de concertation entre les tutelles. L'équipe de direction assure certes une présence au sein des organes de gouvernance de l'ENPC et de l'IFSTTAR mais un espace de dialogue réunissant l'équipe de direction et les trois tutelles, avec des rencontres régulières, permettrait de gagner en efficacité à tous points de vue. Par ailleurs, le laboratoire et ses tutelles auront à se positionner au sein de la future communauté universitaire, l'interaction avec l'Université Paris-Est étant pour l'instant restreinte au seul labex MMCD.

Par ailleurs, le laboratoire Navier est impliqué dans une démarche d'amélioration de l'accueil, de l'hygiène et de la sécurité au travail. Sans aller nécessairement jusqu'à la mise en œuvre d'une démarche qualité stricte, la généralisation d'un livret d'accueil des nouveaux entrants et l'usage des cahiers de laboratoire sont à recommander.

Au plan de la gestion des ressources humaines enfin, la diversité des statuts des membres du laboratoire n'est pas ressentie comme un problème par les personnels, ce qui témoigne d'une excellente cohésion. Le renouvellement des personnels techniques à venir constitue un enjeu de taille pour cette unité qui dispose de moyens expérimentaux hors du commun et qui requièrent un support technique spécialisé (plate-forme de tomographie RX par exemple).

Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Le laboratoire Navier est très présent dans la formation par la recherche. Le directeur de l'école doctorale d'adossement, l'École Doctorale SIE n°531 (Sciences, Ingénierie, Environnement), pilotée par l'Université Paris-Est, est membre d'une des équipes. L'unité est aussi impliquée dans trois formations de master et dans la formation de l'ENPC.

Il est donc normal que l'unité accueille un grand nombre de stagiaires (200 par an environ) et aussi un grand nombre de doctorants par rapport à son potentiel d'encadrement (plus de 90 ce qui donne quasiment un rapport de 2 doctorants par chercheur). La durée moyenne des thèses est de 3,4 années, chiffre qui reste correct et témoigne d'une forte implication de chaque membre du laboratoire dans l'encadrement des jeunes chercheurs. Les nombres de thèses en cours et soutenues ne sont pas forcément en rapport avec la taille de chaque équipe. Le laboratoire entretient un nombre conséquent de collaborations faisant l'objet d'encadrement de doctorants à l'extérieur (17 parmi les 114) permettant de compenser des capacités d'encadrement parfois plus modestes.

Les doctorants font l'objet d'un suivi annuel collectif sous la forme de séminaires rattachés à leur formation de Master d'origine. C'est un bon moyen de promouvoir les études doctorales, cependant la mise en place de comités de suivi de thèse (qui est aujourd'hui quasiment une norme au sein de toutes les ED) permettrait d'aménager des espaces de dialogue plus propices à des échanges personnalisés parfois utiles si des difficultés sont détectées.

Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Le laboratoire Navier décline son projet scientifique selon cinq axes (ou finalités) :

- Matériaux et structures innovants pour la construction
- Sécurité et durabilité des ouvrages et des structures
- Infrastructures de transport
- Stockages souterrains
- Environnement

Ces finalités sont en bonne adéquation avec les grands enjeux actuels des domaines de la construction et du développement durable. La structuration proposée restera la même, chaque équipe restant dans son périmètre actuel.

Le laboratoire possède des atouts très convaincants pour aborder ces enjeux. Globalement pourtant, trois points méritent une attention :

- le projet présenté lors de la dernière évaluation témoignait d'un positionnement scientifique se déplaçant vers la physique (des milieux poreux). Le projet actuel témoigne d'un certain recentrage vers une mécanique plus « traditionnelle », certes porteuse d'enjeux scientifiques importants. Tout en comprenant parfaitement les difficultés que le laboratoire Navier a connues, le comité d'experts incite les membres du laboratoire à prendre plus de risques dans les problèmes scientifiques abordés. Compte tenu de la qualité des chercheurs en présence, une telle prise de risque ne devrait pas nuire à la qualité d'un futur bilan. Le laboratoire Navier peut largement se permettre d'ouvrir de nouvelles voies, même risquées. Le projet n'est pas complètement convaincant de ce point de vue ;
- la visibilité internationale du laboratoire gagnerait à augmenter. Le laboratoire accueille un certain nombre de personnalités emblématiques de leurs disciplines, quelques-uns ont une audience internationale, mais l'unité dans sa globalité gagnerait à accroître sa renommée. Plus largement, le laboratoire Navier doit « faire connaître son savoir-faire » ;
- le laboratoire Navier dispose d'un savoir-faire largement reconnu en ce qui concerne l'utilisation de la RMN en mécanique. Ce savoir-faire résulte de développements sur le long terme et d'un investissement scientifique constant qu'il convient de continuer à faire fructifier.

4 • Analyse équipe par équipe

Équipe 1 :

Dynamique des structures et identification (Dynamique)

Nom du responsable : M. Denis DUHAMEL

Effectifs

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
N1 : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés		1
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	4	4
N3 : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	3	3
N4 : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
N5 : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)		
N6 : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
TOTAL N1 à N6	7	8

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	14	
Thèses soutenues	8	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	3	
Nombre d'HDR soutenues	1	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	3	3

• Appréciations détaillées

Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'équipe « Dynamique » est la plus petite équipe du laboratoire Navier. Elle est constituée de 4 chercheurs permanents, 1 post-doctorant et 14 doctorants. Trois personnes ont quitté l'équipe. 8 thèses ont été soutenues. Un chargé de recherche a été recruté en 2010.

Les activités scientifiques de l'équipe s'articulent autour de trois thèmes. Le premier concerne le contact en dynamique dans les domaines des transports et de l'industrie. En particulier le comportement complexe et non-linéaire du contact des pneumatiques avec la chaussée est étudié. Les frottements dans les interfaces de joints mécaniques sont un autre axe concernant le contact en dynamique. Enfin, l'équipe s'intéresse également au problème émergent en dynamique des structures pour le génie civil que constitue la modélisation des effets de la foule sur les structures. Il s'agit de modéliser le mouvement des piétons en prenant en compte les interactions piéton-piéton et le couplage piéton-structure. Les approches développées pour les milieux granulaires sont étendues aux mouvements de foule.

Le deuxième thème concerne les méthodes d'identification et d'optimisation en dynamique. Il s'agit de déterminer les sollicitations ou les propriétés d'un système à partir de mesures. Une méthode d'identification modale spécifique est développée au sein de l'équipe. La détection de l'endommagement par des méthodes dynamiques est une thématique récente (2010) de l'équipe. Des méthodes d'évaluation et de suivi de l'endommagement basées sur la POD (décomposition polaire orthogonale) sont également développées. L'étude dynamique des structures par fibres optiques a également été introduite récemment.

L'étude des ondes constitue la troisième thématique. Il s'agit de mettre au point des méthodes numériques pour le calcul de la propagation des ondes. Les domaines visés sont ceux des moyennes et hautes fréquences où les analyses modales classiques ne sont pas bien adaptées.

Le nombre de publications dans des RACL par chercheur et par an est proche de 2. C'est un très bon taux. Il doit néanmoins être relativisé par le faible effectif et les fortes évolutions du groupe au cours du quinquennal.

Le comité d'experts a particulièrement apprécié les nouvelles recherches concernant la dynamique et les interactions lors des mouvements de foule et l'analogie avec les milieux granulaires.

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

L'équipe Dynamique participe ou a participé aux GDR DYNOLIN (en assurant notamment la vice-présidence), GDR Ville Silencieuse Durable et GDRE Laboratoire Lagrange. Elle participe à plusieurs projets de recherche collaboratifs nationaux et européens. Elle a reçu quatre professeurs étrangers et a bénéficié d'un échange Erasmus. Cinq thèses ont été réalisées en partenariat avec des universités étrangères.

L'équipe Dynamique a organisé les 1ères Journées Jeunes Chercheurs en Vibrations en avril 2013. Un prix de thèse et un prix de meilleure communication ont été attribués dans l'équipe.

Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

Des collaborations avec Renault et PSA ont donné lieu à deux thèses CIFRE. L'équipe participe à plusieurs actions contractuelles (en particulier avec Andra, SNCF, Deufrako).

Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Les membres de l'équipe sont très impliqués dans la formation par la recherche. En particulier la direction de l'École Doctorale SIE d'Université Paris-Est est actuellement assurée par le responsable de l'équipe Dynamique. Les membres de l'équipe sont également responsables de formations à l'ENPC et à l'École Polytechnique. Par ailleurs, le nombre de doctorants (14 actuellement) est particulièrement élevé par rapport au nombre de chercheurs, titulaires de HDR (3).

Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Les aspects dynamiques apparaissent dans le projet du laboratoire Navier qui est décliné selon cinq finalités globales. La thématique de l'équipe est bien intégrée au projet du laboratoire.

Conclusion

- *Points forts et possibilités liées au contexte :*

Les méthodes de détection de l'endommagement dans les structures et l'effet dynamique des mouvements de foule sur les structures constituent des points remarquables de l'activité scientifique de l'équipe. L'encadrement de doctorants est un point fort.

- *Points faibles et risques liés au contexte :*

L'équipe a une taille probablement sous-critique par rapport aux enjeux scientifiques abordés. Les responsabilités collectives portées par les membres de l'équipe constituent une fragilité.

- *Recommandations :*

Le positionnement scientifique par rapport à l'état de l'art international mériterait plus d'attention afin de mieux mettre en valeur les travaux effectués et de dégager une stratégie scientifique resserrée compte tenu de la taille de l'équipe.

Équipe 2 :

Géotechnique (CERMES, pour Centre d'Enseignement et de Recherche en Mécanique des Sols)

Nom du responsable : M. Jean SULEM**Effectifs**

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
N1 : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés		
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	11	11
N3 : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	6	6
N4 : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
N5 : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)		
N6 : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
TOTAL N1 à N6	17	17

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	24	
Thèses soutenues	37	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	7	
Nombre d'HDR soutenues	2	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	8	9

• Appréciations détaillées

Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'équipe Géotechnique (CERMES) est l'une des deux équipes qui sont restées inchangées lors de la réorganisation du laboratoire en 2011. Elle est constituée de 11 chercheurs permanents relevant des tutelles du laboratoire, dont 3 recrutés au cours de la période considérée (tandis que 2 ont quitté l'équipe au cours de la même période, ce qui fait + 1 chercheur au total). Le nombre de doctorants est conséquent : 24 au 30 juin 2013, avec 37 thèses (dont 9 à l'extérieur) soutenues sur la période analysée. Le taux d'encadrement est élevé (ratio encadrés/encadrants = 2,2).

L'équipe Géotechnique (CERMES) mène des recherches en mécanique des géomatériaux (sols et roches) avec des applications pour le génie civil, l'ingénierie environnementale, l'ingénierie pétrolière et la prévention des risques naturels. Les recherches sont expérimentales, théoriques et numériques ; elles vont du matériau jusqu'aux ouvrages et sont structurées autour de trois axes : Ouvrages géotechniques, Géomécanique et Énergie, Risques naturels. L'équipe se caractérise par la recherche et le développement d'approches et de champs d'applications nouveaux, comme l'atteste son implication directe dans presque la moitié (3 sur 8) des avancées scientifiques majeures mises en avant dans le bilan global du laboratoire Navier : l'analyse par microtomographie des couplages hydromécaniques dans les milieux granulaires (en collaboration avec l'équipe Multi-échelle), le couplage adsorption/déformation dans les milieux poreux (collaboration avec les équipes Multi-échelle, Poreux et MSA), la géotechnique ferroviaire. Plus d'une trentaine de postes expérimentaux dont certains correspondent à des prototypes développés dans l'équipe sont actuellement en fonctionnement. Parmi les développements expérimentaux récents réalisés par l'équipe, on remarque la mise en place d'un dispositif de mesure de perméabilité au CO₂ en milieu poreux réactif dans des conditions proches du stockage géologique et le développement (dans le cadre du projet européen TIMODAZ) d'un nouveau dispositif expérimental (cellule triaxiale à cylindre creux) permettant d'étudier les couplages température-endommagement-perméabilité dans des géomatériaux peu perméables.

La production scientifique est excellente. On relève sur la période analysée (2008-2013) 182 articles dans SCOPUS dont 163 dans le Web of Science, et 163 communications avec actes. Ceci représente en moyenne par an et par chercheur permanent un chiffre de 3,3. Ce sont des chiffres bien supérieurs à la moyenne du laboratoire.

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

L'équipe confirme sur la période considérée un rayonnement et une reconnaissance à l'international indiscutables. En plus des fréquentes invitations à des conférences internationales, de l'accueil de plusieurs chercheurs étrangers et de la participation à deux projets, européen et international, les chercheurs de l'équipe sont présents dans plusieurs Technical Committees de la société internationale de mécanique des sols et de géotechnique (ISSMGE) ainsi que dans les comités éditoriaux des principales revues internationales de géotechnique. Parmi les multiples prix, on mentionnera les trois prix de thèse ALERT-Géomatériaux obtenus en 2010, 2012 et 2013. Depuis septembre 2013, l'un des chercheurs de l'équipe est le président de la ISSMGE.

Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

Les recherches de l'équipe, en lien avec des enjeux sociétaux, sont très souvent réalisées dans un cadre contractuel avec des partenaires institutionnels et industriels, ou dans des programmes de recherche nationaux et internationaux. On mentionnera notamment le projet européen TIMODAZ sur l'impact de la température sur le comportement et l'endommagement des argilites, les recherches expérimentales et numériques menées dans le cadre du Groupement de Laboratoires de l'ANDRA pour le stockage des déchets radioactifs, le projet national ERINOH sur l'étude des mécanismes d'érosion interne. Deux nouveaux axes de recherche ont été développés au cours de la période analysée, l'un dans le domaine du stockage géologique du CO₂ et l'autre dans le domaine de la géotechnique ferroviaire. Dans les deux cas, les activités de recherche se font dans le cadre de chaires d'enseignement et de recherche : la chaire « Captage, Transport et Stockage du CO₂ » (2009-2014) et la chaire « Sciences pour le transport ferroviaire » (2013-2018) respectivement. Certains membres de l'équipe participent régulièrement à la rédaction des normes d'application nationale de l'Eurocode 7.

Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

L'équipe Géotechnique est impliquée dans la formation (ingénieur et master), tant en volume (50 h/an en moyenne) qu'en pilotage. C'est dans cette équipe que l'on trouve les responsables du Master Mécanique des Sols des Roches et des Ouvrages dans leur environnement et du Mastère Génie Civil Européen.

Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Cette équipe développe des recherches de grande qualité dans chacun de ses trois axes (Ouvrages géotechniques, Géomécanique et Énergie, Risques naturels). Son activité de recherche est à la fois solide et dynamique, bien structurée et bien positionnée par rapport à la communauté internationale.

Conclusion

▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

L'équipe CERMES occupe une position historiquement forte dans le domaine de la géomécanique en France. Le bilan scientifique est excellent et les interactions avec le monde industriel sont fortes. L'équipe accueille des personnalités scientifiques de premier plan au niveau international.

▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

Le positionnement scientifique par rapport à l'état de l'art international mériterait plus d'attention.

▪ *Recommandations :*

L'équipe pourrait (et devrait) s'aventurer davantage sur des pistes exploratoires, en prenant plus souvent « le risque de prendre des risques ». En particulier, l'équipe pourrait renforcer ses liens avec l'équipe Multi-échelle, en profitant des compétences de cette dernière (ainsi que de ses dispositifs expérimentaux) pour explorer davantage l'analyse multi-échelle du comportement mécanique des géomatériaux.

Équipe 3 : Matériaux et Structures Architecturés (MSA)

Nom du responsable : M. Jean-François CARON

Effectifs

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
N1 : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés		
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	10	9
N3 : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	6	6
N4 : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
N5 : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)		
N6 : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)	1	
TOTAL N1 à N6	17	15

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	23	
Thèses soutenues	20	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	4	
Nombre d'HDR soutenues	2	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	8	7

• Appréciations détaillées

Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'équipe MSA est de création récente. En 2010, l'essentiel de ses membres se trouvait dans l'équipe Structures aujourd'hui disparue. Son responsable est M. Jean-François CARON, DR ENPC. Elle comprend 9,5 chercheurs permanents, 2 enseignants d'école d'architecture, 1 chercheur contractuel à temps partiel, 1 post-doctorant, et 23 doctorants.

L'équipe mène des recherches dans le domaine de la mécanique des matériaux et des structures complexes ou architecturés. Les travaux théoriques portent sur l'élaboration de modèles et méthodes numériques appliqués aux matériaux hétérogènes et aux structures complexes. Des réflexions portent également sur la recherche de concepts de structures innovants et optimisés intégrant des matériaux choisis pour leurs performances à la fois mécaniques et environnementales et une évaluation rigoureuse des impacts (Analyses de Cycles de Vie). Les objectifs et enjeux de l'ensemble de ces travaux de recherche sont regroupés autour de deux préoccupations majeures du développement durable :

- conception éco-orientées d'architectures complexes optimisée et innovantes ;
- renforcement, réparation, et réhabilitation.

L'équipe MSA du laboratoire Navier s'inscrit donc dans la problématique de la construction durable. Elle est particulièrement concernée par le développement des chaires d'enseignement et de recherche.

L'équipe a une production de bon niveau : 127 articles dans SCOPUS dont 119 dans Web of Science, 78 communications avec actes. Ramené aux 11,5 permanents (les professeurs d'école d'architecture contribuant significativement à la production), cela donne 2 publications par an et par chercheur.

Il faut signaler en plus au niveau national 1 guide technique AFGC (Association Française de Génie Civil), 2 rapports d'expertise significatifs, 1 implication dans la base de données DIOGEN, 1 brevet dans le domaine des composites.

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Le rayonnement est très bon au niveau national, moins affirmé au niveau international. Il faut signaler 3 prix de thèse, 1 prix jeune chercheur, 1 prix AFGC, 1 participation au pilotage d'un GDR, 1 organisation de congrès, 1 coédition de revue internationale.

Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

L'équipe est animatrice de deux chaires industrielles :

- chaire financée par Vinci (AgroParisTech, École des Mines ParisTech et ENPC) « Eco-conception des ensembles bâtis et des infrastructures », qui porte sur l'évaluation de la qualité environnementale des bâtiments et des quartiers, l'analyse du cycle de vie des infrastructures de transport et de leurs impacts, l'agencement des bâtiments et des transports et la régulation de leur usage en vue d'une protection optimisée de l'environnement ;
- chaire « Bâtir durable et innover », qui rassemble autour de Bouygues Construction, le CSTB, Supélec, l'École Centrale de Paris et l'ENPC. Les thèmes de recherche sont les technologies innovantes bas carbone, les bâtiments durables et leur numérisation.

L'équipe a obtenu en 2012 un prix industriel pour un mur rideau en composite, participé à un film CNRS, réalisé un violon en composite fibre de lin pour Futurotextile 2012-2013. Elle est responsable d'un contrat industriel sur le renforcement de coques de bateau en acier par patch composite.

Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Les chercheurs de l'équipe sont fortement impliqués dans la formation à l'ENPC, et notamment dans la formation par la recherche. De 2008 à 2013, 19 thèses ont été soutenues, soit 3,45 par an, plus 1 thèse externe.

18 thèses sont en cours, plus 5 externes. Le ratio doctorant/encadrant est bon.

Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

L'équipe MSA est de taille moyenne. Elle développe des recherches portant sur la construction durable de façon générale, couvrant ainsi un spectre large, ce qui se traduit par une certaine hétérogénéité, donnant l'impression parfois d'un fonctionnement « au fil de l'eau ».

Conclusion

▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

Le lien avec les besoins industriels est un point fort de cette équipe par ailleurs très impliquée aussi dans la formation.

▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

Le spectre d'activité est très large, d'où un risque de dispersion. Le positionnement scientifique par rapport à l'état de l'art, et l'ouverture à international méritent plus d'attention afin de mieux dégager les éléments originaux dans l'activité de l'équipe.

▪ *Recommandations :*

Il conviendrait :

- localement de mieux travailler avec Advancity et le Labex MMCD pour donner de la cohérence aux actions de recherche ;
- nationalement de collaborer de façon plus active avec les autres laboratoires travaillant sur la construction durable, même si l'équipe se situe souvent plus en amont ;
- internationalement de multiplier les partenariats et de rechercher une notoriété internationale qui fait défaut ;
- plus généralement de communiquer davantage à tous les niveaux, sachant que l'équipe est celle de Navier dont la portée sociétale est la plus grande.

Équipe 4 :

Modélisation et expérimentation multi-échelle pour les solides hétérogènes (Multi-échelle)

Nom du responsable : M. Michel BORNERT**Effectifs**

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
N1 : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés		
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	10	10
N3 : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	3	3
N4 : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
N5 : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)		
N6 : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
TOTAL N1 à N6	13	13

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	24	
Thèses soutenues	20	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	4	
Nombre d'HDR soutenues	1	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	3	

• Appréciations détaillées

Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'équipe « Multi-échelle » comporte 10 chercheurs permanents relevant des tutelles du laboratoire (ENPC, IFSTTAR, CNRS), un chercheur à temps partiel du MEDDE-METL, 1 Ingénieur de recherche, 2 post-doctorants et 24 doctorants (dont 7 externes). L'équipe Multi-échelle est issue de la restructuration du laboratoire menée en 2011 et qui a pris effet au 01/01/2012. Les activités en micromécanique, microtomographie et mesures de champ étaient menées dans les équipes 'Micromécaniques et calcul de structure' et 'Imagerie par Résonance Magnétique' qui ont été regroupées.

La problématique scientifique de l'équipe concerne la compréhension et la prédiction des comportements macroscopiques des matériaux et structures sur la base d'une analyse multi-échelle. L'équipe présente un spectre large de compétences, dans les domaines théoriques, numériques et expérimentaux. Les travaux sont menés avec un souci d'applicabilité aux problèmes de l'ingénieur, tout en explorant de nouvelles méthodes et en traitant des questions scientifiques fondamentales. Les travaux de l'équipe sont présentés suivant trois volets :

1. Changement d'échelle, simulation numérique et calcul de structure

Ce volet comprend les méthodes d'homogénéisation dites de 'champ complet', de 'champ moyen' et les méthodes de renforcement par homogénéisation périodique de structures du génie civil. Des avancées importantes ont été obtenues dans chaque cas. Par exemple, l'amélioration des méthodes 'FFT', l'extension variationnelle de la méthode d'inclusion équivalente, et l'enrichissement des méthodes de renforcement par prise en compte d'effets de flexion et cisaillement. A noter aussi les travaux récents, de nature exploratoire, dans le domaine de la simulation moléculaire.

2. Méthodes expérimentales multi-échelle

L'équipe est au cœur des grands projets consacrés au développement des méthodes expérimentales multi-échelles, avec application aux matériaux du génie civil (la portée de ces méthodes dépasse le cadre du génie civil). Des équipements novateurs et uniques ont été développés. La plateforme expérimentale de microtomographie à rayons X a été développée depuis 2008 dans le cadre de la Fédération Francilienne de Mécanique (F2Mmsp) et elle est pleinement opérationnelle depuis 2013. Une de ses originalités est de permettre des essais mécaniques variés, in situ, couplés avec des mesures de champ 3D. En complément de cette plate-forme, un nano-indenteur doté d'une enceinte environnementale a été acquis en 2013. L'équipe est également partenaire de l'Equipex 'NanoImageX', et dans ce cadre participe au développement d'une ligne du synchrotron Soleil, ce qui devrait conduire à des avancées majeures en matière de résolution (résolution nanométrique) et d'imagerie. Des avancées importantes ont été obtenues par l'équipe dans le domaine de l'imagerie, notamment un algorithme de reconstruction tridimensionnelle pour des résolutions de l'ordre de 20 nm, inatteignables précédemment, ainsi que de nouvelles techniques de corrélation d'images.

3. Applications aux problématiques du génie civil

Les applications des travaux de l'équipe concernent les matériaux de construction (matériaux cimentaires, pierres sèches), les roches argileuses étudiées principalement dans le cadre des recherches relatives au projet de stockage de déchets nucléaires, les roches carbonatées et le charbon, étudiés notamment dans le cadre des recherches relatives au stockage souterrain de CO₂. Les travaux sont riches, originaux et novateurs sur de nombreux points. Des résultats importants ont été apportés en micromécanique dans un cadre couplé thermo-hydro-chimio-mécanique. A titre d'exemple, la prise en compte d'interfaces imparfaites dans les roches en conditions saturées et partiellement saturées, la modélisation de la roche argileuse comme un polycristal poreux non linéaire, la modélisation de charbons nano poreux alimentée par des simulations moléculaires, la modélisation à double porosité du charbon ...

Toutes les recherches menées dans le groupe sont pertinentes et à la pointe de la recherche internationale. Les développements récents en modélisation théorique, simulation numérique et expérimentation sont très prometteurs. La richesse de l'équipe réside dans la combinaison de compétences dans ces trois domaines. Elle peut ainsi couvrir une très large gamme d'échelles d'observation et de modélisation : de l'échelle de la molécule à celle de la structure du génie civil ou de la structure géologique.

La production scientifique est très bonne. On relève, sur la période analysée (2008-2013) 134 articles dans les revues internationales, 54 communications avec actes. Cela donne une moyenne de 24 publications par an pour l'ensemble de l'équipe, et 2,35 publications par chercheur et par an. Il faut ajouter 54 communications avec actes.

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

L'attractivité de l'équipe s'est traduite par 6 recrutements de jeunes chercheurs dans la période analysée. Le rayonnement de l'équipe, dont les membres ont une reconnaissance nationale et internationale, s'est traduit notamment par deux prix de thèse et la distinction de la 'Society of Experimental Mechanics', l'invitation à de nombreuses conférences plénières. L'équipe entretient également de nombreuses collaborations avec des universités étrangères. Les membres de l'équipe ont participé à l'organisation de conférences internationales, de colloques et de workshops au sein de conférences internationales, d'écoles thématiques. L'équipe participe à des réseaux scientifiques nationaux et internationaux (dont quatre GDR CNRS, un GDR International CNRS/MIT, un projet européen). Elle a participé au succès du laboratoire au Programme d'Investissements d'Avenir : elle est partenaire de l'Equipex 'NanolmageX', elle fait partie du Labex MMCD dont elle co-anime le thème 'Micromécanique, imagerie multi-échelle et résolution'. Elle a également obtenu trois projets ANR blancs. Des membres de l'équipe participent à des instances d'expertise scientifiques et comités éditoriaux de revues internationales.

Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

L'équipe a des collaborations industrielles fortes (Lafarge, ANDRA, EDF, IFPEN, Total, etc.). Un des membres de l'équipe coordonne un des thèmes du Groupement de Laboratoire Géomécanique de l'ANDRA et deux membres coordonnent la chaire Lafarge-ENPC. L'équipe a participé à la création de la Fédération Française des Professionnels de la Pierre Sèche.

Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Les chercheurs de l'équipe sont fortement impliqués dans la formation à l'ENPC, et notamment dans la formation par la recherche. Un membre de l'équipe est responsable de mention (pour l'ENPC) d'un master recherche cohabilité avec l'Université Paris-Est, un autre membre est responsable de la spécialité MMS (Mécanique des Matériaux et Structures) de ce master. Les membres de l'équipe sont également co-organisateurs d'écoles thématiques (CNRS, CEA) et de cours CISM ('International Centre for Mechanical Sciences'). 12 thèses internes de l'UR Navier, et 8 thèses externes (avec un co-encadrement de l'UR Navier) ont été soutenues sur la période analysée. Le taux d'encadrement et les conditions d'accueil des doctorants sont bons et ils devraient encore s'améliorer avec plusieurs HDR en préparation.

Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Les finalités du projet scientifique sont en adéquation avec celles prônées par le ministère de tutelle de l'ENPC (MEDDE). Les activités liées aux stockages souterrains (déchets nucléaires, CO₂), aux matériaux de construction seront poursuivies. La structuration de l'équipe est récente, l'objectif de renforcement des collaborations intra équipe et inter équipes, qui apparaît dans le rapport pour les activités les plus récentes (thèses co-encadrées par exemple), est cohérent. Le projet est dans la continuité des travaux récents, et inclut des recherches à caractère exploratoire et la poursuite des recherches en cours. Il est bien structuré sur tous les points : expérimental, modélisation théorique et simulation numérique. Les méthodologies choisies sont pertinentes et bien positionnées par rapport à la communauté internationale.

Conclusion

▪ Points forts et possibilités liées au contexte :

C'est une équipe jeune qui possède encore une grande marge de progression. Le rassemblement au sein d'une même équipe de travaux expérimentaux, théoriques et numériques est une caractéristique de cette équipe qui affiche une excellente production scientifique.

- *Points faibles et risques liés au contexte :*

Le positionnement scientifique par rapport à l'état de l'art international mériterait plus d'attention. L'ouverture à l'international et les collaborations devraient être à la mesure du potentiel de cette équipe.

- *Recommandations :*

Le développement des activités expérimentales et numériques multi-échelles va nécessiter un important renforcement en personnel technique et scientifique qui manque actuellement. Il conviendrait de pouvoir recruter des IR et ITA, notamment pour la plateforme expérimentale de microtomographie à rayons X, et également en appui aux développements numériques aussi bien dans le domaine de l'imagerie que des modèles micromécaniques.

Équipe 5 : Physique des milieux poreux (Poreux)

Nom du responsable : M. Philippe COUSSOT

Effectifs

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
N1 : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés		
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	6	6
N3 : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	5	5
N4 : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
N5 : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	1	1
N6 : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
TOTAL N1 à N6	12	12

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	17	
Thèses soutenues	11	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	4	
Nombre d'HDR soutenues	1	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	4	4

• Appréciations détaillées

Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'équipe « Poreux » est de taille moyenne par rapport aux autres équipes de l'unité. Sa structuration actuelle date de 2012, année à partir de laquelle la restructuration des thématiques s'est imposée suite à la disparition brutale de M. Olivier COUSSY et donc au changement de direction. Cette équipe est constituée de 6 chercheurs permanents relevant des tutelles du laboratoire, 1 chercheur émérite, 1 ingénieur de recherche et 17 doctorants (dont 2 externes). Le taux d'encadrement est donc de très bonne qualité (ratio encadré/encadrant = 2,5). Un CR2 IFSTTAR a été recruté en 2013.

L'équipe développe son activité sur plusieurs thématiques complémentaires. En premier lieu, ce groupe a acquis une expertise reconnue en méthodologie RMN et gère un équipement important de l'unité, à savoir un spectromètre RMN basse fréquence, assez unique, possédant un très grand insert. Des études concernant la vélocimétrie IRM de fluides complexes confinés, le filtrage numérique intelligent des signaux de RMN, la relaxométrie dans les systèmes hétérogènes et l'élaboration d'antennes de RMN sont et seront développées. Des efforts méthodologiques et de modélisation sont en cours pour quantifier le transport de particules colloïdales dans des milieux poreux insaturés sous l'effet d'un mouvement d'eau. Un travail important concerne la compréhension des phénomènes de transferts dans les milieux poreux complexes avec un intérêt pour le séchage des sols et des matériaux de construction, la prise dans les matériaux cimentaires, le transport de colloïdes et l'injection de fluides à seuil dans des milieux poreux. Ce dernier sujet devrait se renforcer à l'avenir dans le cadre d'une thématique « rhéologie en confinement ». Des modélisations sont développées autour de la problématique du gel en confinement et dans le contexte du stockage géologique du CO₂.

La production scientifique est très bonne. On relève, sur la période analysée (2008-2013), 75 articles dans SCOPUS dont 73 dans le Web of Science, 27 communications avec actes. Ceci représente en moyenne par an et par chercheur permanent un chiffre proche de 2,5. C'est donc un très bon bilan dans le cadre d'un groupe ayant entre autres une activité expérimentale lourde associée à une charge d'accueil sur l'instrumentation RMN.

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Le rayonnement et l'attractivité académiques sont bons. Quelques membres de cette équipe ont une réputation nationale et internationale, parfois sur des thématiques comme la rhéophysique, connexe au cœur de discipline de ce groupe. Cet aspect pluridisciplinaire des compétences a permis à cette équipe d'organiser trois manifestations nationales et internationales depuis 2010. Le responsable de l'équipe a reçu le prix Maurice Couette du groupe Français de rhéologie.

Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

L'équipe Poreux a des collaborations industrielles fortes. Le responsable de l'équipe anime la Chaire Saint-Gobain-ENPC. Des contrats réguliers sont conclus avec Schlumberger, l'ADEME, le BRGM, Saint-Gobain, Lhoist, Fives Cail, Petrobras et l'IFPEN. Une activité éditoriale autour de la publication de l'ouvrage « Rhéophysique - La matière dans tous ses états - EDP Sciences, 2012 » est à relever. L'outil RMN que gère et développe cette équipe représente une plateforme expérimentale, au cœur de l'offre de service et de recherche que l'unité propose aux partenaires industriels.

Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Les chercheurs de l'équipe sont fortement impliqués dans la formation à l'ENPC, et notamment dans la formation par la recherche. L'équipe s'implique dans des enseignements sur les milieux poreux et la rhéophysique au sein des spécialités MMS et SMCD du Master Mécanique et Génie Civil de l'ENPC. Chaque membre de l'équipe encadre en moyenne 2 à 3 doctorants, ce qui est un très bon ratio.

Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Cette équipe de taille moyenne développe en particulier une recherche méthodologique sur la spectroscopie RMN. Ces travaux sont et seront nécessaires pour les études expérimentales menées dans cette équipe autour des phénomènes de transferts de fluides simples ou complexes dans des milieux poreux hétérogènes et de la rhéologie en confinement, mais aussi dans la modélisation du gel en confinement et la compréhension du stockage souterrain (CO₂). Le projet s'inscrit dans une dynamique réelle de l'unité, où l'analyse multimodale de structures complexes et le suivi des processus à différentes échelles de temps et d'espace sont des objectifs prioritaires sur lesquels une synergie entre les différents groupes sera nécessaire.

Conclusion

▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

C'est une équipe qui bénéficie d'un potentiel d'attractivité très important, basé sur la notoriété de son responsable mais aussi sur son histoire. Son expertise dans le domaine de l'IRM et de la poromécanique est indéniable et au plus haut niveau. Les problèmes abordés sont fondamentaux, en relation forte avec les besoins industriels.

▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

L'équipe paraît parfois un peu timorée quant au rôle qui devrait naturellement lui échoir sur la scène nationale et internationale (par exemple en RMN). Il faut veiller à maintenir, voire renforcer le soutien technique autour d'une instrumentation lourde et complexe. Dans ce cadre, les perspectives à court terme annoncées par le responsable d'équipe sont inquiétantes (départ d'un ITA).

▪ *Recommandations :*

Plusieurs points sont à surveiller afin d'assurer une évolution harmonieuse de l'équipe Poreux au sein de l'unité :

- l'équipe répartit son activité sur deux sites distants et éloignés de l'ENPC où se situent plusieurs équipes de Navier. Ce point est à surveiller dans le futur quinquennal afin d'éviter à terme tout isolement ;
- le savoir-faire tant fondamental que méthodologique acquis autour des spectromètres RMN est de qualité. Il devrait mener à un faire-savoir plus agressif ;
- une ouverture en termes de collaborations internationales devrait être poursuivie et accentuée.

Équipe 6 :

Rhéophysique

Nom du responsable : M. Xavier CHATEAU**Effectifs**

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
N1 : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	2	2
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	9	9
N3 : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	7	7
N4 : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
N5 : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)		
N6 : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
TOTAL N1 à N6	18	18

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	11	
Thèses soutenues	11	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	3	
Nombre d'HDR soutenues	4	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	8	8

- Appréciations détaillées**

Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'équipe « Rhéophysique » regroupe aujourd'hui 11 enseignants-chercheurs dont 4 CNRS, 4 IFSTTAR, 1 ENPC et 2 maîtres de conférences. L'équipe existait lors du précédent contrat mais a été remaniée lors de la restructuration en 2011 et a bénéficié au cours des quatre dernières années de l'arrivée de 6 personnes, dont 3 recrutements et 3 mutations (en provenance de l'ex LPMDI), signe de la très grande attractivité du groupe. Un technicien est également rattaché à l'équipe.

Les activités de recherche de l'équipe portent sur la rhéologie des milieux divisés (milieux granulaires, mousses, fluide à seuil, verres...), avec une approche plutôt fondamentale mais toujours motivée en lien avec des applications, et visant à étudier à la fois les lois de comportement à l'échelle macroscopique et les mécanismes physiques intervenant à l'échelle microscopique. Les recherches développées sont à la fois expérimentales, numériques et théoriques. Les travaux extrêmement riches et variés se regroupent en 5 thématiques :

- les milieux granulaires. Après de nombreux travaux fondateurs dans le domaine des écoulements de milieux granulaires secs, les activités s'élargissent à des milieux plus complexes : milieux cohésifs, grains de formes complexes, couplage aux interfaces, problèmes d'acoustique ;
- les matériaux à seuil. Les travaux portent sur l'étude des propriétés de transition liquide-solide et sur les conditions d'apparition des bandes de cisaillement. Des configurations originales de rhéométrie sont développées pour tester des lois de comportement 3D. Une application aux écoulements en film mince d'une suspension colloïdale est également conduite pour simuler l'étalement d'une peinture sur une tôle horizontale ;
- les suspensions. Les travaux sur la rhéologie locale des suspensions de particules dans des fluides newtoniens obtenus grâce à l'IRM, et qui font référence, ont permis d'élucider les observations expérimentales de seuil d'écoulement et de rhéo-épaississement. Ces travaux ont été étendus au cas de suspensions de bulles et de grains dans des fluides à seuil ;
- les mousses. La recherche sur les mousses se caractérise par des approches très originales autour de problématiques de mousses chargées en huile, chargées en particules et les mousses de fluides complexes ;
- les matériaux amorphes. Des études principalement numériques ont permis de mettre en évidence les mécanismes élémentaires d'avalanche de réarrangements dans la plasticité des verres. Une étude sur la cristallisation anormalement rapide de certains liquides surfondus est en cours en lien avec des applications pharmaceutiques.

L'ensemble des thèmes abordés a donné lieu à 73 articles internationaux à comité de lecture dans les plus grandes revues généralistes, de physique, de mécanique des fluides et de rhéologie. La production est donc excellente, tant par la qualité que par la quantité. Plus d'une dizaine de conférences invitées, de nombreuses participations à des conférences internationales attestent de la grande reconnaissance des travaux de cette équipe. Deux médailles de bronze, des prix de meilleurs posters, la mise en exergue d'articles dans certains journaux, deux délégations recherche de maître de conférences sont des éléments qui confirment l'excellence.

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Les chercheurs de l'équipe Rhéophysique sont très bien implantés dans la communauté nationale, participant à de nombreux GDR, étant moteurs et organisateurs de nombreux workshops ou groupes de travail, porteurs de 3 ANR. L'arrivée de 6 nouvelles personnes dans l'équipe (3 recrues, 3 mutations) atteste de la grande attractivité du groupe. Le rayonnement international est également incontestable, avec de nombreuses collaborations et invitations. Les travaux de l'équipe sont internationalement reconnus, très bien cités et font pour certains d'entre eux référence dans le domaine (notamment sur les milieux granulaires, les suspensions et les verres).

Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

Les recherches de l'équipe Rhéophysique sont menées en lien étroit avec le milieu industriel et en contact avec de grands groupes (Lafarge, Arcelor, St Gobain,...). Une des grandes réussites de l'équipe est de parvenir à équilibrer une recherche académique d'excellence avec des thématiques inscrites dans des applications et défis sociétaux.

Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Les membres de l'équipe sont bien impliqués dans l'enseignement local à l'ENPC (responsabilité de la première année) ou à l'université. L'encadrement des doctorants et la présence de post-doctorants attestent de la bonne implication de l'équipe.

Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Les projets de l'équipe sont dans la continuité des activités en cours. Les milieux granulaires humides, l'étude des matériaux aérés, le développement de méthodes numériques appliquées aux milieux diphasiques sont au cœur du projet. Compte tenu des qualités, du potentiel et de la richesse des compétences présentes dans l'équipe, le projet aurait pu être un peu plus construit et ambitieux, mais nul doute que les questions retenues sont pertinentes, riches en perspectives et déboucheront sur des résultats fructueux.

Conclusion

- *Points forts et possibilités liées au contexte :*

L'équipe Rhéophysique présente un bilan scientifique de premier plan combinant une excellente production, une forte attractivité et une interaction importante avec le milieu industriel au travers d'une chaire. L'intégration de chercheurs du LPMDI semble être un succès.

- *Points faibles et risques liés au contexte :*

Compte tenu du potentiel de l'équipe, le projet scientifique pourrait être plus soigné et plus ambitieux.

- *Recommandations :*

Le positionnement scientifique par rapport à l'état de l'art international mériterait plus d'attention, au moins dans le cadre d'une présentation des travaux de l'équipe. L'équipe doit ainsi pouvoir affirmer ses points forts. De grandes avancées scientifiques ont été acquises et elles ne sont pas forcément mises en valeur.

5 • Déroulement de la visite

Dates de la visite

Début : 6 février 2014 à 11h

Fin : 7 février 2014 à 16h

Lieu de la visite

Institution : Laboratoire Navier, site Pascal (École des Ponts ParisTech)

Adresse : Cité Descartes, 6-8 Avenue Blaise Pascal, 77455 Champs-sur-Marne

Deuxième site éventuel

Institution : Laboratoire Navier, site Kepler (IFSTTAR)

Adresse : 2 allée Kepler, 77420 Champs-sur-Marne

Déroulement ou programme de visite

Jeudi 6 février

Site Kepler

11h00 - 11h15	Huis clos du comité d'experts
11h15 - 12h15	Présentation du bilan et du projet
12h15 - 13h30	Équipe « Poreux » et ses installations expérimentales
13h30 - 13h45	Déplacement vers le site Pascal

Site Pascal

13h45 - 14h30	Repas
14h30 - 15h05	Équipe « Dynamique »
15h05 - 15h50	Équipe « MSA »
15h50 - 16h35	Équipe « Géotechnique »
16h35 - 16h50	Pause
16h50 - 18h00	Visite des installations expérimentales « Dynamique », « MSA », « Géotechnique »
18h00 - 18h30	Entretien avec les tutelles
18h30 - 19h30	Huis clos du comité d'experts

Vendredi 7 février

Site Kepler

08h30 - 09h45	Équipe « Rhéophysique » et ses installations expérimentales
09h45 - 10h10	Entretiens avec les représentants des chercheurs au Conseil de Laboratoire
10h10 - 10h40	Pause
10h40 - 11h05	Entretiens avec les représentants des ITA au Conseil de Laboratoire
11h05 - 11h30	Entretiens avec les représentants des doctorants au Conseil de Laboratoire
11h30 - 11h45	Entretien avec M. Denis DUHAMEL responsable de l'École Doctorale n°531 SIE
11h45 - 12h15	Déplacement vers le site Pascal

Site Pascal

12h00 - 13h00	Repas
13h00 - 14h15	Équipe « Multi échelle » et ses installations expérimentales
14h15 - 15h45	Huis clos du comité d'experts puis fin de la visite

6 • Observations générales des tutelles

Marne-la-Vallée, le 22 mai 2014

A l'attention de
Monsieur Pierre Glaudes,
Directeur de la Section des Unités de Recherche,
Agence d'Evaluation de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur.

Evaluation du laboratoire NAVIER par l'AERES - « Vague E – 2013-2014 »

Référence AERES : E2015-EV-0772517T-S2PUR150008195-006417-RT.pdf

Tutelles : Ecole des Ponts ParisTech, IFSTTAR, CNRS

Etablissement déposant : ENPC

Label : UMR CNRS n°8205

OBSERVATIONS DE PORTÉE GÉNÉRALE

Monsieur le Directeur,

Nous vous prions de bien vouloir trouver ci-dessous les observations de portée générale recueillies auprès du directeur de l'unité et validées par les tutelles ENPC et IFSTTAR sur le pré-rapport d'évaluation concernant le Laboratoire Navier. Ces observations ont été élaborées avec l'accord du CNRS.

Nous souhaitons, tout d'abord, remercier le Comité d'experts de l'AERES pour son important investissement dans l'évaluation du laboratoire. Nous nous félicitons de son avis général sur le niveau scientifique et la progression du laboratoire, l'ambiance de travail, le sentiment d'appartenance des personnels au laboratoire et le rôle de leader que ce dernier doit assumer.

Nous nous interrogeons sur les raisons du ressenti du Comité concernant « un certain recentrage vers des domaines de la mécanique ». En effet, par ses nombreux recrutements de chercheurs physiciens, par son investissement dans l'imagerie, dans la dynamique moléculaire, et dans la prise en compte grandissante de l'effet des interactions physico-chimiques sur le comportement des géomatériaux et des ouvrages, le laboratoire a considérablement renforcé la liaison mécanique-physique, qui fait son originalité, et il a le projet de persévérer dans cette voie.

Par ailleurs, nous partageons avec le Comité le souhait d'une plus grande visibilité internationale du laboratoire. Il faut noter que celui-ci est relativement récent, sa forme actuelle datant de 2010, et qu'il évolue au sein d'une structuration mouvante de la recherche française, souvent perçue comme très complexe à l'étranger.

Nous retenons l'ensemble des recommandations faites par le comité, notamment en ce qui concerne le dialogue nécessaire entre les tutelles du laboratoire. A cet égard, les tutelles signataires de cette lettre sont favorables à la signature par les trois tutelles (ENPC, IFSTTAR, CNRS) d'une convention d'Unité Mixte de Recherche pour le Laboratoire Navier, ce qui permettra de consolider les bonnes pratiques souhaitées par les tutelles, et de faciliter les relations entre celles-ci.

Nous vous prions de croire, Monsieur le Directeur, à l'expression de notre respectueuse considération.

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'A' followed by a series of loops and a long horizontal stroke.

Armel de la Bourdonnaye
Directeur de l'École des Ponts ParisTech

A handwritten signature in blue ink, featuring a large, stylized 'S' followed by a long, sweeping horizontal stroke.

Serge Piperno
Directeur Scientifique de l'IFSTTAR