


RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE
*Liberté
Égalité
Fraternité*

PASSEUR DE SCIENCE, POUR UNE
RECHERCHE AU CŒUR DE
L'INTELLIGENCE TERRITORIALE



**PASCAL
BERTEAUD**

*Directeur général
du Cerema*

Les acteurs des territoires, collectivités, entreprises, associations... sont confrontés à de nouveaux défis.

L'enjeu aujourd'hui pour les politiques publiques est de repenser l'avenir en construisant un projet global qui intègre les enjeux d'habitat, d'urbanisme, de déplacement, de travail, de loisir dans une préoccupation essentielle et croissante d'adaptation au changement climatique.

Développée par des femmes et des hommes passionnés et représentants de l'excellence de l'expertise publique, notre activité de recherche que l'on dit « appliquée », « motivée », ou encore « finalisée » se mobilise sur des projets à enjeux variés et forts pour les territoires.

Nos équipes de scientifiques, chercheurs, ingénieurs et techniciens, veulent comprendre les phénomènes pour proposer des innovations.

La recherche mobilise des moyens humains et techniques non négligeables dans notre activité globale. Nous accordons une très grande importance au ressourcement scientifique de tout le Cerema par nos équipes et par les liens que nous tissons avec les établissements de recherche, les universités et les grandes écoles.

Nos liens étroits avec de nombreux organismes publics et privés, tant sur la scène nationale qu'à l'international nous garantissent le meilleur niveau de savoir pour exercer notre cœur de métier : l'expertise.

De nombreux experts du Cerema apportent leur renfort à ces équipes de recherche ainsi qu'à des partenaires académiques ou industriels dans différents projets de recherche & développement.

Par ailleurs, notre recherche partenariale industrielle, développée d'abord sous le label du Tremplin Carnot *Effiscience*, est aujourd'hui sous label de l'Institut Carnot *Clim'adapt*, qui fonde l'identité de notre établissement. Signalons d'ailleurs que pour la première fois, ce label a été attribué à un projet qui concerne l'adaptation au changement climatique. La reconnaissance du Ministère de la recherche par l'attribution de ce label vient souligner le travail de pointe mené par les équipes du Cerema.

Je vous invite donc, au travers de ce document, à faire connaissance avec nos équipes, avec ces passeurs de science qui œuvrent, avec audace et ambition, à l'amélioration des connaissances et des technologies dans une optique de développement, de cohésion et d'équilibre territorial.

Je vous souhaite une bonne lecture.

UNE RECHERCHE EXPERTE AU SERVICE DES TERRITOIRES

Le Cerema est l'expert public de référence, pour l'aménagement et la transition écologique, énergétique et numérique des territoires.

Une recherche singulière



UN RÔLE DE PASSEUR

À DESTINATION DES TERRITOIRES

L'activité de recherche du Cerema organise le transfert entre le monde académique et les acteurs de l'aménagement publics et privés. Sa vocation est d'identifier puis de traduire les besoins constatés sur le terrain en nouvelles problématiques de recherche. Elle permet de mobiliser les connaissances scientifiques et techniques les plus pertinentes au service de l'ingénierie des territoires.



DES SUJETS EN PRISE AVEC LES PRIORITÉS

DES POLITIQUES PUBLIQUES

Le Cerema intervient en appui à la mise en œuvre des nouvelles priorités des politiques publiques d'aujourd'hui et de demain. La recherche du Cerema intègre les défis sociétaux posés par la transition écologique et la cohésion des territoires.



UNE TRANSDISCIPLINARITÉ OPÉRANTE

Les thèmes de recherche du Cerema sont explorés par ses équipes, rassemblées autour de projets scientifiques formalisés et pluriannuels. La diversité des équipes et des sujets traités traduit l'approche transversale et pluridisciplinaire du Cerema.

Une recherche finalisée

En élargissant le champ des connaissances fondamentales et en tirant parti des processus d'innovation dans ses domaines, la recherche finalisée développée au Cerema s'inscrit dans ses activités d'expertises et de conseil, tout en étant organisée pour produire des connaissances fondamentales au plus haut niveau.

L'HISTOIRE DES ÉQUIPES DE RECHERCHES AU CEREMA

1970



Émergence des activités de recherche dans les Centre d'études techniques de l'Équipement (CETE).

1982



1^{ères} équipes de recherche associées (ERA).

LA RECHERCHE AU CEREMA

EN 4 POINTS CLÉS

1

Depuis la naissance du Cerema en 2014, elle fait partie de sa stratégie générale, car c'est une des huit activités inscrites dans ses missions.

2

Elle est visible dans le dispositif national et européen de la science et de la technologie, en assumant son rôle de médiation entre la science et l'action opérationnelle.

3

À travers ses équipes de recherche, elle s'inscrit progressivement dans les processus d'évaluation scientifique, selon les critères adaptés aux activités de recherche finalisée et en lien étroit avec ses partenaires. Ils prennent en compte :

- ↳ la production de connaissances nouvelles ;
- ↳ la transmission de connaissances par l'enseignement et la formation par la recherche.

4

Pour assurer le ressourcement scientifique des différents secteurs d'activité du Cerema, elle privilégie les partenariats avec les autres établissements nationaux et internationaux de référence dans leur domaine : organismes de recherche, universités et grandes écoles.

Une recherche structurée autour d'équipes-projets, évaluables dans le cadre national.
Une recherche attentive à constituer un lien entre le monde de la recherche et les activités du Cerema auprès des territoires.

2011



Création de l'IFSTTAR

(intégré à l'Université Gustave Eiffel depuis 2020).

2014



Création du Cerema

2015



Engagement dans la construction d'équipes-projet.

2017



Lancement de la 1^{re} équipe-projet.

2018 - 2020



Création des autres équipes de recherche du Cerema.
Association de ces équipes à des entités scientifiques reconnues et évaluées.

CLIM'ADAPT, UN INSTITUT CARNOT POUR L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE DE NOS TERRITOIRES

Après trois années de montée en puissance de son dispositif, labellisé tremplin Carnot, le CEREMA a été confirmé dans sa labellisation en tant qu'Institut Carnot en février 2020 par le Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation.

Le positionnement stratégique de l'Institut Carnot *Clim'adapt*

↳ Il repose sur le constat du manque actuel de recherche partenariale sur les sujets émergents en lien avec le génie civil. La recherche-développement en matière d'infrastructures (routes, voies ferrées, ouvrages d'art, ports et voies navigables) et sur trois sujets qui leurs sont associés (les mobilités / l'environnement, les écosystèmes et l'économie circulaire / le secteur du bâtiment) est profondément bouleversée par le changement climatique à l'œuvre et à venir.

↳ Cette recherche doit contribuer à l'adaptation de nos territoires face à ces changements: il faut entièrement repenser nos infrastructures, nos bâtiments, nos modes de déplacement et plus globalement notre cadre de vie, pour le rendre plus résilient face aux événements climatiques extrêmes, tout en poursuivant les objectifs de réduction d'émissions de gaz à effet de serre.

L'Institut Carnot *Clim'adapt* prend en compte les évolutions technologiques actuelles et propose des dispositifs d'analyse systémique, met à disposition ses plateformes technologiques auprès des entreprises et des collectivités territoriales pour répondre à leurs besoins de recherche.

Il s'agit de leur fournir la capacité de proposer de nouveaux outils, produits et méthodes permettant la transition des territoires vers une économie décarbonée, sobre en ressources, respectueuse de l'environnement et équitable, à travers des technologies et méthodologies robustes.

Le Cerema pourra aussi contribuer à l'exportation de ces innovations à travers des projets européens ou en groupement avec les grands comptes de l'ingénierie française: Syntec Ingénierie, Egis, Engie, etc. Les innovations et méthodologies adaptées aux pays en développement pourront l'être par les expertises conduites pour le compte de l'Agence française de développement et la Banque mondiale.



LES COLLECTIVITÉS

Besoin de solutions innovantes pour la transition



Recherche et développement au bénéfice des entreprises et des collectivités

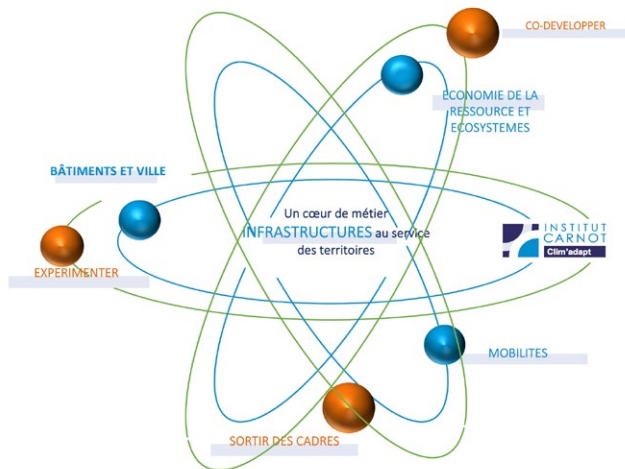


LES ENTREPRISES

Innovations



La transition et l'innovation des infrastructures à l'heure du changement climatique



UN EXEMPLE DE PROJET EN COURS

URBEOL, une éolienne à moindre impact en milieu urbain

Le projet de recherche URBEOL, lancé en mars 2019, vise à développer une éolienne de nouvelle génération, que l'on peut positionner en ville, en poursuivant trois objectifs :

- ↳ étudier les performances environnementales de nouvelles générations d'éoliennes, positionnées principalement sur des toitures-terrasses en milieu urbain et comprendre les interactions avec l'environnement ;
- ↳ évaluer le bilan environnemental de l'éolienne à travers une analyse du cycle de vie (ACV) ;
- ↳ caractériser l'électricité produite.



Mené en partenariat par le Cerema dans le cadre de l'Institut Carnot, la société Unéole a conçu l'éolienne avec le Centre Technique des Industries Mécaniques (CETIM) spécialisé dans la mesure de champs électromagnétiques et le laboratoire d'électrotechnique et d'électronique de puissance de Lille (L2EP).

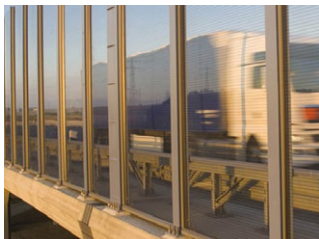
Expérimenté par Communauté Urbaine d'Arras, le projet URBEOL doit permettre aux collectivités de diversifier les ressources énergétiques en améliorant la technologie sur les plans de l'impact environnemental, du rendement énergétique et des coûts.

LES ÉQUIPES DE RECHERCHE



HA

HYDRAULIQUE
POUR L'AMÉNAGEMENT



AE

ACOUSTIQUE
DE L'ENVIRONNEMENT



MOUVGS

MOUVEMENTS GRAVITAIRES
ET SISMIQUES DANS LES SOLS,
LES ROCHES ET LES STRUCTURES



BPE

BÂTIMENTS PERFORMANTS
DANS LEUR ENVIRONNEMENT



DIMA

DURABILITÉ INNOVATION
ET VALORISATION
DES MATÉRIEAUX ALTERNATIFS



ENDSUM

ÉVALUATION NON DESTRUCTIVE
DES STRUCTURES
ET DES MATÉRIEAUX



STI

SYSTÈMES DE TRANSPORTS
INTELLIGENTS



ESPRIM

PERTURBATION ET RÉSILIENCE
DES SYSTÈMES DE MOBILITÉ



TEAM

TRANSFERTS ET INTERACTIONS
LIÉS À L'EAU EN MILIEU
CONSTRUIT

CHIFFRES CLÉS

Plus de **180**
PERSONNES DONT

60 chercheurs

65 techniciens

20 ingénieurs



Plus de **20** chercheurs
habilités à diriger les recherches
(HDR)

Plus de **50** doctorants

HA

HYDRAULIQUE POUR L'AMÉNAGEMENT

Plusieurs membres de l'équipe appartiennent au Laboratoire d'Hydraulique de Saint-Venant, dont le Cerema est tutelle avec EDF et l'École des Ponts ParisTech (ENPC)



MARISSA
YATES

Chargée
de recherche

“ Je m'intéresse à la simulation numérique des vagues en zone côtière et à leurs impacts sur le littoral. Je travaille avec mes collègues au sein du Cerema sur des sujets à forts enjeux, comme l'érosion côtière, la submersion marine et les effets liés au changement climatique. ”

PROBLÉMATIQUE SCIENTIFIQUE

Les enjeux portent sur les aléas et les forçages hydrauliques, leur évolution dans le cadre du changement climatique, leurs impacts hydro-sédimentaires ainsi que sur les interactions hydrauliques avec les aménagements (infrastructures, dragages, sécurité de la navigation).

AXES STRUCTURANTS

AXE 1

L'hydraulique à surface libre.

AXE 2

Le transport hydro-sédimentaire.

AXE 3

Le calcul scientifique et le traitement de données.

ENJEUX DE RECHERCHE

Les deux premiers axes, dans un souci d'améliorer la connaissance et la modélisation des processus physiques et des couplages fluides-structure avec une approche de mécanique, concernent les domaines côtiers, estuariens et fluviaux. Ils sont étudiés à l'aide de modélisation numérique,

d'essais en canal ou d'expérimentation *in situ*.

Le troisième axe, à travers une approche mathématique et informatique plus transversale, a pour but de développer et d'améliorer les outils numériques de modélisation des phénomènes observés.



Conséquence de l'ouragan Irma
(Saint-Martin)

PROJETS EN COURS

→ MAESTRO (MARONI ESTUARY SEDIMENT TRANSPORT MODELING)

OBJECTIFS

Connaître et modéliser la dynamique sédimentaire de l'estuaire du Maroni afin d'accompagner la Communauté de communes de l'Ouest Guyanais (CCOG). Pour son projet de développement du Port de l'Ouest, il est nécessaire de disposer d'une bonne connaissance de la dynamique hydro-sédimentaire de l'estuaire, mais aussi de mettre en place des outils de modélisation numérique pour mener à bien le projet partenarial entre la CCOG et les chercheurs.

RÉSULTATS

- Caractérisation morpho-sédimentaire de l'estuaire depuis Apatou jusqu'à l'embouchure (*leader*: LEEI-SA).
- Fonctionnement hydro-sédimentaire de l'estuaire: identification des mécanismes physiques prédominants (*leader*: EPOC).
- Modélisation du fonctionnement hydro-sédimentaire de l'estuaire (*leader*: Cerema).
- Identification et dynamique du bouchon vaseux estuarien (*leaders*: EPOC et Cerema).

→ ENDURE (ENSURING DUNE RESILIENCE AGAINST CLIMATE CHANGE)

OBJECTIFS

- Partager les connaissances et les recherches de moyens innovants de protection contre l'érosion côtière et les risques de submersion marine, pour l'adaptation au changement climatique.
- Développer les capacités des gestionnaires des espaces côtiers de la Manche et de la Mer du Nord, pour appréhender la meilleure manière de restaurer et consolider les dunes, sans avoir recours à des infrastructures lourdes.

Ce projet permet l'échange avec les pays voisins sur les meilleures pratiques en matière de gestion du trait de côte et d'adaptation au changement climatique. Le Cerema apporte ses compétences en matière de collecte et de traitement des données topographiques et bathymétriques.

RÉSULTATS

- Solutions établies (méthodes, outils, effets, gestion) pour améliorer l'adaptation au changement climatique.
- Développement de trois outils cartographiques de suivi de la vulnérabilité des dunes.
- Campagnes de formation sur les modes de gestion des cordons dunaires auprès des acteurs locaux en Manche et Mer du Nord (visites sur les sites pilotes, ateliers, formations technologiques, information des usagers).
- Développement des liens avec les collectivités territoriales impliquées dans le suivi des résultats du projet.

PARTENARIATS

• Établissements universitaires et scientifiques

Université de Bretagne Occidentale, École des Ponts Paris Tech, Université Gustave Eiffel, Université de Caen-Normandie, Université du Havre, Université de technologie de Compiègne, Université de Guyane, Université Tohoku (Japon), IHE Delft Institute (Hollande).

• Établissements publics

Service central d'hydrométéorologie et d'appui à la prévision des inondations (SCHAPI), Direction des affaires maritimes (DAM), Voies navigables de France (VNF), Ports de Paris Seine Normandie (HAROPA), Institut pour la recherche appliquée et l'expérimentation en génie civil (IREX).

PUBLICATIONS RÉCENTES

- T. Bajjouk, P. Mouquet, M. Ropert, J.P. Quod, L. Hoarau, L. Bigot, N. Le Dantec, C. Delacourt, J. Populus, **Detection of changes in shallow coral reefs status: Towards a spatial approach using hyperspectral and multispectral data**, 2019, *Ecological Indicators*, v. 96 (1), p. 174-191, doi: 10.1016/j.ecolind.2018.08.052 Impact factor 3,983 - BDI JCR et Scopus – télédétection, 2019.

- N. Abascal Zorrilla, V. Vantrepotte, D. Dinh Ngoc, N. Huybrechts, A. Gardel, **Automated SWIR based empirical sun glint correction of Landsat 8-OLI data over coastal water**, *Optic Express*, Vol. 27, Issue 8, pp. A294-A318, 2019.

- P. Santoro, M. Fossati, P. Tassi, N. Huybrechts, D. Pham Van Bang, I. Piedra-Cueva, **Effect of self-weight consolidation on a hydro-sedimentological model for the Río de la Plata estuary**, *International Journal of Sediment Research*, 2019.

- W. Bouchenafa, N. Mouhous-Voyneau, P. Sergent, R. Guillois, M. Chatzipetrou, **Modélisation des infiltrations dans les ouvrages souterrains par la méthode des éléments finis: Application sur un tunnel de métro parisien**, 2018.

AE

ACOUSTIQUE DE L'ENVIRONNEMENT

Composante de l'UMR Acoustique Environnementale,
UMR créée par le Cerema et l'Ifsttar (intégré à l'UGE
aujourd'hui)



**BILL
KAYSER**
Doctorant

“ Le but de ma thèse est de modéliser les incertitudes de la prévision du bruit dans l'environnement, en particulier celui des éoliennes. Bien que travaillant dans un domaine scientifique précis, j'ai le sentiment de faire avancer les choses car les applications attendues sont concrètes : limiter les nuisances sonores des activités humaines dans l'environnement. ”

PROBLÉMATIQUE SCIENTIFIQUE

La caractérisation et la prévision des impacts du bruit passent avant tout par une bonne connaissance de trois dimensions du problème : les sources de bruit, les phénomènes intervenant dans la propagation acoustique, ainsi que les effets du bruit sur le vivant (homme ou animal). Les activités d'AE abordent ces trois dimensions à travers des approches théoriques, expérimentales et numériques.

AXES STRUCTURANTS

AXE 1

Les sources sonores dans l'environnement.

AXE 2

La propagation acoustique du bruit dans l'environnement, et les outils de prévision du bruit.

AXE 3

L'impact du bruit sur l'homme et la biodiversité.

Mesure du niveau sonore des éoliennes



ENJEUX DE RECHERCHE

- La caractérisation fine de l'émission sonore de sources non stationnaires ou mobiles pour permettre la prévision d'indicateurs événementiels.
- La modélisation des sources sonores : aérogénérateurs, ferroviaire.
- L'estimation des incertitudes de mesures et de prévision en acoustique extérieure.
- Le développement de modèles de simulation acoustique 3D temporels prenant en compte les différents phénomènes physiques propres à l'environnement extérieur.
- L'évolution de l'équation de transport comme outil pour l'acoustique du bâtiment : pour une meilleure précision sans le coût de calcul des éléments finis.
- La connaissance du comportement multi-physique y compris acoustique, des matériaux bio-sourcés.
- L'identification des sources sonores biologiques en environnement multi-sources.
- L'impact de bruits sous-marins anthropiques sur les mammifères marins.

PROJETS EN COURS

→ **PIBE (PRÉVOIR L'IMPACT DU BRUIT DES ÉOLIENNES)**

OBJECTIFS

Améliorer les méthodes de prévision de l'impact sonore des éoliennes et étudier des solutions de réduction du bruit et leur efficacité, aussi bien en conditions maîtrisées qu'en conditions réelles.

Le projet fédère des spécialistes de l'aéroacoustique, de la propagation sonore, de la caractérisation expérimentale du bruit et de l'ingénierie éolienne.

RÉSULTATS

Les résultats permettront à un développeur éolien de mieux maîtriser le risque de gêne sonore dès la phase de conception du parc, et de répondre plus efficacement à l'attente des riverains en matière de réduction de la gêne sonore sur des parcs en service.

→ **CENSE (CARACTÉRISATION DES ENVIRONNEMENTS SONORES URBAINS)**

OBJECTIFS

Améliorer la caractérisation des environnements sonores urbains, en combinant des observations *in situ* et des modélisations numériques du bruit.

Le projet s'appuie sur des techniques d'assimilation de données qui n'ont jamais été développées dans le contexte du bruit environnemental, afin de tirer profit des avantages de la modélisation et des mesures. C'est une avancée importante en acoustique environnementale, rendue possible grâce aux récentes techniques de déploiement de capteurs de bruit à faible coût basés sur de nouvelles technologies.

Les deux points importants du projet portent sur la modélisation des incertitudes et l'interopérabilité de tous les composants impliqués dans les modèles et protocoles.

RÉSULTATS

Cette recherche interdisciplinaire vise deux résultats principaux :

- l'élaboration de cartes de bruit basées sur des indicateurs physiques requis par la législation, avec une précision plus élevée et une incertitude quantifiée ;
- la proposition de cartes perceptives mieux corrélées à la gêne ou à l'agré-ment sonore.

PARTENARIATS

• **Établissements universitaires et scientifiques**

Centre national de la recherche scientifique (CNRS), Météo France, Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAe), Institut national de recherche en sciences et technologies du numérique (INRIA), Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE), Institut Franco-Allemand de recherches de Saint-Louis, École nationale des travaux publics de l'État (ENTPE), École Centrale de Lyon, École nationale supérieure des techniques avancées (ENSTA), École Centrale de Nantes, Université Gustave Eiffel, Université de Bretagne Sud, Cergy Paris Université, Université du Maine, Université de Strasbourg, Université de La Rochelle, Université de Clermont-Auvergne, Université de Poitiers.

• **Entreprises**

EDF énergies renouvelables, SNCF, RATP, Engie Green, Bouygues, WIGLabs.

PUBLICATIONS RÉCENTES

- Kayser, B., Gauvreau, B., Écotière, D., 2020. **Sensitivity analysis of a parabolic equation model to ground impedance and surface roughness for wind turbine noise.** *Journal of the Acoustical Society of America*, accepté pour publication.
- Piégay, C., Glé, P., Gourdon, E., Gourlay, E., 2020. **A cylindrical self-consistent modelling of vegetal wools thermal conductivity.** *Construction and Building Materials* 232, 117123.
- Bentì, B., Curé, C., Dufour, V., 2019. **Individual signature in the most common and context-independent call of the Rook (*Corvus frugilegus*).** *The Wilson Journal of Ornithology* 13, 373-381.
- Bocher, E., Guillaume, G., Picaud, J., Petit, G., Fortin, N., 2019. **NoiseModelling: An Open Source GIS Based Tool to Produce Environmental Noise Maps.** *ISPRS International Journal of Geo-Information* 8, 130.
- Curé, C., Isojunno, S., I. Vester, H., Visser, F., Oudejans, M., Biassoni, N., Massenet, M., Barluet de Beauchesne, L., J. Wensveen, P., Sivle, L.D., Tyack, P.L., Miller, P.J.O., 2019. **Evidence for discrimination between feeding sounds of familiar fish and unfamiliar mammal-eating killer whale ecotypes by long-finned pilot whales.** *Anim Cogn.*

MOUVGS

MOUVEMENTS GRAVITAIRES ET SISMIQUES DANS LES SOLS, LES ROCHES ET LES STRUCTURES

Équipe associée à l'UMR 7329 Géoazur (CNRS, Université Côte d'Azur, Observatoire Côte d'Azur, Institut de Recherche pour le Développement)



**PHILIPPE
LANGLAUDE**
Technicien
supérieur

“ La recherche conduite dans mon équipe s'appuie sur l'instrumentation de terrain. Au fil des années, je me suis spécialisé dans l'installation de capteurs sismiques sur tous les terrains, dans des bâtiments ou dans des ouvrages d'art. ”

PROBLÉMATIQUE SCIENTIFIQUE

Contribuer à réduire la vulnérabilité aux risques gravitaires et sismiques en proposant des solutions innovantes. Pour cela, l'équipe approfondit les connaissances et techniques permettant la caractérisation de l'impact de l'aléa des mouvements de terrain sur les infrastructures de transport et les bâtiments, en mobilisant la mesure, l'analyse et la modélisation des mécanismes de comportement des roches, des sols et des structures face à ce risque.

AXES STRUCTURANTS

AXE 1

Caractériser les structures vis-à-vis des mouvements gravitaires et leur réponse aux séismes.

AXE 2

Estimer la variabilité spatiale et temporelle des mouvements en liaison avec le comportement des structures.

AXE 3

Concevoir et préconiser des mesures propres à réduire la vulnérabilité.

Éboulement sur la RN 85
(Chaudon-Norante)



ENJEUX DE RECHERCHE

- Étudier et modéliser les interactions sol-structure.
- Mieux comprendre les mécanismes des mouvements de terrain, notamment les lois de comportement complexes à l'interface mécanique des roches / mécanique des sols, et le rôle de l'eau.
- Analyser le processus de vieillissement des infrastructures de protection, afin de mieux planifier les réparations.
- Modéliser l'effet des actions sismiques sur une structure.

PROJETS EN COURS

→ REMAKE (SEISMIC RISK IN ECUADOR: MITIGATION, ANTICIPATION AND KNOWLEDGE OF EARTHQUAKES)

OBJECTIFS

En Équateur et au Pérou, où des séismes majeurs sont attendus, le projet Remake développe un nouveau type de modèle de prévision sismique. Sa nouveauté est d'intégrer l'ensemble de nos connaissances sur le potentiel sismique des failles, quantifié à partir de données géodésiques, sismologiques et géologiques. Il permettra d'anticiper la position, la taille et la fréquence des mouvements du sol suite aux séismes et aux tsunamis.

Une étude spécifique de la vulnérabilité de la ville de Quito sera réalisée, afin d'y développer un système pré-opérationnel de réponse sismique rapide.

RÉSULTATS

Le projet améliorera l'évaluation de l'aléa sismique dans cette région.

Quatre résultats sont attendus :

- fournir des contraintes quantitatives sur les paramètres qui contrôlent la taille de la rupture, les caractéristiques et les estimations des temps de récurrence des tremblements de terre ;
- intégrer les connaissances existantes et nouvelles acquises durant le projet pour proposer des modèles de rupture sismique et d'évaluation probabiliste de l'aléa sismique, dite PSHA (Probabilistic Seismic Hazard Analysis) ;
- établir des cartes de risques sismiques et de vulnérabilité de la ville de Quito ;
- proposer une gestion communautaire des risques pour optimiser l'appropriation du risque sismique par les acteurs économiques et publics locaux.

La méthodologie mise au point pourra servir dans les régions du monde où des événements similaires sont attendus.

→ RISKCOAST (PROGRAMME INTERREG SUDOE)

OBJECTIFS

Dans les zones côtières du Sud-Ouest européen, mettre au point des outils communs entre Espagnols, Français et Portugais, permettant d'améliorer la coordination et l'efficacité des instruments de prévention, de gestion des catastrophes et de réhabilitation des zones sinistrées par des phénomènes géologiques (glissements de terrain, subsidence, érosion, chute de blocs rocheux...), qui vont s'amplifier du fait de l'augmentation des événements météorologiques extrêmes.

RÉSULTATS

Les échanges entre scientifiques et acteurs de terrain permettront de mettre en commun des approches différentes sur la gestion du risque et notamment la définition des seuils d'alerte, de tester de nouveaux outils de détection pour concevoir un système d'alerte précoce et de relever les meilleures pratiques à travers des exercices de gestion de crise.

Les enseignements issus des travaux permettront d'orienter les investissements vers des actions innovantes prenant mieux en compte le risque géologique et favorisant l'adaptation du territoire.

PARTENARIATS

• Établissements universitaires et scientifiques

Centre national de la recherche scientifique (CNRS), Réseau accélérométrique permanent (RAP), Réseau sismologique et géodésique français (RESIF), Université Gustave Eiffel, Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS), Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE), Université Côte d'Azur.

• Entreprises

EDF, SNCF, RATP, Eiffage, Egis, Sage.

PUBLICATIONS RÉCENTES

• Jean François Serratrice, Hélène Calissano, Laurent Batilliot. **Les essais de sensibilité appliqués aux sols compactés.** *Revue française de Géotechnique*, 2019, pp.3.

• Muriel Gasc-Barbier, J. Villarraga, J. Vaunat, J. Darrozes. **The effect of thermal cycles on limestone mechanical degradation.** *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, Pergamon and Elsevier, 2018, 109, pp.115 - 123.

• Anne Meltzer, Susan Beck, Mario Ruiz, Mariah Hoskins, Lillian Sotocordero *et al.* **The 2016 Mw 7.8 Pedernales, Ecuador, Earthquake: Rapid Response Deployment.** *Seismological Research Letters*, Seismological Society of America, 2019, 90 (3), pp.1346-1354.

• Guillermo Wenceslao Fernández Lorenzo, Maria Paola Santisi d'Avila, Anne Deschamps, E. Diego Mercerat, Laetitia Foundotos *et al.* **Numerical and Empirical Simulation of Linear Elastic Seismic Response of a Building: The Case of Nice Prefecture.** *Earthquake Spectra*, Earthquake Engineering Research Institute, 2018, 34 (1), pp.169 - 196.

• Anthony Soive, van Quan Tran. **External sulfate attack of cementitious materials: New insights gained through numerical modeling including dissolution/precipitation kinetics and surface complexation.** *Cement and Concrete Composites*, Elsevier, 2017, 83, pp.263 - 272.

BPE

BÂTIMENTS PERFORMANTS DANS L'ENVIRONNEMENT

Association en cours au Laboratoire optimisation de
la conception et ingénierie de l'environnement
(UMR 5271 LOCIE – CNRS, Université de Savoie-Mont-Blanc)



**MARJORIE
MUSY**

Directrice de
recherche,
responsable
de BPE

“ Les chercheurs du Cerema sont à la fois soucieux de publier leurs travaux dans les meilleures revues et de contribuer à leur diffusion dans le monde opérationnel. Ils ont un lien avec le terrain qui donne plus de consistance à leurs travaux. ”

PROBLÉMATIQUE SCIENTIFIQUE

Comment améliorer l'impact du bâtiment sur son environnement, tant à l'intérieur (qualité de l'air, confort) qu'à l'extérieur (consommation énergétique, bâtiment à énergie positive)? Trois plans différents sont analysés : Les systèmes et matériaux, le bâtiment en lui-même et les groupes de bâtiments.

AXES STRUCTURANTS

AXE 1

Caractérisation des dispositifs de l'enveloppe, des matériaux et parois.

AXE 2

Évaluation de la performance globale du bâtiment.

AXE 3

Interactions entre bâtiments et microclimat urbain.

Logement sur l'eau (Marcq-en-Baroeul)



ENJEUX DE RECHERCHE

- Les éléments du bâti (matériaux biosourcés, enveloppe et systèmes) et leur performance globale en situation dans le bâtiment, donc avec la prise en compte des interactions liées aux conditions locales et d'usage.
- L'évaluation de la performance globale réelle dans une approche qui va du bâtiment dans son contexte à celle d'un groupe de bâtiments (grands patrimoines immobiliers, îlots ou quartiers, dont ceux à énergie positive...).

Deux dimensions transversales font l'objet d'une attention particulière :

- la prise en compte des modifications des usages liés à la qualité environnementale des espaces ;
- la prise en compte des conditions climatiques locales et du changement climatique dans l'évolution des consommations énergétiques et des conditions de qualité des environnements intérieurs.

PROJETS EN COURS

➔ NATURE4CITIES

OBJECTIFS

Créer une plateforme web de références autour de solutions fondées sur la nature. Sur cette plate-forme seront proposés des techniques, des méthodes et des outils d'aide à la décision pour la planification urbaine. Il s'agit d'aider à répondre aux enjeux environnementaux, sociaux et économiques rencontrés par les villes européennes. Ce projet est financé par le programme européen de recherche et d'innovation Horizon 2020.

RÉSULTATS

Les solutions fondées sur la nature sont des réponses positives à des défis sociétaux. Ce sont des actions inspirées, véhiculées ou copiées de la nature. Elles sont résilientes face au changement, et considèrent l'importance de développer une approche systémique, tout en s'adaptant au contexte local.

➔ BUILT2SPEC (SELF INSPECTION, 3D MODELLING, MANAGEMENT & QUALITY CHECK TOOLS FOR THE 21ST CENTURY CONSTRUCTION WORKSITE)

OBJECTIFS

Développer de nouvelles technologies dédiées au contrôle qualité en phase chantier.

Built2Spec vise à développer un ensemble innovant pour l'auto-inspection, les tests non destructifs, la gestion et le contrôle de qualité, mis à la disposition des acteurs de la construction, pour aider à atteindre les objectifs énergétiques de l'UE, et contribuer au succès des politiques en matière d'économie et d'environnement. Ces technologies se développeront autour d'une plateforme numérique accessible à travers un *cloud*, conçue selon le cadre le plus avancé pour le secteur du bâtiment.

RÉSULTATS

Built2Spec est constitué de 10 *Work Packages*. Les équipes du Cerema contribuent au travail lié à l'intégration des défauts détectés dans l'enveloppe, dans les modèles thermiques et l'évaluation de leur impact sur la performance thermique des bâtiments. Elles contribuent également à l'étude de la problématique de caractérisation thermique *in situ* des enveloppes.

PARTENARIATS

• Établissements universitaires et scientifiques

Centre national de la recherche scientifique (CNRS), Université de Savoie-Mont-Blanc, École nationale des travaux publics de l'État (ENTPE), Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), Institut Mines Telecom Lille-Douai, Université Gustave Eiffel, Université de Bretagne Occidentale, École Centrale de Nantes, Université de Nantes, Université Clermont-Auvergne.

• Fédérations de recherche (FR), groupements de recherche (GDR), plateformes technologiques

Institut de Recherche en Sciences et Techniques de la Ville (IRSTV), International Building Performance Simulation Association (IBPSA), Sustainable Traditional Buildings Alliance (STBA), GDR Matériaux de construction biosourcés (MBS), plateforme technologique du bâtiment durable Tipee, Institut pour la transition énergétique INEF4.

• Entreprises

ISOVER, Atlantic, Cavac Biomatériaux, EDF, Colas, Veolia 2EI.

PUBLICATIONS RÉCENTES

• Azam, Marie-Hélène, Jérémy Bernard, Benjamin Morille, Marjorie Musy, and Hervé Andrieu. *A Pavement-Watering Thermal Model for SOLENE-Microclimat: Development and Evaluation*. *Urban Climate* 25 (2018): 22-36.

• Azam, Marie-Hélène, Sihem Guernouti, Marjorie Musy, Julien Berger, Philippe Poullain, and Auline Rodler. *A Mixed POD-PGD Approach to Parametric Thermal Impervious Soil Modeling: Application to Canyon Streets*. *Sustainable Cities and Society* 42 (October 1, 2018): 444-61.

• Azam, Marie-Hélène, Benjamin Morille, Jérémy Bernard, Marjorie Musy, and Fabrice Rodriguez. *A New Urban Soil Model for SOLENE-Microclimat: Review, Sensitivity Analysis and Validation on a Car Park*. *Urban Climate* 24 (2018): 728-46.

• Berger, Julien, Walter Mazuroski, Nathan Mendes, Sihem Guernouti, and Monika Woloszyn. *2D Whole-Building Hygrothermal Simulation Analysis Based on a {PGD} REDUCED ORDER MODEL*. *Energy and Buildings* 112 (2016): 49-61.

• Berger, Julien, Nathan Mendes, Sihem Guernouti, Monika Woloszyn, and Francisco Chinesta. *Review of Reduced Order Models for Heat and Moisture Transfer in Building Physics with Emphasis in PGD Approaches*. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 2016, 1-13.

DIMA

DURABILITÉ INNOVATION ET VALORISATION DES MATÉRIAUX ALTERNATIFS

Équipe de recherche commune avec l'équipe Formulation, microstructure, modélisation et durabilité des matériaux de construction (FM2D - département MAST – Université Gustave Eiffel)



AMOR
BEN FRAJ
Chargé de
recherche

“ Nous dialoguons avec des collègues académiques mais aussi avec des maîtres d'œuvre et/ou des entreprises. Ensemble, nous travaillons sur des projets en lien avec les territoires. Cela ouvre bien des perspectives pour recycler les matériaux du BTP. Participer à ces travaux est très enthousiasmant. ”

Produits de démolition - future ressource



PROBLÉMATIQUE SCIENTIFIQUE

Comment mieux appréhender le comportement des matériaux de construction intégrant des produits alternatifs (en particulier ceux à base de déchets de construction et de coproduits industriels)? Trois plans sont examinés: la durabilité de l'ouvrage en lien avec les propriétés des matériaux mis en œuvre et l'environnement d'exposition, l'optimisation des mélanges garantissant des performances mécaniques adéquates, la prise en compte du cycle de vie et des impacts environnementaux dans le cadre d'une économie circulaire.

AXES STRUCTURANTS

AXE 1

Mécanismes d'interactions des matériaux alternatifs.

AXE 2

Durabilité des matériaux dans leur environnement.

AXE 3

Analyse de Cycle de Vie - Économie circulaire - Impacts environnementaux.

ENJEUX DE RECHERCHE

- Prendre en compte les particularités des matériaux à base de produits alternatifs (minéralogique, physico-chimique, morphologique...) à travers des outils de modélisation permettant de prédire leurs comportements à court et à long terme.
- Formuler ces matériaux tout en s'assurant de leur durabilité, selon l'usage attendu.
- Évaluer l'intérêt d'utiliser des matériaux alternatifs d'un point de vue environnemental et leur apport dans l'économie circulaire.

PROJETS EN COURS

→ **SEDIFLUV (MISE EN ŒUVRE D'UNE MÉTHODOLOGIE POUR LA VALORISATION DES SÉDIMENTS FLUVIAUX SUR SITE, DANS UN CONTEXTE DE DÉVELOPPEMENT DURABLE)**

OBJECTIFS

Identifier les solutions technico-économiques et environnementales optimales pour une valorisation des sédiments au sol, et démontrer la faisabilité d'incorporation de sédiments lors de la mise en œuvre d'éléments en béton.

RÉSULTATS

- La connaissance des propriétés du gisement de sédiments franciliens en lien avec les exigences requises pour une valorisation dans le domaine de la construction.
- L'évaluation du potentiel technique et économique d'une filière de fabrication de produits formulés à partir de sédiments.
- Les livrables apporteront des données sur la capacité d'une nouvelle filière de valorisation de sédiments en circuit court, en contribuant à lever des verrous au développement du transport par voie fluviale.
- Les gestionnaires de voies fluviales y trouveront une voie nouvelle de valorisation de leurs matériaux de dragage. Les PME impliquées développeront un savoir-faire régional pour créer des filières courtes pourvoyeuses d'emplois.

→ **SeRaMCo (SECONDARY RAW MATERIALS FOR CONCRETE PRECAST PRODUCTS)**

OBJECTIFS

Ce projet Interreg, rassemble 11 partenaires de 5 pays (France, Belgique, Allemagne, Luxembourg, Hollande) et traite de la valorisation des matériaux recyclés.

Il s'agit de remplacer les matériaux conventionnels par des matériaux de bonne qualité, issus des déchets de construction et de démolition, dans la fabrication des ciments et des bétons préfabriqués utilisés dans le Nord-Ouest de l'Europe.

RÉSULTATS

- L'équipe DIMA est en charge des sujets relatifs à l'économie circulaire qui traitent de :
- l'analyse des flux des matériaux recyclés;
 - l'analyse de cycle de vie (ACV) des matériaux/ciments/bétons recyclés;
 - la durabilité des bétons à base de ciments/granulats recyclés.
- L'enjeu final est de mettre au point des ciments et bétons comprenant 100 % d'agrégats recyclés.

PARTENARIATS

• **Établissements universitaires et scientifiques**

Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), Université de Nantes, École Centrale Paris, École des Mines d'Alès, École des Ponts Paris Tech, Institut national des sciences appliquées de Toulouse (INSA Toulouse), École spéciale des travaux publics, du bâtiment et de l'industrie (ESTP), Polytech Orléans, Polytech Lille, Université de Lorraine, Université de Montpellier, Université de Liège (Belgique), Université de Kaiserslautern (Allemagne), Université de Luxembourg, Université de Delft (Hollande), École Polytechnique de l'Université de São Paulo (Brésil), Université A. Mira de Béjaïa (Algérie).

• **Établissements publics**

Voies navigables de France (VNF), Ports de Paris Seine Normandie (HAROPA).

• **Pôles de compétitivité**

ViaMéca, CARA, Movéo, Tenerrdis, Indura, ID4CAR, Aerospace Valley.

• **Entreprises**

EDF, PME, grands groupes industriels PREFER, Tradecowall, Vicat, Beton - Betz GmbH.

PUBLICATIONS RÉCENTES

• Lavergne F., Ben Fraj A., Bayane I., Barthélémy J.-F. **Estimating the mechanical properties of hydrating blended cementitious materials: an investigation based on micromechanics.** *Cement and Concrete Research*, 2018, vol. 104, p. 37-60.

• Cyr M., Idir R., Poinot T., **Properties of geopolymers mortars made of glass cullet.** *Journal of Materials Science*, 2012, vol. 47, p. 2782-2797.

• Somé C., Gaudefroy V., Delaunay D. **A new laboratory method to evaluate the influence of aggregate temperature on the binder-aggregate bonding: first results.** *Materials and Structures*, 2014, Volume 47, Issue 6, p. 963-976.

• Vassaux S., Gaudefroy V., Boulange L., Pévère A., Mouillet V., Montero V. **Towards a better understanding of wetting regimes at the interface bitumen/aggregate during warm-mix process.** *Construction and Building Materials*, 2017, vol. 133, p. 182-195.

• Mouillet V., Farcas F., Chailleux E., Sauger L. **Evolution of bituminous mix behaviour submitted to UV rays in laboratory compared to field exposure.** *Journal of Materials & Structure*, 2014, Volume 47, Issue 8, p. 1287-1299.

ENDSUM

ÉVALUATION NON DESTRUCTIVE DES STRUCTURES ET DES MATÉRIAUX



CHRISTOPHE
HEINKELE
Chercheur

“ De la collecte des données expérimentales jusqu’au traitement automatique, Endsum conçoit des outils de contrôle non destructif en réponse aux besoins des experts métiers. Par exemple les travaux en intelligence artificielle (IA) apportent des solutions innovantes aux problématiques liées au diagnostic des infrastructures. ”

Inspection du tablier du Pont de Terenez avec la Passerelle Epsilon



PROBLÉMATIQUE SCIENTIFIQUE

Mettre au point des méthodes de caractérisation et de diagnostic à grand rendement, moins invasives que les outils actuels, n’altérant pas les milieux auscultés et permettant le remplacement des méthodes basées sur des sources radioactives par de nouveaux développements technologiques à destination des gestionnaires d’infrastructures et des bureaux d’études.

AXES STRUCTURANTS

AXE 1

Caractériser des paramètres physiques et géométriques des milieux.

AXE 2

Développement des méthodes de modélisation.

AXE 3

Élaborer des outils d’évaluation non destructive des structures et des matériaux.

ENJEUX DE RECHERCHE

- Déterminer les propriétés physiques de surface des structures et des matériaux, ainsi que leurs liens potentiels avec l’état interne des milieux et leur évolution.
- Développer des méthodes de traitement des données pour la caractérisation de paramètres physiques interprétables par les spécialistes des différents métiers.
- Concevoir des outils d’évaluation à grand rendement, permettant de proposer des méthodologies et des services innovants auprès des décideurs économiques et des gestionnaires d’infrastructures.

PROJETS EN COURS

→ SURFACE (CARACTÉRISATION PHOTOMÉTRIQUE DE LA CHAUSSÉE POUR UN ÉCLAIRAGE ROUTIER INTELLIGENT ET EFFICACE)

OBJECTIFS

Connaître la capacité d'un revêtement à réfléchir la lumière (photométrie de la chaussée) permet de concevoir des installations d'éclairage routier optimisées. Ces caractéristiques sont aujourd'hui peu connues et peu prises en compte, y compris dans les normes européennes. L'objectif du projet SURFACE est de remédier à ces lacunes, à la fois pour les méthodologies de mesure, la caractérisation en milieu urbain et la réduction de la pollution lumineuse.

RÉSULTATS

SURFACE fournira à l'organisme de normalisation et à la Commission internationale de l'éclairage (CIE) de nouvelles données de référence pour la caractérisation de la photométrie de la route, avec déclaration d'incertitude, pour les géométries de référence actuelles de la norme EN13201 et pour les géométries futures.

Au terme du projet, le marché de l'Union Européenne bénéficiera d'un matériau de référence certifié pour l'étalonnage des instruments de mesure de la surface des routes, et d'un prototype d'instrument de mesure portable pour toutes les nouvelles géométries.

→ DADIM PdL (DIAGNOSTIC AUTONOME ET À DISTANCE DES INFRASTRUCTURES MARITIMES EN RÉGION PAYS-DE-LA-LOIRE)

OBJECTIFS

Mettre au point une méthode efficace de suivi à distance de la dégradation des infrastructures maritimes subissant un environnement marin fortement agressif, en utilisant des capteurs passifs noyés dans le béton et ne nécessitant aucune source d'alimentation propre (sans batterie).

RÉSULTATS

Sensibles aux caractéristiques diélectriques et chimiques du matériau et communiquant avec une antenne électromagnétique interrogatrice en surface, ces capteurs permettront de récupérer une information sur le degré de pénétration des chlorures à l'intérieur du béton, agents agressifs entraînant un gonflement puis des fissurations des structures. Ils apporteront ainsi des informations précieuses aux gestionnaires de ces infrastructures et contribueront à la gestion prédictive de leur entretien, prévenant ainsi mieux du risque de leur rupture.

PARTENARIATS

• Établissements académiques et scientifiques

Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), Institut géographique national (IGN), Laboratoire de recherche sur les monuments historiques (LRMH), Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA), Université d'Angers, Université de Caen-Normandie, Université de Nantes, Université de Rennes, Université du Mans, Université Gustave Eiffel, Université de Rouen, Institut national des sciences appliquées de Rouen (INSA Rouen Normandie), Université de Strasbourg (UNISTRA), Université Pierre et Marie Curie Sorbonne Université, Université de Toulouse, Université de La Réunion, Institut de physique du globe (IPG Paris), École d'ingénieurs en objets et systèmes intelligents d'Angers (ESEO Angers), École supérieure d'ingénieurs en génie électrique de Rouen (ESIGELEC), Université Catholique de Louvain (Belgique), Lebanese International University (Liban), Université Polytechnique de HongKong, Université de Rome (Italie), Université de Jülich (Aachen, Allemagne).

• Établissements publics

Voies navigables de France (VNF), Centre d'études sur les tunnels (CETU).

• Entreprises

Colas, Pavemetrics, Morphosense.

PUBLICATIONS RÉCENTES

• Cédric Le Bastard, Jingjing Pan, Yide Wang, Meng Sun, Shreedhar Savant Todkar *et al.* **A Linear Prediction and Support Vector Regression-Based Debonding Detection Method Using Step-Frequency Ground Penetrating Radar.** *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019, 16 (3), pp.367-371.

• David Guilbert, Sio Song Ieng, Cédric Le Bastard, Yide Wang. **Robust blind deconvolution process for vehicle re-identification by an Inductive Loop Detector.** *IEEE Sensors Journal*, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2014, 14 (12), pp.4315-4322.

• Amine Ihamouten, Frédéric Bosc, Borui Guan, Cédric Le Bastard, Cyrille Fauchard *et al.* **Full-waveform inversion using a stepped-frequency GPR to characterize the tack coat in hot-mix asphalt (HMA) layers of flexible pavements.** *NDT & E International*, Elsevier, 2018, 95, pp.17 - 25.

STI

SYSTÈMES

DE TRANSPORTS INTELLIGENTS



**PIERRE
DUTHON**
Ingénieur-
docteur

“ J’ai soutenu ma thèse dans cette équipe autour de la plateforme PAVIN Brouillard et Pluie. Aujourd’hui je continue à contribuer aux travaux à travers des projets européens avec de grands partenaires industriels et académiques. ”

PROBLÉMATIQUE SCIENTIFIQUE

Comment évoluent les enjeux liés aux services, systèmes et infrastructures de transports pour une mobilité plus sûre? L’équipe s’intéresse aux questions de sécurité, d’exploitation, de mobilité durable et d’énergie liées aux évolutions technologiques: la route du futur, la révolution numérique, les aides à la conduite, les véhicules autonomes.

AXES STRUCTURANTS

AXE 1

Amélioration des systèmes de transports intelligents.

AXE 2

Analyse et anticipation des bouleversements induits par l’introduction des véhicules à délégation de conduite et des véhicules autonomes au sein des systèmes de transport.

Navette autonome (Reims)



ENJEUX DE RECHERCHE

Ces deux axes de recherche complémentaires ressortent des sciences exactes mais aussi des sciences sociales. Ils doivent permettre à l’équipe de se positionner sur une grande variété de sujets en lien avec les STI, en approfondissant les questions de l’impact de ces nouvelles technologies sur le comportement humain et en évaluant leurs performances afin d’accompagner leur déploiement progressif.

PROJETS EN COURS

→ DENSE: ADVERSE WEATHER ENVIRONMENTAL SENSING SYSTEM

OBJECTIFS

Développer et valider une combinaison de capteurs pour les véhicules intelligents, capables de fonctionner en situations météorologiques dégradées. Ce projet se place dans le contexte du développement de la conduite automatisée, défi industriel et bouleversement sociétal majeur.

RÉSULTATS

Les résultats attendus et exploitables par les industriels concernent la commercialisation d'un système de vision augmentée qui peut faire face aux conditions météorologiques défavorables à tous les niveaux de luminosité ambiante. Ce système constituera une aide à la conduite intégrable dans les véhicules autonomes.

→ AEOLIX (ARCHITECTURE FOR EUROPEAN LOGISTICS INFORMATION EXCHANGE)

OBJECTIFS

Améliorer les chaînes logistiques. En effet, en fonction des pays et des moyens alloués un certain nombre de difficultés subsistent dans l'acheminement des marchandises.

Aeolix veut développer une architecture informatique distribuée et ouverte pour permettre des échanges d'informations entre les acteurs clés de la logistique européenne: autorités de régulation et compagnies commerciales sont aussi bien concernées. Ces échanges vont permettre de tester l'utilisation et l'impact des informations échangées dans la chaîne des valeurs.

RÉSULTATS

Création d'une plateforme intégrée européenne pouvant recevoir des informations de la part des 11 *living labs*. Le travail du Cerema est de bien comprendre la logique de fonctionnement du port de Bordeaux, des partenaires qui gravitent autour et de faire un diagnostic quant au fonctionnement actuel de la chaîne logistique existante. Une fois ce diagnostic réalisé et les améliorations à apporter bien définies, un travail de mise en place de plateformes d'échanges de données en lien avec le *living lab* de Bordeaux sera réalisé en collaboration avec les partenaires Geoloc et Novacom. L'autre mission du Cerema consistera à évaluer le système sur site selon un protocole commun à tous les *living labs*.

PARTENARIATS

• Établissements académiques et scientifiques

Institut géographique national (IGN), Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAe), Météo France, Institut du véhicule décarboné et communicant et de sa mobilité (Vedecom), Institut de recherche et de coordination acoustique/musique (IRCAM), Université de Clermont-Auvergne, Université Rennes 2, Université Gustave Eiffel, Université de Toulouse, Université de Belfort Montbéliard, Université Carlos III (Madrid, Espagne), Institut National d'Optique (INO) (Canada), Université de Newcastle (Royaume-Uni), Université de Sousse (Tunisie), institut de recherche CERTH (Grèce), TNO (Hollande).

• Pôles de compétitivité

ViaMéca, European cluster for mobility solution CARA, Movéo, Tenerrdis, Indura, ID4CAR, Aerospace Valley.

• Entreprises

Renault, PSA, Orange, SNCF, Michelin, Continental, MAPTM, GeoLoc Systems, DYNNIQ, Daimler, Autoliv, Hitachi, IBEO, Innoluce, Moduligh, Oplatek, Vaisala, Xenics, ENSIS-Optis, Zehnter.

PUBLICATIONS RÉCENTES

• Palat, B., Saint Pierre, G., & Delhomme, P. (2019). **Evaluating individual risk proneness with vehicle dynamics and self-report data toward the efficient detection of at-risk drivers.** *Accident Analysis & Prevention*, 123, pp140-149.

• Duthon, P., Bernardin, F., Chausse, F., Colomb, M. (2018). **Benchmark for the robustness of image features in rainy conditions.** *Journal of Machine vision and Applications*, Volume 29, Issue 5, pp 915-927.

• Kuttila, M., Pyykönen, P., Holzhüter, H., Colomb, M., Duthon, P. (2018). **Automotive LiDAR performance verification in fog and rain.** *21st IEEE-ITSC, Maui, HI, USA*, 2018, pp.1695-1701.

• Méneroux, Y., Kanasugi, H., Saint Pierre, G., Le Guilcher, A., Mustière, S., Shibasaki, R., & Kato, Y. (2018). **Detection and localization of traffic signals with gps floating car data and random forest.**

• Pham, H.-H., Khoudour, L., Crouzil, A., Zegers, P., & Velastin, S. A. (2018). **Exploiting deep residual networks for human action recognition from skeletal data.** *Computer Vision and Image Understanding*.

ESPRIM

PERTURBATION ET RÉSILIENCE DES SYSTÈMES DE MOBILITÉ



LUDOVIC
VAILLANT

Ingenieur-
docteur,
responsable
de ESPRIM

“ Cette équipe répond à une ambition forte: mobiliser les sciences humaines et sociales et l'ingénierie des transports pour que les systèmes de mobilité deviennent plus résilients. ”

Tricycle urbain



PROBLÉMATIQUE SCIENTIFIQUE

Comment les acteurs de la mobilité adaptent leurs comportements lorsqu'ils sont confrontés aux transformations diverses de leur environnement? Les perturbations des systèmes de mobilité (voyageurs et marchandises) sont appréhendées comme des leviers potentiels pour augmenter les capacités individuelles ou collectives d'adaptation.

AXES STRUCTURANTS

AXE 1

Observation et analyse des changements de comportements de mobilité des personnes.

AXE 2

Observation et analyse des systèmes de mobilité des marchandises en transition.

AXE 3

Observation et analyse des politiques publiques et de l'accompagnement des transitions.

ENJEUX DE RECHERCHE

L'équipe s'intéresse spécifiquement à la question de la plasticité des systèmes de mobilité soumis à une évolution de leur environnement, notamment réglementaire, économique, sociétal, technologique ou à des aléas

de diverses natures dont ceux issus du changement climatique. Il s'agira de comprendre les processus d'adaptation à l'œuvre à court, moyen et long terme.

PROJETS EN COURS

→ COLCICCA (CONCEVOIR DES ORGANISATIONS COLLECTIVES ET INTELLIGENTES POUR LES CIRCUITS COURTS ALIMENTAIRES)

OBJECTIFS

Quel accompagnement efficace apporter aux producteurs impliqués dans les circuits courts pour organiser leur logistique de manière durable? La logistique est en effet un des facteurs limitants du développement de ces circuits. COLCICCA veut mettre à disposition des producteurs et des personnes accompagnant les producteurs une valise pédagogique rassemblant des fiches méthodologiques et des outils opérationnels.

RÉSULTATS

COLCICCA comportait deux volets principaux:

- volet Recherche: comprendre et analyser les changements de pratiques logistiques, identifier les freins et leviers de ces changements de pratiques;
- volet Opérationnel: accompagnement de collectifs de producteurs, afin de les sensibiliser aux enjeux logistiques, notamment les coûts (économiques et environnementaux) de leurs organisations.

→ DIVD (DÉMONSTRATEUR INDUSTRIEL POUR LA VILLE DURABLE À LA GARE DE FONTAINEBLEAU-AVON)

OBJECTIFS

Ce projet porte sur la transformation de la gare de Fontainebleau-Avon. Il vise à appréhender finement la place de la gare dans un territoire très attractif pour proposer des scénarii d'amélioration du fonctionnement de l'intermodalité et de l'insertion urbaine. L'un des enjeux principaux est d'identifier le développement de services innovants adaptés au contexte du territoire afin de valoriser la « place » de la gare.

RÉSULTATS

- La réalisation d'un rapport d'étonnement innovant à l'issue d'une immersion terrain de 3 jours.
- La participation au diagnostic des rythmes du territoire par l'utilisation de l'outil innovant « Chronotype ».
- Une présentation des principes d'aménagements au club d'acteurs du territoire.

PARTENARIATS

• Établissements universitaires et scientifiques

Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAe), Université Gustave Eiffel, Université de Lyon, Université de Lille, Université d'Aix-Marseille, Université de Nantes, Université de Rennes, Université Paris Est Créteil, Université de Pau, Université du Littoral Côte d'Opale, École des Ingénieurs de la Ville de Paris (EIVP), École nationale des travaux publics de l'État (ENTPE).

• Établissements publics

Voies navigables de France (VNF), SNCF-Réseau, SNCF-Mobilité, Chambres d'agriculture, Agence de la transition écologique (ADEME).

PUBLICATIONS RÉCENTES

• EYSSARTIER C., MEINERI S., GUEGUEN N. (2017). **Motorcyclists' intention to exceed the speed limit on a 90km/h road: effect of the type of motorcycles.** *Transportation Research part F: traffic psychology and behaviour*, 45, 183-193.

• VAILLANT L., GONÇALVES A., RATON G., BLANQUART C. (2017). **Transport et logistique des circuits courts alimentaires de proximité: la diversité des trajectoires d'innovation.** *Innovations, Revue d'économie et de management de l'innovation* 2017/3 n° 54.

• DEBRIE J., LACOSTE R., MAGNAN M. (2017). **From national reforms to local compromises: The evolution of France's model for port management, 2004-2014.** *Transportation Business & Management*, 22-2017, pp. 114-122.

• RICHER C., COME E., EL MAHRISI M-K, OUKHELLOU L. (2018). **La mobilité intermodale par les données billettiques. Analyses spatio-temporelles du réseau bus-métro de Rennes Métropole.** *Cybergeo: European journal of geography*.

• DOUET M., (2018). **La circulation inverse des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE): entre consolidation et développement.** *Logistique et Management*, vol 26, 3-14.

TEAM

TRANSFERTS ET INTERACTIONS LIÉS À L'EAU EN MILIEU CONSTRUIT



**IVANA
DURIKOVIC**
Chargée de
recherche,
responsable
de TEAM

“ Les agents de mon équipe travaillaient dans des domaines assez différents (hydrologie, pollution, climatologie). Aujourd’hui, notre ambition est de mettre à profit nos différentes compétences scientifiques afin d’accroître les connaissances sur les bénéfices apportés par les solutions fondées sur la nature et ainsi avoir une vision intégrée des systèmes de gestion des eaux pluviales. ”

Faubourg du Lysel (Saint-Omer)



PROBLÉMATIQUE SCIENTIFIQUE

Comment mieux appréhender l’effet des milieux construits (villes et infrastructures de transport) en matière d’altération des rejets hydriques, d’augmentation de rejets de polluants et d’élévation de température locale ?

ENJEUX DE RECHERCHE

L’équipe TEAM veut apporter des connaissances et développer des méthodes et outils d’analyse et de représentation des modes de transferts d’eau, de polluants associés et d’énergie dans les milieux construits. Les phénomènes de transferts et leur évaluation reposent sur des approches théoriques qui nécessitent encore la capitalisation de nouvelles connaissances sur un milieu à la fois complexe et hétérogène, selon des approches interdisciplinaires, voire transdisciplinaires et embrassant plusieurs échelles spatiales en même temps.

Des travaux de recherche permettant d’identifier les réelles performances des techniques modernes de gestion des

eaux pluviales (toitures végétalisées, bassins de rétention des eaux de ruissellement routières...) sont menés. Il s’agit d’allonger la durée de vie de ces systèmes, tout en garantissant et optimisant un niveau de performances multicritères, en cohérence avec la doctrine du MTES d’« éviter, réduire et compenser les impacts sur l’environnement » qui s’inscrit dans une démarche de développement durable et vise à assurer une meilleure prise en compte de l’environnement dans les décisions publiques.

Pour cela, il est nécessaire de comprendre le fonctionnement de ces systèmes, ainsi que leur évolution dans le temps.

PROJETS EN COURS

➔ PROOF (PHOTOVOLTAIC AND GREENROOF)

OBJECTIFS

Confronter des dispositifs de toitures et évaluer leurs impacts et performances énergie-environnement à des scénarios contrastés d'aménagement urbain, en lien avec les enjeux territoriaux associés. Le projet s'intéresse plus particulièrement à l'étude d'un combiné innovant, associant toiture végétalisée extensive (TVE) et panneau photo voltaïque (PPV). Il fonde sa démarche scientifique sur quatre hypothèses qu'il entend vérifier :

- l'énergie solaire incidente en période estivale dissipée par une toiture végétalisée sous forme de flux de chaleur latente principalement, crée une diminution de la température d'air localisée fournie les conditions favorables à l'augmentation du rendement électrique d'un panneau photovoltaïque;
- une toiture végétalisée extensive avec une structure pouvant stocker les eaux pluviales, favorise les flux d'évapotranspiration et peut, dès lors encore améliorer le rendement du panneau;
- à l'échelle du bâtiment, nous supposons que le bilan énergétique global (production/consommation énergétique à l'usage + énergie grise) est plus

avantageux pour un système combiné que pour une toiture-terrasse nue ou végétalisée standard;

- par rapport à une configuration classique de toiture, un système combiné rend des services écosystémiques supplémentaires, évaluables et valorisables à l'échelle du quartier.

RÉSULTATS

- Un modèle physique représentant les échanges énergétiques entre une toiture végétalisée et un panneau photovoltaïque.
- À partir de l'évaluation expérimentale à l'échelle du combiné puis de la modélisation à l'échelle du bâtiment, le projet PROOF propose de définir les critères de cohérence qui permettraient une comparaison objectivable de plusieurs configurations, afin d'optimiser en particulier la production énergétique et les services écosystémiques rendus localement.
- Formulation de recommandations et de critères d'intégration et de duplication des dispositifs couplés TVE/PPV en fonction des contraintes du projet à l'échelle du quartier afin d'appuyer les processus décisionnels.

➔ MYSTIC (INTERACTIONS ENTRE LES AMÉNAGEMENTS URBAINS ET L'HYDROLOGIE)

OBJECTIFS

Pour le compte de l'Établissement public d'aménagement Paris-Saclay, il s'agit de comprendre et d'évaluer l'impact de l'aménagement d'un quartier sur le cycle de l'eau. Durant 4 ans, les effets de la construction d'une zone d'aménagement concertée seront observés sur les ruissellements évacués et la nappe phréatique superficielle.

RÉSULTATS

Une modélisation innovante et intégrée sera testée afin de prédire l'impact réel en fin d'aménagement.

PARTENARIATS

● Établissements académiques et scientifiques

Météo France, Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAe), Université de Lorraine, Université Paris-Sud Orsay, Université Gustave Eiffel, Université de Versailles Saint-Quentin, Agro-ParisTech, Institut de Recherche en Sciences et Techniques de la Ville (IRSTV), École des Ponts Paris Tech, École nationale des travaux publics de l'État (ENTPE), École nationale du génie de l'eau et de l'environnement de Strasbourg (ENGEE), École nationale supérieure d'agronomie et des industries alimentaires (ENSAIA).

PUBLICATIONS RÉCENTES

- Barbier L., Suaire R., Durickovic I., Laurent J., Simonnot M.-O. (2018). **Is a road stormwater retention pond able to intercept deicing salt?** *Water, Air & Soil Pollution* 229(8), 251.
- Bouzouidja R., Séré G., Clavierie R., Ouvrard S., Nuttens L., Lacroix D. (2018). **Green roof aging: Quantifying the impact of substrate evolution on hydraulic performances at the lab-scale.** *Journal of Hydrology* 564, pp. 416-423.
- Kanso T., Tedoldi D., Gromaire M.-C., Ramier D., Saad M., Chebbo G. (2018). **Horizontal and Vertical Variability of Soil Hydraulic Properties in Roadside Sustainable Drainage Systems (SuDS) - Nature and Implications for Hydrological Performance Evaluation.** *Water* 10, 987.
- Rodler A., Guernouti S., Musy M., Bouyer J. (2018) **Thermal behaviour of a building in its environment: Modelling, experimentation, and comparison.** *Energy and Buildings* 168, pp. 19-34.
- Tedoldi D., Flanagan K., Chebbo G., Branchu P., Pierlot D. et al. (2018). **Zirconium deficit as a tracer of urban sediment accumulation in Sustainable Urban Drainage Systems - Application to the calibration of a filtration model.** *Science of the Total Environment* 644, pp. 941-953.



Contactez le Cerema

recherche@cerema.fr

www.cerema.fr