



# Catalogue des thèses soutenues 2018-2020

V1 – 19 juillet 2021

Contact : [claudine.desforges@entpe.fr](mailto:claudine.desforges@entpe.fr)



# Avant-propos

Ecole des ingénieurs et docteurs de l'aménagement durable des territoires, l'ENTPE forme à et/ou par la recherche, au sein de 6 laboratoires correspondant à ses grands domaines de compétence :

- le **Laboratoire Génie Civil et Bâtiment (LGCB)**, unité propre de l'ENTPE et le **Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes (LTDS)** UMR CNRS 5513, Unité Mixte de Recherche de l'ECL, l'ENTPE, l'ENISE et du CNRS ;
- le **Laboratoire d'Ingénierie Circulation Transports (LICIT)**, unité mixte de l'ENTPE et de l'IFSTTAR jusqu'en 2019 puis de l'UGE depuis 2020, installée sur deux sites (Bron et Vaulx-en-Velin) ;
- le **Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés (LEHNA)**, unité mixte du CNRS, UMR 5023, adossée à trois tutelles (CNRS, Université Lyon 1 et ENTPE), sous contrat avec l'INRA, et installée sur deux sites (Villeurbanne et Vaulx-en-Velin). L'équipe IPE (Impact des Polluants sur les Écosystèmes) correspond à la composante du site ENTPE ;
- le **Laboratoire Aménagement Economie Transports (LAET)**, unité mixte de recherche CNRS, UMR 5593, spécialisée en économie des transports et en aménagement du territoire, qui associe l'Université Lyon 2 et l'ENTPE. Le laboratoire dispose de deux localisations, l'une à l'Institut des Sciences de l'Homme, au centre de Lyon, et l'autre à Vaulx-en-Velin, dans les locaux de l'ENTPE ;
- le **Laboratoire Environnement Ville société**, Unité mixte de recherche CNRS associant un large ensemble d'établissements de l'Université de Lyon. L'équipe **de Recherches Interdisciplinaires Ville, Espace, Société (RIVES)** correspond à la composante du site ENTPE.

Au sein de ces structures de recherche, l'ENTPE compte 80 chercheurs permanents ou contractuels, une centaine de doctorants issus de multiples horizons, et une quarantaine d'agents administratifs et techniques.

L'ENTPE est opérateur du doctorat de l'UDL et à ce titre inscrit, accueille et/ou dirige - dans le cadre des écoles doctorales MEGA (Mécanique, Energétique, Génie Civil et Acoustique), Chimie de Lyon (Chimie, Procédés, Environnement) et Sciences sociales, mais aussi Sciences Economiques et de Gestion (SEG), Evolution, Ecosystèmes, Microbiologie et Modélisation (E2M2) ou Informatique et Mathématiques - 100 doctorants œuvrant dans ses laboratoires ou ceux des partenaires du réseau scientifique et technique (IFSTTAR/UGE [LRRO, LTE], CEREMA...).

Ces thèses de doctorat, inscrites, préparées et/ou soutenues à l'ENTPE de 2018 à 2020 sont rassemblées dans le présent catalogue. Ce dernier fait suite à une série d'autres catalogues rendant compte des thèses de doctorat soutenues ces vingt dernières années : 2015-2017, 2012-2014, 2009-2011, 2003-2008 et 1998-2002.

L'information est classée par année, de 2018 à 2020, puis par laboratoire de recherche et, enfin, par ordre alphabétique de nom d'auteur. Elle vise non seulement à faire connaître les productions des doctorants de l'ENTPE, mais aussi à favoriser les relations entre l'ENTPE et toute personne intéressée par les sujets qui y sont traités. L'ensemble rend compte de la quantité de travail produit (67 thèses de doctorat soutenues au total sur ces 3 années, soit 22 par an en moyenne), de sa qualité et de l'évolution des sujets traités au fil des ans.

Contact : [claudine.desforges@entpe.fr](mailto:claudine.desforges@entpe.fr)



# Sommaire

Thèses soutenues en 2018 .....	7
Thèses soutenues en 2019 .....	47
Thèses soutenues en 2020 ...	85



# **Thèses soutenues 2018**





Laboratoire de Tribologie  
et  
Dynamique des Systèmes



**ALAMO VARGAS Valentin**

***Transfert énergétique irréversible grâce à un résonateur acoustique à comportement non linéaire***

Thèse de doctorat en Acoustique, École doctorale MEGA, < 2018LYSET006 >, préparée sous la direction d'E. Gourdon (LTDS) et d'A. Ture Savadkooki (LTDS), 110 p.

**Date de soutenance :** 07/09/2018

**Résumé :** Dans un contexte d'amélioration des dispositifs pour la réduction de bruit, l'étude sur le transfert d'énergie irréversible en utilisant des résonateurs purement acoustiques à comportement non linéaire a été réalisée. Les résonateurs acoustiques classiques en régime linéaire agissent comme un Amortisseur de Masse Accordée (TMD, en anglais) et ils sont efficaces pour une gamme de fréquence très étroite. Cependant, lorsqu'ils sont soumis à des excitations très fortes (régime non-linéaire) ils peuvent devenir efficaces pour une plus large gamme de fréquences si des termes non linéaires peuvent être activés. Dans un premier temps, une étude sur ce comportement non-linéaire d'un résonateur d'Helmholtz modifié a été réalisée expérimentalement. Ensuite, l'équation dynamique gouvernante de tels résonateurs ont été développées en prenant en compte les non-linéarités de la force de rappel et d'amortissement. Une approximation de la solution analytique de l'équation gouvernante du résonateur acoustique a été déterminée en utilisant les méthodes des échelles multiples du temps et de transformation du temps non régulière. Dans un deuxième temps, une étude du couplage entre un mode acoustique en basses fréquences et un résonateur (celui étudié précédemment) à comportement non-linéaire a été réalisée. Pour ce faire, des mesures expérimentales avec un montage du système couplé ont permis de vérifier l'atténuation acoustique produite par le résonateur en régime forcé et libre. Une modélisation analytique du couplage a permis d'identifier l'expression de la variété invariante lente, ce qui a permis d'étudier les possibles points d'équilibre et points singuliers du système. Les modèles analytiques développés ont également été vérifiés par des simulations numériques.

**Mots-clés :** Résonateur acoustique / Comportement non linéaire / Mollissant / Durcissant / Transfert énergétique irréversible / Echelles multiples de temps / Variables complexes de Manevitch / Variété invariante / Transfert d'énergie / Acoustique non linéaire.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02156176>

**BAHRAR Myriam**

***Contribution au développement et à la conception d'une enveloppe de bâtiment multifonctionnelle dans le cadre de l'optimisation du confort dans l'habitat***

Thèse de doctorat en Mécanique et Ingénierie, École doctorale Science Ingénierie Santé, < 2018LYSEE001 >, préparée sous la direction de M. El Mankibi (LTDS) et de M. Salvia (ECL), 205 p.

**Date de soutenance :** 17/01/2018

**Résumé :** Le secteur du bâtiment recèle un fort potentiel d'amélioration de l'efficacité énergétique et de réduction de l'empreinte écologique. Dans cette optique, l'enveloppe du bâtiment joue un rôle important pour relever le défi de la transition énergétique. En effet, une bonne conception de l'enveloppe contribue efficacement à réduire la consommation d'énergie tout en réduisant les émissions de CO<sub>2</sub> associés. Cela s'accompagne notamment d'une démarche de développement de nouveaux matériaux et principes constructifs. Ce projet de thèse s'inscrit dans ce cadre en proposant un nouveau matériau composite, qui porte sur l'association de deux matériaux innovants : composite textile mortier (TRC) et matériaux à changement de phase (MCPs). L'objectif de cette combinaison est de contribuer au développement d'éléments de façades multifonctionnelles permettant d'allier performances énergétiques, mécaniques et environnementales. Le but de notre étude est de caractériser en premier lieu, les propriétés mécaniques et thermiques de ces composites puis, d'évaluer l'impact des MCPs sur le confort thermique intérieur pour différentes configurations. Pour atteindre ces objectifs, nous avons adopté une démarche expérimentale et numérique multi échelle. Une campagne expérimentale à l'échelle du laboratoire et in-situ a été menée. En parallèle, nous avons développé un modèle numérique de paroi multicouche, couplé à un modèle de bâtiment. Enfin, nous avons exploité ce couplage pour réaliser une optimisation multicritère à base d'algorithmes génétiques.

**Mots-clés :** Matériaux à changement de phase / Composite textile mortier / Boîte chaude gardée / Stockage thermique / Simulation numérique.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01891577>

**BEL Justin**

***Modélisation physique de l'impact du creusement d'un tunnel par tunnelier à front pressurisé sur des fondations profondes***

Thèse de doctorat en Génie civil, École doctorale MEGA, < 2018LYSET002 >, préparée sous la direction de D. Branque (LTDS) et H. Wong (LTDS), 320 p.

**Date de soutenance : 28/03/2018**

**Résumé :** Le travail de thèse présenté dans ce mémoire vise à analyser et à comprendre les mécanismes mis en jeu au niveau de l'impact du creusement d'un tunnel par bouclier à front pressurisé sur des fondations profondes avoisinantes. Cette thèse a été réalisée dans le cadre du projet européen NeTTUN, au sein du Laboratoire de Tribologie et de Dynamique des Systèmes (LTDS) de l'ENTPE. L'approche phénoménologique conduite lors de ces travaux repose sur deux importantes campagnes expérimentales réalisées à l'aide d'un dispositif unique au plan international de modèle réduit 1g de tunnelier à pression de terre (échelle de l'ordre de 1/10ème). La forte originalité de ce dispositif est de pouvoir simuler de façon réaliste les principales étapes du processus tridimensionnel d'excavation mécanisé d'un tunnel. Dans le cadre de cette thèse, le dispositif existant de modèle réduit de tunnelier a dans un premier temps été reconfiguré afin de pouvoir répondre aux besoins du programme expérimental envisagé. Des modèles physiques de fondations profondes (pieux et groupes de pieux) et de barrières de protection ont été conçus dans le cadre des lois de similitude, fabriqués et instrumentés. Deux campagnes expérimentales d'envergure ont été réalisées en massif de sable sec : l'une concerne les effets du passage d'un tunnelier à front pressurisé sur des fondations profondes avoisinantes (pieux, groupe de pieux), l'autre traite de l'efficacité de barrières de protection (parois moulées) utilisées pour limiter ces effets. Différents paramètres qui influencent l'interaction tunnelier - sol - fondations ont été considérés comme la distance relative tunnel / fondation, la pression frontale de soutènement appliquée par le TBM sur le terrain ou encore la hauteur des barrières de protection. L'analyse phénoménologique menée à l'échelle du modèle concerne en particulier l'évolution des champs de contraintes et de déplacements dans le terrain autour du tunnelier, les déplacements relatifs sol - pieu et sol- barrière, la redistribution des efforts au sein des fondations. L'importante base de données et d'analyse ainsi constituée a été mise à profit pour la validation d'outils de modélisation numérique développés par l'Université de Rome au sein du projet NeTTUN.

**Mots-clés :** Tunnel en terrain meuble / Tunnelier à front pressurisé / Tunnelier à pression de terre / Modélisation physique / Modèle réduit de laboratoire / Interaction tunnelier – sol – pieux / Interaction sol – structure / Fondations profondes / Barrières de protection / Paroi moulée / Cuvette de tassement / Pertes de volume.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01814852>

**CARRET Jean-Claude**

***Caractérisation viscoélastique linéaire des enrobés bitumineux par analyse inverse d'essais dynamiques***

Thèse de doctorat en Génie civil, École doctorale MEGA, < 2018LYSET012 >, préparée sous la direction d'H. Di Benedetto (LTDS), 194 p.

**Date de soutenance :** 11/12/2018

**Résumé :** La caractérisation du comportement des matériaux bitumineux est primordiale pour pouvoir dimensionner les structures de chaussées, mais aussi pour prédire de manière plus précise leur durée de vie. En effet, ces matériaux sont soumis à des phénomènes complexes, mécaniques, thermiques, physiques et chimiques qui apparaissent souvent de manière couplée. Devant la complexité des problèmes observés et avec l'apparition des nouveaux matériaux et nouvelles techniques de fabrication, des études avancées de laboratoire et des modélisations rhéologiques sont nécessaires. Les méthodes existantes permettent de caractériser les matériaux en laboratoire grâce à l'utilisation de presses hydrauliques très coûteuses. De plus, la plupart de ces essais ne sont pas adaptés à une utilisation directe sur chaussées. Dans cette thèse, un essai dynamique qui repose sur le phénomène de propagation d'onde a été développé pour caractériser les enrobés bitumineux dans le domaine viscoélastique linéaire. Il s'agit d'un essai non destructif, bien moins coûteux que les essais existants et qui pourrait à terme s'adapter à une utilisation in-situ. Des méthodes complexes d'analyse inverse de propagation d'ondes en milieu viscoélastique ont été mises au point afin d'obtenir les propriétés thermomécaniques des enrobés bitumineux à partir des signaux mesurés expérimentalement. Les propriétés viscoélastiques linéaires de différents enrobés bitumineux déterminées à partir de l'essai dynamique développé ont été comparées aux résultats obtenus avec des essais cycliques plus conventionnels de traction-compression.

**Mots-clés :** Enrobés bitumineux / Viscoélasticité linéaire / Module complexe / Essais dynamiques / Essais cycliques / Éléments finis / Analyse inverse

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02170515>

**CHARLEMAGNE Simon**

***Dynamique non linéaire d'un assemblage d'oscillateurs. Application au contrôle***

Thèse de doctorat en Génie civil, École doctorale MEGA, < 2018LYSET003 >, préparée sous la direction de C.-H. Lamarque (LTDS) et d'A. Ture Savadkooki (LTDS), 153 p.

**Date de soutenance :** 05/04/2018

**Résumé :** L'utilisation de systèmes légers non linéaires permet de réaliser le contrôle vibratoire de structures subissant des oscillations non acceptables en termes de confort pour l'usager ou de sécurité de l'ouvrage. L'étude des puits d'énergie non linéaires, ou « Nonlinear Energy Sinks » (NES), a notamment fait l'objet de nombreuses recherches depuis le début des années 2000. Sa non-linéarité lui confère des capacités de pompage énergétique large bande, c'est-à-dire pour un large intervalle de fréquences de sollicitation, ce qui représente un avantage significatif en comparaison des absorbeurs comme l'amortisseur à masse accordée. Le but de ce manuscrit est d'étudier le couplage de chaîne d'oscillateurs non linéaires à des systèmes dynamiques linéaires soumis à des sollicitations harmoniques et d'analyser d'une part le comportement global du système, et d'autre part les potentialités de contrôle passif de telles chaînes. Une méthodologie analytique générale est présentée, puis appliquée à des exemples où des absorbeurs à non-linéarités cubiques à un, puis à N degrés de liberté sont attachés à un oscillateur linéaire. Une variation de cette méthodologie adoptant une vision continue de la chaîne est ensuite proposée. Enfin, un dispositif expérimental étudie le comportement d'un modèle réduit de bâtiment à un étage couplé à une chaîne de huit oscillateurs non linéaires.

**Mots-clés :** Contrôle passif / Dynamique non linéaire / Chaîne d'oscillateurs / Modes normaux non linéaires / Échelles multiples / Expérimentation / Réponse fortement modulée.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02528815>

**FOSSAT Pascal**

***Homogénéisation périodique de plaques raidies à résonance interne***

Thèse de doctorat en Acoustique, École doctorale MEGA, < 2018LYSET014 >, préparée sous la direction de C. Boutin (LTDS) et M. Ichchou (ECL), 163 p.

**Date de soutenance : 20/12/2018**

**Résumé :** Ce travail est consacré à la description macroscopique de deux types de plaques structurées contrastées dont le comportement dynamique est atypique : le premier cas correspond à une plaque raidie dans une direction par des raidisseurs régulièrement espacés, le second correspond au cas d'une plaque bi-raïdie dans les deux directions par un treillis périodique de poutres. Les différents régimes de comportement sont spécifiés en fonction des paramètres mécaniques et géométriques des raidisseurs et de la plaque. Le comportement dynamique de ces plaques est établi en faisant émerger, par homogénéisation asymptotique, la description locale et globale. Le modèle est construit à partir des équations élasto-dynamiques tridimensionnelles du matériau, combinées à des développements asymptotiques. Le travail se concentre sur des situations de résonance interne qui correspondent à des contrastes spécifiques entre les paramètres de la plaque et du raidisseur. L'analyse met clairement en évidence les cinématiques enrichies de la plaque et aboutit à un modèle analytique macroscopique qui inclut les mécanismes de torsion et de flexion. Dans le cas de la plaque mono-raïdie, un modèle hybride fait intervenir des paramètres effectifs dont les expressions analytiques sont précisées. Ce modèle est analogue à un modèle de poutre et permet d'appréhender le comportement de la plaque en incluant la résonance interne. Ce modèle non conventionnel montre la coexistence de deux régimes dynamiques. Les caractéristiques de dispersion atypique associées aux ondes de flexion et de torsion proviennent de paramètres effectifs dépendants de la fréquence, comme la masse effective, l'inertie de rotation effective, et la rigidité de torsion effective associées à la plaque. Cette théorie est ensuite étendue au cas de la plaque bi-raïdie, et conduit à un opérateur de type plaque non conventionnel incluant des paramètres effectifs. Ces résultats permettent d'examiner des courbes de dispersion atypiques en fonction des contrastes géométriques et mécaniques entre les différents composants. La validité des modèles et leur robustesse sont vérifiées en comparant les résultats analytiques à des simulations numériques de type éléments finis WFEM. Les comparaisons montrent que les mécanismes observables numériquement sont bien décrits par le modèle analytique proposé. Enfin, deux maquettes sont utilisées pour la validation expérimentale : une correspondant à une plaque mono-raïdie comportant un contraste géométrique, et l'autre correspondant à la plaque bi-raïdie impliquant des contrastes géométrique et mécanique. Les réponses mesurées par vibromètre laser sont traitées par corrélation d'onde IWC. Les mesures sont reproduites pour plusieurs conditions limites de plaques internes et différentes valeurs de masse ajoutées pour montrer la performance du modèle homogénéisé. Une très bonne corrélation apparaît entre les mesures expérimentales et les prédictions issues du modèle. Cette approche peut être utilisée pour décrire le comportement de panneaux raidis industriels et pour concevoir des structures ayant des propriétés spécifiques à certaines fréquences.

**Mots-clés :** Plaques raidies / Homogénéisation asymptotique / Matériaux composites / Structures périodiques / Milieux à résonance interne / Composites.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02170519>



**FRUTOS DORDELLY José Carlos**

***Cheminée Solaire Active (CSA) : Étude numérique et expérimentale du stockage énergétique et du refroidissement par évaporation***

Thèse de doctorat en Énergétique, École doctorale MEGA, < 2018LYSET008 >, préparée sous la direction de M. El Mankibi (LTDS), 297 p.

**Date de soutenance :** 05/11/2018

**Résumé :** Les conditions actuelles de réchauffement de la planète ont mené aux pays du monde à s'engager dans la durabilité et l'efficacité énergétique et la réduction des émissions de gaz à effet de serre. En tant que troisième consommateur d'énergie, le bâtiment représente un élément clé envers l'efficacité énergétique et de la stabilisation de la température globale. Plusieurs solutions existent pour la réalisation de ces objectifs, et les travaux présentés tout au long de cette thèse concernent un composant solaire particulier à la construction externe du bâtiment, appelé cheminée solaire. Cette thèse de doctorat porte sur l'analyse expérimentale et numérique des dispositifs de stockage d'énergie, sous forme de matériaux à changement de phase (PCM), afin d'optimiser les performances de cette technologie solaire. Le but de cette étude est de caractériser l'impact des panneaux Rubitherm RT44 PCM sur une cheminée solaire en laboratoire et in situ afin de permettre une comparaison avec la version classique. De plus, un modèle numérique a été développé et testé dans le but d'obtenir un outil numérique capable de représenter le comportement d'une cheminée solaire. Enfin, une optimisation à deux objectifs du modèle numérique de cheminée solaire intégrée PCM a été réalisée afin de déterminer certains des paramètres optimaux de ce type de technologie afin d'obtenir le flux d'air sortant le plus élevé possible, tout en maintenant une température suffisamment élevée dans la cheminée atteindre la gamme de fusion des PCM.

**Mots-clés :** Cheminée solaire / Stockage énergétique / Matériaux à changement de phase (MCP) / Énergie solaire / Ventilation passive.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02259912>

**GRENAT Clément**

***Calcul de modes normaux non linéaires et continuation multiparamétrique de bifurcations : application à la dynamique non linéaire des capteurs MEMS architecturés et des absorbeurs de vibrations***

Thèse de doctorat en Génie mécanique, École doctorale MEGA, < 2018LYSEI078 >, préparée sous la direction de C.-H. Lamarque (LTDS), S. Baguet (LAMCOS, INSA Lyon) et R. Dufour (LAMCOS, INSA Lyon), 236 p.

**Date de soutenance :** 30/10/2018

**Résumé :** Un des buts de cette thèse est d'approfondir la compréhension de la dynamique non linéaire, notamment celle des MEMS, en proposant de nouvelles méthodes d'analyse paramétrique et de calcul de modes normaux non linéaires. Dans une première partie, les méthodes de détection, de localisation et de suivi de points de bifurcation selon un unique paramètre sont rappelées. Ensuite, une nouvelle méthode d'analyse multiparamétrique basée sur la continuation récursive d'extremums est présentée. Cette méthode est ensuite appliquée à un absorbeur de vibration non linéaire afin de repousser l'apparition de solutions isolées. Deuxièmement, une méthode de calcul de modes normaux non linéaires est présentée. Une condition de phase optimale et une régularisation de l'équation de mouvement sont proposées afin d'obtenir une méthode de continuation plus robuste au niveau des interactions modales. Ensuite, un problème quadratique aux valeurs propres modifié pour le calcul de stabilité et de points de bifurcation est présenté. Finalement, le calcul de modes normaux non linéaires a été étendu aux systèmes non conservatifs permettant la continuation des résonances d'énergie en déplacement et des résonances de phase. Troisièmement, la dynamique non linéaire de réseaux de MEMS basé sur plusieurs micro-poutres résonantes est analysée à l'aide des méthodes proposées. Tout d'abord, un phénomène de synchronisation de points de bifurcations dû au couplage électrostatique dans les réseaux de MEMS est expliqué. Puis, la dynamique non linéaire d'un réseau dissymétrisé par l'ajout d'une petite masse sur une micro-poutre est analysée. Enfin, des mécanismes de détection de masse exploitant ces phénomènes non linéaires sont présentés.

**Mots-clés :** Dynamique non linéaire / Analyse paramétrique / Continuation récursive multiparamétrique / Modes normaux non linéaires / Non conservatif / Modes normaux non linéaires isolés / Solutions isolées / Tableaux de MEMS / Quantification de masse / Méthode de la Balance Harmonique.

**Consultable sur :** <https://tel.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02094162>

**LACHANCE-TREMBLAY Éric**

***Sensibilité à l'eau et résistance au gel-dégel des enrobés bitumineux avec granulats de verre recyclé***

Thèse de doctorat en Génie, présentée à l'ETS à Montréal (CA), préparée sous la direction de D. Perraton (ETS), M. Vaillancourt (ETS) et H. Di Benedetto (LTDS), 274 p.

**Date de soutenance :** 15/05/2018

**Résumé :** Le verre peut être recyclé de façon infinie en le réutilisant dans la fabrication de nouveaux produits de verre. Or, au Québec le processus de cueillette des matières recyclables fait en sorte que les différents types de verre se brisent et se mélangent aux autres matières recyclées tels que le carton, le papier, le plastique, etc. Pour réutiliser le verre dans la fabrication de nouveaux produits, le verre doit être exempt de débris et classé en fonction du type de verre et de la couleur. La majorité des centres de tri en Amérique du Nord ne disposent pas de l'équipement requis pour obtenir un verre propre et le classer en fonction de la couleur, on utilise alors le verre recyclé comme matériau de revêtement journalier dans les sites d'enfouissement. Des projets de recherche sont à l'étude afin de trouver des alternatives à l'enfouissement du verre. L'idée d'utiliser du verre comme granulats dans les enrobés est à l'étude au Laboratoire des Chaussées et Matériaux Bitumineux (LCMB) de l'École de Technologie Supérieure (ÉTS). Il est connu que l'ajout de granulats de verre rend les enrobés bitumineux plus sensibles au dommage dû à l'eau. L'hypothèse de base pour expliquer ce phénomène est que l'adhérence entre le bitume et les granulats de verre est inférieure à celle entre le bitume et les granulats conventionnels. Le travail entrepris dans le cadre de cette thèse visait à étudier la sensibilité à l'eau ainsi que la résistance au gel-dégel d'enrobés avec granulats de verre. Pour ce faire, l'étude s'est divisée en deux volets. Dans un premier temps, le potentiel d'adhérence de différentes combinaisons bitume-granat a été mesuré au moyen d'un essai d'arrachement. Les combinaisons ont été testées en condition sèche et après 7 jours de conditionnement humide (60°C). Par la suite, l'évaluation des propriétés viscoélastiques linéaires (VEL) d'éprouvettes d'enrobés avec différents dosages en verre et en chaux hydratée s'est fait au moyen de l'essai de module complexe suivant différents conditionnements (sec, après conditionnement humide, après cycles de gel-dégel répétés). Les résultats d'essais d'arrachement ont montré que les combinaisons bitumes polymères et granulats de verre étaient moins sensibles au vieillissement (oxydation) que les combinaisons bitumes pur et granulats de verre. Pour les essais de module complexe, la modélisation des résultats expérimentaux en condition sèche avec le modèle rhéologique 2S2P1D s'est faite avec une bonne approximation. De plus, la comparaison des résultats expérimentaux avec les valeurs simulées 2S2P1D s'est avérée très efficace pour apprécier l'effet des divers conditionnements sur les propriétés VEL. Notamment, les résultats ont montré que la chaux hydratée améliore significativement la résistance au dommage dû à l'eau et aux cycles de gel-dégel.

**Mots-clés :** Enrobés bitumineux / Verre recyclé / Module complexe / Viscoélastique linéaire / Gel-dégel / Sensibilité à l'eau.

**Consultable sur :** <https://espace.etsmtl.ca/id/eprint/2167/>

**PEDRAZA Alvaro**

***Propriétés thermomécaniques d'enrobés multi-recyclés***

Thèse de doctorat en Génie civil, École doctorale MEGA, < 2018LYSET001 >, préparée sous la direction d'H. Di Benedetto (LTDS) et C. Sauzéat (LTDS), 122 p.

**Date de soutenance :** 06/03/2018

**Résumé :** Le projet visant à étudier le Multi-Recyclage des Enrobés tièdes a été labellisé projet national (PN MURE). Une part du projet MURE regroupant des aspects scientifiques particuliers a été regroupé au sein du projet « IMPROVMURE », financé par l'Agence Nationale de la Recherche, et qui a débuté en mars 2014. L'objectif du projet « Innovation en Matériaux et PROCédés pour la Valorisation du Multi- Recyclage des Enrobés » (IMPROVMURE) est de fournir des éléments de réponse raisonnés et quantifiés, en laboratoire et sur sites pilotes, afin de faire du multi-recyclage des enrobés fabriqués à chaud et tiède. Les questions sociétales, environnementales, règlementaires ou normatives sont également prises en compte dans le cadre du projet. Un des objectifs du projet IMPROVMURE est l'étude des propriétés thermomécaniques des enrobés. C'est dans le cadre de cet objectif que s'inscrit le travail de thèse présenté dans ce document. Cette thèse est le fruit d'une collaboration entre le Laboratoire Génie Civil et Bâtiment de l'ENTPE (LGCB)/Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes (LTDS) et l'entreprise EIFFAGE Infrastructures. 15 types d'enrobés ont été testés pour l'étude des propriétés thermomécaniques des enrobés multi-recyclés. Les enrobés diffèrent par leur condition de fabrication (Laboratoire ou chantier), leur procédé de fabrication (chaud ou tiède mousse), le taux d'agrégat d'enrobé introduit (0%, 40%, 70% ou 100%) et le nombre de cycles de recyclage (un, deux ou trois). Trois caractéristiques ont été communes à tous les types d'enrobés fabriqués, sauf pour l'enrobé contenant 100% d'agrégats d'enrobé. La première est la même courbe granulométrique des granulats, la troisième est la teneur en liant de 5.4% en masse et la troisième est le type d'enrobé « Béton Bitumineux Semi-Grenu » (BBSG) de type 03 selon la norme EN 13108-1. Trois domaines du comportement des enrobés bitumineux ont été étudiés : Viscoélasticité linéaire (VEL), couplage thermomécanique à basse température et fissuration à froid.

**Mots-clés :** Multi-recyclage / Agrégats d'enrobé / Enrobés bitumineux / Mélanges à chaud et tiède / Viscoélasticité linéaire / Module complexe / Retrait thermique empêché / Propagation de fissure / Flexion quatre points.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01799561>

**XU Longfei**

***Mechanical behaviour of compacted earth with respect to relative humidity and clay content: experimental study and constitutive modelling***

Thèse de doctorat en Génie civil, École doctorale MEGA, < 2018LYSET005 >, préparée sous la direction de H. K. K. Wong (LTDS) et A. Fabbri (LTDS), 149 p.

**Date de soutenance :** 04/07/2018

**Résumé :** La terre compactée est considérée comme un mélange granulaire dans lequel l'argile joue un rôle de liant mais cette dernière exhibe une forte interaction avec l'eau. Pendant la durée de vie en service, la terre compactée est soumise aux changements de l'humidité relative. En raison de ces changements des conditions ambiantes perpétuels, la teneur en eau dans la terre varie, impactant leur performance mécanique. Le présent travail a ainsi pour but d'étudier l'impact de l'humidité relative et de la teneur d'argile sur le comportement mécanique de la terre compactée. Il se réalisera au travers d'études expérimentales et d'une modélisation constitutive. Dans la première partie de cette thèse, quatre terres régionales de provenances et de teneurs d'argile différentes sont identifiées. Une étude comparative a été réalisée entre le double compactage statique et le compactage dynamique. En parallèle, trois types d'essais spécifiques : essais de succion par la méthode de papier-filtre, essais de retrait et essais d'absorption d'eau, ont été menés pour donner des indications préliminaires quant aux effets d'interaction entre l'eau et l'argile. Dans la deuxième partie, l'impact de l'humidité relative et de la teneur d'argile sur le comportement de cisaillement a été étudié, prenant en compte des cycles de chargement-déchargement. En adoptant une définition particulière de la contrainte effective de Bishop, il a également été observé que les états de rupture dans le plan ( $p'$ - $q$ ) pour tous les échantillons sont alignés approximativement à une ligne droite unique passant par l'origine, quelle que soit la succion et la pression de confinement. Sur la base des résultats expérimentaux, un nouveau modèle constitutif a été développé pour la simulation du comportement mécanique de la terre compactée. Ce nouveau modèle a ainsi été formulé dans la cadre de la mécanique de l'endommagement des milieux continus et de la théorie de Bounding Surface Plasticity.

**Mots-clés :** Terre compactée / Teneur en argile / Humidité relative / Chargement et déchargement / Etats de défaillance / Modélisation constitutive / Bounding Surface Plasticity.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02174201>



Laboratoire Risques Rocheux  
et  
Ouvrages Géotechniques





**SAUVAGE Jean Gauthier (de)**

***Étude du comportement des murs de soutènement par clouage des sols en place. Application au dimensionnement du parement***

Thèse de doctorat en Génie civil, Ecole doctorale MEGA, < 2018LYSET011 >, préparée sous la direction de J.-P. Rajot (LRRO/IFSTAR) et A. Corfdir (ENPC), 200 p.

**Date de soutenance :** 30/11/2018

**Résumé :** Le clouage des sols est une technique de soutènement d'excavations développée en France dans les années 1970. En pratique aujourd'hui, les parements de tels ouvrages sont souvent dimensionnés pour reprendre les efforts de traction admissibles dans les renforcements. De manière générale, dans la profession il est notoire qu'au parement les efforts de service dans les renforcements sont en fait plus faibles que calculés, et ce d'autant plus à proximité du pied de parement en raison du phasage de construction de ces ouvrages, du haut vers le bas. En 2015 la Commission de Normalisation Française Justification des Ouvrages Géotechnique (CNJOG) a engagé une révision de la norme NF P 94 270, notamment pour clarifier la justification du parement. Dans ce contexte, cette thèse vise à améliorer les connaissances sur le fonctionnement des massifs de sol cloué en place et en particulier sur la mobilisation du parement. Les travaux réalisés ont comporté une étude paramétrique expérimentale sur modèle physique réduit en centrifugeuse géotechnique (trois longueurs de clous), complétée par une analyse par modélisation numérique en déformations. Sur le modèle réduit, la mobilisation des efforts dans les clous était observée à plusieurs niveaux à l'aide de fibres optiques munies de réseaux de Bragg, situées à l'axe neutre des clous. Les réseaux de Bragg étaient distants de 5 mm, soit 25 cm dans l'ouvrage réel modélisé. Les déplacements au sein du massif ont été suivis à l'aide d'une technique d'imagerie de type Particle Image Velocimetry (PIV), par suivi de motifs de grains de sables au travers d'une paroi latérale transparente du modèle physique à échelle réduite. Les essais ont montré une nette influence de l'éclatement des ouvrages sur l'amplitude des déplacements et le profil des efforts mobilisés. Parallèlement, un modèle numérique tridimensionnel de calcul par éléments finis et respectant le phasage de construction a été développé sous CESAR-LCPC. Les clous ont été modélisés par des éléments linéiques partageant leurs nœuds avec les éléments volumiques par l'intermédiaire d'un degré de liberté supplémentaire, correspondant au déplacement relatif sol-clou. Le comportement en déformations du sol a été représenté par le modèle Hardening Soil Model (HSM). La comparaison des résultats expérimentaux et des simulations numériques a permis de mettre en avant l'influence de l'éclatement sur le comportement du mur mais a souligné les limites de l'utilisation des éléments finis, et en particulier la forte sensibilité aux raideurs du sol et de l'interface sol-clou. Cette comparaison a également permis de proposer une amélioration du dimensionnement des sols cloués. Le logiciel PROSPER réalise ce dimensionnement en choisissant une courbe de rupture le long de laquelle le déplacement du sol mobilise la réaction des clous. Ce déplacement est généralement considéré homogène mais les résultats de ce travail permettent d'en proposer une allure. Des abaques ont été établis donnant cette distribution en fonction du rapport d'éclatement. Cette approche du calcul des efforts au parement dans les renforcements a été mise en œuvre dans le cas d'un ouvrage expérimental.

**Mots-clés :** Clouage des sols / Centrifugeuse / Fibre optique / Éléments finis / Dimensionnement traditionnel.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01981709>

**OUSSALAH Tarik**

***Comportement des sables sous sollicitation d'impact à faible vitesse : application au dimensionnement de couches de sol protégeant les structures des impacts rocheux***

Thèse de doctorat en Génie civil, École doctorale MEGA, < 2018LYSET004 >, préparée sous la direction de J.-P. Rajot (LRRO/IFSTTAR), 226 p.

**Date de soutenance :** 18/06/2018

**Résumé :** Les sols sont utilisés dans différents dispositifs de protection contre les chutes de blocs rocheux : pour couvrir des structures exposées, telles que les tunnels ou les galeries, ou construire des merlons. Une campagne d'essais expérimentaux instrumentés a été menée pour compléter l'observation des phénomènes, en particulier pour mieux caractériser la distribution spatio-temporelle de pression induite à l'interface entre la couche de sol protectrice et la structure, dans différentes configurations d'impact. Plusieurs configurations d'impacts ont été considérées, caractérisées par l'épaisseur de sable (D), le diamètre équivalent du bloc rocheux (B, ou sa masse) et sa hauteur de chute libre (H). L'étude paramétrique expérimentale a comporté 43 essais, combinant systématiquement différentes valeurs de D, B et H de l'ordre de celles rencontrées en pratique. Suite au dépouillement des mesures, une expression de la pression induite à l'interface sol-structure pendant un impact au sommet de la couche de sol protectrice a été proposée. La démarche exposée pour établir, dans une configuration d'impact D, B et H, les valeurs des paramètres qui caractérisent les cinq grandeurs décrivant la distribution spatio-temporelle de pression induite à l'interface sol-structure, peut être appliquée à d'autres natures de sols ou densités de compactage. Par ailleurs, un modèle numérique tridimensionnel simple de calcul en déformations, en dynamique explicite, a été développé. Le comportement en déformations du sol a été représenté par un modèle élastoplastique, avec critère de rupture de Mohr-Coulomb et faible dilatance. Les calculs ont été réalisés avec le logiciel ABAQUS. Enfin, une méthode de dimensionnement des couches de sol en protection de structures a été proposée. Cette méthode comporte deux étapes : (1) Pour la configuration d'impact B, D, H considérée, utiliser l'expression développée dans cette étude pour définir la distribution spatio-temporelle de pression induite à l'interface sol-structure, puis (2) Calculer en dynamique la structure soumise à cette impulsion de pression.

**Mots-clés :** Dimensionnement / Structure de protection / Matériaux grenus / Impact / Chute de pierre / Éléments finis / Sable / Aléa.

**Consultable sur :** <https://tel.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01923593>

Laboratoire  
Transports et Environnement



**LOUIS Cédric**

***Impacts des technologies de dépollution et des conditions de conduites sur les émissions primaires des véhicules et leur évolution dans l'atmosphère***

Thèse de doctorat en Thermique énergétique, École doctorale MEGA, < 2018LYSET013 >, préparée sous la direction de M. André (LTE/IFSTTAR) et B. D'anna (Université Aix-Marseille), 252 p.

**Date de soutenance :** 14/12/2018

**Résumé :** La pollution atmosphérique est une problématique urbaine majeure, avec des concentrations de polluants dépassant fréquemment les seuils de recommandations pour la santé. Les véhicules participent fortement à la pollution atmosphérique malgré l'intégration de systèmes de dépollution dans leur ligne d'échappement. L'objectif de ce travail de recherche était de caractériser les émissions primaires à l'échappement des véhicules ainsi que leur évolution physique en champ proche pour mieux comprendre la contribution des émissions primaires liées au trafic à la pollution atmosphérique urbaine. L'évolution des émissions a été étudiée dans une chambre de simulation atmosphérique qui a permis de simuler des conditions atmosphériques contrôlées. La première partie de ce travail était centrée sur les mesures d'émissions à l'échappement des véhicules récents qui sont ou seront majoritaires dans le parc automobile français dans les prochaines années. Pour cela, un échantillon de véhicules regroupant les principales technologies de dépollution commercialisées a été testé. Les gaz d'échappement émis par les véhicules ont été analysés lors de tests sur un banc à rouleau suivant différentes conditions de conduites. Les polluants soumis aux réglementations Européennes ont été mesurés, ainsi que certains composés non-réglés, dont la dangerosité a été mise en évidence par la communauté scientifique. La deuxième partie de ce travail se concentre sur l'évolution en champ proche des polluants particuliers dans les heures qui suivent leur rejet dans l'atmosphère. L'effet de la dilution soudaine des gaz en sortie de pot d'échappement a été étudié en utilisant une méthodologie innovante de prélèvement à l'échappement. Ensuite l'évolution des particules dans les premières heures après leur rejet a été étudiée dans une chambre de simulation atmosphérique de 8 m<sup>3</sup>, construite spécifiquement dans le cadre de cette thèse pour être couplée au banc à rouleau.

**Mots-clés :** Banc à rouleau / Cycle de conduite / Constant Volume Sampler / Dilution / Facteurs d'émission / Polluants non réglementés / Particules ultrafines / Chambre de simulation atmosphérique.

**Consultable sur :** <https://tel.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02035080>



Laboratoire d'Ingénierie  
Circulation Transports





**ASUNÇAO BATISTA Sérgio Filipe**

***Affectation dynamique des usagers sur les grands réseaux des transports considérant différents types de comportements des usagers***

Thèse de doctorat en Génie civil, École doctorale MEGA, < 2018LYSET009 >, préparée sous la direction de L. Leclercq (LICIT/IFSTTAR), 217 p.

**Date de soutenance :** 15/11/2018

**Résumé :** La croissance démographique dans les zones urbaines représente un problème pour la planification des transports. La surcharge des systèmes de transport urbains entraîne des coûts monétaires importants et des problèmes environnementaux. Des mesures politiques sont alors nécessaires pour réduire le niveau de congestion et accroître l'efficacité des systèmes de transport. À court terme, les simulateurs de trafic pourraient constituer un outil puissant pour la conception de solutions innovantes. Mais les simulateurs de trafic classiques sont exigeants sur le plan informatique pour les applications à grande échelle. De plus, la mise en place du scénario de simulation est complexe. Une modélisation de trafic agrégée pourrait être une bonne solution (Daganzo 2007 ; Geroliminis & Daganzo 2008). Le réseau routier des villes est divisé en régions, où un diagramme fondamental macroscopique bien défini (MFD) régule les conditions de circulation à l'intérieur de chacune. Le MFD concerne le débit et la densité de trafic moyens dans une région. Malgré que l'idée d'agréger le réseau de la ville soit simple, elle soulève plusieurs défis qui n'ont pas encore été abordés. Jusqu'à aujourd'hui, seuls Yildirimoglu & Geroliminis (2014) proposent un cadre d'affectation dynamique du trafic pour les réseaux régionaux et les modèles MFD. Ce cadre est basé sur le modèle Logit multinomial et ne traite pas explicitement des distributions de longueurs de parcours. De plus, leur structure ne considère pas que les utilisateurs sont différents les uns des autres et ont des objectifs et des préférences différents pour leurs voyages. L'objectif de cette thèse est double. Tout d'abord, l'influence du comportement des utilisateurs sur la performance globale du réseau routier d'une ville est étudiée. Cette analyse se concentre sur la vitesse moyenne du réseau et ses capacités internes et de sortie, en comparant différents modèles tenant compte des différents types de comportement des utilisateurs par rapport à l'équilibre utilisateur déterministe et stochastique. En second lieu, un cadre innovant et complet d'affectation dynamique du trafic pour les modèles multi-régionaux basés sur le MFD est proposé. Ce cadre est divisé en plusieurs étapes et repose sur les connexions entre la ville et les réseaux régionaux. Dans un premier temps, des méthodes systématiques de mise à l'échelle sont proposées pour rassembler les voies régionales. Dans un deuxième temps, quatre méthodes sont discutées pour calculer les distributions de longueurs de parcours pour caractériser ces chemins régionaux. Dans la troisième étape, un modèle de chargement de réseau qui considère les distributions de longueurs de parcours explicitement calculées et l'évolution des vitesses moyennes régionales est proposé. Enfin, ce cadre d'affectation dynamique du trafic est étendu pour prendre en compte les usagers qui ont une aversion au regret ou une rationalité imparfaite.

**Mots-clés :** Affectation dynamique du trafic / Comportement des usagers / Réseaux régionaux / Chemins régionaux / Diagramme fondamental macroscopique.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02366532>

**MARIOTTE Guilhem**

***Modélisation dynamique des grands réseaux de transports***

Thèse de doctorat en Génie civil, École doctorale MEGA, < 2018LYSET010 >, préparée sous la direction de L. Leclercq (LICIT/IFSTTAR), 246 p.

**Date de soutenance :** 11/11/2018

**Résumé :** La congestion en milieu urbain est un enjeu majeur que ce soit d'un point de vue économique, social ou environnemental. À court et moyen terme, l'utilisation de la simulation dynamique du trafic routier peut permettre d'analyser et de guider des politiques d'optimisation des infrastructures existantes. Aujourd'hui, du fait de la complexité des systèmes de transport, les outils de modélisation classiques sont limités à des échelles géographiques peu étendues (de l'ordre du quartier). À grande échelle, le temps de calcul devient rapidement un facteur limitant tout comme le calibrage et la scénarisation. Néanmoins les dernières décennies ont vu l'apparition d'une nouvelle génération de modèles bien adaptés aux métropoles urbaines. Ceux-ci sont basés sur une relation phénoménologique entre la production de déplacements et le nombre de véhicules dans une zone spatiale d'un réseau routier, appelée Diagramme Fondamental de Zone (*Macroscopic Fundamental Diagram*, MFD). Cette relation, validée empiriquement sur de nombreuses villes, a permis d'étudier différentes méthodes de contrôle du trafic pour une ville entière, mais a été peu utilisée à des fins de prévision de la congestion. L'objectif de cette thèse est de proposer un premier outil opérationnel de simulation et d'analyse des grands réseaux de métropoles, en utilisant et développant les modèles de trafic basés sur la relation MFD. Cet outil doit posséder un cadre théorique cohérent qui puisse convenir à des applications telles que la prévision d'états de trafic, le développement de nouvelles politiques de contrôle, l'estimation de pollutions liées au trafic, etc. Les contributions de la thèse portent sur deux aspects. Le premier est l'analyse des propriétés mathématiques et physiques des modèles existants, en incluant une formalisation complète de la gestion de plusieurs longueurs de parcours au sein d'une même zone urbaine. En particulier, cette formalisation traite de la distinction des trajets internes à la zone et des problèmes de flux convergents et divergents pour les trajets traversant la zone lorsque la congestion se propage d'une zone à l'autre. Le deuxième aspect est la proposition d'un nouveau modèle basé sur la distance individuelle parcourue à l'intérieur d'une zone urbaine (trip-based). Cette approche permet d'individualiser les usagers (auparavant représentés sous forme de flux continus) et donc de définir plus finement leurs caractéristiques, en vue de coupler leurs déplacements à des modèles d'affectations sur différentes routes. Enfin, des exemples d'application illustrant diverses collaborations sont donnés en dernière partie de la thèse. La simulation du trafic sur l'aire urbaine du Grand Lyon (France) y est présentée, ainsi que de nouveaux modules de modélisation de la recherche de parking ou de contrôle périphérique. Cette thèse est partie intégrante d'un projet européen ERC intitulé MAGnUM : Approche multi-échelle et multimodale de la modélisation du trafic pour une gestion durable de la mobilité urbaine.

**Mots-clés :** Modélisation du trafic routier / Grands réseaux urbains Diagramme fondamental de zone (MFD) / Dynamique de la congestion / Modèles multi-réservoirs / Echanges de flux entre zones urbaines.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02156187>

Laboratoire d'Ecologie  
des  
Hydrosystèmes Naturels  
et  
Anthropisés



**DRAPEAU Clémentine**

***Mesure et modélisation de la mobilité et de la spéciation des éléments majeurs et traces métalliques au sein de matrices complexes polluées en fonction du pH : application aux sédiments urbains et déchets miniers***

Thèse de doctorat en Environnement, École doctorale de Chimie de Lyon, < 2018LYSET007 >, préparée sous la direction de C. Delolme (Université Paris-Est) et L. Lassabatère (LEHNA/IPE), 206 p.

**Date de soutenance :** 27/09/2018

**Résumé :** Les sédiments urbains et résidus miniers sont deux sources de pollution potentielle pour l'environnement et plus particulièrement les eaux de surfaces ou les eaux souterraines. L'altération chimique de ces interfaces solides, par contact avec une source d'acidité ou d'alcalinité via l'air ou l'eau, est susceptible de se traduire par une dissolution des phases minérales et organiques et d'induire une mobilisation des éléments majeurs et traces métalliques. Ces mécanismes sont encore mal décrits et modélisés pour ce type de matrices très complexes. Cette thèse étudie donc le potentiel de mobilisation des éléments majeurs et traces métalliques de diverses interfaces carbonaté ou non carbonaté (pour l'étude du drainage minier acide et neutre contaminé). En supplément, des interfaces minérales pures ont été utilisées pour simuler en laboratoire des assemblages de phases et identifier les mécanismes croisés impliqués dans le drainage minier acide et neutre contaminé. Toutes ces matrices ont été soumises à des tests de capacité de neutralisation acido-basique (mise en contact avec une source de protons ou d'alcalinité), avec le suivi du pH (pouvoir tampon), de la conductivité et de la mobilisation élémentaire (majeurs et éléments traces métalliques). Les données expérimentales ont été modélisées avec le logiciel de spéciation géochimique PHREEQC. La combinaison des volets d'expérimentation et de modélisation, qui a très rarement été développé sur des interfaces solides aussi complexes, a permis l'identification (i) des réactions de dissolution des phases constitutives des interfaces polluées avec les réactions de sorption impliquées dans la mobilisation de leurs éléments majeurs et traces métalliques, (ii) de la spéciation des éléments majeurs et traces métalliques dans ces interfaces et dans les solutions en équilibre avec les phases solides. Ce travail de thèse permet donc d'aboutir à une méthodologie robuste, précise et répliquable permettant une caractérisation fine de la spéciation en phase liquide et solide des polluants métalliques dans les interfaces contaminées. Cette méthodologie constitue une base cruciale pour comprendre et prédire l'évolution des matières solides contaminées (sédiments urbains et déchets miniers) en fonction des différents modes de gestion : dépollution, valorisation et recyclage.

**Mots-clés :** Mobilisation / Spéciation / Eléments traces métalliques / Capacité de neutralisation / Acidobasique / Sédiments urbains / Déchets miniers / Modélisation géochimique

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02335249>

**GOSSET Antoine**

***Evaluation de l'écotoxicité des Rejets Urbains par Temps de Pluie : Développement d'une batterie de bioessais et application à la conception de biocapteurs***

Thèse de doctorat en Environnement, École doctorale de Chimie de Lyon, < 2018LYSEI027 >, préparée sous la direction de R. Bayard (INSA Lyon) et C. Durrieu (LEHNA/IPE), 271 p.

**Date de soutenance : 06/04/2018**

**Résumé :** Les Rejets Urbains par Temps de Pluie (RUTP) représentent une pollution très complexe et variable de par la diversité des événements pluvieux et des bassins versants lessivés. Les RUTP sont, dans la majorité des cas, rejetés dans des milieux récepteurs aquatiques péri-urbains tels que les lacs, rivières ou eaux souterraines, sans traitement d'épuration. La pollution déversée, qui peut être très diluée, est le plus souvent liée à des événements relativement courts et difficiles à prévoir. L'impact écotoxique des RUTP peut donc s'avérer difficile à évaluer, en particulier par des mesures directes in situ. Parmi les organismes utilisés en écotoxicologie, les microalgues sont extrêmement intéressantes. En effet, elles constituent la base des réseaux trophiques, sont sensibles à une large gamme de polluants et sont très sensibles à la présence de substances exogènes. C'est la raison pour laquelle nous avons développé dans un premier temps une batterie de biomarqueurs cellulaires sur microalgue (perturbation de la physiologie (comme la photosynthèse) de *Chlorella vulgaris*), afin de montrer leur intérêt pour détecter rapidement et sensiblement l'impact toxique d'échantillons de RUTP collectés sur la région Lyonnaise. La réponse de ces biomarqueurs a été comparée en laboratoire à une batterie de bioessais écotoxicologiques monospécifiques classiques sur microalgues et microcrustacés (e.g. essais de croissance, reproduction). Dans un second temps, nous avons travaillé à l'adaptation de ces biomarqueurs afin de créer des outils de détection *in situ*. Des biocapteurs à cellules entières, basés sur une mesure de la perturbation de la photosynthèse (fluorescence chlorophyllienne) de microalgues, ont été développés. Pour leur création, deux techniques de mise en contact bio-récepteur/transducteur ont été testées : (i) la double encapsulation des microalgues dans des hydrogels alginate/silice utilisant un procédé sol-gel, et (ii) l'inclusion des microalgues dans des puces microfluidiques fabriquées par xurographie. Une station portative autonome de terrain a été élaborée et testée avec efficacité pour effectuer des mesures in situ de la toxicité des RUTP, et des milieux aquatiques urbains contaminés.

**Mots-clés :** Rejet Urbain par Temps de Pluie, Ecotoxicologie / Microcrustacé / Microalgue / Biomarqueurs / Bioessai / Biocapteur / Fluorescence chlorophyllienne / Hydrogel / Microfluidique / Xurographie.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02004353>

Laboratoire Aménagement  
Economie Transports





**PELÉ Nicolas**

***Dépense des ménages pour leur mobilité quotidienne : une approche par les formes urbaines***

Thèse de doctorat en Géographie, Aménagement, Urbanisme, École doctorale Sciences sociales, < 2018LYSE2022 >, préparée sous la direction de J.-P. NICOLAS (LAET/ENTPE) et C. MORENCY (École Polytechnique de Montréal), 439 p.

**Date de soutenance : 08/06/2018**

**Résumé :** La mobilité quotidienne est au cœur des réflexions sur la durabilité des villes. Moyen de réaliser ses activités quotidiennes et clé de voute des relations sociales, ses aspects économiques, et notamment ce que doivent dépenser les ménages pour se déplacer, sont un enjeu actuel majeur. Cette thèse propose une réflexion sur les interactions entre forme urbaine et mobilité quotidienne au travers du prisme des dépenses de mobilité. Pour questionner ces interactions, deux méthodes sont utilisées, indissociables l'une de l'autre. La première méthode consiste à acquérir une compréhension des effets de l'environnement construit du lieu de résidence sur le budget mobilité des ménages. Les données présentes dans les Enquêtes Ménages Déplacements sont particulièrement adaptées à cet exercice, car elles contiennent une richesse d'information importante sur les individus ainsi que leur mobilité, équipements, opinions et lieu d'habitation. Le terrain d'étude de ce travail est l'aire urbaine de Lyon, qui abrite une grande diversité de territoires et de modes de transport et où sont disponibles de nombreuses bases de données. Tout d'abord, une typologie de territoires a été construite, basée sur les principaux déterminants de la mobilité : densité, diversité, design, accessibilité aux destinations, distance aux transports collectifs et démographie. Ensuite, un cadre d'analyse systémique des relations entre forme urbaine et mobilité quotidienne a été élaboré afin d'identifier trois indicateurs qui permettent de les appréhender : la motorisation, le choix modal et les distances parcourues par modes. La typologie de territoires se révèle fortement explicative sur ces trois indicateurs. Une analyse des évolutions des mobilités entre 1995 et 2015 permet également d'identifier de nouveaux enjeux liés à l'évolution des prix, des comportements et de la démographie. Ce questionnement est ensuite prolongé à travers l'expression et la mesure des mécanismes d'intervention des caractéristiques du lieu de résidence sur le budget mobilité. A l'aide de la technique des modèles d'équations structurelles, les chemins causaux existant entre la forme urbaine locale et le budget mobilité sont explicités. Cette méthode est appliquée sur différentes populations et types de territoires – ménages actifs puis retraités sur l'agglomération de Lyon puis sur les territoires périurbains – afin d'acquérir une compréhension fine du budget mobilité des ménages. La seconde méthode consiste à tester diverses organisations morphologiques et fonctionnelles du territoire à l'échelle du bassin de vie, afin de mesurer les effets sur le budget mobilité des ménages. Ce travail est réalisé à l'aide d'un modèle d'interaction transport-urbanisme, SIMBAD, qui permet de conduire une analyse systémique et multi-échelles des effets de la forme urbaine sur le budget mobilité. Divers scénarios de forme urbaine sont simulés, participant ainsi au débat sur la durabilité des formes urbaine monocentrique compacte, étalée diffuse et polycentrique dans une logique de Transit Oriented Development. Par ailleurs, les enseignements de la première méthode, c'est-à-dire le traitement des Enquêtes Ménages Déplacements pour étudier les effets de la forme urbaine locale sur le budget mobilité, nous incitent à conduire une analyse multi-échelles des résultats des simulations : une réflexion sur la différenciation des impacts selon l'organisation du territoire et selon le lieu de résidence à l'intérieur de l'aire urbaine est ainsi menée. Ce travail de thèse apporte donc à la fois des éléments méthodologiques pour analyser les interactions entre forme urbaine et budget mobilité, avec la construction de modèles d'équations structurelles et l'usage d'un modèle d'interaction transport-urbanisme dans un objectif de simulation, ainsi que divers résultats et éclairages qui viennent prolonger la littérature scientifique existante.

**Mots-clés :** Modèle d'interaction transport-urbanisme / Mobilité quotidienne / Forme urbaine / Budget mobilité / Enquête Ménages Déplacements.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01876270>



Environnement Ville Société

Recherches Interdisciplinaires  
Ville, Espace, Société



**HUET Marine**

***Les pratiques urbaines des lycéens de quartiers populaires : quelles expériences de l'altérité ?***

Thèse de doctorat en Géographie, Aménagement, Urbanisme, École doctorale Sciences sociales, < 2018LYSE2036 >, préparée sous la direction d'E. Charmes (RIVES/UMR EVS), 402 p.

**Date de soutenance :** 19/06/2018

**Résumé :** Cette thèse s'inscrit dans le débat portant sur la « ghettoïsation » des quartiers populaires français. Pour avancer dans ce débat, il faut prendre en compte l'ensemble des expériences quotidiennes de leurs habitants. Pour ce faire, les expériences urbaines des lycéens de Vaulx-en-Velin, vécues aussi bien dans les espaces publics centraux qu'au sein du microcosme social que constitue le lycée, sont interrogées et mises en regard de leurs représentations sociales. Ces adolescents qui, sans être marginalisés, sont stigmatisés par la sphère médiatique, catégorisent le monde social selon différents processus dichotomiques. L'approche intersectionnelle est mobilisée afin d'analyser l'entremêlement des dimensions spatiales, sociales, ethno-raciales et morales qui sous-tendent leurs représentations. La réflexion s'appuie sur des enquêtes qualitatives effectuées auprès d'adolescents des lycées Robert Doisneau à Vaulx-en-Velin et Juliette-Récamier à Lyon. Les lycéens élargissent progressivement leurs pratiques selon un continuum allant de leur quartier de résidence au centre-ville de Lyon. La recherche de l'autonomie, de l'anonymat et de diversité sociale guide la découverte (souvent accompagné de pairs) des différents espaces urbains fréquentés. Plus particulièrement, le centre-ville de Lyon, caractérisé par un régime de sociabilité public permet aux adolescents de Vaulx-en-Velin de faire l'expérience de l'indifférence. L'expérience de la norme d'égalité propre à ce type d'espaces publics reste cependant soumise à l'adoption d'un certain nombre de codes sociaux de la société dominante.

**Mots-clés :** Expérience urbaine / Espace public / Altérité / Pratique urbaine / Adolescent.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01891034>



# **Thèses soutenues 2019**





Laboratoire  
Génie Civil et Bâtiment



**BURNEAU Laura**

***BIM et Rénovation : modélisation systémique de la transition numergétique en gestion de patrimoine immobilier***

Thèse de doctorat en Thermique Energétique, École doctorale MEGA, < 2019LYSET012 >, préparée sous la direction de P. Michel (LGCB), 279 p.

**Date de soutenance :** 05/12/2019

**Résumé :** Les transitions énergétique et numérique du secteur de la construction apparaissent comme deux évolutions sociotechniques majeures de notre siècle. Cette thèse a pour objet l'étude de leurs impacts mutuels et des conséquences de leur rencontre sur la performance globale du parc immobilier rénové. Le modèle MACARON (Modèle d'Analyse Coûts-Avantages de la Rénovation Orientée Numérique) présenté dans ces travaux considère quatre échelles spatiales assimilées à quatre échelles potentielles de la décision/action numergétique : i) l'utilisateur [NANO] ; ii) l'objet technique *bâtiment/parc homogène* [MICRO] ; iii) la cellule managériale de l'organisation [MESO] ; iv) l'objet technique *parc urbain hétérogène* [MACRO] et quatre thématiques transversales i) la performance énergétique ; ii) le déploiement du numérique ; iii) la capacité financière ; iv) la ressource humaine. Dans son avancement actuel, seules les échelles MICRO et MESO font l'objet de développements et d'analyses. Suivant les principes de la modélisation systémique, notre contribution inclut l'identification des éléments d'interrelation entre performance énergétique et déploiement numérique. Ce travail, qui constitue la phase de conception/construction de notre système complexe, est suivi dans un second temps de l'exploitation du modèle laquelle comprend la construction d'alternatives contrastées de la stratégie numergétique de l'organisation gestionnaire et l'évaluation de leurs performances respectives dans l'amélioration du parc.

**Mots-clés :** BIM / Rénovation / Dynamique des systèmes complexes (DSC) / Transition numergétique / Management des organisations / Modélisation des transitions.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02481081>

## **MAIGROT Philéas**

### ***Compréhension des mécanismes perceptifs associés à la gêne due aux bruits et vibrations du trafic ferroviaire en zone urbaine***

Thèse de doctorat en Acoustique, École doctorale MEGA, < 2019LYSEI051 >, préparée sous la direction de C. Marquis-Favre (LGCB) et E. Parizet (LVA/INSA), 126 p.

**Date de soutenance :** 23/07/2019

**Résumé :** Les vibrations générées par le trafic ferroviaire se propagent depuis les rails jusqu'à l'intérieur des maisons voisines. Souvent, ces vibrations s'accompagnent du bruit de passage du train. Cette co-exposition au bruit et aux vibrations est source de gêne pour les résidents et peut engendrer des troubles de la santé. Peu d'études ont été menées à propos de la co-exposition au bruit et aux vibrations en termes de gêne. L'objectif de la thèse est d'apporter des éléments de compréhension au regard des phénomènes perceptifs mis en jeu lors de l'exposition combinée au bruit et aux vibrations. Des expériences sont menées dans ce but, en conditions contrôlées et à l'aide d'enregistrements acoustiques et vibratoires réalisés à proximité d'une voie ferrée, à l'intérieur d'un logement. Une première étude a été réalisée afin de valider un protocole expérimental permettant de recueillir en laboratoire des réponses de gêne. Pour plusieurs combinaisons d'enregistrements de bruit et de vibrations ferroviaires présentés à différents niveaux, la gêne 1) partielle, due au bruit, 2) partielle, due aux vibrations et 3) totale, due à la co-exposition au bruit et aux vibrations, étaient recueillies. Les résultats de cette première étude ont été utilisés afin d'adopter un même protocole expérimental tout au long de ces travaux de thèse. Les études traitant de la gêne due aux bruits et aux vibrations ferroviaires sont majoritairement basées sur des indices ne reflétant que la quantité d'énergie liée à chaque exposition et leurs résultats peuvent être contradictoires. Une seconde étude a été menée en laboratoire dans le but d'évaluer l'influence de l'intensité (sonore, vibratoire) sur la gêne et afin de déterminer l'origine des différences de résultats dans la littérature. Les hypothèses testées étaient que ces différences pourraient être dues aux différentes plages de niveaux sonores et vibratoires étudiées, ou à des différences de contenus fréquentiels au sein des stimuli utilisés dans les différentes expériences. Dans la littérature, un besoin d'autres études en laboratoire est souligné afin de mieux comprendre l'influence des paramètres autres que le niveau global vibratoire (p. ex. contenu spectral, modulation) sur la gêne due aux vibrations ferroviaires. Un travail a été réalisé afin de mieux comprendre le rôle du contenu spectral vibratoire sur la gêne spécifique due aux vibrations, en l'absence de bruit. Une expérience a été conduite en utilisant des stimuli vibratoires artificiels, créés à partir des spectres d'enregistrements de vibrations ferroviaires. L'importance des paramètres autres que les niveaux de bruit et de vibrations globaux sur les variations de la gêne due à la coexposition au bruit et vibrations ferroviaires a fait l'objet d'une dernière étude. Les stimuli utilisés étaient obtenus à partir de la quasi-totalité des enregistrements sonores et vibratoires à disposition, en les ramenant à une durée de 10s et en contrôlant les variations de niveau de bruit et de vibrations d'un stimulus à un autre ainsi qu'au sein de chaque stimulus. Cette étude a montré que l'importance relative des paramètres temporels et fréquentiels de la co-exposition au bruit et aux vibrations était faible au regard de celle des paramètres énergétiques.

**Mots-clés :** Gêne vibratoire de court-terme / Gêne sonore de court-terme / Trafic ferroviaire urbain / Co-exposition bruit et vibrations / Gêne totale / Environnement contrôlé / Expérience en laboratoire / Mesure *in situ*.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02629274>

Laboratoire de Tribologie  
et  
Dynamique des Systèmes



**COILLOT Mike**

***Caractérisations numérique et expérimentale du comportement thermo-aéraulique d'une double-fenêtre active***

Thèse de doctorat en Energétique, École doctorale MEGA, < 2019LYSET011 >, préparée sous la direction de M. El Mankibi (LTDS) et de R. Cantin (LGCB), 172 p. + annexes.

**Date de soutenance : 25/11/2019**

**Résumé :** La double-fenêtre est une solution de rénovation qui répond aux problématiques énergétique et architecturale de préservation des façades du bâti ancien. Elle constitue un système basé sur la pose de deux fenêtres, l'une derrière l'autre, la nouvelle fenêtre étant le plus souvent, posée du côté intérieur de l'habitat ancien. Ce système se différencie des doubles vitrages puisqu'ici il s'agit d'ajouter une fenêtre entière (dormant et ouvrant). L'étude approfondie de la littérature scientifique a mis en avant qu'aucune considération n'a été apportée à l'application de ce dispositif à des bâtiments historiques alors que cela modifie fortement sa conception et son fonctionnement. Le système étudié dans ce travail de thèse est une double-fenêtre par l'intérieur, adaptée aux bâtis historiques du XIXe siècle, ventilée mécaniquement en insufflation rendant cet élément de façade actif. Il s'agit d'un dispositif innovant que ce soit par son domaine d'application ou par ses propriétés techniques dont il n'existe à l'heure actuelle, ni de caractérisation ni d'outil pour caractériser la double-fenêtre innovante étudiée dans cette thèse. Par conséquent, ce travail de thèse vise à caractériser son comportement et ses performances thermiques et à dégager des recommandations quant à sa conception et son utilisation. Pour atteindre ces objectifs, deux approches ont été mises en place. La première, expérimentale, a consisté en l'élaboration et l'utilisation de prototypes multi-échelle. Deux types de dispositifs expérimentaux ont été mis au point, afin de mener des tests en conditions contrôlées et in situ. Plusieurs campagnes de mesures ont été effectuées et ont fourni une base de données expérimentale conséquente. Grâce à ce travail expérimental, nous avons pu décrire le comportement thermo-aéraulique de la double-fenêtre en diverses situations de fonctionnement et montrer le caractère dynamique de ses performances. En revanche, il s'est avéré que la caractérisation du comportement thermique de ce dispositif n'a pu être complète. Par conséquent, nous avons décidé d'utiliser une seconde approche, numérique. Celle-ci a constitué, dans un premier temps, en l'élaboration d'un modèle numérique dynamique et rapide d'utilisation. L'outil numérique créé a été validé à l'aide des données expérimentales et d'une méthode originale et critique de validation. Dans un second temps, l'approche numérique s'est portée sur la caractérisation paramétrique de la double-fenêtre ventilée afin d'appuyer et compléter les observations expérimentales. Cette approche paramétrique a également permis de fournir une méthode de détermination dynamique des performances thermiques.

**Mots-clés :** Double-fenêtre / Fenêtre / Bâtiment / Rénovation / Patrimoine / Ventilation / Caractérisation thermique.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02927776>

**GAZZO Salvatore**

***Characterisation of the mechanical behaviour of networks and woven fabrics with a discrete homogenization model***

Thèse de doctorat en Mécanique des solides, des matériaux des structures et des surfaces, École doctorale MEGA, < 2019LYSET006 >, préparée sous la direction de C. Boutin (LTDS) et M. Cuomo (Université de Catane), 150 p.

**Date de soutenance :** 10/06/2019

**Résumé :** Au cours des dernières décennies, le développement de nouveaux matériaux a progressé pour les applications liées à la mécanique. De nouvelles générations de composites ont été développées, qui peut offrir des avantages par rapport aux tapis unidirectionnels renforcés de fibres couramment utilisés, les matériaux prennent alors le nom de woven fabrics. Le comportement de ce matériau est fortement influencé par la micro-structure du matériau. Dans la thèse, les modèles mécaniques et les schémas numériques capables de modéliser les comportements des tissus et des matériaux de réseau généraux ont été développés. Le modèle prend en compte la micro-structure au moyen d'une technique d'homogénéisation. Les fibres dans le réseau ont été traités comme des micro-poutres, ayant une rigidité à la fois en extension et en flexion, avec différents types de connexions. La procédure développée a été appliquée pour obtenir les modèles mécaniques homogénéisés pour certains types de réseaux de fibres biaxiaux et quadriaxiaux, simulant soit des réseaux de fibres (en ce cas a été supposé parmi les fibres) ou des tissus avec une interaction négligeable entre les faisceaux de fibres et en empêchant tout glissement relatif (dans ce cas, les connexions ont été simulées au moyen de pivots). Différentes géométries ont été analysées, y compris le cas dans lesquels les fibres ne sont pas orthogonales. On obtient généralement un premier milieu à gradient mais, dans certains cas, la procédure d'homogénéisation elle-même indique qu'un continuum d'ordre supérieur est mieux adapté pour représenter la déformation de la micro-structure. Des résultats spéciaux ont été obtenus dans le cas de fibres reliées par pivots. Dans ce cas, un matériau orthotrope à module de cisaillement nul a été obtenu. Un tel matériau a un tenseur constitutif elliptique, il peut donc conduire à des concentrations de contrainte. Cependant, il a été montré que certaines considérations sur le comportement physique de tels réseaux indiquent que les termes d'ordre supérieur sont inclus dans l'expansion des forces internes et des déformations, de sorte qu'un matériau de gradient de déformation a été obtenu. Les résultats obtenus peuvent être utilisés pour la conception de matériaux spécifiques nécessitant des propriétés. Bien que le modèle de référence soit un matériau de réseau, les résultats obtenus peuvent être appliqués à d'autres types similaires de microstructures, comme des matériaux pantographiques, des micro-dispositifs composés de micro-poutres, etc. Ils étaient limités à la gamme d'élasticité linéaire, qui est une petite déformation et un comportement élastique linéaire. Ensuite, les simulations numériques ont été axées sur les tests d'extension et les tests de biais. Les configurations déformées sont conformes aux tests expérimentaux de la littérature, tant pour tissus équilibrés et non équilibrés. De plus, une comparaison entre les premier et deuxième gradients des prédictions numériques ont été effectuées. Il a été observé que les prédictions de deuxième gradient mieux simuler les preuves expérimentales.

**Mots-clés :** Micro-structure / Homogénéisation discrète / REV / Matériaux renforcés de fibres / Tests de biais / Matériaux pantographiques / Matériaux de second gradient / Gradient de contrainte / Matériaux d'ordre supérieur / Matériaux anisotropes / Tissus tissés / Matériaux de réseau de fibres.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02304769>



**NGUYEN Thi Thu Tra**

***Les instabilités dynamiques des matériaux granulaires modèles***

Thèse de doctorat en Génie civil, École doctorale MEGA, < 2019LYSET007 >, préparée sous la direction de T. Doahn (LTDS) et d'A. Le Bot (LTDS), 262 p.

**Date de soutenance :** 17/07/2019

**Résumé :** Cette thèse étudie les instabilités dynamiques des milieux granulaires modèles saturés à l'aide d'un appareil triaxial classique. Les instabilités englobent la liquéfaction et les effondrements en compression isotrope drainée, les frottements saccadés en compression triaxiale drainée. Ces instabilités apparaissent spontanément à des contraintes effectives de confinement imprévisibles. Elles sont accompagnées de très rapides et très fortes surpressions interstitielles, malgré un drainage approprié, ce que ne présentent pas les milieux granulaires naturels. En compression isotrope drainée (consolidation), des effondrements locaux naissent instantanément. En compression triaxiale drainée, on observe de larges frottements saccadés quasi-périodiques caractérisés par des déformations volumiques et axiales contractantes. De temps en temps, ces effondrements et frottements saccadés locaux peuvent se développer en liquéfaction menant à une destruction complète de la structure granulaire. Les données à haute résolution temporelle issues de ce travail ont permis la découverte d'une nouvelle famille de liquéfaction dynamique et statique. L'étude des émissions acoustiques passives a permis l'identification de signature spectrale caractéristique. Pour les frottements saccadés, la phase de glissement peut être interprétée comme une consolidation dynamique, limitée par l'unique surface en dessous de la ligne critique de rupture dans le plan des contraintes effectives. La séquence temporelle précise des événements exclut que la pression interstitielle soit la cause principale des instabilités. Cependant, le rôle important de la surpression interstitielle est démontré dans des relations quantitatives entre les incréments de contraintes, et de déformations et l'éphémère surpression interstitielle stabilisée développée pendant la phase de glissement. Cela montre finalement la nature quasi-déterministique de ces instabilités dynamiques. Ces relations empiriques sont basées uniquement sur l'amplitude maximale de l'accélération verticale de très courte durée et sont gouvernées indépendamment par la pression de confinement et par l'indice des vides. La similarité de la surpression interstitielle entre différentes instabilités suggère fortement quelques mécanismes similaires de déclenchement, probablement à partir de ré-arrangements de la micro-structure granulaire.

**Mots-clés :** Instabilités dynamiques / Liquéfaction / Frottement saccadé / Matériaux granulaires modèles / Compression triaxiale / Friction.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02281748>

**PIEGAY Clément**

***Approche conjointe acoustique et thermique pour l'optimisation des laines végétales du bâtiment***

Thèse de doctorat en Acoustique, École doctorale MEGA, < 2019LYSET010 >, préparée sous la direction d'E. Gourdon (LTDS) et de P. Glé (CEREMA), 271 p. + annexes.

**Date de soutenance :** Dans un contexte où il est indispensable d'apporter des réponses aux enjeux environnementaux majeurs auxquels notre planète est confrontée, un des principaux secteurs concernés est celui du bâtiment, pour lequel les logements sont encore en 2019 globalement mal isolés d'un point de vue thermique, mais également acoustique. Aussi, des solutions peuvent être apportées par des isolants biosourcés comme les laines végétales, capables de stocker le dioxyde de carbone atmosphérique, et possédant des propriétés multifonctionnelles à fort potentiel. Néanmoins, un certain nombre de verrous scientifiques freinent encore la croissance de ces matériaux sur le marché des isolants fibreux. Ils sont liés notamment à la méconnaissance des spécificités des laines végétales et au manque d'investigations concernant des approches de valorisation conjointe de leurs performances acoustiques et thermiques. Afin de répondre à ces problématiques, une démarche innovante est développée en s'appuyant sur une méthode d'Homogénéisation Auto-Cohérente conjointe acoustique et thermique, reposant sur une géométrie cylindrique (HAC cylindrique), en vue de l'optimisation des laines végétales du bâtiment. Ainsi, la conductivité thermique est déterminée en statique à partir du couplage d'un modèle « HAC cylindrique statique » pour le transfert par conduction et d'un modèle semi-empirique pour le transfert par rayonnement. L'absorption acoustique est quant à elle déterminée par un modèle « HAC cylindrique dynamique ». Cette méthode permet ainsi de lier les paramètres de leur microstructure, tels que la taille des fibres et la porosité, à leurs propriétés macroscopiques par l'établissement de relations analytiques. La validation de la procédure de modélisation conjointe ainsi développée s'effectue par comparaison des prédictions avec des résultats expérimentaux. Ces résultats sont issus de banques de données constituées à partir de campagnes de caractérisations de grandes ampleurs conduites au cours de la thèse sur plus de vingt matériaux différents. Elles concernent à la fois des paramètres liés à la microstructure spécifique des laines végétales, ainsi que leurs propriétés en absorption acoustique et en isolation thermique.

**Mots-clés :** Matériaux fibreux / Fibres végétales / Absorption acoustique / Conductivité thermique / Approche conjointe acoustique-thermique / Approche micro-macro / Homogénéisation auto-cohérente / Optimisation / Banques de données expérimentales.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02724778>

**VIVERGE Kevin**

***Modèle de plaques stratifiées à fort contraste : application au verre feuilleté***

Thèse de doctorat en Génie civil, École doctorale MEGA, < 2019LYSET005 >, préparée sous la direction de C. Boutin (LTDS), 183 p.

**Date de soutenance :** 04/06/2019

**Résumé :** Le verre feuilleté est constitué de deux ou plusieurs feuilles de verre assemblées par une ou plusieurs couches de polymères viscoélastiques intermédiaires qui sont à l'origine des interactions entre les mécanismes de cisaillement, de flexion locale et de flexion globale qui régissent le comportement d'ensemble du verre feuilleté. Dans ces travaux, nous proposons un modèle de plaques dites "fortement contrastées" intégrant ces différents mécanismes et leur couplage. Dès lors qu'il existe une séparation d'échelle entre l'épaisseur de la plaque et la taille caractéristique des variations des champs cinématiques, la méthode des développements asymptotiques est applicable pour l'étude des stratifiées. Le comportement effectif de la plaque est dérivé de la loi de comportement 3D des matériaux, associée à une formulation de développements asymptotiques et à une mise à l'échelle appropriée du contraste de rigidité entre les couches raides de verre et des couches souples de polymère viscoélastique. Le procédé fournit une formulation explicite et cohérente, intégrant les efforts duaux des descripteurs macroscopiques (équations constitutives), les équations d'équilibres hors-plan et dans le plan et les différentes lois de comportements du stratifié. Le modèle est d'abord construit dans le cas d'une plaque de verre feuilleté à 2 couches raides puis différents cas de chargements statiques et dynamiques sont appliqués. Il est ensuite étendu aux plaques à 3 couches raides puis généralisé aux plaques à N couches raides. Des campagnes expérimentales sont mises en place pour valider les modèles obtenus. Enfin un cas d'étude de dimensionnement de plancher en verre feuilleté est proposé.

**Mots-clés :** Plaques stratifiées / Méthode asymptotique / Viscoélasticité / Dynamique / Modèle de plaque Tri-Laplacien / Essais de flexion / Essais de vibrations.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02288105>



Laboratoire d'Ingénierie  
Circulation Transports



**AMELI Mostafa**

***Méthodes heuristiques pour le calcul d'affectation dynamique du trafic***

Thèse de doctorat en Génie civil, École doctorale MEGA, < 2019LYSET009 >, préparée sous la direction de L. Leclercq (LICIT/IFSTTAR) et de J.-P. Lebacque (Université Paris-Est, IFSTTAR), 169 p.

**Date de soutenance :** 31/10/2019

**Résumé :** Les systèmes de transport sont caractérisés de manière dynamique non seulement par des interactions non linéaires entre les différents composants, mais également par des boucles de rétroaction entre l'état du réseau et les décisions des utilisateurs. En particulier, la congestion du réseau impacte à la fois la répartition de la demande locale en modifiant les choix d'itinéraire et la demande multimodale globale. Selon les conditions du réseau, ils peuvent décider de changer, par exemple, leur mode de transport. Plusieurs équilibres peuvent être définis pour les systèmes de transport. L'équilibre de l'utilisateur correspond à la situation dans laquelle chaque utilisateur est autorisé à se comporter de manière égoïste et à minimiser ses propres frais de déplacement. L'optimum du système correspond à une situation où le coût total du transport de tous les utilisateurs est minimal. Dans ce contexte, l'étude vise à calculer les modèles de flux d'itinéraires dans un réseau prenant en compte différentes conditions d'équilibre et à étudier l'équilibre du réseau dans un contexte dynamique. L'étude se concentre sur des modèles de trafic capables de représenter une dynamique du trafic urbain à grande échelle. Trois sujets principaux sont abordés. Premièrement, des méthodes heuristiques et méta-heuristiques rapides sont développées pour déterminer les équilibres avec différents types de trafic. Deuxièmement, l'existence et l'unicité des équilibres d'utilisateurs sont étudiées. Lorsqu'il n'y a pas d'unicité, la relation entre des équilibres multiples est examinée. De plus, l'impact de l'historique du réseau est analysé. Troisièmement, une nouvelle approche est développée pour analyser l'équilibre du réseau en fonction du niveau de la demande. Cette approche compare les optima des utilisateurs et du système et vise à concevoir des stratégies de contrôle afin de déplacer la situation d'équilibre de l'utilisateur vers l'optimum du système.

**Mots-clés :** Point de rupture / Equilibre de commutation / Demande variationnelle / Système optimal / Multimodal / Analyse d'unicité / Au jour le jour / Algorithme de recuit simulé / Algorithme génétique / Simulation / Trafic / Convergence / Taille de pas / Application réseau à grande échelle / Equilibre utilisateur / Basée sur le voyage / Affectation dynamique du trafic.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02479088>

**CATTIN Johana**

***Prise en compte des conditions de trafic dynamique dans l'évaluation des consommations énergétiques des véhicules industriels en intégrant les stratégies d'aide à la conduite***

Thèse de doctorat en Génie civil, École doctorale MEGA, < 2019LYSET003 >, préparée sous la direction de L. Leclercq (LICIT/IFSTTAR) et de N.-E. El Faouzi (LICIT/IFSTTAR), 117 p. + annexes.

**Date de soutenance :** 18/04/2019

**Résumé :** Le monde industriel, et en particulier l'industrie automobile, cherche à représenter au mieux le réel pour concevoir des outils et produits les plus adaptés aux enjeux et marchés actuels. Dans cette optique, le groupe Volvo a développé de puissants outils pour la simulation de la dynamique des véhicules industriels. Ces outils permettent notamment l'optimisation de composants véhicules ou de stratégies de contrôle. De nombreuses activités de recherche portent sur des technologies innovantes permettant de réduire la consommation des véhicules industriels et d'accroître la sécurité de leurs usages dans différents environnements. En particulier, le développement des systèmes d'aide à la conduite automobile ITS et ADAS. Afin de pouvoir développer ces systèmes, un environnement de simulation permettant de prendre en compte les différents facteurs pouvant influencer la conduite d'un véhicule doit être mis en place. L'étude se concentre sur la simulation de l'environnement du véhicule et des interactions entre le véhicule et son environnement direct, i.e. le véhicule qui le précède. Les interactions entre le véhicule étudié et le véhicule qui le précède sont modélisées à l'aide de modèles mathématiques, nommés « lois de poursuites ». De nombreux modèles existent dans la littérature mais peu concernent le comportement des véhicules industriels. Une étude détaillée de ces modèles et des méthodes de calage est réalisée. L'environnement du véhicule peut être représenté par deux catégories de paramètres : statiques (intersections, nombre de voies...) et dynamiques (état du réseau). A partir d'une base de données de trajets usuels, ces paramètres sont calculés, puis utilisés pour générer de manière automatisée des scénarios de simulation réalistes.

**Mots-clés :** Consommation énergétique / Poids lourd / Lois de poursuite / Calibration / Optimisation / Statistiques d'usages / Système de transport intelligent (STI) / Système d'aide à la conduite automobile (ADAS)

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02288108>



**CLAIRAIS Aurélien**

***Calage en ligne d'un modèle dynamique de trafic routier pour l'estimation en temps réel des conditions de circulation***

Thèse de doctorat en Génie civil, École doctorale MEGA, < 2019LYSET004 >, préparée sous la direction de N.-E. El Faouzi (LICIT/IFSTTAR) et d'A. Duret (LICIT/IFSTTAR), 149 p. + annexes.

**Date de soutenance :** 12/04/2019

**Résumé :** Les modèles de trafic ont une importance capitale pour la compréhension et la prévision des phénomènes liés aux conditions de circulation. Ils représentent une aide précieuse à tous les niveaux de gestion du trafic. Cette thèse s'attache aux problématiques liées à la gestion du trafic au quotidien. Pour les gestionnaires de réseaux, quatre enjeux sont traités. L'enjeu de rapidité renvoie au choix de l'échelle de représentation et la formulation du modèle d'écoulement. Le modèle retenu est le modèle LWR lagrangien-spatial. La fiabilité est un enjeu relatif à la prise en compte des erreurs de modèles dans les estimations des conditions de circulation. La réactivité est décrite comme la capacité de la méthode à prendre en compte en temps réel les états de trafic captés. Enfin, l'adaptabilité renvoie à la capacité des paramètres de la méthode à évoluer en tenant compte des situations de trafic observées. Les verrous scientifiques que les travaux présentés cherchent à lever s'articulent autour des quatre enjeux décrits précédemment. L'intégration de la propagation des incertitudes directement dans le modèle d'écoulement représente un premier verrou. Ensuite, la production d'indicateurs opérationnels rendant compte de la fiabilité des résultats. Concernant l'enjeu de réactivité, les verrous scientifiques traités sont la mise en place d'un schéma d'assimilation de données séquentiel et le calage des conditions internes du modèle d'écoulement intégrant les erreurs de modèle et d'observation. Enfin, concernant l'enjeu de réactivité, le verrou scientifique associé est le calage en ligne des paramètres du modèle d'écoulement. Un modèle de suivi d'erreur où les variables du modèle d'écoulement sont distribuées selon des mélanges de gaussienne est développé. Le suivi des erreurs dans le modèle est réalisé grâce à une méthode de perturbation adaptée à la formulation multi-composantes des mélanges de gaussiennes. Une analyse de sensibilité est menée afin d'établir le lien entre la robustesse de la méthode proposée et la discrétisation du réseau, le nombre de composantes dans le mélange de gaussiennes et les erreurs sur les paramètres du modèle d'écoulement. Ce modèle permet la production d'indicateurs opérationnels et leurs erreurs associées rendant compte de la fiabilité des conditions de circulation ainsi estimées. Le processus d'assimilation séquentielle permet d'estimer et de prévoir les conditions de trafic en accord avec les observations en cas de demande et d'offre non calées. L'état a posteriori est calculé à l'aide d'une formulation bayésienne connaissant les états a priori et les observations. Deux méthodes de mise à jour du modèle ont été testées. Devant les incohérences du modèle, introduites par la méthode de substitution des états a priori par les états a posteriori, la mise à jour agit aussi sur les véhicules via l'ajout, la suppression, l'avancement ou le retardement de leurs temps de passage. La validation des concepts étudiés est réalisée sur un réseau composé d'un simple lien homogène sans discontinuité. Lorsque les paramètres de l'écoulement du trafic ne sont pas calés, l'assimilation de données seule ne permet pas de propager correctement les états de trafic en accord avec la situation observée. Le calage des paramètres d'écoulement est traité dans un chapitre d'ouverture dans lequel des pistes de recherche sont suggérées afin de proposer des solutions à ce dernier verrou scientifique. Les travaux de cette thèse ouvrent la voie à des perspectives de recherche et opérationnelles. En effet, il est intéressant de quantifier le renforcement apporté par les méthodes modèle-centrées aux méthodes données-centrées usuelles dans l'estimation en temps réel et la prévision à court-terme des conditions de circulation. De plus, les méthodes développées, associées aux pistes de recherche évoquées, pourraient représenter un apport considérable aux outils d'aide à la gestion du trafic au quotidien.

**Mots-clés :** Trafic routier / Modélisation / Dynamique / Mésoscopique / Propagation d'erreurs / Assimilation de données / Calage.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02301763>

**SALOTTI Julien**

**Méthodes de sélection de voisinage et de prévision à court-terme pour l'analyse du trafic urbain**

Thèse de doctorat en Informatique, École doctorale InfoMaths, < 2019LYSEI077 >, préparée sous la direction C. Solnon (INSA) et de N.-E. El Faouzi (IFSTTAR/ENTPE), 119 p.

**Date de soutenance :** 24/09/2019

**Résumé :** Dans le contexte de la ville intelligente, le besoin d'informer, d'anticiper, et d'agir sur l'état du trafic sur le réseau devient crucial. Ce dernier est à l'origine du développement de nombreuses méthodes de prévision de trafic à court-terme (dans l'heure). À l'ère des données, on observe une augmentation de nos capacités à stocker et à traiter des données rapidement. Parallèlement, un nombre croissant de tronçons de route sont équipés de capteurs. Cette évolution technologique se reflète par une évolution des méthodes de prévision de trafic. Dans ces travaux, nous explorons plusieurs problématiques afin d'améliorer les performances de prévision des modèles sur les données de trafic. La première question concerne le voisinage spatio-temporel : quelles données doit-on considérer pour prédire l'activité future observée par un capteur ? La deuxième question concerne le choix de la meilleure méthode de prévision en fonction du type de réseau (urbain, autoroute) et de l'horizon de prévision. Enfin, nous traitons de la question du choix optimal de la résolution temporelle des données, de son impact sur la prévision. Pour répondre à ces questions, nous avons étudié de nombreuses approches de prévision (ARIMA, VAR, k-NN, SVR, réseaux de neurones) et deux mécanismes de sélection de variables (Lasso, TiGraMITe). Cette étude expérimentale a été effectuée sur des données du réseau urbain de Lyon (fournie par la Métropole) et des données d'autoroute du réseau de Marseille.

**Mots-clés :** ARIMA / Prévision de trafic / VAR / Lasso / Régression / K plus proches voisins / Modèles graphiques probabilistes / Réseaux de neurones / Sélection de variables / Régression à vecteurs de support.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02339366>

Laboratoire d'Ecologie  
des  
Hydrosystèmes Naturels  
et  
Anthropisés



**BOUARAFSA Sofia**

***Caractérisation hydrodynamique des sols non-saturés par infiltration des fluides newtoniens et non newtoniens : Application aux SuDS***

Thèse de doctorat en Sciences de l'environnement industriel et urbain, École doctorale de Chimie de Lyon, < 2019LYSEI076 >, préparée sous la direction de R. Gourdon (INSA Lyon) et de R. Angulo-Jaramillo (LEHNA/IPE), 154 p.

**Date de soutenance :** 03/10/2019

**Résumé :** Les eaux de ruissellement urbain sont dans certains cas dirigées vers des dispositifs d'infiltration appelés SuDS (Sustainable drainage systems). La caractérisation de l'hétérogénéité structurale de ces ouvrages est nécessaire pour garantir leur bon fonctionnement. Le but scientifique de la thèse est de développer une méthodologie de caractérisation hydrodynamique des SuDS par des techniques d'infiltrométrie in-situ simples et non destructives. La première approche abordée a pour objectif de décrire le fonctionnement hydrodynamique des SuDS en se basant sur des essais d'infiltration d'eau par le dispositif Beerkan et par infiltrométrie à disque à multi-tensions. Les courbes d'infiltration Beerkan ont été analysées par les trois méthodes BEST (Beerkan estimation of soil transfer parameters) : slope, intercept et steady, et les courbes d'infiltration établies par les infiltromètres à disque ont été étudiées par les méthodes analytiques validées dans la littérature. Ces techniques ont pu caractériser efficacement les ouvrages étudiés et ont révélé certains dysfonctionnements hydrodynamiques. La deuxième approche abordée dans ce travail s'intéresse à la caractérisation de la distribution des pores effectifs par l'analyse de l'infiltration de l'eau et des fluides non-Newtoniens à l'aide du modèle ANA (du nom de ses concepteurs Abou-Najm et Atallah) qui n'a été appliqué jusqu'à maintenant que sur des milieux poreux synthétiques sous des conditions hydrauliques contrôlées en laboratoire. Ce modèle a été ajusté aux SuDS en développant un protocole de mesures et une méthodologie de calcul des paramètres d'entrée du modèle à partir des données expérimentales de terrain, en combinant la méthode Beerkan, le modèle BEST et le modèle ANA. La comparaison des distributions obtenues aux résultats de l'approche classique d'estimation de la porosité effective par infiltrométrie a permis de confirmer l'efficacité de la méthode, d'identifier les limites des hypothèses considérées lors des calculs et de définir les perspectives envisageables pour améliorer la précision des résultats.

**Mots-clés :** Infiltration / Sol non saturé / SuDS / BEST / Modèle ANA / Fluides non newtoniens.

**Consultable sur :** [réponse en attente](#)

**COELHO MACEDO Cláudia Filipa**

**Transfert et effets des retardateurs de flamme bromés (RFBs) sur trois espèces végétales et une espèce de lombric dans des anthroposols**

Thèse de doctorat en Environnement, École doctorale de Chimie de Lyon, < 2019LYSET008 >, préparée sous la direction de J.-P. Bedell (LEHNA/IPE), 217 p. + annexes.

**Date de soutenance :** 30/09/2019

**Résumé :** Une étude approfondie a été menée dans deux zones distinctes (Estarreja au Portugal, noté EST, et Casier Peyraud 6 en France, noté PEY) pour évaluer les niveaux de contamination, ainsi que leurs comportements dans des anthroposols et les risques potentiels de ces contaminants pour des organismes vivants du sol. L'objectif principal étant d'évaluer la mobilité environnementale des retardateurs de flamme bromés (RFBs) dans un écosystème terrestre, notamment vers les vers de terre (*Eisenia fetida*) et les plants (luzerne (*Medicago sativa*), cresson (*Nasturtium officinale*), moutarde blanche (*Sinapsis alba*), dans une prospective d'évaluation du risque de transferts de ces molécules. Le facteur de bioaccumulation (BAF) ainsi que les indices SET et ERITME ont été calculés. Le BAF permet de déterminer si une substance est accumulée dans un organisme donné et s'il existe un risque d'entrée et de diffusion tout au long de la chaîne alimentaire. Les indices SET et ERITME permettent de classer les sites testés en fonction du transfert efficace des COs par les anthroposols aux organismes testés, et d'avoir une idée du risque potentiel pour l'écosystème. L'indice SET donne une idée globale de l'excès de transfert pour tous les contaminants dans les matrices étudiées. L'indice ERITME permet d'évaluer le risque environnemental global inhérent associé à l'excès de transfert des contaminants considérés. Compte tenu des valeurs ERITME, les matrices étudiées peuvent être classées dans un ordre de toxicité qui est aussi conforme pour l'ensemble des organismes testés (*E. fetida*, luzerne, cresson et moutarde).

**Mots-clés :** Retardateurs de flamme bromés / *Eisenia fetida* / Plantes / Mobilité / Biodisponibilité / Evaluation du risque / Index SET-ERITME.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02420943>

**ESTRAGNAT Valérian**

***Dynamique des interactions bio lm/macro-organismes : conséquences sur les organismes et les propriétés hydrauliques et écologiques de l'interface eau/sédiment***

Thèse de doctorat en Biologie, École doctorale E2M2, < 2019LYSE1084 >, préparée sous la direction de P. Marmonier (Lyon1), F. Mermillod-Blondin (Lyon1) et L. Volatier (LEHNA/IPE), 120 p.

**Date de soutenance :** 01/07/2019

**Résumé :** Dans un contexte global d'augmentation de la population, les réserves en eau des nappes phréatiques sont de plus en plus sollicitées. Pour pallier cette exploitation, des systèmes d'infiltration artificiels ont été mis en place pour recharger les nappes avec de l'eau de surface. Néanmoins, ces systèmes subissent des pertes d'efficacité liées au colmatage du support d'infiltration par des processus physiques, chimiques ou biologiques. Face à ce phénomène, le travail de thèse a pour but de tester la faisabilité d'une technique d'ingénierie écologique par introduction d'un gastéropode, *V. viviparus*, pour limiter le colmatage de l'interface eau/sédiment de bassins d'infiltration utilisés pour recharger artificiellement l'aquifère sous-jacent au Rhône. Par des approches expérimentales, deux volets ont été abordés, (1) la dynamique des interactions biofilm/brouetteur et les conséquences sur l'état physiologique du gastéropode et (2) la dynamique des interactions biofilm/gastéropode et les conséquences sur les propriétés hydrauliques et écologiques de l'interface eau/sédiment. Les résultats ont mis en évidence que (1) *V. viviparus* pouvait se maintenir dans les bassins d'infiltration aux différentes saisons, (2) *V. viviparus* pouvait limiter le colmatage biologique de l'interface eau/sédiment soit par ses actions trophiques (brouetage), soit par des actions physiques (déplacement, pelletisation) et (3) *V. viviparus* n'a pas eu d'effet positif sur l'infiltration lorsque le colmatage était chimique. Pour conclure, *V. viviparus* apparaît comme un bon candidat pour des solutions d'ingénierie écologique visant à restaurer des interfaces eau/sédiment, colmatées par un biofilm phototrophe. Ce travail ouvre des perspectives sur l'utilisation de solutions basées sur la nature à plus large échelle spatiale (e.g. pilote) et à des milieux naturels comme les zones humides.

**Mots-clés :** Biomanipulation / Interface eau-sédiment / Recharge artificielle des aquifères / Colmatage / Biofilm phototrophe / Gastéropodes / Remaniement sédimentaire.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02527169>

**LÉCRIVAIN Nathalie**

***Etude de la contamination et de l'écotoxicité associée des sédiments de surface en zone littorale lacustre***

Thèse de doctorat en Environnement, École doctorale de Chimie de Lyon, < 2019LYSET001 >, préparée sous la direction de B. Clément (LEHNA/IPE) et V. Frossard (Université de Savoie), 246 p. + annexes.

**Date de soutenance :** 08/03/2019

**Résumé :** La zone littorale, de grande importance pour le fonctionnement écologique du lac, est souvent la première zone réceptrice de la contamination provenant du bassin versant. Cette pollution est majoritairement piégée dans les sédiments de surface. Pour autant, les conditions environnementales variables qui règnent en zone littorale sont susceptibles de favoriser la biodisponibilité des contaminants par le jeu des réactions physico-chimiques et biologiques. Cette thèse s'appuie sur l'étude de deux grands lacs péri-alpins, le Lac du Bourget et le Lac d'Annecy, pour mieux comprendre le comportement des polluants sédimentaires (ETM, HAP et PCB) en zone littorale lacustre. Nos travaux visent notamment (1) à caractériser la contamination littorale et l'influence des sources locales dans cette contamination, (2) à évaluer l'écotoxicité des sédiments littoraux et les changements de mobilité et de biodisponibilité des polluants sédimentaires sous l'influence de changements abiotiques de la zone littorale tels que ceux induits par le marnage lacustre. Nos résultats montrent que la contamination des sédiments et organismes autochtones présente une hétérogénéité spatiale significative sur le littoral des deux lacs, tant en intensité qu'en composition (i.e. profil de contamination). L'implication de sources locales (e.g. eaux pluviales drainées sur le bassin-versant) dans cette hétérogénéité spatiale a été mise en évidence. L'écotoxicité des sédiments de la zone littorale, évaluée via la réponse de biomarqueurs enzymatiques (AChE, GST), physiologiques (e.g. taux d'ingestion chez *D. magna*) et des traits de vie (e.g. taux de croissance, reproduction et survie) présente également une hétérogénéité spatiale significative. La biodisponibilité des ETM sédimentaires a été plus spécifiquement étudiée aux interfaces sédiment-eau-biote. Elle varie selon l'élément, le biote exposé (benthique ou pélagique) et sous l'effet du marnage. L'assèchement et remise en eau du sédiment littoral s'accompagnent d'une réduction de la fraction biodisponible des ETM. L'abaissement de la hauteur d'eau, en revanche, entraîne une accentuation de la remise en suspension de particules sédimentaires susceptibles d'exercer un risque écotoxicologique sur le biote littoral. Nos résultats soulignent la complexité de la contamination littorale et de son transfert dans les grands lacs péri-alpins et encouragent les approches écotoxicologiques dans l'évaluation de l'état écologique.

**Mots-clés :** Zone littorale lacustre / Micropolluant / Biodisponibilité / Marnage.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02156263>



**VAUTRIN Florian**

***Milieux urbains et expositions aux Actinobactéries pathogènes : cas particulier des bassins d'infiltration***

Thèse de doctorat en Biologie, École doctorale E2M2, < 2019LYSE1300 >, préparée sous la direction de V. Rodriguez-Nava (Université Lyon 1) et T. Winiarski (LEHNA/IPE), 305 p.

**Date de soutenance : 12/12/2019**

**Résumé :** En ville, les eaux pluviales sont collectées et dirigées vers des bassins d'infiltration. Elles amassent lors du ruissellement et du lessivage des sols et des toitures des polluants divers : hydrocarbures, matières organiques, métaux lourds. Ces particules accumulées à la surface des bassins d'infiltration forment une couche de sédiments urbains riches en polluants qui représentent une nouvelle niche écologique pour des bactéries pathogènes opportunistes. On retrouve des Actinobactéries pathogènes dont *Nocardia cyriacigeorgica*. Pour l'heure, les études réalisées sur cette espèce en termes de physiopathologie l'ont été uniquement sur des souches cliniques et ne prennent pas compte les isolats environnementaux. Les principaux objectifs de ces travaux de thèse étaient d'évaluer la biodiversité spatio-temporelle des Actinobactéries présentes dans les sédiments d'un bassin d'infiltration avec un focus sur les espèces pathogènes du genre *Nocardia*, mais également d'établir des liens phylogénétiques entre des souches isolées d'un environnement urbain et des souches provenant de patients français atteints de nocardiose, et ainsi déterminer la dangerosité de ces clones environnementaux. Trois campagnes d'échantillonnage ont été réalisées dans un bassin d'infiltration de l'Est lyonnais (Django-Reinhardt) au printemps, en été et en automne. La biodiversité des communautés d'Actinobactéries a été décrite pour la première fois par méthode de séquençage nouvelle génération à l'aide du marqueur hsp65. La diversité infraspécifique des isolats environnementaux de *N. cyriacigeorgica* provenant du bassin d'infiltration et de souches cliniques fournies par l'Observatoire Français des Nocardioses a été quantifiée par une analyse multiloci (*rrs-hsp65-sodA-secA1*). La virulence des deux souches modèles urbaine EML446 et clinique GUH-2 de *N. cyriacigeorgica* a été évaluée par génomique comparative en étudiant le contenu en gènes de virulence des deux génomes, puis par expérimentation animale sur modèle murin d'immunoparalysie transitoire CLP 30 %. Les résultats de ce travail mettent en évidence la variabilité de la diversité spatio-temporelle des espèces pathogènes et indigènes d'Actinobactéries dominées par environ 80 % de bactéries du genre *Mycobacterium* mais également de *Nocardia* dans les sédiments du bassin d'infiltration Django-Reinhardt. Le mercure, le cuivre et une forte humidité semblent favoriser le développement des espèces pathogènes. La souche urbaine EML446, n'appartenant pas au phylogroupe contenant la souche hautement pathogène GUH-2, présente tout de même un fort pouvoir pathogène sur modèle murin d'immunoparalysie transitoire à une dose de  $1,0 \times 10^6$  UFC/souris ainsi que des contenus en gènes de virulence semblables. En conclusion, cette thèse a mis en évidence un risque microbiologique lié à la présence de l'espèce pathogène *N. cyriacigeorgica* dans un environnement urbain pollué en lien avec la gestion des eaux pluviales. Elle ouvre ainsi des perspectives sur la réorganisation taxonomique de *N. cyriacigeorgica* et une potentielle scission en trois espèces distinctes, pouvant avoir un impact en termes de virulence ou d'antibiorésistance, mais également sur l'utilisation de nouveaux outils permettant l'identification fine aussi bien clinique que dans l'environnement d'isolats ou de communautés bactériennes de *Nocardia* par métabarcoding à l'aide du marqueur hsp65 et par MALDI-ToF MS.

**Mots-clés :** Bactérie pathogène opportuniste / Bassin d'infiltration / Diversité infraspécifique / Hydrologie urbaine / Métabarcoding hsp65 / *Nocardia cyriacigeorgica* / Pollution urbaine / Virulence.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02546498>



Laboratoire Aménagement  
Economie Transports



**BARAKLIANOS Ioannis**

***The accessibility in Land-Use Transport Interaction models: four essays on location choice models***

Thèse de doctorat en Sciences économiques, École doctorale SEG, < 2019LYSE2037 >, préparée sous la direction de P. Bonnel (LAET) et L. Bouzouina (LAET), 163 p.

**Date de soutenance : 26/06/2019**

**Résumé :** La présente thèse de doctorat a pour objectif d'examiner la place et l'importance de l'accessibilité dans les modèles de choix de localisation des ménages et des entreprises. Ces modèles sont deux éléments clés de la conception et la construction des modèles d'interaction transport – usages du sol. Il s'agit, plus précisément, d'analyser l'effet de divers choix méthodologiques d'un point de vue théorique et empirique afin de donner des réponses à des interrogations tout aussi théoriques, méthodologiques, empiriques et politiques. Pour y répondre, quatre articles de recherche constituent le travail principal de la thèse. Les quatre travaux produits ont pour objet l'étude de l'aire urbaine lyonnaise et utilisant des modèles de choix discrets pour expliquer les choix de localisation. Dans le premier article, l'objectif est d'analyser l'effet de la mesure d'accessibilité sur les résultats du modèle de choix de localisation résidentielle. Alors que l'accessibilité a toujours été importante au niveau théorique, certains travaux relativisent son importance au niveau empirique, considérant que d'autres attribues de localisation sont plus influentes. Cet article analyse si différentes méthodes de mesure de l'accessibilité peuvent conduire à des résultats divergents. La conclusion principale est que l'accessibilité est une variable indispensable pour les modèles de choix localisation résidentielle et ce quelle que soit la mesure. Sans la variable de l'accessibilité, le modèle donne des résultats incohérents. Dans le deuxième article, l'objectif est d'analyser les différences de préférences en matière d'accessibilité entre les entreprises nouvellement créées et les entreprises qui se relocalisent. L'accessibilité est l'un des facteurs les plus importants du choix de localisation d'une entreprise. Cependant, même si cela semble intuitif, les travaux analysant les différences entre les créations et les relocalisations sont peu nombreux. En utilisant des données pour huit secteurs d'activités économiques et en confrontant les créations aux relocalisations, les résultats démontrent que l'effet de l'accessibilité diffère d'un secteur économique à l'autre. Cette différence dépend du type d'activité économique du secteur mais aussi du type d'accessibilité. Dans le troisième article, l'objectif est d'évaluer la différence d'impact de l'accessibilité sur les choix de localisation des entreprises du secteur des services aux entreprises. En distinguant les services entre Front Office et Back Office selon leur fonction dans un modèle de choix de localisation, les résultats démontrent que l'effet de l'accessibilité diffère d'un sous-secteur économique à l'autre. Dans le quatrième papier, l'objectif est d'analyser l'évolution temporelle des préférences en matière d'accessibilité des choix résidentiels. De plus en plus de ménages choisissent d'acheter une résidence en banlieue, profitant ainsi de l'augmentation de l'accessibilité. En opposition, les jeunes ménages, appelés aussi « millennials », choisissent de louer dans les zones centrales. Distinguant les locataires des propriétaires, l'analyse des élasticités de périodes 1999, 2006 et 2013 confirme l'intuition initiale qui est que les locataires sont plus sensibles à l'accessibilité à l'emploi. Plus important encore, la préférence des locataires évolue et croît au cours de la période analysée, alors que celle des propriétaires évolue de façon inverse. Nous suggérons aux planificateurs et aux concepteurs de modèles d'intégrer la dynamique temporelle dans leurs modèles afin d'anticiper au mieux les tendances futures.

**Mots-clés :** Accessibilité / Interaction / Transport-usage du sol / Modèles LUTI / Modèles de choix discrets / Modélisation de localisation / Ménages / Entreprises.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02319761>

**FRANÇOIS Cyrille**

***Évaluation environnementale stratégique de la mobilité quotidienne des personnes d'une aire urbaine : Couplage entre modèle Transport-Urbanisme et Analyse de Cycle de Vie***

Thèse de doctorat en Géographie, Aménagement, Urbanisme, École doctorale de Sciences sociales, < 2019LYSET002 >, préparée sous la direction de N. Gondran (ENMSE) et J.-P. Nicolas (LAET), 451 p. + annexes.

**Date de soutenance :** 02/04/2019

**Résumé :** Cette thèse a pour objectif de développer une méthodologie d'évaluation environnementale de la mobilité quotidienne des personnes en prenant en compte ses dimensions sociales et spatiales mais également technologiques. La circulation des personnes, comme celle des marchandises, s'est énormément développée ces dernières décennies. L'automobile s'est imposée comme le mode de transport dominant, alimentant de nombreuses controverses du fait de son impact sur l'environnement ainsi que sur l'aménagement du territoire, les modes de vie, l'économie. L'évaluation environnementale de la mobilité quotidienne de personnes nécessite donc une approche intégrée représentant le système de transport, mais aussi le système urbain dans lequel elle s'insère. Pour ce faire, cette thèse propose une méthodologie reposant sur deux outils développés dans deux champs disciplinaires distincts, l'aménagement du territoire et les sciences de l'environnement, avec la modélisation des interactions transport-urbanisme et l'Analyse du Cycle de Vie. Couplés, ces outils permettent de représenter l'ensemble des processus technologiques impliqués pour la mobilité quotidienne ainsi que les différentes interactions entre les acteurs et les territoires. Tout au long de cette thèse, le cadre d'évaluation adopté est stratégique, s'intéressant aux mobilités réalisées au sein d'un territoire étendu à travers des indicateurs environnementaux globaux et locaux ainsi qu'aux différentes alternatives envisageables à moyen et long terme. La deuxième partie de la thèse met en œuvre la méthode SIMBAD-ACV, reposant sur le couplage entre un modèle LUTI existant, SIMBAD, et une ACV pour évaluer les impacts environnementaux de la mobilité quotidienne des habitants de l'aire urbaine de Lyon. Cette application a pour but d'illustrer la capacité d'analyse de la méthodologie à travers, d'une part, une approche multicritère et désagrégée au niveau des ménages et des territoires et, d'autre part, en estimant les impacts de scénarios contrastés représentant des alternatives variées. Finalement, grâce à la méthode SIMBAD-ACV, les effets sur les impacts environnementaux associés à la mobilité des paramètres technologiques, de la forme urbaine et des caractéristiques socio-économiques ont pu être comparés et discutés.

**Mots-clés :** Mobilité quotidienne / Modèle Transport-urbanisme / Analyse de cycle de vie

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02141258>

**MANOUT Ouassim**

***Spatial aggregation issues in traffic assignment models***

Thèse de doctorat en Sciences économiques, École doctorale SEG, < 2019LYSE2014 >, préparée sous la direction de P. Bonnel (LAET) et L. Bouzouina (LAET), 200 p. + annexes.

**Date de soutenance : 08/04/2019**

**Résumé :** Les villes sont des systèmes complexes que les modèles urbains peuvent aider à comprendre. Des modèles les plus simplistes aux modèles les plus sophistiqués, la modélisation urbaine a permis de mieux comprendre la question urbaine et ses implications sociétales. Dans ce contexte, les modèles peuvent avoir une valeur-ajoutée appréciable dans le processus de décision publique. Encore faut-il que ces modèles deviennent pratiques et répondent aux contraintes opérationnelles de la chaîne de décision. Dans ce sens, peu de recherches s'est intéressée à la question de praticité des modèles urbains et leur utilisation en situation opérationnelle. À ce jour, les modèles urbains standard qui reposent sur une description agrégée de l'espace sont parmi les approches de modélisation les plus opérationnelles et aussi les plus répandues. De par sa relative praticité, cette approche standard est attractive et simple à mettre en oeuvre. Toutefois, l'agrégation spatiale peut aussi être une source de biais statistiques préjudiciables à la qualité de la modélisation. C'est en particulier, le cas des modèles intégrés Transport-Urbanisme ou des modèles de transport à quatre étapes. La présente thèse a pour objectif d'étudier la question de l'agrégation spatiale dans les modèles transport et plus particulièrement dans les modèles d'affectation des déplacements. Les modèles d'affectation servent à calculer les temps de parcours et les conditions de déplacement sous congestion, présents et futurs, des personnes et des marchandises. Ils servent aussi à calculer les accessibilités nécessaires aux modèles d'usage des sols dont les modèles de choix de localisation des ménages et des entreprises. Toute erreur ou biais dans l'affectation des déplacements peut compromettre la validité et la qualité globales de la modélisation. Dans ce cadre, une attention particulière doit être allouée au problème d'agrégation spatiale dans les modèles d'affectation. Dans ces modèles, l'agrégation spatiale consiste à regrouper les observations individuelles en utilisant une description agrégée de l'espace, i.e. des zones. Par nature, l'utilisation d'une description agrégée à la place d'une représentation continue engendre une omission de l'information et de sa variabilité et donc un biais statistique dans la modélisation. C'est le cas par exemple avec l'utilisation des connecteurs de zones ou avec l'omission des trafics intrazones dans les modèles d'affectation. En reposant sur les zones comme unité spatiale de base, les modèles de transport recourent à l'utilisation des connecteurs de zones pour relier les centroïdes de zones au réseau de transport. Les connecteurs sont des liens fictifs qui modélisent les conditions moyennes d'entrée et de sortie du réseau de transport. Pour ce faire, la majorité des modèles de transport reposent sur une méthode simpliste sujette au problème d'agrégation spatiale. La présente thèse examine en détail l'impact de cette description simpliste sur les résultats et la qualité d'un modèle d'affectation des déplacements en transports en commun. Cette thèse propose aussi une nouvelle méthode de modélisation des connecteurs de zones afin de s'affranchir partiellement du biais d'agrégation spatiale dans la modélisation des conditions d'accès au réseau des transports en commun. L'utilisation des zones comme unité spatiale de base a aussi pour conséquence l'omission des trafics intrazones de l'affectation des déplacements. Les trafics intrazones ont pour origine et pour destination la même zone et de ce fait ne sont pas pris en compte par les modèles standard d'affectation. Cette omission a souvent été ignorée et son impact sur la qualité de la modélisation demeure non évalué. Cette thèse développe une méthode stochastique pour l'évaluation de cet impact...

**Mots-clés :** Biais d'agrégation spatiale / Affectation des déplacements / Modélisation des transports / Connecteurs de zones / Trafics intrazones.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02278052>





Environnement Ville Société

Recherches Interdisciplinaires  
Ville, Espace, Société



**ROY Alex**

***De l'infrapolitique à la révolution démocratique : ethnographie culturelle du mouvement  
ATD Quart Monde***

Thèse de doctorat en Géographie, Aménagement et Urbanisme, École doctorale de Sciences sociales, < 2019LYSE2026 >, préparée sous la direction d'E. Charmes EVS/RIVES) et d'A. Purenne (EVS/RIVES), 600 p.

**Date de soutenance :** 28/05/2019

**Résumé :** Cette thèse de sociologie est une monographie du mouvement ATD Quart Monde. Fondée en 1958 par le prêtre Joseph Wresinski dans un camp de sans-logis, cette association porte la voix politique des « personnes en situation d'extrême pauvreté » en France et dans le monde. C'est à partir d'un travail de mobilisation sur le long terme et d'une stratégie d'émancipation que cette voix émerge au sein de groupes de réflexion. Il s'agit de rendre audible et d'organiser par l'action collective ce que le politiste James Scott appelle le domaine infrapolitique, c'est-à-dire les formes de résistances quotidiennes à la domination qui s'exercent « sous les radars » de la sphère publique. À travers l'ethnographie culturelle de quelques expérimentations démocratiques, ce travail de recherche analyse le processus d'*empowerment* par lequel des acteurs affaiblis socialement se renforcent collectivement par la construction d'un engagement militant. Ces personnes incarnent la possibilité de l'inclusion politique des catégories de population marginalisées. Avec différents mouvements sociaux, ATD Quart Monde façonne ainsi une révolution démocratique et culturelle. Pour ce faire, la méthode participative de l'association consiste à construire des revendications et des alliances par la confrontation du savoir expérientiel des plus pauvres avec d'autres formes de savoirs. Ceci vient approfondir les connaissances du mouvement qui a recours au registre de l'expertise dans son mode d'action. Avec quelques points de comparaison, l'exemple d'ATD Quart Monde permet finalement d'explorer trois dimensions de l'action collective : réflexive, culturelle et délibérative.

**Mots-clés :** Action collective / ATD Quart Monde / Citoyenneté / Démocratie / Démocratie délibérative / Démocratie participative / *Empowerment* / Ethnographie culturelle / Inclusion / Mouvements sociaux / Pauvreté / Sociologie politique.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02305804>

**WAHYUDDIN Yasser**

***L'utopie de la gouvernance en temps réel des villes : "Big data" et nouvelles politiques de l'énergie de la Métropole de Lyon***

Thèse de doctorat en Science politique, École doctorale de Sciences sociales, < 2019LYSE2076 >, préparée sous la direction de F. Bardet (EVS/RIVES), 328 p.

**Date de soutenance :** 08/10/2019

**Résumé :** Le développement contemporain des technologies de l'information et de la communication (NTIC) et des équipements numériques individuels est aujourd'hui à l'origine d'une telle profusion de données – caractérisée par la notion de big data – que les modes de vie et d'organisation des sociétés seraient promis à de profonds bouleversements. Les villes qui contribuent massivement à la production et à l'utilisation des données numériques issues des équipements individuels, sont présentées comme les lieux propices aux changements les plus importants, d'autant plus que les défis auxquels sont confrontés les gestionnaires urbains sont toujours plus ambitieux, l'exigence de la qualité de service allant grandissante en même temps que se raréfient les ressources budgétaires et que croissent les enjeux écologiques ou environnementaux appelant à un « tournant vert » des économies et des programmes d'action publique. De ce point de vue, le développement des NTIC se présente comme l'un des moyens de faire face à ces nouveaux enjeux. Mais comment, concrètement, ces changements vont-ils intervenir ? La question se pose en particulier de la modification des modes de gouvernance des métropoles que les big data pourraient provoquer. C'est à cette étude que se consacre cette recherche. De manière plus précise il se manifeste aujourd'hui beaucoup d'enthousiasme quant aux opportunités créées par les big data pour offrir des outils de gestion des systèmes « en temps réel », en remplacement des modèles anciens bâtis sur des données générées à partir de processus longs : enquêtes, extractions de registres, etc. Mais cette bascule dans la production des données de la modélisation sera-t-elle sans effet sur la nature des réflexions conduites ? Il se pourrait que la structure même des politiques de planification stratégique menées par les acteurs publics comme par les acteurs privés soit modifiée en profondeur. Parmi les activités de planification stratégique, celles concernant le secteur de l'énergie jouent un rôle fondamental pour soutenir les activités socio-économiques. Dans cette perspective, notre projet vise la transformation des modes de gestion urbaine dans le secteur de l'énergie, du fait de l'introduction des big data. Cette recherche est consacrée à l'analyse de l'impact de la mobilisation et de la gestion des big data sur les modes de gouvernance de la métropole de Lyon, en s'appuyant spécifiquement sur la politique de gestion de l'énergie. Une démarche d'entretien semi-directif faite avec les services de la Métropole et avec Smart Electric Lyon (SEL) (projet engagé par le groupe EDF dans l'agglomération), permettra d'alimenter cette recherche.

**Mots-clés :** Gouvernance métropolitaine / *Smart city* / *Big data* / Secteur de l'énergie / Temps réel.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02927777>

# **Thèses soutenues 2020**



Laboratoire  
Génie Civil et Bâtiment





**ANDREANI Anna**

***Conception d'un dispositif de mesure de BSDF pour l'éco-conception de bâtiments***

Thèse de doctorat en Energétique, École doctorale MEGA, < 2020LYSET003 >, préparée sous la direction de R. Labayrade (LGCB).

**Date de soutenance : 07/02/2020**

**Résumé :** Dans un contexte de raréfaction des énergies primaires, il est nécessaire d'œuvrer pour la réduction des consommations énergétiques liées à l'éclairage dans les bâtiments tout en garantissant que les occupants bénéficient d'un bon confort visuel. La simulation physico-réaliste à l'aide de logiciels de simulation de la lumière constitue un outil d'évaluation de diverses variantes d'un bâtiment. Elle peut être mobilisée au sein d'approches d'optimisation multi-critères dans l'optique du déploiement de systèmes d'aide à la décision ayant vocation à identifier les meilleurs compromis possibles entre consommation énergétique et confort des usagers. Dans la mesure où les propriétés optiques des matériaux constitutifs des bâtiments (opaques, transparents, colorés, isotropes, anisotropes et présentant des textures ou des micro-reliefs) constituent une donnée d'entrée des logiciels de simulation de la lumière, leur caractérisation est un préalable essentiel à la mise en œuvre de cette démarche d'éco-conception des bâtiments. Les propriétés optiques des matériaux sont décrites par le formalisme mathématique de la BSDF (Bidirectional Scattering Distribution Function) et peuvent être intégrées dans la plupart des logiciels de simulation de la lumière sous la forme de modèles analytiques ou sous la forme de mesures tabulées. Les modèles analytiques largement utilisés permettent de caractériser des matériaux optiquement simples mais s'étendent difficilement aux matériaux plus complexes. De plus, aucun dispositif ne permet, à ce jour, de caractériser finement, via des mesures tabulées, toute la diversité des matériaux constitutifs du bâtiment en un temps opérationnel. Aussi, ce travail de thèse a pour objectif de concevoir un dispositif de mesure rapide et précis des caractéristiques optiques de matériaux pour la simulation physico-réaliste de bâtiments. Un premier dispositif de mesure a été conçu et a montré la faisabilité de l'exploitation d'un instrument muni de multicateurs comme détecteur. Il a permis d'identifier les écueils à éviter ainsi que les obstacles à contourner pour la conception d'un second dispositif de mesure plus opérationnel, aux capacités accrues. S'appuyant sur un instrument muni de multicateurs et sur un système de positionnement pilotable informatiquement, il permet la mesure des propriétés optiques des matériaux constitutifs du bâtiment dans un contexte opérationnel. Les phases d'acquisition et de traitement des données brutes sont supervisées informatiquement. La durée des mesures se situe entre 5 minutes 40 secondes et 3 heures 2 minutes et 30 secondes. Leur répétabilité moyenne est de 97.88%.

**Mots-clés :** Matériaux / Simulation visuelle réaliste / BSDF / BRDF / BTDF / Réflexion / Transmission / Bâtiments / Eco-conception / Eclairage / Eclairagisme / Spectre / Diffus / Brillant / Mesure des propriétés optiques des matériaux / Eclairage intérieur.

**Thèse confidentielle jusqu'au 07/02/2030.**

**GONG Xin**

***Gestion de patrimoine immobilier et transition numérique : modélisation des flux de données et mesure des impacts du BIM***

Thèse de doctorat en Génie civil, École doctorale MEGA, < 2020LYSET005 >, préparée sous la direction de R. Cantin (LGCB) et de P. Michel (LGCB).

**Date de soutenance : 06/03/2020**

**Résumé :** La phase de gestion exploitation maintenance (GEM) représente 75% du coût total d'un bâtiment sur l'ensemble de son cycle de vie. Si la construction neuve peut aujourd'hui bénéficier de nombreux services issus de la transition numérique et notamment du BIM (Building Information Modeling), l'intégration de tels services dans la GEM reste encore problématique. L'offre d'outils reste en effet encore confidentielle. Il manque encore des retours d'expérience et donc des évaluations objectives. Les outils de mesure des impacts de cette transition numérique sur la GEM ne sont peu voire pas disponibles. De plus, la rupture des flux de données entre phase de conception-construction et GEM gêne la généralisation de cette transition numérique pour les bâtiments existants. Le présent travail de thèse vise à proposer un outil de quantification des effets de l'introduction du BIM dans la stratégie patrimoniale des gestionnaires de parcs immobiliers, à partir de la modélisation des flux de données selon le cycle de développement en V. Les besoins des gestionnaires ont tout d'abord été identifiés et formalisés à partir de situations réelles ; les informations nécessaires à la modélisation ont été obtenues à partir de collectes de données, d'entretiens et d'observations in situ. La structure et le fonctionnement des gestionnaires ont ensuite été traduits dans une modélisation schématique ordonnant les activités de gestion de patrimoine immobilier, les relations fonctionnelles entre entités, les processus de travail. Cette structuration a conduit à la construction d'une métrique multicritère à partir de la définition de KPI (Key Performance Indicator), en exploitant trois indices d'importance, de compétence et de performance. Le modèle MIB (Mesure des Impacts du BIM) ainsi obtenu exploite les données issues de deux situations réelles pour en établir le diagnostic actuel et évaluer les impacts de la transition numérique. Suite aux impacts estimés, les solutions d'optimisation sont identifiées pour guider les gestionnaires dans leur stratégie de transition.

**Mots-clés :** BIM / Gestion de patrimoine immobilier / Gestion exploitation maintenance / Cycle de vie du bâtiment / Mesure des impacts / Analyse de décision multicritère / KPI / Workflows / Modélisation des données du bâtiment / Bâtiments existants / Industrie-Informatique.

**Thèse confidentielle jusqu'au 06/03/2023.**

**IODICE Matthieu**

***Méthodes de caractérisation psychophysique et physiologique de l'éblouissement d'inconfort en éclairage artificiel intérieur. Étude de l'influence du contenu spectral des sources lumineuses***

Thèse de doctorat en Energétique, École doctorale MEGA, < 2020LYSET007 >, préparée sous la direction de D. Dumortier (LGCB) et S. Jost (LGCB), 239 p. + annexes.

**Date de soutenance : 25/06/2020**

**Résumé :** Ce travail de thèse s'intéresse à l'éblouissement d'inconfort causé par les sources lumineuses en éclairage intérieur et se base sur l'étude de deux problématiques. La première porte sur la pertinence de différentes méthodes expérimentales à caractériser ce phénomène perceptif. La seconde s'intéresse à l'influence de la distribution spectrale de la source éblouissante. Un dispositif expérimental a été mis en place pour présenter des stimuli éblouissants dans des conditions inspirées de celles de l'éclairage intérieur (salle de taille réelle, conditions photopiques de l'ordre de  $20 \text{ cd/m}^2$ , source éblouissante positionnée à  $20^\circ$  du centre du champ visuel avec une luminance de l'ordre de  $150000 \text{ cd/m}^2$ ). Deux expérimentations préliminaires et trois expérimentations principales ont été menées. Les deux expérimentations préliminaires ont validé la pertinence des problématiques. A la suite d'une synthèse sur les méthodes psychophysiques et physiologiques présentes dans la littérature, onze méthodes ont été retenues : sept procédures psychophysiques (notation sur une échelle, méthode des stimuli constants, méthode des limites, ajustement, comparaison par paires, égalisation et estimation de magnitude) et quatre outils de mesure physiologique (pupillométrie, électromyographie EMG, électroencéphalographie EEG et électrocardiographie ECG). Ces procédures et ces outils ont été étudiés dans deux expérimentations. L'expérimentation sur les méthodes psychophysiques s'est intéressée à observer la significativité des biais expérimentaux et la répétabilité des procédures utilisées. Celle-ci a mis en évidence l'importance de considérer les biais expérimentaux lors de l'élaboration d'un protocole et de l'analyse des données récoltées. De plus, certaines méthodes permettaient d'augmenter la discrimination entre les stimuli. Selon les critères de répétabilité, de biais expérimentaux, de difficulté et de durée, trois méthodes psychophysiques d'évaluation de l'éblouissement d'inconfort ont été retenues (méthode des stimuli constants, comparaison par paires et estimation de magnitude). L'expérimentation sur les outils de mesure physiologique était plus exploratoire que l'expérimentation sur les procédures psychophysiques. En effet, l'analyse des données a reposé sur une observation qualitative pour chaque participant. Elle se basait sur la comparaison des signaux mesurés en présence de stimuli éblouissants ou en leur absence. Un traitement des données EEG/EMG et une représentation graphique fréquentielle et temporelle de ces données ont notamment été développés pour l'analyse. Aucune différence significative entre les situations éblouissantes et non-éblouissantes n'a été relevée. Cependant certaines mesures témoignaient d'une influence de l'augmentation de luminosité dans l'ensemble du champ visuel : il semble que ces mesures physiologiques ne soient pas pertinentes pour des conditions d'éclairage intérieur, mais qu'elles le soient pour d'autres conditions d'éblouissement plus extrêmes (sources présentées dans l'obscurité, luminance de l'ensemble du champ visuel très élevée). L'influence du paramètre spectral sur l'éblouissement d'inconfort a été ensuite étudiée en utilisant les trois méthodes psychophysiques sélectionnées. La validation d'une influence du contenu spectral pour des stimuli blancs a été démontrée. Elle implique les cellules ganglionnaires rétiniennes intrinsèquement photosensibles (CGRips). De plus, l'implication de ces cellules serait prépondérante à l'influence de la température de couleur proximale et, à même niveau d'excitation des CGRips, l'éblouissement d'inconfort augmente avec la température de couleur (conclusions démontrées par certaines procédures).

**Mots-clés :** Eblouissement d'inconfort / Méthodologie / Procédure psychophysique / Mesure physiologique / Distribution spectrale / Cellules Ganglionnaires Rétiniennes intrinsèquement photosensibles (CGRips)

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-03068242>



Laboratoire de Tribologie  
et  
Dynamique des Systèmes



**ARRAIS FREIRE Reuber**

***Utilisation de géogrilles en fibre de verre pour le renforcement des couches d'enrobé bitumineux***

Thèse de doctorat en Génie civil, École doctorale MEGA, < 2020LYSET009 >, préparée sous la direction d'H. Di Benedetto (LTDS) et de C. Sauzéat (LTDS), 290 p.

**Date de soutenance :** 29/06/2020

**Résumé :** Cette thèse de doctorat a été développée au Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes (LTDS) de l'École Nationale des Travaux Publics de l'Etat (ENTPE), France. Il faisait partie d'un partenariat entre les sociétés françaises Afiteixinov et EIFFAGE. Il a également bénéficié du soutien du programme brésilien de science sans frontières du CNPq. L'objectif de cette étude est de contribuer au développement de nouveaux géosynthétiques structurés pour le renforcement des couches bitumineuses des chaussées, ainsi que de méthodes de dimensionnement transférables vers l'ingénierie. En plus de fournir des informations utiles qui pourraient permettre la proposition d'une nouvelle méthode de conception pour les structures de chaussées renforcées. À cette fin, cinq complexes ont été conçues, quatre à deux couches et une entière, contenant le même type d'enrobé bitumineux quelle que soit la configuration. À partir des plaques à deux couches, trois ont été renforcées par la combinaison de deux géogrilles en fibre de verre (résistance à la traction maximale de 50 et 100 kN/m) avec deux émulsions comme couche d'accrochage (bitume pure et modifié par SBS). La première campagne expérimentale a porté sur la caractérisation du comportement des éprouvettes cylindriques renforcées par géogrille en fibre de verre dans le domaine de petites déformations à l'aide de essais cycliques de traction-compression. Une nouvelle méthode d'analyse d'interface a été proposée pour les essais de module complexes sur les échantillons renforcés par géogrille. D'après les résultats des tests, le comportement d'interface obtenu était viscoélastique linéaire (VEL) et il pourrait être modélisé par le modèle 2S2PD. La deuxième campagne expérimentale a porté sur la caractérisation à la charge de traction axiale monotone. Trois températures ont été combinées avec deux vitesses de déformation pour la caractérisation. Les résultats ont montré que la géogrille n'était pas très mobilisée, peut-être à cause du glissement de l'interface. La troisième campagne expérimentale concernait la caractérisation à la fatigue. Des essais de traction-compression sinusoïdale à 10°C, 10 Hz et à déformation contrôlée à différentes amplitudes ont été effectués. Les différents complexes présentaient une sensibilité distincte à la variation d'amplitude de déformation des courbes de Wöhler. Pour la méthode de dimensionnement française des chaussées, selon le paramètre  $\epsilon_6$  obtenu dans ce travail, l'effet de renforcement de la géogrille était négligeable. La quatrième campagne expérimentale a porté sur la caractérisation sur la résistance à la propagation des fissures. L'essai four-point bending notched fracture (FPBNF) a été réalisé sur les échantillons en forme de poutre. Un dispositif de corrélation d'image numérique 3D a été utilisé pour calculer le champ de déformation pendant la propagation de la fissure ainsi que sa hauteur. Un plateau de force, proportionnel à la résistance maximale à la traction de la géogrille, a été observé dans les résultats pour les échantillons renforcés grâce à la mobilisation de la géogrille lors de l'essai.

**Mots-clés :** Enrobé bitumineux / Géogrille en fibre de verre / Module complexe / Traction / Fatigue / Propagation de fissure.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-03249370>

**ATTIA Thomas**

***Interfaces between pavement layers in bituminous mixtures***

Thèse de doctorat en Génie civil, École doctorale MEGA, < 2020LYSET001 >, préparée sous la direction d'H. Di Benedetto (LTDS) et de C. Sauzéat (LTDS), 197 p. + annexes.

**Date de soutenance :** 21/01/2020

**Résumé :** Afin que les structures de chaussée présentent une bonne résistance mécanique, les couches qui les composent sont liées entre elles à l'aide de « couches d'accrochage ». Un nouvel appareil, nommé 2T3C (Torsion-Traction-Compression sur Cylindre Creux), a été conçu dans cette thèse pour caractériser le comportement thermomécanique des interfaces entre couches de chaussées en enrobé bitumineux. La Corrélation d'Images Numériques en trois dimensions (CIN 3D) a notamment été utilisée pour trouver les sauts de déplacement au niveau de l'interface. Le comportement de différentes configurations d'interfaces a été étudié dans le domaine des petites déformations, pour lequel un nouveau modèle a été introduit pour les décrire, et dans le domaine des grandes déformations à l'aide d'essais de rupture monotone en cisaillement.

**Mots-clés :** Rupture / Petites déformations / Résultats expérimentaux / CIN 3D / Matériaux bitumineux / Interfaces / Structures de chaussée

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02860819>



**BAILLY MELOIS Adeline**

***Impact of the wind during a building airleakage measurement***

Thèse de doctorat en Energétique, École doctorale MEGA, < 2020LYSET017 >, préparée sous la direction de M. El Mankibi (LTDS) et F. R. Carrié (ICEE), 166 p. + annexes.

**Date de soutenance :** 11/12/2021

**Résumé :** To reach the nearly zero energy building level for new buildings, minimizing and controlling envelope airleakage has become one of the major levers to reduce the energy use in buildings. It is then crucial to perform reliable building airtightness measurements. Nevertheless, windy conditions during fan pressurization tests, which is the most commonly used test method and is described by the standard ISO9972, may strongly impact the test results and then lead to significant errors. As these errors are yet not well qualified and quantified, this thesis aims at characterizing the error induced by a steady wind during building airleakage measurements through laboratory experiments on a reduced model in a wind tunnel. The analysis of 219,000 onsite tests performed on French buildings leads to the identification of factors that can significantly impact the envelope airtightness, such as the nature of the main construction material, the technique of thermal insulation, and the ventilation system, and levers to improve the practices of stakeholders and testers. Whereas many fields are included in the national database, we have very poor information regarding the uncertainty of the measurement results and thus their reliability. Our evaluation of the current knowledge regarding airtightness test uncertainty shows that several sources of error lie in the measurement itself whereas numerous sources are linked to the flow model. As no holistic approach proposes a global qualification and quantification of these errors, there remains a considerable need for research to assess the uncertainty of a test, including exploratory theoretical and experimental work. Thus, we designed and constructed an experimental facility to reproduce pressurization tests on a reduced scale during steady wind conditions, under laboratory-controlled conditions. We first present the physical model of a test we developed to conduct a dimensional analysis, leading to the definition of similarity conditions between reduced scale and full scale. Secondly, we present the design characteristic of our facility that includes a model of a simplified single-zone house with two leaks (scale 1/25th), a pressurization device with an airflow controller, and a 4.11 m long wind tunnel. We then analyze 96 pressurization tests we performed according to ISO 9972 on our facility, which include 864 measurements under steady conditions: for nine configurations of leakage distribution of our model and under eight different wind speeds (from 0 to 7 m s<sup>-1</sup>). We observed that the variation of the zero-flow pressure difference induced by strong winds depends on the leakage distribution: from 1 Pa to more than 16 Pa, which indicates that the zero-flow pressure difference is not always a relevant indicator of the windy conditions. The error due to wind we evaluated for these strong wind speeds depends on the leakage distribution, especially for the 4 Pa indicator q<sub>4</sub>, with a maximal error varying from 2% (leaks equally distributed) to 35% (60% of the leakage on the windward facade). We tested alternative analysis methods that yet did not provide more reliable results. Nevertheless, many other analysis methods should be tested from these experimental data, and many new data should be obtained using this experimental facility, leading hopefully to more reliable protocols for building airtightness tests.

**Mots-clés** (proposés par l'auteur du catalogue) : Norme internationale ISO 9972 / Enveloppe de bâtiment / Etanchéité à l'air / Mesure expérimentale / Impact du vent.

**Consultable sur :** -

**DINH Hai Nam**

**Comportement dynamique de bâtiments : réduction de modèles et impact de l'ajout d'amortisseurs linéaires visqueux**

Thèse de doctorat en Génie civil, École doctorale MEGA, < 2020LYSET014 >, préparée sous la direction de C. Boutin (LTDS) et de S. Hans (LTDS), 174 p.

**Date de soutenance :** 06/11/2020

**Résumé :** Ce travail de thèse a pour cadre général l'étude du comportement dynamique des bâtiments modernes de moyenne à grande hauteur à structure verticale répétitive. Les développements théoriques sont basés sur la méthode d'homogénéisation des milieux périodiques discrets. Deux objectifs ont été poursuivis : le premier vise la mise en place d'une méthode pratique d'estimation du comportement dynamique de bâtiments réels à l'aide de modèles de poutres généralisés issus d'une étude par homogénéisation, le second objectif a consisté à intégrer dans ces modèles l'effet de l'ajout d'amortisseurs visqueux. Les applications de ce travail concernent la compréhension du fonctionnement dynamique des bâtiments pour la conception parasismique des structures neuves ou l'évaluation et le rétrofit des structures existantes, mais également la conception des systèmes dissipateurs pour l'amélioration de leur résistance. La première partie de ce travail s'est d'abord attachée à exposer le cadre théorique permettant la construction de deux modèles de poutre générique qui sont généralisés par homogénéisation périodique discrète, puis à en décrire le fonctionnement. [...] La seconde partie reprend l'étude théorique par homogénéisation de bâtiments idéalisés en considérant l'ajout de systèmes amortisseurs visqueux linéaires. Les structures considérées sont des poutres 1D discrètes constituées par l'empilement de portiques simples avec des amortisseurs disposés sur les deux diagonales. L'étude exhaustive permet de déterminer que cet ajout ne modifie que le paramètre de cisaillement des modèles de poutres génériques. Une étude d'impact, fonction du niveau d'amortissement des systèmes adjoints, permet (1) de comprendre si et comment le comportement d'ensemble est modifié et (2) d'estimer l'apport effectif de ces systèmes sur l'amortissement global en lien avec le fonctionnement effectif de la structure. En particulier, il est montré qu'un fonctionnement de flexion globale (initial ou modifié) rend inopérants ces systèmes dans la configuration diagonale. Les approches développées dans cette thèse permettent d'apporter un cadre explicatif sur le comportement dynamique des bâtiments réels et sur l'effet de systèmes amortisseurs visqueux linéaires sur celui-ci, mais aussi des méthodes de calcul complémentaires aux techniques actuelles comme le calcul par Eléments Finis. Dans le cas de bâtiments de grande hauteur, elles pourraient s'avérer très utiles, car contrairement à ce dernier, leur marge d'erreur se réduit avec la taille croissante du système étudié.

**Mots-clés :** Bâtiment / Dynamique / Poutre générique / Homogénéisation périodique / Amortisseur visqueux linéaire.

**Consultable sur :** -

**GUILLOT Vinciane**

***Conception multi-échelle de structures électro-mécaniques non linéaires pour le contrôle et la maîtrise des transferts d'énergie***

Thèse de doctorat en Génie civil, École doctorale MEGA, < 2020LYSET018 >, préparée sous la direction de C.-H. Lamarque (LTDS) et de A. Ture Savadkoochi (LTDS), 224 p.

**Date de soutenance :** 14/12/2020

**Résumé :** Les travaux sur les matériaux piézoélectriques (qui peuvent transformer l'énergie électrique en énergie mécanique et inversement) utilisés afin de contrôler ou récupérer l'énergie de structures principales, sont nombreux. Dans un premier temps, on a supposé qu'ils ne possédaient qu'un comportement linéaire, avant que la prise en compte de leur non linéarité émerge. Des circuits classiques linéaires ont été optimisés pour le contrôle vibratoire et la récupération d'énergie, mais dans les dernières décennies, des circuits non linéaires ont démontré leur efficacité supérieure. Ce travail a pour objectif l'écriture d'un modèle qui permette la conception d'un système électromécanique non linéaire pour l'atténuation des vibrations ou la récupération d'énergie. Premièrement, je me suis attachée à obtenir les équations dynamiques non linéaires du système composé d'une poutre cantilever avec des matériaux piézoélectriques collés dessus. Dans ces équations, on prend en compte les non linéarités géométriques de la poutre, mais aussi les non linéarités matérielles des patches piézoélectriques. Une analyse modale est effectuée pour identifier les pulsations propres et les déformées modales de la structure. Des résultats analytico-numériques mettent en évidence la possibilité de créer des résonances internes entre les modes propres de la structure via le positionnement des matériaux sur celle-ci. Une analyse par la méthode des échelles multiples sur des modèles réduits permet de montrer les échanges d'énergie possibles entre les modes concernés par ces résonances internes. Puis des résultats expérimentaux sont présentés. Ces derniers viennent valider les développements analytiques tels que la création de résonances internes, la modification des déflexions modales, le comportement non linéaire de la structure et les échanges d'énergie lorsqu'il existe une résonance 1 : 3 entre deux modes propres. Finalement, une étude analytique est menée sur une poutre avec un patch piézoélectrique qui est relié à un circuit électrique non linéaire comportant un terme cubique. Deux systèmes sont étudiés : l'un où la structure ne présente pas de résonances internes, et l'autre lorsqu'il existe une résonance 1 : 3. Des méthodes analytiques effectuées sur les modèles réduits, permettent d'analyser les réponses du système à différentes échelles de temps, et d'identifier les régimes périodiques, quasi-périodiques et chaotiques. On examine alors les effets des différents composants électriques sur la réponse de la structure et on montre comment ils peuvent être choisis pour obtenir les comportements souhaités pour le système. Il est démontré que le circuit non linéaire change la nature des échanges d'énergie des modes résonants. Il peut même équilibrer leurs énergies, d'où des applications pour le contrôle ou la récupération d'énergie. Une comparaison avec un absorbeur linéaire est présentée pour confirmer les performances d'un potentiel absorbeur non linéaire.

**Mots-clés :** Contrôle vibratoire / Récupération d'énergie / Matériaux piézoélectriques / Echelles multiples / Complexification / Résonance interne / Dynamique non linéaire.

**Consultable sur :** -

**OROZCO Gabriel**

***Relationship between the thermomechanical performances of bituminous binders and mixtures with focus on bitumen-aggregate adhesion***

Thèse de doctorat en Génie civil, École doctorale MEGA, < 2020LYSET013 >, préparée sous la direction d'H. Di Benedetto (LTDS) et C. Sauzéat (LTDS), 241 p.

**Date de soutenance :** 23/10/2020

**Résumé** (extrait de l'introduction, p. 15): Bituminous mixture is the most popular material to build the surface course, and very often the base course of pavement structures in industrialised countries. The bearing capacity and the durability of the pavement structures comes down to the strong binding capacity of the bituminous binder to hold the aggregate skeleton together. An important part of paving technologists' work is the laboratory characterisation of the bituminous mixtures to ensure *in-situ* good performances and cost-effective pavement design. [...]

This thesis problematic was to identify the determining factors of three of the most important thermomechanical properties of mixtures: the linear viscoelastic (LVE) behaviour, the resistance to fatigue and in a less important manner the water sensitivity. Two main objectives were established. First Objective: Understand the influence of binder and aggregate properties on mixtures. In that scope, the relationship between the thermomechanical performances of mixtures and of their constituent bitumen, studied with classical and advanced tests, constituted the main focus of this study. Second Objective: Develop experimental techniques to characterise the binder-aggregate interface, and ultimately evaluate its role on the thermomechanical performances of the bituminous mixtures.

**Mots-clés** (proposés par l'auteur du catalogue) : Bituminous mixture / Linear viscoelastic behaviour / Resistance to fatigue / Water sensitivity.

**Consultable sur :** -

**PYSKIR Adrien**

***Application de métamatériaux aux problématiques vibroacoustiques automobiles***

Thèse de doctorat en Génie mécanique, École doctorale MEGA, < 2020LYSEC11 >, préparée sous la direction de M. Collet (ECL) et de C.-H. Lamarque (LTDS).

**Date de soutenance : 04/03/2020**

**Résumé :** Les métamatériaux sont des matériaux architecturés de telle sorte qu'ils présentent des propriétés exotiques, issues non pas du matériau constitutif, mais de leur structure interne. Bien qu'ayant été étudiés depuis une vingtaine d'années, peu d'applications réelles ont été recensées, notamment dans le domaine industriel. Cette thèse est consacrée aux métamatériaux élastiques susceptibles de réduire les vibrations dans les véhicules automobiles. En effet, une meilleure isolation des principales sources vibratoires permettrait l'amélioration du confort vibratoire et la durée de vie des pièces mécaniques. Les résultats de calculs numériques et essais expérimentaux montrent que les métamatériaux peuvent satisfaire des contraintes contradictoires, et représentent donc des candidats intéressants pour la réalisation d'innovations industrielles. Ce type de solutions étant fondamentalement différent des systèmes d'isolation actuels, le premier chapitre dresse un état de l'art des métamatériaux, afin d'en comprendre les mécanismes et les méthodes numériques permettant d'en calculer les performances. Le deuxième chapitre aborde les techniques de caractérisation des matériaux employées pendant cette thèse. Les essais mécaniques ainsi que les résultats permettent de définir les modèles matériaux utilisés par la suite. Dans le troisième chapitre, des calculs numériques appliqués à différentes architectures aident à mieux comprendre certains mécanismes des métamatériaux et à choisir le meilleur candidat vis-à-vis des propriétés ciblées. Celui-ci est approfondi dans le quatrième chapitre, à travers des études paramétriques statiques et dynamiques. Des propositions d'améliorations géométriques sont proposées, y compris un métamatériau hybride aux propriétés supérieures. Afin de vérifier les résultats expérimentaux et d'acquérir une meilleure compréhension des mécanismes sous-jacents, le cinquième chapitre aborde finalement les essais expérimentaux effectués, l'analyse de leurs résultats, et leur confrontation avec les résultats numériques.

**Mots-clés :** Vibroacoustique / Métamatériaux / Isolation vibratoire / Matériaux auxétiques / Mécanique non-linéaire / Bandes interdites / Flambage / Métamatériaux / Vibrations.

**Thèse confidentielle jusqu'au 04/03/2023.**

**REMION Gabriel**

***Mesure in-situ des performances aérauliques d'un système de ventilation naturelle par conduit***

Thèse de doctorat en Thermique et énergétique, École doctorale MEGA, < 2020LYSET019 >, préparée sous la direction de M. El Mankibi (LTDS) et B. Moujalled (CEREMA Centre-Est).

**Date de soutenance : 18/12/2020**

**Thèse confidentielle jusqu'au 18/12/2022.**

**ROUSSEL Jean-Marie**

***Apport de la viscoélasticité dans l'analyse dynamique des essais au Heavy Weight Deflectometer***

Thèse de doctorat en Génie civil, École doctorale MEGA, < 2020LYSET015 >, préparée sous la direction d'H. Di Benedetto (LTDS) et de C. Sauzéat (LTDS), 247 p. + annexes.

**Date de soutenance :** 16/11/2020

**Résumé :** Le Heavy ou Falling Weight Deflectometer (F/HWD), est un appareil d'auscultation non destructive des chaussées basé sur la mesure de la déflexion engendrée par un chargement impulsionnel. Les essais F/HWD sont généralement exploités par des méthodes d'analyse inverse, dont le but est de déterminer les propriétés mécaniques des couches de chaussée. Ces méthodes consistent en la recherche du jeu de propriétés mécaniques pour lequel les déflexions calculées à l'aide de modèles numériques sont comparables aux déflexions mesurées in situ. Malgré son utilisation très répandue sur chaussées routières et aéroportuaires, il s'avère que les données de cet essai sont souvent interprétées dans un cadre d'hypothèses discutables car la méthode élastostatique couramment utilisée ne prend pas en compte les effets dynamiques et limite le comportement des matériaux bitumineux à l'élasticité linéaire. Ce travail, dans le cadre d'une coopération entre le Service Technique de l'Aviation Civile (STAC) et le Laboratoire de Tribologie et de Dynamique des Systèmes (LTDS) a pour objectif principal d'étudier les méthodes d'analyse de l'essai F/HWD en incluant les effets dynamiques et les propriétés viscoélastiques linéaires des matériaux bitumineux. Au cours des travaux entrepris, le fonctionnement de l'appareil F/HWD a été analysé grâce à des systèmes d'instrumentation externes. Puis deux méthodes de simulation de l'essai F/HWD ont été développées : la Méthode des Éléments Finis dans le domaine temporel et la Méthode des Éléments Spectraux dans le domaine fréquentiel. Ces deux outils permettent le calcul de la réponse d'une chaussée sous un chargement impulsionnel de type F/HWD selon plusieurs hypothèses d'équilibre (quasi-statique et dynamique) et de comportement des matériaux bitumineux (élastique linéaire et viscoélastique linéaire). Enfin, une méthode d'analyse inverse viscoélastique dynamique est proposée. Après avoir été vérifiée et évaluée, elle est appliquée à des essais HWD réalisés sur la planche expérimentale du STAC à différentes températures entre 0°C et 30°C. Les propriétés viscoélastiques linéaires déduites des essais HWD sont également comparées aux résultats d'essais de module complexe sur les matériaux de la même planche réalisés au laboratoire de l'ENTPE.

**Mots-clés :** Heavy ou Falling Weight Deflectometer / Viscoélasticité linéaire / Effets dynamiques / Auscultation non destructive des chaussées / Gestion de patrimoine.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-03232608>

**TRAN Duc Thang**

***Endommagement des enrobés bitumineux soumis à des cycles de gel/dégel***

Thèse de doctorat en Génie civil, École doctorale MEGA, < 2020LYSET011 >, préparée sous la direction d'H. Di Benedetto (LTDS) et de C. Sauzéat (LTDS), 211 p. + annexes.

**Date de soutenance :** 01/10/2020

**Résumé :** Cette thèse s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre l'École Nationale des Travaux Publics de l'État (ENTPE) et l'entreprise EUROVIA au sein du projet national DVDC. Elle contribue aux travaux du sous-thème 1.5, sur les dégradations hivernales, du thème 1 du projet national sur les mécanismes de dégradation des chaussées. Elle s'intéresse à l'endommagement des enrobés bitumineux à l'eau et au gel. Une étude bibliographique sur l'endommagement des enrobés bitumineux à l'eau et au gel a d'abord été réalisée. Après cette étude, deux campagnes expérimentales ont été proposées puis réalisées : une campagne principale et une campagne complémentaire. La campagne complémentaire étudie les évolutions des éprouvettes cylindriques lors des phases de conditionnement avec la saturation en eau, les cycles de gel/dégel et le séchage des éprouvettes sous vide. La campagne principale étudie les effets de la *saturation en eau, de cycles de gel/dégel (cycle Freezing/Thaw - FT), de cycles avec réchauffement (cycle Heating/Freezing-HF et cycle Heating /Cooling- HC)* sur les matériaux bitumineux non-vieilli et vieilli, dans des domaines de comportement différents. Elle se concentre sur trois grands domaines de comportement : le comportement viscoélastique, le comportement à la fatigue et le couplage thermomécanique. Pour le comportement viscoélastique linéaire (VEL), les éprouvettes soumises à des conditionnements différents ont été étudiées à l'aide de l'essai de module complexe. Le comportement VEL du matériau étudié a été ensuite simulé à l'aide du modèle 2S2P1D (2 Springs, 2 Parabolic elements, 1 Dashpot) développé à l'ENTPE. Le comportement à la fatigue des enrobés bitumineux soumis à 50 cycles FT et à la saturation en eau a été étudié. L'essai de traction-compression en déformation à température contrôlée et à fréquence donnée a été utilisé. Les effets des cycles de gel/dégel et de l'eau ont été analysés en traçant des courbes de fatigue de Wöhler. Un modèle a été proposé pour décrire l'endommagement à la fatigue. Dans le domaine de comportement à basse température, les éprouvettes ont été étudiées à l'aide de l'essai de retrait thermique empêché (TSRST) et de l'essai de retrait thermique libre (TUST). Des analyses ont été réalisées sur la température, la contrainte et aussi la déformation radiale à la rupture. Les résultats obtenus montrent des effets non-significatifs des cycles de gel/dégel et de l'eau sur les enrobés bitumineux pour les domaines étudiés, surtout pour des sollicitations à faible déformation (moins de 120µm/m) et à température positive. Cependant, l'effet de l'eau devient dominant et significatif à basse température, en particulier dans l'essai TSRST. Pour un conditionnement avec des cycles intégrant une période de réchauffement (type HF et HC, où la température atteint 50°C), un vieillissement du bitume a été mis en évidence à l'aide des courbes du module complexe normalisé.

**Mots-clés :** Enrobé bitumineux / Eau / Gel-dégel / Réchauffement-gel / Réchauffement-refroidissement / Module complexe / Fatigue / TSRST.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-03250064>



Laboratoire  
Transports et Environnement



**MARTINET Simon**

***Estimation in-situ des facteurs d'émission des polluants du trafic routier. Infrastructures de transport***

Thèse de doctorat en Sciences de l'Environnement, École doctorale MEGA, < 2020LYSET006 >, préparée sous la direction de M. André (LTE/UGE), 86 p.

**Date de soutenance :** 22/06/2020

**Résumé :** La pollution atmosphérique en milieu urbain est un enjeu majeur pour la santé humaine et l'environnement. Le trafic routier représente la principale source de pollution dans les zones urbaines et contribue fortement à cette pollution atmosphérique dans ces zones malgré des améliorations de technologies de dépollution et de motorisations. Pour mesurer et approfondir les connaissances des émissions de polluants des véhicules routiers, différentes méthodes existent, avec chacune ses avantages et ses limites. Par exemple, les mesures sur un banc d'essai permettent d'étudier les émissions des véhicules selon leur technologie et avec une bonne reproductibilité des conditions de test. Cependant, cette approche reste limitée notamment pour la représentativité des émissions d'un parc de véhicules dans des conditions réelles de fonctionnement. La connaissance limitée des émissions des polluants non-réglés, tels que les BTEX, les alcanes de C9 à C22, les composés carbonylés, les particules en nombre et le carbone suie qui ont des effets néfastes sur la santé et l'environnement et qui sont rarement mesurés en raison de la complexité de la métrologie, constitue un second axe d'approfondissement des émissions du trafic. L'objectif de ce travail est d'estimer in-situ des facteurs d'émission des polluants non-réglés du trafic routier, dans des conditions réelles de circulation des véhicules et pour des parcs dont la composition est caractérisée avec précision. Dans ce but, les travaux de cette thèse ont permis de développer et de mettre en œuvre des méthodologies de mesure in-situ, en zone urbaine, des émissions de polluants non-réglés du trafic routier, d'estimer des facteurs d'émission à partir des mesures effectuées sur différents sites (site ouvert en bord de route et site confiné). Ces facteurs d'émission sont établis pour des polluants non-réglés, et pour un parc automobile réel précisément défini (connaissance détaillée de la composition du parc automobile en circulation et des conditions locales de circulation). Les facteurs d'émission ainsi déterminés in-situ sont comparés avec ceux dérivés des mesures sur banc à rouleau afin d'en vérifier la cohérence et analyser en fonction des différents sites de mesure et de l'impact de la composition du parc sur les émissions de polluants. Trois campagnes de mesure in-situ ont été menées, deux en bord de route dans des zones urbaines (sites ouverts) et une dans un tunnel proche d'une zone urbaine (site confiné). Les concentrations des polluants ciblés mesurées sur ces trois sites, ainsi que les différentes compositions de parc et les conditions de circulation relevées ont été utilisées pour estimer des facteurs d'émission par véhicule ou pour l'ensemble d'un parc.

**Mots-clés :** Mesures in-situ / Compositions des parcs roulants / Facteurs d'émission / Polluants non réglementés.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-03058446>



Laboratoire d'Ingénierie  
Circulation Transports



**ALISOLTANI DEHKORDI Negin**

***Méthodes d'optimisation basée sur la simulation pour le covoiturage dynamique***

Thèse de doctorat en Génie civil, École doctorale MEGA, < 2020LYSET012 >, préparée sous la direction de L. Leclercq (LICIT/UGE) et de M. Zargayouna (LICIT/ UGE), 165 p. + annexes.

**Date de soutenance :** 02/10/2020

**Résumé :** The main goal of this dissertation is to answer one of the critical questions about dynamic ride-sharing services: Can dynamic ride-sharing reduce congestion? In this thesis, we propose a simulation-based optimization framework for dynamic ridesharing. Then using this framework, we assess the dynamic ride-sharing impact on two different network scales to find the answer to this question. When assessing the dynamic ride-sharing problem, two important points should be considered. First, how the ridesharing system serves the network demand and second, how the ride-sharing system is impacted by the network and in particular by congestion. Then we can assess the impact of such a service on the network. Most of the existing approaches focus on the first point, i.e., designing the demand matching while using basic assumptions for the second point, mainly constant travel times. The proposed method in this thesis can outperform the existing methods in the literature. The optimization algorithm can provide high-quality solutions in a short time. Our solution approach is designed to be exact for small samples. Then, to be able to handle the large-scale problems, it is extended with several heuristics that keep the general design for the solution method but significantly reduce its computation time. In the simulation component, a "Plant Model" is applied based on the "Trip-based Macroscopic Fundamental Diagram (MFD)" to represent the traffic dynamics reality and a "Prediction Model" is applied based on the mean-speed to be used during the assignment process. We perform an extensive simulation study (based on real-world traffic patterns) to assess the influence of dynamic ride-sharing systems on traffic congestion. In the medium-scale (Lyon 6 + Villeurbanne), the results showed that ride-sharing could not significantly improve the traffic situation. High levels of market-share add additional travel distance and travel time to the trips and lead to more traffic in the network. In large cities, the results are entirely different from those in small and medium-sized cities. In large-scale (Lyon city in France) simulations, the proposed dynamic ride-sharing system can significantly improve traffic conditions, especially during peak hours. Increasing the market-share and the number of sharing can enhance this improvement. Therefore, the proposed dynamic ride-sharing system is a viable option, alleviating stress on existing public transport, to reduce the network traffic in populated and large-scale cities.

**Mots-clés :** Circulation routière / Trafic routier / Congestion du trafic / Simulation / Mobilité / Covoiturage / Réseau routier / Durée du trajet / Modélisation / Heuristique / Modèle macroscopique / Réseau urbain / Heure de pointe / Lyon.

Consultable sur : <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-03019291>

**CORNET Sélim**

***Formalisation et résolution du problème de construction de grilles horaires robustes pour les réseaux ferrés denses***

Thèse de doctorat en Informatique, École doctorale Sciences pour l'Ingénieur, < 109084 >, préparée sous la direction de J. Rodriguez (EDP SPI Lille) et de C. Buisson (LICIT/ENTPE), 139 p.

**Date de soutenance :** 02/10/2020

**Résumé :** La concentration de l'activité économique autour des grandes villes y entraîne une augmentation régulière de la demande en transport. Afin de répondre à cette demande, les entreprises de transports en commun tentent de proposer une offre adéquate, mais celles-ci sont contraintes par la saturation progressive des infrastructures. Dans le cas du transport ferroviaire, l'accroissement du nombre de voyageurs et de trains en circulation a pour conséquence une augmentation du nombre de perturbations au cours de l'exploitation, ainsi que de leur tendance à se propager et à s'amplifier. Il en résulte une qualité de service dégradée pour les usagers et des pénalités financières pour les opérateurs. Deux leviers peuvent être actionnés pour atténuer les conséquences de ces perturbations : l'application de mesures de régulation pendant la phase opérationnelle, et la construction en amont de plans de transport robustes face aux petits aléas. C'est principalement sur ce dernier point que porte le travail de la thèse. Après avoir présenté le fonctionnement de l'exploitation ferroviaire en zone dense et donné une définition d'un petit aléa, nous passons en revue les différents travaux ayant été menés sur le sujet. La grande majorité des cadres conceptuels proposés pour la conception d'horaires robustes ne sont pas adaptés au cas spécifique de la zone dense, c'est pourquoi nous proposons un nouveau modèle sous la forme d'un problème d'optimisation stochastique. Une approche de résolution est ensuite détaillée, en trois étapes. La première porte sur l'estimation des distributions de probabilité des aléas de l'exploitation, à partir de données de retour d'expérience. Dans un second temps, nous utilisons ces distributions dans un outil de simulation stochastique permettant d'évaluer la performance d'une grille horaire donnée. Enfin, cet outil est utilisé comme fonction d'évaluation au sein d'une heuristique de recuit simulé visant à générer automatiquement des grilles horaires robustes.

**Mots-clés :** Transport ferroviaire / Planification horaire / Optimisation robuste / Ponctualité / Simulation stochastique

**Consultable sur :** [attente d'une réponse.](#)



**GONZALEZ RAMIREZ Humberto**

***Etude des choix des usagers dans les réseaux de transport grâce à un "jeu de simulation"***

Thèse de doctorat en Génie civil, École doctorale MEGA, < 2020LYSET008 >, préparée sous la direction de L. Leclercq (LICIT/UGE) et de N. Chiabaut (LICIT/UGE), 182 p.

**Date de soutenance :** 13/05/2020

**Résumé :** L'objectif de cette thèse est de trouver des modèles de choix d'itinéraire qui évoluent au niveau du réseau, c'est-à-dire des modèles qui rapprochent les choix des voyageurs sur la diversité des situations rencontrées dans un réseau de transport. L'approche de cette thèse pour étudier le comportement des voyageurs dans les réseaux de transport passe par des expériences informatiques à grande échelle, pour lesquelles une plateforme nommée Mobility Decision Game (MDG) a été développée. Le MDG permet d'observer les choix des participants sur un ensemble diversifié de scénarios (paires OD et itinéraires) avec des conditions de circulation et des informations de temps de trajet variables. Dans cette thèse, les expériences se concentrent sur les choix d'itinéraire des trajets en voiture qui sont basés sur la carte de la ville de Lyon, France. Pour atteindre l'objectif de cette thèse, une méthodologie de recherche de couples OD représentatifs du réseau est tout d'abord proposée. Les paires OD représentatives sont utilisées dans les expériences de choix de route pour obtenir des modèles de choix qui se généralisent aux différentes configurations OD dans le réseau. Deuxièmement, les choix des participants aux expériences sont analysés du point de vue du comportement rationnel et borné, afin d'établir le principe qui décrit le mieux leurs choix. Enfin, les modèles de choix sont évalués en fonction de leur précision prédictive. Cette thèse fait partie d'un projet européen ERC intitulé MAGnUM: Approche de modélisation du trafic multi-échelle et multimodale pour la gestion durable de la mobilité urbaine.

**Mots-clés :** Comportement des voyageurs / Prise de décision / Expériences de choix d'itinéraire / Modèles de choix / Modèles de rationalité limitée / Mixed logit model.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-03069274>



Laboratoire d'Ecologie  
des  
Hydrosystèmes Naturels  
et  
Anthropisés



**CRIBIU Pauline**

***Étude des effets inter et transgénérationnels de l'exposition parentale au stress chimique chez le crustacé amphipode Gammarus fossarum***

Thèse de doctorat en Ecotoxicologie, École doctorale de Chimie de Lyon, < 2020LYSET002 >, préparée sous la direction d'A. Devaux (LEHNA/ENTPE) et d'A. Chaumot (INRAE Lyon-Villeurbanne), 235 p.

**Date de soutenance :** 23/01/2020

**Résumé :** À l'heure actuelle, les démarches écotoxicologiques (i.e. bioessais de laboratoire, approches biomarqueurs, tests in situ) évaluent les effets des contaminants majoritairement sur des temps de réponse courts, qui ne correspondent pas à l'échelle temporelle de la dynamique des populations. En plus de la toxicité manifestée au cours de l'exposition chimique, des effets peuvent pourtant s'observer plus tardivement au cours de la vie des organismes, voire de leur descendance. Ces effets différés peuvent avoir une influence importante sur la démographie, la résilience et l'acquisition de tolérance des populations ainsi que leur vulnérabilité face à de nouvelles perturbations environnementales. Leur étude constitue ainsi un véritable enjeu pour améliorer la compréhension des réponses des populations au stress chimique dans les écosystèmes. Dans ce contexte, l'objectif général de cette thèse a été d'explorer les effets intergénérationnels et transgénérationnels de l'exposition aux contaminants et leurs conséquences sur le fonctionnement des populations de l'espèce sentinelle *Gammarus fossarum* (Crustacé). Le parti-pris expérimental appliqué tout au long de ce travail combinant expérimentation multi-génération et modélisation en dynamique de population, a consisté à mettre en œuvre des expositions limitées à la génération parentale initiale (F0), puis à suivre le développement de trois générations successives en milieu non contaminé. Compte-tenu de l'implication potentiellement importante des mécanismes épigénétiques dans l'apparition d'effets différés, la méthylation globale des cytosines de l'ADN a été explorée pour la toute première fois chez cette espèce. Cette marque épigénétique s'est avérée être sensible au stress thermique, chimique avec le cadmium et à la privation alimentaire dans des conditions contrôlées au laboratoire. Une variabilité importante du niveau de base du biomarqueur entre populations naturelles de *Gammarus fossarum* a également été observée. Par ailleurs, suite à des expositions parentales de 3 semaines au cadmium et à la 3,4dichloroaniline, nous avons mis en évidence l'existence d'effets en cascade sur les traits d'histoire de vie de *G. fossarum* jusqu'à la troisième génération de descendants, après plus d'un an d'expérimentation. Nos travaux suggèrent également un rôle prépondérant des compromis entre les traits d'histoire de vie et entre les générations dans l'émergence des effets différés. Ces compromis se traduisent par un maintien de la capacité démographique de la population suite à l'exposition parentale au cadmium et sont ainsi certainement contraints par la stratégie d'histoire de vie de *Gammarus fossarum*. Au bilan, ces résultats soulignent l'intérêt de mener des études au-delà de la première génération de descendants et de généraliser les études à long terme sur les espèces environnementales non-modèles de laboratoire pour améliorer la compréhension des réponses populationnelles à la contamination et la pertinence écologique de l'évaluation actuelle des risques.

**Mots-clés :** Effet transgénérationnel / *Gammarus fossarum* / Trait d'histoire de vie / Modélisation de la dynamique des populations / Impact démographique / Stress chimique / Epigénétique / Méthylation des cytosines de l'ADN / Effet différé.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02918500>

**GAUTREAU Edwige**

***Influence des facteurs physiques et biologiques sur le fonctionnement biogéochimique de sédiments de retenues présentant des blooms de cyanobactéries***

Thèse de doctorat en Ecologie fonctionnelle, École doctorale E2M2, < 2020LYSE1152>, préparée sous la direction de F. Mermillod-Blondin (IEHNA/Lyon 1), G. Nogaro (EDF), L. Volatier (LEHNA/ENTPE), E. Gouze (EDF), 247 p.

**Date de soutenance :** 01/10/2020

**Résumé :** Les retenues de barrages subissent souvent des problèmes environnementaux liés à l'eutrophisation des masses d'eau tels que des blooms phytoplanctoniques, et plus particulièrement de cyanobactéries. Cette eutrophisation est due à l'augmentation des apports anthropiques des nutriments sous forme d'azote et de phosphore. Si les nutriments peuvent être issus des apports allochtones (via des tributaires), l'influence des nutriments issus des apports autochtones est rarement prise en compte dans les processus d'eutrophisation des masses d'eau. Cette thèse a pour but de prendre en compte le rôle du compartiment sédimentaire dans les relargages de nutriments vers la colonne d'eau de retenues en fonction de deux facteurs principaux : 1) la présence de faune bioturbatrice (larves de *Chironomus plumosus* et vers *Tubifex* sp.) et 2) l'oxygénation de la colonne d'eau (aérobie, anaérobie et fluctuation de la concentration en oxygène dissous dans l'eau). Par des approches de terrain et expérimentales en laboratoire, les résultats ont mis en évidence que l'influence du compartiment sédimentaire sur les flux de nutriments vers la colonne d'eau était prioritairement dépendante de l'oxygénation et plus secondairement de la faune. Cependant, l'importance de ces deux facteurs était largement modulée par les caractéristiques des sédiments (activités microbiennes et charges en nutriments). Aussi, l'évaluation des processus biogéochimiques se déroulant dans les sédiments se révèle essentielle dans la compréhension des mécanismes conduisant à l'eutrophisation des retenues de barrage.

**Mots-clés :** Retenue de barrage / Interface eau-sédiment / Eutrophisation / Nutriments Azote / Phosphore / Bioturbation / Oxygénation.

**Consultable sur :** -

**LIBER Yohan**

***Étude des déterminants biologiques de l'absorption de la chlordécone par la plante***

Thèse de doctorat en Environnement, École doctorale de Chimie de Lyon, < 2020LYSET010 >, préparée sous la direction de J.-P. Bedell (LEHNA/ENTPE), 174 p. + annexes.

**Date de soutenance :** 28/07/2020

**Résumé :** L'objectif de cette thèse est de comprendre pourquoi certaines plantes sont en mesure d'absorber plus de polluants organiques que d'autres. Il s'agit d'appréhender les paramètres qui, à l'échelle de la plante, régissent l'absorption dans les racines puis le transfert vers les parties aériennes. La chlordécone a été retenue comme molécule d'étude, pour ses caractéristiques physico-chimiques propices à l'étude des transferts sol-plante (faible volatilité et relative hydrophobicité) mais également à cause des enjeux forts autour des sols contaminés dans les Antilles Françaises. Dans un premier temps, nous avons décidé de mettre en relation les processus liés à la croissance de la plante avec la capacité à accumuler la chlordécone lors d'essais en laboratoire. Des graminées modèles, comme le blé ou le miscanthus, nous ont permis d'identifier les traits biologiques impliqués dans l'absorption puis la translocation de la molécule dans les différentes parties de la plante. A l'issue de cette première phase, l'efficacité de la transpiration, qui traduit également la capacité de la plante à utiliser l'eau, est apparue comme le principal déterminant de la concentration de la chlordécone dans la plante. Dans un second temps, nous avons cherché à évaluer le potentiel de contamination de la flore spontanée des parcelles contaminées de Guadeloupe, à travers un échantillonnage stratifié, c'est-à-dire orienté par des connaissances a priori ou par certains déterminants mis en évidence lors de la phase de laboratoire. Dans 70% des cas, l'analyse de cette flore spontanée nous a permis de mettre en évidence le risque significatif de dépassement des seuils réglementaires dans la viande animale nourrie avec la couverture végétale des parcelles contaminées. Des pratiques culturales, comme l'intensification du travail du sol, sont également apparues comme étant significativement corrélées à l'augmentation des quantités de chlordécone retrouvées dans la plante.

**Mots-clés :** Chlordécone / Transferts / Phytoremediation / Plante / Déterminants.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-03258762>

**VAUCLIN Sophia**

***Influence des aménagements et des contaminations sur les héritages sédimentaires des fleuves anthropisés : le cas du Rhône***

Thèse de doctorat en Environnement, École doctorale de Chimie de Lyon, < 2020LYSET016 >, préparée sous la direction de T. Winiarski (LEHNA/ENTPE) et de B. Mourier (LEHNA/ENTPE), 242 p. + annexes.

**Date de soutenance :** 11/12/2020

**Résumé :** Si des interactions complexes entre les hommes et les rivières existent depuis plusieurs millénaires, les pressions anthropiques exercées sur les hydrosystèmes ont fortement augmenté au cours des deux derniers siècles. Il est donc essentiel de mieux appréhender l'évolution récente des corridors fluviaux en lien avec les activités humaines qui s'y sont développées, et l'investigation du compartiment sédimentaire est particulièrement appropriée pour ce type d'approche rétrospective. Cette thèse s'appuie sur l'étude du Rhône, un fleuve européen majeur soumis à de fortes pressions anthropiques, et s'intéresse particulièrement à deux de ces pressions : la contamination et l'aménagement du cours d'eau. Plus précisément, elle vise à 1) prouver l'existence de sédiments hérités des aménagements mis en place sur le Rhône, et les caractériser ; 2) développer une méthodologie pour l'interprétation d'archives sédimentaires issues d'un milieu fluvial fortement anthropisé, dans le cadre des contaminations historiques et émergentes ; 3) démontrer l'intérêt du concept de sédiments hérités dans un contexte européen et en lien avec la mise en place d'infrastructures fluviales. La méthodologie développée dans ce travail combine une analyse diachronique des sites d'étude, leur investigation à l'aide de sondages géophysiques et le prélèvement de carottes sédimentaires permettant la quantification de nombreux paramètres sédimentaires (e.g., granulométrie, carbone organique total, teneur en contaminants et radionucléides). Son implémentation a permis de démontrer l'existence de deux types de sédiments hérités sur le Rhône, en lien avec les deux phases d'aménagement auxquelles le fleuve a été soumis (correction du tracé et aménagements hydroélectriques). Dans les deux cas, les sédiments hérités résultent d'un processus de déconnexion entre le chenal principal et les environnements de dépôt concernés, et la granulométrie est le paramètre principal permettant de les distinguer des dépôts sous-jacents. Une évolution de la définition de sédiments hérités est donc proposée afin d'y inclure ces nouvelles caractéristiques. Il est également prouvé que la capacité d'enregistrement des sédiments fluviaux est fortement influencée par l'environnement de dépôt étudié et par les modifications de leurs conditions hydrodynamiques induites par les différents aménagements. La méthodologie proposée permet néanmoins d'interpréter de façon robuste ces archives et de reconstruire la trajectoire récente du Rhône et les tendances temporelles de contamination de polluants historiques (éléments métalliques, polychlorobiphényles) ou émergents (retardateurs de flammes bromés) à partir de carottes issues de divers environnements. Une telle approche rétrospective est essentielle afin de mieux appréhender l'ensemble des impacts anthropiques en lien avec les enjeux actuels de gestion des cours d'eau, et de proposer des politiques publiques et des mesures de suivi et/ou de restauration cohérentes avec l'évolution à long terme du fleuve.

**Mots-clés :** -

**Consultable sur :** -



Laboratoire Aménagement  
Economie Transports



**EGU-FESTAS Oscar**

***Apports des données passives à la compréhension des comportements de mobilité ? Enjeux pour l'planification et l'organisation des transports en commun***

Thèse de doctorat en Sciences économiques, École doctorale Sciences économique et de gestion, < 2020LYSE2055>, préparée sous la direction de P. Bonnel (LAET/ENTPE), 142 p.

**Date de soutenance :** 28/10/2020

**Résumé :** Les réseaux de transport en commun sont des systèmes critiques pour le bon fonctionnement des villes. Ces systèmes doivent être planifiés et organisés avec rigueur en s'appuyant sur un dispositif de collecte et d'analyse des données. L'ambition de cette thèse est de s'interroger sur la pertinence de ce dispositif et sur l'apport des nouvelles sources de données passives. Quatre axes de recherches sont explorés : la mesure de la fraude, l'estimation de la demande sous forme de matrices origine-destination, l'étude de la variabilité des comportements de déplacements et la prédiction moyen-terme de la fréquentation. Ces travaux montrent que les données passives offrent des opportunités intéressantes pour améliorer la planification des réseaux de transport en commun.

**Mots-clés :** Transport en commun / données passives / Big data / Billettique / Enquêt déplacements / Comportement de mobilité / Prévion / Variabilité / Fraude / Matrices origine-destination.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-03170680>

**KHEDIRA Hind**

***Mobilités quotidiennes et numérisation des villes : une information à plusieurs vitesses (Lyon, Rabat)***

Thèse de doctorat en Géographie Aménagement Urbanisme, École doctorale Sciences Sociales, < 2020LYSET004 >, préparée sous la direction de D. Plat (LAET/ENTPE), 357 p. + annexes.

**Date de soutenance :** 12/02/2020

**Résumé :** L'information sur la mobilité constitue une dimension de plus en plus structurante des modes de vie quotidiens, sous l'effet d'une diversification des modes de transports collectifs dans les agglomérations et d'une individualisation des comportements. Ces dynamiques s'appuient depuis une quinzaine d'années sur le développement de sources d'information numérique qui accroissent les possibilités d'information individuelle, multimodale et en temps réel. Souvent envisagée par les pouvoirs publics comme un levier de report modal dans des contextes marqués par des taux d'accès majoritaires à l'automobile, l'information sur la mobilité pourrait aussi constituer un obstacle supplémentaire d'accès aux ressources urbaines. Nous examinons globalement les manières de s'informer sur la mobilité quotidienne dans un contexte de numérisation des sources d'information, à partir des cas de Lyon et de Rabat et d'une enquête par questionnaire et par entretiens conduite dans des territoires contrastés des deux agglomérations. Nous montrons que les pratiques d'information, à travers les pratiques de mobilité et les pratiques numériques, sont structurées par des inégalités socio-spatiales qui affectent l'appropriation et l'utilisation des sources d'information. Nous mettons en évidence la dimension contextuelle des inégalités, avec des facteurs explicatifs différents à Lyon et à Rabat. Les usages de l'information numérique progressent, mais en complétant plutôt qu'en éliminant les pratiques antérieures, avec un fort impact du contexte du déplacement. En replaçant l'information numérique au sein d'un cadre d'action plus large, nous montrons que celui-ci est lui-même déterminé par des inégalités entre les ressources que peuvent consacrer les citoyens à fiabiliser leurs déplacements. Dans ce contexte, l'information numérique apparaît comme une piste d'amélioration des conditions de déplacement pour une partie des citoyens, mais qui doit être envisagée en complément d'autres moyens d'information et en tenant compte des inégalités socio-spatiales qui affectent son utilisation.

**Mots-clés :** Mobilité quotidienne / Information numérique / Mobilité connectée / Inégalités socio-spatiales / Lyon / Rabat.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-02918814>

Environnement Ville Société

Recherches Interdisciplinaires  
Ville, Espace, Société



**DUPOIT Élodie**

***Quand le périurbain est militant : l'engagement associatif local en faveur de l'environnement***

Thèse de doctorat en Géographie aménagement urbanisme, École doctorale Sciences sociales, < 2020LYSE2021 >, préparée sous la direction d'E. Charmes (EVS-RIVES), 319 p.

**Date de soutenance :** 06/07/2020

**Résumé :** A distance des critiques les plus fréquemment dirigées contre les habitants du périurbain, cette thèse analyse les différentes facettes de l'engagement local de certaines fractions des classes moyennes et la manière dont le périurbain peut être un terrain d'expérimentation politique. Dans les années 1970 et 1980, les « nouvelles classes moyennes » de l'époque ont cherché à conquérir les mairies périurbaines afin de rendre leurs territoires de vie plus conformes à leurs usages. Cette thèse s'est proposée de retrouver des mobilisations qui présentent des similitudes avec la « vague rose » qui a touché les territoires périurbains dans les années 1970 et 1980. Près de quarante ans plus tard, dans quelle mesure les habitants du périurbain souhaitent-ils acquérir une certaine maîtrise de leur environnement résidentiel et comment tentent-ils d'y parvenir ? Cette thèse s'appuie sur une enquête de terrain, en partie en immersion, au sein de deux associations de défense de l'environnement. Situées dans le périurbain nord-isérois, elles visent, entre autres, le développement du vélo comme mode de transport quotidien. L'enquête explore les logiques d'action des militants rencontrés, les valeurs qui sous-tendent leur engagement local, les formes prises par cet engagement ainsi que les modalités de l'ajustement de certains militants à la nouvelle scène politique locale qu'est l'intercommunalité.

**Mots-clés :** Périurbain / Engagement local / Action collective / Participation citoyenne / Associations de défense de l'environnement / Vélo / Intercommunalité.

Consultable sur : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02930232>

**VILLAIN Victor**

***Sociologie du champ de la construction en terre crue en France (1970-2020)***

Thèse de doctorat en Science politique, École doctorale Sciences sociales, < 2020LYSE2067 >, préparée sous la direction de F. Bardet (EVS-RIVES) et de J.-Y. Authier (Université Lyon 2), 484 p.

**Date de soutenance : 07/12/2020**

**Résumé :** Le développement de la construction écologique participe à la légitimation de l'emploi des matériaux de construction pouvant alimenter la lutte contre le changement climatique. Parmi ces matériaux, la terre crue demeure peu investie en comparaison de matériaux biosourcés tels que le bois ou la paille. Alors que l'emploi de la terre était historiquement répandu en France, les procédés de construction qui lui incombent (bauge, pisé, torchis, adobe) ont été destitués au cours des XIX<sup>ème</sup> et XX<sup>ème</sup> siècles. Pourtant, depuis environ cinq décennies, un champ de la construction en terre participe à faire la promotion de ce matériau. Dans cette recherche, il s'agit de montrer comment le champ de la construction en terre a pris forme et quelle forme il a prise en analysant les formes d'intérêt historiquement variables pour la construction en terre qu'exige le champ et qu'engagent les agents, c'est-à-dire de dialectiser l'histoire du champ et l'histoire sociale incorporée des agents qui s'investissent pour entretenir et actualiser l'histoire sociale réifiée de la construction en terre crue. Cela permet aussi d'analyser les conditions sociales de possibilité d'un développement de la construction en terre crue en France, notamment pour mesurer les conditions sociales de possibilité d'une transformation de la construction conventionnelle pour participer à une transformation du monde social favorable à la lutte contre le changement climatique. Cette thèse s'appuie sur différents matériaux empiriques (entretiens, archives, observations ethnographiques, statistiques) et mobilise la sociologie des champs pour analyser les relations objectives entre les champs et les agents engagés dans le champ de la construction en terre crue, qui varient selon les luttes internes et externes au champ, notamment par l'action publique qui contribue à définir son autonomie et ses rapports de subordination. Cette recherche fait l'hypothèse que le champ de la construction en terre est un champ de forces qui est au principe de luttes économique et politique pour le maintenir ou le transformer, notamment en orientant l'action publique, afin que les agents qui y sont engagés puissent, selon ce qui est en leur pouvoir, actualiser ou créer les conditions les plus favorables à leur accomplissement, c'est-à-dire à l'ajustement de leurs dispositions à leurs conditions d'existence. La première partie de la thèse aborde la genèse du champ de la construction en terre crue en montrant comment, de l'émergence à la dissolution sociale de la bauge dans l'espace rural breton et du pisé de terre dans l'espace urbain lyonnais, la construction en terre est réinvestie à l'échelle nationale à partir des années 1970 et conduit à l'autonomisation du champ au cours des années 1980. La deuxième partie s'attache à décrire l'activité économique de la construction en terre. Il s'agit de s'intéresser, d'une part, à la structure des professionnels de la construction en terre et à leur prise de position économique et, d'autre part, à caractériser socialement les particuliers qui habitent dans une maison en terre construite ces dernières décennies à travers leur position sociale, leur trajectoire résidentielle et les stratégies résidentielles qu'ils mettent en œuvre. La troisième partie s'attache plus particulièrement à la lutte politique des agents engagés dans le champ pour maintenir ou transformer son principe de vision. En abordant l'institutionnalisation de la construction écologique comme catégorie de l'action publique, il s'agit d'étudier l'appropriation de cette catégorie par les agents à travers la lutte qu'ils mènent pour faire voir et valoir leur principe de vision au sein du champ.

**Mots-clés :** Sociologie de l'action publique / Sociologie économique / Sociologie des territoires / Sociologie des sciences / Champ de la construction / Construction écologique / Construction en terre crue / Terre crue / Développement durable / Transition écologique.

**Consultable sur :** <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-03115679v2>



**ZOUARI Nabil**

***Derrière le "ghetto", la centralité minoritaire : le rôle de la présence commerciale dans un quartier d'habitat social en rénovation***

Thèse de doctorat en Géographie aménagement urbanisme, École doctorale Sciences sociales, < 2020LYSE2022 >, préparée sous la direction d'E. Charmes (EVS-RIVES), 518 p.

**Date de soutenance : 12/06/2020**

**Résumé :** Cette thèse analyse le rôle du commerce dans un quartier défavorisé de grand ensemble. Elle évalue notamment la capacité d'un centre commercial dévalorisé aux yeux des acteurs publics à jouer le rôle d'espace « tremplin » pour les habitants du quartier. Pour ce faire, la thèse aborde le commerce comme un système social total, en multipliant les points de vue et les perspectives. Les plateformes commerciales de grand ensemble d'habitat social ont, dès les années 1970, connu un déclin de leur commercialité. Cette évolution est généralement expliquée par divers facteurs, dont la paupérisation de leurs quartiers d'implantation, ou le déploiement des hypermarchés en périphérie des villes françaises. Sont aussi mises en cause des erreurs de conception architecturale et urbaine, avec notamment la déconnexion de ces lieux vis-à-vis des flux piétons et motorisés. Parallèlement, l'image de ces plateformes s'est ethnicisée dans la mesure où les grands ensembles de banlieue sont devenus terres d'accueil d'une immigration postcoloniale. Forte de ces constats, la rénovation urbaine des quartiers défavorisés s'accompagne généralement d'une profonde refonte de l'armature commerciale existante et de la mise en place d'outils de régulation. Pourtant, certaines des polarités commerciales mises en cause par la rénovation urbaine affichent une bonne santé économique avec d'importants chiffres d'affaires, un faible taux de vacance et peu de rotation. C'est notamment le cas de la polarité commerciale du Mas du Taureau à Vaulx-en-Velin. Cette thèse propose ainsi de comprendre comment cet espace marchand de banlieue a pu et a su s'adapter. La thèse commence par explorer les capacités de résilience des commerçants du Mas du Taureau et leurs stratégies de développement économique. Celles-ci s'inscrivent dans une dynamique commerciale collective fondée sur le modèle « petits paniers, beaucoup de paniers ». Ce modèle prend appui sur un ancrage social populaire doté d'un régime d'interconnaissance et un réseau de sociabilité dense. Mais au-delà de l'ancrage dans la proximité, le centre commercial a été capable de rayonner à une échelle métropolitaine. En effet, l'enquête montre que la bonne santé économique et la forte fréquentation du centre commercial dépassent les standards de la polarité de proximité. La thèse analyse donc les principaux facteurs qui ont permis ce passage non programmé d'une polarité de proximité vers une centralité commerciale métropolitaine. Cette centralité s'appuie sur un marché bihebdomadaire et de nombreux commerces sédentaires (boucheries, boulangeries, restaurations) qui rayonnent dans un vaste quadrant de l'aire métropolitaine lyonnaise. L'attractivité du centre commercial du Mas du Taureau fait de lui une centralité minoritaire, s'approchant des standards de la « super diversité », un concept introduit en 2007 par Steven Vertovec. Il apparaît que la capacité du centre commercial à attirer des clients extérieurs au quartier s'opère dans un jeu de spécialisations « ethniques » plein de faux semblants. La plupart des commerçants n'ont pas une stratégie de marketing ethnique, et sont plutôt à la recherche d'un ancrage social et territorial propice au développement économique de leurs boutiques. La thèse s'attarde au demeurant sur les quelques marqueurs ethniques formés localement et qui procurent à l'offre commerciale du Mas du Taureau une image de centralité minoritaire. La thèse examine enfin le point de vue des décideurs publics locaux. Ceux-ci perçoivent souvent cet espace marchand au prisme du communautarisme, conduisant à de nouvelles formes de régulation publique. La polarité commerciale se trouve ainsi administrée par de puissants outils de gestion qui l'installent au centre d'une tension durable. Aujourd'hui, la réussite économique de la polarité commerciale n'est pas reconnue et son maintien ne semble pas envisagé....

**Mots-clés :** Superdiversité / Cohabitation interethnique / Quartier populaire / Commerce de proximité / Centralité minoritaire / Commerce ethnique / grand ensemble d'habitat social / Communautarisme / Rénovation urbaine / Ghetto / Espace tremplin / Mixité sociale.

**Consultable sur :** <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02938121>



# Liste des doctorants

ALAMO VARGAS Valentin .....	11
ALISOLTANI DEHKORDI Negin .....	111
AMELI Mostafa.....	63
ANDREANI Anna.....	89
ARRAIS FREIRE Reuber .....	95
ASUNÇAO BATISTA Sérgio Filipe.....	33
ATTIA Thomas .....	95
BAHRAR Myriam .....	12
BAILLY MELOIS Adeline .....	97
BARAKLIANOS Ioannis.....	77
BEL Justin .....	13
BOUARAFA Sofia .....	69
BURNEAU Laura .....	51
CARRET Jean-Claude.....	14
CATTIN Johana .....	64
CHARLEMAGNE Simon .....	15
CLAIRAIS Aurélien .....	65
COELHO MACEDO Cláudia Filipa.....	70
COILLOT Mike.....	55
CORNET Sélim .....	112
CRIBIU Pauline .....	117
DINH Hai Nam .....	98
DRAPEAU Clémentine .....	37
DUPOIT Elodie .....	127
EGU Oscar .....	123
ESTRAGNAT Valérian.....	71
FOSSAT Pascal .....	16
FRANÇOIS Cyrille .....	78
FRUTOS DORDELLY José Carlos.....	17
GAUTREAU Edwige.....	118
GAZZO Salvatore .....	56
GONG Xin .....	90
GONZALEZ RAMIREZ Humberto .....	113
GOSSET Antoine .....	38
GRENAT Clément.....	18
GUILLOT Vinciane.....	99
HUET Marine .....	45
IODICE Matthieu .....	91
KHEDIRA Hind .....	124
LACHANCE-TREMBLAY Éric.....	19
LÉCRIVAIN Nathalie.....	72

LIBER Yohan .....	119
LOUIS Cédric.....	29
MAIGROT Philéas .....	52
MANOUT Ouassim .....	79
MARIOTTE Guilhem.....	34
MARTINET Simon .....	107
NGUYEN Thi Thu Tra.....	57
OROZCO Gabriel .....	100
OUSSALAH Tarik.....	26
PEDRAZA Alvaro.....	20
PELÉ Nicolas .....	41
PIEGAY Clément .....	58
PYSKIR Adrien .....	101
REMION Gabriel .....	102
ROUSSEL Jean-Marie .....	103
ROY Alex .....	83
SALOTTI Julien .....	66
SAUVAGE Jean Gauthier (de) .....	25
TRAN Duc Thang.....	104
VAUCLIN Sophia .....	120
VAUTRIN Florian .....	73
VILLAIN Victor .....	128
VIVERGE Kevin .....	59
WAHYUDDIN Yasser .....	84
XU Longfei.....	21
ZOUARI Nabil .....	129