CATALOGUE DES THESES
2015-2017

UNE GRANDE ÉCOLE D'**INGÉNIEURS** ET DE **DOCTEURS**
POUR **IMAGINER**, **CONSTRUIRE** ET **GÉRER**
LES **TERRITOIRES** À VIVRE DE DEMAIN

UNIVERSITÉ DE LYON

ENTPE
L'école de l'aménagement durable des territoires

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 six 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'IFSTTAR et de l'ENTPE, 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. Le **laboratoire 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 en Sciences Economiques et de Gestion (SEG), en Evolution, Ecosystèmes, Microbiologie et Modélisation (E2M2) ou en Informatique et Mathématiques, 100 doctorants œuvrant dans ses laboratoires ou ceux des partenaires du réseau scientifique et technique (IFSTTAR [LRRO, LTE], CEREMA…).

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

L'information est classée par année, de 2015 à 2017, 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 (51 thèses de doctorat soutenues au total sur ces 3 années, soit 17 par an en moyenne), de sa qualité et de l'évolution des sujets traités au fil des ans.

Contact : claudine.desforges@entpe.fr

Sommaire

Thèses soutenues 2015.....5

Thèses soutenues 2016 31

Thèses soutenues 2017.....79

Thèses soutenues
2015

Laboratoire Génie Civil et Bâtiment

KLEIN Achim

Indicateurs acoustiques de la gêne en situation de multi-exposition au bruit : cas de l'exposition combinée au bruit du tramway et au bruit du trafic routier en zone urbaine

Thèse de doctorat en Acoustique, Ecole doctorale MEGA, < 2015-ENTP-0002 >, préparée sous la direction de C. Marquis-Favre (LGCB), 158 p.

Date de soutenance : 27/04/2015

Résumé : La pollution sonore est un problème majeur pour les résidents des zones urbaines. La directive Européenne 2002/49/CE impose aux états membres l'établissement de cartes de bruit. Ces dernières sont construites sur la base de l'indice énergétique *L*den, également utilisé dans les relations dose-effet établies pour prédire la gêne. Toutefois, pour l'évaluation de la gêne due au bruit dans les zones urbaines, la pertinence de cet indice est souvent remise en question. En effet, de nombreuses études ont montré que les caractéristiques temporelles et spectrales des bruits environnementaux influencent aussi les réponses de gêne et ne sont pas prises en compte dans cet indice. Cette thèse vise à contribuer à l'amélioration de la caractérisation de la gêne due au bruit des véhicules routiers en ville. Elle est basée sur des expériences réalisées en laboratoire. Elle comprend deux parties principales. La première partie a comme objectif de progresser sur la caractérisation physique et perceptive du bruit des passages de divers véhicules routiers en milieu urbain tels que les bus, les deux-roues motorisés, les poids lourds et les véhicules légers. Une attention particulière a été portée sur la caractérisation de la gêne due aux deux-roues motorisés qui sont cités parmi les véhicules routiers les plus gênants et sont peu étudiés dans la littérature. Dans cette perspective, un indicateur acoustique caractéristique de la gêne due au bruit routier urbain a été déterminé : il rend compte de différents attributs auditifs gênants en associant la sonie, un indice spectral et deux indices de modulation proposés dans le cadre de ces travaux. Dans les zones urbaines, les riverains sont souvent exposés à la circulation routière en présence d'autres sources de bruit de l'environnement. L'objectif principal de la deuxième partie est la prédiction de la gêne totale due au bruit du trafic routier urbain combiné avec le bruit de tramway. Dans le but de caractériser la gêne totale, les phénomènes perceptifs liés à la combinaison de ces bruits sont tout d'abord étudiés. Ensuite, l'indicateur proposé précédemment pour caractériser la gêne due au bruit des passages de différents véhicules routiers est testé lorsque différents trafics routiers urbains sont considérés. Sur la base de ces résultats, des modèles permettant de caractériser la gêne due au bruit de trafic routier urbain combiné au bruit de tramway ont été proposés.

Mots-clés : Gêne de court terme / Caractérisation physique et perceptive / Bruit de passage de véhicules routiers en milieu urbain / Deux-roues motorisé / Bruit de trafic routier urbain / Indice spectral / Indice de modulation / Bruit de tramway / Mono-exposition / Multi-exposition au bruit / Gêne totale / Expérimentation en laboratoire / Environnement simulé.

LECLERE Thibaud

Towards a binaural model for predicting speech intelligibility among competing voices in rooms

Thèse de doctorat en Acoustique, Ecole doctorale MEGA, < 2015-ENTP-0008 >, préparée sous la direction de M. Lavandier (LGCB) et D. Dumortier (LGCB), 138 p.

Date de soutenance : 9/12/2015

Résumé : Ce travail de thèse vise à proposer un modèle pouvant prédire l'intelligibilité d'une voix cible masquée par des sources concurrentes dans les salles. Un modèle a déjà été développé par Lavandier et Culling (2010) et est capable de prédire l'intelligibilité d'une cible en champ proche perturbée par plusieurs sources de bruit. Le travail présenté ici traite des nouvelles implémentations et expérimentations nécessaires pour étendre le modèle au cas de cibles distantes et au cas de voix concurrentes, qui présentent des propriétés acoustiques différentes des bruits stationnaires (fluctuation d'enveloppe, fréquence fondamentale, modulations de fréquence fondamentale). L'effet nuisible de la réverbération sur la parole cible a été implémenté avec succès. Cette nouvelle version du modèle permet une interprétation unifiée de plusieurs effets perceptifs observés dans la littérature mais il présente une dépendance de la salle, ce qui limite son aspect prédictif. Des travaux expérimentaux ont été menés pour déterminer comment le modèle pourrait prendre en compte le cas de sources cibles et masquantes avec des spectres différents ainsi que le cas où plusieurs mécanismes auditifs opèrent simultanément (ségrégation par F0, démasquage spatial et écoute dans les creux de modulation).

Mots-clés : Ecoute binaurale / Intelligibilité / Modèle de prédiction / Cocktail Party / Masquage Psychoacoustique / Acoustique des salles.

Consultable sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01277871

STATHOPOULOS Nikolaos

Optimisation numérique et expérimentale de stratégies d'effacement énergétique

Thèse de doctorat en Génie civil, Ecole doctorale MEGA, < 2015-ENTP-0001 >, préparée sous la direction de M. El Mankibi (LGCB) et P. Michel (LGCB), 250 p.

Date de soutenance : 27/02/2015

Résumé : Dans le contexte énergétique français actuel, deux principaux enjeux émergent. À court terme, des pointes de consommation électrique croissantes sont observées les dernières années pendant la période hivernale. Ces pointes sont fortement liées au chauffage électrique et ont des conséquences économiques, environnementales et sociales importantes. Dans un long terme, des objectifs environnementaux ambitieux ont été fixés au niveau national et européen, nécessitant la technologie de stockage thermique et une gestion efficace de l'environnement bâti. Les Matériaux à Changement de Phase (MCP) ainsi que les dispositifs de type échangeurs thermiques offrent des résultats promettant grâce au stockage thermique et le déplacement des consommations. Dans ce cadre, l'objectif de cette thèse est de développer des solutions de déplacement des consommations énergétiques qui prennent en compte le confort thermique des occupants et la qualité de l'air intérieur. Pour ce faire, deux outils sont nécessaires : un échangeur thermique expérimental (prototype) et un modèle numérique capable de simuler son comportement. L'échangeur contient du MCP macroencapsulé (paraffine) et est conçu de manière à faciliter son intégration dans un système de ventilation. Il a comme but de décaler la consommation due au chauffage électrique vers la période hors pointe. Le dispositif a été caractérisé expérimentalement lors des cycles thermiques complets (charge et décharge) en utilisant une quantité importante de capteurs. Il a ensuite été couplé à une cellule expérimentale, afin de tester des stratégies de contrôle préliminaires. Le modèle numérique est basé sur la discrétisation spatiale et l'établissement du bilan de chaleur des couches considérées, la méthode de la capacité thermique apparente, ainsi que l'utilisation des différences finies. Après validation à l'aide des données expérimentales, le modèle a été utilisé pour optimiser la performance de l'échangeur. Plusieurs paramètres ont été étudiés, y compris les dimensions de l'échangeur, la quantité et les propriétés du MCP, en cherchant la configuration avec le compromis optimal entre la chaleur emmagasinée et le temps nécessaire pour la charge et la décharge. Le modèle numérique a été couplé à un modèle de simulation du bâtiment et un logement de 80m2 a été conçu pour la mise en œuvre et l'évaluation des stratégies de contrôle, en investiguant différents scénarios sur une période hivernal d'un mois. Les scénarios varient avec une complexité croissante, d'abord en considérant l'effacement énergétique et le confort thermique, ensuite en ajoutant le prix final de la consommation électrique et enfin en prenant compte la qualité de l'air intérieur avec la présence d'une famille de quatre personnes. Cette étude a été menée dans le cadre d'un projet financé par l'Agence National de la Recherche (Stock-Air: ANR-Stock-E) et a également été soutenu par le ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie.

Mots-clés : Bâtiment / Energie / Effacement énergétique / Stratégie de contrôle / Matériau à changement de phase / Stockage thermique / Échangeur Thermique / Simulation thermique / Confort thermique / Qualité de l'air intérieur.

Consultable sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01559651

Laboratoire de Tribologie
et Dynamique des Systèmes

GABORIT Philippe

Comportement thermomécanique des structures de chaussées bitumineuses

Thèse de doctorat en Génie civil, Ecole doctorale MEGA, < 2015-ENTP-0004 >, préparée sous la direction de H. Di Benedetto (LTDS/ENTPE), 318 p.

Date de soutenance : 19/06/2015

Résumé : Le groupe autoroutier APRR/AREA gère un patrimoine constitué de 2300 km d'autoroute. Pour en connaître l'état, les chaussées de l'ensemble de ce réseau sont régulièrement auscultées à l'aide d'appareils de mesures non destructifs circulant dans le trafic. Ces auscultations permettent de déterminer les défauts de profil de la chaussée, d'évaluer l'adhérence et enfin d'évaluer la portance globale. Ces auscultations permettent de donner une image assez correcte de l'état de surface. Cependant, les méthodes actuelles de détermination et de prévision de l'endommagement des structures de chaussées à partir des données obtenues sont peu fiables. Il est donc nécessaire de développer une méthode permettant d'accéder de manière non destructive aux performances des structures de chaussée en introduisant le comportement fortement thermo-susceptible et visqueux des matériaux. L'objectif de la thèse est de mettre en place une procédure d'analyse inverse donnant accès aux comportement des matériaux de chacune des couches de chaussées ainsi qu'à leur évolution au cours du temps à partir des mesures de portance. Une première étape vise à définir plus précisément les états de contraintes et déformation existants dans les différentes couches de chaussées. Pour cela, une instrumentation de chaussée a été mise en œuvre sur l'autoroute A41N. 50 capteurs de déformation et de température ont été répartis sur deux sites, permettant de mesurer les déformations dans chacune des couches. Des campagnes de mesures effectuées régulièrement sous balisage permettent de connaitre le comportement de la structure sous différentes conditions de sollicitation. En parallèle, des matériaux de chaussée sont prélevés sur le site. Des essais de module complexe sont alors réalisés afin de déterminer les propriétés viscoélastiques des matériaux. Les résultats de ces essais sont comparés aux simulations, ce qui permet de valider et affiner les hypothèses utilisées pour les calculs inverses. Par ailleurs, des mesures de déflexion ont été réalisées à la surface de la chaussée avec un curviamètre. Les déflexions mesurées ont été comparées à celles calculées à l'aide d'une modélisation optimisée sur les déformations mesurées. Un écart important est apparu entre les déflexions mesurées et celles calculées. Une critique des hypothèses permettant de déduire le bassin de déflexion avec le curviamètre a alors été émise. Le fruit de ce travail permettra d'optimiser la gestion du patrimoine et d'anticiper de manière précise les besoins en entretien des structures de chaussées.

Mots-clés : Chaussée bitumineuse épaisse / Comportement des matériaux / Instrumentation de chaussée / Essai de laboratoire / Essai in situ / Modélisation viscoélastique / Caractérisation thermomécanique / Auscultation de chaussée.

LEI Xiaoqin

Theoretical modelling of coupled chemo-hydro-mechanical behaviour of unsaturated expansive clays

Thèse de doctorat en Génie civil, Ecole doctorale MEGA, < 2015iSAL0074 >, préparée sous la direction de H. Wong (LTDSCNRS) et A. Limam (LGCIE/INSA), 207 p.

Date de soutenance : 10/09/2015

Résumé : Expansive clays used in engineering practice are usually unsaturated and are sensitive to chemical composition of the in-pore solution. To analyse the complex coupled problems involved, an efficient mathematical model which can account for these chemo-hydro-mechanical behaviours has been developed. In this thesis, expansive clays are conceptualised into three-phase multi-species porous media. Based on the modified mixture theory and irreversible thermodynamics, a thermo-electro-chemo-hydro-mechanical framework has been developed. The Clausius-Duhem inequality, which governs the dissipations associated with mechanical work, phase transformation, mass transport and thermal transport, is rigorously derived. Based on this thermodynamic framework, constitutive laws for bulk liquid and salt mass transport, free and adsorbed water inter-phase mass transfer, and the chemo-elastic-plastic deformations of soil skeleton have been developed. The model has been implemented into the FEM software Bil and validated by simulating available experimental data on Boom Clays. What's more, the salt infiltration process into an unsaturated expansive clay layer has been simulated to illustrate the applicability of the model.

Mots-clés : Thermodynamics / Clausius-Duhem inequality / Poromechanics / Chemo-mechanical / Elastic- plasticity / Unsaturated expansive clay.

Laboratoire d'Ingénierie
Circulation Transports

BAOUCHE Fouad

Outils pour l'optimisation de la consommation des véhicules électriques

Thèse de doctorat en Génie civil, Ecole doctorale MEGA, < 2015-ENTP-0003 >, préparée sous la direction de N. E. El Faouzi (LICIT/IFSTTAR) et T. Rochdi (IFSTTAR), 165 p.

Date de soutenance : 02/06/2015

Résumé : Le contexte écologique et économique actuel incite les autorités et le public à la réduction des émissions de CO2 et les dépendances vis-à-vis des hydrocarbures. Le transport représente 23 % des émissions de polluants dans le monde, et ce chiffre passe à 39 % pour la France. L'adoption de nouvelles solutions de transport est primordiale pour la réduction de ces émissions. L'électromobilité représente une alternative viable aux véhicules thermiques conventionnels. Si les véhicules électriques permettent une mobilité avec zéro émission, certaines de leurs caractéristiques empêchent leur développement. Les principaux freins à l'adoption de ce type de véhicules sont l'autonomie limitée, le faible déploiement des stations de recharge en milieu urbain (et extra urbain) ainsi que les temps de recharge importants. Aussi, afin de promouvoir l'usage de ce type de mobilité, il incombe de développer des outils visant à optimiser la consommation électrique tenant compte des caractéristiques liées à ce type de mobilité. C'est l'objectif de ce travail de thèse qui se focalise sur le développement d'outils permettant d'optimiser l'usage de véhicules électriques. Pour ce faire, trois grands axes sont définis : la modélisation des véhicules électriques, l'affectation des stations de recharge et le choix d'éco-itinéraires. La première partie de cette thèse s'intéresse à l'estimation de la consommation des véhicules électriques ainsi qu'à la présentation de la librairie de modèles dynamiques VEHLIB d'estimation de la consommation de ce type de véhicules. La seconde partie est consacrée à l'affectation optimale des stations de recharge. Une méthodologie de déploiement d'infrastructures de recharge est proposée pour la ville de Lyon avec prise en compte de la demande de mobilité issue des enquêtes ménages déplacements. La troisième partie de la thèse s'intéresse à la thématique du choix d'éco-itinéraire (green routing). Celle-ci aboutit à la proposition d'une méthodologie multi-objectif de recherche de stations de recharge afin de déterminer des itinéraires optimaux avec déviation vers ces stations lorsque l'état de charge de la batterie du véhicule ne permet pas de terminer le trajet. Pour finir, une expérimentation a été réalisée à l'aide d'un véhicule électrique équipé de capteurs de position et de consommation pour d'une part valider les méthodologies proposées et d'autre part analyser les facteurs exogènes qui influent sur la consommation des véhicules électriques.

Mots-clés : Energie / Batterie / Optimisation / Itinéraire / Station de charge / Véhicule électrique / Durée du trajet / Itinéraire routier.

Consultable sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01336982

CUNIASSE Pierre-Antoine

Etude théorique et expérimentale des phénomènes de congestion sur un réseau ferroviaire urbain

Thèse de doctorat en Génie civil, Ecole doctorale MEGA, < 2015-ENTP-0007 >, préparée sous la direction de C. Buisson (LICIT/IFSTTAR) et J. Rodriguez (ESTAS/IFSTTAR), 158 p.

Date de soutenance : 06/11/2015

Résumé : Depuis une vingtaine d'années, les problématiques de transport public en région parisienne sont devenues une préoccupation majeure. Pour les usagers qui consacrent en moyenne environ deux heures quotidiennement à leurs déplacements domicile-travail, la qualité de l'offre de transport est un enjeu majeur. La société nationale des chemins de fer français qui exploite la majeure partie du réseau ferré dans cette région joue un rôle central dans l'organisation des transports. Mais, à l'opposé des attentes qui pèsent sur ce secteur, le trafic ferroviaire rencontre un certain nombre de dysfonctionnements. En s'inscrivant dans une démarche globale de remise en question des principes d'exploitation ferroviaire en zone dense, cette thèse apporte un regard nouveau sur l'origine des retards qui affectent des trains. Un modèle simple qui permet d'étudier la congestion du trafic ferroviaire sous l'influence de perturbations aléatoires est proposé. En s'inspirant des outils du trafic routier et tout particulièrement du diagramme fondamental de réseau, on définit pour le ferroviaire le diagramme fondamental de ligne ferroviaire qui permet de représenter le débit en fonction de la concentration sur une portion de ligne ferroviaire. Cet outil est ensuite utilisé pour comparer les résultats issus de notre modèle à un jeu de données mesuré sur deux lignes de chemin de fer de la région parisienne. Cette comparaison montre que notre modèle permet de reproduire qualitativement les phénomènes de congestion du trafic observé sur les cas réels.

Mots-clés : Trafic ferroviaire / Zone dense / Congestion / Diagramme fondamental l / Modélisation stochastique / Retard.

HANS Etienne

Modélisation des lignes de bus pour la prévision temps-réel et la régulation dynamique

Thèse de doctorat en Génie civil, Ecole doctorale MEGA, < 2015-ENTP-0006 >, préparée sous la direction de N. Chiabaut (LICIT/ENTPE) et L. Leclercq (LICIT/IFSTTAR), 161 p.

Date de soutenance : 29/10/2015

Résumé : Le bus est le moins cher des transports en commun. En contrepartie, il est beaucoup plus difficile à exploiter que le tramway ou le métro qui sont mieux protégés des influences extérieures. Un exemple typique est l'apparition de trains de bus, groupes de véhicules appartenant à la même ligne et arrivant ensemble à un arrêt. Ce phénomène augmente le temps d'attente moyen des usagers aux arrêts et induit un mauvais usage des bus disponibles. Cette thèse développe les outils permettant de garantir la régularité des lignes. Les recherches menées au cours de cette thèse s'articulent suivant deux directions. Un premier constat est que les modèles de lignes de bus existants ne prennent pas en compte les éléments extérieurs que sont les feux de circulation et le trafic environnant. L'absence d'une modélisation mixte intégrant aussi bien les dynamiques internes des lignes que les influences extérieures contraint fortement la diversité des stratégies de contrôle qui ont été proposées jusqu'ici. En effet, les régulations s'appliquent principalement au niveau des arrêts par l'intermédiaire des conducteurs et ne cherchent jamais à réguler le trafic à l'aide des feux de circulation. Un premier axe de recherche développé dans cette thèse est le raffinement des modèles de bus pour prendre en compte le trafic. Plusieurs méthodes d'estimation de temps de parcours sur un boulevard à feu sont proposées. Elles sont basées sur le modèle LWR, compromis fort satisfaisant entre simplicité d'usage et robustesse pour reproduire des situations réelles. Un second constat est que les stratégies de régulation classiques ne sont que rarement basées sur une prévision à court-terme de l'état du système. Elles sont donc souvent actionnées une fois que la situation est trop dégradée, ce qui les rend parfois inaptes à compenser l'instabilité des lignes. Le deuxième axe de recherche consiste à appliquer les modèles raffinés dans un contexte d'exploitation en temps-réel. Le modèle prévoit l'évolution des lignes de bus à court terme, ce qui permet d'actionner préventivement une stratégie de régulation adaptée. En particulier, une méthode de prévision à court terme est développée et testée sur des données réelles. Elle est ensuite combinée à une méthode récente de contrôle des bus.

Mots-clés : Ligne de bus / Irrégularité / Modélisation mésoscopique / Temps d'arrêt / Temps de parcours / Distribution / Modèle LWR / Théorie variationnelle / MFD / Calage / Prévision / Temps réel / Régulation.

Consultable sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01499453

Laboratoire d'Ecologie
des Hydrosystèmes Naturels
et Anthropisés

GRASSET Charlotte

Eutrophisation des zones humides : conséquences pour la qualité, la décomposition des plantes aquatiques et les flux de carbone

Thèse de doctorat en Ecologie, Ecole doctorale Evolution Ecosystèmes Microbiologie Modélisation, < Lyon1 : 32-2015 >, préparée sous la direction de G. Bornette (Université de Franche-Comté) et de C. Delolme (LEHNA/ENTPE), 207 p.

Date de soutenance : 11/03/2015

Résumé : L'eutrophisation est une des principales menaces pesant sur les écosystèmes aquatiques. Cette thèse a pour objectifs de déterminer le rôle des paramètres abiotiques liés à l'eutrophisation, notamment la concentration en phosphore total, sur 1) la composition chimique des communautés végétales aquatiques, 2) leur décomposition et 3) les flux de C dans les zones humides. 1. Trois espèces aquatiques représentatives des trois stratégies adaptatives de Grime (i.e. compétitive, rudérale et stress tolérante) sont sélectionnées dans des zones humides distribuées le long d'un gradient de phosphore. Les espèces compétitives et rudérales ont une concentration en lignine significativement plus faible que l'espèce stress tolérante. Pour une même espèce, la teneur en eau augmente avec la concentration en phosphore de l'habitat et l'allocation en composés carbonés (amidon et/ou lignine) varie également significativement. 2. La composition des plantes aquatiques a un fort effet sur leur décomposition, les espèces rudérales et compétitives se décomposant plus vite, d'autant plus si elles se sont développées dans des sites riches en nutriments. 3. Dans les milieux eutrophes, les communautés végétales contribuent à l'augmentation des émissions de CH4 et diminuent les émissions de CO2 mesurées pendant la journée, probablement directement, au travers de leur qualité, de leur vitesse de décomposition, et des quantités de matières produites, et indirectement, au travers de leur position dans la lame d'eau. Le niveau d'eutrophisation des écosystèmes doit donc être pris plus explicitement en compte dans les modèles d'estimation des flux de carbone des milieux aquatiques d'eau douce

Mots-clés : Carbone / Décomposition / Eutrophisation / Plante aquatique.

ORIAS Frédéric

Contribution à l'évaluation des risques écotoxicologiques des effluents hospitaliers

Thèse de doctorat en Environnement, Ecole doctorale Chimie de Lyon, < 2015-ENTP-0005 >, préparée sous la direction d'Y. Perrodin (LEHNA/ENTPE), 167 p.

Date de soutenance : 26/06/2015

Résumé : Les hôpitaux génèrent des effluents riches en résidus pharmaceutiques (RP), fonctions de leurs activités de soins et de diagnostic. Certains de ces RP sont aujourd'hui retrouvés de manière ubiquitaire dans les écosystèmes aquatiques, en raison de leurs propriétés persistantes et/ou de leur émission continue. La variété de ces RP est telle qu'il est nécessaire de les hiérarchiser, en fonction des risques qu'ils représentent pour l'Environnement, à des fins d'étude et de gestion. Un de ces risques est le transfert des RP bioaccumulables (i.e. Kow élevé et faible biodégradabilité) dans les chaînes alimentaires, via les processus de bioconcentration, de bioaccumulation et de bioamplification. L'objectif principal de cette thèse est de caractériser expérimentalement la bioconcentration et la bioaccumulation de molécules identifiées comme prioritaires dans des travaux précédents. Le composé modèle que nous avons choisi est le tamoxifen, molécule utilisée contre le cancer du sein et déjà retrouvé dans l'Environnement. Les organismes étudiés, issus des trois niveaux trophiques de la chaine alimentaire modèle, sont *Pseudokirchneriella subcapitata*, *Daphnia magna* et *Danio rerio*. Pour mesurer la teneur de cette molécule dans les organismes, nous avons développé une méthode d'analyse reposant sur l'utilisation d'une molécule marquée par un isotope stable, le 15N tamoxifen. Nous avons mesuré des facteurs de bioconcentration (BCF) allant de 12800 chez *D. magna* à 85600 dans le foie de *D. rerio* en passant par 21500 chez *P. subcapitata*. Chez ces derniers, nous avons également évalué la part du régime alimentaire dans la bioaccumulation du tamoxifen. Nous avons observé que plus la concentration dans le milieu d'exposition est faible, plus le régime alimentaire contribue à la bioaccumulation. Ces travaux de thèse présentent de nombreuses perspectives que l'on peut regrouper autour de deux axes : connaissance de l'écotoxicité des RP et de l'écotoxicologie isotopique.

Mots-clés : Effluent hospitalier / Résidu pharmaceutique / Bioconcentration / Bioaccumulation / Isotope stable / Tamoxifen.

Consultable sur : http://www.graie.org/Sipibel/publications/these-F.Orias-bioaccumulation-medicaments-sipibel2015.pdf

Environnement Ville Société
Recherches Interdisciplinaires
Ville, Espace, Société

LE NOAN Robin

La continuité par le changement - Les changements comme facteurs de stabilité dans la conduite de l'action publique de gestion des risques industriels à Pont-de-Claix (1971-2011)

Thèse de doctorat en Science politique, Ecole doctorale de Sciences sociales, < lyon2.2015.le_noan_r >, préparée sous la direction de C. Dourlens (Université de Saint-Etienne), 443 p.

Date de soutenance : 25/09/2015

Résumé : Depuis 1971, les politiques publiques de gestion et de prévention des risques industriels ont connu de nombreux changements. Notre travail analyse les modalités d'élaboration et de mise en œuvre des politiques de gestion des risques industriels à Pont-de-Claix depuis les années 1970. En s'intéressant à ce territoire, nous cherchons à identifier et à qualifier la nature et l'ampleur des changements de la conduite locale de l'action publique. Nous mettons alors au jour l'existence d'un système institutionnel local en charge de la gestion des risques industriels, qui reste stable dans le temps malgré les changements des cadres législatifs et réglementaires et les recompositions du contexte socioéconomique de la commune. Notre travail montre comment, en définitive, les changements de l'action publique et leur mise en œuvre sur le territoire pontois contribuent à assurer la stabilité du système identifié. Pour soutenir cette thèse, nous étudions notre objet au travers d'un cadre d'analyse institutionnaliste de l'action publique et de ses changements. En identifiant plusieurs niveaux de changements institutionnels de l'action publique, cette approche permet de discuter des changements de l'action publique, de leurs origines comme de leurs finalités. En définitive, ce cadre analytique permet de comprendre comment, sur ce territoire, l'ensemble transformations et recompositions de ces politiques participent de la stabilité du système institutionnel mis au jour.

Mots-clés : Risque industriel / Action publique locale / Système institutionnel / Stabilité.

Thèses soutenues
2016

Laboratoire Génie Civil et Bâtiment

GILLE Laure Anne

Caractérisation physique et perceptive de différentes compositions de trafic routier urbain pour la détermination d'indicateurs de gêne en situation de mono-exposition et de multi-exposition

Thèse de doctorat en Acoustique, Ecole doctorale MEGA, < NNT : 2016LYSET005 >, préparée sous la direction de C. Marquis-Favre (LGCB), 152 p.

Date de soutenance : 01 /07/2016

Résumé : Le bruit de la circulation routière, et en particulier le bruit des deux-roues motorisés, constituent une importante source de gêne sonore. Afin d'estimer l'exposition sonore dans les villes de plus 100 000 habitants, la directive européenne 2002/49/CE impose la réalisation de cartes de bruit stratégiques, basées sur l'indice L_{den}. Cet indice est également utilisé dans des relations exposition-réponse, afin de prédire les pourcentages de personnes gênées, notamment par le bruit du trafic routier. En couplant les cartes de bruit stratégiques et ces relations exposition-réponse, des cartes de gêne pourraient être établies. Toutefois, la pertinence de cet indice pour prédire la gêne due au bruit en milieu urbain est souvent remise en cause, car de nombreux facteurs acoustiques influents (*e.g.* les caractéristiques spectrales et temporelles) ne sont pas pris en compte par cet indice. Cette thèse vise à améliorer la caractérisation de la gêne due au bruit de trafic routier urbain en considérant différentes compositions de trafic et la présence des deux-roues motorisés. Dans ce but, des expériences sont menées en conditions contrôlées. Une première étude a porté sur l'influence de plusieurs facteurs acoustiques relatifs aux périodes de calme et aux bruits de passage de véhicules sur la gêne due au bruit de trafic routier urbain. Cette étude a conclu à l'influence de la présence de périodes de calme et du nombre de véhicules au sein du trafic routier urbain et à l'absence d'influence de l'ordre des véhicules routiers, de la position et de la durée des périodes de calme. Ces résultats ont été utilisés afin de mener la caractérisation physique et perceptive de différentes compositions de trafic routier urbain. La régression multi-niveau a été utilisée pour calculer la gêne, en considérant 1) des facteurs acoustiques influents à l'aide de combinaisons pertinentes d'indices et 2) un facteur non acoustique : la sensibilité au bruit. Dans les villes, le bruit routier est souvent entendu en situation de multi-exposition avec d'autres bruits. Dans le cadre de ces travaux de thèse, les situations de multi-exposition aux bruits routier et d'avion ont été étudiées. Pour cela, un travail semblable à celui mené pour le bruit de trafic routier urbain a été mené pour le bruit d'avion conduisant également à des combinaisons pertinentes d'indices. En vue de caractériser les gênes dues aux bruits de trafic routier et d'avion pour des situations de multi-exposition sonore, les données des précédentes expériences ainsi que celles d'une expérience conduite en situation de multi-exposition à ces bruits combinés ont été utilisées au travers d'une régression multi-niveau adaptée, comme cela a pu être mené dans la littérature. La régression multi-niveau a ainsi permis la proposition de modèles de gêne pour chaque source de bruit. Puis, la gêne totale due à des situations de multi-exposition à ces bruits a été étudiée, afin de mettre en évidence les phénomènes perceptifs mis en jeu. Des modèles de gêne totale ont été proposés, en utilisant les modèles de gêne due à chaque source. Enfin, les modèles de gêne obtenus pour chaque source et les modèles de gêne totale ont été confrontés aux données d'une enquête socio-acoustique. A cet effet, une méthodologie a été proposée afin d'estimer les différents indices des modèles à partir des valeurs du L_{den}, issues de cartes de bruit et utilisées pour définir l'exposition au bruit des personnes enquêtées. Cette confrontation a montré que les modèles proposés à partir d'expériences menées en laboratoire et couplés à la méthodologie d'estimation des indices à partir des valeurs du L_{den} permettent une bonne prédiction de la gêne *in situ*.

Mots-clés : Gêne sonore de court terme / Gêne sonore de long terme / Bruit de trafic routier urbain / Bruit d'avion / Deux-roues motorisé / Mono-exposition / Période de calme / Sensibilité au bruit / Multi-exposition sonore / Gêne totale / Expérience en laboratoire / Environnement simulé / Enquête socio-acoustique.

TOURASSE Guillaume

Mesure et Analyse Statistique Tout Temps du Spectre du Rayonnement Solaire

Thèse de doctorat en Energétique, Ecole doctorale MEGA, < NNT : 2016LYSET014 >, préparée sous la direction de D. Dumortier (LGCB), 271 p.

Date de soutenance : 19/12/2016

Résumé : Ce document présente la mise en place d'un système de mesure des éclairements énergétiques spectraux solaires pour tout type de temps, sur 4 plans. Les 4 spectromètres mesurent au total 900 spectres/min et produisent chacun un spectre/min moyen et son écart type. Entre 2014 et 2015, 700 000 spectres ont été enregistrés sur un domaine compris entre 400 et 1000 nm avec un pas ≤1 nm. Un échantillon de 145 000 spectres représentatifs du climat lyonnais a été sélectionné pour une analyse statistique. Pour ce faire, l'échantillon a été réduit par partitionnement à 1175 spectres. Son domaine spectral a été étendu de 280 à 1500 nm à l'aide du RTM SMARTS. Une ACP de cet échantillon extrapolé a permis d'en réduire la description à 3 composantes et ainsi de réviser le modèle des illuminants D de la CIE. Enfin, la relation entre composition spectrale et paramètres environnementaux ou colorimétriques ouvre une voie vers des modèles statistiques de génération de spectres du rayonnement solaire.

Mots-clés : Mesure au sol / Etalonnage / Eclairement énergétique spectral / Climatologie spectrale / Représentativité climatique / Partitionnement de données / Extrapolation spectrale / Analyse en composantes principales / Illuminants D / Paramètre météorologique / Colorimétrie /Modèle statistique / Tout temps.

Consultable sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01466

Laboratoire de Tribologie
et Dynamique des Systèmes

BABAZ Mathieu

Prédiction des instabilités dynamiques couplées aux non-linéarités dans les lignes de téléportés monocâbles

Thèse de doctorat en Dynamique des structures, Ecole doctorale MEGA, < NNT : 2016LYSEC013 >, préparée sous la direction de L. Jézéquel (LTDS/ECL), F. Thouverez (LTDS/ECL) et C.-H. Lamarque (LTDS/ENTPE)

Date de soutenance : 05 /04/2016

Résumé : Les lignes de téléportés monocâbles (télésièges et télécabines) sont très utilisées dans le Monde entier pour transporter des personnes dans les stations de sport d'hiver et les sites touristiques. Leur potentiel de développement est très élevé, en particulier dans des contextes urbains et péri-urbains en tant que moyens de transport en commun. Avec l'augmentation des performances au cours des dernières décennies, notamment en termes de vitesse, capacité de transport et longueur de portées plus élevées, des effets dynamiques inattendus sont apparus. En particulier, des instabilités sous forme d'oscillations verticales de certaines portées, portant le nom de « pompage » dans la profession, se sont manifestées de manière imprévisible sur quelques lignes, ainsi que des balancements importants de véhicules au franchissement de certains pylônes. Les accélérations engendrées par ces deux phénomènes sont potentiellement sources d'inconfort dynamique pour les passagers. Les solutions généralement mises en œuvre pour remédier à cette problématique, basées sur l'empirisme, se sont révélées coûteuses et n'ont fourni que des corrections a posteriori. L'ambition des travaux de thèse présentés dans ce mémoire était d'apporter une dimension prédictive afin d'anticiper les risques d'instabilités dynamiques dès le stade de la conception des lignes. Pour cela, une meilleure compréhension des mécanismes à l'origine du pompage et des forts balancements était nécessaire. Une étude combinant théorie, calculs numériques et essais a été menée tant à l'échelle d'une portée que d'une ligne de téléporté monocâble complète. Le pompage serait finalement dû à une mise en résonance paramétrique de certaines portées par une excitation provenant du franchissement des pylônes par les véhicules répartis de manière équidistante sur l'ensemble de la ligne, et propagée par le câble. Les balancements importants des véhicules viendraient d'une amplification de leur mouvement pendulaire lors du franchissement de deux pylônes successifs. Les paramètres d'influence ont été identifiés et des outils de conception ont été développés pour limiter les risques d'apparition de ces phénomènes dynamiques par des critères qualitatifs. Des modèles de simulation ont également été réalisés avec pour objectif de prédire quantitativement les accélérations ressenties par les passagers et ainsi aboutir à un dimensionnement des lignes vis-à-vis de critères de confort objectifs. Une confrontation des résultats des calculs avec les données expérimentales récoltées au cours de plusieurs campagnes d'essais dynamiques a été faite. Enfin, des idées de dispositifs techniques basés sur des principes de contrôle passif, semi-actif voire actif ont été émises dans le but de réduire l'amplitude des oscillations subies par les véhicules. Les résultats de cette thèse seront exploités par l'entreprise POMA, constructeur français parmi les leaders mondiaux du transport par câble.

Mots-clés : Dynamique / Non-linéarité / Stabilité / Résonance paramétrique / Equation de Hill / Pompage / Transport par câble / Confort / Téléphérique.

Thèse confidentielle pendant 5 ans (http://www.theses.fr/2016LYSEC013).

GAYTE Pierre

Modélisation du comportement thermo-viscoplastique des enrobés bitumineux

Thèse de doctorat en Génie civil, Ecole doctorale MEGA, < NNT : 2016LYSET008 >, préparée sous la direction de H. Di Benedetto (LTDS/ENTPE) et C. Sauzéat (LTDS/ENTPE), 320 p.

Date de soutenance : 10/10/2016

Résumé : Cette thèse a été réalisée dans le cadre d'une convention entre le Cerema (Centre d'Etude et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement) et l'ENTPE (Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat). Ce travail concerne l'étude et la modélisation du comportement des enrobés bitumineux, dans les domaines des petites et grandes déformations, soit respectivement les comportements viscoélastique et viscoplastique. Après une étude bibliographique portant sur les propriétés mécaniques des enrobés bitumineux en petites et grandes déformations et la présentation des modèles de comportement viscoélastique linéaire et viscoplastique, ce mémoire s'organise en cinq chapitres. Les deux premières parties concernent le développement du modèle DBN, et la description de la version introduite dans cette thèse : la version EPPI (Elastique Parfaitement Plastique Isotrope). Cette formulation tridimensionnelle vise à décrire les comportements viscoélastique et viscoplastique des enrobés bitumineux avec un formalisme unique, suffisamment simple pour être implémenter dans un code de calcul aux éléments finis. Le modèle est ensuite développé et implémenté dans un code de calcul homogène, permettant ainsi de réaliser des simulations d'essais expérimentaux classiques. Les deux chapitres suivants traitent de la campagne expérimentale réalisée dans cette thèse. Il s'agit d'abord de décrire l'ensemble des procédures et conditions d'essais. Deux types d'essais sont réalisés : module complexe pour la caractérisation du comportement viscoélastique et traction simple pour la caractérisation du comportement viscoplastique. Ensuite, l'ensemble des résultats expérimentaux et observations issus de cette campagne sont présentés et permettent de dessiner quelques conclusions. Enfin, le dernier chapitre traite des simulations réalisées à partir du modèle DBNEPPI. Ces résultats permettent dans un premier temps de tester la validité du modèle (essais de module complexe, essais cycliques de traction-compression). Enfin une étude des effets transitoires lors des essais de module complexe est présentée.

Mots-clés : Comportement des enrobés bitumineux / Modèle DBN (Di Benedetto-Neifar) / Viscoélasticité / Viscoplasticité / Modélisation.

HOLUR NARAYANASWAMY Abhilash

Mechanical testing procedure for local building materials: rammed earth and laterite building stones

Thèse de doctorat en Génie Civil, Ecole doctorale MEGA, < NNT : 2016LYSET015 >, préparée sous la direction de C.-H. Lamarque (LTDS/ENTPE) et J.-C. Morel (Université de Coventry), 165 p.

Date de soutenance : 19 /12/2016

Résumé : Locally available building materials are proven energy efficient and eco-friendly, making them a sustainable building material. In the last two decades, use of raw earth as building material is augmented, owing to the environmental concerns construction industry is also reconsidering the use of raw earth, researchers on the other hand are working to understand the mechanical and dynamic behaviour of earthen buildings, yet the study of mechanical parameters possess multiple challenges due to material inert properties exposing the need of new experimental approaches to extract accurate mechanical parameters. Building techniques such as adobe, compressed earth blocks, rammed earth, and laterite building stones are on a verge of reclaiming elite position in construction industry. In this study, experimental investigation on two naturally available building materials, unstabilised rammed earth (USRE) and laterite building stones (LBS) are carried out. The work focuses on the parameters that need to be considered in the experimental procedures, which influences the mechanical properties of USRE and LBS are seen. The locally available soils in the region of Rhone-alps, France and laterite building stones from Burkina Faso are used in this experimental campaign.

Mots-clés : Rammed earth / Laterite building stone / Mechanical test / Interface test (wedge technique) / Cyclic loading and unloading / Elasto-plastic behavior / Irreversible strain / Hygro-thermal test / Dynamic vapour sorption / Moisture buffering (NORD's test).

LAI Ba Tien

Modélisation du comportement des sols fins quasi-saturés comportant de l'air occlus

Thèse de doctorat en Génie civil, Ecole doctorale MEGA, < NNT : 2016LYSET001 >, préparée sous la direction de H. Wong (LTDS/CNRS) et A. Fabbri (LTDS/ENTPE), 179 p.

Date de soutenance : 08 /04/2016

Résumé : Lors du dimensionnement des ouvrages en terre : remblais, digues, on observe que la plupart des matériaux sont compactés à optimum Proctor ou coté humide. En général, ce compactage implique que le sol se trouve dans un état où le degré de saturation est très élevé. Cruz et al (1985) ont montré qu'à un degré de saturation élevé (supérieur à 85%, voire 90% dans le cas de certains sols), la phase liquide est continue alors que l'air présent sou forme de bulles est occlus ; ce qui rend le comportement du sol complexe. L'élaboration d'un modèle de comportement pour ce type de sols nécessite une compréhension approfondie des phénomènes physico-mécaniques intervenant au sein de l'air occlus, de l'eau liquide contenant de l'air dissous et du squelette solide. Dans ce sens, un nouveau modèle hydromécanique a été développé. Ce modèle prend en compte le comportement physico-mécanique et la cinématique propre de chacun des constituants du milieu polyphasé (eau liquide, air dissous, air sous forme gazeuse et matrice solide). En particulier, dans ce modèle, nous tenons compte de la tension de surface, de la migration des phases gazeuse et liquide qui ont des impacts importants sur le comportement mécanique des sols. Le développement du modèle conduit à un système d'équations aux dérivées partielles fortement non linéaire qui peut être résolu numériquement en utilisant la méthode des éléments finis. Ce nouveau modèle a été implémenté dans un code de calculé crit en C++ « Hydromech », développé à l'origine par Pereira (2005), qui permet de simuler les essais œdométriques suivant différents trajets de chargement. En particulier, ce code de calcul permet de simuler de façon cohérente la transition entre différents régimes de saturation, aussi bien dans l'espace (translation progressive d'une frontière entre deux régimes voisins) que dans le temps (passage d'un régime à l'autre en un point donné) ; ce qui constitue un problème de modélisation difficile. Les études numériques réalisées montrent que ce modèle donne des résultats cohérents et mettent en évidence sa capacité à simuler avec précision le comportement hydromécanique des sols quasi-saturés comportant de l'air occlus.

Mots-clés : Sol quasi-saturé / Couplage hydromécanique / Dissolution d'air / Passage continu.

MBAILASSEM Fulbert

Contrôle du bruit par effets de localisation par géométrie irrégulières

Thèse de doctorat en Acoustique, Ecole doctorale MEGA, < NNT : 2016LYSEI095 >, préparée sous la direction de Q. Leclère (LVA/INSA) et E. Gourdon (LTDS/ENTPE), 155 p.

Date de soutenance : 07 /10 /2016

Résumé : En acoustique, le contrôle passif qui consiste à utiliser les systèmes absorbants (matériaux, plaques perforées…), reste le moyen le plus employé pour la réduction du bruit. Ces systèmes absorbants possèdent des performances acoustiques variables suivant leur type, suivant la gamme fréquentielle du bruit, etc. Malgré leur large utilisation, certains systèmes absorbants présentent de nombreuses insuffisances liées à leur efficacité et/ou leur prix. Le but de cette thèse est d'étudier dans les détails le phénomène de localisation et son lien avec la dissipation de l'énergie sonore en vue d'une possible application de correction du bruit. La localisation est un phénomène physique induit par les irrégularités géométriques et qui se manifeste par le confinement de l'amplitude d'un mode acoustique dans une très petite fraction de volume du domaine considéré (cavité, salle). L'étude menée dans cette thèse a permis de montrer que la localisation a lieu dans les zones irrégulières formant des sous-cavités par rapport à un volume principal. De même, la fréquence d'un mode localisé est liée aux dimensions géométriques de sa zone de confinement. Par ailleurs, la concentration de fortes amplitudes vibratoires dans de très faibles volumes favorise le développement des mécanismes de dissipation viscothermiques à savoir de forts gradients de vitesse et de température entre la paroi et le cœur de la cavité. Grâce à ces mécanismes, les cavités irrégulières dissipent plus d'énergie sonore que les cavités à géométrie régulière. Les irrégularités géométriques renforcent également la capacité dissipative des matériaux poroélastiques. Cette étude est validée expérimentalement grâce à la réfracto-vibrométrie, une technique innovante utilisant le vibromètre laser pour mesurer la pression acoustique. Cette technique a l'avantage d'être non intrusive et moins encombrante contrairement aux microphones. Dans l'optique d'une application de la localisation pour dissiper le maximum d'énergie, une optimisation de la géométrie est à envisager.

Mots-clés : Irrégularité géométrique / Localisation acoustique / Dissipation acoustique /Analyse modale / Réfracto-vibrométrie.

PHAN Cong Viet

Comportement thermomécanique des matériaux bitumineux traités à la chaux

Thèse de doctorat en Génie civil, Ecole doctorale MEGA, < NNT : 2016ENTP0016 >, préparée sous la direction de H. Di Benedetto (LTDS/ENTPE).

Date de soutenance : 28 /06/2016

Résumé : Cette thèse s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre le Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes (LTDS/UMR CNRS) de l'Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat (ENTPE), l'entreprise LHOIST et l'entreprise EIFFAGE Infrastructures. L'objectif de la thèse est de caractériser le comportement thermomécanique des enrobés bitumineux contenant de la chaux hydratée, afin d'évaluer leurs propriétés mécaniques en vue d'une utilisation dans les couches structurelles de la chaussée. Le comportement viscoélastique linéaire (VEL) et la résistance à la fatigue ont été étudiés. Une partie de l'étude est réalisée sur des enrobés et l'autre partie est réalisée sur des mastics. 17 types d'enrobés bitumineux, un bitume pur et cinq mastics ont été étudiés. Les enrobés diffèrent par le type de liant, la teneur en liant et la teneur en chaux hydratée. Pour les enrobés contenant de la chaux hydratée, une partie du filler calcaire a été remplacée par la chaux hydratée avec la même masse. Hormis les trois paramètres variables, les enrobés bitumineux ont la même formulation. Pour le domaine de comportement VEL, les enrobés bitumineux ont été étudiés à l'aide de 2 types d'essais de module complexe : en flexion 2 points et en traction-compression. Les essais de module complexe sur les mastics et bitume ont été réalisés à l'aide d'un rhéomètre à cisaillement cyclique (DSR). Les résultats obtenus sont modélisés à l'aide du modèle analogique 2S2P1D qui a été développé à l'ENTPE. L'influence de la teneur en chaux hydratée et de la teneur en bitume sur des paramètres classiques du comportement ainsi que sur les paramètres du modèle 2S2P1D a été étudiée. De plus, la relation entre les propriétés thermomécaniques du bitume, des mastics et des enrobés correspondants a été vérifiée. Le comportement à la fatigue des enrobés bitumineux a été étudié en utilisant 2 types d'essais de fatigue : en flexion 2 points et en traction-compression. D'une part, les essais de fatigue en flexion 2 points permettent d'analyser l'influence de la teneur en chaux hydratée et de la teneur en bitume sur les paramètres de fatigue. D'autre part, les essais de fatigue en traction-compression ont été réalisés selon 2 protocoles : l'essai de fatigue avec estimation des effets biaisants qui sert à isoler et à quantifier les effets biaisants (non-linéarité, échauffement et thixotropie) et les variations non récupérées des propriétés VEL survenant lors des essais de fatigue en laboratoire et l'essai de fatigue continu qui sert à étudier l'évolution du module complexe dans l'essai de fatigue réalisé aux conditions différentes.

Mots-clés : Enrobé bitumineux / Mastic / Chaux hydratée / Viscoélasticité linéaire / Comportement à la fatigue / Effet biaisant.

Thèse confidentielle pendant 10 ans (jusqu'au 28/06/2026).

RAMIREZ CARDONA Diego Alejandro

Characterization of thermomechanical properties of bituminous mixtures used for railway infrastructures

Thèse de doctorat en Génie civil, Ecole doctorale MEGA, < NNT : 2016LYSET009 >, préparée sous la direction de H. Di Benedetto (LTDS/ENTPE), 215 p.

Date de soutenance : 14/11/2016

Résumé : Le travail de recherche présenté dans ce document a été réalisé dans le cadre d'une collaboration entre l'ENTPE/ Université de Lyon et la SNCF. L'objectif de l'étude est la caractérisation des propriétés thermomécaniques des enrobés bitumineux à être utilisés dans la construction de voies ferrées. Le comportement viscoélastique linéaire (VEL) et la résistance à la fatigue d'enrobés pour couche de base couramment utilisés en France ont été étudiés. L'influence de l'eau sur ces propriétés a été aussi étudiée du fait que l'exposition à l'eau des couches bitumineuses en structure ferroviaire peut les altérer et réduire la durée de vie de l'ouvrage. La caractérisation du comportement VEL et de la résistance à la fatigue des matériaux a été faite en réalisant des essais mécaniques en traction-compression sur des éprouvettes cylindriques au laboratoire LTDS/ENTPE. Une nouvelle procédure de conditionnement à l'eau et au gel a été proposée sur la base des méthodes d'essai normalisées française et américaine. La susceptibilité à l'eau des matériaux a été obtenue par comparaison des résultats des essais mécaniques entre éprouvettes conditionnées et non conditionnées. Le comportement VEL des matériaux a été simulé avec le modèle 2S2P1D, développée à l'ENTPE. Trois formules pour couche de base ont été testées : une GB3, une GB4 et une formule appelée GB PMB. Cette dernière est la même formule GB3 mais avec un bitume modifié aux polymères SBS. La GB3 sert comme matériau de référence. La GB4 est un matériau de meilleures performances que la GB3. La formule GB4 étudiée correspond à celle mise en place dans la couche sous-ballast de la Ligne à Grande Vitesse (LGV) Bretagne-Pays de Loire. L'intérêt d'étudier la GB PMB est de savoir si l'utilisation de bitumes modifiés aux polymères est pertinente dans un contexte ferroviaire ou pas. La zone test construite dans la LGV-Est Européenne près de la ville de Reims avec une couche sous-ballast en enrobé bitumineux a servi comme cas d'étude pour cette thèse. Les différents avantages de l'utilisation de matériaux bitumineux en structure ferroviaires retrouvée dans la bibliographie ont été confirmés avec le retour d'expérience sur cette zone test. Les résultats obtenus des travaux expérimentaux montrent que les trois formules étudiées présentent des capacités portantes (rigidité) suffisantes pour leur utilisation comme couche sous-ballast. La méthode de conditionnement à l'eau et au gel utilisée n'a pas altéré le comportement VEL des matériaux. En ce qui concerne les essais de fatigue, les résultats ont montré que l'utilisation d'un bitume modifié aux polymères augmente sensiblement la résistance à la fatigue de la GB3. La GB PMB a aussi montré une plus faible susceptibilité de la résistance à la fatigue à l'eau et au gel que la GB3. Du fait que les niveaux de sollicitation de la base de la couche d'enrobé de la zone test LVG EE sont très faibles, tous les matériaux étudiés présentent des propriétés satisfaisantes de résistance à la fatigue en couche sous-ballast.

Mots-clés : Enrobé bitumineux / Viscoélasticité / Résistance à la fatigue / Sous-ballast ferroviaire / Plateforme ferroviaire.

SOUDANI Lucile

Modelling and experimental validation of the hygrothermal performances of earth as a construction material

Thèse de doctorat en Génie civil, Ecole doctorale MEGA, < NNT : 2016LYSET011 >, préparée sous la direction d'A. Fabbri (LTDS/ENTPE) et M. Woloszyn (LOCIE/Université Savoie Mont Blanc), 233 p.

Date de soutenance : 04/12/2016

Résumé : La thèse s'inscrit dans un projet de recherche national (ANR Primaterre) qui a pour but d'étudier les performances (mécaniques et thermiques) réelles des matériaux de construction premiers à faible énergie grise que sont la terre crue et la limousinerie. Le travail de thèse se concentre sur les aspects thermiques et hygrothermiques de la terre crue, c'est-à-dire le couplage entre les transferts de masse d'eau (liquide et vapeur) et de chaleur au sein du matériau. Dans une première partie, une analyse des performances thermiques et hydriques d'une habitation comportant des murs en pisé (terre crue compactée) instrumentés a été réalisée. Cette étude a été complétée par la mesure, en laboratoire, des propriétés thermiques et hydriques du matériau. Le lien entre les paramètres matériaux mesurés et les performances (hygro)-thermiques a été appréhendé à la lumière d'un modèle numérique couplé, adapté aux caractéristiques particulières du matériau. Cette étude a mis en évidence que, de par leur aptitude à stocker puis restituer l'énergie solaire, leur capacité de stockage hydrique et la complexité des transports et changements de phases de l'eau se produisant en leur sein, les murs en terre crue présentent de nombreuses particularités qu'il convient de prendre en compte pour une bonne prédiction de leur impact sur les performances d'une habitation.

Mots-clés : Matériau terre / Hygrothermie / Mesure in-situ / Modélisation du couplage / Apport solaire / Remontée capillaire.

Consultable sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01585348

WEISS Mathieu

Conception de capteurs/absorbeurs utilisant la dynamique non linéaire pour la surveillance et le contrôle passif de structures

Thèse de doctorat en Génie civil, Ecole doctorale MEGA, < NNT : 2016LYSET002 >, préparée sous la direction de C.-H. Lamarque (LTDS/ENTPE) et B. Vaurigaud (CEREMA).

Date de soutenance : 13 /05/2016

Thèse confidentielle jusqu'en février 2019.

Laboratoire d'Ingénierie
Circulation Transports

DELHOME Raphaël

Modélisation de la variabilité des temps de parcours et son intégration dans des algorithmes de recherche du plus court chemin stochastique

Thèse de doctorat en Génie civil, Ecole doctorale MEGA, < NNT : 2016LYSET010 >, préparée sous la direction de N. E. El Faouzi (LICIT/ IFSTTAR), 212 p. + annexes

Date de soutenance : 01/12/2016

Résumé : La représentation des temps de parcours est un enjeu influençant la qualité de l'information transmise aux usagers des réseaux de transport. En particulier, la congestion constitue un inconvénient majeur dont la prise en compte n'est pas toujours maîtrisée au sein des calculateurs d'itinéraires. De même, les évènements comme les réductions de capacité, les perturbations climatiques, ou encore les pics de fréquentation incitent à dépasser la définition statique des temps de parcours. Des travaux antérieurs se sont focalisés sur des temps dynamiques, i.e. dépendant de la date de départ, de manière à affiner le détail de la représentation, et à prendre notamment en compte le caractère périodique des congestions. La considération d'informations en temps réel est aussi une amélioration indéniable, que ce soit lors de la préparation du trajet, ou lorsqu'il s'agit de s'adapter à des perturbations rencontrées en cours de route. Ceci dit, aussi fines qu'elles soient dans les calculateurs disponibles, ces modélisations présentent un inconvénient majeur : elles ne prennent pas en compte toutes les facettes de la variabilité des temps de parcours. Cette variabilité est très importante, en particulier si l'on considère le niveau d'aversion au risque des usagers. En outre, dans un réseau multimodal, les correspondances éventuelles rendent encore plus critique l'incertitude associée aux temps de parcours. En réponse à ces enjeux, les présents travaux de thèse ont ainsi été consacrés à l'étude de temps de parcours stochastiques, i.e. vu comme des variables aléatoires distribuées. Dans une première étape, nous nous intéressons à la modélisation statistique des temps de parcours et à la quantification de leur variabilité. Nous proposons l'utilisation d'un système de lois développé dans le domaine de l'hydrologie, la famille des lois de Halphen. Ces lois présentent les caractéristiques typiques des distributions de temps de parcours, elles vérifient par ailleurs la propriété de fermeture par l'addition sous certaines hypothèses afférentes à leurs paramètres. En exploitant les ratios de moments associés aux définitions de ces lois de probabilité, nous mettons également au point de nouveaux indicateurs de fiabilité, que nous confrontons avec la palette d'indicateurs classiquement utilisés. Cette approche holistique de la variabilité des temps de parcours nous semble ainsi ouvrir de nouvelles perspectives quant au niveau de détail de l'information, notamment à destination des gestionnaires de réseaux. Par la suite, nous étendons le cadre d'analyse aux réseaux, en utilisant les résultats obtenus à l'étape précédente. Différentes lois de probabilité sont ainsi testées dans le cadre de la recherche du plus court chemin stochastique. Cette première étude nous permet de dresser un panorama des chemins identifiés en fonction du choix de modélisation. S'il est montré que le choix du modèle est important, il s'agit surtout d'affirmer que le cadre stochastique est pertinent. Ensuite, nous soulevons la relative inefficacité des algorithmes de recherche du plus court chemin stochastique, ceux-ci nécessitant des temps de calcul incompatibles avec un passage à l'échelle industrielle. Pour pallier cette difficulté, un nouvel algorithme mettant en œuvre une technique d'accélération tirée du cadre déterministe est développé dans la dernière partie de la thèse. Les résultats obtenus soulignent la pertinence de l'intégration de modèles stochastiques au sein des calculateurs d'itinéraires.

Mots-clés : Temps de parcours / Variabilité / Plus court chemin / Accélération algorithmique.

Consultable sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01576746

GUERIAU Maxime

Systèmes multi-agents, auto-organisation et contrôle par apprentissage constructiviste pour la modélisation et la régulation dans les systèmes coopératifs de trafic

Thèse de doctorat en Informatique, Ecole doctorale Informatique et Mathématiques, < NNT : 2016LYSE1318 >, préparée sous la direction de R. Billot (Lab-STICC/ Télécom Bretagne) et S. Hassas (LIRIS/ Université de Lyon 1), 166 p.

Date de soutenance : 12/12/2016

Résumé : Dans un proche futur, les véhicules connectés et autonomes remplaceront nos véhicules actuels, et il sera nécessaire de repenser intégralement la mobilité. Le conducteur, avec ses lacunes, sera de plus en plus assisté, et un jour détrôné par un système embarqué, capable d'agir plus rapidement, tout en ayant une représentation plus précise et fiable de son environnement de navigation. Pourtant, il reste encore du chemin à parcourir avant d'arriver à un tel stade de maturité : l'environnement du véhicule est complexe, imprévisible et conflictuel, car partagé avec d'autres acteurs de la mobilité. Ce travail de thèse vise à anticiper l'arrivée de ces nouveaux véhicules afin de proposer des comportements coopératifs au niveau des véhicules et de l'infrastructure tout en permettant un contrôle décentralisé de ce type de système complexe. Dans le cadre d'une approche multi-agents et d'une architecture distribuée, nous proposons d'abord une modélisation par couplage des dynamiques physique et communicationnelle, auxquelles s'ajoute une intégration de la fiabilité de l'information (confiance). L'étape suivante a été de développer un cadre de simulation propice à l'implémentation de nos modèles dans le cas des véhicules connectés. Nous introduisons un nouveau simulateur de trafic, construit comme une extension d'une plateforme existante, au sein duquel les flux d'informations entre les véhicules et avec l'infrastructure prennent la forme d'échanges de messages. Toutes les informations du système proviennent de capteurs, et toutes les entités, modélisées comme des agents, sont autonomes dans leur prise de décision. De nouvelles formes de contrôle sont désormais envisageables en utilisant des consignes transmises par l'infrastructure communicante. Le couplage des dynamiques assure la cohérence et l'interdépendance des différents modèles dans le simulateur. Nous montrons en simulation que, grâce à l'intégration d'informations supplémentaires via la communication, les véhicules, modélisés par un modèle microscopique multi-anticipatif bilatéral, sont capables de réduire l'effet de perturbations propagées au sein d'un flux. En termes de stratégies de contrôle, une des problématiques principales est de garantir une forme de contrôle qui s'adaptera aux différentes phases de déploiement des systèmes coopératifs. L'analogie avec des problèmes de l'IA (problème de cognition) nous a mené à traiter le problème de manière plus abstraite : comment permettre à un système autonome de contrôler son environnement. Les approches constructivistes, que nous avons retenues, modélisent le processus de cognition comme un phénomène de construction itératif. Pour le trafic coopératif, l'avantage est de disposer d'un système capable de générer ses propres stratégies, en utilisant ou non des connaissances expertes, et de les faire évoluer au cours du temps pour s'adapter aux véhicules composant le flux. Les résultats de notre approche sont présentés dans deux cadres de simulation. Le premier est un prototype visant à illustrer les comportements de bas niveau dans un environnement simplifié. Nous montrons que le modèle est capable dans ce cadre de combiner différentes représentations individuelles pour construire une représentation et de s'adapter à différents contextes en les recombinant dynamiquement. Puis, dans le cadre de simulation du trafic coopératif, les résultats laissent entrevoir le potentiel de notre approche dans des applications réelles.

Mots-clés : Système Coopératif / Système Multi-Agents / Couplage / Simulation / Apprentissage / Constructivisme.

Consultable sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01504421

LAHAROTTE Pierre-Antoine

Contributions à la prévision court-terme, multi-échelle et multivariée, par apprentissage statistique du trafic routier

Thèse de doctorat en Génie civil, Ecole doctorale MEGA, < NNT : 2016LYSET013 >, préparée sous la direction de R. Billot (Lab-STICC/Télécom Bretagne) et de N. E. El Faouzi (LICIT/ IFSTTAR), 237 p.

Date de soutenance : 16/12/2016

Résumé : La maturité de la télématique et des technologies de l'information et la communication (TIC), ainsi que l'avènement du big data dans le transport ont conduit à des développements foisonnants dans le domaine des systèmes de transports intelligents (ITS), aussi bien sur le plan des technologies de recueil que du traitement innovant de l'information. Il est désormais possible de connaître les conditions de circulation et les états de trafic sur la plupart des sections d'un réseau routier sans avoir recours à des infrastructures intrusives de collecte de données, de transmettre l'information résultante via des réseaux sans fil et de traiter rapidement toutes ces données multi-sources disponibles. La constitution de grandes bases de données a naturellement fait évoluer la pratique de gestion du trafic et plus particulièrement les méthodes de prévision. Ces méthodes ont connu un renouveau en s'inspirant des travaux produits en apprentissage statistique. Néanmoins, la façon d'appréhender le problème de la prévision est restée à une échelle locale. Pour chaque section de route, un modèle de prévision est adapté et optimisé. Notre travail de thèse présente un cadre de prévision du trafic routier qui aborde la question à l'échelle du réseau. L'étude menée au sein de ces travaux de thèse vise à exposer et évaluer cette nouvelle approche, dite globale, au regard d'approches usuelles, puis à analyser sa sensibilité vis-à-vis de divers facteurs. Après un positionnement par rapport à l'état de l'art en théorie du trafic, le cadre prédictif fondé sur des méthodes de prévision multivariées par apprentissage est détaillé. Une version multidimensionnelle des k plus proches voisins, modèle parcimonieux et simple, est évaluée sur divers cas d'études. L'originalité réside dans l'exploitation de données issues de méthodes innovantes de collecte (*e.g.* Bluetooth, véhicules traceurs, véhicules connectés). Par la suite, les performances de l'approche initiale sont comparées à d'autres méthodes d'apprentissage. Un effort particulier est porté sur l'adaptation de méthodes à noyaux au cadre prédictif global. Les performances obtenues laissent entrevoir une typologie des méthodes en fonction des caractéristiques spatiotemporelles du réseau. Afin d'améliorer les performances en prévision et de réduire les temps de calcul, une méthode d'identification et de sélection des sections critiques du réseau est proposée. Les résultats prouvent qu'un sous-ensemble restreint de sections est en effet suffisant pour garantir des performances satisfaisantes en généralisation. Enfin, la résilience du cadre prédictif est évaluée au regard des événements non récurrents affectant le fonctionnement nominal du réseau, comme des incidents ou des conditions météorologiques dégradées. Les résultats soulignent l'impact de ces conditions non récurrentes sur la prévision temps-réel de la dynamique court-terme d'un réseau et permettent de dresser une feuille de route pour l'élaboration d'un cadre prédictif résilient et opérationnel. Cette nouvelle vision de la prévision s'inscrit dans les perspectives actuelles en terme d'applications sur les modules embarqués et les objectifs des gestionnaires d'infrastructures.

Mots-clés : *Big data* / *Bluetooth* / *Floating Car Data (FCD)* / Prévision / Apprentissage / Réseau / Résilience / Evénement non récurrent / Section critique.

Laboratoire d'Ecologie
des Hydrosystèmes Naturels
et Anthropisés

BATANY Stéphane

Influence d'un macropore sur l'écoulement et le transport de solutés en milieu poreux : expérimentations sur sol modèle macroporé et simulations numériques

Thèse de doctorat en Mécanique des fluides, Ecole doctorale de Sciences, Ingénierie et Environnement, < NNT : 2016PESC1085 >, préparée sous la direction de P. Dangla (NAVIER/IFSTTAR) et L. Lassabatère (LEHNA /ENTPE), 199 p.

Date de soutenance : 25/04/2016

Résumé : La modélisation des écoulements et du transport dans les milieux poreux est un domaine actif pour, notamment, progresser dans la compréhension du transfert des polluants dans les sols. Les sols présentent fréquemment des hétérogénéités comme des macropores (provoqués par la faune, la flore ou des fissures) et un certain nombre de modèles numériques utilisent les concepts de double ou de multi-perméabilité pour tenir compte de tous les types d'écoulements susceptibles de coexister dans de tels systèmes. Cependant, les modèles classiques semblent sous-estimer l'effet de la macroporosité sur l'écoulement et le transfert préférentiels et restreindre la zone d'écoulement préférentiel au seul volume occupé par la macroporosité. Diverses études expérimentales antérieures à cette thèse ont questionné cette hypothèse. Cette étude se propose de comprendre l'établissement de l'écoulement et du transport préférentiel et en particulier les mécanismes d'échange d'eau et de masse entre un macropore et une matrice poreuse environnante en condition saturée. Pour cela, des traçages de l'eau sont réalisés pour un milieu poreux modèle constitué de billes de verre, traversé par un macropore synthétique et mis en place en colonnes de laboratoire. Elution et transfert dans les colonnes sont caractérisés par suivi de la concentration en sortie et par imagerie par résonance magnétique. Un modèle numérique développé sur la base de la méthode de Boltzmann sur réseau est utilisé pour simuler numériquement des écoulements dans un système macroporé et identifier les mécanismes d'écoulements préférentiels à l'échelle de pores. Les données expérimentales montrent que le transfert du traceur est fortement dépendant du débit d'injection ainsi que du coefficient de diffusion dans l'eau. À fort débit, le transfert semble s'effectuer exclusivement dans le macropore, avec très peu d'échange avec la matrice. Pour des débits plus faibles, la percée présente une inflexion suivie d'un pic. Les images IRM montrent alors un échange significatif de traceur entre le macropore et la matrice poreuse environnante. Les simulations numériques sont utilisées pour calculer le champ de vitesse de l'écoulement dans le système en fonction du débit. Les modélisations numériques montrent que l'écoulement préférentiel est étendu dans la matrice poreuse sur une zone de même dimension que le diamètre moyen des grains indépendamment de la taille du macropore et du débit, dans la gamme de débits simulés. Ces résultats expérimentaux et numériques montrent que l'influence du macropore sur les transferts doit être étendue dans la matrice poreuse sur une zone de la taille des grains pour l'écoulement et sur une zone dépendant du coefficient de diffusion du traceur ainsi que du temps de séjour moyen de celui-ci pour le transfert des solutés

Mots-clés : Porosité / Écoulement / Transport / Macropore / Boltzmann sur réseau.

Consultable sur : https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01540458

BEN SLIMENE Erij

Modélisation de l'impact des hétérogénéités lithologiques sur les écoulements préférentiels et le transfert de masse dans la zone vadose d'un dépôt fluvioglaciaire - Application à un bassin d'infiltration d'eaux pluviales

Thèse de doctorat en Environnement, Ecole doctorale Chimie de Lyon < NNT : 2016LYSEI035 >, préparée sous la direction de R. Gourdon (DEEP/ INSA Lyon) et L. Lassabatère (LEHNA /ENTPE), 205 p.

Date de soutenance : 25/04/2016

Résumé : Les bassins d'infiltration font partie intégrante des techniques alternatives de gestion des eaux pluviales en milieu urbain. Néanmoins, la potentialité de transfert de polluants vers la nappe est accrue en cas d'écoulements préférentiels dans les sols sous-jacents. Une bonne compréhension du couplage entre processus d'écoulements préférentiels en zone vadose et mécanismes géochimiques est requise. Cette thèse s'inscrit dans le cadre du suivi d'un bassin d'infiltration depuis plusieurs dizaines d'années de fonctionnement. Le site d'étude est situé sur le dépôt fluvioglaciaire hétérogène couvrant une grande partie de la région lyonnaise. Des auscultations sur une fosse sous le bassin (section 13.5m*2.5m) ont mis en évidence une régionalisation particulière de la pollution dans le sol. Cette étude s'appuie sur une étude numérique visant à identifier l'origine de la régionalisation des polluants et à la relier aux écoulements préférentiels résultant des hétérogénéités lithologiques. En amont de l'étude numérique, les lithofaciès sont complètement caractérisés aux regards de leurs propriétés hydrodynamiques, hydrodispersives et géochimiques. La modélisation numérique permet de souligner l'établissement de cheminements préférentiels en lien avec le contraste de propriétés hydrodynamiques, notamment lorsque de faibles débits sont appliqués en surface. Le rôle de chaque lithofaciès et de l'architecture du dépôt (stratification et inclusions) est clairement identifié. Les répercussions de tels écoulements sur les transferts non réactifs sont ensuite investiguées en combinant l'influence des écoulements préférentiels et le fractionnement de l'eau en fractions mobile et immobile résultant de l'hétérogénéité intrinsèque au sein de chaque lithofaciès. Enfin, ces processus physiques sont couplés à la réactivité géochimique pour le cas d'un polluant modèle (le cuivre) en prenant en compte la réactivité différentielle des lithofaciès. Ces résultats permettent de générer un modèle conceptuel d'écoulements préférentiels et de transfert de masse en milieu fortement hétérogène.

Mots-clés : Modélisation numérique / Zone vadose / Hétérogénéité lithologique / Ecoulement préférentiel / Transfert de masse non réactif / Transfert de masse réactif / Bassin d'infiltration.

Consultable sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01497412 ou http://theses.insa-lyon.fr/publication/2016LYSEI035/these.pdf

COUTINHO Artur Paiva

Importance de l'hétérogénéité structurale de la zone non saturée pour la modélisation de l'écoulement à méso-échelle

Thèse de doctorat en Environnement, Ecole doctorale Chimie de Lyon, < NNT : 2016LYSET012 >, préparée sous la direction de R. Angulo (LEHNA/CNRS) et A. C. D. Antonino (UFPE, Recife, Brésil), 168 p.

Date de soutenance : 14/12/2016

Résumé : La compréhension des écoulements préférentiels dans la zone non saturée en fond de bassins d'infiltration est une condition préalable à une gestion optimale de ces ouvrages. Le bassin d'infiltration étudié repose sur un dépôt fluvioglaciaire hétérogène constitué d'un lithofaciès majoritaire contenant des lentilles de sable et de gravier. Une étude géophysique (radar) a permis de caractériser cette hétérogénéité sédimentologique le long de radar-grammes (sections de quelques mètres de profondeurs et de plusieurs dizaines de mètre de long). Les écoulements ont été modélisés pour toutes ces sections ainsi qu'une section fictive remplie uniquement du lithofaciès majoritaire (témoin) et pour divers évènements pluvieux type incluant une chronique météorologique complète. Les résultats montrent clairement que l'hétérogénéité lithologique a un effet significatif sur l'écoulement avec la mise en place d'écoulements hétérogènes du fait de phénomènes de barrière capillaire au niveau des lentilles de sable et de gravier en non-saturé. Cet effet se répercute sur les chemins de l'eau dans le dépôt et sur les flux en surface (infiltration et ruissellement). Les résultats montrent aussi que cet effet dépend fortement de la section considérée. La variabilité spatiale de l'hétérogénéité lithologique induit donc une variabilité spatiale des écoulements préférentiels. Certains paramètres architecturaux et géométriques relatifs à l'hétérogénéité lithologique ont été proposés pour expliquer l'effet de l'hétérogénéité lithologique sur les écoulements préférentiels, de sorte à proposer une première tentative de modélisation des écoulements à méso-échelle.

Mots-clés : Hétérogénéité lithologique / Radar géologique / Indicateur architectural et structurel / Modélisation numérique / Zone vadose / Ecoulement préférentiel.

LAMONICA Dominique

Capturer les interactions écologiques en microcosme sous pression chimique à travers le prisme de la modélisation

Thèse de doctorat en Modélisation en écologie, Ecole doctorale Evolution Ecosystèmes Microbiologie Modélisation, < NNT : 2016LYSE1043 >, préparée sous la direction de B. Clément (LEHNA/ENTPE), S. Charles (LBBE/UCBL1) et C. Lopes (LBBE/UCBL1), 232 p.

Date de soutenance : 08 /04/2016

Résumé : L'évaluation du risque lié aux contaminants est généralement basée sur des données collectées au cours d'essais monospécifiques (à une seule espèce). Par conséquent, les interactions entre espèces, bien qu'elles structurent les écosystèmes, ne sont pas prises en compte. Pour explorer les effets des contaminants sur la dynamique des espèces en interaction, cette thèse vise à modéliser le fonctionnement d'un microcosme de laboratoire de deux litres incluant trois espèces, la daphnie Daphnia magna, la lentille d'eau Lemna minor et la microalgue Pseudokirchneriella subcapitata, exposées à une contamination par le cadmium. La dynamique des trois espèces ainsi que leurs interactions et les effets du cadmium ont été décrits par un modèle mécaniste basé sur des équations différentielles ordinaires couplées. Les principaux processus intervenant dans ce microcosme de trois espèces ont donc été formalisés, notamment la croissance et la survie des daphnies, la croissance et la sédimentation des algues, la croissance des lentilles, le broutage des algues par les daphnies, la compétition interspécifique entre algues et lentilles et les effets du cadmium sur ces différents processus. Les paramètres du modèle ont été estimés par inférence bayésienne, en utilisant simultanément toutes les données issues de différentes expérimentations en laboratoire, réalisées au cours de la thèse spécialement pour cette étude.

Mots-clés : Microcosme / Daphnia magna / Pseudokirchneriella subcapitata / Lemna minor / Cadmium / Inférence bayésien.

Consultable sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01397021

SIDOLI Pauline

Processus hydrodynamiques et de rétention dans le transfert de pesticides dans la zone non saturée : Expérimentations et modélisations avec le glyphosate, le S-métolachlore et leurs métabolites dans les solides fluvio-glaciaires de l'Est lyonnais

Thèse de doctorat en Environnement, Ecole doctorale de Chimie, < NNT : 2016LYSET003 >, préparée sous la direction de N. Baran (BRGM) et R. Angulo Jaramillo (LEHNA /ENTPE), 311 p.

Date de soutenance : 27/06/2016

Résumé : La zone non saturée joue un rôle clé sur le transfert des pesticides et la qualité des eaux souterraines. Les connaissances sur les processus d'écoulement et de rétention dans les matériaux géologiques de la zone non saturée au-delà des sols sont toutefois parcellaires. Le transfert du glyphosate et du S-métolachlore (SMOC), et de leurs métabolites AMPA, ESA-métolachlore (MESA) et OXA-métolachlore (MOXA) est étudié en colonne pour deux matériaux fluvio-glaciaires issus d'un aquifère de l'Est lyonnais : un sable, S-x, et un mélange bimodal de graviers et de sables, Gcm,b. Pour des conditions de non-saturation en eau, l'écoulement dans les colonnes est fractionné en deux zones, eau mobile et eau immobile, d'importance variable suivant le solide. La sortie du SMOC est retardée par rapport au traceur de l'eau ; son bilan de masse déficitaire traduit une rétention de la molécule lors de son transfert. A l'inverse, le MESA et le MOXA se comportent comme le traceur de l'eau. Le glyphosate et l'AMPA sont très peu mobiles dans la colonne de Gcm,b (seul matériau étudié) avec des quantités éluées inférieures à 1% de la quantité appliquée. La modélisation montre que le transfert des molécules est affecté de manière variable suivant le matériau par la cinétique physique d'échange entre les zones d'eau mobile et immobile et par la cinétique chimique des molécules. Cette cinétique chimique est décrite par des expérimentations complémentaires de sorption en batch. La caractérisation des matériaux révèle la présence d'oxydes et de minéraux argileux qui pourrait expliquer leur forte réactivité, qui s'avère parfois supérieure à celle des sols de la zone d'étude.

Mots-clés : Pesticide / Zone non saturée / Transfert / Eau souterraine.

Consultable sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01587754

WIGH Adriana

Improvement of the ecotoxicological assessment of wastewater treatment plant effluent: a proposal using a test battery focused on long term effects and organism's fitness parameters

Thèse de doctorat en Environnement, Ecole doctorale Chimie de Lyon, < NNT : 2016LYSET006 >, préparée sous la direction de S. Bony (LEHNA /INRA) et A. Devaux (LEHNA /INRA), 316 p.

Date de soutenance : 25/07/2016

Résumé : This thesis deals with the optimization of ecotoxicity evaluation of treated effluents and was part of the European TRIUMPH "TReatIng Urban Micropollutants and PHarmaceuticals in waste waters" project. The aim of the project was to propose innovative ozone-based, cost-efficient wastewater treatments improving micropollutant abatement and reducing effluent toxicity when compared to conventional wastewater treatments. The differently treated effluents studied throughout the thesis came from a pilot wastewater treatment plant, receiving a mixture of 50% urban and 50% hospital wastewaters. The first step of the work was to identify the most pertinent and sensitive bioassays from a battery of standardized and non-standardized *in vitro* and *in vivo* bioassays targeting endpoints involved in organism fitness, and respecting the Directive 2010/63/EU on the protection of animals used for scientific purposes. Toxicity of conventional activated sludge treated effluent and of effluent treated by subsequent tertiary ozonation was assessed using reproduction inhibition test with *Brachionus calyciflorus*, growth inhibition assay with *Pseudokirchneriella subcapitata* and with *Heterocypris incongruens*. Mortality was evaluated with Fish Embryo Toxicity test (FET), and sub-lethal criteria (9 developmental abnormalities) were additionally recorded to propose a new parameter named iFET score. Genotoxicity was evaluated on the fish RTL-W1 cell line, on *Salmonella typhimurium* (Ames test) and on *Danio rerio* embryo cells. Endocrine disrupting potential was measured with MELN/MDA-kb2 cell lines. Zebrafish embryo development (iFET score) and genotoxicity evaluation on zebrafish embryo cells as well as on RTL-W1 cell line were demonstrated as the most sensitive tests to reveal a residual toxicity in conventionally treated effluents. Thus, they were retained in a second step to evaluate the toxicity of effluents stemming from several innovative treatments structured into four campaigns. Results showed that iFET score approach and subsequent genotoxicity evaluation were the most informative and discriminant methods to properly assess effluent residual toxicity. Finally, a 14 day-*in situ* exposure of *Gammarus fossarum* was realized on the pilot site during the last campaign, evaluating fitness relevant endpoints (molting cycle, reproduction and genotoxicity on sperm). This experiment confirmed that toxicity evaluation of treated wastewaters should integrate long-term *in vivo* exposure in order to take into account their highly complex micropollutant composition.

Mots-clés : Bioassay / Ozone / Genotoxicity / Wastewater / Gammarid / Zebrafish embryo development / Ecotoxicity.

Laboratoire Aménagement Economie Transports

HUSSEN Berhanu Woldetensae

Sustaining Sustainable Mobility: the Integration of Multimodal Public Transportation in Addis Ababa

Thèse de doctorat en Géographie, Aménagement et Urbanisme, Ecole doctorale Sciences Sociales, < NNT : 2016LYO20041 >, préparée sous la direction de D. Plat (LAET/ENTPE), 403 p.

Date de soutenance : 21/05/2016

Résumé : Addis-Abeba, qui s'étend sur 540 km2 et compte 3,1 millions d'habitants, connait aujourd'hui des transformations socio-économiques et spatiales rapides. Elle n'est pas seulement le coeur politique, commercial, économique et financier du pays mais aussi une ville internationale accueillant le siège de l'Union africaine et d'autres institutions internationales. Comme d'autres villes africaines, elle connait un rythme élevé d'urbanisation. Ce processus a impliqué la croissance du nombre d'habitants mais aussi une extension spatiale accrue. En conséquence, la demande de déplacements et la longueur des parcours ont augmenté. Le transport joue ainsi un rôle clé, pesant sur le développement socio-économique et la configuration de l'espace urbain. Tout aussi important, en tant que demande dérivée, il joue sur la capacité des citadins à accomplir leurs diverses activités. La motorisation des ménages restant faible en dépit d'une lente progression, le transport public constitue le principal moyen d'accès à une mobilité motorisée pour la majorité de la population. L'offre est constituée d'une multitude d'opérateurs formels et informels, travaillant selon un schéma artisanal. On estime à plus de 18 000 les véhicules de transport public, la plupart de faible capacité, qui parcourent chaque jour les rues d'Addis-Abeba. En dépit de son importance, le transport public souffre de capacités d'investissement insuffisantes ainsi que, jusqu'à récemment, du manque d'une politique publique claire et affirmée. Il pâtit également de l'absence d'une approche intégrée, pour sa planification, sa gestion et sa mise en oeuvre. De nombreuses villes du Nord, parfois depuis près d'un demi-siècle, ont choisi de construire un service intégré de transport public. L'intégration y est vue comme un outil viable pour offrir un transport urbain de haute qualité et « sans couture », permettant un développement urbain durable. Par contre, les villes africaines, caractérisées par une urbanisation rapide, des taux d'équipement automobile faibles, un système de transport public déficient et des contraintes financières majeures manquent de telles expériences d'intégration du transport public. Notre question est donc : « Comment les villes africaines peuvent-elles reproduire et mettre en oeuvre des politiques d'intégration du transport public ? », originellement développées dans les villes du Nord. La thèse essaie d'apporter des éléments de réponse à cette question. Elle s'appuie sur une analyse des différentes formes d'intégration du transport public. Puis elle propose un schéma de conception et de mise en oeuvre d'un système de transport public intégré, appréhendé comme un outil de mobilité urbaine durable pour Addis-Abeba.

Mots-clés : Synergie / Mobilité fluide / Transport public / Mobilité durable / Institution / Intégration / Intermodalité / Multimodalité / Réseau intermodal / Interconnexion.

Consultable sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01491010

LEGROUX Jean

L'accueil de la coupe du Monde 2014 et des JO 2016 et les impacts de la « révolution des transports » sur la justice socio-spatiale à Rio de Janeiro : tout changer pour que rien ne change ?

Thèse de doctorat en Géographie, Aménagement et Urbanisme, Ecole doctorale Sciences Sociales, < NNT : 2016LYSE2045 >, préparée sous la direction de D. Plat (LAET/ENTPE) et de L. C. de Queiroz Ribeiro (Universidade federal do Rio de Janeiro), 434 p.

Date de soutenance : 30/05/2016

Résumé : L'accueil de la coupe du Monde 2014 et des JO 2016 à Rio de Janeiro représente la consécration d'une stratégie de construction de ville attractive qui se base sur l'organisation de méga-événements, un contexte économique favorable et une entente conjoncturelle entre les différents niveaux de gouvernement brésiliens. Cette politique néolibérale de fabrique et de gouvernance de l'espace urbain – impliquant une nouvelle reconfiguration des coalitions d'acteurs historiquement présents dans le circuit de l'accumulation urbain – se fonde sur la rénovation de la ville de Rio dans le but de l'insérer dans la compétition internationale des villes, mais aussi pour échapper, sur le plan national, à sa trajectoire de décadence sur fond de crise économique et politique (qui débuta dans les années 1970-1980). Dans les discours officiels, les transformations urbaines à l'œuvre répondent aux besoins de la « ville olympique » tout en provoquant des impacts positifs pour les habitants de la ville (et par conséquent pour ceux de la région métropolitaine). Dans ce contexte, les investissements en infrastructures de mobilité sont les plus importants, en termes de montants investis et d'impacts sur l'espace urbain, amenant les pouvoirs publics à parler d'une « révolution des transports » capable de résoudre la crise de la mobilité qui aggrave les processus de ségrégation et d'exclusion urbaine. L'objectif de cette thèse est d'évaluer, à travers une analyse multi-scalaire, c'est-à-dire les échelles métropolitaine, municipale et intra-municipales), les impacts différenciés des projets de transport sur la justice socio-spatiale à Rio de Janeiro. Outre une mise en perspective des différents projets et composantes de la « révolution des transports » et de leurs effets sur les dynamiques urbaines, il s'agit d'appliquer différents critères de justice à l'analyse géographique pour proposer une évaluation complexe des impacts des projets de transport, qu'ils portent sur la satisfaction de la demande en termes de capacité et de qualité, ou sur des externalités dépassant ceux de la mobilité (expropriations d'habitants, spéculation immobilière, etc.). La méthodologie qualitative (observation de terrain et entretiens semi-directifs) combinée à cette grille de lecture multicritère de la justice permet de d'appréhender les effets à différentes échelles, de repérer les divers groupes d'acteurs en conflit dans ce contexte de ville attractive et d'identifier quels sont les gagnants et les perdants de cette stratégie urbaine. Finalement, les impacts de la « révolution des transports » provoquent des changements qui n'impliquent pas de rupture réelle, ni avec le modèle routier de mobilité ni avec les logiques de ségrégation de la ville néolibérale. Tout changer pour que rien ne change ?

Mots-clés : Méga-événement / Justice socio-spatiale / Mobilité urbaine / Infrastructure de transport / Transport en commun / Rénovation urbaine

Consultable sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01492931

AISSAOUI Hind

Choix de localisation résidentielle des ménages en milieu urbain : les apports récents des modèles de choix discrets en présence d'un nombre élevé d'alternatives

Thèse de doctorat en Sciences Economiques, Ecole doctorale Sciences économiques et de gestion, < NNT : 2016LYSE2093 >, préparée sous la direction de P. Bonnel (LAET/ENTPE), 221 p.

Date de soutenance : 30/09/2016

Résumé : Cette thèse, portant sur le choix de localisation résidentielle des ménages, s'inscrit dans le cadre théorique de la microéconomie urbaine et de l'utilité aléatoire. Si l'approche des choix discrets reste la plus appropriée dans ce domaine, la difficulté réside dans l'adaptation de ce type de modèles au contexte spatial (autocorrélation spatiale, grand nombre d'alternatives de choix) d'une part, et dans la manière de définir l'échelle de désagrégation d'autre part. Pour ce faire, nous avons procédé en deux temps. Nous avons estimé un logit multinomial avec un échantillon aléatoire d'alternatives pour comprendre le processus de choix de localisation résidentielle, avant de tester l'apport d'une structure hiérarchique pour traiter les problèmes d'autocorrélation spatiale. Cela a aussi permis l'investigation d'une nouvelle méthode de correction des biais liés à l'échantillonnage d'alternatives dans le cas du modèle logit emboîté. En termes de résultats, nous avons montré que la qualité de l'environnement social est le facteur le plus déterminant, sans remettre en cause le poids toujours important de l'accessibilité à l'emploi. Au plan méthodologique, nous avons été en mesure de tester l'apport de l'utilisation d'un modèle logit emboîté pour analyser les choix de localisation de l'aire urbaine de Lyon. Cependant, nous n'avons pas pu dépasser la difficulté de séparer l'autocorrélation spatiale et entre les nids. Le calage du modèle de choix de localisation en 1999 et en 2007 a aussi permis de donner des éléments de réponse sur la transférabilité temporelle des modèles de choix de localisation et de questionner, dans les travaux futurs, le pouvoir prédictif d'un modèle de choix de localisation.

Mots-clés : Transférabilité / Autocorrélation spatiale / Logit emboîté / Aire urbaine de Lyon / Choix de localisation / Échantillonnage d'alternatives / Logit multinomial.

Consultable sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01430603

Environnement Ville Société
Recherches Interdisciplinaires
Ville, Espace, Société

DETRY Nicolas

Le patrimoine martyr et la restauration* post bellica*. Théories et pratiques de la restauration des monuments historiques en Europe pendant et après la Seconde Guerre mondiale

Thèse de doctorat en Architecture, Ecole doctorale de Sciences sociales, < NNT : 2016LYSE2120 >, préparée sous la direction de G. Carbonara (Université La Sapienza de Rome), V. Veschambre (EVS/ENSAL) et Y. Winkin (CNAM de Paris), 2 tomes, 423 + 880 p.

Date de soutenance : 19/11/2016

Résumé : La destruction des villes et des monuments historiques a connu une ampleur sans précédent durant la guerre 1939-1945. La reconstruction après 1945 s'inscrit dans un moment de profonde mutation pour l'histoire du monde. La restauration *post bellica* des monuments historiques s'inscrit dans le vaste chantier de la Reconstruction territoriale et politique de l'Europe ; il s'agit l'intervention architecturale sur la ruine produite par la guerre. Il existe "mille façons", de protéger, de détruire, puis de restaurer les œuvres d'art et d'architecture lors des conflits armés. Le sujet de cette thèse réside dans ces trois actions : protéger, détruire et restaurer. Elles sont un travail de l'homme. Deux actions, protéger et restaurer, participent à des enjeux positifs pour les sociétés indépendamment du lieu ou du temps. L'action "détruire" porte des signes négatifs, hier comme aujourd'hui, l'action de détruire dépend ou procède de conséquences géopolitiques très complexes. Le sujet de cette thèse concerne notamment deux aspects de la restauration des œuvres d'art et des œuvres d'architecture de 1945 à aujourd'hui. Le premier aspect peut être nommé "les théories", le second aspect "les pratiques". Les deux sont indissociables, dans un processus réflexif où la pratique vient valider ou invalider la théorie, tandis que la théorie se base sur la pratique dans son élaboration. De l'intention d'étudier ces deux aspects, découle la problématique à laquelle je me suis particulièrement attaché ; celle-ci consiste à comprendre en quoi les destructions de la Seconde Guerre mondiale ont contribué à renouveler les théories et les pratiques en matière de restauration des monuments historiques. J'ai identifié ce renouvellement pour ensuite le définir et le documenter, dans différents contextes spatio-temporels, à travers les 5 chapitres de ce travail. La restauration des monuments historiques après 1945 en Europe est à la fois le sujet, le terrain et le corpus de cette thèse. Pour rester réaliste, j'ai choisi de travailler cette question principalement dans trois pays d'Europe : l'Allemagne, la France et l'Italie. Il s'agit de 3 pays qui ont une longue tradition dans ce domaine. La restauration des monuments historiques après 1945 s'appuie sur l'acceptation ou le refus du drame de la perte. En Europe, elle se développe selon quatre périodes que j'ai identifiées comme suit : de 1939 à 1945, la période *bellica* ; de 1946-1972, la période chaude de la Reconstruction ; de 1973 à 1989, la période intermédiaire ; de 1990 à 2015, la nouvelle période chaude ou "le patrimoine à l'état gazeux". Le long chantier de la restauration des monuments historiques après 1945 est un laboratoire européen ou un "collège invisible". Dans ce laboratoire et à partir de la pratique de la restauration, travail alors colossal, urgent et nécessaire, sont élaborées des techniques et des théories toujours valides aujourd'hui. J'ai ici organisé l'analyse de la restauration *post bellica* autour de la question des lacunes, d'abord analysée d'un point de vue théorique. Ensuite, j'ai imaginé, de façon nouvelle, une typologie des lacunes en architecture afin d'expliquer d'un point de vue pratique et constructif ce qui vient après : la réparation ou "la réintégration des lacunes". J'ai identifié différentes familles de lacunes qui affectent les édifices anciens pris dans la guerre. Il m'a alors semblé possible de parler de lacunes à différentes échelles et indépendamment du type d'artefact touché. J'ai voulu guider le lecteur, dans le labyrinthe de la restauration *post bellica*, avec la lacune comme fil d'Ariane. Le trou ou la chute d'un fragment d'enduit dans une peinture murale, l'impact de mitraillette dans une façade en pierre, la chute des voûtes et des charpentes d'une église, les cassures dans les travées rythmiques d'une façade, l'écroulement complet de la nef ou de l'abside d'une église, la destruction de tissus urbains autour d'un monument...

Mots-clés : Restauration / Monument Historique / *Post bellica* / Lacune / Reconstruction / Peinture murale / Anastylose / Europe / Conservation / Patrimoine / Martyr / Destruction.

Consultable sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01449106

FITRIA Arie

Services urbains, urbanisme et aménagement : analyse géopolitique des relations entre une communauté urbaine et les collectivités voisines (Le Cas du Grand Lyon)

Thèse de doctorat en Géographie, aménagement et urbanisme, Ecole doctorale de Sciences sociales, < NNT : 2016LYO20026 >, préparée sous la direction d'E. Charmes (EVS-RIVES /ENTPE), 2 tomes, 611 p. + 111 p. d'annexes.

Date de soutenance : 11/03/2016

Résumé : Notre thèse porte sur les effets des limites administratives d'une communauté urbaine et s'intéresse particulièrement aux relations entre le Grand Lyon et les communes avoisinantes, ceci dans le contexte de réformes territoriales visant à rationaliser et renforcer les coopérations intercommunales. Quelles sont les possibilités de coopération ? Comment sont-elles reconfigurées ? Nous abordons ces questions, en premier lieu, à partir des modifications des limites du Grand Lyon, d'une part, suite à l'adhésion de nouvelles communes, d'autre part, suite à la création de la Métropole de Lyon. En second lieu, nous étudions l'impact des limites du Grand Lyon sur les services urbains, avec des études de cas consacrées aux évolutions récentes du territoire d'intervention du syndicat des transports lyonnais (Nouveau Sytral). Notre recherche est effectuée en utilisant des documents juridiques divers, des revues de presse, des travaux d'étudiants qui sont analysés du point de vue de l'aménagement urbain en prenant appui sur les méthodes de la géographie et des sciences politiques. L'étude repose aussi sur des entretiens dans les communes examinées. Les analyses montrent que la définition du périmètre des regroupements intercommunaux lyonnais est un enjeu véritablement géopolitique, au sens que Philippe Subra donne à cette notion. En fonction des situations, des contextes politiques locaux, des projets communaux, les alliances entre les territoires se nouent ou se dénouent.

Mots-clés : Coopération intercommunale / Limite administrative / Communauté urbaine / Commune voisine / Service urbain / Adhésion de commune.

Consultable sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01739492

HASCOET Yannick

Vers une modification de l'image de la cité d'habitat social ? Lisières métropolitaines et détours « récréa(r)tistes » (Marseille, Paris, Montréal)

Thèse de doctorat en Géographie, aménagement et urbanisme, Ecole doctorale de Sciences sociales, < NNT : 2016LYSE2163 >, préparée sous la direction d'E. Charmes (EVS-RIVES/ENTPE) et I. Lefort (EVS/Université Lyon 2), 419 p.

Date de soutenance : 12/12/2016

Résumé : Cette thèse pose la question de la modification de l'image de la cité d'habitat social, à partir du constat du développement de pratiques touristiques et artistiques en son sein et dans les marges métropolitaines en général. C'est donc plus globalement l'hypothèse d'une revalorisation des lisières socio-spatiales qui est traitée. La cité d'habitat social, plus encore lorsqu'elle s'incarne dans la forme du grand ensemble des décennies 1950-1970, condense le discrédit et donc l'enjeu du questionnement ici traité : les pratiques touristiques et artistiques analysées signent-elles la mise en circulation d'une nouvelle image des cités qu'elles explorent ? Corrélativement, dans quelle mesure peut-on parler de pratiques pionnières ? A partir d'enquêtes sur des terrains marseillais (quartiers nord), parisiens (banlieue populaire des Nord et Sud-Est de Paris) et montréalais (l'ensemble d'habitat social Jeanne-Mance), la thèse expose que ces détours « récréa(r)tistes » interrogent la fabrique de la (re)connaissance des espaces stigmatisés et sont à ce titre porteurs d'enjeux politiques, esthétiques et économiques.

Mots-clés : Pratique touristique et artistique en banlieue / Lisière métropolitaine / Cité d'habitat social / Quartiers nord de Marseille / Banlieue populaire des Nord et Sud-Est de Paris / Les Habitations Jeanne-Mance de Montréal.

Consultable sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01561407

Laboratoire Risques Rocheux
et Ouvrages Géotechniques

MOUZANNAR Hussein

Caractérisation de la résistance au cisaillement et comportement des interfaces entre béton et fondation rocheuse des structures hydrauliques

Thèse de doctorat en Génie civil, Ecole doctorale MEGA, < NNT : 2016LYSET007 >, préparée sous la direction de J.-P. Rajot (LRRO/IFSTTAR), 250 p.

Date de soutenance : 14/09/2016

Résumé : La justification de la stabilité d'un barrage-poids existant sur une fondation rocheuse nécessite une justification de la stabilité vis-à-vis du glissement à l'interface entre béton et roche. Le comportement au cisaillement de cette interface dépend de l'effort normal appliqué, des déformabilités de la roche et du béton, de la morphologie de la surface rocheuse et éventuellement de la propreté avant le coulage. Dans la littérature, un effet d'échelle a été mis en évidence : les évaluations de la résistance au cisaillement réalisées expérimentalement sur de petites interfaces en laboratoire donnent des valeurs différentes de celles estimées par rétro-analyse sur barrages existants. Le travail de cette thèse porte sur l'évaluation de cet effet d'échelle en tenant compte des facteurs influents, en particulier la morphologie de la surface rocheuse, l'objectif étant d'améliorer l'évaluation de la résistance au cisaillement à la base d'un barrage-poids. Tout d'abord, des essais de cisaillement directs ont été effectués sur plusieurs éprouvettes d'une même combinaison (granite, traitement contact, béton) de différentes dimensions : à petite échelle sur des carottes habituellement utilisées dans le domaine de l'ingénierie pour évaluer la résistance au cisaillement et à des échelles intermédiaire et métrique sur des éprouvettes parallélépipédiques. Ces essais ont été complétés par des essais de traction directe permettant de caractériser l'adhésion initiale du contact béton-roche. Les résultats ont effectivement permis d'observer une variabilité des mesures de résistance au cisaillement selon l'échelle d'observation. Les essais usuels sur des carottes ont donné les mesures les plus élevées, avec écart-type élevé. A l'échelle métrique, dans le domaine des contraintes normales exercées par les barrages-poids sur leur fondation, les mesures de la résistance au cisaillement de l'interface béton-roche ont indiqué une valeur de cohésion non négligeable. A l'échelle intermédiaire, les valeurs de la résistance se sont réparties en deux groupes correspondant à deux morphologies différentes de la surface rocheuse. Du point de vue de l'effet d'échelle sur la résistance au cisaillement, si on représente les résultats par un critère linéaire, il a été constaté un effet d'échelle positif sur l'angle de frottement (angle de frottement augmentant avec l'échelle) et un effet d'échelle négatif sur la cohésion (cohésion diminuant avec l'échelle). Un outil de description de la morphologie de la surface rocheuse basé sur une décomposition en fonctions sinusoïdales a été développé. Il a permis de décrire objectivement les caractéristiques de la morphologie de la surface rocheuse propres à chacun des deux groupes identifiés à l'échelle intermédiaire. Le premier groupe de surfaces rocheuses, avec les valeurs de résistance les plus élevées, se caractérise par une géométrie hors plan moyen ayant une longueur d'onde principale de l'ordre de la taille de l'échantillon. Pour le second groupe, où les valeurs de résistance sont plus faibles, la longueur d'onde est comprise entre la moitié et les deux tiers de la taille de l'échantillon. Suite à ces observations expérimentales, les hypothèses suivantes ont été posées pour effectuer l'analyse des résultats : les essais sur carotte à petite échelle permettent de caractériser la résistance d'une interface béton-roche sans effet de morphologie de surface et l'échelle intermédiaire correspond à la surface élémentaire qui permet de caractériser les principaux effets de la géométrie de cette surface rocheuse sur la résistance. Sur cette base, un modèle 2D aux éléments finis de l'essai de cisaillement direct a été développé sous le logiciel Abaqus. Ce modèle a permis de reproduire le comportement au cisaillement des interfaces béton-roche à l'échelle intermédiaire et donc d'étudier la répartition des contraintes le long de l'interface lors du cisaillement. Ainsi il a pu être identifié que selon la morphologie, différents mécanismes d'initiation et de propagation de la rupture interviennent localement le long de l'interface et contribuent à moduler sa valeur de résistance globale, observée à l'échelle de l'essai. A l'échelle métrique, une décomposition de la surface en surfaces élémentaires et l'analyse de la morphologie de ces surfaces ont permis de retrouver les valeurs de résistance évaluées expérimentalement.

Mots-clés : Interface béton-roche / Résistance au cisaillement / Effet d'échelle / Echelle métrique / Eléments finis.

Thèses soutenues
2017

Laboratoire de Tribologie
et Dynamique des Systèmes

BABADOPULOS Lucas

Phenomena occuring during cyclic loading and fatigue tests on bituminous materials : Identification and quantification

Thèse de doctorat en Génie civil, Ecole doctorale MEGA, < NNT : 2017LYSET006 >, préparée sous la direction de C. Sauzéat (LTDS/ENTPE) et H. Di Benedetto (LTDS / ENTPE), 303 p.

Date de soutenance : 15/09/2017

Résumé : La fatigue est un des principaux mécanismes de dégradation des chaussées. En laboratoire, la fatigue est simulée en utilisant des essais de chargement cyclique, généralement sans période de repos. L'évolution du module complexe (une propriété du matériau utilisée dans la caractérisation de la rigidité des matériaux viscoélastiques) est suivie de manière à caractériser l'endommagement. Son changement est généralement interprété comme étant dû au dommage, alors que d'autres phénomènes (se distinguant du dommage par leur réversibilité) apparaissent. Des effets transitoires, propres aux matériaux viscoélastiques, apparaissent lors des tout premiers cycles (2 ou 3) et produisent une erreur dans la détermination du module complexe. La non-linéarité (dépendance du module complexe avec le niveau de déformation) est caractérisée par une diminution réversible instantanée du module et une augmentation de l'angle de phase qui est observée avec l'augmentation de l'amplitude de déformation. De plus, pendant le chargement, de l'énergie mécanique est dissipée en raison du caractère visqueux du comportement du matériau. Cette énergie se transforme principalement en chaleur ce qui induit une augmentation de température. Cela produit une diminution de module liée à cet auto-échauffement. Quand le matériau revient à la température initiale, le module initial est alors retrouvé. La partie restante du changement de module peut être expliquée, d'une part par un autre phénomène réversible, appelé dans la littérature « thixotropie », et d'autre part par le dommage « réel », qui est irréversible. Cette thèse explore ces phénomènes dans les bitumes, mastics (bitume mélangé avec des particules fines, dont le diamètre est inférieur à 80µm) et enrobés bitumineux. Un chapitre (sur la nonlinearité) présente des essais de « balayage d'amplitude de déformation » avec augmentation ou/et diminution des amplitudes sont présentés. Un autre se concentre sur l'auto-échauffement. Il comprend une proposition de procédures de modélisation dont les résultats sont comparés avec des résultats des cycles initiaux d'essais de fatigue. Finalement, un chapitre est dédié à l'analyse du module complexe mesuré pendant le chargement et les phases de repos. Des essais de chargement et repos ont été réalisés sur bitume (où le phénomène de thixotropie est supposé avoir lieu) et mastic, de manière à déterminer l'effet de chacun des phénomènes identifiés sur l'évolution du module complexe des matériaux testés. Les résultats de l'étude sur la nonlinearité suggèrent que son effet vient principalement du comportement non linéaire du bitume, qui est déformé de manière très non-homogène dans les enrobés bitumineux. Il est démontré qu'un modèle de calcul thermomécanique simplifié de l'échauffement local, ne considérant aucune diffusion de chaleur, peut expliquer le changement initial de module complexe observé au cours des essais cycliques sur enrobés. Néanmoins, la modélisation de la diffusion de chaleur a démontré que cette diffusion est excessivement rapide. Cela indique que la distribution de l'augmentation de température nécessaire pour expliquer complètement le module complexe observé ne peut pas être atteinte. Un autre phénomène réversible, qui a des effets sur le module complexe similaires à ceux d'un changement de température, doit donc avoir lieu. Ce phénomène est considéré être de la thixotropie. Finalement, à partir des essais de chargement et repos, il est démontré qu'une partie majeure du changement de module complexe au cours des essais cycliques vient des processus réversibles. Le dommage se cumule de manière approximativement linéaire par rapport au nombre de cycles. Le phénomène de thixotropie semble partager la même direction sur l'espace complexe que la non linéarité. Cela indique que les deux phénomènes sont possiblement liés par la même origine microstructurelle. Des travaux supplémentaires sur le phénomène de thixotropie sont nécessaires.

Mots-clés : : Matériau bitumineux / Essai de fatigue / Non-linéarité / Auto-échauffement / Thixotropie / Dommage / Bitume / Mastic / Enrobé bitumineux / Modélisation / Comportement cyclique.

Consultable sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01599933

CHAMPIRE Florian

Etude expérimentale du comportement hydromécanique de la terre crue compactée pour la construction

Thèse de doctorat en Génie civil, Ecole doctorale MEGA, < NNT : 2017LYSET007 >, préparée sous la direction d'A. Fabbri (LTDS/ENTPE) et de H. Wong (LTDS/CNRS) , 119 p. + annexes

Date de soutenance : 19/09/2017

Résumé : Le matériau terre peut apporter une réponse face aux problèmes que les constructions modernes rencontrent en termes d'enjeux sociétaux, économiques et écologiques. Cependant, les difficultés à comprendre et à prédire son comportement représentent un obstacle au développement de cette technique dans les pays développés. Cette thèse s'insère dans un projet de recherche appelé « Primaterre » et financé par l'Agence Nationale de la Recherche française (ANR). Il vise à apporter les connaissances scientifiques nécessaires afin de pallier ce manque et aider à établir des règlementations adaptées. Ce travail s'intéresse plus particulièrement à l'impact de l'eau sur le comportement mécanique de la matrice fine du matériau, qui a un impact essentiel sur le comportement du matériau dans son ensemble. Cette matrice est constituée de sables, de limons, et d'argiles, et ce sur trois types de terres prélevées sur d'anciennes constructions en pisé. Afin de réaliser des échantillons les plus identiques et homogènes possible, un moule a tout d'abord été conçu, ce qui a permis de travailler avec des échantillons cylindriques de 3,5 cm de diamètre et 7 cm de hauteur. Une cellule triaxiale a été utilisée et, la seconde étape a été de concevoir les dispositifs permettant la mesure des déformations axiales et radiales, le conditionnement à température contrôlée et l'imposition d'un flux d'air humide variable de part et d'autre de l'échantillon. Différents types d'essais ont alors pu être réalisés : des essais triaxiaux à différent taux d'humidité relative ainsi que des essais de gonflement. Les paramètres mécaniques obtenus ont pu être analysés à la lumière des caractéristiques matériaux mesurées en parallèle. Enfin, l'analyse des essais de gonflement a été menée à bien à l'aide d'un modèle numérique, et ce afin de pouvoir évaluer des paramètres caractéristiques plus complexes. Ce travail de thèse se conclut par une étude supplémentaire, visant à évaluer l'impact du changement de taille d'échantillon sur les paramètres mécaniques mesurés précédemment. Ces essais ont été effectués sur des échantillons approximativement deux fois plus grands, et grâce à un dispositif expérimental plus simple, utilisant la mesure par corrélation d'images.

Mots-clés : Matériau terre / Bloc de terre compactée / Essai triaxal / Relation contrainte-déformation / Comportement volumique / Transfert d'humidité relative.

Consultable sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01698988

HAMARD Erwan

Rediscovering of vernacular adaptive construction strategies for sustainable modern building - Application to Cob and Rammed Earth

Thèse de doctorat en Génie civil, Ecole doctorale MEGA, < NNT : 2017LYSET011 >, préparée sous la direction d'A. Fabbri (LTDS/ENTPE), 172 p. + annexes.

Date de soutenance : 13/12/2017

Résumé : L'utilisation de matériaux locaux, naturels et non transformés offre des solutions prometteuses de construction à faible impact environnemental. La grande variabilité spatiale de ces matériaux est cependant un obstacle à une utilisation à plus grande échelle. Les stratégies de construction développées par les anciens bâtisseurs ont été dictées par le climat local et la qualité ainsi que la quantité de matériaux de construction disponibles localement. Ces stratégies de construction peuvent être considérées comme une gestion optimisée des ressources locales, naturelles et variables et sont une source d'inspiration pour la construction durable moderne. Malheureusement, cette connaissance a été perdue dans les pays occidentaux au cours du 20ème siècle. La redécouverte des savoir-faire traditionnels requiert le développement de moyens rationnels d'analyse du patrimoine. Un autre problème concernant l'utilisation de matériaux de construction naturels et variables est leur conformité vis-à-vis de la réglementation du secteur du bâtiment. Le développement de procédures d'essais performantiels est proposé comme solution pour faciliter l'utilisation des techniques de construction en terre. Une approche multidisciplinaire est proposée, combinant micromorphologie, pédologie, géotechnique et étude du patrimoine pour analyser le bâti vernaculaire en terre. Cette approche fournit des outils complémentaires pour évaluer la source des matériaux de construction et identifier les caractéristiques géotechniques de la terre employées dans le patrimoine. Il fournit également une description détaillée des processus vernaculaires de construction. En utilisant ces résultats, il a été possible d'élaborer des cartes de ressources et d'estimer l'ordre de grandeur de la disponibilité des ressources à l'échelle d'une région. Deux procédures d'essais performantiels ont été proposées afin de tenir compte de la variabilité naturelle des terres dans le contexte réglementaire actuel. La construction en terre jouera un rôle important dans la construction durable du 21ème siècle si les acteurs du secteur adoptent des procédés de construction capables de répondre à la demande sociale, avec un faible impact environnemental et à un coût abordable. L'étude du patrimoine en terre a démontré la capacité des anciens bâtisseurs à innover afin de se conformer aux variations de la demande sociale et aux développements techniques. La construction en terre bénéficie d'un passé ancien et riche et il convient de tirer profit de ce retour d'expérience. L'analyse du patrimoine en terre et la redécouverte des techniques de construction vernaculaire est une source d'inspiration précieuse pour la construction contemporaine. La valorisation des connaissances vernaculaires permettra d'économiser du temps, de l'énergie et d'éviter de répéter les erreurs passées. L'avenir de la construction de la terre doit s'inscrire dans la continuité de la construction en terre vernaculaire.

Mots-clés : Pisé / Bauge / Micromorphologie / Pédologie / Patrimoine vernaculaire / Construction en terre / Construction durable.

Consultable sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01715849

HOANG Ngoc Lan

Etude des propriétés hydromécaniques d'un sable limoneux : de la saturation partielle à la saturation complète

Thèse de doctorat en Génie civil, Ecole doctorale MEGA, < NNT : 2017LYSET005 >, préparée sous la direction de D. Branque (LTDS/ENTPE) et T. Do Anh (LTDS/ENTPE), 230 p. + annexes.

Date de soutenance : 13/06/2017

Résumé : Cette thèse concerne la caractérisation expérimentale d'un sable limoneux provenant du barrage de Livet – Gavet (38) dans le cadre du projet ANR Terre Durable avec plusieurs objectifs : 1- Caractériser au travers d'essais de laboratoire le comportement hydromécanique d'un sable fin limoneux (sol A1 dans la classification GTR) en fonction de son état de saturation. Lors de cette étude, un accent particulier est porté sur la caractérisation de ce comportement dans le domaine proche de la saturation. 2- Interpréter le comportement hydrique du matériau sur chemin de drainage – imbibition en relation avec l'analyse de sa microstructure. 3- Fournir d'un point de vue général une base de données et d'analyses exhaustive permettant le développement et la calibration de modèles de comportement des sols fins proches de la saturation, en particulier en considérant des chemins de chargement hydromécanique complexes. Pour l'ensemble de cette étude, le matériau est considéré sous deux états : soit à l'état de pâte (matériau normalement consolidé) préparée à une teneur en eau proche de la limite de liquidité, soit sous forme compactée (matériau sur-consolidé) à différentes énergies de compactage et différentes teneurs en eau initiales.

Mots-clés : Sable limoneux / Sol non-saturé / Sol compacté / Comportement hydromécanique / Cycle de drainage-imbibition / Courbe de rétention d'eau / Courbe iso-succion / Porosimétrie au mercure.

Consultable sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01625084

NGUYEN Minh-Duc

Modélisation discrète des matériaux bitumineux

Thèse de doctorat en Génie civil, Ecole doctorale MEGA, < NNT : 2017LYSET003 >, préparée sous la direction de H. Di Benedetto (LTDS/ENTPE) et Francesco Froiio (LTDS /ECL), 149 p.

Date de soutenance : 14/02/2017

Résumé : Les enrobés bitumineux ont été utilisés habituellement dans des constructions routières et récemment sous les ballasts des ferroviaires. Sa grande rigidité aux températures relativement basses de l'ambiance et à haute fréquence explique son application répandue en Europe du nord. Ce matériau a été étudié au niveau global par à la fois des essais empiriques, expérimentaux et des approches analytiques. Pourtant, l'enrobé bitumineux possède un structure interne hétérogène et complexe qui peut-être engendrer des comportements complexe. Les analyses au niveau local permettent alors de compléter les connaissances de ses comportements. De nos jours, la méthode des éléments discrets est connue comme un outil numérique répandu dans le domaine granulaire. Elle peut modéliser son comportement à travers des modèles locaux et fournir des informations de sa structure interne. Une part, cette méthode considère que les particules sont quasi-solides. Son déplacement est régi par les lois de mouvement. L'autre part, le chevauchement au niveau de contact entre particules est admis. L'interpénétration des particules est calculée par les lois de contact locaux associées. Cette thèse constitue une maquette numérique des enrobés bitumineux dont les particules isolées s'interagissent à travers des lois d'interaction à distance. Cette maquette prend en compte la granulométrie des granulats (>1mm) et son rapport volumique vis-à-vis du mastic constitué par des grains (<1mm), le liant et des vides. Les granulats (>1mm) seuls sont modélisés par des particules numériques, tandis que du mastic est pris en compte par des lois d'interaction. Au premier lieu, une simulation élastique est réalisée afin de reproduire des comportements asymptotiques élastiques d'un enrobé bitumineux de référence de type GB3 qui apparaissent lors des conditions extrêmes (fréquence ou température). Des lois d'interaction élastiques ont appliqué à la maquette numérique créée. Sur deux directions normale et tangentielles, les raideurs du ressort et leur rapport sont constantes. Ensuite, les simulations viscoélastiques sont réalisées pour reproduire le comportement viscoélastique du même matériau de référence. Au premier temps, une loi d'interaction de type Kelvin-Voigt est utilisée pour mettre en évidence qualitativement l'application d'une loi viscoélastique. Ensuite, le comportement viscoélastique globale est modélisé à niveau des particules par quelques lois d'interaction de type 1KV1R (un Kelvin-Voigt et un ressort en série) repartant au réseau d'interaction de la maquette numérique. Les raideurs des ressorts prenant en compte la géométrie de l'interface de particules sont constantes pour toutes les modèle de 1KV1R. Cependant, des viscosités des amortisseurs sont différentes. Certaines hypothèses sont examinées pour distribuer ses viscosités dans le réseau d'interaction. A la fin des études, les analyses des efforts internes sont réalisées.

Mots-clés : Enrobé bitumeux / Méthode des éléments discrets / Module d'Young complexe / Coefficient de Poisson complexe.

Consultable sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01591067

ROCCAMENA Letizia

Optimization of an innovative thermal energy storage technology at low temperatures when coupled to multi-source energy architectures

Thèse de doctorat en Génie civil, Ecole doctorale MEGA, < NNT : 2017LYSET010 >, préparée sous la direction de M. El Mankibi (LTDS/ENTPE), 206 p.

Date de soutenance : 15/12/2017

Résumé : A ce jour, les solutions de stockage d'énergie apparaissent comme des solutions pertinentes permettant d'atteindre les cibles énergétiques futures et de répondre aux exigences environnementales actuelles. Le but de cette thèse est d'optimiser un système de stockage d'énergie thermique innovant basé sur un échangeur eau – matériaux à changement de phase. Ce système est couplé à l'architecture énergétique multi-sources d'un îlot composé de trois bâtiments à énergie positive situé à Lyon : l'îlot HIKARI. Afin de disposer d'un outil numérique robuste pour pouvoir optimiser cette technologie, un modèle numérique du système de stockage d'énergie thermique a été développé dans le but de reproduire le comportement du système de stockage de référence. Une fois fini, le modèle a été validé en trois étapes : une numérique et deux expérimentales. Dans un premier temps il a été validé numériquement, en comparant ses résultats avec un modèle conçu en adoptant une approche numérique différente (« Computational Fluid Dynamics »), dans un second temps il a été validé à l'échelle réelle en exploitant les données in-situ du système de HIKARI. Enfin, le modèle numérique a été validé expérimentalement grâce à un prototype expérimental conçu et réalisé à l'ENTPE dans le cadre des travaux de cette thèse reproduisant le comportement du système de stockage étudié. Après avoir été validé, le modèle a été utilisé pour procéder à l'optimisation de sa performance en utilisant la technique des algorithmes génétiques. L'analyse des résultats de ces simulations a notamment abouti sur des recommandations de dimensionnement et d'usage pour l'Ilot HIKARI et des bâtiments futurs intégrant la technologie de stockage étudiée. La thèse a été financée par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) dans le cadre du projet « Optimisation des architectures Énergétiques multi-sources couplées aux techniques avancées du stockage d'énergie dans le bâtiment » en partenariat avec Bouygues immobilier et Manaslu – CMDL

Mots-clés : Matériau à changement de phase (MCP) / Stockage thermique / Validation numérique / Validation expérimentale / Optimisation / Prototype expérimental / Algorithme génétique.

Consultable sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01714308

Laboratoire d'Ingénierie
Circulation Transports

LOPEZ Clélia

Modélisation dynamique du trafic et transport de marchandises en ville : vers une approche combinée

Thèse de doctorat en Génie civil, Ecole doctorale MEGA, < NNT : 2017LYSET009 >, préparée sous la direction de N. Chiabaut (LICIT/ENTPE) et L. Leclercq (LICIT/IFSTTAR), 157 p.

Date de soutenance : 01/12/2017

Résumé : Cette thèse propose une modélisation des interactions entre le Transport de Marchandises en Ville (TMV) et la dynamique du trafic. Ces deux composantes, pourtant imbriquées, ne sont que très rarement étudiées simultanément. Plus précisément, cette thèse investigue les impacts du TMV sur les états de trafic ; et inversement, les impacts des états de trafic sur le TMV. Les recherches s'articulent autour de deux axes : le TMV à l'échelle (i) de la livraison et (ii) de la tournée de livraison, et la dynamique du trafic à l'échelle (iii) d'un jour et (iv) d'un catalogue de jours. (i) Le TMV réalisé par des véhicules routiers peut engendrer des formes de congestion, et par conséquent des nuisances sonores et atmosphériques. Néanmoins, il s'agit d'un « mal nécessaire » car le transport de ces marchandises est essentiel pour l'économie des villes. Une pratique courante est la livraison en double file. Ces « stationnements sauvages » réduisent l'écoulement des véhicules dans le réseau de transport. Une étude de sensibilité quantitative en simulation microscopique met en lumière une dégradation significative des états de trafic sur un boulevard urbain à partir d'un faible nombre de stationnements en double file. Ces phénomènes locaux et temporaires semblent essentiels à intégrer dans les simulations du trafic afin de d'étudier au mieux les performances globales du système de transport. (ii) Les tournées de livraison planifiées peuvent être améliorées par l'intégration des conditions de circulation. Les algorithmes existants d'optimisation de tournées se basent sur une certaine qualité et quantité de données. Nous investiguons l'influence de plusieurs niveaux de granularité d'information du trafic sur l'ordonnancement optimale des tournées. De plus, nous comparons les temps de parcours estimés par les algorithmes, et les temps de parcours effectifs estimés à l'aide d'une simulation microscopique. Les états de trafic attendus peuvent être sujets à quelques variations. Nous proposons une méthodologie de génération de tournées intégrant de l'incertitude dans la dynamique du trafic. (iii) À l'échelle de la ville, les états de trafic sont naturellement variables, que ce soit dans l'espace ou au cours du temps. Le partitionnement permet de découper un réseau de transport en zones homogènes. Une zone est définie par un ensemble de liens connectés ayant des conditions de circulation similaires. Nous proposons une approche spatio-temporelle définissant des zones en 3 Dimensions (3D). L'idée est de résumer la majeure partie de la dynamique du trafic d'une ville en utilisant peu d'information : la vitesse moyenne par zone spatio-temporelle. Deux familles de méthodes de *clustering* fondamentalement différentes sont comparées et évaluées. Le cas d'étude est le réseau d'Amsterdam avec des données réelles. (iv) D'un jour à l'autre, la dynamique du trafic peut être similaire. Nous proposons une méthodologie regroupant les jours par leurs motifs de congestion. L'existence d'une régularité dans les motifs journaliers est introduite par la notion de jour-type. Un jour-type est le jour de référence d'un groupe de jours. Nous validons notre modèle en comparant les temps de parcours effectifs et les temps de parcours estimés par les jours-types. Diverses applications peuvent être raffinées à partir de quelques jours-types, comme l'assistance routière et la génération de tournées.

Mots-clés : Circulation urbaine / Transport de marchandises en ville (TMV) / Zone 3D / Partitionnement de réseaux de transport / Modélisation dynamique du trafic / Génération de tournées.

Consultable sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01684233v1

SCHIPER Nicole

Echantillonnage des données de trafic pour l'estimation de la pollution atmosphérique aux différents échelles urbaines

Thèse de doctorat en Génie civil, Ecole doctorale MEGA, < NNT : 2017LYSET008 >, préparée sous la direction de L. Leclercq (LICIT/IFSTTAR), 260 p. + annexes.

Date de soutenance : 09/10/2017

Résumé : La circulation routière est une source majeure de pollution atmosphérique dans les zones urbaines. Les décideurs insistent pour qu'on leur propose de nouvelles solutions, y compris de nouvelles stratégies de management qui pourraient directement faire baisser les émissions de polluants. Pour évaluer les performances de ces stratégies, le calcul des émissions de pollution devrait tenir compte de la dynamique spatiale et temporelle du trafic. L'utilisation de capteurs traditionnels sur route (par exemple, capteurs inductifs ou boucles de comptage) pour collecter des données en temps réel est nécessaire mais pas suffisante en raison de leur coût de mise en œuvre très élevé. Le fait que de telles technologies, pour des raisons pratiques, ne fournissent que des informations locales est un inconvénient. Certaines méthodes devraient ensuite être appliquées pour étendre cette information locale à une grande échelle. Ces méthodes souffrent actuellement des limites suivantes : (i) la relation entre les données manquantes et la précision de l'estimation ne peut être facilement déterminée et (ii) les calculs à grande échelle sont énormément coûteux, principalement lorsque les phénomènes de congestion sont considérés. Compte tenu d'une simulation microscopique du trafic couplée à un modèle d'émission, une approche innovante de ce problème est mise en œuvre. Elle consiste à appliquer des techniques de sélection statistique qui permettent d'identifier les emplacements les plus pertinents pour estimer les émissions des véhicules du réseau à différentes échelles spatiales et temporelles. Ce travail explore l'utilisation de méthodes statistiques intelligentes et naïves, comme outil pour sélectionner l'information la plus pertinente sur le trafic et les émissions sur un réseau afin de déterminer les valeurs totales à plusieurs échelles. Ce travail met également en évidence quelques précautions à prendre en compte quand on calcul les émissions à large échelle à partir des données trafic et d'un modèle d'émission. L'utilisation des facteurs d'émission COPERT IV à différentes échelles spatio-temporelles induit un biais en fonction des conditions de circulation par rapport à l'échelle d'origine (cycles de conduite). Ce biais observé sur nos simulations a été quantifié en fonction des indicateurs de trafic (vitesse moyenne). Il a également été démontré qu'il avait une double origine : la convexité des fonctions d'émission et la covariance des variables de trafic.

Mots-clés : Emissions de véhicules / Echantillonnage de données de trafic / Agrégation spatio-temporelle / Echelle de réseau / Modèle d'émission / Enquête de circulation / Poste de surveillance air-qualité.

Consultable sur : Le texte intégral de cette thèse sera accessible librement à partir du 09-10-2018 sur http://www.theses.fr/2017LYSET008

Laboratoire d'Ecologie
des Hydrosystèmes Naturels
et Anthropisés

ATTARD Guillaume

Impacts des ouvrages souterrains sur l'eau souterraine urbaine - Application à l'agglomération lyonnaise

Thèse de doctorat en Environnement, Ecole doctorale Chimie de Lyon, < NNT : 2017LYSET002 >, préparée sous la direction de T. Winiarski (LEHNA/ENTPE) et L. Eisenlhor (CEREMA), 151 p.

Date de soutenance : 19/01/2017

Résumé : Le sous-sol urbain est aujourd'hui reconnu comme un espace riche en ressources, espace disponible, eau, géo-matériaux et géothermie jouant un rôle fondamental dans l'aménagement durable des territoires mais dont la réglementation reste lacunaire. Dans un contexte de développement urbain vertical, l'eau souterraine peut être impactée. L'objectif de la thèse est de développer une compréhension quantitative des impacts des ouvrages souterrains sur l' eau souterraine urbaine afin de proposer des éléments d'aide à la décision destinés aux aménageurs du territoire. Ces travaux de thèse ont permis d'améliorer la compréhension du rôle joué par différents types ouvrages souterrains à une échelle de prise de décision. Les résultats montrent que les ouvrages impliquant des systèmes de pompages sont responsables d'une fragmentation des systèmes d'écoulement. Dans des conditions de faible gradient hydraulique, les ouvrages imperméables ont un impact marginal sur la position de la surface libre. Le comportement hydrodispersif des ouvrages a également été étudié et un effet de mélange dispersif a été mis en évidence au droit des ouvrages souterrains. Il favorise la migration verticale des contaminations urbaines. L'impact des ouvrages souterrains sur la température de l'eau souterraine urbaine a également été étudié. Le transfert de thermique entre les ouvrages et l'aquifère urbain a été quantifié et a mis en évidence l'ampleur des zones thermiquement impactées. Enfin, la compréhension des impacts des aménagements souterrains sur l'eau souterraine urbaine a permis de formuler des recommandations afin de prévenir les risques et nuisances inhérents à la construction de nouveaux ouvrages : risque d'inondation par remontée de nappe, risque d'altération qualitative de la ressource, menace et opportunité vis-à-vis du potentiel géothermique d'un aquifère urbain.

Mots-clés : Hydrogéologie urbaine / Construction souterraine / Gestion de l'espace souterrain Urbain / Lyon.

Consultable sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01496786

BARAKAT Mohammad

Maîtrise de l'azote en système irrigué : application au contexte méditerranéen

Thèse de doctorat en Environnement, Ecole doctorale Chimie de Lyon, < NNT : 2017LYSET004 >, préparée sous la direction de R. Angulo-Jaramillo (LEHNA/CNRS) et B. Cheviron (IRSTEA), 167 p.

Date de soutenance : 12/05/2017

Résumé : La maîtrise du transfert de nitrates sous les systèmes irrigués est un objectif primordial dans l'agriculture moderne. Celle-ci exige la recherche, surtout en plein champ, de conduire une stratégie optimale de fertigation. Dans ce but, un protocole expérimental sur une parcelle de 2 ha a été mis en oeuvre pour analyser le devenir de l''azote sous différents scénarios d'irrigation et de fertilisation d'une culture de maïs. Dans l'articulation de ce travail, et pour pouvoir étudier la dynamique de l'azote en systèmes irrigués, nous avons tout d'abord réussi à définir et clarifier la relation ambigüe entre la méthode d'irrigation (irrigation gravitaire, par aspersion ASP, en goutte à goutte de surface GGS ou enterré GGE) et les différentes transformations de l'azote (Fixation, Minéralisation, Immobilisation, Nitrification, Dénitrification et Volatilisation). Cette relation, peu claire et non traitée dans d'autres études similaires, a été étudiée en mettant l'accent sur l'effet de certains facteurs, comme par exemple, l'humidité de sol et sa température, sur l'activité microbienne et donc sur les différentes transformations de l'azote (comme la minéralisation) et ce en mettant en avant la relation directe ou indirecte avec les méthodes d'irrigation. Une différence significative a été observée pour la minéralisation in situ entre les traitements sans aucun apport d'engrais menés sous les deux méthodes d'irrigation GGE et ASP. Une méthode manuelle d'analyse a été ensuite mise au point et validée pour déterminer la concentration en azote dans les échantillons de sol prélevés dans le cadre de ce travail. Cette méthode peu onéreuse pourrait être profitable aux agriculteurs. Les données issues de l'ensemble des traitements ont été utilisées pour modéliser les flux hydriques et azotés à l'aide de modèle HYDRUS-2D pour les systèmes par aspersion et en goutte à goutte enterré. L'analyse de sensibilité aux paramètres liés au transfert de nitrates du modèle de transfert a permis d'estimer la dynamique azotée pour d'autres contextes hydro-pédo-climatiques plus complexes. En conclusion, la présente thèse a permis d'améliorer la connaissance du fonctionnement de la fertigation en irrigation goutte à goutte enterré par comparaison avec l'aspersion, en milieu méditerranéen, en vue d'une diminution des entrants agrochimiques dans un contexte d'économie de la ressource en eau.

Mots-clés : HYDRUS-2D / Irrigation par aspersion / Irrigation en goutte à goutte enterré / Maïs / Transfert eau-nitrate / Modélisation numérique.

Consultable sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01652101

Laboratoire Aménagement Economie Transports

BOUSCASSE Hélène

Essais sur la modélisation du choix modal. Une approche par les choix discrets des interactions entre théories économiques et comportementales

Thèse de doctorat en Economie et finances, Ecole doctorale Sciences économiques et de gestion, préparée sous la direction de P. Bonnel (LAET/ENTPE) et I. Joly (GAEL/INP Grenoble), 402 p.

Date de soutenance : 09/11/2017

Résumé : Cette thèse a pour objectif d'incorporer des éléments de théories de psychologie et d'économie comportementale dans des modèles de choix discret afin d'améliorer la compréhension du choix modal réalisé à l'échelle régionale. Les estimations se basent sur une enquête de type *choice experiment* présentée en première partie. Une deuxième partie s'intéresse à l'incorporation de variables latentes pour expliquer le choix modal. Après une revue de littérature sur les modèles de choix hybrides, c'est-à-dire des modèles combinant modèle d'équations structurelles et modèle de choix discret, un tel modèle est estimé pour montrer comment l'hétérogénéité d'outputs économiques (ici, la valeur du temps) peut être expliquée à l'aide de variables latentes (ici, le confort perçu dans les transports en commun) et de variables observables (ici, la garantie d'une place assise). La simulation de scénarios montre cependant que le gain économique (diminution de la valeur du temps) est plus élevé lorsque les politiques agissent sur des dimensions palpables que sur des dimensions latentes. S'appuyant sur un modèle de médiation, l'estimation d'un modèle d'équations structurelles montre par ailleurs que l'effet de la conscience environnementale sur les habitudes de choix modal est partiellement médié par l'utilité indirecte retirée de l'usage des transports en commun. Une troisième partie s'intéresse à deux formalisations de l'utilité issues de l'économie comportementale : 1) l'utilité dépendante au rang en situation de risque et 2) l'utilité dépendante à la référence. Dans un premier temps, un modèle d'utilité dépendante au rang est inséré dans des modèles de choix discret et, en particulier, un modèle à classes latentes, afin d'analyser l'hétérogénéité intra- et interindividuelle lorsque le temps de déplacement n'est pas fiable. La probabilité de survenue d'un retard est surévaluée pour les déplacements en train et sous-évaluée pour les déplacements en voiture, en particulier pour les automobilistes, les usagers du train prenant d'avantage en compte l'espérance du temps de déplacement. Dans les modèles prenant en compte l'aversion au risque, les fonctions d'utilité sont convexes, ce qui implique une décroissance de la valeur du temps. Dans un deuxième temps, une nouvelle famille de modèles de choix discret généralisant le modèle logit multinomial, les modèles de référence, est estimée. Sur mes données, ces modèles permettent une meilleure sélection des variables explicatives que le logit multinomial et l'estimation d'outputs économiques plus robustes, notamment en cas de forte hétérogénéité inobservée. La traduction économique des modèles de référence montre que les meilleurs modèles empiriques sont également les plus compatibles avec le modèle de dépendance à la référence de Tversky et Kahneman.

Mots-clés : Transport / Comportement de mobilité / Choix modal / Variable latente / Modèle de choix discret / Modèle de choix hybride / Valeur du temps / Comportement dans le risque /Modèle de référence.

Consultable sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/ENTPE/tel-01661687

GARDRAT Mathieu

Impensée mais structurante, refoulée mais exhibée : la mobilité urbaine des marchandises ?

Thèse de doctorat en Géographie, Aménagement et Urbanisme, Ecole doctorale Sciences sociales, < NNT : 2017LYSE2078 >, préparée sous la direction de D. Plat (LAET/ENTPE), 489 p. + annexes.

Date de soutenance : 21/09/2017

Résumé : Encore méconnu il y a une trentaine d'années, le transport de marchandises en ville connaît aujourd'hui un essor scientifique incontestable, sous la tutelle d'instances nationales et internationales. Le sujet émerge aujourd'hui comme un enjeu d'autant plus fort que les modes de consommation et de gestion logistique restructurent les flux de biens et impactent la durabilité des villes. Pour autant, il semblerait que l'aménageur peine à se saisir à l'échelle locale de cette nouvelle thématique. Elément essentiel au fonctionnement du système urbain, le transport de marchandises reste ainsi un élément généralement ignoré par les décideurs publics, s'il n'est pas vécu comme une manifestation néfaste de l'activité urbaine. Dans cette thèse nous examinons, à l'échelle des collectivités territoriales l'intégration d'une thématique encore considérée comme faiblement structurante pour l'aménageur public. Si le transport de marchandises en ville a nécessité au début des années 1990 une conceptualisation différente du transport de fret interurbain, ce sujet exige également une adaptation spécifique aux enjeux que se pose l'aménageur. En ce sens nous, discutons les bases conceptuelles permettant de passer d'une approche technique et statistique du transport à la mobilité urbaine des marchandises pour englober les dynamiques du système urbain des « marchandises ». A travers neuf agglomérations françaises, nous confrontons les dispositifs stratégiques d'aménagement aux spécificités de la mobilité urbaine des marchandises et les conflits et incohérences qui en découlent. Nous développons par la suite le cas lyonnais pour illustrer les dynamiques et interactions territoriales complexes qui sous-tendent la mobilité urbaine des marchandises et l'évolution ainsi que les limites de la prise en compte de cette thématique. Enfin, pour discuter les effets de ces modes d'(in)action sur l'environnement urbain nous détaillons le processus d'intégration opérationnelle de la mobilité des marchandises dans deux opérations d'aménagement emblématiques de la ville de Lyon, le projet Lyon-Confluence et la rue Garibaldi. Malgré l'existence d'outils de mesure et d'action, nous montrons que la mobilité urbaine des marchandises est une thématique encore illégitime, en conflit avec le processus d'aménagement classique. Dans ce contexte les techniciens spécialistes du sujet se retrouvent marginalisés du processus d'aménagement mais servent toutefois d'alibi technique et politique pour afficher les capacités de réflexions de la collectivité sur une thématique complexe.

Mots-clés : Aménagement urbain /Mobilité urbaine des marchandises / Transport de marchandises en ville / Logistique urbaine / Territoire / Politique publique / Concertation / Projet d'aménagement.

Laboratoire Risques Rocheux
et Ouvrages Géotechniques

HO Duc An

Comportement axial des ancrages passifs scellés au rocher : étude de l'interface barre-scellement et modélisation

Thèse de doctorat en Génie civil, Ecole doctorale MEGA, < NNT : 2017LYSET001 >, préparée sous la direction de J.-P. Rajot (LRRO/IFSTTAR) et M. Bost (LRRO/IFSTTAR), 289 p. + annexes

Date de soutenance : 16/01/2017

Résumé : L'installation et la maintenance des ancrages passifs scellés au rocher représentent un coût important dans le budget de fonctionnement des infrastructures de transport sujettes à l'aléa rocheux. Dans ce contexte, clarifier et optimiser les méthodes de dimensionnement actuellement employées représente un enjeu fort. Or le comportement d'un ancrage passif scellé au rocher est très complexe : il fait intervenir non seulement la rupture des matériaux constituants mais également la rupture des interfaces. Par ailleurs, la résistance de l'interface barre-scellement lors de l'arrachement d'un ancrage dépend du caractère dilatant de cette interface, liée à la géométrie de la barre (verrous) et à la plastification du matériau de scellement. Le travail de cette thèse porte sur une meilleure compréhension du comportement en traction d'un ancrage passif scellé au rocher, l'objectif étant d'améliorer la conception et le dimensionnement des ancrages sollicités axialement. Premièrement, le travail a consisté à définir le comportement de l'interface barre-scellement, Pour cela, un modèle numérique a été développé afin de reproduire des essais d'arrachement, sous différentes contraintes de confinement radial, de barres d'acier de haute adhérence (HA) scellées sur une longueur de 15 cm dans un cylindre de coulis de ciment (Moosavi et al. 2005). La géométrie réelle de l'interface acier–scellement a été considérée dans le modèle. Le comportement du coulis de scellement a été représenté par un modèle de type « concrete damage plasticity » (CDP), modèle de Lubliner (1986), implémenté dans Abaqus (2012). La représentation dans une approche continue de la plastification locale et de la fissuration, a nécessité un calage pour tenir compte des effets d'échelle. Le comportement de l'interface barre-scellement a ainsi été identifié comme cohésif dommageable avec frottement, dans une bande de cisaillement de largeur entre 2 et 3 fois la hauteur des verrous. Dans l'objectif de simuler un ancrage sur le terrain, des éléments d'interface représentant le contact acier-scellement (sans les verrous) ont été développés. La performance des éléments a été testée par la modélisation d'essais réalisés par Benmokrane et al. (1995) pour des barres de HA scellées en forage dans un bloc de béton, c'est-à-dire avec des conditions-limites radiales à rigidité constante. En parallèle, afin de tester l'influence de différents paramètres (géométrie, propriétés de matériau, accessoires de mise en œuvre) sur le comportement de l'ancrage, une campagne *in situ* de 36 essais d'arrachement de barres d'acier HA scellées dans un massif calcaire résistant a été réalisée. Certaines barres équipées de fibre optique ont permis d'étudier finement la mobilisation de l'interface entre la barre d'acier et le matériau de scellement lors de la sollicitation axiale. Ces observations expérimentales, comparées aux résultats de la simulation numérique des essais, ont permis de valider le modèle numérique développé et en particulier les éléments d'interface. Par ailleurs, dans nos conditions d'essais, il n'est pas noté d'effet de la longueur de scellement ou de la résistance du coulis de scellement sur la résistance de l'ancrage : la résistance est limitée par la résistance en traction de la barre d'acier. Quant à la rigidité de l'ancrage, c'est le rapport diamètre de la barre/diamètre du forage ou un coulis plus résistant qui tend à rigidifier le comportement de l'ancrage. Pour un rocher résistant et homogène, la longueur de scellement efficace est au maximum de 65cm pour les diamètres usuels de barre. Elle tend à augmenter quand le système est plus déformable : coulis de scellement moins résistant ou, pour un diamètre de barre donné, diamètre de forage plus grand. La présence de la canule d'injection ne semble pas perturber le comportement de l'ancrage. Par contre, une attention particulière doit être portée à la mise en œuvre de la chaussette géotextile.

Mots-clés : Ancrage passif / Rocher / Interface barre-scellement / Rupture / Modélisation numérique Essai *in situ.*

Consultable sur : https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01591288

Liste des doctorants

AISSAOUI Hind 67
ATTARD Guillaume 95
BABADOPULOS Lucas 83
BABAZ Mathieu 39
BAOUCHE Fouad 19
BARAKAT Mohammad 96
BATANY Stéphane 57
BEN SLIMENE Erij 58
BOUSCASSE Hélène 99
CHAMPIRE Florian 84
COUTINHO Artur Paiva 59
CUNIASSE Pierre-Antoine 20
DELHOME Raphaël 51
DETRY Nicolas 71
FITRIA Arie 72
GABORIT Philippe 115
GARDRAT Mathieu 100
GAYTE Pierre 40
GILLE Laure Anne 35
GRASSET Charlotte 25
GUERIAU Maxime 52
HAMARD Erwan 85
HANS Etienne 21
HASCOET Yannick 73
HO Duc An 103
HOANG Ngoc Lan 86
HOLUR NARAYANASWAMY Abhilash 41
HUSSEN Berhanu Woldetensae 65
KLEIN Achim 9
LAHAROTTE Pierre-Antoine 53
LAI Ba Tien 42
LAMONICA Dominique 60
LE NOAN Robin 29
LECLERE Thibaud 10
LEGROUX Jean 66
LEI Xiaoqin 16
LOPEZ Clélia 91
MBAILASSEM Fulbert 43

MOUZANNAR Hussein 77
NGUYEN Minh-Duc 87
ORIAS Frédéric 26
PHAN Cong Viet 44
RAMIREZ CARDONA Diego Alejandro 45
ROCCAMENA Letizia 88
SCHIPER Nicole 92
SIDOLI Pauline 61
SOUDANI Lucile 46
STATHOPOULOS Nikolaos-cht de page 11
TOURASSE Guillaume 36
WEISS Mathieu 47
WIGH Adriana 62

Liste des doctorants par laboratoire

Laboratoire Génie Civil et Bâtiment

GILLE Laure Anne 35
KLEIN Achim 9
LECLERE Thibaud 10
TOURASSE Guillaume 36
STATHOPOULOS Nikolaos 11

Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes

BABADOPULOS Lucas 83
BABAZ Mathieu 39
CHAMPIRE Florian 84
GABORIT Philippe 15
GAYTE Pierre 40
HAMARD Erwan 85
HO Duc An 103
HOANG Ngoc Lan 86
HOLUR NARAYANASWAMY Abhilash 41
LAI Ba Tien 42
LEI Xiaoqin 16
MBAILASSEM Fulbert 43
NGUYEN Minh-Duc 87
PHAN Cong Viet 44
RAMIREZ CARDONA Diego Alejandro 45
ROCCAMENA Letizia 88
SOUDANI Lucile 46
WEISS Mathieu 47

Laboratoire d'Ingénierie Circulation Transports

BAOUCHE Fouad 19
CUNIASSE Pierre-Antoine 20
DELHOME Raphaël 51
GUERIAU Maxime 52
HANS Etienne 21
LAHAROTTE Pierre-Antoine 53
LOPEZ Clélia 91
SCHIPER Nicole 92

Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés

ATTARD Guillaume 95
BARAKAT Mohammad 96
BATANY Stéphane 57
BEN SLIMENE Erij 58
COUTINHO Artur Paiva 59
GRASSET Charlotte 25
LAMONICA Dominique 60
ORIAS Frédéric 26
SIDOLI Pauline 61
WIGH Adriana 62

Laboratoire Aménagement Economie Transports

AISSAOUI Hind 67
BOUSCASSE Hélène 99
GARDRAT Mathieu 100
HUSSEN Berhanu Woldetensae 65
LEGROUX Jean 66

Environnement Ville Société
Recherches Interdisciplinaires
Ville, Espace, Société

DETRY Nicolas 71
FITRIA Arie 72
HASCOET Yannick 73
LE NOAN Robin 29

Laboratoire Risques Rocheux
et Ouvrages Géotechniques

HO Duc An 103
MOUZANNAR Hussein 77

ENTPE
3, Rue Maurice Audin
69120 Vaulx-en-Velin Cedex
France

Tél. : 04 72 04 70 70
Fax. : 04 72 04 62 54
communication@entpe.fr

www.entpe.fr

UNIVERSITÉ DE LYON

ENTPE
L'école de l'aménagement durable des territoires