

# Projets Industriels d'Entrepreneuriat et de Recherche, Stages de Master Recherche et Thèses de Doctorats

Présentés à la Journée Innovation,  
le jeudi 18 mai 2017



ÉDITORIAL

# L'ESTP Paris mise sur l'Innovation



avec la création de son **Institut de Recherche en Constructibilité (IRC)** fin 2009, l'ESTP Paris positionne ses expertises dans le domaine de la constructibilité, une approche émergente encore inexplorée en recherche, qui vise à définir dès la conception, la meilleure stratégie de réalisation d'un ouvrage pour optimiser les moyens, coûts, délais de réalisation et performances des projets de construction-réhabilitation et d'aménagement.

L'Innovation à l'ESTP Paris, en relation notamment avec les 2 chaires d'enseignement et de recherche « Génie Civil Nucléaire » et « Ingénierie des Bétons » se traduit par des programmes de formation par et à la Recherche au travers des **Projets Industriels, d'Entrepreneuriat et de Recherche (PIER)**.

Les présentations de la **14<sup>e</sup> Journée Innovation ESTP Paris** avaient pour but de valoriser les savoir-faire de l'École, de ses élèves, professeurs et partenaires au sein des réseaux scientifiques et techniques mais aussi de susciter des vocations de chercheurs et d'entrepreneurs.

Innovier pour accroître les performances constructives et assumer les enjeux du développement durable et de la transition énergétique, le défi mobilise l'ESTP Paris, ses enseignants, ses étudiants et son réseau de partenaires publics et privés. Avec 120 élèves et 27 enseignants impliqués, la Journée Innovation ESTP Paris, soutenue par CIMBETON, a confirmé le 18 mai 2017 les synergies pédagogiques et industrielles de l'école.

Les 42 PIER, 4 thèses de doctorat et 4 stages de master recherche présentés lors de cette journée, étaient structurés en 10 thèmes :

- Matériaux routiers ;
- BIM, Optimisation, Gestion des risques ;
- Bétons et Structures ;
- Sciences Humaines et Sociales ;
- Entrepreneuriat ;
- Architecture ;
- Topographie, Photogrammétrie et Imagerie numérique ;
- Génie Mécanique et Électrique ;
- Mobilité et transports ;
- Énergies renouvelables et nouveaux matériaux.

Ce rapport annuel de nos travaux 2016-2017, présentés lors de notre Journée Innovation, établit un bilan prometteur. Merci à tous nos partenaires et bonne lecture. ■

**FLORENCE DARMON**  
Directeur général



**JOËL CUNY**  
Directeur des Études







## Nos partenaires innovation



CONSTRUO 3D



# SOMMAIRE

## 11 MATÉRIAUX ROUTIERS

Influence de liants bitumineux sur les performances d'asphalte coulé en vue de l'abaissement de la température de fabrication .....	12
Road Builder .....	13
Projet Roadcell : valorisation de la technologie Onduline dans les enrobés bitumineux .....	14
Le confort extérieur en milieu urbain : rôle et efficacité énergétique des revêtements de voiries .....	15
Création d'une maquette numérique « intelligente » pour les routes .....	16
Valorisation d'agrégats d'enrobés dans des enrobés coulés à froid : évaluation du gel-dégel .....	17
Étude de la cinétique de mûrissement des bétons bitumineux à l'émulsion neufs et recyclés .....	18
Évaluation du vieillissement UV et thermique des enrobés coulés à froid .....	19

## 21 BIM, OPTIMISATION, GESTION DES RISQUES

Identification des aléas techniques et organisationnels d'un projet de bâtiment .....	22
Évaluation d'un logiciel d'architecture système et des liens avec les modèles BIM - application au cas du métro du Grand Paris Express .....	23
Simplification de la méthodologie ICS (intégration conception et soutien) .....	24
Entreprises industrielles et culture de sécurité : état de l'art .....	25
The X-SEED 4000, the tallest building everfully envisioned in Tokyo bay area .....	26

## 27 BÉTONS ET STRUCTURES

Étude sur la démolition et le recyclage du béton : optimisation des processus et solution de recyclage avec le BIM .....	28
Les bétons biosourcés .....	29
Élaboration d'un revêtement constructif pour la surface du béton, à base de carbone activé capable de capter des gaz polluants .....	30
Influence des paramètres technologiques de formulation et de mise en œuvre sur les aspects des parements .....	31
Linéarisation du comportement sous séisme de structures à voiles en béton armé .....	32
Approche automatique de modèles bielles-et-tirants destinés au ferrailage d'éléments de structures massives .....	33
Analyse systématique du concept de comportement linear équivalent en ingénierie sismique .....	34

## 35 SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES

Concevoir une ville pour tous .....	36
L'ingénieur du futur : design universel, innovation et accessibilité .....	37
Développement durable, accessibilité et société .....	38
Problématiser les ouvrages d'art à l'aide des sciences sociales : cas du tgv espagnol (AVE) .....	39
Espace architectural, espace pictural : la peinture murale au xx <sup>e</sup> siècle .....	40
L'architecture dans le cinéma, le cinéma dans l'architecture .....	41
Architecture et utopie .....	42

## 43 ENTREPRENEURIAT

YFORZ : le soutien scolaire pour tous .....	44
Parapluie électrostatique .....	45
Géolocalisation des places de stationnement disponible dans les grandes villes .....	46
Eau de lá : proposition d'une nouvelle expérience thermique .....	47
Repas express .....	48

## 49 ARCHITECTURE

Caractérisation des paramètres spatiaux et temporels des « niches » d'espaces publics parisiens .....	50
Généalogie des principes structurels dans l'architecture à ossature bois française .....	51

## 53 TOPOGRAPHIE, PHOTOGRAMMÉTRIE ET IMAGERIE NUMÉRIQUE

Reconstruction 3D de façade à l'aide d'un scanner 3D .....	54
Évaluation qualitative des relevés en lasergrammétrie .....	55
Modélisation 3D et archivage des œuvres d'art par photogrammétrie .....	56
Détermination du débit et du champ de vitesse d'un écoulement par analyse d'images .....	57

## 59 GÉNIE MÉCANIQUE ET ÉLECTRIQUE

Étude et réalisation d'un chariot tracteur à énergie solaire pour avion de tourisme .....	60
Étude et réalisation d'un robot industriel à motorisation électrique .....	61
Étude et réalisation d'un simulateur dynamique 6 axes .....	62
Lampadaire intelligent .....	63
Smart cities .....	64

## 65 MOBILITÉ ET TRANSPORTS

Recherche de minimisation (avec optimisation) du temps de passage d'une batterie de trains qui se suivent sur un pas d'IPCS (installation permanente de contresens) .....	66
Utilisation du processus IPCS dans la mise en œuvre de chantiers mobiles destinés à la réfection des voies ferroviaires SNCF .....	67
Mobility in highrise buildings .....	68

## 69 ÉNERGIES RENOUVELABLES ET NOUVEAUX MATÉRIAUX

The highway of tomorrow .....	70
L'accès à l'énergie dans l'habitat éphémère .....	71
Les micro-énergies dans la rénovation .....	72
Les applications des nanotechnologies dans le BTP .....	73
Les méta-matériaux, application de ces nouvelles théories aux systèmes parasismiques .....	74

## LES PIER

# Un partenariat école-entreprise pour

La dynamique Innovation de l'ESTP Paris associe les partenaires de l'école, les enseignants et les étudiants dans le cadre du cursus ingénieur. Mis en place et animé par la direction des études et de l'innovation de l'ESTP Paris, le programme de Projets Industriels d'Entrepreneuriat et de Recherche (PIER) propose à ses élèves une initiation concrète à l'innovation à travers des études, tests et essais ou états de l'art liés aux spécialités de l'ESTP Paris.

Une opportunité pour les étudiants de s'initier dans le cadre de leurs cursus ingénieur aux fonctions Recherche-Développement et à la méthodologie de projet, en conditions professionnelles et avec des professionnels.

Une occasion pour nos partenaires de déléguer des travaux avec le soutien des équipes et des laboratoires ESTP Paris, et rencontrer les étudiants sur le terrain.



## Les PIER

Une cinquantaine de projets (voir sommaire p. 6 et 7) sont proposés par les partenaires de l'ESTP Paris (p. 5). Les PIER sont réalisés en équipes étudiant/enseignant-chercheur/partenaire industriel. Chaque PIER est confié en octobre à des élèves de 1<sup>re</sup>, 2<sup>e</sup>

et 3<sup>e</sup> années, intégré au cursus comme un projet en option obligatoire, mené jusqu'au rapport et soutenance finale (Journée Innovation ESTP Paris). Certains sujets sont prolongés en stage recherche de 2<sup>e</sup> année ou en TFE recherche de 3<sup>e</sup> année.

## Journée Innovation

Cette journée est le rendez-vous annuel des partenaires, enseignants et étudiants de l'ESTP Paris.

La Journée Innovation de l'ESTP Paris consacre les résultats des travaux de recherche innovation de l'école : les PIER, les stages de master recherche et les thèses de doctorat menés durant l'année.

Elle est organisée au mois de mai sur le campus de Cachan.



Pour plus d'informations sur le programme des PIER et notre Journée Innovation :

**www.estp.fr - rubrique RECHERCHE INNOVATION, Pôle Innovation, PIER, Journée Innovation**

## Calendrier 2017-2018

- **18/09/17** : distribution des fiches de proposition de PIER aux élèves
- **28/09/17** : présentation des PIER aux élèves-ingénieurs
- **06/10/17** : sélection des élèves
- **12/10/17** : réunion générale de lancement des PIER avec élèves et professeurs y participant
- **29/01/18** : remise des rapports intermédiaires
- **13/04/18** : remise des fichiers Innovation (fiche de synthèse, 20 avril : poster, 4 mai : support de présentation)
- **17/05/18** : Journée Innovation

# l'Innovation

## S'informer sur les partenariats

La diversification de la pédagogie et le développement des activités de recherche de l'école apportent des ressources nouvelles pour mener des projets d'innovation-recherche. En particulier l'Institut de Recherche en Constructibilité (IRC) et les chaires

d'enseignement Recherche Génie Civil et Nucléaire (GCN) et Ingénierie des Bétons (IdB) ouvrent à nos partenaires de nouvelles perspectives : enseignements, PIER, thèses...



### PIER

**Geoffroy Mesnier,**  
coordonnateur pédagogique  
01 49 08 56 50  
gmesnier@estp-paris.eu  
**Carinne Brault,**  
assistante Innovation  
01 49 08 24 58  
cbrault@estp-paris.eu

### Chaire GCN

**Guillaume Hervé,**  
coordonnateur scientifique de  
la Chaire et  
du Master GCN  
gherve@estp-paris.eu

### Thèses & Projets de Recherche

**Éric Croquesel,**  
directeur  
de la Recherche, IRC  
01 49 08 03 21  
ecroquesel@estp-paris.eu

## Deux chaires Formation-Innovation-Recherche

L'ESTP-Paris bénéficie de deux chaires Formation-Innovation-Recherche s'inscrivant dans la thématique de la constructibilité :

- La Chaire Génie Civil Nucléaire (GCN) ;
- La Chaire Ingénierie des Bétons (IdB) ;

Liées par des conventions de recherche avec des partenaires ou des contrats avec des entreprises, les chaires créent un continuum entre Recherche et Enseignement en permettant un focus spécifique sur la thématique ciblée par la création de programmes d'enseignement et de recherche et d'une gouvernance dédiée.

Les chaires d'Enseignement-Recherche de l'ESTP-Paris ont 4 objectifs principaux :

- Développer à l'ESTP-Paris l'enseignement (initial et continu) et la recherche dans la discipline de la chaire ;



- Renforcer le corps enseignant et les moyens pédagogiques ;
- Favoriser les contacts des étudiants de l'ESTP-Paris avec les professionnels, et leur information sur les divers métiers ;
- Valoriser l'activité de la chaire et ses partenaires par des actions de communication.



PROJETS INDUSTRIELS D'ENTREPREURIAT ET DE RECHERCHE   
STAGES DE MASTER RECHERCHE   
THÈSES DE DOCTORATS 

# Matériaux routiers



# Influence de liants bitumineux sur les performances d'asphalte coulé en vue de l'abaissement de la température de fabrication



## OBJECTIF

- Compte tenu de la réglementation REACH de 2011 et de l'importance de la nature du bitume dans la formulation des asphaltes coulés, évaluation de nouveaux liants bitumineux développés par TOTAL dans une application à température inférieure à 200 °C.



## MÉTHODOLOGIE

- À partir d'une formulation d'un asphalte de trottoir AT 0/6 classique, expérimentation multi-échelle et approche avec liants modèles :
  - Liants : caractérisation conventionnelle et rhéologique,
  - Mastics (liant + filler) : mise en place d'un protocole de fabrication et caractérisation conventionnelle et rhéologique,
  - Asphaltes : maniabilité (au seau et Nynas), indentation et essai de retrait.



## RÉSULTATS

- Essais et analyse des résultats en cours au 18 mai 2017.
- Dans la gamme de températures testées : vérification du caractère newtonien de tous les liants bitumineux.
- Validation de la procédure de fabrication des mastics et de leur caractère newtonien ou pas selon la température.
- Validation de la formule AT0/6 de référence.



## STAGIAIRES

- Marko ZIVANOVIC (Stagiaire ESTP Paris)
- Master 2 SMCD - École Nationale des Ponts et Chaussées.



## ENCADRANTS

- Anne DONY (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC),
- Layella ZIYANI (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC),
- Andrea THEMELI (Ingénieur Recherche, TOTAL),
- Yvong HUNG (Ingénieur Recherche, TOTAL).



# Road builder



## OBJECTIF



- Élaboration d'un cahier des charges pour la création d'un Serious Game, sensibilisant des lycéens, apprentis, bac pro, BTS ou élèves ingénieurs aux enjeux de la route, produit technique aussi complexe qu'indispensable à l'Homme.

## MÉTHODOLOGIE



- Définition de la cible visée, des objectifs et limites éducatifs ainsi que des moyens alloués au projet,
- Proposition de 3 différentes approches pédagogiques,
- Choix de l'approche et structuration du jeu par étapes et niveaux avec validation de l'USIRF et rédaction d'un rapport complet accompagné d'un support exploitable par un développeur informatique.

## RÉSULTATS



- Cahier des charges techniques, ergonomiques et fonctionnels ainsi qu'un devis estimatif : Méthode de tracé routier sur une carte évolutive fictive - Objectifs, paramètres et difficultés de chaque niveau - Choix des structures de chaussée à partir des catalogues de structures français
- Perspectives : Développement du jeu par des professionnels ou des étudiants en informatique - Accessible via le site de l'USIRF.

## ÉLÈVES



- Benjamin HONG (TP3),
- Rémy LAMORILLE (TP2),
- Ugo PINTORI (TP2).

## ENCADRANTS



- Anne DONY (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC),
- Layella ZIYANI (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC),
- Omar DOUKARI (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC),
- Pierre de THE (Directeur communication, USIRF),
- Maël BUANNIC (Direction technique, USIRF).



# Projet Roadcell : valorisation de la technologie onduline dans les enrobés bitumineux

## Onduline®



### OBJECTIF

- Caractériser le matériau « tuile bitumineuse » fourni par le partenaire Onduline (leader mondial des toitures légères) et le valoriser dans la formulation de SMA (Stone Mastic Asphalt), enrobés bitumineux à base de fibres.



### MÉTHODOLOGIE

- Analyse physico-chimique des constituants des tuiles : fibres de cellulose et bitume,
- Évaluation de l'influence de la procédure de fabrication des tuiles sur les propriétés du bitume,
- Calage d'une procédure d'extraction du bitume issu des tuiles,
- Mise au point d'un protocole de broyage des fibres imprégnées en vue de leur incorporation dans des formules de SMA (stage master).



### RÉSULTATS

- Faible impact du process d'Onduline sur la consistance initiale du bitume et caractéristiques conventionnelles du bitume extrait des tuiles proches de celles du bitume utilisé pour leur fabrication,
- Propriétés physico-chimiques et aspect visuel des fibres de cellulose semblables à ceux des fibres traditionnellement utilisées dans les SMA,
- Effet positif de l'ajout des fibres imprégnées sur la rigidité du bitume et la compactabilité des SMA.



### ÉLÈVES/STAGIAIRES

- Yoann LE ROUX (GME1),
- Benjamin ROUSTEAU (B2),
- Clara TAMBURINI (Master 2 - Transport Infrastructures, Politecnico di Milano).



### ENCADRANTS

- Layella ZIYANI (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC),
- Anne DONY (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC),
- Christophe ROHART (Directeur R&D, OFITECH).



# Le confort extérieur en milieu urbain : rôle et efficacité énergétique des revêtements de voiries



/ Une société du groupe  
Spie batignolles



## OBJECTIF



- Évaluer le confort thermique des usagers de la voirie en mettant en lien les matériaux de chaussée et les modèles de confort thermiques extérieurs.

## MÉTHODOLOGIE



- Recherches bibliographiques sur les différents modèles de confort thermique extérieur, identification des différents types d'usagers urbains et de revêtements de voiries,
- Identification d'un modèle exploitable, parallèlement à la formulation d'un questionnaire orienté « usagers » et testé à l'ESTP Paris, en lien avec le matériau de chaussée.

## RÉSULTATS



- Complexité des modèles thermiques extérieurs et de la diversité des types d'usagers urbains. Nécessité de s'ouvrir au confort global de l'utilisateur.
- Exploitation de cinquante questionnaires : besoin de reformulation, mise en place d'un outil d'exploitation et modèle de traitement.
- Analyse du modèle COMFA +, recherche des paramètres de chaussée influant sur le confort par un algorithme de calcul.

## ÉLÈVES



- Caroline BASSAGAL (BIA3),
- Grégoire LARUE (TP2),
- Quentin VERRET (TP2).

## ENCADRANTS



- Anne DONY (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC),
- Andrea KINDINIS (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC),
- Layella ZIYANI (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC),
- Aurélia NICOLAI (Chef de projet, MALET),
- Alain BEGHIN (Directeur technique, MALET).



# Création d'une maquette numérique « intelligente » pour les routes



## OBJECTIF

- Concevoir une maquette numérique regroupant à la fois toutes les informations nécessaires à la réalisation d'une chaussée : données économiques, matériaux, critères géométriques, ainsi que les calculs de dimensionnement.



## MÉTHODOLOGIE

- Choix d'une chaussée type (définition du trafic routier, de la portance du sol, des matériaux, des épaisseurs des couches...), dimensionnement sur le logiciel Alizé lpc et relevé des paramètres à intégrer dans la maquette,
- Création de la maquette à l'aide du logiciel Revit.



## RÉSULTATS

- Réalisation d'un logigramme rassemblant les étapes de construction d'une chaussée et les acteurs impliqués,
- Conceptualisation du calcul de dimensionnement sous forme d'algorithme en vue d'intégration dans la maquette,
- Modélisation de la maquette BIM par « objets » regroupant toutes les données nécessaires au dimensionnement,



## ÉLÈVES

- Léo ADHEMAR (B2),
- Emily DEYDIER (B2),
- Hugo LAUGIER (B2).



## ENCADRANTS

- Layella ZIYANI (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC),
- Omar DOUKARI (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC).



# Valorisation d'agrégats d'enrobés dans des enrobés coulés à froid : évaluation du gel-dégel



## OBJECTIF



- Dans le cadre d'un travail de thèse et dans la continuité de deux stages master (2015 et 2016), évaluation des performances d'un enrobé coulé à froid (ECF), avec et sans agrégats d'enrobés, et de son éventuel rôle protecteur sur enrobé après des cycles de gel-dégel.

## MÉTHODOLOGIE



- Définition d'un protocole de gel-dégel sur matériaux de base (bitume, granulats, agrégats), puis application aux émulsions et ECF,
- Évolution de l'abrasion et caractérisations conventionnelles, rhéologiques et spectroscopiques (infrarouge) sur liants,
- Tenue à l'orniérage après application du protocole de gel-dégel sur complexe enrobé à chaud-ECF.

## RÉSULTATS



- Nombreuses procédures de gel-dégel dans la littérature (granulats, bétons, enrobés), mais aucune étude publiée sur les ECF,
- Mise en place de la méthodologie sur bitume et granulats et identification de procédés pour évaluer les aspects du gel-dégel,
- Préparation des plaques d'enrobés à chaud,
- Rapport et publication en prévision.

## STAGIAIRE



- Salah LABOUIZ (Master 2 Recherche de Chimie spécialité Ingénierie Chimique, Université Pierre et Marie Curie (UPMC) (Co-habilitation ENS, ESPCI, ENSCP, CNAM)

## ENCADRANTS



- Anne DONY (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC),
- Layella ZIYANI (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC)
- Arbia GARFA (Doctorante, ETS/ESTP Paris IRC),
- Walid ZAOUALI (Ingénieur R&D Probinord).

# Étude de la cinétique de mûrissement des bétons bitumineux à l'émulsion neufs et recyclés



## OBJECTIF

- L'objectif de ce stage est de déterminer les performances mécaniques des Bétons Bitumineux à l'Émulsion (BBE) neufs et recyclés au jeune âge et après leur mûrissement. La cinétique d'évaporation d'eau de ces enrobés est également évaluée selon un protocole accéléré en laboratoire.



## MÉTHODOLOGIE

- Optimisation de la formulation d'émulsions pour BBE neufs et recyclés, Fabrication et évaluation des mélanges à différentes échelles,
- Détermination des propriétés des BBE neufs et recyclés au jeune âge (maniabilité et compactabilité),
- Mesure des performances (tenue à l'eau, résistance à l'orniérage) des BBE après mûrissement accéléré (14 jours, 35 °C, 20 % HR).



## RÉSULTATS

- Beaucoup de méthodes de mûrissement recensées dans la littérature, mais pas de protocole commun ou normalisé,
- Formulation, fabrication, caractérisation des émulsions : résidu sur tamis, teneur en eau, IREC, stabilité au stockage, pseudo-viscosité, pH,
- Essais de consistance sur les BBE neufs et recyclés.



## STAGIAIRE

- Bianca PIERGALLINI (Master 2 - Infrastructures de transport, Politecnico di Milano)



## ENCADRANTS

- Layella ZIYANI (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC),
- Anne DONY (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC),
- Emanuele TORALDO (Enseignant, Politecnico di Milano).



# Évaluation du vieillissement UV et thermique des enrobés coulés à froid



## OBJECTIF



- Comparer l'influence de sollicitations thermiques et photochimiques sur l'évolution du liant bitumineux dans les ECF, en faisant varier les paramètres d'exposition.

## MÉTHODOLOGIE



- Démarche expérimentale en continuité de travaux antérieurs : dans une seule enceinte photochimique, réalisation sur deux liants bitumineux de deux modes de vieillissements (thermique seul et UV), à différentes échéances, sur épaisseurs variables, et suivi des caractéristiques conventionnelles et spectroscopiques (indice carbonyle).

## RÉSULTATS



- Évolution des liants sur 2400 h d'exposition avec un phénomène de durcissement et d'évolution du pic carbonyle,
- Importance de l'épaisseur du film de liant sur le degré de vieillissement,
- Gradient de vieillissement plus élevé avec l'UV.

## ÉLÈVES



- Estelle GUSTAVE (TP1),
- Randy SITCHARN (TP1).

## ENCADRANTS



- Anne DONY (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC),
- Layella ZIYANI (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC),
- Arbia GARFA (Doctorante, ETS Montréal/ESTP Paris IRC).



PROJETS INDUSTRIELS D'ENTREPRENEURIAT ET DE RECHERCHE   
STAGES DE MASTER RECHERCHE   
THÈSES DE DOCTORATS 

# BIM, optimisation, gestion des risques





# Identification des aléas techniques et organisationnels d'un projet de bâtiment



## OBJECTIFS

- Établir un réseau des aléas qui peuvent être rencontrés lors de la réalisation d'un projet de bâtiment.
- Associer tous les aléas possibles aux procédés constructifs et processus utilisés, ainsi qu'aux acteurs d'un projet.



## MÉTHODOLOGIE

- Identification des procédés constructifs et des acteurs nécessaire à la construction d'un bâtiment puis détermination des aléas et influences des acteurs sur la réalisation du bâtiment,
- Étude de scénarios pour caractériser différents aléas,
- Moyens : calepins de chantiers, visites de chantiers, logiciel MicMac.



## RÉSULTATS

- Impacts des aléas sur la qualité, le coût et le délai dans un domaine déterminé. Solutions envisageables pour répondre à la demande initiale du projet.
- Développements ultérieurs : développer la matrice finale avec plus d'aléas et étudier son plan influence dépendance indirecte.



## ÉLÈVES

- Salomé BEDOUCHE (B2),
- Boris ÉTIENNE (B2),
- Claire FAVREUL (B2),
- Alix FERRANDEAU (B2).



## ENCADRANT

- Gilles THING LEO (Doctorant, ESTP Paris IRC).



# Évaluation d'un logiciel d'architecture système et des liens avec les modèles BIM

Application au cas du métro du grand Paris Express



## OBJECTIFS



- Utiliser un langage de modélisation d'Ingénierie Système, le SysML.
- Proposer de futures adaptations ou améliorations de l'outil SysML.
- Établir un lien entre le langage EXPRESS utilisé par les modèles BIM et SysML.

## MÉTHODOLOGIE



- État de l'art concernant l'adaptation de SysML au BTP,
- Échanges avec EGIS Rail : analyse de documents « métro » et renseignement d'un tableau d'exigences,
- Prise en main des logiciels pour réaliser des diagrammes SysML,
- Recherche d'échanges possibles de données entre les modèles BIM et SysML.

## RÉSULTATS



- Conclusion : l'adaptation de l'outil SysML au BTP est pertinente, mais la méthode encore trop peu développée et mérite des adaptations,
- Produits du rapport : état de l'art, tableaux et schémas comparatifs,
- Perspectives : répondre à la problématique de modélisation de l'espace dans un diagramme SysML et développer les API SysML-XMI et XML-EXPRESS.

## ÉLÈVE



- Éléonore HERBRETEAU (TP2).

## ENCADRANTS



- Nicolas ZIV (Doctorant, ESTP Paris IRC/Egis),
- Omar DOUKARI (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC),
- Francis CLAUDE (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC).



# Simplification de la méthodologie ICS (intégration conception et soutien)



Institut pour la **Maîtrise des Risques**  
Sûreté de Fonctionnement - Management - Cindyniques



## OBJECTIF

- Simplifier la méthodologie ICS par rapport à la version originale pour une meilleure accessibilité et compréhension des avantages d'ICS quant à la conception et au soutien des produits tant à l'attention des PMI et PME qu'à des grands groupes de production.



## MÉTHODOLOGIE

- Appropriation des domaines du soutien logistique et d'ICS,
- Analyse approfondie du dossier original ICS.



## RÉSULTATS

- Synthétiser et atténuer l'effet « compact » qui existait dans l'ancien dossier ICS,
- Schémas intuitifs, réorganisation des différentes parties d'ICS, en particulier l'introduction d'un nouvel indicateur lié au facteur de mérite des solutions envisageables.



## ÉLÈVE

- Sacha DELANOS (TP1).



## ENCADRANT

- Jean LAFONT (Professeur, ESTP Paris).



# Entreprises industrielles et culture de sécurité : état de l'art



## OBJECTIF



- Effectuer un état de l'art de la culture de sécurité dans le monde de l'entreprise. Définir les notions importantes et les principales avancées dans ce domaine.

## MÉTHODOLOGIE



- Étude bibliographique d'articles scientifiques et ouvrages concernant le domaine de la culture de sécurité,
- Revue des différentes disciplines des sciences humaines et sociales qui explorent la question (ergonomie, sociologie, psychologie),
- Réalisation de fiches de synthèses et d'un compte rendu sur la culture de sécurité.

## RÉSULTATS



- La culture de sécurité, qui est une notion de plus en plus étudiée, doit s'adapter en fonction des domaines de l'entreprise. Le développement d'une culture de sécurité partagée apparaît aujourd'hui comme un facteur essentiel d'amélioration de la maîtrise des risques au sein des systèmes techniques complexes.

## ÉLÈVES



- Émeric BOULANGER (B2),
- Antoine DUVEAU (B2).

## ENCADRANTS



- Jean LAFONT (Professeur, ESTP Paris),
- Laura COTTARD (Chargée d'expertise en facteurs humains, unité maîtrise des risques d'entreprise, RATP),
- Fabrice JUBERT (Chargé d'expertise en facteurs humains, unité maîtrise des risques d'entreprise, RATP).



# The X-SEED 4000, the tallest building everfully envisioned in Tokyo bay area



## OBJECTIFS

- Définir le projet X-Seed 4000,
- Approche BIM,
- Pourquoi construire un tel édifice ?
- Techniques innovantes de construction d'un tel édifice.



## MÉTHODOLOGIE

- Étude de la modélisation de la Tour X-Seed 4000,
- Étude de l'aspect historique, géologique, climatique et de leurs conséquences sur la construction,
- Étude des phénomènes sismiques,
- Préparation du voyage d'étude sur terrain et réunion de synthèse des travaux puis enquête et visite opérationnelle dans la baie de Tokyo.



## RÉSULTATS

- La Tour X-Seed 4000 est un puissant challenge du XXI<sup>e</sup> siècle qui permet de révolutionner les techniques de conception dans le BTP,
- Coût très important de l'édifice du fait de sa taille, de ses innovations qui traduisent une impossibilité de démarrer les travaux (prévus en 2025),
- Voyage d'étude de terrain à Tokyo extrêmement enrichissant.



## ÉLÈVES

- Hajar RAOUI (TP2),
- Chaymae RAIS (TP2).



## ENCADRANT

- Paul Louis MEUNIER (Professeur, ESTP Paris).

PROJETS INDUSTRIELS D'ENTREPRENEURIAT ET DE RECHERCHE   
STAGES DE MASTER RECHERCHE   
THÈSES DE DOCTORATS 

# Bétons et Structures





# Étude sur la démolition et le recyclage du béton : optimisation des processus et solution de recyclage avec le BIM



## OBJECTIF

- Le Building Information Modeling devra permettre la gestion des projets de démolition via 4 critères : techniques, législatives, économiques et environnementaux, dans le but d'optimiser le processus de recyclage et de démolition.



## MÉTHODOLOGIE

- Bibliographie afin d'obtenir des données pour ces différents critères afin de déterminer l'impact des processus de recyclage et de démolition.
- Flyers pour connaître les avis des différents acteurs.
- Critiques et conseils au BIM WORLD.
- Modélisation d'hôtel Kyriad afin de connaître différents impacts pour donner un modèle.



## RÉSULTATS

- La phase de démolition et recyclage fait intervenir 4 facteurs.
- Avis hétérogènes : certains trouvent que le projet d'automatiser les résultats des impacts est trop ambitieux en raison de la coordination et des données à récupérer très complexe. D'autres veulent pousser le projet plus en faisant intervenir la phase réhabilitation.
- Exemple de modèle du projet à automatiser.



## ÉLÈVE

- Kumanan SATHIYAMOORTHY (GME1)



## ENCADRANTS

- Jena JEONG (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC),
- Omar DOUKARI (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC),
- Jean VAREILLE (Enseignant-Chercheur à l'Université de Brest).



# Les bétons biosourcés



## OBJECTIFS



- Comprendre les filières biosourcées : Quels matériaux ? Quelle réglementation ? Quels labels ? Quelle provenance ?
- Essais comparatifs
- Recommandations à EQIOM

## MÉTHODOLOGIE



- Interviews et visites chez les industriels.
- Programme expérimental : Formulation de 8 types de béton avec fibres et liants différents,
- Méthode : Fabrication des éprouvettes cylindriques et des plaques en laboratoire, détermination des propriétés thermiques et essais mécaniques.

## RÉSULTATS



- Comparatif de matériaux biosourcés,
- Le ciment Prompt VICAT est le liant le plus intéressant, un mix chaud-ciment est à développer (avec adjuvantation), la solution ciment pur n'est pas retenue,
- Délivrable : un rapport avec grille comparative des résultats expérimentaux.

## ÉLÈVES



- Giorgio MESSARA (TP2),
- Hafsa SORANY (TP2).

## ENCADRANTS



- Patricia BREDY TUFFE (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris Chaire IdB),  
Johan COLIN (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC),
- Arnaud MAREC (EQIOM),
- Sébastien YAFIL (EQIOM).

# Élaboration d'un revêtement constructif pour la surface du béton, à base de carbone activé capable de capter des gaz polluants



## OBJECTIFS

- Étudier les propriétés physico-chimiques du carbone activé pour absorber toute sorte de gaz, notamment, NOx, SO<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub>.
- Fabriquer une encre à base de carbone activé pour le revêtement du béton afin de protéger le béton soumis à la carbonatation.



## MÉTHODOLOGIE

- Fabrication d'une encre à l'aide de carbone activé, d'un liant et d'un solvant,
- Ajuster la quantité de solvant pour avoir la texture adéquate,
- Vaporisation de l'encre avec un aérographe sur les échantillons à étudier (mortier et pâte de ciment),
- Carbonatation des échantillons pour voir l'impact du revêtement.



## RÉSULTATS

- Formulation d'une encre (carbone LN750 + CMC + eau distillée),
- L'efficacité de l'encre n'est pas encore claire face à la cinétique du gaz, notamment pour le CO<sub>2</sub>,
- La prochaine étape est d'étudier et d'améliorer la durée de l'efficacité de l'encre dans les temps prolongés.



## STAGIAIRES

- Jean-Baptiste THOUENON (Master 2 - Matériaux Avancés pour l'Innovation-MAVInov, Université Paris-Saclay).



## ENCADRANTS

- Jena JEONG (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC),
- Encarnacion RAYMUNDO (Chargée de recherche, CNRS CEMHTI).

# Influence des paramètres technologiques de formulation et de mise en œuvre sur les aspects des parements



## OBJECTIFS

- Confirmer la relation de la luminance ( $L^*$ ) en fonction du rapport E/C et de la rugosité,
- Étudier le rôle de la formulation du béton (E/C) sur la rhéologie,
- Déterminer l'influence de la rhéologie sur l'état de surface du parement.



## MÉTHODOLOGIE

- Identification des principaux défauts de parements et les causes de ses défauts,
- Fabrication des pâtes et des mortiers pour déterminer la variation de la luminance et la rugosité en fonction du rapport E/C,
- Détermination de l'influence de la rhéologie sur l'aspect du parement à travers de la simulation sur COMSOL Multiphysics.



## RÉSULTATS

- La variation de la luminance est directement proportionnelle au rapport E/C et inversement proportionnelle à la rugosité,
- Le seuil de cisaillement, la viscosité et le temps d'écoulement diminuent avec l'augmentation du rapport E/C,
- L'augmentation du rapport E/C permet la génération de surfaces moins rugueuses (plus lisses).



## DOCTORANT

- Edgar CHUTA (Doctorant, ESTP Paris IRC/Université Paris-Est).



## ENCADRANT

- Jena JEONG (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC).



# Linéarisation du comportement sous séisme de structures à voiles en béton armé



## OBJECTIFS

N.C.



## MÉTHODOLOGIE

N.C.



## RÉSULTATS

N.C.



## DOCTORANT

- Mohamed-Bachir HOCINE (Doctorant, ESTP Paris IRC).



## ENCADRANTS

- Pierre LABBE (Professeur ESTP Paris, Ingénieur EDF),
- Guillaume HERVE (Professeur Associé ESTP Paris, Ingénieur EDF),
- François TOUTLEMONDE (Directeur de thèse).

# Approche automatique de modèles bielles-et-tirants destinés au ferrailage d'éléments de structures massives



## OBJECTIF



- The project proposes an automation of optimal discrete Strut and Tie Models (STM) targeting the development of a light algorithm, in terms of required computational needs, compared to continuum topology procedures.

## MÉTHODOLOGIE



- The project is based on postulates for treating the zones with non-smooth stresses as equivalent discrete structures. The equivalent structures are developed through post-treating elastic analysis which requires the use of specialized FE software and general programming languages. In order to determine the pertinence of the procedure, the results are compared to those currently available in the literature.

## RÉSULTATS



- The tests have shown
  - a) a good accuracy compared to the ST models developed by other authors ;
  - b) a significant reduction of the number of DoF presented in the initial FE model, and
  - c) a considerable reduction of the DoF during the iterative optimization of the proposed ST system.

## DOCTORANT



- Gustavo MENDOZA CHÁVEZ (SIE-IRC-ESTP Paris, Ph.D. student).

## ENCADRANTS



- Guillaume HERVÉ (Pôle RENON [IRC-ESTP, IFFSTAR, IRC-ESTP Paris]),
- Patrick de BUHAN (Professor at Paris-Est University, ENPC),
- Pierre-Alain NAZÉ (Assistant Director-General of GDS),
- Christophe ROUZAUD (Pôle RENON [IRC-ESTP, IFFSTAR, IRC-ESTP Paris]).

# Analyse systématique du concept de comportement linear équivalent en ingénierie sismique



## OBJECTIF

- Argumenter scientifiquement la question du comportement linéaire équivalent, qui, bien qu'améliorant la constructibilité des structures notamment en phase de projection, reste fondé sur plusieurs hypothèses fortes et insuffisantes dans une perspective d'ingénierie sismique.



## MÉTHODOLOGIE

- Une méthodologie intellectuelle conçue autour d'un plan d'expérience numérique a été élaborée afin de construire le comportement linéaire équivalent d'un système canonique soumis aux chargements sismiques synthétiques et réels. Le résultat a été validé par l'interprétation de résultats d'essais sur des structures du génie civil de type voiles en béton armé (BA) et système de tuyauterie en acier.



## RÉSULTATS

- Résultat établi pour un système canonique allant du comportement élastoplastique au comportement endommageant avec différents critères d'équivalence. Interprétation des résultats des essais expérimentaux : le comportement linéaire équivalent du voile en BA sous cisaillement est proche de celui du système avec endommagement tandis que celui des tuyauteries en acier se rapproche de celui avec élastoplasticité.



## DOCTORANT

- Thuong Anh NGUYEN (Doctorant, ESTP Paris IRC).



## ENCADRANTS

- Pierre LABBE (Professeur ESTP Paris, Ingénieur EDF),
- Jean-François SEMBLAT (Professeur, IFSTTAR Marne-la-Vallée),
- Guillaume HERVE (Professeur Associé ESTP Paris, Ingénieur EDF).

PROJETS INDUSTRIELS D'ENTREPRENEURIAT ET DE RECHERCHE   
STAGES DE MASTER RECHERCHE   
THÈSES DE DOCTORATS 

# Sciences humaines et sociales





# Concevoir une ville pour tous



## OBJECTIFS

- Analyse d'un déplacement multimodal pour une personne en situation de handicap physique,
- Planifier le développement urbain pour mieux « Vivre ensemble ».



## MÉTHODOLOGIE

- Méthode sociologique (disability studies) techniques utilisées : Documentaire et enquête de terrain,
- Interviews de parties prenantes (SNCF, IAU, Universités).



## RÉSULTATS

- Produits de l'étude : rapport final, document audio-visuel, déplacement multimodal,
- La France est en retard en matière d'accessibilité,
- Perspectives : même analyse pour d'autres types de situation de handicap pour compléter l'étude - Étude comparée avec d'autres pays en tant qu'ingénieur, donner des solutions concrètes.



## ÉLÈVES

- Manon HURPIN (B2),
- Anouk HOLSNYDER (GME2).



## ENCADRANT

- Sergio AVALOS (Professeur, ESTP Paris).



# L'ingénieur du futur : design universel, innovation et accessibilité

## OBJECTIF



- Appliquer les principes et valeurs de la Conception Universelle et de l'innovation pour créer un objet répondant à un problème d'une personne en situation de handicap. Sensibilisation aux différentes barrières présentes aujourd'hui, qui handicapent les personnes à mobilité réduite.

## MÉTHODOLOGIE



- Méthode sociologique (modèle social du handicap/conception universelle/innovation : méthode de Roberta Ness).
- Étude de documentaires, livres, films et enquête sur le terrain.
- Application directe du design universel en partenariat avec le projet E-Fabrik.

## RÉSULTATS



- Réalisation de plusieurs prototypes et d'un objet répondant au design universel dans le cadre du projet E-Fabrik. Un aspect humain très intéressant. Une prise de conscience importante face à des problèmes vécus au quotidien.
- L'expérience apportée par ce projet est un avant-goût de ce qu'on peut être amené à rencontrer dans une carrière d'ingénieur.

## ÉLÈVES



- Nathanaël OHANA (B2),
- Victor FOUBERT (B2).

## ENCADRANT



- Sergio AVALOS (Professeur, ESTP Paris).



# Développement durable, accessibilité et société



## OBJECTIFS

- Trouver une solution durable au problème de l'accessibilité,
- Repérer les obstacles à la gouvernance de l'accessibilité,
- Déterminer la nature de ces obstacles.



## MÉTHODOLOGIE

- Méthode sociologique (Disabilities Studies),
- Technique documentaire et enquête de terrain,
- Entretiens non directifs, analyse mixte (qualitative et quantitative),
- Analyse de la situation dans les villes de Neuilly-sur-Seine (92) et de Cachan (94).



## RÉSULTATS

- Le coût n'est pas un obstacle à l'accessibilité,
- Dans le cadre du développement durable, l'accessibilité doit faire partie des premières considérations lors d'une construction/aménagement d'un établissement accueillant du public,
- Besoin de sensibilisation et de formation à l'accessibilité auprès des acteurs de la gouvernance.



## ÉLÈVES

- Pierre-Louis MISSLER (GME1),
- Priyanka RADJOU (TP1).



## ENCADRANT

- Sergio AVALOS (Professeur, ESTP Paris).

# Problématiser les ouvrages d'art à l'aide des sciences sociales : cas du TGV espagnol (AVE)



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



POLITÈCNICA

## OBJECTIFS



- Contextualiser l'AVE par son histoire dans son environnement politique, social, et économique. Identifier ses principaux acteurs et les dynamiques socio-politiques dans un contexte précis,
- Interroger le rôle des ouvrages d'arts dans le développement d'un pays.

## MÉTHODOLOGIE



- Lecture d'ouvrages permettant de comprendre le contexte socio-politique et économique espagnol et comment le TGV (AVE) s'est fait une place en Espagne,
- Entretiens avec des géographes et des spécialistes dans le domaine du transport ferroviaire,
- Enquête de terrain : Trajet Valence-Madrid. Analyse des données.

## RÉSULTATS



- Analyse sociopolitique du transport ferroviaire à grande vitesse,
- Analyse de l'approche espagnole du développement de la grande vitesse (construction nationale ou politique de transport ?),
- Étude de la ligne AVE Madrid-Valence,
- Compréhension du lien entre transport et unité territoriale à différentes échelles (internationale, nationale, locale).

## ÉLÈVES



- Sébastien BUCOURT (TP2),
- Adil MATROUGUI (TP2),
- Alexandre PLESSIX (TP2).

## ENCADRANT



- Ana Cecilia HORNEDO (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC).



# Espace architectural, espace pictural : la peinture murale au XX<sup>e</sup> siècle



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



POLITÈCNICA



## OBJECTIF

- S'interroger sur l'héritage des grandes idéologies politiques du XX<sup>e</sup> siècle dans le cadre de l'architecture et des peintures murales des établissements scolaires en France.



## MÉTHODOLOGIE

- Contextualisation ; se familiariser avec les conditions sociales, politique et artistique du monde pendant les années 1930,
- Rencontre des professeurs partenaires (UPV et UPM) pour l'épanouissement des concepts et le développement du corpus,
- Études de terrain et analyses comparatives de l'architecture et la place de la peinture murale.



## RÉSULTATS

- Constat des influences des idéologies et des approches pédagogiques dans l'architecture et la peinture des années 1930,
- Analyse du corpus : trois différents établissements et leurs propres moyens de répondre aux attentes des pédagogies de l'époque,
- Analyse et comparaison de l'architecture et de la peinture murale dans leurs rapports avec les différents modèles pédagogiques.



## ÉLÈVES

- Louis-Alexandre ANTUNES (B2),
- Andranik ASSATRIAN (B2),
- Mehdi BEN MANSOUR (T2).



## ENCADRANT

- Ana Cecilia HORNEDO (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC).



# L'architecture dans le cinéma, le cinéma dans l'architecture

## OBJECTIF



- Le projet de recherche est centré autour des jeux d'ombre et lumière en architecture et dans le cinéma. Il s'agit d'interpréter la volonté de l'architecte ou du réalisateur sur le ton de son œuvre et d'en relever les méthodes employées liées au contraste ombre-lumière.

## MÉTHODOLOGIE



- Plan d'étude basé sur la maîtrise de l'espace physique et des perceptions mentales dans le domaine du cinéma et de l'architecture,
- Visionnage et analyse critique d'un corpus de films balayant diverses époques et genres,
- Visite de la Cinémathèque Française à Paris, de la Fondation Louis Vuitton et conférence sur Fritz Lang.

## RÉSULTATS



- Réponses concrètes à la problématique : les formes, les volumes, les textures, les matériaux, sont autant d'éléments que les cinéastes et architectes peuvent utiliser pour moduler les effets lumineux au sein d'un espace, et par suite les sentiments et émotions.
- Application de ces dynamiques de création dans le processus architectural.

## ÉLÈVES



- François RIONDEL (B2),
- Paul GUESNIER (B2),
- Chankun MA (B3).

## ENCADRANT



- Irène de LUCAS (Professeur, ESTP Paris).



# Architecture et utopie



## OBJECTIF(S)

- S'interroger sur les liens existant entre « Architecture » et « Utopie » par des exemples historiques pluri-temporels.
- Illustrer l'idée contemporaine d'utopie par des gestes architecturaux significatifs.



## MÉTHODOLOGIE

- Formation à la théorie et à la méthodologie en sciences sociales,
- Recherche documentaire sur l'idée d'utopie, son impact sur l'architecture et l'environnement,
- Constitution du corpus à partir d'expositions, de supports audiovisuels, d'articles de presse et extraits littéraires, d'analyses d'entretiens.



## RÉSULTATS

- Une grande partie de l'architecture dite « utopique » n'a pas survécu au temps et s'est métamorphosée en légende,
- L'utopie n'est pas irrationnelle. L'architecture lui donne corps et repousse en permanence ses limites,
- Prospective : la pensée architecturale vit au cœur des enjeux sociaux et écologiques de demain.



## ÉLÈVES

- Mathilde GENEVAY (TP2),
- Capucine FRITSCH (TP2).



## ENCADRANT

- Brigitte REMER (Professeur, ESTP Paris).

PROJETS INDUSTRIELS D'ENTREPREURIAT ET DE RECHERCHE 

STAGES DE MASTER RECHERCHE 

THÈSES DE DOCTORATS 

# Entrepreneuriat





# Yforz : le soutien scolaire pour tous



## OBJECTIF

- Création d'un service proposant à des structures tels que les centres socioculturels, associations et internats..., des profils de tuteur dans le cadre de séance de tutorat et de mentorat. Les tuteurs sont des étudiants de l'enseignement supérieur (Grandes Écoles et Universités).



## MÉTHODOLOGIE

- Présentation du concept YforZ au jury du Pépite 3EF,
- Collecte des coordonnées d'étudiant souhaitant devenir tuteur,
- Rencontre avec les directeurs des Centre socioculturels de Cachan,
- Formation à Arts et Métiers ParisTech sur le métier de Dirigeant et l'art de la communication.



## RÉSULTATS

- Validation du statut d'étudiant-entrepreneur par le jury du Pépite 3EF,
- Base de données de 152 coordonnées de tuteur,
- Accord moral avec les centres socioculturels La plaine et Lamartine localisés à Cachan,
- Réalisation en cours du site internet,
- Achat du nom de domaine internet « YforZ.fr ».



## ÉLÈVE

- Demba DJAOUNE (ME2).



## ENCADRANTS

- Henry PIRONIN (Directeur de l'incubateur, Arts et Métiers ParisTech),
- Astrid PRALAIN D'ARCIMOLES (Responsable du Pré-incubateur, Arts et Métiers ParisTech).



# Parapluie électrostatique

## OBJECTIF



- Créer un parapluie fondé sur le champ électrostatique. Étude de l'électronégativité de l'eau. Modélisation, conception et assemblage d'une machine de Van der Graaf. Cette machine sert de base pour le prototype du parapluie électrostatique.

## MÉTHODOLOGIE



- Recherche documentaire sur l'électronégativité de l'eau afin d'étudier la viabilité du projet.
- Conception du prototype sous Solidworks.
- Réalisation sur une imprimante 3D. Utilisation des facilités présentes dans les laboratoires de mécatronique et mécanique de l'ESTP Paris.

## RÉSULTATS



- Projet à long terme. En effet, l'optimisation de la machine de Van der Graaf est l'objectif principal de cette première année.
- Perspectives : poursuivre l'an prochain sur cette lancée et finaliser le prototype afin d'en faire un produit viable.

## ÉLÈVES



- Alexis SAINT-PIERRE (GME1),
- Basile RICHARD (GME1),
- Ronan LE TIEC (GME1).

## ENCADRANT



- Henry PIRONIN (Directeur de l'incubateur, Arts et Métiers ParisTech).



# Géolocalisation des places de stationnement disponible dans les grandes villes



## OBJECTIFS

- Proposer une aide à la recherche de place de stationnement pour les automobilistes dans les grandes villes.
- Trouver une solution technique et proposer le service aux municipalités.



## MÉTHODOLOGIE

- Recherche d'une solution technique adaptée au problème,
- Essais réalisés pour une sonde à ultrason posée au sol,
- Réalisation d'une vitrine d'une application mobile,
- Démarche auprès des villes, rencontre avec des responsables de la communauté d'agglomération de Cergy-Pontoise au salon des entrepreneurs.



## RÉSULTATS

- La pose de sonde au sol semble être la solution la plus adaptée et sera retenue pour la suite du projet.
- Poursuite des démarches auprès de CA de Cergy-Pontoise, grâce à l'association ALICE qui apporte son aide au projet dans ces démarches.
- Création d'une application mobile viable.



## ÉLÈVE

- Nourdine OKBA (GME1).



## ENCADRANT

- Henry PIRONIN (Directeur de l'incubateur, Arts et Métiers ParisTech).

# Eau de là : proposition d'une nouvelle expérience thermale

---

## OBJECTIF

---



- Création d'un établissement thermal à destination d'une nouvelle clientèle : stratégie commerciale, conception architecturale, technologies environnementales

## MÉTHODOLOGIE

---



- Établissement d'une clientèle cible et étude de marché,
- Développement d'une stratégie marketing et d'une plateforme numérique,
- Repérage des sites d'implantation potentiels,
- Design de l'architecture du bâtiment,
- Chiffrage et dimensionnement d'un bâtiment à énergie positive.

## RÉSULTATS

---



- Proposition d'une offre pour les jeunes sur un marché inexploité aujourd'hui,
- Esquisse d'un projet architectural,
- Site internet et plaquette de communication,
- Dossier d'étude de marché et de chiffrage à l'attention d'investisseurs,
- Mise en place d'une structure entre start-up et agence d'architecture.

## ÉLÈVES

---



- Basile GULLY (B2),
- Juliette MONTFROND (AI6),
- Marine COLLIGNON (AI6).

## ENCADRANT

---



- Henry PIRONIN (Directeur de l'incubateur, Arts et Métiers ParisTech).



# Repas express



## OBJECTIFS

- Mise en place d'un business plan afin d'étudier la faisabilité technique, la rentabilité financière et le cadre réglementaire.
- Prospection de partenaires et de soutiens.



## MÉTHODOLOGIE

- Côtayer l'écosystème des Startup parisien, notamment la FoodTech.
- Conduite d'enquêtes et récupération de nombreux feedback.



## RÉSULTATS

- Affinage de la solution apportée à la problématique,
- Prototypage concluant,
- Production d'un business plan,
- Perspective de continuer et lancer le projet en tant que stage de 2A dans un incubateur parisien.



## ÉLÈVE

- Benjamin MERCHIN (T1).



## ENCADRANT

- Henry PIRONIN (Directeur de l'incubateur, Arts et Métiers ParisTech).

PROJETS INDUSTRIELS D'ENTREPRENEURIAT ET DE RECHERCHE   
STAGES DE MASTER RECHERCHE   
THÈSES DE DOCTORATS 

# Architecture





# Caractérisation des paramètres spatiaux et temporels des « niches » d'espaces publics parisiens



## OBJECTIFS

- Étude des paramètres régissant les « niches » d'espaces publics parisiens. Ces niches permettent une continuité de la sphère privée et sociale de manière sporadique dans le tissu urbain.
- Élaboration d'un large catalogue de niches urbaines.



## MÉTHODOLOGIE

- Établissement d'une liste des espaces publics parisiens pouvant répondre aux paramètres élémentaires des niches,
- Sélection du catalogue,
- Catégorisation des niches et élaboration de typologies,
- Analyse des différentes typologies mis en évidence.



## RÉSULTATS

- Création d'une banque de donnée et de distinction des typologies représentatives. Ces typologies permettent une compréhension claire des espaces d'un point de vue structurel tant spatial que social.



## ÉLÈVES

- Lucie BELLOT (B2),
- Sarah CHOKRI (B2).



## ENCADRANT

- Guillaume FAAS (Responsable de la double formation Ingénieur-Architecte, Enseignant-Chercheur ESTP Paris IRC).



# Généalogie des principes structurels dans l'architecture à ossature bois française



## OBJECTIF



- Le but de cette recherche est de faire un bilan des principes structurels en bois utilisés en France. Un tableau devra donc être dressé afin de faire ressortir les principaux principes et de comprendre leur utilisation.

## MÉTHODOLOGIE



- Recherche bibliographique et webographique intense afin de disposer d'une bibliothèque d'exemples.
- Classement de ces exemples selon différents critères pour faire ressortir des trames majeures dans les structures.

## RÉSULTATS



- Mise en valeur de 6 principes correspondant à des critères de formes et d'optimisation de ratio hauteur sur largeur.
- La mise en valeur de ces quelques redondances structurelle dans l'architecture française et les raisons de leur utilisation ouvrent la perspective d'une recherche approfondie pour développer et améliorer ces structures existantes.

## ÉLÈVES



- François DUREAU (B2),
- Luyan ZHAN (B2).

## ENCADRANT

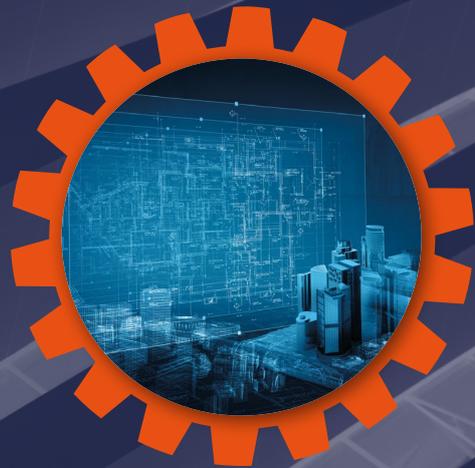


- Guillaume FAAS (Responsable de la double formation Ingénieur-Architecte, Enseignant-Chercheur ESTP Paris IRC).



PROJETS INDUSTRIELS D'ENTREPRENEURIAT ET DE RECHERCHE   
STAGES DE MASTER RECHERCHE   
THÈSES DE DOCTORATS 

# Topographie, photogrammétrie et imagerie numérique





# Reconstruction 3D de façade à l'aide d'un scanner 3D

## CONSTRUO 3D



### OBJECTIF

- Reconstruire à partir d'un Scanner 3D statique d'une façade.



### MÉTHODOLOGIE

- Bibliographie,
- Définition de la méthodologie utilisée : Generalite di Scanner 3D,
- Recueil des données hétérogènes,
- Reconstruction 3D,
- Analyse des résultats finaux,



### RÉSULTATS

- État de l'art,
- Document de synthèse,
- Reconstruction 3D (façade Ouest),
- Perspectives.



### ÉLÈVE

- Guy Serge BAGOLI (T2).



### ENCADRANT

- Yassine HASSANI (Enseignant ESTP Paris, laboratoire de topographie).



# Évaluation qualitative des relevés en lasergrammétrie

## OBJECTIF



- Évaluation du potentiel du recours à la lasergrammétrie dans le cadre d'une rénovation énergétique des façades de bâtiments.

## MÉTHODOLOGIE



- État de l'art du scanner 3D (statique et dynamique),
- Étude de cas : relevé tachéométrie standard,
- Relevé lasergrammétrique,
- Étude qualitative : définition de la classe de précision selon l'arrêté du 16 septembre 2003.

## RÉSULTATS



- Reconstruction 3D de façade,
- Notice technique : Mode d'emploi et assemblage des relevés au scanner 3D.

## ÉLÈVES



- Anaïs BANNOURA (B2),
- Jalil BELKADI (B2),
- Théo TALALKHOKH (B2).

## ENCADRANT



- Yassine HASSANI (Enseignant ESTP Paris, laboratoire de topographie).



# Modélisation 3D et archivage des œuvres d'art par photogrammétrie



## OBJECTIF

- Effectuer une modélisation d'un objet d'art par photogrammétrie ainsi que son impression en 3D. Déterminer les éléments définissant une bonne modélisation. Découvrir le développement des différentes applications des modèles 3D en matière de préservation du patrimoine.



## MÉTHODOLOGIE

- Logiciels utilisés : Autodesk Remake, ARC3D,
- Acquisition de photos,
- Création du modèle 3D,
- Analyse des résultats expérimentaux,
- Utilisation du matériel mis à notre disposition à l'ESTP Paris pour l'impression 3D.



## RÉSULTATS

- État de l'art, et sauvegarde de ses caractéristiques physiques,
- Mise en place d'une méthodologie d'optimisation des résultats (correction des modèles obtenus avec MeshLab),
- Rapport des résultats expérimentaux,
- Impression du modèle 3D, et comparaison au modèle original.



## ÉLÈVES

- EL FADIL Othmane (T2),
- HENIN Valentin (T2).



## ENCADRANT

- Jean François KHREIM (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris).



# Détermination du débit et du champ de vitesse d'un écoulement par analyse d'images



## OBJECTIF



- Maîtriser les paramètres numériques/physiques de la technique LSPIV (Large Scale Particle Imagery Velocimetry) pour déterminer le comportement d'un écoulement en rivière ou en zones urbanisée, lors d'un scénario de crue, à l'échelle du laboratoire.

## MÉTHODOLOGIE



- Lancer une campagne d'essais expérimentaux sur maquette réduite et acquisition de données (vitesse, débits, niveau d'eau) avec des capteurs et instruments de mesure (Caméras rapides, capteurs de vitesse et de niveaux ultrasons).
- Pilotage de la maquette à travers une interface IHM (LabVIEW).
- Traitement et analyse des données expérimentales.

## RÉSULTATS



- Obtention et comparaison des valeurs de vitesses, dans le cours d'eau et dans la zone urbaine (présence d'obstacles), obtenues avec les deux technologies de mesures à savoir ; l'LSPIV (pour le champ de vitesses sur la surface libre) et les capteurs de vitesses au micro moulinet (pour la vitesse moyenne).

## ÉLÈVE



- Antoine ZAZA (T2).

## ENCADRANTS



- Mehdi REZOUQ (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC),
- Emma FLORENS (Enseignant-Chercheur, ESTP Paris IRC).



PROJETS INDUSTRIELS D'ENTREPRENEURIAT ET DE RECHERCHE   
STAGES DE MASTER RECHERCHE   
THÈSES DE DOCTORATS 

# Génie mécanique et électrique





# Étude et réalisation d'un chariot tracteur à énergie solaire pour avion de tourisme



## OBJECTIF

- Reprendre l'étude réalisée en 2015-2016 d'un chariot tracteur : fabrication des pièces mécaniques, achat des composants, et montage câblage. Ce chariot devra être capable de tracter un avion de l'ordre d'une tonne et permettre à une personne seule de le sortir et le rentrer.



## MÉTHODOLOGIE

- Recherche expérimentale, calcul des couples, recherche des différents types de tractage possibles, modélisation sur Solidworks,
- Visite à l'aérodrome de Toussus-le-Noble : prise de photos et comparaison des trois accroches existantes.



## RÉSULTATS

- Abandon de la solution de soulever l'avion proposée par l'étude réalisée en 2015-2016,
- Modélisation d'une barre de traction universelle,
- Ordres de grandeur de la taille et puissance nécessaire du chariot,
- Perspectives : designer le chariot, établir le moyen de commande, montage câblage.



## ÉLÈVES

- Olivia ZIEGLER (GME1),
- Cédric LEPREVOST (GME1),
- Paul MOURIER (GME1).



## ENCADRANTS

- Jean-Luc LORCET (Professeur, ESTP Paris),
- Driss BOUHRARA (Responsable du laboratoire de mécanique des solides, ESTP Paris).



# Étude et réalisation d'un robot industriel à motorisation électrique

## OBJECTIF



- Réalisation d'un robot industriel destiné à manipuler des pièces dans le laboratoire de mécatronique. Permettre à des élèves de GME2 d'approfondir leurs connaissances en robotique.

## MÉTHODOLOGIE



- Conception du modèle numérique (phase de bureau d'études) avec l'utilisation de logiciels de CFAO (Solidworks, TopSolid),
- Réalisation d'un prototype en impression 3D,
- Usinage sur machines à commande numérique et conventionnelle,
- Achat des composants électroniques et de transmission de puissance pour l'assemblage définitif du robot.

## RÉSULTATS



- Maquette numérique terminée et fonctionnelle. Usinage et assemblage final des pièces du robot effectués. Programmation effectuée et incomplète. Rédaction d'un rapport détaillant l'ensemble du travail et des justifications techniques.
- Les modifications futures seront effectuées par les élèves de GME2 pour le cours de mécatronique, afin de tester différents programmes.

## ÉLÈVES



- Thomas BEUFILS (GME1),
- Jean-Baptiste CASTAN (GME1),
- Clément SCHMID (GME1),
- Guillaume PERICHON (GME2),
- Pierre-Louis PHAN (GME2).

## ENCADRANTS



- Jean-Luc LORCET (Professeur, ESTP Paris),
- Driss BOUHRARA (Responsable du laboratoire de mécanique des solides, ESTP Paris).



# Étude et réalisation d'un simulateur dynamique 6 axes



## OBJECTIF

- Concevoir et fabriquer une plateforme dynamique 6 axes pour simulateur d'avion. Le but est de reproduire de manière la plus réaliste possible les accélérations ressenties à bord d'un avion. La partie informatique qui doit générer ces mouvements est réalisée en interne.



## MÉTHODOLOGIE

- Fabrication d'une maquette représentative afin d'effectuer de nombreux tests notamment pour la partie programme,
- Récupération des données de vol, réalisation d'une interface informatique,
- Réunions et contacts avec des industriels afin de choisir au mieux le matériel.



## RÉSULTATS

- La réactivité et l'efficacité de l'équipe ont également permis de concevoir une maquette, de la modéliser et de l'imprimer en 3D. L'équipe informatique a mis au point une version de l'interface entre le simulateur et la maquette. Le dimensionnement des vérins, de la structure ainsi que la conception sont désormais terminés.
- Le simulateur est en passe d'être assemblé.



## ÉLÈVES

- Mathieu BOTTAUSCI (GM1),
- Romain BEILLONNET (GM1),
- Matthieu TORRES (GM1),
- Aurélien SAPORTA (GM1),
- Cassien WEIBEL (GM1),
- Brahim SALAH (GM1),
- Anne BENZEKRI (GM1).



## ENCADRANTS

- Jean-Luc LORCET (Professeur, ESTP Paris),
- Driss BOUHRARA (Responsable du laboratoire de mécanique des solides, ESTP Paris).



# Lampadaire intelligent

## OBJECTIF



- Cerner les enjeux liés aux smartcities, afin de pouvoir développer un lampadaire intelligent capable de recharger les véhicules électriques.

## MÉTHODOLOGIE



- Définition du planning de travail ainsi que des objectifs,
- Recherche documentaire sur les smartcities et plus particulièrement sur les lampadaires intelligents,
- Développement du lampadaire.

## RÉSULTATS



- État de l'art des lampadaires intelligents,
- Conception du lampadaire intelligent, LAMPABOX,
- Analyse fonctionnelle, Analyse des défaillances (AMDEC),
- Esquisse LAMPABOX sous CATIA V5,
- À développer : analyse BIG DATA, conception et modélisation sous CATIA V5, impression 3D.

## ÉLÈVES



- Joseph AIRO (B2),
- Simon PRUNIER (B2),
- Pierre SIMON (B2).

## ENCADRANT



- Daniel HEISSAT (Professeur, ESTP Paris).



# Smart cities



## OBJECTIFS

- Cerner les enjeux environnementaux sociaux et économiques de la création de Smart City.
- Étudier le développement des objets connectés qui permettent une gestion améliorée des échanges de données dans les Smart Cities.



## MÉTHODOLOGIE

- Étude de Sangdo, une Smart City prototype et laboratoire pour les villes intelligentes de demain. Prise en compte des projets existants : conférences WEB, forum des « Cities for Life ».
- Lien avec les objectifs de la transition écologique (COP 21).
- Réalisation d'un exemple de technologie des villes intelligentes (places de parking connectées).



## RÉSULTATS

- Proposer sous forme synthétique les avancées des métropoles dans ce domaine.
- Impact du volume des données à traiter (Big Data) et sur les Data Centers, question centrale de la sécurité.



## ÉLÈVE

- Augustin SABRACHOU (GME1).



## ENCADRANT

- Daniel HEISSAT (Professeur, ESTP Paris).

PROJETS INDUSTRIELS D'ENTREPRENEURIAT ET DE RECHERCHE   
STAGES DE MASTER RECHERCHE   
THÈSES DE DOCTORATS 

# Mobilité et transports





# Recherche de minimisation (avec optimisation) du temps de passage d'une batterie de trains qui se suivent sur un pas d'IPCS (installation permanente de contresens)



## OBJECTIFS

- Minimiser le retard lié au passage des trains sur une voie dotée d'un IPCS.
- Proposer une solution retard/distance/freinage optimale et convenable.
- Définir une fréquence de batteries pour le passage à l'alternat des trains.
- Programmer une interface numérique.



## MÉTHODOLOGIE

- Modélisation en Recherche Opérationnelle analytique,
- Collecte et recherche de données fiables,
- Visite à l'UIC,
- Communication des solutions au PIER 009b,
- Utilisation de programmes pour les nombreuses applications numériques.



## RÉSULTATS

- Obtention d'une solution distances/retard dans le cas de la ligne Avignon Béziers. Initialisation d'une interface graphique. Mise au point d'un indicateur de performance
- Perspectives : poursuivre l'optimisation analytique du pas d'IPCS, définir une fréquence pour le passage à l'alternat, élaborer une interface numérique nécessaire aux applications et vérifications.



## ÉLÈVE

- Robin ANTIGA (B2).



## ENCADRANT

- Jean LAFONT (Professeur, ESTP Paris).



# Utilisation du processus IPCS dans la mise en œuvre de chantiers mobiles destinés à la réfection des voies ferroviaires SNCF



## OBJECTIFS



- Aboutir au meilleur compromis « coûts/délais de réalisation », pour la réfection d'une portion de voie, entre la progression du chantier mobile, la pénalisation du trafic et l'IPCS.
- Optimisation des sillons des trains sur un GALITE avec IPCS.

## MÉTHODOLOGIE



- Détermination analytique des minutes perdues à cause du chantier et analyse des données financières d'un chantier.
- Étude d'un cas particulier : ligne Avignon Béziers avec IPCS entre Frontignan et Villeneuve.
- Rencontre avec M. ANTONI (Rail System Director) à l'UIC et interview de M. TELLIER (Ingénieur travaux ETF).

## RÉSULTATS



- Pour les lignes à fort trafic : le recours à une suite rapide est l'idéal avec travail de nuit. Sinon, il faut réaliser des chantiers hors suite avec passage en IPCS sur la voie d'à côté et récupération du retard sur le reste du trajet.
- Perspectives : création d'un algorithme de choix du type de chantier selon la ligne et étude du retard dû à l'usure des voies et au trafic.

## ÉLÈVES



- Stanislas ÉTIENNE (B2),
- Guillaume HOAREAU (B2).

## ENCADRANT



- Jean LAFONT (Professeur, ESTP Paris).



# Mobility in highrise buildings



thyssenkrupp



## OBJECTIFS

- Seeking a new approach to urban mobility and the building of cities.
- Understand the impact of the Multi on existing urban planning and how it could enable the planning of tomorrow.



## MÉTHODOLOGIE

- Regular meetings with the company ThyssenKrupp.
- Research work at the library and on the Internet.
- Iterative process between our production and the different partners' expectations : exchanges of documents, plenary meetings, conference calls with ThyssenKrupp and the urban planning department of Monaco.



## RÉSULTATS

Understand :

- What are the challenges for ThyssenKrupp to develop its technologies,
- How can we put these new technologies into practice thanks to the study case of Monaco.



## ÉLÈVES

- Charlotte BRIÈRE DE LA HOSSERAYE (AI6),
- Émeline DODARD (AI6),
- Marie CARBO (AI6),
- Victor LACOUR (AI6).



## ENCADRANTS

- Paul-Louis MEUNIER (Professor, ESTP Paris),
- Olivier CHAMPEAUX (New Facilities Director France at ThyssenKrupp),
- François TRIBOUILLER (Process Line Manager at ThyssenKrupp).

PROJETS INDUSTRIELS D'ENTREPRENEURIAT ET DE RECHERCHE   
STAGES DE MASTER RECHERCHE   
THÈSES DE DOCTORATS 

# Énergies renouvelables et nouveaux matériaux





# The highway of tomorrow



## OBJECTIFS

- Caractériser l'importance de l'énergie sur la route de demain.
- Étudier les innovations en terme de mise en place de systèmes énergétiques et déterminer leurs pertinences.



## MÉTHODOLOGIE

- Travail de recherche sur les innovations mondiales de la route.
- Mise en avant de deux systèmes particuliers,
- Visite de l'autoroute Wattway de Colas,
- Rencontre d'un professionnel de l'énergie solaire,
- Prise de position quant au système étudié : en tirant des réflexions personnelles quant à leur utilisation.



## RÉSULTATS

- Comparaison route à induction et route solaire.
- Revue des innovations routières d'un point de vue énergétique.



## ÉLÈVES

- Henri DURTESTE (IA3),
- Louis PELLETIER (B2).



## ENCADRANT

- Paul Louis MEUNIER (Professeur, ESTP Paris).



# L'accès à l'énergie dans l'habitat éphémère



## OBJECTIF



- L'accès à l'énergie est un droit fondamental. Dans le cas des migrants qui arrivent en Europe, l'autonomie énergétique lors de longs déplacements reste un défi à relever. Quelles sources d'énergie pouvons-nous exploiter ? Quels résultats devons-nous attendre ?

## MÉTHODOLOGIE



- Le corps humain et son environnement sont deux larges sources d'énergie. Pertes de chaleur, rayonnement solaire, agitation de l'air : il s'agit de trouver les phénomènes physiques permettant de créer de l'électricité à partir de ces sources, d'étudier les matériaux utilisables et leur rendement théorique. Chaque source d'énergie potentielle a été étudiée séparément, pour en évaluer les possibilités.

## RÉSULTATS



- Schéma et catalogue récapitulatif des sources d'énergie exploitables, des technologies existantes, des applications possibles, ainsi que des rendements obtenus, suffisants pour la recharge d'un smartphone ou de batteries. Les matériaux composites et les polymères offrent des perspectives de recherche particulièrement intéressantes.

## ÉLÈVES



- Gabriel DIB (TP1),
- Laura HOMER (B2).

## ENCADRANT



- Paul Louis MEUNIER (Professeur, ESTP Paris).



# Les micro-énergies dans la rénovation



## OBJECTIFS

- Promouvoir les nouveaux modes de production d'énergies renouvelables adaptés à la rénovation de bâtiments historiques.
- Création d'un showroom mettant en lumière ces micro-énergies.



## MÉTHODOLOGIE

- Panel des micro-énergies novatrices, sélection des technologies adaptées au contexte du projet (géographique, architectural...) afin de les mettre en place dans le showroom pour les promouvoir.
- Confrontation des propositions au projet d'aménagement conçu par une équipe d'étudiants architectes albanais.
- Visite sur site, en Albanie.



## RÉSULTATS

- Suite à la concertation avec les étudiants albanais, sélection des technologies à mettre en place pour le mois de novembre 2017.
- Le retour sur expérience permettra d'analyser leur pertinence.



## ÉLÈVES

- Marie EPAGNEAU (AI6),
- Pauline ESCOUFLAIRE (AI6),
- Ronan FABRE (AI6),
- Arnaud COMTE (AI6).



## ENCADRANT

- Paul Louis MEUNIER (Professeur, ESTP Paris).



# Les applications des nanotechnologies dans le BTP

## OBJECTIF



- Évaluer les éventuelles applications des nanotechnologies dans le génie civil, afin de poser les bases de ruptures technologiques au sein de cette industrie.

## MÉTHODOLOGIE



- Recherches individuelles (avec des supports en bibliothèques, sur le Web, etc.), « Brain-Storming », rapports partiels.
- À la suite de ces séances de filtres, comptes rendus concluant sur les perspectives étudiées et définissant celles potentiellement exploitables.

## RÉSULTATS



- Comparaison approfondie entre les applications des nanotechnologies dans le BTP et dans le monde du nano-vivant.
- Une fois ce parallèle révélant le potentiel d'application de cette technologie établi et assimilé, construction d'une proposition de planning d'introduction de ces technologies dans le génie civil, à différentes échelles de temps.

## ÉLÈVES



- Ilias ATIGUI (TP2),
- Eliott ATLANI (TP2),
- Lucas BAILLIAR (TP2),
- Lotte BIRKENBAUM (TP2 – TU Dresden).

## ENCADRANT



- Paul Louis MEUNIER (Professeur, ESTP Paris).



# Les méta-matériaux, application de ces nouvelles théories aux systèmes parasismiques



## OBJECTIF

- Investiguer comment la théorie du chercheur Russe Victor Veselago (propagation des ondes dans un milieu à indice négatif) peut s'appliquer à la protection sismique des bâtiments et générer ainsi une nouvelle industrie parasismique.



## MÉTHODOLOGIE

- Le travail réalisé repose sur l'analyse de la première application des travaux de Veselago (en matière d'optique) ainsi que les innovantes expérimentations des chercheurs du CNRS de Marseille. Un intérêt plus particulier est porté à l'analogie entre le microscopique et le macroscopique.



## RÉSULTATS

- Travail sur un type d'onde sismique et de matériaux afin d'établir la théorie des méta-matériaux,
- Prédéfinition du sol et du sous-sol en vue de redéfinir la théorie de Veselago.



## ÉLÈVES

- Bryan LE DEIST (TP2),
- Thibault LAFON (TP2).



## ENCADRANT

- Paul Louis MEUNIER (Professeur, ESTP Paris).





28, avenue du Président Wilson  
94234 Cachan Cedex  
Tél. : +33 (0)1 49 08 03 20

[www.estp.fr](http://www.estp.fr)

Direction des études

**Joël Cuny**, directeur des Études et de l'Innovation  
✉ [jcuny@estp-paris.eu](mailto:jcuny@estp-paris.eu)

**Carinne Brault**, assistante Innovation  
✉ [cbrault@estp-paris.eu](mailto:cbrault@estp-paris.eu)

