

# COSYS Bilan 2019

Tous

V4 25 octobre 2019, revue 6 janvier 2020

## Sommaire

<b>1</b>	<b>Actions de transfert</b>	<b>3</b>
1.1	AIPCR TF B1 : C-ITS : Challenges and opportunities for road design and operations . . .	3
1.2	AIPCR "Low Cost ITS" . . . . .	3
1.3	ECTRI-NEARCTIS TG . . . . .	4
1.4	STPA : analyse de sécurité des parcours prédéfinis . . . . .	4
1.5	Mission parlementaire : Sécurité des passages à niveau . . . . .	5
1.6	Mission CGEDD : Supervision de flottes de VA . . . . .	5
1.7	Mission CGEDD : préfiguration d'une structure d'animation des échanges et remontées d'expériences entre acteurs locaux sur les véhicules autonomes . . . . .	5
1.8	MESSIGEO . . . . .	6
1.9	Zero on site testing . . . . .	6
1.10	Journée littoral . . . . .	7
1.11	Étude MIRE . . . . .	7
1.12	CISMOP . . . . .	8
1.13	Stratégie Nationale Véhicule Autonome . . . . .	8
1.14	DRIEA . . . . .	9
1.15	ESTTER . . . . .	9
1.16	Convention d'étude DIR Nord - Ifsttar . . . . .	9
1.17	Régulation d'accès en IdF . . . . .	10
1.18	Géolocalisation pour le ferroviaire . . . . .	10
1.19	CSA Surcharge poids Lourds . . . . .	10
<b>2</b>	<b>Autres événements ou faits marquants</b>	<b>11</b>
2.1	International . . . . .	11
2.1.1	ISTTT . . . . .	11
2.1.2	Association IAROR . . . . .	11
2.2	National . . . . .	11
2.3	Résultats scientifiques remarquables . . . . .	12
2.4	Prix . . . . .	12
2.5	Actions de Communication . . . . .	13
2.6	Start-ups . . . . .	13
<b>3</b>	<b>Campagne « rapport d'activité 2019 » pour les projets terminés en 2019</b>	<b>14</b>
3.1	Mission parlementaire : Sécurité des passages à niveau . . . . .	14
3.2	Méto de Sydney et Melbourne . . . . .	15
3.3	LIERE «Liaison IngeTIME Et Recife» avec société Rail Concept . . . . .	15
3.4	Projet "Fluidification du RER C" . . . . .	15
3.5	Val 52M . . . . .	15
3.6	E-MAP urbaine . . . . .	16

3.7	SGTM . . . . .	16
3.8	VELIVR . . . . .	16
3.9	AWACS . . . . .	16
3.10	Requalification A6/A7 Lyon . . . . .	17
3.11	La vie Robomobile - Parangonnage international sur la Mobilité sans Conducteur . . . . .	17
3.12	Sense-City . . . . .	18
3.13	Connecte-City . . . . .	18
3.14	Expand I . . . . .	18
3.15	GamECAR . . . . .	19
3.16	Évaluation des impacts environnementaux des motorisations alternatives : EQUILIBRE . . . . .	19
3.17	EMODI . . . . .	20
3.18	CIFRE MERCE Dornic . . . . .	20
3.19	Tests vieillissement Mitsubishi Electric . . . . .	21
3.20	CYCLOPE (CYCLO Protection Electronique) . . . . .	21
3.21	SICOBAM . . . . .	22
3.22	VibraSimu . . . . .	23
3.23	SCOOP@F . . . . .	24
3.24	TRANSDEV . . . . .	25
3.25	Perception environnement routier par les VAC - Expertise Alstom . . . . .	25
3.26	PAILIOT, SNCF Réseau . . . . .	25
3.27	Circuits de voie SNCF Réseau . . . . .	26
3.28	SURFFEOL et ses suites . . . . .	26
3.29	MSM . . . . .	27
3.30	Veolia Compteurs Eau (VEDIF 2) . . . . .	27
3.31	gFlowiz . . . . .	27
3.32	MESSIGEO . . . . .	27
3.33	SGP Monitoring ligne 15 : Recherche sur le dimensionnement d'intersections d'ouvrage souterrains . . . . .	28
3.34	Modélisation de l'éblouissement d'inconfort en situation de déplacement (thèse ITPE) . . . . .	28
3.35	VEDECOM . . . . .	28
3.36	Thèse Cifre SNCF «Optimisation du plan transport » . . . . .	29
3.37	OptiYard - Open call Shift2Rail H2020 . . . . .	29
3.38	SYSAUTO . . . . .	29
3.39	ERSAT GGC . . . . .	30
3.40	EVEREST . . . . .	30

# 1 Actions de transfert

## 1.1 AIPCR TF B1 : C-ITS : Challenges and opportunities for road design and operations

### Diffusion

- 16th of January 2019, Washington DC, during the TRB Annual Meeting Session, Abdelmenname Hedhli made the presentation "PIARC Task Force B1 "Connected vehicles : challenges and opportunities for road operator.
- 23rd September 2019, in Halifax, Nova Scotia, Canada, at the ITS Canada /Transportation Association Canada joint annual congress will be presented by Martin Thibault PIARC Task Force work - Automated and Connected vehicles : challenges and opportunities for road operators and road authorities.
- XXVITH WORLD ROAD CONGRESS, ABU DHABI, UNITED ARAB EMIRATES, 6 – 10 OCTOBER 2019

Les travaux reposent sur des enquêtes menées dans le monde entier sur de nombreux projets existants, complétées par une revue de la littérature existante. Les principales opportunités identifiées concernent les domaines de la sécurité routière, de la gestion de la circulation et de l'information sur la circulation. Ces technologies peuvent aussi réduire coûts pour les opérateurs routiers ou même générer des revenus. Elles peuvent aider à la conception des routes et à la gestion du patrimoine. Les C-ITS apportent également des solutions aux questions posées aux exploitants de routes dans les pays en développement et aux questions soulevées par la conduite automatisée. Mais les défis à relever pour démarrer un processus de déploiement sont énormes : quels services déployer ? avec quelle technologie ? Comment assurer l'interopérabilité ? Quels sont les changements dans l'organisation des opérateurs routiers ? Comment coopérer avec les constructeurs automobiles ? Sous quel modèle économique, également pour les données ? Comment assurer la sécurité et la protection des données ? Le rapport présente certaines des meilleures pratiques fondées sur l'expérience des déploiements en cours. Le rapport montre également que la meilleure façon de commencer avec C-ITS est de commencer petit et d'apprendre en pratiquant. Les déploiements pilotes basés sur quelques-uns des services les plus matures (les «services Day 1» décrits dans ce rapport) constituent un bon début. La section sur les avantages et les inconvénients de chaque technologie peut aider à faire le meilleur choix. Des exemples de spécifications techniques sont disponibles à partir de déploiements pilotes existants. Certains sont déjà harmonisés, comme en Europe, pour assurer l'interopérabilité. La sécurité et la vie privée sont des défis importants qui doivent être relevés avec des experts appropriés.

Mais le point clé n'est pas technique, car il concerne l'implication de toutes les parties prenantes concernées : les opérateurs routiers ne peuvent déployer eux-mêmes le C-ITS, ils doivent travailler en étroite relation avec les constructeurs automobiles et les prestataires de services qui fourniront le service à l'utilisateur final. Dans le cadre du congrès mondial de la route (Abu Dhabi World Road Congress-6-10 Octobre 2019) , une session sera organisée pour présenter les résultats de la TFB1 ainsi que le programme de travail de la TFB2.

## 1.2 AIPCR "Low Cost ITS"

### Diffusion

- 24ème congrès de la route, Abou Dhabi, 2019 : [https://www.piarc.org/en/News-Agenda-PIARC/News/2019-10-24\\_A-look-back-at-the-success-of-the-XXVith-world-road-congress-2019-Abu-Dhabi.htm](https://www.piarc.org/en/News-Agenda-PIARC/News/2019-10-24_A-look-back-at-the-success-of-the-XXVith-world-road-congress-2019-Abu-Dhabi.htm)

Dans ce rapport, nous avons exploré les différents aspects des STI bas coût. Il apparaît que donner une définition formelle et non ambiguë des LCI est une mission impossible : au mieux, on ne peut qu'approcher de cette définition car la frontière entre les approches traditionnelles et bas coût n'est pas si nette. Les coûts dépendent de nombreux facteurs et leur importance respective est difficile à évaluer : l'infra-

structure, le back office, la transmission des données, le modèle organisationnel, le modèle d'affaires, le partage et la réutilisation des données.

Au-delà des aspects purement économiques, les praticiens doivent prendre en compte d'autres aspects pour prendre une décision. Ceux-ci ont été investigués dans ce rapport : il s'agit notamment de la qualité et de la continuité de service d'une part et de la résilience d'autre part.

La question des normes a également été traitée. Le respect de celles-ci doit être une préoccupation permanente des praticiens. Ce sont elles qui garantissent à la fois la protection de la vie privée, la résilience, la qualité de service et l'interopérabilité.

La complémentarité des deux approches cellulaires et DSRC/G5 a également été évoquée dans ce rapport. L'étude de cas de Médiamobile (service V-Trafic) démontre ainsi tout l'intérêt qu'il y a à faire jouer les synergies entre approches classiques et approches fondées sur véhicule traceurs. On voit bien que cette synergie permet de pallier les faiblesses des différentes approches évoquées plus haut. Il appartient donc aux praticiens de trouver le meilleur équilibre entre ces approches en fonction des exigences du cahier des charges qui leur est imposé.

### 1.3 ECTRI-NEARCTIS TG

Les travaux menés dans le TG traffic management d'ECTRI qui résulte du partenariat ECTRI NEARCTIS VCE, ont permis de produire un position paper remarqué qui a été repris dans les appels à projets pour 2020. Il y aura donc une opportunité de soumettre un projet européen d'envergure sur la gestion du trafic en 2020.

**TRANSPORT CHALLENGE IN 2020 – 2050 : ECTRI POSITION PAPER : Zero crashes, zero congestion, and zero emissions : Future Research in Traffic Management December 2018**

[https://translate.googleusercontent.com/translate\\_c?anno=2&depth=1&hl=fr&rurl=translate.google.com&sl=en&sp=nmt4&tl=fr&u=http://www.ectri.org/wp-content/uploads/2018/12/2018-12\\_ECTRI-TGTRAFFIC-MANAGEMENT\\_Transport-Challenge\\_2020-2050\\_Final.pdf&xid=17259,15700021,15700186,15700191,15700256,15700259,15700262,15700265,15700271,15700283&usg=ALkJrh9kYIUpVwJmtNZJWp9K-MjAhi97Q](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?anno=2&depth=1&hl=fr&rurl=translate.google.com&sl=en&sp=nmt4&tl=fr&u=http://www.ectri.org/wp-content/uploads/2018/12/2018-12_ECTRI-TGTRAFFIC-MANAGEMENT_Transport-Challenge_2020-2050_Final.pdf&xid=17259,15700021,15700186,15700191,15700256,15700259,15700262,15700265,15700271,15700283&usg=ALkJrh9kYIUpVwJmtNZJWp9K-MjAhi97Q)

### 1.4 STPA : analyse de sécurité des parcours prédéfinis

Identifier, pour un parcours donné, les scénarios les plus critiques en termes de sécurité en fonction des interactions entre le STPA (navette) et l'environnement extérieur (météo, usagers de la route, infrastructure). Les aléas intrinsèques au véhicule ne font pas partie du périmètre de cette démarche. Les scénarios ainsi mis en avant, adaptés au site traversé et au parcours du véhicule, pourraient alors servir de référence pour l'établissement des essais et tests à réaliser avant la validation du système. Cette démarche, validée par la task force interministérielle (DGITM, DGEC, DGE, DSR, DGGN et ANSSI) et présentée aux constructeurs et exploitants (Keolis, RATP...) s'articule autour des 5 phases suivantes :

1. Action « Analyse du parcours »
2. Action « L'identification des interactions dans chaque section »
3. Action « définition des situations nominales »
4. Action « Identification des événements exceptionnels du parcours »
5. Action « Identification des scénarios critiques »

Résultats : Cette prestation alimente la démarche "homologation-validation". Cette méthode prêt à être utilisée par les projeteurs grâce au guide développé.

N.B. Cette démarche devrait servir de base pour structurer la méthode finale à utiliser dans les 2 projets issu de l'AAP EVRA en vue d'un bien commun homogène au niveau national. Pour cela, un groupe de travail commun ENA/SAM a été créé pour essayer de converger vers une méthode commune.

**impact : le livrable livrable "Supervision de flottes de VA - Notes et éléments de réflexion IFSTTAR produit au meeting 14/12/2018 est à la base d'un projet de décret "STPA" , rédigé par la TF interministérielle sur le VA.**

## **1.5 Mission parlementaire : Sécurité des passages à niveau**

La députée Laurence Gayte a coordonné une mission parlementaire qui vise à faire un état des lieux et proposer des solutions en vue d'améliorer la sécurité des passages à niveau (PN) en France. À l'issue de cette mission, la députée a produit un rapport de mission à destination du Premier Ministre. La DGITM qui accompagne Mme Gayte dans le cadre de la mission a contacté l'IFSTTAR pour contribuer à ces travaux. En plus de la contribution à une note de synthèse sur les travaux de l'IFSTTAR sur le sujet, Mohamed Ghazel (ESTAS) a présenté les résultats du projet MORIPAN (Modèle de Risque pour les Passages À Niveau) dans le cadre d'un séminaire de transfert qui a eu lieu le 04 mars 2019 à la DGITM. Cette présentation a par ailleurs été l'occasion de proposer plusieurs pistes de réflexion pour améliorer la sécurité des PN. Pour rappel, MORIPAN est un projet de l'IRT Railenium financé par l'ANR, et qui a impliqué l'IFSTTAR et SNCF Réseau.

## **1.6 Mission CGEDD : Supervision de flottes de VA**

Dans le cadre de la mise en œuvre de la stratégie nationale sur le développement des véhicules automatisés et des véhicules autonomes, le Conseil Général de l'Environnement et du Développement (CGEDD) a été chargé par Mme Elisabeth Borne, Ministre chargée des transports auprès du Ministre d'Etat, d'une mission d'étude et de concertation sur les enjeux techniques et économiques de l'interopérabilité et de la coordination de la supervision des flottes de véhicules automatisés/autonomes. C'est dans ce cadre que le CGEDD a rencontré l'IFSTTAR le 14 décembre 2018, sur le site de de Versailles/Satory. Une présentation de l'activité IFSTTAR en lien avec ce sujet a été coordonnées par D. Gruyer et A. Hedhli :

- Intervention ERENA : situation critiques de parcours STPA
- Intervention ESTAS (J.Rodriguez) : Les thématiques de recherche existantes transposables des transports guidés au STPA
- Intervention TS2 (P.Vezin) : « Grands équipements et sites d'expérimentation »

A l'issue de cette rencontre, une note, destinée à la mission CGEDD, a été rédigée. Elle expose le point de vue de l'IFSTTAR sur les enjeux de l'interopérabilité et la coordination de la supervision des flottes de véhicules automatisés.

**livrable « Supervision de flottes de VA Notes et éléments de réflexion IFSTTAR » (coordination : Dominique Gruyer et Abdelmename Hedhli), transmise en février 2019**

## **1.7 Mission CGEDD : préfiguration d'une structure d'animation des échanges et remontées d'expériences entre acteurs locaux sur les véhicules autonomes**

La Ministre des Transports auprès du Ministre d'État a chargé le Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable (CGEDD) d'une mission visant à préfigurer une structure d'animation des échanges et remontées d'expériences entre acteurs locaux sur les Véhicules Autonomes. Cette mission, coordonnée par Mr Pascal TERRASSE, a pour objectif d'impliquer plus largement les collectivités locales, qui portent une grande partie des cas d'usage, gèrent les services de mobilité et les réseaux d'infrastructures. La stratégie nationale du 14 mai 2018, issue des travaux pilotés par la Haute responsable pour la stratégie de développement du véhicule autonome, Madame Anne-Marie Idrac, a prévu un programme national d'expérimentations ouvert à tous les cas d'usage et à tous les territoires (EVRA). En complément, il est mentionné de mieux structurer les échanges entre et avec les collectivités locales, autour de plusieurs axes : place de la conduite autonome dans l'organisation des mobilités et des transports publics, besoins et apports de la conduite autonome et connectée vis-à-vis de l'infrastructure, achat public et délégation de service public, développement des compétences. A partir des éléments collectés dans le cadre de cette mission, la mission CGEDD proposera les structures d'animation apparaissant comme les plus pertinentes au regard des travaux conduits par la mission d'animation de la stratégie nationale conduite par Madame Idrac.

C'est dans ce cadre que la mission a rencontré l'IFSTTAR le Mercredi 6 Février 2019 sous la coordination de D. Gruyer sur les sites de Versailles/Satory et en visioconférence avec celui de IFSTTAR Bron.

Une note a été rédigée, destinée à la mission CGEDD. Elle présente l'activité IFSTTAR sur le VA et vise à répondre aux questions posées par le CGEDD : écosystème national VA, place des collectivités dans celui-ci, les cas d'usages, le développement du STPA en milieu urbain mais surtout rural...

## 1.8 MESSIGEO

L'action commune avec le CEREMA a débouché sur un guide sur la simulation dynamique du trafic. Séminaire de transfert aux DIR, 26 mars 2019, La Défense.

L'action de recherche Messigeo, conjointe entre le Cerema et l'Ifsttar, commencée en 2015, a couvert plusieurs thématiques dans un objectif commun d'amélioration du système de transports : en faciliter l'usage, en maîtriser les impacts sur la pollution et les temps de parcours par une optimisation de son fonctionnement et le développement d'outils d'évaluation a priori et a posteriori.

Ce partenariat permet de travailler en commun et de publier sur les sujets suivants :

- Modélisation dynamique et évaluation des stratégies de régulation déployées sur les autoroutes périurbaines, y compris avec une part de connectivité entre certains véhicules et l'infrastructure ;
- Calculs d'itinéraires optimum, intégrant les différents modes possibles : marche à pied, vélo (y compris partagés), transports collectifs : urbains ou interurbains, ferrés ou non ; enfin la voiture, qu'il s'agisse de véhicules partagés ou non ;
- Analyse conjointe de données de pollution et de trafic et modélisation de la chaîne trafic-émission permettant d'utiliser différentes échelles.

Outre l'amélioration des outils et des méthodes, cette collaboration favorise pour l'Ifsttar une plus grande proximité avec les sujets opérationnels traités par le Cerema d'une part ; pour le Cerema un meilleur lien avec la recherche et les avancées internationales d'autre part.

## 1.9 Zero on site testing

Fruit d'un important travail de réflexion visant à préparer l'émergence de la certification virtuelle, notamment par le recours croissant à la simulation numérique comme alternative partielle à la validation par des essais en ligne, l'Établissement public de sécurité ferroviaire (EPSF) a édité un premier document de recommandations qui sera amené à évoluer sur ce sujet qui bougent rapidement. François Baranowski (COSYS-ESTAS) et Marion Berbineau (COSYS-LEOST) ont contribué à cette réflexion. Le document de l'EPSF se présente comme une « note de position » qui expose des éléments de doctrine sur l'acceptabilité des éléments de preuve faisant appel à la simulation numérique dans les démonstrations de sécurité. Les recommandations portent sur :

- La qualification des outils de simulation,
- Les aptitudes de l'utilisateur de l'outil de simulation – Processus associé,
- La validité des modèles de l'objet étudié et des modèles de son environnement,
- La reconnaissance des résultats de simulation,
- Le contenu du dossier de démonstration dans le cas d'utilisation de la simulation numérique.

Le document discute également des simulations de type hardware-in-the loop » qui sont reliés à l'utilisation de composants ou éléments réels en interface directe avec des modèles de simulation informatique, cas particulier de mise en œuvre de la simulation.

document :

**Recommandations relatives à l'usage de la simulation numérique dans les démonstrations de conformité aux exigences techniques et règlementaires ferroviaires**

**L'EPSF écrit : "Fruit d'un important travail de réflexion visant à préparer l'émergence de la certification virtuelle, notamment par le recours croissant à la simulation numérique comme alternative partielle à la validation par des essais en ligne, ce nouveau document qui se présente comme une « note de position » expose des éléments de doctrine sur l'acceptabilité des éléments de preuve faisant appel à la simulation numérique dans les démonstrations de sécurité.**

Élaborées par de nombreux acteurs du secteur ferroviaire : CERTIFER, l'Agence d'essai ferroviaire, le Groupe public ferroviaire (SNCF Mobilités, SNCF Réseau et la Direction de l'innovation recherche de SNCF), la Fédération des industries ferroviaires, l'IRT Railenium, l'IFSTTAR et l'EPSF, ces préconisations se veulent être le fer de lance d'une réflexion au long cours. Le travail se poursuit en 2019 avec une analyse exhaustive des règles et normes européennes et nationales faisant référence à la simulation, afin de disposer d'un état des lieux à l'usage des utilisateurs."

Voir [https://securite-ferroviaire.fr/espace-reglementation?combine=&shs\\_term\\_node\\_tid\\_depth=16&date\\_filter%5Bmin%5D%5Bdate%5D=&date\\_filter%5Bmax%5D%5Bdate%5D=22%2F12%2F2019&sortc=&items\\_per\\_page=60](https://securite-ferroviaire.fr/espace-reglementation?combine=&shs_term_node_tid_depth=16&date_filter%5Bmin%5D%5Bdate%5D=&date_filter%5Bmax%5D%5Bdate%5D=22%2F12%2F2019&sortc=&items_per_page=60)

## 1.10 Journée littoral

Le séminaire de transfert sur le Littoral et les territoires inondés organisé par les animateurs de l'axe 3 « aménager et protéger les territoires » s'est tenu le 18 octobre 2018 à la maison de la Bretagne à Paris. Il a réuni 37 participants d'horizons divers – chercheurs, praticiens, représentants des ministères – autour d'exposés de projets de recherche en cours sur cette thématique, centrés sur le département GERS.

Les thématiques, auxquelles font écho l'actualité récente, ont été traitées par des exposés sur les inondations et la prévision des crues, sur les digues, leur auscultation, leur durabilité, leur vieillissement, leur surveillance ainsi que les aménagements pour mieux maîtriser les écoulements d'eau en ville. Un focus sur le Pôle Mer Bretagne Atlantique a complété ces interventions émanant de l'IFSTTAR. Des intervenants extérieurs ont apporté des éclairages novateurs sur les dynamiques de l'urbanisation face à l'océan, sur la nouvelle politique décentralisée de Gestion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations (GEMAPI), et sur les aménagements pour les zones inondables. Une table ronde a clôturé la journée faisant émerger des pistes de réflexion et de collaboration notamment dans le cadre de la future université Gustave Eiffel.

## 1.11 Étude MIRE

L'Étude MIRE a permis d'identifier une série de défis que devront relever les gestionnaires du réseau routier. La route a une valeur d'usage, une valeur patrimoniale, et peut porter des perspectives de progrès pour les usagers si elle fait l'objet d'une stratégie de gestion fondée sur une vision prospective partagée :

1. Maintenir le réseau routier dans son état optimal de performance au service de la mobilité pour tous :
  - Faire reconnaître le rôle central de la route dans l'architecture des systèmes de mobilité ;
  - Généraliser l'approche patrimoniale ;
  - Assurer l'universalité du réseau routier.
2. Répondre aux besoins de régulation de l'usage de la voirie comme espace public d'usages variés :
  - Assurer la diversité et l'efficacité des outils législatifs et réglementaires proposés aux différents maîtres d'ouvrages et gestionnaires de réseaux ;
  - Favoriser la cohérence et la complémentarité des orientations portées par différents gestionnaires sur un même territoire, au service des usagers et des territoires ;
  - Anticiper les évolutions, mutations ou ruptures à moyen et long terme pour garantir la bonne maîtrise des usages.
3. Actualiser les fondements du modèle économique de la route :
  - Optimiser la dépense publique consacrée aux infrastructures routières ;
  - Adapter les modes de financement aux besoins pour prendre en compte la place des circulations routières dans le système global de mobilité et de transport de fret.

Elle a été valorisée en 2019 par chacune des associations à l'origine de l'Étude : petit-déjeuner parlementaire pour TDIE, biennale des territoires, after-work ATEC ITS France, session dédiée au congrès de l'Idrrim...

**Petit Déjeuner Débat TDIE – T&IM, April 3rd 2019**

**Roundtable organized by ATEC ITS, April 9th 2019**

**New mobility technical session, Biennale des Territoires, Montrouge, 18th-20th 2019**

Auditions :

**Syntec Ingénierie, November 29th 2018**

**Fédération des Industries Ferroviaires, February 15th 2019**

**APAQ Normandie, July 3rd 2019**

## **1.12 CISMOP**

Le projet CISMOP (Co-construction et Innovations pour les Services de Mobilités en Péri-urbain) visait à observer comment accompagner la création et la mise en place, par les habitants, de solutions de mobilité alternatives à la voiture individuelle en prenant comme hypothèse principale que la participation habitante et l'échelle de proximité (commune) constituent un cadre pertinent pour faire progresser le projet d'une mobilité durable, via les changements de comportement.

Une démarche de co-construction avec les habitants d'une commune périurbaine de l'agglomération lensoise, Loos-en-Gohelle, a été élaborée pour connaître les besoins, adapter et mettre en œuvre de nouvelles solutions de mobilité.

Plusieurs problématiques et projets ont émergé autour de l'enjeu de sécurité des déplacements à pied et en vélo dans la ville, de l'échange de services de mobilité et de la réduction du nombre de trajets individuels au sein d'une communauté identifiée, de la « réduction » des inégalités spatiales entre les quartiers, des inégalités d'accès au numérique. Le projet a été co-animé par ESTAS et LVMT.

Le projet CISMOP, cofinancé par l'IFSTTAR et la région Hauts de France, s'est terminé en septembre 2018. Pendant 18 mois, CISMOP a expérimenté différents formats de recherche-action collaborative à l'échelle de la commune de Loos-en-Gohelle (6700 habitants). Un diagnostic approfondi des besoins a été établi à partir des 300 réponses au questionnaire largement distribué. Plus de 500 personnes ont été impliquées, soit en modifiant leurs habitudes de mobilité (défi d'un mois), soit en participant à faire des mobilités durables un objet de "concernement" politique (6 apéros-mobilité, 2 cafés-covoit'). Certaines micro-solutions sont aujourd'hui en développement sur le territoire communal.

CISMOP a rendu son rapport à la municipalité de Loos en Gohelle et les premiers enseignements ont pu être tirés, notamment en matière de processus d'innovation et de méthode en immersion qui permet de comprendre en profondeur les besoins et leviers du changement. De plus, l'implication de l'IFSTTAR a été saluée par le directeur général des services comme irremplaçable.

**Voir**

**notamment**

**l'ITW de Geoffrey Mathon (Loos en Gohelle) : <http://cnfptembed.libcast.com/widget/loos-en-gohelle-et-la-mobilite-durable-contexte-du-projet-et-exemples-de-reussite>**

## **1.13 Stratégie Nationale Véhicule Autonome**

L'appui à la DGITM sur le Véhicule automatisé et coopératif s'est traduit par la participation aux groupes de travail «stratégie nationale» dont aspects «homologation dans une approche système» et «dossiers de sécurité pour l'homologation / la validation». La réponse à l'enquête nationale sur les sites tests pour le VA, mobilisant notamment Transpolis, Nantes et Versailles en font aussi partie.

Le 14 mai 2018, l'État a adopté la stratégie nationale de développement des véhicules autonomes. Une des actions qui découle de cette stratégie est l'AAP EVRA , pilotée par l'ADEME, s'inscrit dans le cadre de l'action prioritaire n° 5 de cette stratégie intitulée : « structurer un programme national d'expérimentation ». Il fait suite à l'AMI ouvert le 23 février 2018, qui a eu pour objet de permettre aux acteurs de se rassembler autour de projets communs. Plusieurs laboratoires sont impliqués dans le projet ENA , un des deux lauréats avec SAM, de l'AAP EVRA.



## 1.14 DRIEA

Préconisations d'une stratégie de modélisation dynamique à 2 échelles pour l'IdF. Suite au rapport d'audit du CGEDD produit en 2015 sur la modélisation des déplacements en Ile-de-France et sur demande du Préfet de Région, la DRIEA a mis en place en février 2017 le comité francilien des modélisateurs de déplacements, L'objectif de ce comité est de promouvoir le développement et le partage de nouveaux modèles dynamiques du système des transports franciliens. Le modèle MODUS actuellement bien partagé par les collectivités et entités franciliennes est essentiellement statique. Une première étude confiée par la DRIEA à l'IFSTTAR (et portée par le GRETTIA avec participation du LICIT) a permis de proposer fin 2018 un schéma d'évolution de MODUS vers un modèle dynamique à deux échelles : régionale, pour la dynamique des grands flux de déplacements franciliens, et locale, pour la modélisation du système de transports à l'échelle du département. Le modèle régional serait basé sur une approche bidimensionnelle et le modèle local sur un modèle de type GSOM. Par un avenant intervenu en avril 2019 la DRIEA a confié à l'Ifsttar une étude complémentaire avec un double objectif : préciser les aspects techniques de la solution à deux échelles, et proposer un cahier de consultation en vue d'une consultation compétitive pour la réalisation du modèle.

## 1.15 ESTTER

L'objectif de l'étude est d'analyser en profondeur les projets de recherche pour obtenir un aperçu assez général des travaux de recherche menés en France et en Europe entre 2006 et 2016 dans le domaine de la sûreté dans les transports terrestres. Cette collaboration entre l'IFSTTAR et la DGITM sur ce sujet a permis de dresser une cartographie des projets de recherche dans le domaine de la sûreté des transports collectifs. L'analyse de l'ensemble de ces projets a permis de dégager des axes de recherche et de développement dans le domaine de la sûreté dans les transports. L'étude a été menée en deux phases : Phase 1 : Identification et analyse de 108 projets PCRD, H2020 et 48 projets ANR relevant de la thématique sûreté dans les transports, dans la période 2006-2016. Phase 2 : Analyse en profondeur d'une dizaine de projets parmi une liste établie par la DGITM couvrant les thèmes détection, évaluation des risques et de la méthodologie et cyber sécurité. Une synthèse de l'analyse de ces projets a permis de dégager des observations générales portant notamment sur les retombées des différents projets, les verrous qui existent pour faire passer les différentes solutions étudiées ou développées au stade opérationnelles, la pertinence des scénarios considérés par rapport à des situations réelles... Cette analyse a également permis de mettre en lumière les volets qui ne sont pas ou très peu couverts par les projets de recherche collaboratifs menés entre 2006 et 2016.

**date de remise : 12 novembre 2018**

## 1.16 Convention d'étude DIR Nord - Ifsttar

La mission d'expertise confiée par la DIR Nord à l'Ifsttar, se situe dans la continuité d'une précédente mission d'expertise technique.

La DIR Nord fait ici appel à l'Ifsttar pour un ensemble de prestations en termes d'assistance, de formation et de réalisation de travaux d'études.

Cette mission a permis sur le réseau DIR Nord de mesurer la congestion routière, d'évaluer les nouvelles mesures programmées de régulation dynamique et enfin de capitaliser, pour le compte du ministère, la méthode et les résultats produits.

**Cette mission s'est notamment traduite par un transfert de compétences à la DIR Nord sur le thème "Calcul des indicateurs de congestion à partir des données FCD". On a assuré 4 journées de formation (4 mardis) au mois de novembre 2018 à Lille. Cette formation, suivie par 3 chargés d'études de la DIR Nord, a également donné lieu à la rédaction d'un manuel de calcul sur tableur.**

## 1.17 Régulation d'accès en IdF

La généralisation de la régulation d'accès sur la région Île-de-France a démarré en 2007 avec une étroite collaboration entre l'IFSTTAR et la DiRIF. La contribution de l'Ifsttar est focalisée sur le développement d'algorithmes temps réel pour le calibrage automatique des paramètres de la stratégie de régulation (ALINEA) ainsi que le développement, le test et l'évaluation en simulation en utilisant le logiciel MAGISTER de stratégies de coordination. Le déploiement opérationnel des contrôleurs d'accès est progressif (Est, Sud, Ouest, Nord-Est). Il est décomposé en 4 phases :

- Phase 1 (TF) : Remise en service des 21 contrôleurs déjà déployés à l'Est en 2007 ;
- Phase 2 (TF) : Déploiement des 17 CAC au SUD Ouest (Tranche Ferme des travaux) ;
- Phase 3 (TC1) : Déploiement des 20 CAC à l'OUEST (Tranche Conditionnelle des travaux) ;
- Phase 4 (TC2) : Déploiement des 17 CAC au NORD EST (Tranche Conditionnelle des travaux).

Les travaux ont démarré en Octobre 2015 pour une durée totale estimée à 3 ans. L'achèvement des travaux a pris un certain retard. Ainsi, l'achèvement du projet est prévu pour fin janvier 2020. Pour chacune des tranches, une évaluation complète de l'impact sur le trafic de la régulation d'accès a été entreprise par l'IFSTTAR. Les évaluations sont basées sur les données réelles recueillies (mesures des débits, taux d'occupation et vitesses et FCD) pour chacun des sites. Les résultats obtenus indiquent que la régulation d'accès augmente respectivement la distance parcourue ( $vh \cdot km$ ) et la vitesse moyenne d'environ 2% et 12%, diminue le temps passé ( $Vh \cdot h$ ) d'environ 10%, réduit le temps de parcours d'environ 20%. La constitution des bases de données par site pour le calcul des critères d'évaluation a été un travail lourd et fastidieux (nettoyage et redressement des données recueillies sur plusieurs mois et fusion des données). Notons que le réseau est équipé de boucle électromagnétique fournissant les QTV. En plus de ces mesures, la DiRIF dispose dans la base des données du trafic des mesures FCD. On constate que les données boucles sont importants pour l'estimation des volumes du trafic alors que les FCD nous fournissent une mesure du temps de parcours. Donc la fusion des deux mesures est essentielle pour réaliser une évaluation correcte et statistiquement significative.

Les gains de la régulation coordonnée des accès en termes de durée des trajets varie entre 10% et 20%, en termes de vitesse on gagne 8 à 15%, et on diminue de 8% le volume de congestion.

### Réunions et éléments de transfert

**18/06/2019 : présentation et remise de la Note de spécification de l'ajustement de l'algorithme d'optimisation de la consigne pour ALINEA. Noter que c'est la DiRIF qui implante l'algorithme de régulation des accès, ce qui signifie que les personnes en charge doivent s'approprier les fondements et les outils. Noter que le 30/01/2020 verra la fourniture du rapport final de l'évaluation.**

## 1.18 Géolocalisation pour le ferroviaire

Transfert dans le cadre de contrats GSA (European Global navigation Satellite Systems Agency).

Trois types de prestations ont été réalisées :

- aide à l'animation du forum d'échanges sur les besoins des utilisateurs ferroviaires (2017 et 2018) et mise à jour du rapport associé ;
- rédaction des pages Rail du GNSS Market Report et support technique à l'analyse des nouveaux marchés ;
- enfin expertise des dossiers soumis à l'appel H2020-2019 GNSS Transport.

Voir **GNSS du market report Issue 6, 2019**

## 1.19 CSA Surcharge poids Lourds

Le contrat passé avec la DGITM concerne le contrôle sanction automatisé de la surcharge des PL et VUL (véhicules utilitaires légers). L'Ifsttar, en coopération avec le CEREMA, a proposé en cette fin

d'année 2019, une première version du cahier des charges d'homologation. Celle-ci est en cours de discussion avec la métrologie légale (LNE) et les industriels fabricants des systèmes. En parallèle, Ifsttar et CEREMA ont procédé à l'étude comparative du site de Transpolis par rapport à celui "historique" de Saint-Avold. Transpolis, au vu des essais pratiqués avec un camion chargé évoluant en condition normale sur site, apparaît recevable pour l'homologation. En 2020, le contrat DGITM continue avec pour objectif de finaliser l'homologation, site d'essais compris. Aujourd'hui le travail scientifique technique et métrologique est réputé fini par les partenaires. Les essais à St Avold montrent la faisabilité du pesage à 90km avec des technologies industrielles. Ecriture en cours du CDC d'homologation de la méthode pour que le LNE applique la "métrologie légale" permettant la généralisation du principe sur le territoire national. Rencontre du Min des transport de Wallonie pour harmonisation européenne. Les commanditaires ont exprimé leur réelle satisfaction du travail réalisé par l'Ifsttar.

## 2 Autres événements ou faits marquants

### 2.1 International

Voir la note word dédiée

Comme contribution aux travaux du FEHRL, on a terminé la Feuille de route **Automated Road** qui a été publiée en avril.

#### 2.1.1 ISTTT

Succès du congrès international ISTTT23 à Lausanne co-organisé par l'EPFL et le LICIT. Coordination de deux numéros spéciaux dans TR-C et TR-B pour les papiers issus de la conférence ISTTT23.

#### 2.1.2 Association IAROR

Nomination d'un chercheur (Paola P.) comme membre du bureau de l'association IAROR – International Association of Railway Operations Research.

La nomination a été proposée par le président, le Professeur Norio Tomii, et l'assemblée a voté pour l'approbation pendant la conférence bi-annuelle qui a eu lieu en juin à Norrköping (Suède). L'association rassemble environ 500 membres provenant des cinq continents. Cette nomination montre la position remarquable du chercheur dans le panorama international de la recherche opérationnelle pour le ferroviaire. Ceci confirme le rôle de premier rang de l'IFSTTAR, Joaquin Rodriguez étant dans le bureau de l'association depuis sa fondation.

### 2.2 National

Le démarrage de **FUTURE** a suscité un engouement très important à COSYS où l'on note une très forte mobilisation sur les AAP de FUTURE et les actions démonstrateurs avec le dépôt de nombreux projets financés, Ecoquartier 3S notamment, Voyageur virtuel, Nano4Water, Capteurs, Andre, Western, Urban vision, sans compter Wise-Cities et une participation significative à Crisis Lab.

La **Société du Grand Paris** a confié au CEREMA et à l'IFSTTAR une mission d'assistance technique et d'**expertise structurelle** pour la réalisation de la **gare de la Défense**, sur la ligne 15 Ouest du **Grand Paris Express**. Dans ce cadre, en complément des calculs réalisés par la maîtrise d'œuvre, une modélisation numérique du transfert de charge des poteaux de la « gare fantôme » existante vers un ensemble de fondations sur micropieux ont été effectués avec CESAR.

L'AMI EVRA a permis de lancer le projet ENA, avec 3 cas d'usages sur 3 territoires dont le projet **NAVWAY**.

## 2.3 Résultats scientifiques remarquables

- Compréhension fine du lien entre fréquence des trains et demande voyageurs, algorithmes de régulation des vitesses pour un optimum global.
- premiers algorithmes de pilotage des systèmes de transport partagés, à la demande et sans route prédéfinie.
- Composants : établissement des règles de Palmgren-Miner + cyclage rapide faible intensité
- NATURE/scientific reports : Aggregate-driven reconfigurations of carbon nanotubes in thin networks under strain : in-situ characterization : Bodelot, Lebental et al
- IA : prévision des consommations d'eau à l'échelle d'une ville
  
- Simulation macroscopique multi-réservoirs : mise au point de nouvelles méthodes de calibrage à partir de différentes sources de données (boucles, traceurs et données téléphoniques), formulation théorique de l'extension aux flux multimodaux, mise en oeuvre de plusieurs démonstrateurs numériques sur la ville de Lyon.
- Calcul des équilibres de réseaux de grande taille : nouvelles méthodes de calcul basées sur des méta-heuristiques et la parallélisation des simulations, nouvelles formulations des coûts pour déterminer l'optimum environnemental d'un système.
- Elaboration d'un nouveau cadre de contrôle périmétrique pour minimiser les émissions de polluants à l'échelle d'un réseau complet en jouant sur la répartition des usagers sur les différents itinéraires.  
Elaboration d'une méthode d'estimation des vitesses moyennes pour différentes zones urbaines à partir de données téléphoniques de type "stay" (début ou de fin de trajets).
- dans le cadre d'un partenariat avec la SNCF et ESTAS, développement d'un modèle stochastique de circulation des trains dans les réseaux péri-urbains intégrant les distributions observées des temps de stationnement dans les gares et de conduite des conducteurs.
- Elaboration d'une méthode de reconstruction de matrices Origin-Destination dynamiques à partir de données de téléphonie mobile (signalisation) et analyse comparative avec des données Enquete Menages Deplacements (EMD) sur la ville de Lyon.
- Etude données-centrique du pouvoir descriptif/prédictif des métriques des réseaux complexes (Betweenness et Degree centrality) pour caractériser et monitorer la résilience des réseaux routiers. Elaboration d'un nouvel algorithme pour le calcul rapide et exact de la métrique de centralité d'intermédiarité (Betweenness Centrality) pour les graphes de grande dimension.

## 2.4 Prix

Nicolas Le Touz, doctorant SII-I4S, a été lauréat du huitième prix de la chaire **ABERTIS** dans la catégorie Gestion des infrastructures de transport pour sa thèse sur la "Conception et l'étude d'infrastructures de transport à énergie positive : de la modélisation thermomécanique à l'optimisation de tels systèmes énergétiques". Thèse financée sur contrat doctoral IFSTTAR et ayant reçu un soutien de la DGITM via le projet RoSHy. Ses travaux ont été conduits et réalisés au sein du département en collaboration avec le département MAST. La remise des prix s'est déroulée le 25 septembre 2019 à l'ambassade d'Espagne à Paris [<https://www.groupe.sanef.com/en/node/177416>].

Nassif Berrabah, doctorant CIFRE EDF au sein de SII-I4S, a reçu le prix scientifique au concours interne d'EDF, les Trophées de la R&D, pour ses travaux sur "Problèmes inverses pour le diagnostic de câbles électriques à partir de mesures de réflectométrie".

Des résultats de cette thèse ont depuis fait l'objet d'un dépôt de brevet français puis européen. L'extension nord-américaine est en cours. Les dépôts sont faits conjointement par EDF et Inria.

best paper award railway

Le projet FUI **Yellow** (mise au point d'un système d'alerte pour la sécurité des agents sur les chantiers routiers), déjà doublement récompensé en 2017, a reçu le 21 mars 2019 le trophée des *Security & Safety Meetings Awards* dans la catégorie *Mix & Match* qui récompense les partenariats réussis. Le projet

avait été monté et piloté par l'Ifsttar (Fabrice Vienne), et impliquait notamment le Cerema et la société Aximum, filiale de Colas [<https://www.foxstream.fr/trophee-projet-yellow/>].

## 2.5 Actions de Communication

Suite au livre blanc sur les mobilités en 2030, le Forum métropolitain du Grand Paris a inauguré en juin 2019 une exposition sur les Autoroutes du futur du Grand Paris. Dans cette exposition, la R5G figure parmi les drivers du changement et fait l'objet d'un tableau de l'exposition et d'un chapitre du livre de l'exposition. L'exposition est itinérante et sera exposée à l'occasion de l'Université d'été de l'EIVP consacrée aux rues de demain organisée en partenariat avec l'Ifsttar.

## 2.6 Start-ups

L'ascension fulgurante de **Stanley Robotics** se concrétise cette année par un nouveau succès : l'aéroport de Londres-Gatwick va implanter le service.

Le développement de la startup **Altaroad** se poursuit avec notamment l'instrumentation du chantier de la nouvelle gare de Noisy Champs et la conclusion d'un accord avec APRR, SYCTOM et VEOLIA

**Le Développement de la start-up POWERLAN** se poursuit dans le cadre de son exploitation de la licence du logiciel Superviseur Générique de l'Ifsttar : contrat important de suivi généralisé du parc des bus de Grenoble Métropole. Remontée de données massives temps réel en vue de mieux comprendre et d'améliorer le trafic des bus.

SCANPHONE PAR **LUXONDES** : En 2019, la réalisation du premier prototype d'un scanphone est un résultat majeur car pour la première fois, nous disposons d'un système autonome permettant de cartographier de façon simple et rapide le rayonnement électromagnétique d'un objet sous test en réalité augmentée.

Cette innovation technologique a pu être réalisée en collaboration étroite avec le laboratoire CRISAL de l'IRCICA, spécialiste de la réalité augmentée. Aujourd'hui, pour réaliser des cartographies EM, nous devons démonter et déplacer l'objet sous test dans des laboratoires équipés de scanner spécifiques. Ces scanners sont souvent de grande taille et complexe à mettre en œuvre. (pc pour le pilotage et l'acquisition des données. Résultat traitement des données et affichage en post traitement)

La réalisation du prototype a été réalisée dans le laboratoire électronique du Leost. Nous avons également développé de nombreux capteurs nous permettant d'analyser des rayonnements électromagnétiques dans une grande gamme de fréquence (du continu avec des capteurs à effet Hall jusqu'à plusieurs GHz).

Avec le Scanphone, il est également possible d'exporter les données au format xml, ce qui va permettre un traitement et un affichage des données avec notre viewer XML. Pour 2020 nous souhaitons continuer à améliorer ce système avec la réalisation de capteurs plus performant (FPGA/USRP) afin de pouvoir sélectionner la bande de fréquence à analyser.

### Lancement au 1er septembre de la Start-up NEOVYA

### 3 Campagne « rapport d'activité 2019 » pour les projets terminés en 2019

## APP

### 3.1 Mission parlementaire : Sécurité des passages à niveau

Le projet MORIPAN (MOdèles de Risque pour les PASSages à Niveau) est un projet de l'IRT Railenium financé par l'ANR, qui a impliqué l'équipe ESTAS du département COSYS et SNCF Réseau. Il vise à développer des modèles en vue de décrire les mécanismes de risque aux passages à niveau.

ESTAS a été sollicité pour restituer les résultats du projet MORIPAN dans le cadre de la mission parlementaire menée par la députée Laurence Gayte visant à faire un état des lieux et proposer des solutions en vue d'améliorer la sécurité des passages à niveau (PN) en France. Mohamed Ghazel (ESTAS) a présenté les résultats du projet dans le cadre d'un séminaire de transfert organisé par la DGITM, qui accompagne la députée dans le cadre de cette mission, en date du 04 mars 2019.

Les résultats de MORIPAN offrent des pointeurs vers des changements importants dans la politique de sécurité aux passages à niveau. Ils pourront permettre, à court et moyen termes, d'atteindre d'importants progrès en termes de sécurité. En particulier, MORIPAN a montré l'intérêt :

1. des mesures in situ du comportement des automobilistes, ce qui a permis
  - d'une part d'infirmier des observations anciennes mal étayées (la relation taux de passage en force /durée de fermeture est complexe, et diminue exponentiellement avec la durée de fermeture, tant que les conducteurs ont confiance dans le bon fonctionnement du passage à niveau) ;
  - de fournir des volumes importants de données sur le comportement des conducteurs, et donc d'ouvrir la porte à des modélisations de type « Monte Carlo » du comportement de ceux-ci.
2. De développer des modèles de risque, classiques ou Bayésiens, pour mieux cibler les passages à niveau à améliorer.

En outre, le projet MORIPAN a permis de tirer un certain nombre de conclusions :

#### *Contre les erreurs de conduite et la cécité d'inattention*

Le passage à niveau, même s'il n'est pas un carrefour routier tout à fait ordinaire, est cependant essentiellement un carrefour, et la première « ligne de défense » doit être une réflexion sur le plan de circulation, à la manière de ce qui se fait sur les projets de tramway, ce qui va permettre de réduire les accidents liés à une mauvaise analyse de la situation et des risques par le conducteur routier. La seconde ligne de défense va être le passage à niveau lui-même, qu'il faut reconcevoir à la lumière des progrès des cinquante dernières années en sécurité routière, afin de rendre les PN activés beaucoup plus remarquables, et réduire les accidents liés à la cécité d'inattention.

#### *Contre la délinquance routière*

Privilégier les SAL4, soit classiques avec une durée d'annonce de 35 à 45s, soit réalisés, comme aux USA, avec un détecteur d'obstacles qui commande les barrières de sortie. Lorsque ce n'est pas possible, équiper les passages à niveau de radars de franchissement, et pratiquer, sur le long terme, une politique ferme de répression de la délinquance routière.

#### *Le détecteur d'obstacle (DO) comme dernière boucle de rattrapage*

La dernière ligne de défense, commune à tous les modes d'accident, peut être le détecteur d'obstacle routier, avec une alarme au train sous réserve que le réseau ferroviaire puisse adopter des procédures de reprises simples. Naturellement, le déploiement de DO doit être accompagné par des analyses de sécurité garantissant de faibles taux de fausses alarmes et de non-détections. Cela rejoint une tendance de fond, et une partie de la sécurité aux passages à niveau va nécessiter que celui-ci devienne « intelligent », capable de réagir à son environnement, d'augmenter la luminosité de ses feux à éclats en contre-jour ou à midi, de les réduire la nuit, de détecter

des obstacles routiers et d'en avertir le train, voire de dialoguer avec les dispositifs d'aide à la conduite des voitures et de déclencher un freinage routier si nécessaire.

### **3.2 Métro de Sydney et Melbourne**

A travers CERTIFER on a participé à la certification des procédures et des tests en compatibilité électromagnétique sur le réseau complet (Analyse documentaire de CEM, mission sur le terrain, sondages par échantillonnage en pré-construction et post construction). Missions en 2018, puis études sur pièces.

### **3.3 LIERE «Liaison IngeTIME Et Recife» avec société Rail Concept**

Ce projet contribue à la dissémination du module RECIFE-MILP, module d'optimisation du trafic ferroviaire basée sur la programmation linéaire mixte entière (MILP).

Une interface logiciel sera développée qui facilitera l'interopérabilité entre l'outil IngeTIME® développé et commercialisé par la société Rail Concept et le module RECIFE-MILP.

La validation des interfaces IngeTIME® / RECIFE-MILP sera fondée sur des cas d'études de conception d'horaires ferroviaires réalisés par Rail Concept.

### **3.4 Projet "Fluidification du RER C"**

La convergence des flux de circulation de deux branches d'une ligne provoque fréquemment des ralentissements et des retards que l'on peut atténuer par des mesures de rétention des trains aux gares en amont de ces convergences.

Grâce à un banc de test de simulation développé à l'IFSTTAR, ce projet a permis de mettre au point un algorithme de fluidification, développé par SNCF Innovation & Recherche, pour déterminer les durées de rétention des trains en gare sur les circulations de la ligne du RER C.

De plus, des expérimentations complémentaires ont permis d'évaluer la sensibilité des performances des consignes de rétention lorsque les conducteurs disposent d'un module d'aide à la conduite qui préconise les profils de vitesse qu'il faut suivre entre les gares.

### **3.5 Val 52M**

Ce projet d'assistance technique de type "Assistance à Maîtrise d'Ouvrage" rentre dans le cadre de l'augmentation de capacité du métro de Lille et plus particulièrement de la rénovation de la ligne 1 avec un nouveau système de contrôle commande et de nouvelles rames de 52 mètres de long qui viendront remplacer les rames de 26 mètres utilisées depuis l'ouverture de la ligne en 1983.

La Métropole Européenne de Lille (MEL) a retenu le système Urbalis 500 d'Alstom fortement novateur puisqu'il privilégie la localisation physique de l'"intelligence" du système à bord de chaque rame contrairement aux concepts classiques où les automatismes sont répartis entre les rames et des équipements au sol. À fonctionnalités équivalentes et dans la mesure où une grande partie de l'infrastructure existante est conservée, ce transfert du pilotage du système vers les rames peut avoir des effets de bord sur la sécurité globale.

L'expérience acquise par le laboratoire COSYS-ESTAS sur l'évaluation de la sécurité de nombreux systèmes urbains en France et à travers le monde, sa vision système et sa capacité à raisonner selon une approche holistique lui permettent d'appréhender les éventuels effets non désirés qui auraient pu échapper au concepteur de cette innovation de pilotage sans conducteur.

La MEL, en tant qu'autorité organisatrice de transport, a donc souhaité s'appuyer sur cette expertise de notre institut pour l'aider dans ses décisions et pour le suivi d'un projet de cette envergure. À cet égard, ce projet constitue une activité emblématique de la mission d'aide au politique public de l'institut.

### 3.6 E-MAP urbaine

Il s'agit d'un projet DGITM qui s'est terminé cet automne. Principalement deux actions de R&D ont été conduites :

- Évaluer un récepteur de gamme automobile GPS+Galileo : nous avons évalué le F9P de uBlox. La précision métrique du GPS est améliorée "marginale" (de l'ordre du dm) avec Galileo.
- Map-matcher sur des cartes décrivant toutes les voies de circulation pour utiliser au mieux les bâtiments proches modélisés en 3D, et corriger les mesures de distances récepteur-satellites.

Ces travaux ont constitué le sujet du master de recherche de Damien Rivoal, de l'ENAC : les résultats sont en cours de finalisation dans son mémoire et une publication est en préparation.

### 3.7 SGTM

Mi 1986, le traité de Canterbury entre la France et le Royaume-Uni vient d'être signé instaurant une Commission InterGouvernementale (CIG) chargée de mettre en œuvre et de suivre l'exécution du contrat de concession pour la construction et l'exploitation du Tunnel sous la Manche. Un agent d'ESTAS est alors nommé auprès du Secrétariat Général au Tunnel sous la Manche, service du Ministère chargé des Transports. Il y assurera de façon permanente de 1986 à 1995 une mission de secrétaire technique du Comité de sécurité. Durant la phase de construction (1986-1994), le rôle du Comité de Sécurité entouré de groupes d'experts consiste à analyser les avant-projets dans les divers aspects techniques : génie civil et infrastructure, système ferroviaire, ventilation, alimentation électrique, procédures d'exploitation et de secours ... Dans chaque domaine, la taille hors normes de l'ouvrage (plus de 50km) obligeait à pousser plus loin la faisabilité des techniques. Fin 1994, après la mise en service du tunnel, la mission permanente confiée à ESTAS s'est transformée en une mission d'assistance technique plus ponctuelle. Les principales missions ont consisté à participer :

- à l'établissement du retour d'expérience des quelques incendies,
- à l'instruction du dossier de délivrance du certificat de sécurité des nouveaux trains d'Eurostar (type e320),
- à l'équipement du tunnel en GSM-R,
- au dossier sur la liaison haute tension (1000MW) dans l'un des tunnels ferroviaires.

L'un des prochains projets majeurs concerne le renouvellement des navettes qui sera l'occasion de mettre à niveau ces trains de haute technologie.

### 3.8 VELIVR

Projet Velivr' ( Cyclisme sous l'emprise d'alcool et de stupéfiants )

La DSR ( ministère de l'intérieur , Délégation à la sécurité routière ) a confié de Septembre 2018 à juillet 2019 , à l'IFSTTAR et à NTUA (National Technical University of Athens) une étude exploratoire pour faire le point sur l'état actuel des connaissances et risques induits par la pratique cycliste sous l'emprise d'alcool et de stupéfiants.

Velivr' a conduit à établir à la fois un premier diagnostic de la situation en France et à la fois un benchmark sur les bonnes pratiques à l'international.

Deux approches méthodologiques complémentaires ont été utilisées, l'une de type « webographique », a conduit à situer le problème dans un contexte international en recensant des éléments pour le territoire français et l'autre de type « observation directe » s'appuyant sur une enquête auprès des cyclistes, en région parisienne et une modélisation statistique des réponses obtenues (modèles de choix discrets) a contribué à mieux comprendre les comportements des cyclistes face à la consommation d'alcool et de stupéfiants, les habitudes et les caractéristiques des déplacements à vélo incluant la connaissance de la législation, contrôles antérieurs d'alcoolémie.

### 3.9 AWACS

Projet FUI 20 Awacs ((Airside Watch for Amelioration of Capacity and Safety, 2016-2019).



Le trafic aérien croissant à un rythme de 5% par an, l'enjeu pour les aéroports internationaux, est aujourd'hui d'augmenter leurs capacités tout en maintenant le niveau de sécurité. Pour améliorer la gestion du trafic, les opérateurs se basent sur des études qui prennent en compte des simulations de trafic qui ne peuvent adresser l'ensemble du champ des possibles, car basées sur des hypothèses par essence limitatrices. Les données radar, qui représentent l'activité réelle de la plateforme, sont utilisées uniquement pour le contrôle des avions. Or, l'ensemble de ces données représente l'activité réelle de la plateforme et sont riches en informations non utilisées jusqu'à présent. Le projet FUI AWACS (Airside Watch for Amelioration of Capacity and Safety, 2016-2019) a permis de développer des outils d'aide à la décision pour les exploitants aéroportuaires en vue d'une part d'optimiser l'utilisation de la plateforme, c'est-à-dire augmenter la capacité de l'aéroport à sécurité égale et d'autre part de fournir des indicateurs de conduite utiles au calcul d'émissions de polluants. Les méthodes développées par l'Ifsttar, fondées sur des approches de traitement et d'analyse des données radar, à l'interface entre l'apprentissage machine (« Machine Learning ») et les statistiques, ont permis d'aborder ces deux volets. Le premier orienté "performances" a permis de caractériser le trafic dans la plateforme aéroportuaire en termes de congestion. Le second volet dédié à une étude comportementale menée sur les données de trajectoire d'avion a permis d'extraire des indicateurs utiles au monitoring des comportements de conduite de la plateforme aéroportuaire. L'ensemble des approches développées est générique et pourrait potentiellement être appliqué à d'autres aéroports dans le monde. Contacts : Etienne Côme, Latifa Oukhellou

### **3.10 Requalification A6/A7 Lyon**

Expertise pour le compte de la métropole de Lyon dans le cadre de System-X sur l'ouverture d'une voie de covoiturage sur l'A6/A7.

### **3.11 La vie Robomobile - Parangonnage international sur la Mobilité sans Conducteur**

Objectifs : dans le cadre de l'initiative « Vie Robomobile », identifier sous la forme d'un parangonnage international, les démarches similaires en cours dans le monde, décrire leur organisation et assister la maîtrise d'ouvrage à établir les premiers contacts. La méthode consiste, pour chacun des pays identifiés, à dresser une carte de parangonnage qui intégrera en particulier :

- Les forces de recherche, avec une identification des instituts, universités, pôles et centres de recherche les plus actifs dans le domaine de la Mobilité sans conducteur ;
- Les réseaux d'influence scientifique et technique ;
- Les plates-formes de test et sites ouverts existants et en projet ;
- Une synthèse des documentations « ouvertes » identifiées.
- Un annuaire des contacts sera produit. Des propositions seront faites sur les opportunités de partage et de partenariat avec les réseaux.

Liste des pays concernés : USA, Canada, Allemagne, Chine, Japon, Australie, Europe (commission européenne)

# Environnement

## 3.12 Sense-City

Parmi les études qui se sont déroulées dans Sense-City en 2019 on mentionnera :

- BISE : Biosourcé In-Situ Expérimentation. L'objectif de cette étude est de définir une méthodologie de caractérisation in-situ des performances globales des matériaux biosourcés. Les principaux domaines d'étude concernent les comportements hygrothermique des parois (transferts de chaleur et d'humidité), acoustique, la qualité de l'air intérieur et la durabilité des matériaux.
- E-Birdy : Energetic Balance for Intermittent and Renewables Dynamics. l'IFSTTAR et Efficacity ont décidé de collaborer à la réalisation d'une plateforme smart grid dénommée E-BIRDY dans Sense City afin de répondre à un besoin de validation des résultats de recherche sur les smart grids urbain. Sence City étant doté d'une enceinte climatique permettant de réaliser des météo contrôlées, elle est le lieu idéal pour étudier l'influence des variations climatiques sur les problématiques énergétiques habituellement dévolues aux smart grids (pilotage temps réel de la température intérieure avec prise en compte de l'inertie du bâtiment, étude de la fiabilité de fonctionnement des équipements et de leur contrôle dans la configuration d'un microgrid, microgrid DC, étude du contrôle non linéaire, etc.. ).
- Première campagne industrielle réalisée pour la société « Elioth Egis Concept » permettant de tester l'efficacité de bancs réfrigérants adaptés aux périodes de canicules et aux vagues de chaleur.
- Étude des surfaces dépolluantes menée dans le cadre de la thèse de Marie Le Pivert, dirigée par Prof. Yamin Leprince. Des tests au sein de Sense-City ont permis de vérifier l'efficacité de la dépollution des gaz toxiques tels que NO<sub>x</sub>, CO, COVs, O<sub>3</sub>, ... par l'effet photocatalytique de surfaces décorées de nanofils ZnO. Pour ce faire, des dalles enrobées ont posées sur le sol dans la Mini-Ville 1, ainsi qu'un muret mobile sera placé à proximité de la route.
- Étude de la thermique des bâtiments menée dans le cadre des thèses de Tristan Rigaud et Zahra Djatouti. L'objectif est de développer des méthodes de « Pilotage intelligent » du chauffage des bâtiments à l'aide d'un algorithme stochastique et d'informations mesurées en temps réel sur les caractéristiques thermique des bâtiments.
- Installation et tests réalisés sur l'éolienne de la société Wind My Roof.
- fin du projet Connecte-City avec Vinci-Energie
- poursuite des travaux sur l'efficacité de la géothermie peu profonde avec Antea

## 3.13 Connecte-City

Le projet CONNECTE-CITY est un projet FUI visant à proposer des solutions sur-mesure d'optimisation de la performance des villes. L'objectif est le développement d'une plateforme informatique pour l'adaptation et l'intégration des capteurs et des équipements électriques pour communiquer principalement via le réseau de communication LoRaWAN. Il s'agit d'améliorer la maintenance et le pilotage des équipements urbains, de concevoir un hyperviseur pour les consommations énergétiques et la gestion des flux de transport et de développer des applications smartphones associées. Les applications étudiées dans le projet sont l'éclairage public, les bornes de recharge de véhicules électrique, la qualité de l'air, des panneaux à messages variables et les compteurs intelligents. Pendant le projet, l'IFSTTAR a installé dans Sense-city les équipements d'éclairage, les feux de circulation, la borne de recharge électrique et un capteur de pollution reliés à l'hyperviseur pour la réalisation de tests de monitoring.

## 3.14 Expand I

Les programmations conjointes (Joint Programming) sont des instruments lancés par la commission européenne en 2008 dont l'objectif est de faciliter et renforcer la recherche européenne. JPI Urban Europe est le programme centré sur la recherche urbaine. JPI UE pilote des appels à projet et dispose, entre autre, d'un agenda de recherche et d'innovation (SRIA) et d'un réseau de chercheurs sur la recherche

urbaine via l'alliance européenne en recherche urbaine (UERA), coordonnée par l'IFSTTAR. L'UERA permet d'identifier sujets de recherche pertinents pour des prochains appels mais aussi de mieux connaître et mieux répondre à des appels à projets spécifiques dont les projets ERA-NET. Le projet EXPAND est un projet financé par l'appel CSA (Coordination and Support Action) d'Horizon 2020. Pendant le projet l'UERA a créé 4 groupes de travail, organisé 6 séminaires sur la nature en ville (Milan et Mantua), l'accessibilité (Trondheim, Lyon et Rome) et sur l'humanification des villes (Aalborg) regroupant environ 260 personnes, un école d'été sur la Smart city et l'énergie (Newcastle) et 4 réunions de préparation de réponses à projet. L'UERA a également créé un site web expérimental de description des infrastructures de recherche sur l'Urbain. A la fin du projet, l'UERA était constitué de 53 institues répartis en 18 pays Européens. Adresse du site web du projet : <https://jpi-urbaneurope.eu/stakeholders-partners/uera/>

## Energie

### 3.15 GameECAR

Le projet GameCAR est un projet européen qui s'est déroulé du 1er janvier 2017 au 29 février 2019 et coordonné par Kostantinos Moustakas de l'université de Patras en Grèce. Au sein de ce projet, les partenaires (Université de Patras, Sparks, Kite solutions, l'université de Leeds, Brainstorm, CTAG et l'IFSTTAR) ont développé et évalué un système d'assistance à l'écoconduite basé sur du serious gaming. Le rôle de l'Ifsttar était de gérer le lot 7 sur l'évaluation en supervisant l'ensemble des phases expérimentales du projet sur trois sites européens et en réalisant deux phases expérimentales avec 50 conducteurs équipés de capteurs de données physiologiques. Les résultats de ces expérimentations ont montré que l'assistance à l'écoconduite du projet permettait de réduire de 8% la consommation d'énergie sans augmenter le temps de parcours. De plus, les démonstrations finales du projet ont eu lieu sur le site de Versailles Satory en février 2019.

### 3.16 Évaluation des impacts environnementaux des motorisations alternatives : EQUILIBRE

Le projet Équilibre porté et financé par un groupement de transporteurs, l'ADEME et GRdF, est le premier démonstrateur de Poids lourds GNV à l'échelle européenne qui a permis d'auditer une flotte de 12 véhicules, semi-remorques de 44 tonnes et porteurs de 19 tonnes, pendant 2 ans pour évaluer la pertinence de gaz naturel par rapport au diesel en usage réel.

Le projet visait l'analyse de la consommation et émissions de polluants (CO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub>) de véhicules gaz et de véhicules diesel en situation réelle d'exploitation : déplacements, manœuvres, ravitaillements en carburant, pannes, déplacements à vide, démarrages à froid, etc. Il a conduit à la mise en place d'une méthodologie pour analyser la consommation et les émissions dans une situation réelle d'exploitation, plus riche et plus complexe qu'une simple opération de déplacement. On retient les enseignements suivants :

La grande complexité d'un trajet, infrastructures routières, aménagements, profil altimétrique, poids total en charge, type de mission, conditions de trafic et conditions météorologiques, conduit à une très grande variabilité de la consommation et des émissions, dont une caractérisation simple ne peut rendre compte.

La part des trajets en zone urbaine est plus importante que celle prévue par les normes, avec des niveaux d'émissions très élevés de NO<sub>x</sub>. Les missions de distribution incluent de nombreuses traversées de petites agglomérations et les livraisons s'effectuent dans des zones d'activité situées en périphérie urbaine, pour les semi-remorques, voire en centre-ville pour les porteurs de 19 tonnes.

Les véhicules diesel présentent une grande similarité en termes de performances, ce qui n'est aujourd'hui pas le cas des véhicules au gaz.

Dans des conditions d'exploitation sévères, comme un boulevard périphérique à fort trafic, sur 21 mois de données, on observe un niveau d'émissions de NO<sub>x</sub> cinq fois plus élevé pour un véhicule diesel que pour véhicule au gaz dans des conditions similaires.

A l'issue du projet EQUILIBRE, d'ici la fin de l'année 2019, l'association éponyme souhaite créer une start-up pour valoriser les résultats du projet EQUILIBRE. Il s'agit de qualifier en usage réel les véhicules équipés de nouvelles motorisation (gaz, . . .) et proposer des outils d'optimisation de l'exploitation des transporteurs. Plusieurs acteurs souhaitent prendre part à l'aventure dont Engie et ATMB (Autoroute et Tunnel du Mont-Blanc). L'Ifsttar au travers du LICIT sera associé à cette valorisation et possède une grande partie de la PI.

### **3.17 EMODI**

Le projet EMODI (Offshore Energy Grids Monitoring and Diagnosis) est un projet de recherche fondamentale de l'Agence Nationale de la Recherche (Programme Défi énergie sure, propre et efficace, 2014). EMODI a été coordonné par RTE et a associé Nexans, l'IFSTTAR, le CEA, l'IREENA de l'Université de Nantes et l'Ecole Centrale de Nantes. Le projet a commencé en janvier 2015 avec une durée de 48 mois et a bénéficié d'une aide ANR de 898,8 k€ pour un coût global de 2,3 M€. L'objet central d'étude a été le câble électrique d'export (Figures), élément stratégique pour la filière Énergie Marine Renouvelable (EMR). En effet, les moyens de production offshore sont connectés au réseau de transport ou de distribution d'électricité par des câbles (posés sur le fond marin ou ensouillés). L'objectif, qui concourt à la rentabilité économique de la filière EMR, est de maîtriser le fonctionnement de ces câbles sur la durée d'exploitation des parcs (minimum 20 ans) afin de garantir l'acheminement continu de l'énergie produite, mais aussi de limiter les interventions en mer, très coûteuses. Pour traiter cette problématique, le projet EMODI s'est concentré sur le dimensionnement des câbles, les méthodes de diagnostic des câbles actuels et leurs limites, l'étude de nouvelles méthodes de diagnostic et de monitoring, qui pourraient permettre la maintenance préventive, voire prédictive de ces infrastructures sensibles.

L'intervention du Cosys/Macsi dans EMODI s'est attelée à mettre en exergue les enjeux multi-physiques liés à l'utilisation de ces câbles par approches numériques et analytiques, aussi bien pour le conducteur cuivre que pour l'isolant polymère à haute performance, XPLE.

De façon heuristique, la mise sous contrainte du conducteur cuivre au-delà de sa limite d'élasticité entraîne un endommagement mécanique (rupture des plans cristallographiques) et également une baisse des propriétés électriques et thermiques du câble. Ces endommagements peuvent survenir lors de la fabrication, de la manutention ou lors de la phase d'acheminement et de mise en mer des câbles, opération réputée onéreuse. Il est crucial de connaître leur état d'endommagement au préalable et afin de répondre à cette question, un modèle mécanique par éléments finis rendant compte de l'évolution de l'endommagement par frottements inter-filaires et ruptures progressives des fils en cuivre, jusqu'à rupture de la phase a été mis en place. L'incidence directe des mécanismes d'endommagements mécaniques sur les comportements électrique et thermique a été mise en évidence par des modélisations multi-physiques. Au final et sur la base des modèles numériques obtenus, il est possible en fin de fabrication des phases, de les mettre sous tension et de vérifier l'absence et/ou l'existence de pics de températures dans des endroits spécifiques du conducteur ; les pics de température étant liés à des endommagements et leurs intensités donnant une estimation directe de leur caractère critique, on en déduit une méthode aidant à la décision de mise en mer ou de refus pour qualité insuffisante.

On a également mis en place un modèle de simulation du vieillissement de la gaine d'isolation en XPLE par éléments finis destiné à remplacer les campagnes expérimentales nécessitant plusieurs décennies. Un résultat très encourageant a été enregistré qui montre comment les nano-bulles d'humidité résiduelle attaquent l'isolant sous l'action conjuguée de la contrainte mécanique et de la forte tension engendrée dans le conducteur.

### **3.18 CIFRE MERCE Dornic**

L'utilisation d'outils de diagnostic est nécessaire pour prédire la durée de vie restante des dispositifs en opération, et mettre en place une maintenance adaptée et efficace. Pour déterminer la durée de vie restante des modules de puissance en opération, des modèles de durée de vie sont utilisés. La plupart de ces

modèles sont établis soit de manière empirique, soit de manière physique, soit de manière statistique. Les modèles empiriques sont les plus courants, car leur réalisation et implémentation sont maintenant bien connues. Ils se basent sur des résultats issus de tests de cyclage accélérés qui reproduisent les contraintes endurées par le module de puissance sous des conditions "accélérées" de fonctionnement. Une extrapolation est ensuite nécessaire pour obtenir l'état de santé du dispositif dans des conditions normales de fonctionnement. Le principal inconvénient de ces modèles réside dans le manque de description des mécanismes physiques responsables de l'endommagement. Ce manque peut mener potentiellement à des erreurs, notamment lors de l'extrapolation. C'est pourquoi les modèles basés sur la physique connaissent un intérêt grandissant. Dans cette thèse, deux modèles de durée de vie basés sur la physique et appliqués aux modules de puissance IGBTs sont proposés et comparés. La première approche est basée sur les déformations induites à l'intérieur de l'assemblage du module lorsque soumis à des contraintes thermiques. Dans ce cas, la dégradation est décrite via la quantification des déformations pour un stress thermique donné. Dans la seconde approche, le modèle de durée de vie est basé directement sur l'endommagement via l'établissement d'un modèle de dégradation. La comparaison des deux modèles met en lumière les défauts et qualités de chacun. D'une manière plus générale, l'établissement et la comparaison de ces modèles s'inscrit dans une démarche de développement d'outils de diagnostic afin de prédire la durée de vie restante des modules de puissance en opération.

### **3.19 Tests vieillissement Mitsubishi Electric**

Les travaux avec MERCE ont mené à deux résultats premiers du genre.

Le premier est la vérification expérimentale des règles de cumul de dégradations (ou de Palmgren-Miner) des modules semi-conducteurs de puissance. Trois années d'expérimentation ont été nécessaires avec des modules adaptés à la séparation des modes de dégradation plus des tests spécifiques de combinaisons de stress. Nous avons ainsi démontré que seul l'état de dégradation comptait à un instant donné pour prévoir la durée de vie résiduelle d'un composant et qu'il n'était pas nécessaire de connaître l'historique des dégradations. Le second résultat a été la corrélation de méthodologie de tests de "power cycling" en courant continu (DC) d'une part et en modulation de largeur d'impulsion (MLI) d'autre part. Le premier met en oeuvre de l'auto-échauffement des composants uniquement par pertes Joule (conduction électrique) sous basse tension, le second par une combinaison dosée de pertes Joule et de pertes par commutation sous haute tension. Ce dernier type de fonctionnement est plus proche des conditions d'utilisation. Il était nécessaire de vérifier cette corrélation pour démontrer la validité des résultats des tests classiques menés en DC en termes de représentativité des dégradations. On satisfait donc à l'une des conditions nécessaires pour mener des tests accélérés de power cycling.

Ces avancées majeures présentent un fort potentiel de valorisation.

Les travaux avec la partie Japonaise de Mitsubishi ont permis des avancées dans la modélisation de la physique de la défaillance. Par exemple, des investigations sont menées pour expliquer les effets de certains paramètres de tests, comme la durée d'application du stress, sur la durée de vie. Par ailleurs, les modèles de prévision de durée de vie sont réalisés avec le Japon. Là également, ces travaux ont un fort potentiel de valorisation.

## **Sécurité routière**

### **3.20 CYCLOPE (CYCLO Protection Electronique)**

L'objectif du projet CYCLOPE est de développer des solutions techniques pour l'intégration des cyclistes dans le trafic urbain en améliorant à la fois leur sécurité le confort de conduite des conducteurs de bus. Il s'agit d'apporter des informations d'alerte au cycliste afin qu'il adopte une conduite appropriée.

Le moyen préconisé dans CYCLOPE est l'exploitation des signaux radios émis par le bus (signaux de communication vers son terminal de contrôle ou signal radar provenant d'un système anticollision par exemple). Les signaux radar émis par le bus doivent apporter une information de présence d'un cycliste

dans l'environnement proche du bus. La détection et l'identification des cyclistes par le bus sont assurées par un radar ultra large bande qui aura un coût raisonnable dans une production à grande échelle. Menées en parallèle avec les développements technologiques, les études en Sciences Humaines et Sociales ont permis une critique éclairée des choix techniques pour atteindre l'objectif visé. Ainsi, les études de comportement du cycliste et de l'automobiliste ont pu être menées sur un simulateur de conduite de vélo et un simulateur de conduite automobile avec plusieurs dizaines de participants et avec des scénarios sélectionnés pour leur dangerosité des conflits entre l'autobus et le vélo. Une validation expérimentale d'un dispositif embarqué d'alerte sur le vélo a été réalisée au travers des campagnes de mesures sur le site de l'exploitant à Rennes.

Pour plus de détails :

Dans un contexte de transition énergétique, le développement d'une mobilité active est devenu un enjeu majeur de société, le système vélocipédique fait partie des solutions. Les aménagements ne sont pas toujours favorables à la cohabitation entre les modes de transport, comme les vélos et les autobus. L'objectif du projet CYCLOPE (CYCLE prOtection Electronique)\*, dont ESTAS assure la coordination, est de proposer des équipements de sécurisation pour les cyclistes. Il s'articule autour des deux volets « techniques radio » et « sciences humaines et sociales ». L'originalité consiste à mener les deux volets en forte interaction afin d'anticiper au plus tôt l'impact des choix techniques sur le comportement des usagers et d'adapter l'information d'alerte délivrée. La simulation permet d'en tester l'acceptabilité, en complément de tests sur site. L'expérimentation sur simulateur vélo (menées à Marne la Vallée par le LEPSIS avec le LPC) nous a permis de déterminer que les cyclistes jugeaient le dispositif d'alarme facile à utiliser. Cependant ils trouvaient également le dispositif peu utile, évaluant en particulier que le dispositif ne les aiderait pas à mieux maîtriser leur vélo ni à compenser leurs inattentions. Les participants hésitaient à accorder une confiance totale au dispositif, et se fieraient plus à leur observation de l'environnement qu'au dispositif. Les participants ont estimé en moyenne qu'il leur faudrait un peu moins d'une heure et demie pour bien maîtriser le dispositif. Enfin, et bien qu'il ne semblait pas nécessiter la mobilisation d'importantes ressources attentionnelles supplémentaires, la présente expérimentation n'a pas permis finalement de mettre en évidence un effet global du dispositif pour améliorer la sécurité du cycliste dans les sept situations référencées dans le lot 1. L'expérimentation sur simulateur de conduite automobile (menée par le LESCOT à Bron) nous a permis de conclure que l'usage du dispositif d'alerte prévu pour les cyclistes pourrait s'accompagner de recommandations ou mises en garde au sujet d'un usage inadapté de ce dispositif. Celles-ci sont proposées compte tenu de l'effet des différentes situations critiques sur les indices analysés. Un mauvais usage du dispositif d'alerte destiné au cycliste pourrait l'amener à adopter des comportements permettant, certes, d'éviter les situations à risque bus-cycliste (annoncées par le dispositif) mais pourrait aussi les exposer à d'autres situations à risque. Parmi les manœuvres les plus dangereuses, cette étude a permis de pointer les dépassements du bus par la gauche sur des voies non dédiées pouvant amener les cyclistes à se faufiler entre le bus roulant dans leur sens et le trafic automobile arrivant en sens inverse. L'usage du trottoir serait à proscrire, surtout celui situé à droite dans le sens de circulation de l'automobiliste à cause de sa proximité par rapport à la trajectoire de la voiture et parce que le cycliste peut être dissimulé momentanément par un obstacle à la visibilité. Enfin, dans ces situations, les automobilistes ne s'attendent pas à ce qu'un cycliste en provenance du trottoir surgisse non loin d'eux au moment où le cycliste retourne dans le trafic sur la chaussée. Les recommandations d'usage ou les mises en garde pourraient se faire lors de la phase de prise en main du système par le cycliste avant son utilisation en situation réelle. Une formation pourrait se faire aussi à l'aide d'un film éducatif sur les dangers potentiels de certains comportements inadaptés lors de l'utilisation du système. Les résultats majeurs du projet pour COSYS sont : Une amélioration des fonctionnalités d'immersion du simulateur vélo à Marne la Vallée, en tant qu'équipement scientifique unique en France.

L'utilisation de dispositifs spéciaux (métamatériaux, dièdres) permet d'augmenter la Surface Equivalente Radar (SER) du cycliste afin qu'il soit mieux détecté par les radars anticollision des véhicules routiers. Par ailleurs, le traitement des signaux électromagnétiques couplé à des algorithmes spécifiques offre une meilleure reconnaissance des différents usagers de la route, automobilistes et cyclistes, l'association des radars ULB et les algorithmes de « deep learning » est originale et offre des résultats très prometteurs. Ce sont quelques pistes à poursuivre pour mieux protéger les usagers vulnérables de la circulation de véhicules de plus en plus automatisés, voire autonomes.

\* Projet financé par l'ANR 2015-2019 / Partenaires : IFSTTAR, IETR, UPHDF et Kéolis Rennes.

### 3.21 SICOBAM

SICOBAM est une initiative ciblée ifsttar qui rassemble 3 départements (COSYS, TS2 et AME) et 4 laboratoires (LEPSIS, LICIT, LESCOT et ECO7). Il s'agit de mettre l'humain au coeur d'une expérimentation regroupant un simulateur immersif de conduite, un simulateur dynamique de trafic et un

modèle de la dynamique du véhicule connecté à un banc d'essai moteur thermique. Ces plateformes ont été développées séparément par les laboratoires impliqués en réponse à des thématiques distinctes de recherche disciplinaire. SICOBAM vise à les connecter entre eux, ce qui n'avait jamais été réalisé jusqu'à présent, pour pouvoir évaluer de façon intégrée la robustesse des algorithmes d'ADAS de type éco-conduite avec des participants humains dans différentes situations de trafic. La recherche de compromis énergie/pollution appliquée aux véhicules conventionnels et hybrides peut trouver dans ce moyen expérimental une application ultime avant de faire des essais sur route, ou une solution itérative et progressive pour valider des concepts. Les principaux verrous technologiques sont aujourd'hui levés : l'architecture logicielle est en place, une interface a été développée pour partager la description du réseau routier du logiciel DR2 vers le logiciel SymuVia, et le logiciel VHCD est utilisé pour le rendu visuel. Une première démonstration est prévue pour décembre 2019, en mode Hardware In the Loop (en connectant le banc moteur thermique à au simulateur immersif) et en mode Model In the Loop (en simulant la chaîne de traction avec le modèle Vehlib).

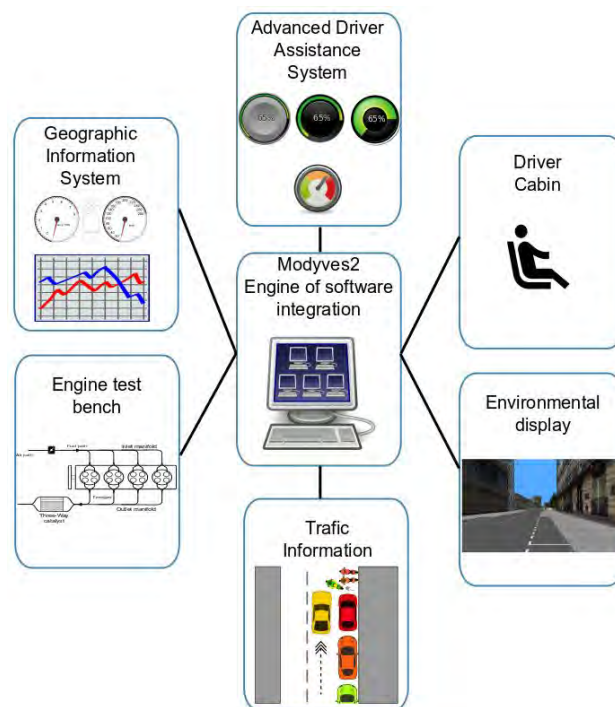


FIGURE 1 – Architecture SICOBAM.

### 3.22 VibraSimu

VibraSimu vise à mesurer les vibrations d'un vélo sur piste et route réelle, à les modéliser et à les reproduire sur un simulateur immersif, et enfin à en évaluer l'impact sur le ressenti des participants, par exemple pour pouvoir évaluer la qualité de revêtements des pistes cyclables dans un contexte de promotion des modes actifs de déplacement.

Une campagne de mesure a été conduite sur la piste d'essais de l'Ifsttar à Nantes avec des accéléromètres de précision, pour enregistrer les accélérations au niveau du guidon et de la selle pour plusieurs types de revêtements de chaussée. Les signaux recueillis ont été synchronisés entre les différents capteurs, et ont ensuite fait l'objet d'une analyse spectrale afin d'en proposer un modèle simple. En parallèle, des véris ont été testés sur un premier démonstrateur avant d'être implantés sur le simulateur vélo de l'Ifsttar à Marne la Vallée (ce qui a nécessité un démontage complet).

Nous sommes maintenant en mesure de simuler et de reproduire les irrégularités de la chaussée sur le simulateur, en utilisant des enregistrements réels ou un modèle simple de vibrations. A notre connaissance,

il s'agit d'une démarche unique et d'une fonctionnalité dont ne disposent pas les autres simulateurs vélo.



FIGURE 2 – Simulateur vélo équipé de vérins pour restituer les vibrations.

## Autre

### 3.23 SCOOP@F

SCOOP@F est un projet pilote de pré-déploiement de systèmes de transport intelligents coopératifs (STI-C) en France et d'interopérabilité transfrontalière de ceux-ci avec l'Espagne, le Portugal et l'Autriche. Il est fondé sur les communications et le partage d'informations entre véhicules et infrastructures routières. Projet collaboratif Européen au service d'une mobilité plus sûre et plus durable, il regroupe de multiples acteurs aux côtés du Ministère des transports, tels que les 2 constructeurs automobiles français, des gestionnaires d'infrastructure, 5 grandes régions en France et des partenaires scientifiques. Il est soutenu par la Commission Européenne qui participe au financement à hauteur de 50% .

Le projet SCOOP@F doit permettre d'améliorer la sécurité routière et la fluidité du trafic, par une transmission automatique des événements inopinés survenant à un véhicule aux véhicules en amont et au gestionnaire, par la fourniture au gestionnaire de données complémentaires sur la vitesse, et par la possibilité offerte au gestionnaire d'afficher directement des événements dans les véhicules. Il doit permettre également d'améliorer la sécurité des agents par une information directe des usagers, dans leur véhicule, sur les chantiers et interventions en cours, même non programmées. Le projet SCOOP permet aux usagers de saisir eux-mêmes sur l'IHM certains événements tels que des accidents non-sécurisés, des animaux ou piétons sur la route ou des obstructions de route. Les IHM des constructeurs ont été adaptées pour ce besoin, également pris en compte chez les gestionnaires.

SCOOP@F est le seul projet de pré-déploiement de C-ITS en Europe construit sur une coopération entre gestionnaires routiers, chercheurs et constructeurs automobile, qui s'est confronté à tous les défis de la vie réelle : respect de la vie privée, cybersécurité, interopérabilité.

Evaluation : Un résultat de ce projet clé est l'évaluation des services C-ITS Day 1 et Day 1,5 et de la technologie associée, que ce soit en termes d'acceptabilité usagers, en termes d'impact des Systèmes C-ITS sur le trafic et la pollution(travaux du LICIT, en simulation) sur l'organisation du travail des gestionnaires (travaux du GRETTIA), sur les effets sanitaires pour l'humain (travaux du LEOST), sur l'hybridation de communications en ITS-G5 ou cellulaire (travaux de Erena) ou encore sur la responsabilité juridique associée à l'utilisation des C-ITS (travaux de TS2).

Les C-ITS sont portés en premier lieu par l'utilisation de la technologie de communication ITS-G5. Une Architecture hybride ITS-G5 et cellulaire a été spécifiée, déployée et évaluée. Scoop a ainsi permis la définition des spécifications fonctionnelles et techniques des futurs systèmes de transport coopératifs :



résultat clef porté au niveau européen à travers la C-Roads plate-forme permettant ainsi une harmonisation des profils C-ITS et assurant ainsi une réelle interopérabilité des systèmes à travers l'Europe.

Scoop a ainsi débouché sur un cahier des charges détaillé des futurs systèmes de transport coopératifs prenant en compte toutes les questions clefs de production industrielle. A l'issue du projet les constructeurs automobiles se tiennent prêt à produire des véhicules communicants et les gestionnaires d'infrastructure à les accueillir pour délivrer les services prévus.

### **3.24 TRANSDEV**

Le projet TRANSDEV concerne le développement des fonctionnalités logicielles nécessaires à la conception des moyens de mobilité autonome. Ce contrat se décompose en plusieurs lots. Le lot 1 concerne l'évaluation, la validation, et l'identification de voies d'amélioration de plusieurs modules logiciels entrant dans la conception des véhicules autonomes. Ces modules concernent la perception de l'environnement incluant la détection et le suivi des obstacles par télémétrie laser et par stéréo vision, l'ego localisation avec une approche multi-modèles, la détection et le suivi des marquages routiers, et finalement la planification de trajectoire sûre. Mis ensemble, tous ces modules permettent de construire un co-pilote pour la conduite autonome.

### **3.25 Perception environnement routier par les VAC - Expertise Alstom**

Alstom réalise une étude de faisabilité d'assistance à la conduite de véhicules autonomes L4 sur autoroute depuis l'infrastructure en conditions dégradées. Dans une première phase, dans le cadre de ces recherches et développements de plus en plus nombreux sur les VAC (Véhicules Automatisés et Connectés), Alstom s'intéresse à l'état de l'art des moyens de perception embarqués et débarqués (sur l'infrastructure) permettant une mise en œuvre efficace, fiable et robuste des VAC en milieu routier. De plus Alstom s'intéresse à l'identification des verrous scientifiques et technologiques restant à résoudre sur ce domaine de recherche afin de pouvoir proposer à terme des solutions fiables et robustes impliquant les véhicules et l'infrastructure. Pour mener à bien cette étude de faisabilité et d'état de l'art sur les ADAS pour VAC de niveau L4, Alstom souhaite recevoir l'appui d'un laboratoire d'études scientifiques spécialisé dans les thématiques traitées. Du fait de ses compétences dans le domaine des VAC et des technologies nécessaires à leur mise en œuvre aussi bien dans les véhicules que sur l'infrastructure, Alstom souhaite confier à l'Ifsttar la réalisation cette étude de faisabilité.

### **3.26 PAILIOT, SNCF Réseau**

SII a conçu, spécifié et fait réaliser 5 exemplaires d'un nouveau capteur de hauteur d'eau DETECTEAU (en 4 points de mesures) spécifiquement adapté aux conditions des buses et passages d'eau du réseau ferroviaire. D'un point de vue technologique le capteur est de faible dimension et de très faible consommation avec une autonomie de 1 à 3 ans sur simple piles AA. DETECTEAU communique suivant le réseau LORA opéré par Objenious avec lequel SNCF a un accord de déploiement. Les boîtiers DETECTEAU sont parfaitement opérationnels : bon relevé des niveaux d'eau (essais préliminaires sur site en août 2019), remontée des données en LORA sur le réseau partenaire de SNCF (Objenious), très faible consommation (tenue 3 ans sur piles AA dont conforme à des process réalistes de déploiement / maintenance d'équipes SNCF).

De septembre à Novembre un à 3 sites de la LGV Paris Est seront probablement déployés. Scientifiquement un algorithme d'envoi dynamique a été implanté, tenant compte des dynamiques du cours d'eau (envoi d'information plus fréquente si phases de crue ou décrue). En l'état le projet DETECTEAU ouvre le champ, pour 2020 probablement, à une suite plus scientifique du projet où les données relevées alimenteront des modèles d'écoulement en bassin versants que SNCF souhaite qualifier.

### 3.27 Circuits de voie SNCF Réseau

Les 2 objectifs du projet Circuit de Voie visant à détecter le phénomène de deshuntage sont :

- développant ou contribuant avec SNCF Innovation Recherche à développer des critères et des modèles permettant de détecter, en temps réel, l'apparition du phénomène
- implémentant dans un plusieurs boitiers PEGASE répartis sur plusieurs sites d'essais ces modèles et des indicateurs de comparaisons

Le premier objectif est partiellement atteint : 3 critères ont été développés et validés en simulation sur des jeux de données réel : 1 critère en puissance résiduel sur la bande spectrale de l'harmonique de rang 3, un critère de reconnaissance de forme spectrale typique en cas de mauvais shuntage, un critère statistique sur la composante RMS du signal résiduel. Des travaux futurs sont envisagées en 2020 pour aller plus loin dans la confrontation de ces modèles à des données réelles de terrain (dépouillement et analyse toujours en cours) et comparaison à d'autres systèmes de détection. La question du seuillage des critères fréquentiel doit être creusé.

Le deuxième objectif a été atteint : plusieurs boitiers PEGASE ont été réalisés, déployés et mis en oeuvre pour des phases ponctuelles ou durables de mesures du deshuntage y compris lors d'essais de deshuntage provoqué par des équipes SNCF. La poursuite éventuelle du projet en 2020 conduira SNCF à tester ses critères sur la deuxième référence utilisée par SNCF en matière de detection de train (Circuit de voie à impulsions ITE).

### 3.28 SURFFEOL et ses suites

Le projet régional SURFFEOL (SURveillance et Fiabilité des Fondations d'EOLiennes) porté par les Chantiers de l'Atlantique s'est terminé en décembre 2017. L'équipe SII a apporté différentes contributions au projet :

- étude et proposition d'une stratégie optimale de monitoring d'un champs d'éoliennes offshore
- essais en laboratoire de différents types de capteurs à fibre optique pour un suivi en fatigue
- développement d'un système de monitoring basé sur des jauges optiques et test en conditions réelles sur une bouée maritime

Afin de poursuivre l'expérimentation en mer, un nouveau pré-projet d'une durée de 2 ans avait été présenté à la région des Pays de Loire lors de la réception des livrables en mars 2018. Bien qu'elle ait donné un avis favorable, le dossier final du projet n'a cependant pas été déposé suite au retrait brutal et inexplicable de l'Université de Nantes en septembre 2018. De ce fait, l'expérimentation de l'instrumentation SII a pris fin. Malgré cela, plus de 6 mois de mesures ont pu être collectées et l'analyse de ces données a été réalisées dans le cadre d'un stage master 2 (de mars à août 2019, financé par le projet fédérateur ITE). Il est important de souligner que les jeux de données recueillis sont fortement «bruités» par les conditions environnementales sévères et changeantes du milieu marin. L'objectif du stage était de démontrer que malgré cela les méthodes SSI développées par l'équipe I4S restent opérationnelles et permettent d'en extraire une information sur l'évolution de l'état de la structure. Bien que bruités, les diagrammes de stabilité obtenus par SSI font clairement apparaître plusieurs fréquences caractéristiques qui diminuent assez lentement dans le temps. Cette diminution n'est pas corrélée aux variations des conditions environnementales. Il est possible qu'elle soit due à une augmentation de la masse de la bouée avec la croissance de la bio-colonisation. Cependant, cette hypothèse n'a pas pu être vérifiée. Par ailleurs, l'algorithme permettant d'extraire à partir des données brutes un indicateur globale de suivi de l'état de la structure n'a pas permis de mettre en évidence la baisse des fréquences observées avec les méthodes SSI. Cet algorithme ne semble donc pas adapté à cette application de monitoring de bouée où les données sont très polluées par diverses sources environnementales (température, houle, marnage, courant ...). Il sera de nouveau testé dans un cas plus favorable, avec des jeux de données provenant d'une éolienne terrestre (projet MUSIWIND).

### 3.29 MSM

La contribution de l'IFSTTAR a été de proposer un modèle d'intergiciel permettant l'interaction entre simulateurs travaillant sur des échelles différentes (temporelles, spatiales et celles des entités représentées). La thèse de Xavier Boulet, financée par le projet MSM est en cours de rédaction, avec soutenance dans les prochains mois.

### 3.30 Veolia Compteurs Eau (VEDIF 2)

Partenariat : IFSTTAR, Veolia, le Syndicat des Eaux d'Ile de France Contexte : projet visant à développer une plateforme d'analyse des données télé-relevées sur des compteurs d'eau en Ile de France (principalement sur le réseau du SEDIF). Une campagne d'installation de compteurs communicants opérée par Veolia, qui en cours depuis 2013, a en effet permis de générer de grandes quantités de données réparties dans le temps et dans l'espace. Le traitement de ces données avec des méthodes adaptées doit permettre d'en extraire de la connaissance utile à une exploitation optimale du réseau. Scientifique : Les avancées scientifiques de ce projet concernent le développement de nouveaux modèles statistiques et algorithmes pour l'analyse descriptive et prédictive de flux massifs de données. Ces travaux nous ont notamment permis d'objectiver les principaux usages (profils types de consommation) via des méthodes innovantes de classification fonctionnelle. Les travaux en cours visent à prévoir les habitudes futures de consommation d'eau et à détecter des changements dans celles-ci. Production : Deux revues de rang A ont été produites dans le cadre de ce projet, ainsi que plusieurs publications dans des congrès nationaux et internationaux. Ces travaux ont aussi conduit à développer un outil logiciel d'analyse de relevés de consommation d'eau développé sous Matlab. Ce travail fait également l'objet d'une thèse (Milad Leyli-Abadi, 2017-2019). Suite envisagée : montage projet ANR sur la campagne 2019/2020

### 3.31 gFlowiz

Il s'agit d'un projet autour de la visualisation des données de flux <http://37.187.79.5/gflowiz/>. Les éléments de sortie principaux du projet sont : i) l'organisation d'une journée de workshop international sur le campus en décembre dernier <https://gflowizworkshop.sciencesconf.org/>, ii) le lancement après des travaux préliminaires du développement d'une application de visualisation de donnée de flux en ligne (Thomas Bapaume, E. Come). Une première version de l'application est disponible <http://vlss-tats.ifsttar.fr/gflowiz/>. Un déploiement sur une url définitive est à l'étude. Deux communications ont été acceptées sur ce projet, et une journée autour de ces questions sera animée durant la conférence sageo 2019 <https://sageo2019.irstea.fr>

### 3.32 MESSIGEO

Output : production d'un guide sur la simulation dynamique du trafic.

L'action de recherche Messigeo, conjointe entre le Cerema et l'Ifsttar, commencée en 2015, a couvert plusieurs thématiques dans un objectif commun d'amélioration du système de transports : en faciliter l'usage, en maîtriser les impacts sur la pollution et les temps de parcours par une optimisation de son fonctionnement et le développement d'outils d'évaluation a priori et a posteriori.

Ce partenariat permet de travailler en commun et de publier sur les sujets suivants :

- Modélisation dynamique et évaluation des stratégies de régulation déployées sur les autoroutes périurbaines, y compris avec une part de connectivité entre certains véhicules et l'infrastructure ;
- Calculs d'itinéraires optimum, intégrant les différents modes possibles : marche à pied, vélo (y compris partagés), transports collectifs : urbains ou interurbains, ferrés ou non ; enfin la voiture, qu'il s'agisse de véhicules partagés ou non ;
- Analyse conjointe de données de pollution et de trafic et modélisation de la chaîne trafic-émission permettant d'utiliser différentes échelles.

Outre l'amélioration des outils et des méthodes, cette collaboration favorise pour l'Ifsttar une plus grande proximité avec les sujets opérationnels traités par le Cerema d'une part ; pour le Cerema un meilleur lien avec la recherche et les avancées internationales d'autre part.

### **3.33 SGP Monitoring ligne 15 : Recherche sur le dimensionnement d'intersections d'ouvrage souterrains**

L'IFSTTAR a instrumenté par fibres optiques quatre parois moulées de l'ouvrage OA13 Ile Monsieur. Comme chacune de ces parois mesure 60 mètres de haut, plus de 1000m de fibre ont été nécessaires pour réaliser cette instrumentation. Les déformations subies par ces fibres au cours des opérations de terrassement à l'intérieur de l'enceinte constituée par les parois ont été mesurées pendant une durée de 10 mois.

La campagne de mesure a été conduite afin d'étudier le comportement de quatre parois moulées de l'ouvrage OA13 Ile Monsieur. Cette campagne a débuté par l'installation de douze câbles à fibres optiques de mesure de déformation sur les cages d'armatures des parois moulées étudiées. Par la suite deux fibres ont été endommagées lors du transport et un aléa de chantier a nécessité de lourdes réparations du système de mesure. Ceci c'est traduit par une perte de longueur de fibre interrogeable, des prises de mesure plus longues et la nécessité de développer des méthodes de mesure de traitement de données originales et plus complexes et longues à mettre en œuvre que celle habituellement utilisées.

Cette campagne expérimentale a montré qu'une instrumentation par fibre permet de fournir un profil de déformation continu, cohérent avec l'avancement du chantier et qui permet d'évaluer la compression orthoradiale de la paroi.

### **3.34 Modélisation de l'éblouissement d'inconfort en situation de déplacement (thèse ITPE)**

La thèse de Joffrey Girard, à soutenir en 2019, a permis de développer un modèle d'éblouissement d'inconfort dû à scène d'éclairage extérieur (public ou automobile) composée de plusieurs sources en mouvement dans le champ de vision de l'observateur. Pour cela, des données ont été collectées au moyen de sept expérimentations psycho-visuelles en laboratoire, impliquant à chaque fois entre 30 et 40 participants. Un premier résultat a été de montrer que l'inter-distance entre des sources lumineuses (dans une gamme de valeurs correspondant à l'éclairage extérieur) n'a pas d'effet sur le niveau d'inconfort. Un résultat similaire a été obtenu concernant la variation temporelle périodique (pour une fréquence  $< 3$  Hz) des caractéristiques d'une source lumineuse. A partir de ces résultats, des formules ont été proposées pour prédire les caractéristiques d'une source statique équivalente, en termes d'inconfort, à une source dynamique ou à plusieurs sources statiques allumées simultanément. Finalement, un modèle complet est proposé, qui prédit la distribution de probabilité des niveaux d'inconfort pour un ensemble de sources lumineuses en mouvement. Cette thèse aborde l'éblouissement d'inconfort de façon innovante en étudiant notamment l'aspect dynamique très peu traité dans la littérature (les modèles existants font tous l'hypothèse de situations statiques) et en proposant des protocoles et des approches nouvelles de la question. Une partie des travaux ont fait l'objet d'un article accepté dans une revue de rang A à comité de lecture en 2018, d'autres articles seront rédigés en 2019 et 2020.

### **3.35 VEDECOM**

Maxime Redondin, doctorant Vedecom encadré par Dimitri Daucher (LEPSIS) et dirigé par Laurent Bouillaut (GRETTIA), a soutenu sa thèse le 13 décembre 2018. Le travail de recherche, qui portait sur les approches de classification à partir de données fortement censurées pour l'analyse de fiabilité et la définition de stratégies de maintenance, appliquées aux marquages routiers dans un contexte de véhicules autonomes, a débouché sur une méthode de classification ascendante hiérarchique pour décomposer un itinéraire en clusters géographiquement localisés et corrélés à des situations précises constituant des

zones stratégiques de maintenance, et sur un algorithme permettant d'établir une loi de survie des marquages par une analyse de Weibull. Ces résultats ont conduit à suggérer des stratégies de maintenance adaptées aux pratiques de ce secteur industriel.

### **3.36 Thèse Cifre SNCF «Optimisation du plan transport »**

Cette thèse aborde l'intégration des problèmes de conception des lignes («Line Planning») et celui de la conception des grilles horaires («Timetabling») avec une meilleure prise en compte de la demande des passagers. Dans cette perspective l'élasticité de la demande a été intégrée à une résolution bi-objectif (temps de parcours, coût) du problème de Line Planning. Le traitement du problème de Line Planning est connecté à une formulation du Timetabling qui intègre le "routage" des passagers à partir des matrices OD désagrégées utilisées dans la précédente étape. Enfin, une décomposition de type Benders a été proposée et testée pour traiter l'intégration de la résolution des deux problèmes. Les algorithmes développés ont fait l'objet d'un prototype d'outil qui est en phase d'industrialisation pour SNCF Transilien qui exploite le réseau de l'Île-de-France.

### **3.37 OptiYard - Open call Shift2Rail H2020**

Le projet OptiYard étudie la gestion des trains de fret dans les gares de triage. Notamment, lors qu'un train atteint une de ces gares, il est souvent soumis à un certain nombre d'opérations qui dépendent du train, de sa gare d'origine et des destinations des différents wagons qui le composent. Par exemple, tous les wagons d'un train peuvent être désattelés puis regroupés afin de former de nouveaux trains qui seront envoyés sur différentes destinations. De plus, les départs des trains d'une gare de triage doivent être cohérents avec la capacité disponible dans le réseau ferroviaire et la grille horaire planifiée. OptiYard a produit un prototype d'outil d'aide à la décision pour faciliter la tâche des gestionnaires de gares de triage dans les choix relatifs à ces opérations, comme le routage des trains et des wagons, l'ordonnement des opérations et leur instant de début, la libération des trains au départ. Le prototype s'appuie sur l'interaction de deux modules : un module d'optimisation chargé de calculer des décisions optimales au regard de certains critères et un module de simulation qui émule de l'évolution de la situation à l'intérieur de la gare de triage à la suite de la mise en œuvre des décisions optimales. Les deux modules considèrent une modélisation du trafic et des gares qui a été conçue pendant le projet sur la base de deux cas d'études : un en Italie et un en République tchèque. Le module d'optimisation a été conçu à l'IFSTTAR pendant le projet.

### **3.38 SYSAUTO**

L'objectif initial de la recherche concernait la conception et le développement de nouveaux algorithmes et outils pour la gestion du trafic ferroviaire modélisé comme système autonome, tenant compte à la fois de l'automatisation et de l'optimisation du trafic.

Le travail a démarré avec la collaboration d'une stagiaire de l'Università di Camerino (Italie) en visite à Villeneuve d'Ascq pour 6 mois en 2018 à l'aide d'une bourse de spécialisation après son master. Le résultat de ce stage est une intéressante review de l'état de l'art sur les méthodes pour la prise de décision dans un système décentralisée. La review fait l'objet d'un article de conférence indexé sur CPCI (Conference Proceedings Citation Index) (IJTTE 2018) et une version a été envoyée à une revue. Une collaboration ultérieure sur le sujet est née avec SNCF - Innovation & Recherche : un stage de master a été co-encadré pour tenter une première modélisation et le développement d'un simulateur pour montrer la faisabilité du concept. Les résultats ont montré cette faisabilité et seront résumés dans un article de conférence. Néanmoins, beaucoup de travail reste à faire pour valider le concept. Ce travail sera normalement poursuivi dans le cadre d'une thèse CIFRE avec SNCF - Innovation & Recherche qui est en négociation. La thèse ira même plus loin, en traitant de ce que SNCF appelle Hyper-regulation : un nouveau modèle d'exploitation pour une couverture territoriale combinant rail et route pour optimiser les temps de parcours. Les conclusions principales de la recherche de ces années sont :

- le concept générique de système décentralisé est probablement plus simple à communiquer plutôt que celui de système autonome pour la modélisation de la gestion du trafic ferroviaire. Ce changement n'exclut pas l'utilisation de certains concepts développés dans le cadre des systèmes autonomes dans le développement des modèles ;
- la nouvelle modélisation de la gestion du trafic ferroviaire décentralisé mérite d'être explorée, quelques acteurs du monde académique et industriel commencent à s'intéresser au sujet mais aucun travail effectif n'a démarré pour le moment.

## Ferroviaire hors Railenium

### 3.39 ERSAT GGC

ERSAT GGC se termine en novembre 2019. L'Ifsttar a contribué essentiellement aux WP3 et 4 – ESTAS dans le 3, LEOST dans le 4.

Le WP4 consiste à mettre en œuvre une méthode de caractérisation de la ligne ferroviaire en terme de réception des signaux GNSS. Il s'agit de détecter les zones à forte probabilité de masquages, multitrajets ou interférences. Dans cette méthodologie, la contribution a porté plus spécifiquement sur le développement d'une méthode de détection des événements redoutés en surveillant le rapport signal à bruit des signaux reçus. Les chercheurs se sont inspirés de méthodes appliquées jusqu'ici sur des mesures statiques utilisant les signaux reçus sur deux fréquences GNSS et en caractérisant la différence de rapport signal à bruit entre ces deux fréquences. Ce travail a nécessité des étapes de calibration et de définition de seuils (papier en cours de rédaction).

En parallèle, les chercheurs ont continué à développer PREDISSAT pour réaliser une détection des signaux NLOS par vision. Une campagne d'acquisition a été réalisée sur une ligne en Espagne en mai.

Toutes les détections (celle de l'IFSTTAR et celles du DLR, de Radiolabs, INECO...) sont ensuite utilisées dans un processus de détection pour décider de l'opportunité d'utiliser le concept de balise virtuelle (avec GNSS) le long de la voie. Celle-ci sera découpée en zones caractéristiques.

### 3.40 EVEREST

Objectif : Le projet EVEREST vise à permettre au STRMTG -Services Techniques des Remontées Mécaniques et Transports Guidés-, rattaché à la DGITM du MTES, sous ses attributions d'autorité publique de contrôle pour les remontées mécaniques installées sur le territoire français, d'estimer la capacité des systèmes à base d'analyse d'images à assurer des fonctions d'aide à l'exploitation, de surveillance, voire de dispositifs de sécurité : 2948 installations exploitées par les adhérents de DSF (888 télésièges) ; 573 millions de passages pour la saison 2017/2018 ; 24 victimes (blessés graves) sur télésièges en 2017/2018 ; 21 accidents où le comportement de l'utilisateur est en cause.

Le projet se focalise sur la détection de 3 types de comportements à risques : présence d'un usager après débarquement ; garde-corps non abaissé après embarquement ; Mauvais positionnement d'un usager après embarquement.

Résultats majeurs :

- Création d'une base de données vidéos (BdV) de 96 heures de comportements à risques des usagers et acquise sur trois domaines skiables français avec des points de vues différents (aucune base de ce type existe à ce jour).
- Annotation manuelle de la BdV par 6 experts soit 10 millions d'images annotées (sert de référence pour les candidats qui vont développer/optimiser des algorithmes de détection et pour l'évaluation à l'aveugle des solutions proposées).
- Développement d'un outil semi-automatique d'annotation de comportements à risques (outils de la littérature inadaptés VS outil développé qui est simple d'utilisation, flexible, multi-plateforme, optimisé pour l'annotation de cette importante BdV et l'anonymisation de certains usagers/lieux).

- Développement d'un module suivi de visage (cf. image de droite) intégré à l'outil. Les performances sur une première séquence test par rapport à l'état de l'art sont : IoU (Vue face) = 76% VS 77% (MOTLD) ; IoU (Vue 34) = 70% VS 35% ; IoU (Vue profil) = 80% VS 60% (CAMshift).
- Présentations/publications associées : JTD-RST 2016, GDR-ISIS 2017, JTD-RST 2019 (commutation sur le projet) + conférence internationale IPAS'18 et conférence nationale GRETSI'19 (publications sur l'outil d'annotation développé).

A venir en 2020 : Mise à disposition de la BdV ; Organisation du workshop (17-18/09/2020) ; Evaluation des solutions proposées par les candidats à l'évaluation avec restitution des résultats lors du workshop.