

I-Street Hermes (module 6) Heterogeneous, Extensive Road Monitoring and Evaluation System

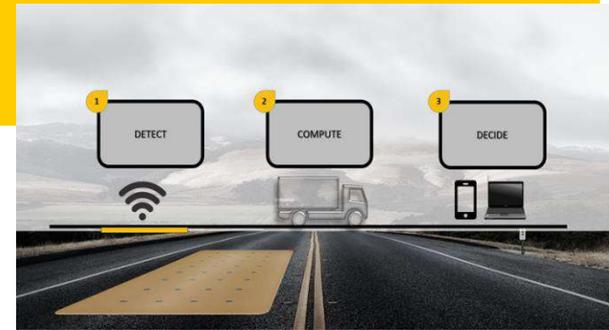
Stéphane Baudelocq, Cécile Bécarie, Nicolas Hautière,
Rihab Jerbi, Sara Moukir, Franziska Schmidt, Cécile
Villette, Dmitry Zakharov

Plan

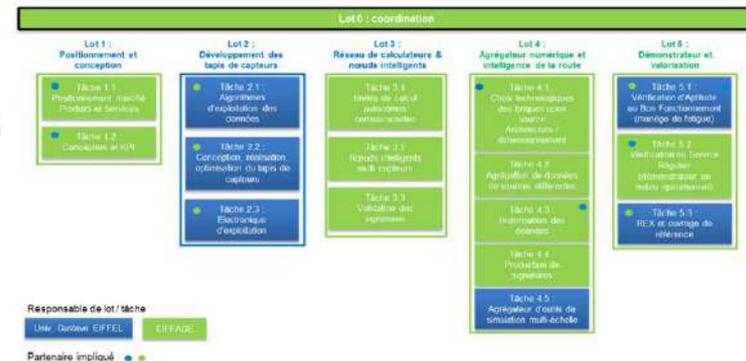
- **Introduction, objectifs du projet,**
- **Etude de marché, perspectives économiques,**
- **Développement d'un tapis de capteurs,**
- **Test d'autres capteurs, agrégation de données,**
- **Connecteur au simulateur de trafic, extraction d'indicateurs,**
- **Conclusion.**

INTRODUCTION, OBJECTIFS DU PROJET

Objectifs HERMES



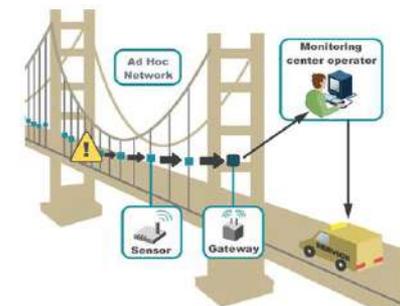
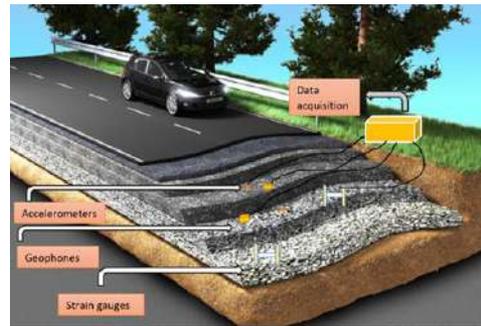
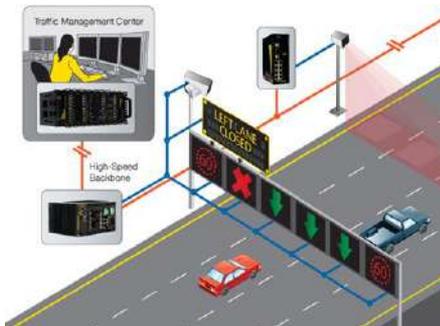
- Collecte massive de données d'exploitation et de maintenance des chaussées par mise en place de rubans de nanocapteurs autonomes ;
- Transfert de ces données vers des unités de bords de route (réseaux d'unités de calcul) ;
- Intégration et traitement des données en open data par mise en œuvre d'un agrégateur numérique conçu pour être interopérable avec les autres capteurs et données du marché ;
- Valorisation et synthèse des données collectées grâce à une plateforme logicielle multimodale et ergonomique (gestion associée du patrimoine éclairage et voirie).



ETUDE DE MARCHÉ, PERSPECTIVES ÉCONOMIQUES

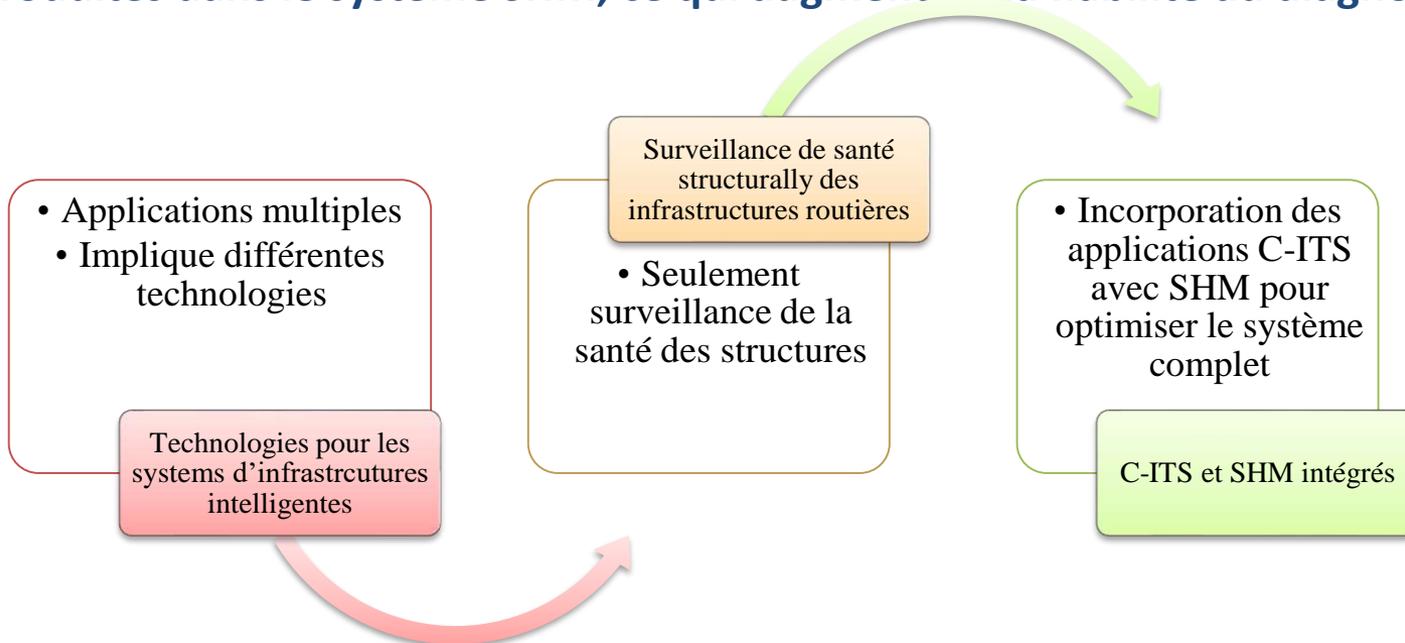
Systemes SHM et C-ITS intégrés

- **Systemes de surveillance de la santé des structures**
 - Infrastructures routieres: Mesure de la deflexion globale, des deformations, du niveau d'humidite et de la temperature du revetement bitumineux pour identifier la capacite de charge,
 - Ponts: Mesure des vibrations et de la capacite structurelle pour identifier les points de defaillance potentiels,
- **Systemes de transport intelligents cooperatifs**
 - Systemes intelligents pour la surveillance et la gestion du trafic
 - Technologie du pesage en marche
 - Radars et cameras
 - Capteurs dans les vehicules
 - Telecommunications V2X



Systemes SHM et C-ITS intégrés

- Optimisation de l'efficacité des deux systèmes,
- Réduction du coût par rapport à la mise en œuvre de SHM et ITS autonomes,
- Surveillance de la structure + variation des conditions de circulation (vitesse du trafic, positions ou caractéristiques des véhicules),
- Les données de trafic en temps réel recueillies par les dispositifs ITS peuvent être introduites dans le système SHM, ce qui augmentera la fiabilité du diagnostic.



Systemes SHM et C-ITS intégrés

- Travaux dans HERMES: mise en évidence des éléments de base de la surveillance de l'état des structures et des infrastructures de transport intelligentes (ITS) + mise en avant des limites des cas d'utilisation unique de systèmes autonomes.
- Il n'y a pas de modèle éco lorsqu'il s'agit de la surveillance de la santé des structures, ce qui explique pourquoi une grande partie de la recherche ne parvient pas à se transformer en applications pratiques à grande échelle.
- Dans les infrastructures de transport, l'absence de flux de données importants et le manque de validation sur des structures réelles expliquent le peu d'intérêt porté à ces projets.
- Le SHM avec une surveillance plus localisée est limitée à certaines zones et se concentre sur les dommages localisés.
- Le C-ITS a le potentiel de produire de grandes données sur le trafic, mais les services actuels ne prennent pas en compte la gestion des actifs.
- L'intégration réussie des STI et de la SHM constituerait donc une avancée majeure pour les infrastructures de transport. Par conséquent, il est nécessaire de disposer d'un cadre pour l'évaluation et la mise en œuvre de projets intégrés de STI et de SHM à l'avenir.

Référence : *Bahrani, N., Schmidt, F., Hautière, N. A comprehensive study and outlook on Integrated structural health monitoring and C-Intelligent Transport System for pavement Condition assessment. TRA 2022, Lisbonne Portugal*

DÉVELOPPEMENT D'UN TAPIS DE CAPTEURS

Développement d'un tapis de capteurs : Présentation INTRACK



1

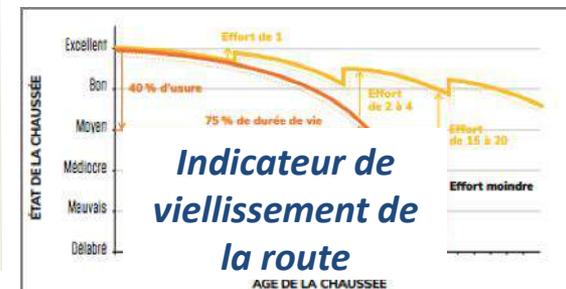
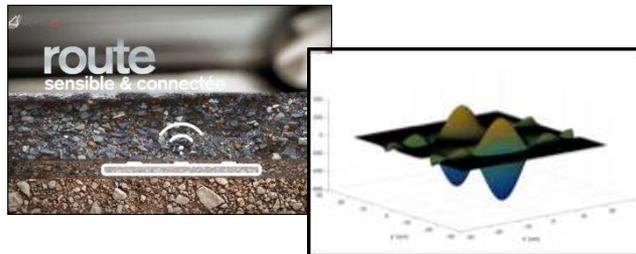
DETECTION
Nano capteurs
Architecture IoT

2

CALCUL
Machine Learning
IA

3

DECISION
Tracer, facturer, notifier,
alerter...



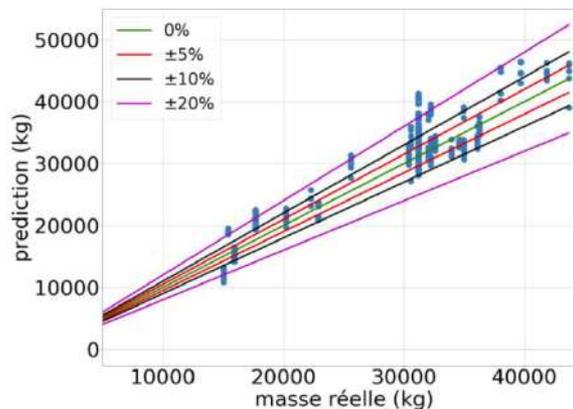
- INTRACK un tapis de capteurs fin et invisible
- Il s'insère sous la première couche de la route
- Il mesure les déformations latérales de la route

- Les données mesurées sont envoyées directement à la plateforme cloud pour faire les calculs nécessaires sur le trafic ou l'état de santé de la route

Intrack - évaluation de surcharge en accès pont



- Déploiement expérimental sur route privée
- Validation expérimentale réussie :
 - capacité de classifier et compter les véhicules par type
 - détection de 80% des surcharges à vitesse normale
 - précision moyenne sur le poids des camions: $\pm 9\%$
- Prochaine étape: installation planifiée en entrée de pont
 - maintenance préventive du pont grâce au suivi des surcharges
 - contrôle d'accès des camions par le poids



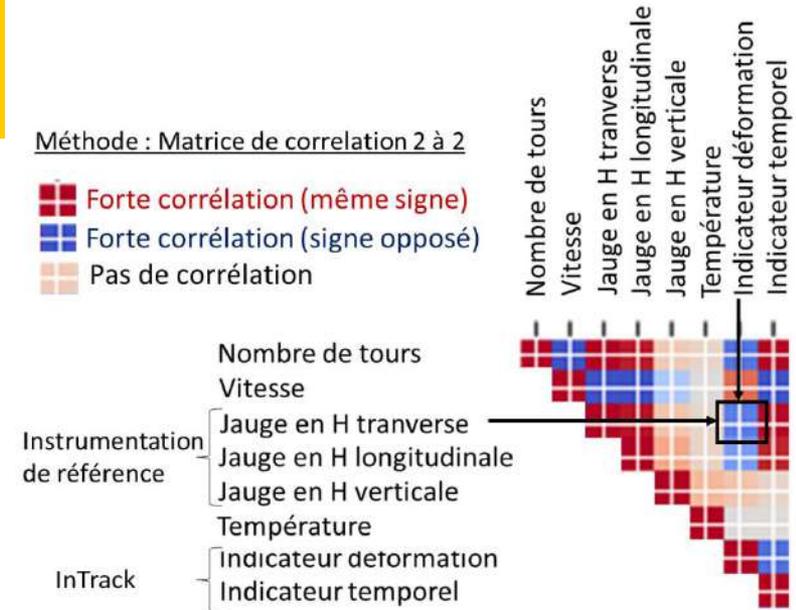
- Mesure de poids total et poids par roue
- A vitesse normale sur route ouverte (50km/h en moyenne)

Intrack - suivi du vieillissement

- Déploiement au manège de fatigue Univ Eiffel : 1 million de passages (250k tours)
- Instrumentation “conventionnelle”: jauges de déformation
 - les déformations augmentent avec le nombre de passages
 - mais pas d’information sur trajectoire et chargement
- Par comparaison aux jauges en H, l’Intrack fournit
 - 2 indicateurs de vieillissement
 - chargement et trajectoire
- Prochaine étape : Démonstrateur maintenance prédictive avec optimisation des coûts

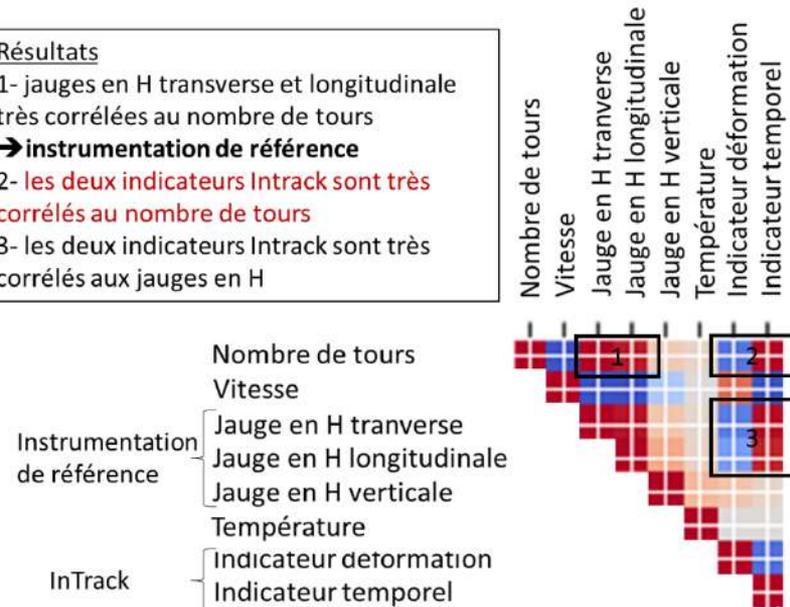
Méthode : Matrice de corrélation 2 à 2

- Forte corrélation (même signe)
- Forte corrélation (signe opposé)
- Pas de corrélation



Résultats

- 1- jauges en H transverse et longitudinale très corrélées au nombre de tours
→ instrumentation de référence
- 2- les deux indicateurs Intrack sont très corrélés au nombre de tours
- 3- les deux indicateurs Intrack sont très corrélés aux jauges en H



TEST D'AUTRES CAPTEURS, AGRÉGATION DE DONNÉES

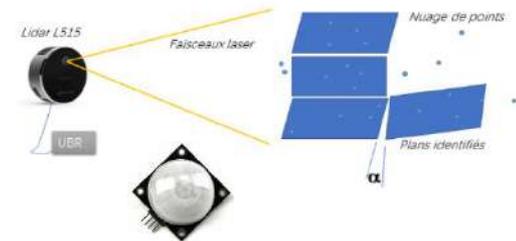
Autres capteurs du système route testés et intégrés

- **Diverses gammes de capteurs**

- Réseau de Bragg
- Capteurs environnementaux
- Capteurs vidéo, Lidar, PIR

- **Objectifs visés**

- Fréquentation & conditions d'utilisation des infrastructures
- Usure des enrobés en surface selon classification
- Pesage dynamique & vitesse
- Positionnement essieux / sécurité



Agrégateur de données : pour une métrologie de la Route

- Réseaux capteurs & UBR (edge computing)
- Collecte des données pertinentes
- Agrégation et historisation
- Outils d'analyse statistique et prédictive
 - Usages
 - Infrastructures
- Dashboard exploitant / mainteneur route

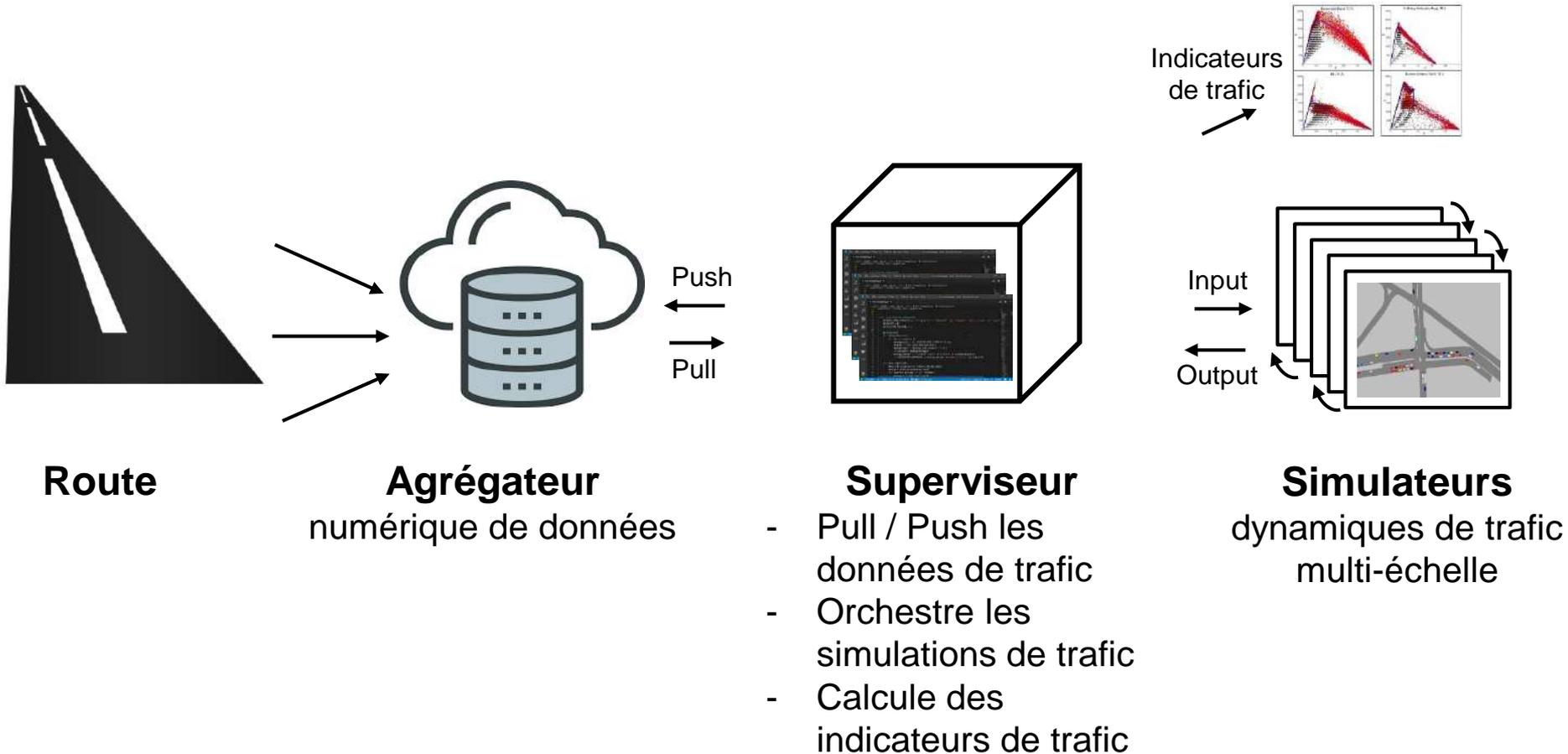


CONNECTEUR AU SIMULATEUR DE TRAFIC, EXTRACTION

Architecture modulaire et évolutive

- **Multi-sources, multi-capteurs**
- **Multi-traitement sur UC réparties**
- **Garantie de stabilité : interfaces techniques ouvertes et maîtrisées**
- **Intégration facilitée des solutions et capteurs nouveaux ou futurs**

Synoptique de la chaîne de modélisation



Conceptualisation des données de trafic issues d'observations ou simulées

Définition du modèle **Traffic Data Model**:

- ➔ Modélisation des données de trafic
 - Observations
 - Données filtrées
 - Données simulées

- ➔ Modélisation des sources des données de trafic
 - Capteurs
 - Simulateurs

- ➔ Modélisation du graphe routier

- ➔ Conception des interfaces des modèles



***Extension du framework
open source SYMUPY***

<https://github.com/licit-lab/symupy>



CONCLUSION

Conclusion : synthèse des travaux et perspectives

- Etude de marchés, analyse de perspectives économiques -> Business Plan soumis à l'Ademe,
- Développement d'une brique capteurs,
- Test de capteurs low cost existants, et fusion de données,
- Connexion avec simulateurs de trafic,
- Test sur le manège de fatigue des chaussées,
- Possibilité d'un démonstrateur en site réel ?

Merci de votre attention

Eiffage Energie & Univ Eiffel

Stéphane Baudelocq & Franziska Schmidt

Stephane.baudelocq@eiffage.fr & franziska.schmidt@univ-eiffel.fr