

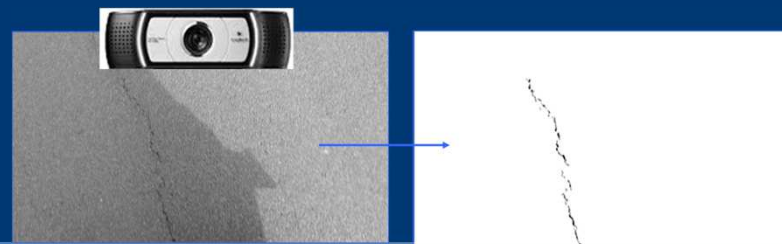
Restitution des résultats de l'ORSI « DEDIR » du Dimensionnement à l'Entretien Durable des Infrastructures Routières IFSTTAR Nantes - 17 mai 2018



Auscultation simplifiée et automatisée (sujet 3 de l'opération)

Jean-Marc MARTIN – Ifsttar

Avec le concours de F. Menant et D. Meignen



Plan

1. Contexte
2. Les nouveaux outils
3. Perspectives

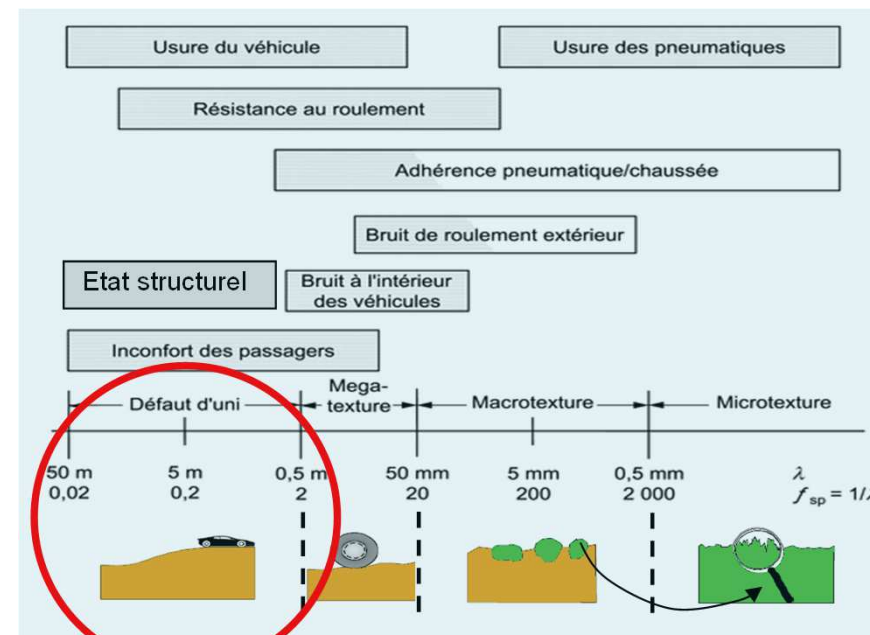
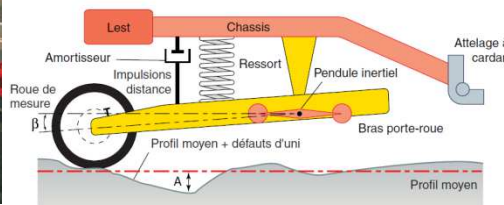
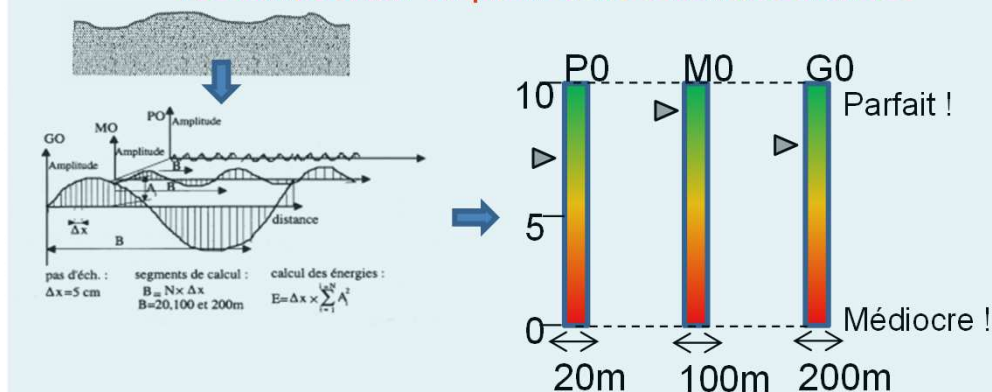
1. Contexte

- **Forte attente en matière d'auscultation de premier niveau, économique et simplifiée**
 - soit dans le cadre d'une aide à la réalisation des travaux
 - soit dans le cadre du suivi de réseau non ausculté habituellement
 - soit en complément voire en remplacement des outils existants
- **Des appareils traditionnels pas toujours adaptés au besoin**
 - utilisation non compatible sur tous les types de réseaux (ex : réseau secondaire)
 - coût élevé de mesure et d'exploitation
 - procédures d'exploitation et d'alimentation des bases de données parfois fastidieuses
 - renouvellement onéreux (appareils > 100 K€), donc limité
- **Deux exemples de développements récents qui vont dans ce sens**
 - l'UniBox : appareil de mesure de l'uni longitudinal basé sur le principe d'un appareil existant mais avec des capteurs « à faible coût »
 - MIRANDA : démonstrateur de mesures routières par véhicules traceurs et d'exploitation automatisée des données (indicateurs d'uni dans un premier temps)
- **Un besoin d'évaluation sommaire et automatique de la fissuration sur le petit réseau**
 - Premiers essais et résultats

1. Rappels sur la mesure d'uni longitudinal



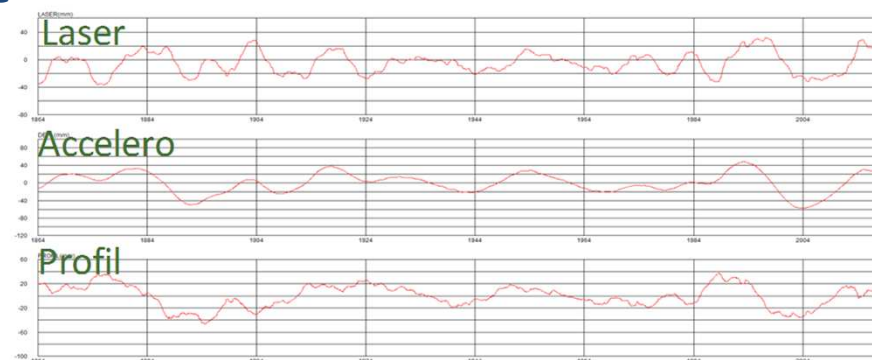
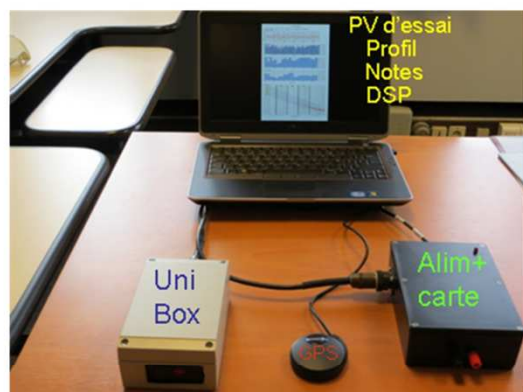
Décomposition du profil dans 3 bandes d'ondes



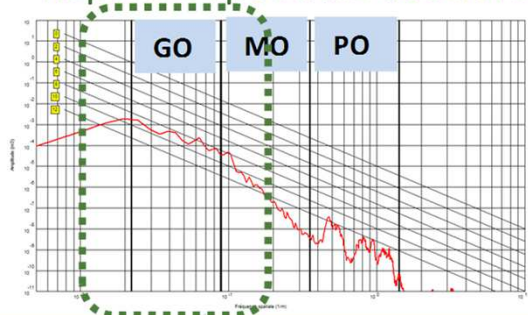
- Réception couche de roulement après travaux (APL)
- Evaluation de réseau principal (APL, MLPL)
- Exploités par le CEREMA et quelques sociétés privées
- Coût : > 100 k€

2-1. L'UniBox : un nouvel outil de mesure de l'uni longitudinal

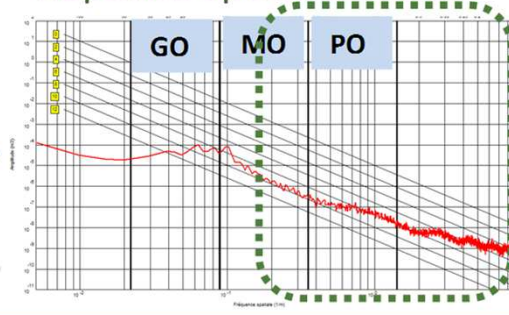
- Un outil économique de mesure du profil en long : 12 k€ le monotrace, 20 k€ le bitrace
 - Basé sur le principe du MLPL (combinaison accéléromètre + laser)
 - Equipé de capteurs à bas coût suffisamment précis pour la mesure d'uni (précautions en PO)
 - Equipé d'un petit récepteur GPS (géolocalisation + fonction distance)
 - Optionnellement doté d'une webcam pour filmer l'environnement routier
 - Associable à tout type de véhicule



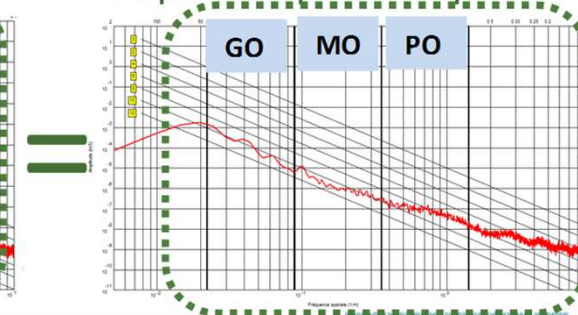
Réponse spectrale accéléro



Réponse spectrale laser



Réponse spectrale profil



2-1. L'UniBox : un nouvel outil de mesure de l'uni longitudinal

- **Vérifications métrologiques sur banc de vibration**
 - Comparer les réponses des capteurs à celles de capteurs de référence pour des défauts de longueurs d'ondes : $0.2 < \lambda < 200$ m
 - Tester les capteurs à partir de signaux « route » simulant des défauts réalistes
 - Mettre au point et tester les algorithmes de reconstitution de profil

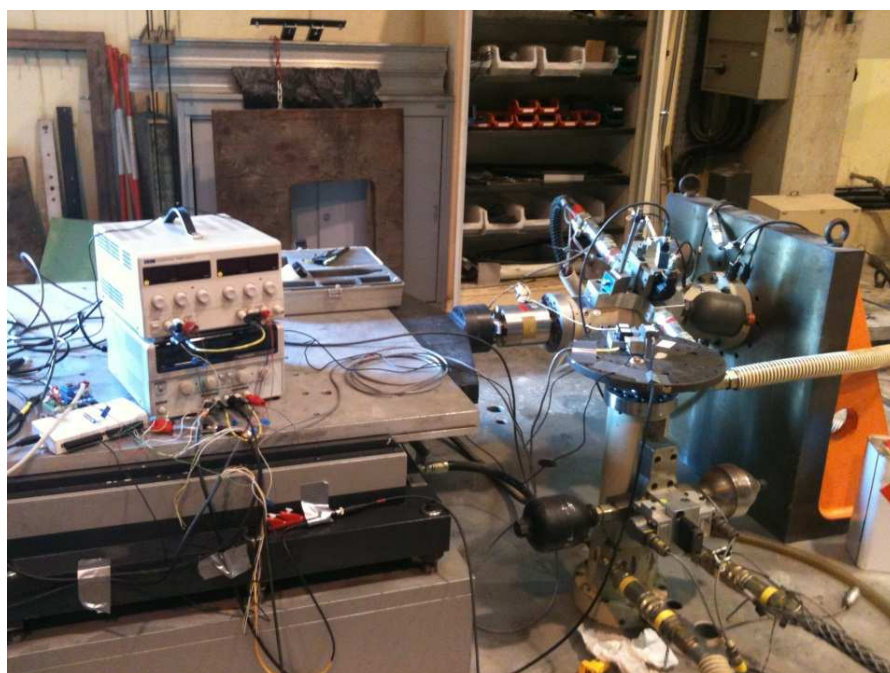
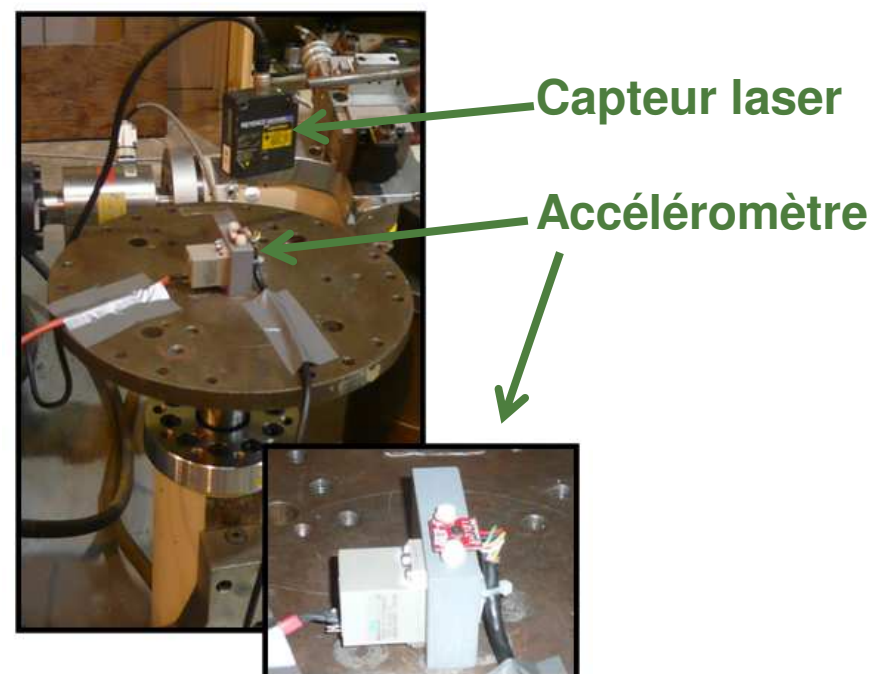
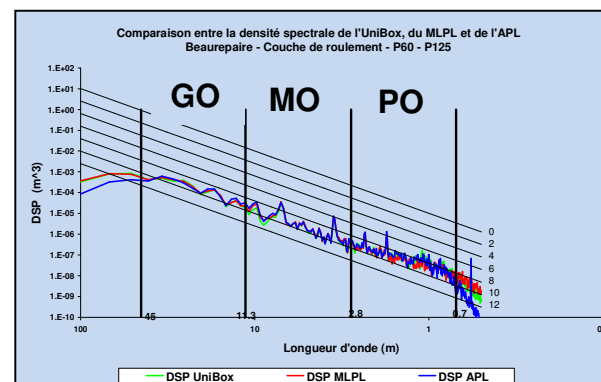
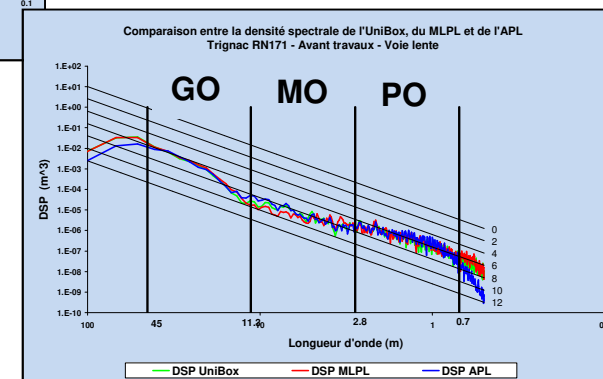
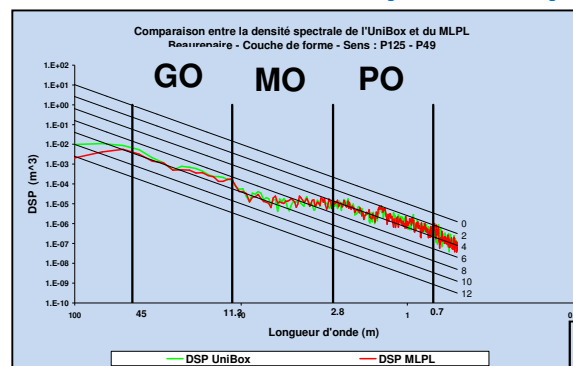


Table vibrante



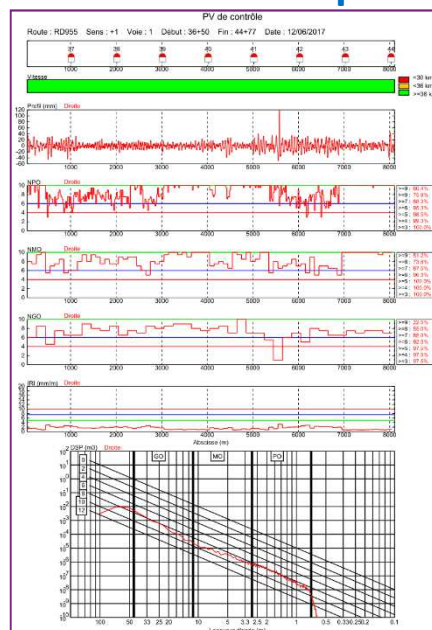
2-1. L'UniBox : un nouvel outil de mesure de l'uni longitudinal







- Qualification sur différentes couches de chaussée par comparaison au MLPL et APL

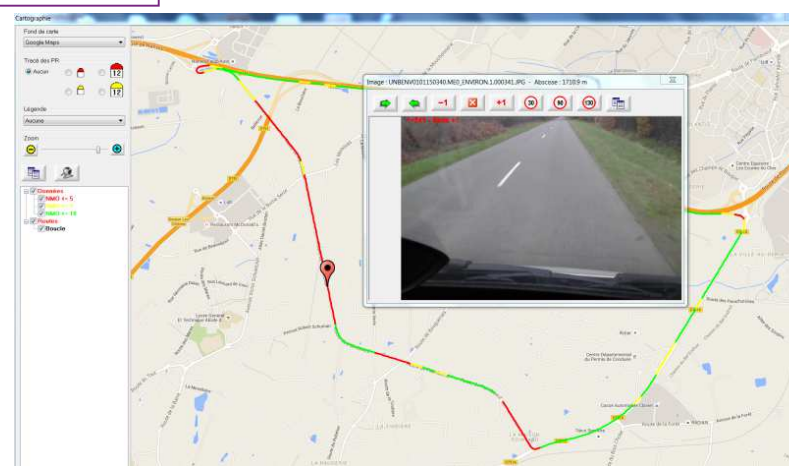
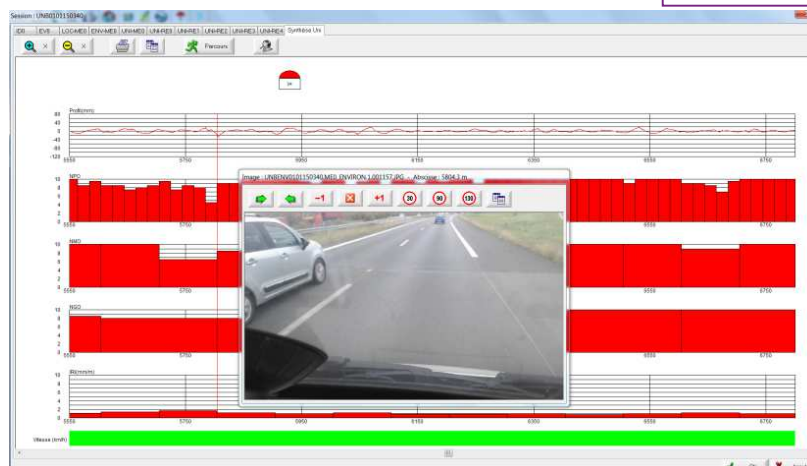


2-1. L'UniBox : un nouvel outil de mesure de l'uni longitudinal

- Exploitation automatique des mesures et disponibles à l'issue de la mesure



 Profil
 PO
 MO
 GO
 IRI
 DSP



2-1. L'UniBox : un nouvel outil de mesure de l'uni longitudinal

- Appareil qualifié en 2015 au même titre que tous les appareils d'auscultation MLPC
- Mise à disposition du prototype pendant six mois pour manifestation d'intérêt auprès des entreprises de TP et du Cerema (fin 2015)
 - Auto contrôle sur chantier de construction (ex: doublement de l'A9)
 - Auto contrôle sur chantier d'entretien (ex: renouvellement CR de l'A10)
 - Evaluation de réseau (zone d'action du labo d'Aix)
- Appareil diffusé par les sociétés Vectra et Logiroad (> 20 ex.)
- Domaines d'application actuels de l'outil
 - *Sur CR neuve, ne vise pas à remplacer l'APL pour la réception du chantier*
 - *Attention à ne pas opposer les résultats UniBox à ceux de l'APL*
 - Très utile en auto contrôle pour les entreprises
 - Adapté au suivi de réseau notamment secondaire
 - Mesure sur plateforme routière où l'APL n'est parfois pas adapté
 - Adapté aux mesures en urbain : plateforme tramway, busway, métro
 - Alternative au Bump Integrator pour la mesure de l'IRI
 - Exploitable par le logiciel d'exploitation standard « APL 2015 »
- Rédaction prévue d'une note de positionnement de l'UniBox vis à vis de l'APL (domaines d'application, précautions d'emploi, différences observées, ...) basée sur tous les retours terrains et divers essais comparatifs menées par les utilisateurs

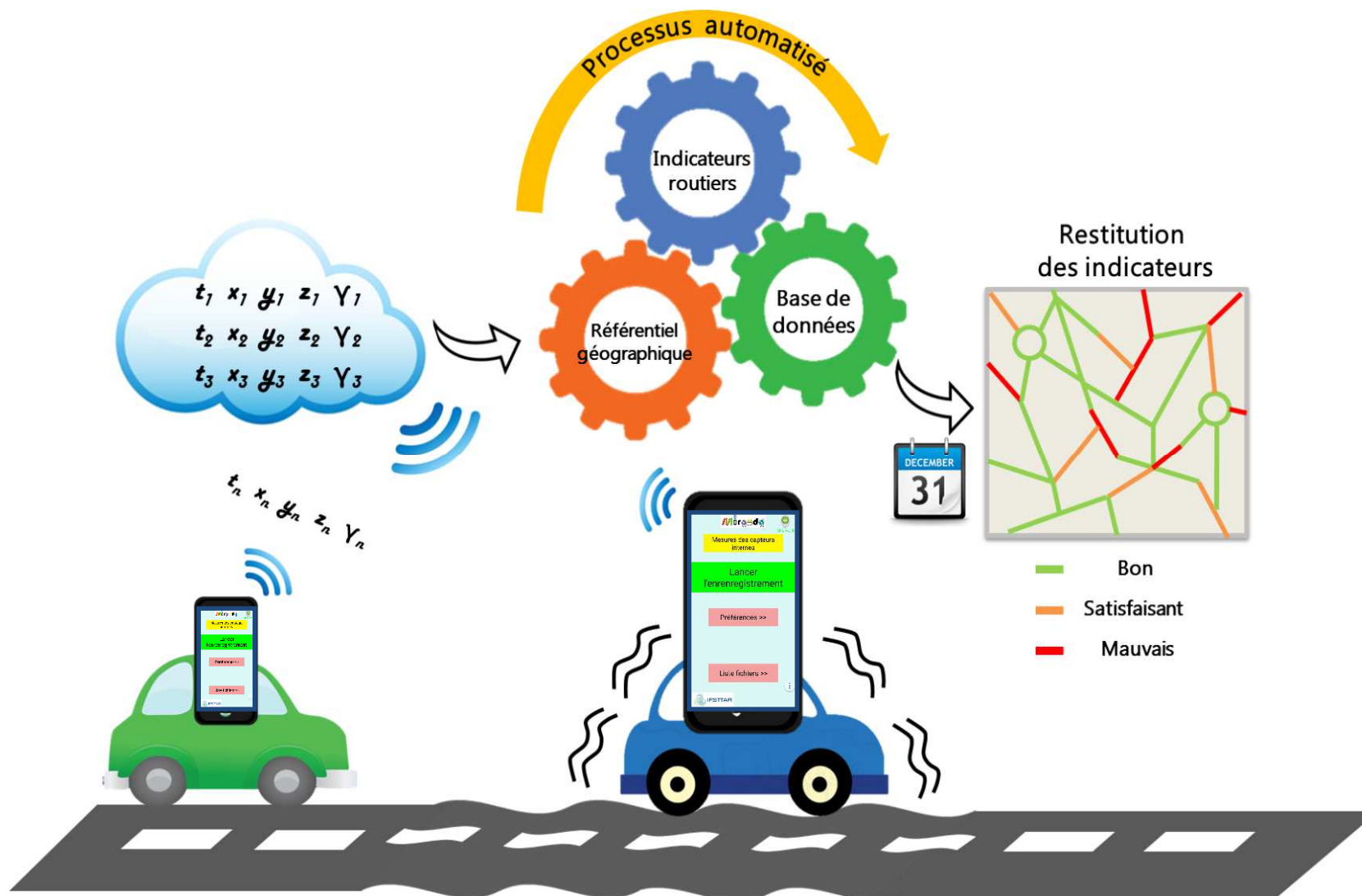


2-2. Miranda : **M**esure d'**I**ndicateurs **R**outiers par **A**ppareils **N**omades **D**'Auscultation

- Un nouveau concept d'auscultation et d'exploitation automatisées
 - Attente forte en matière d'auscultation économique de premier niveau sur le réseau non structurant (route de desserte locale, route d'intérêt cantonal, ...)
 - Souhait de valoriser les flottes de véhicules (patrouilleurs, cars, parc auto...) en les équipant d'outils simplifiés nécessitant peu d'intervention de l'utilisateur (capteurs des smartphones et éventuellement des capteurs annexes)
 - La répétition des passages sur un même réseau permet un suivi fréquent et apporte de la robustesse aux indicateurs et à leur évolution dans le temps
 - L'automatisation de la phase d'exploitation des données permet une consultation rapide et aisée des indicateurs pertinents (autonomie du gestionnaire de réseaux)
 - Contribution à l'aide à la gestion de l'entretien du réseau (priorité, type d'entretien)

2-2. Miranda : Mesure d'Indicateurs Routiers par Appareils Nomades D'Auscultation

- Illustration du démonstrateur

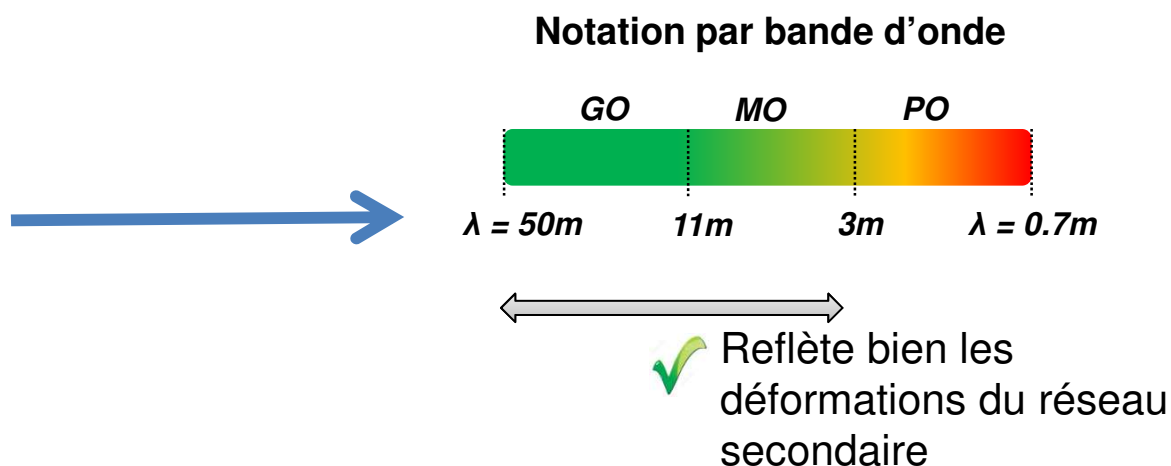
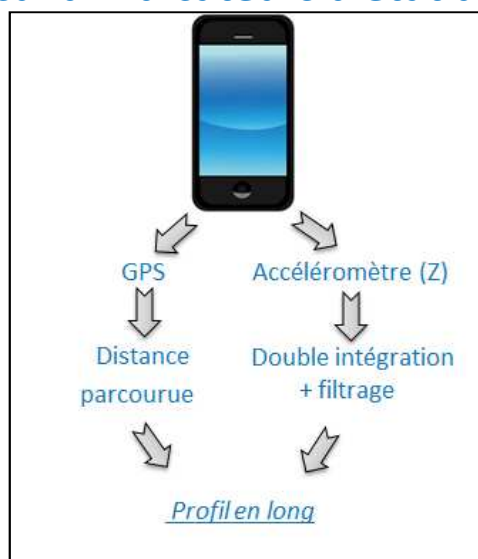


2-2. Miranda : Faisabilité sur banc de vibration et sur route

- Capteurs internes du smartphone (GPS et accéléromètre)

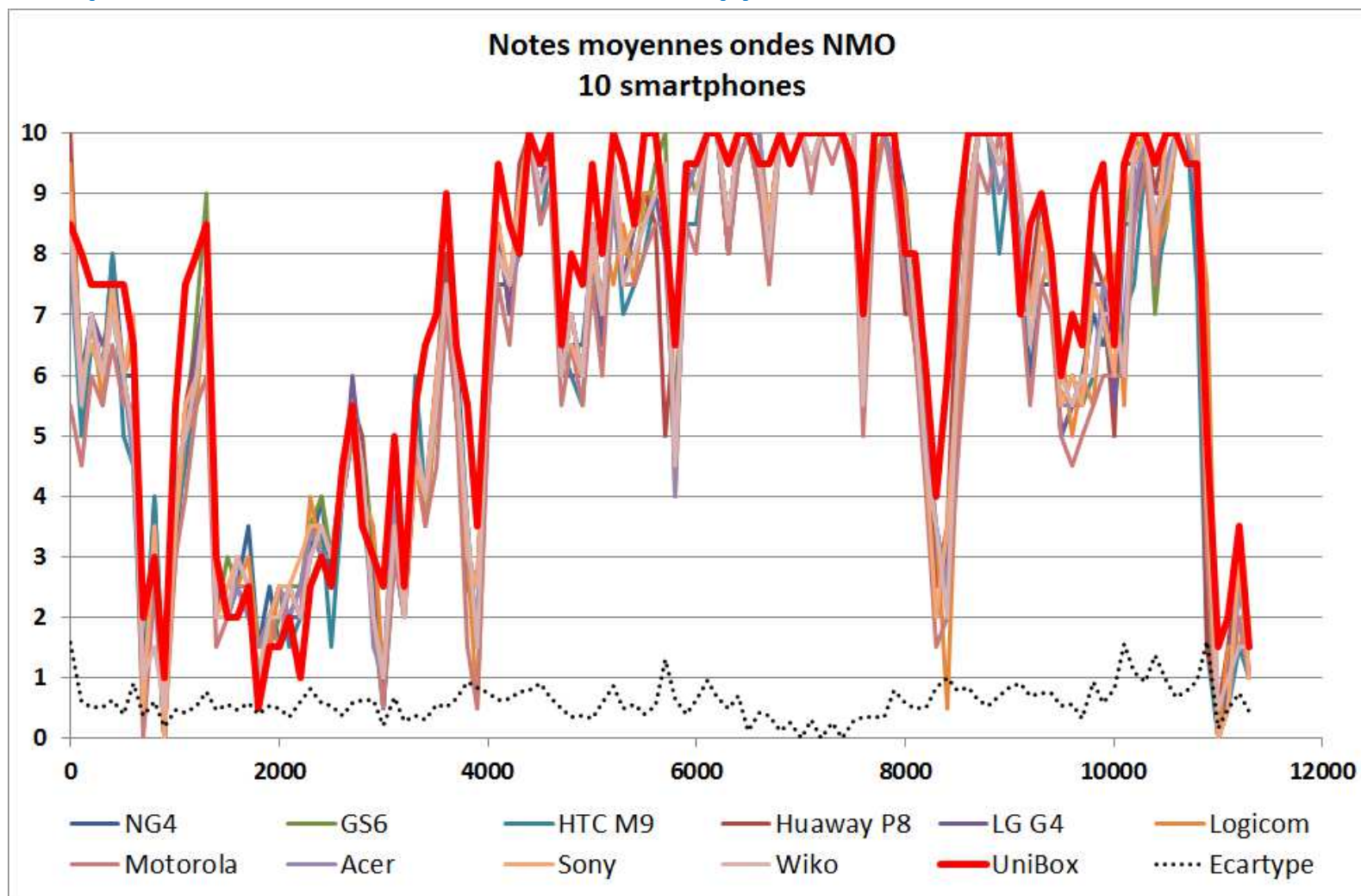


- Calcul d'indicateurs d'état du réseau grâce à ces capteurs internes (pseudo profil)



3. Miranda : Faisabilité sur route (11 km d'uni variable)

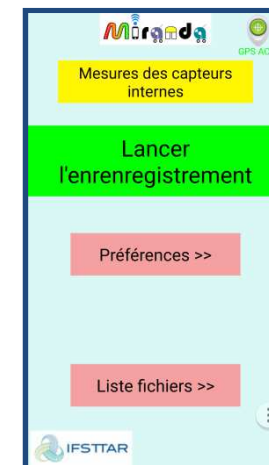
- Comparaison des indicateurs à ceux des appareils de référence : NMO



2-2. Miranda : des tâches qui s'enchainent automatiquement

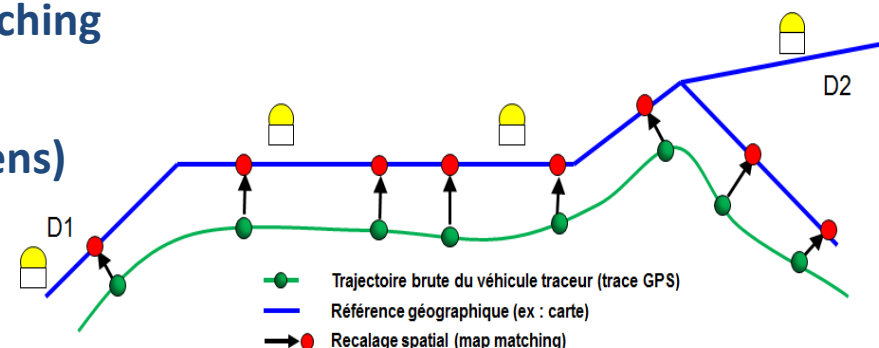
- **Application Android d'acquisition et de transmission de données vers un serveur**

- Intervention minimale de l'utilisateur (début et fin de mesure)
- Envoi automatique sur un serveur en fin de mesure



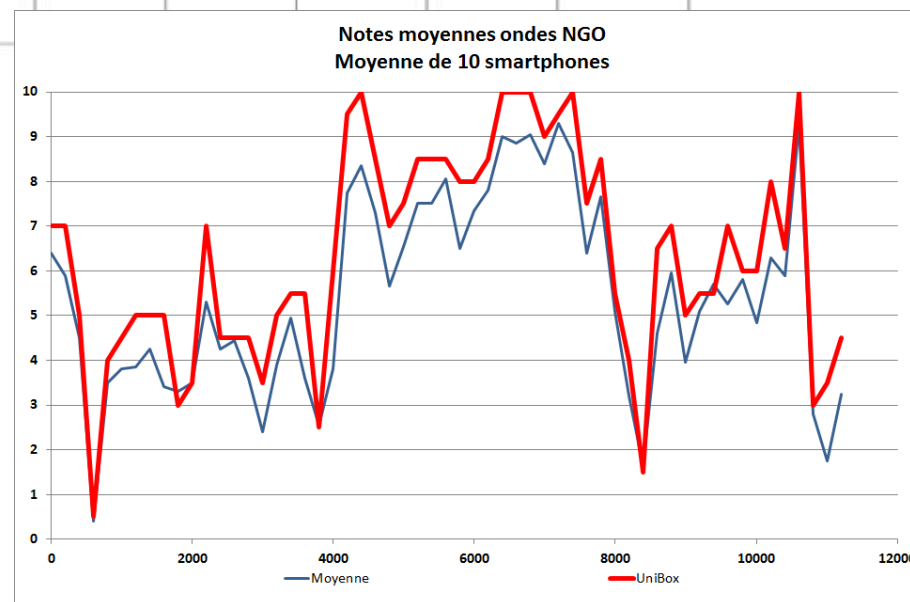
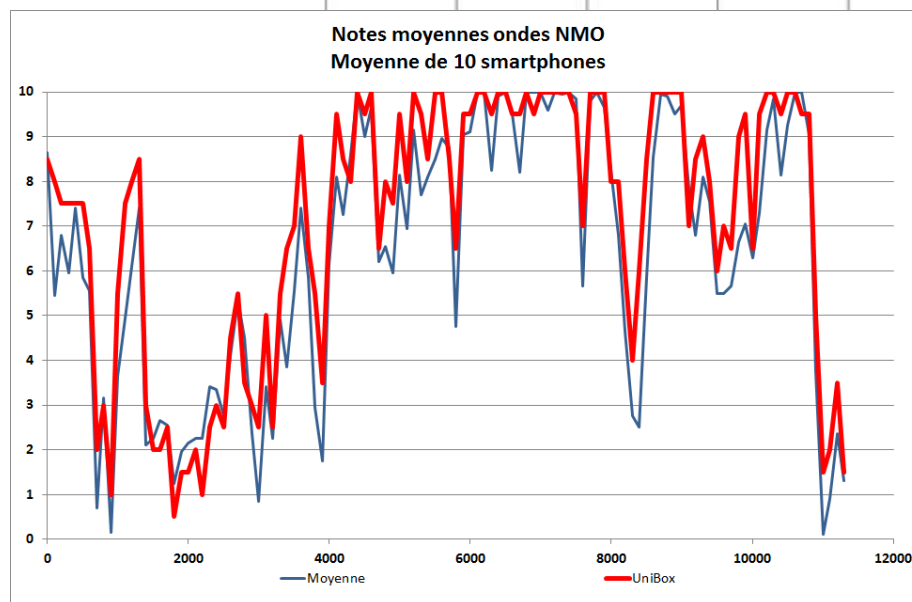
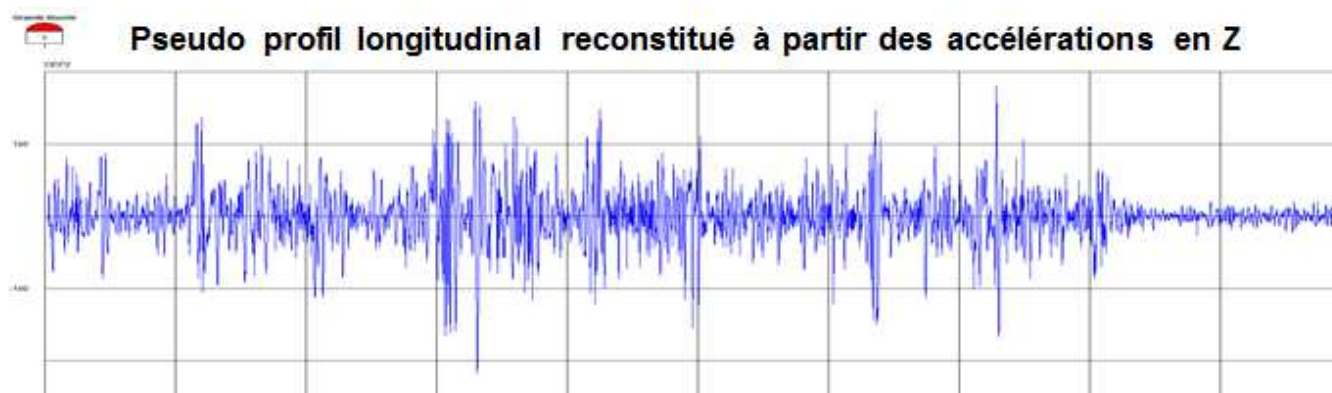
- **Map matching : recalage des données sur une référence cartographique (BD Topo ou OpenStreetMap + PR géolocalisés)**

- Logiciel scrutant l'arrivée d'un fichier sur le serveur
- Correction de la trajectoire par map matching
- Identification automatique (route, PR, sens)
- Indicateur de fiabilité de la correction



2-2. Miranda : des tâches qui s'enchainent automatiquement

- Calcul automatique du pseudo profil en long et ses notes reflétant le niveau de déformation de la voie auscultée



2-2. Miranda : des tâches qui s'enchainent automatiquement

- Alimentation automatique d'une base de données (sous PostgreSQL) : GSR Base

GSR Base de données - Smartphone

FichierExploitationOutils ?

Note MO ≠ Véhicules, ≠ smartphones

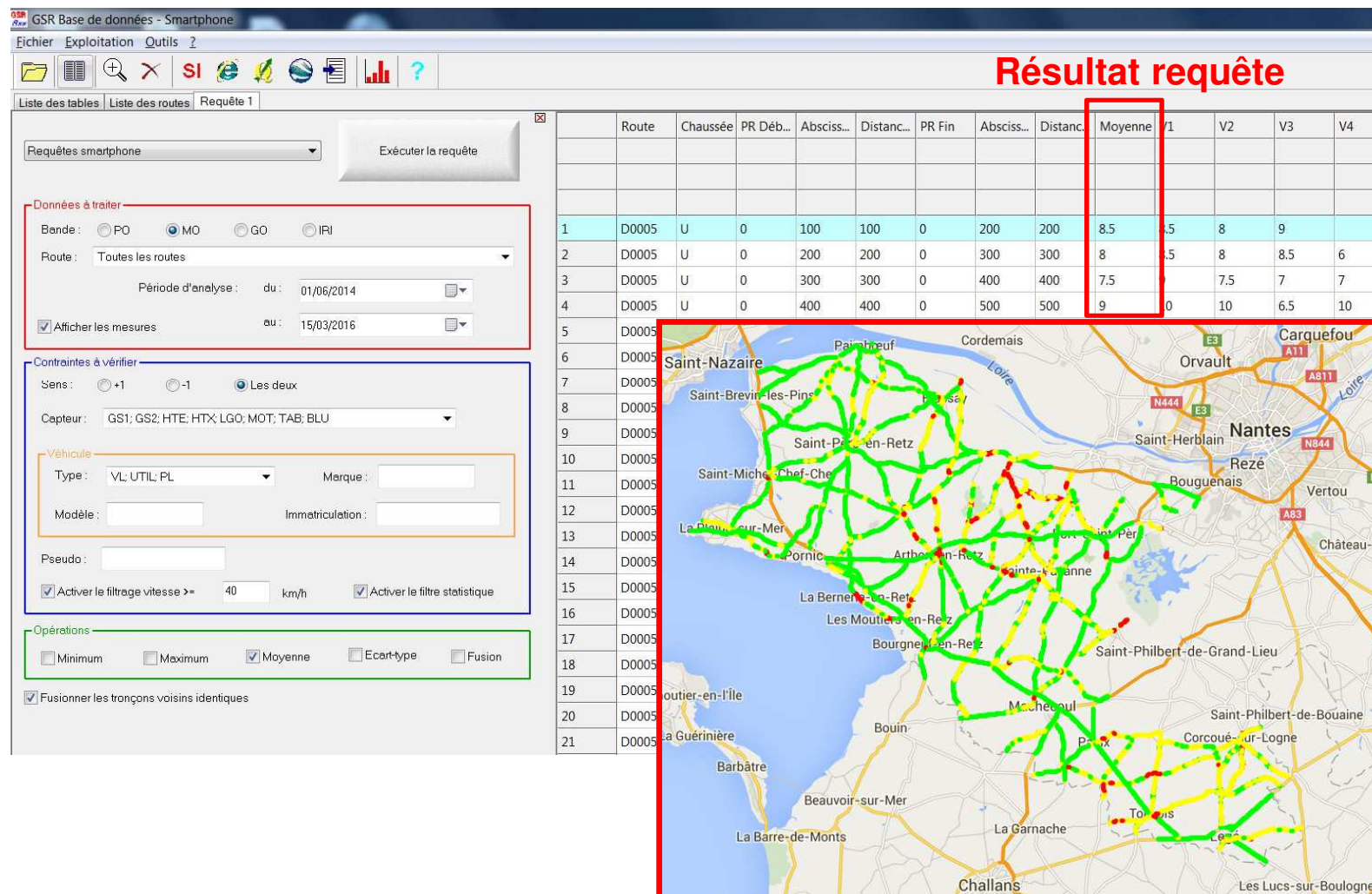
Liste des tablesListe des routes

Table / Champ	Nature
routes	
sections	
sections_suites	
plos	
plos_sections	
tablego	
tablemo	
route	text
plo_debut	text
abs_debut	real
plo_fin	text
abs_fin	real
cote	text
note	real [0 - 10]
energie	double precision
vitesse	real
date	date
heure	text
sens	text
veh_type	text
veh_marque	text
veh_modele	text
immatriculation	text
pseudo	text
smartphone	text

	route	plo_debut	abs_debut	plo_fin	abs_fin	cote	note	energie	vitesse	date	heure	sens	veh_type	veh_marque	veh_modele	immatriculation	smartphone
1	D364	PROU	0	PROU	17.1	U	7	125	11.6	2014-11-06	10:49	+1	UTIL	Renault	Master	75E-7717F	MOT
2	D364	PROU	0	PROU	10.2	U	8.5	72	10.5	2014-11-13	14:53	+1	VL	Renault	Clio	cp847av	LGO
3	D364	PROU	0	PROU	10.2	U	7	141	12.4	2014-11-14	15:09	+1	VL	Renault	clio	cp847av	GS4
4	D364	PROU	0	PROU	10.2	U	8	80	10.2	2014-11-08	11:33	+1	UTIL	Renault	Master	75E-7717F	TAB
5	D364	PROU	0	PROU	10.2	U	6.5	164	12.5	2014-11-15	15:22	+1	VL	Renault	clio	cp847av	GS2
6	D364	PROU	10.2	PROU	110.2	U	0.5	2416	13.8	2014-11-13	14:53	+1	VL	Renault	Clio	cp847av	LGO
7	D364	PROU	10.2	PROU	110.2	U	0	3669	11.2	2014-11-15	15:22	+1	VL	Renault	clio	cp847av	GS2
8	D364	PROU	10.2	PROU	110.2	U	0	3018	13.3	2014-11-14	15:09	+1	VL	Renault	clio	cp847av	GS4
9	D364	PROU	10.2	PROU	110.2	U	0	3135	9.8	2014-11-08	11:33	+1	UTIL	Renault	Master	75E-7717F	TAB
10	D364	PROU	17.1	PROU	117.1	U	0.5	2728	10.3	2014-11-06	10:49	+1	UTIL	Renault	Master	75E-7717F	MOT
11	D364	PROU	110.2	PROU	210.2	U	1.5	1755	16	2014-11-13	14:53	+1	VL	Renault	Clio	cp847av	LGO
12	D364	PROU	110.2	PROU	210.2	U	0	3910	14.7	2014-11-15	15:22	+1	VL	Renault	clio	cp847av	GS2
13	D364	PROU	110.2	PROU	210.2	U	1	2060	16.4	2014-11-14	15:09	+1	VL	Renault	clio	cp847av	GS4
14	D364	PROU	110.2	PROU	210.2	U	1.5	1568	13.7	2014-11-08	11:33	+1	UTIL	Renault	Master	75E-7717F	TAB
15	D364	PROU	117.1	PROU	217.1	U	1	1792	14.6	2014-11-06	10:49	+1	UTIL	Renault	Master	75E-7717F	MOT
16	D364	PROU	210.2	PROU	310.2	U	0	2836	17	2014-11-13	14:53	+1	VL	Renault	Clio	cp847av	LGO
17	D364	PROU	210.2	PROU	310.2	U	0	2950	15.9	2014-11-15	15:22	+1	VL	Renault	clio	cp847av	GS2
18	D364	PROU	210.2	PROU	310.2	U	0.5	2284	14.7	2014-11-08	11:33	+1	UTIL	Renault	Master	75E-7717F	TAB
19	D364	PROU	210.2	PROU	310.2	U	0.5	2618	16.7	2014-11-14	15:09	+1	VL	Renault	clio	cp847av	GS4

2-2. Miranda : consultation aisée et conviviale de la base

- Requête multicritères et représentation cartographique



Expérimentation

Sud ouest 44

4 Utilitaires

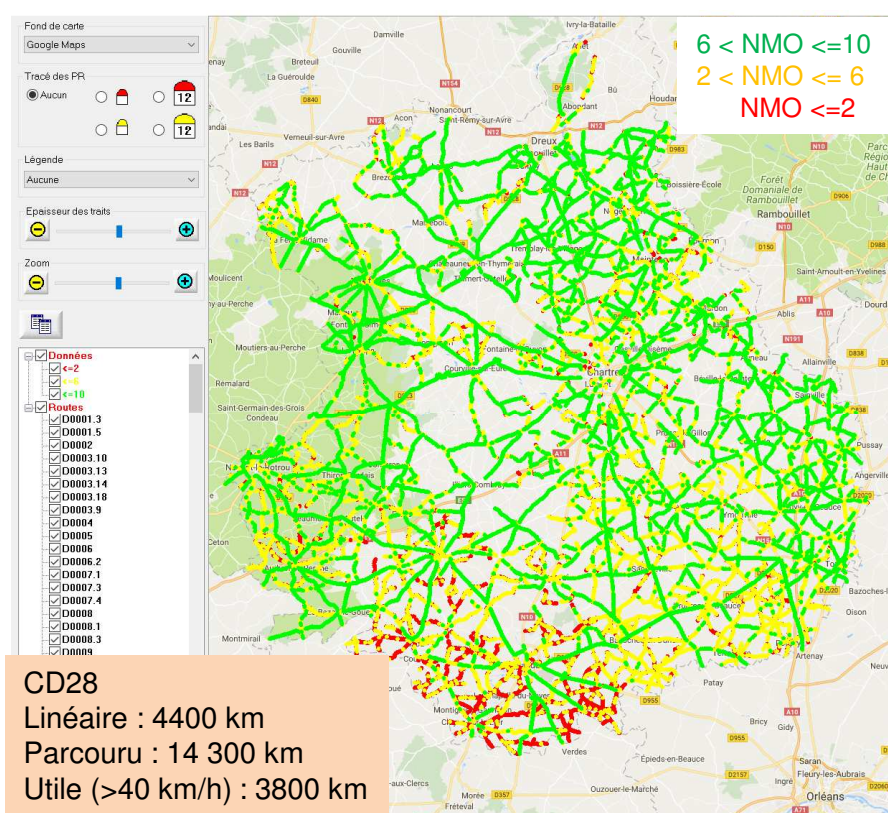
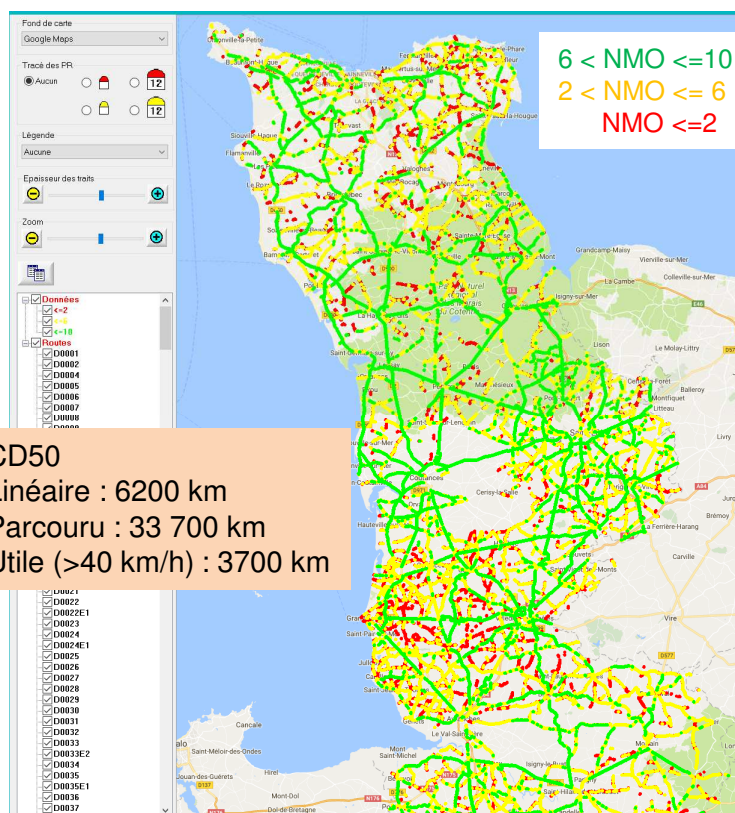
Réseau de
1500 km

6000 km de
mesures

Durée : 2 mois

2-2. Miranda : validation à grande échelle → conventions CD 50 et 28

- Robustesse de l'outil par une utilisation quotidienne et intensive en mode patrouille
- Calage des résultats sur la perception réelle du gestionnaire
- Mise en évidence de l'intérêt de l'outil pour l'évaluation globale d'un réseau et pour une aide à la programmation des types de travaux (zones à reprofiler,...)
- Identification des améliorations à apporter

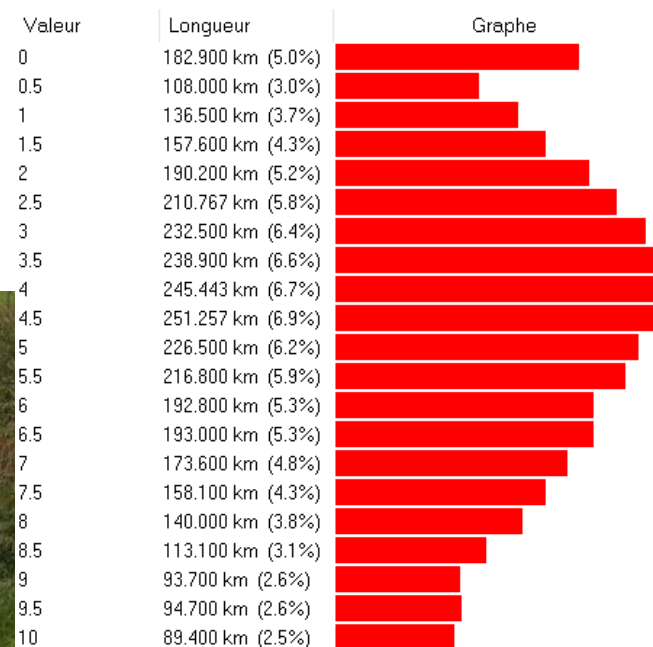


2-2. Miranda : validation à grande échelle → conventions CD 50 et 28

- Evaluation globale sur les 3700 km du réseau du CD50



Histogramme de répartition des notes NMO



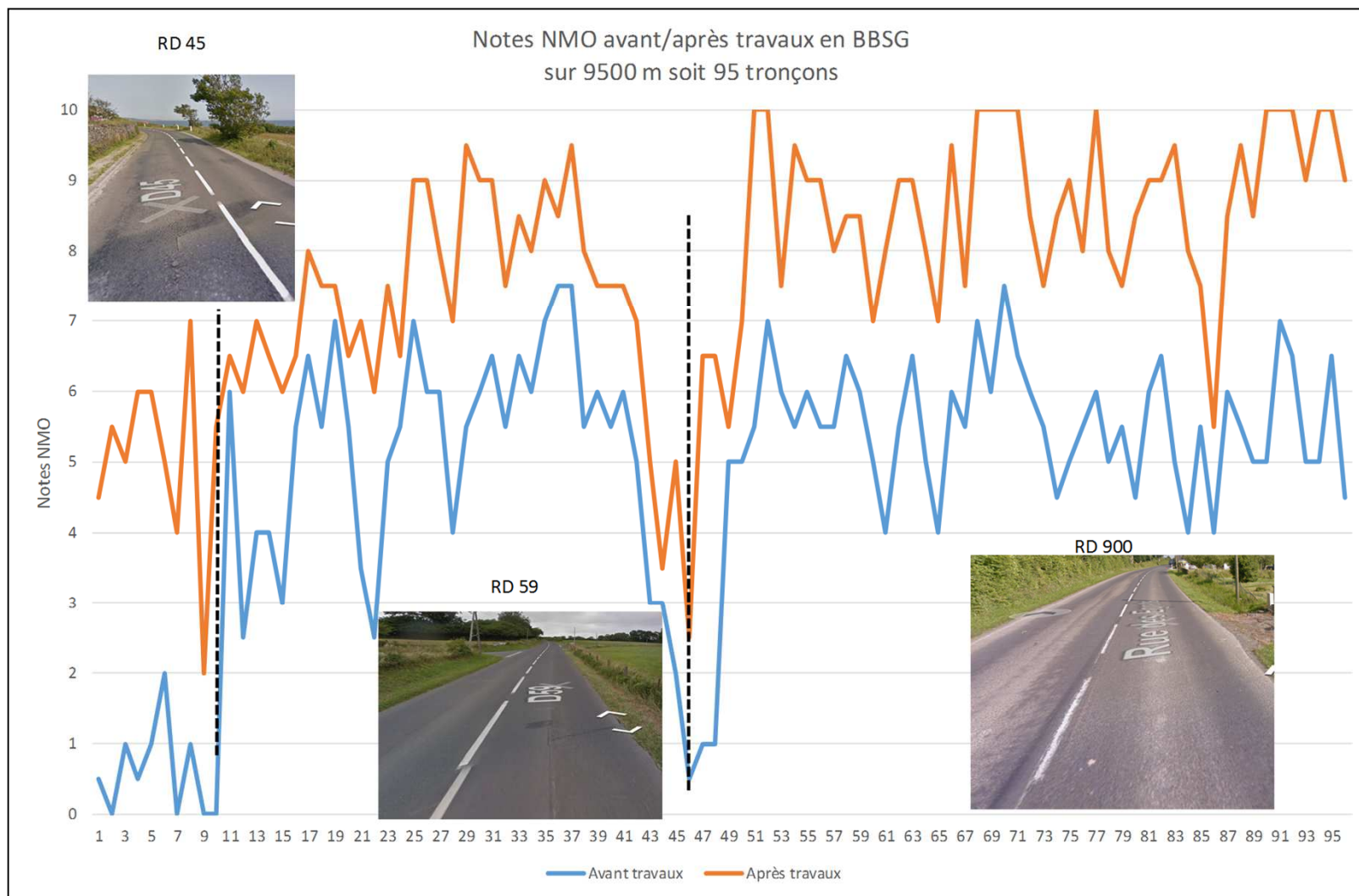
2-2. Miranda : validation à grande échelle → conventions CD 50 et 28

- Comparaison avant / après travaux (reprofilage + ES)



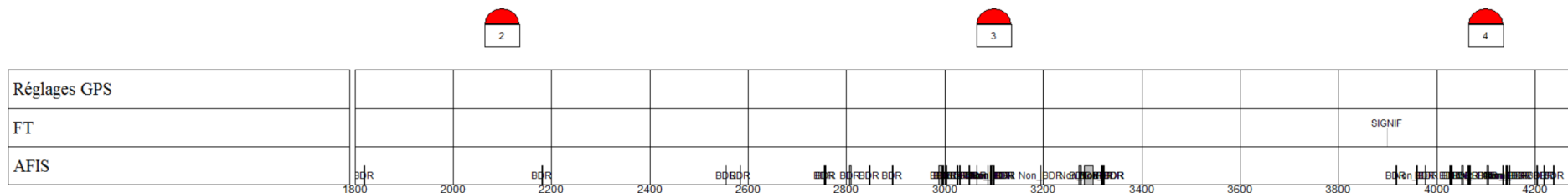
2-2. Miranda : validation à grande échelle → conventions CD 50 et 28

- Comparaison avant / après travaux (BBSG)

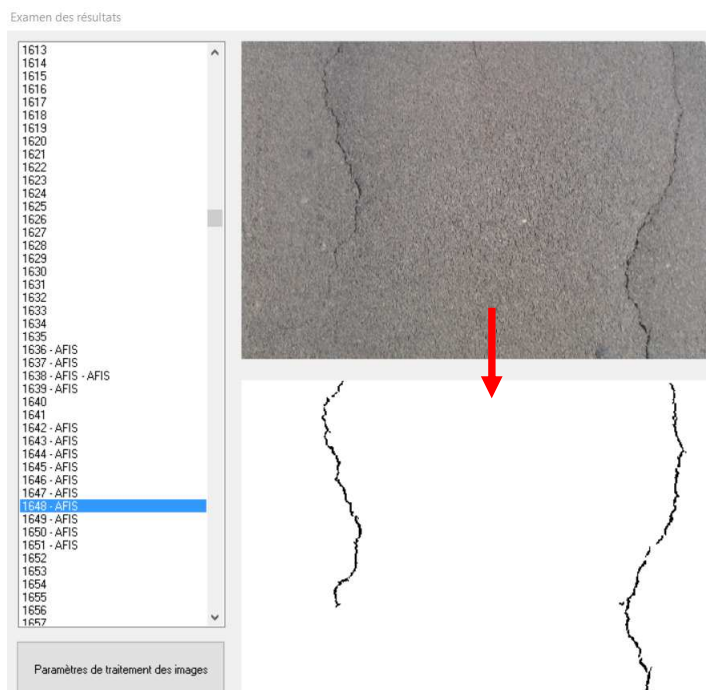


2-3. Un besoin : mesure sommaire et automatique de la fissuration

- Mesure sommaire et automatique de fissuration du petit réseau



Algorithmes de segmentation par classification et seuillage



2-3. Un besoin : mesure sommaire et automatique de la fissuration



3. Perspectives portées par de nouveaux projets et conventions

- **Continuer à suivre le déploiement et l'utilisation des UniBox**
 - Création d'un club utilisateur
 - Rédaction de la note de positionnement vis-à-vis de l'APL
 - Procédure d'accréditation des profilomètres permettant de répondre au marché français
- **Optimiser l'application Miranda et son exploitation suite aux retours d'utilisation**
 - Nouveaux indicateurs à valider (géométrie, affaissement de rive, ...)
 - Ajout d'événements particuliers (pour faire du topage simplifié d'événements)
 - Nouvelles expérimentations
- **Ajouter des capteurs communicants (Bluetooth ou Wifi) avec le smartphone ou tablette**
 - Capteur accélérométrique sur la fusée de roue
 - Retour d'expérimentation en conditions sévères au Québec comparativement au Roulemètre
 - Intérêt sur réseau secondaire avec exploitation automatique
- **Poursuivre sur la détection sommaire et automatique de fissures**
 - Emmagasiner des images (équiper des véhicules patrouilleurs de Webcam + PC portable)
 - Optimiser les algorithmes de détection
 - Appliquer les mêmes procédures de recalage et d'alimentation automatique de la base de données que pour les mesures smartphones

Merci de votre attention

Site Web : <http://dedir.ifsttar.fr>

Jean-Marc MARTIN (IFSTTAR / MAST / LAMES)

Fabien MENANT (IFSTTAR / MAST / LAMES)

Daniel MEIGNEN (IFSTTAR / MAST / LAMES)

Ifsttar - Nantes

Allée des Ponts et Chaussées

Route de Bouaye - CS 5004

44344 Bouguenais Cedex

02.40.84.58.45

jean-marc.martin@ifsttar.fr