

04/03/25

MARTIN Jean-Marc

UGE / Nantes

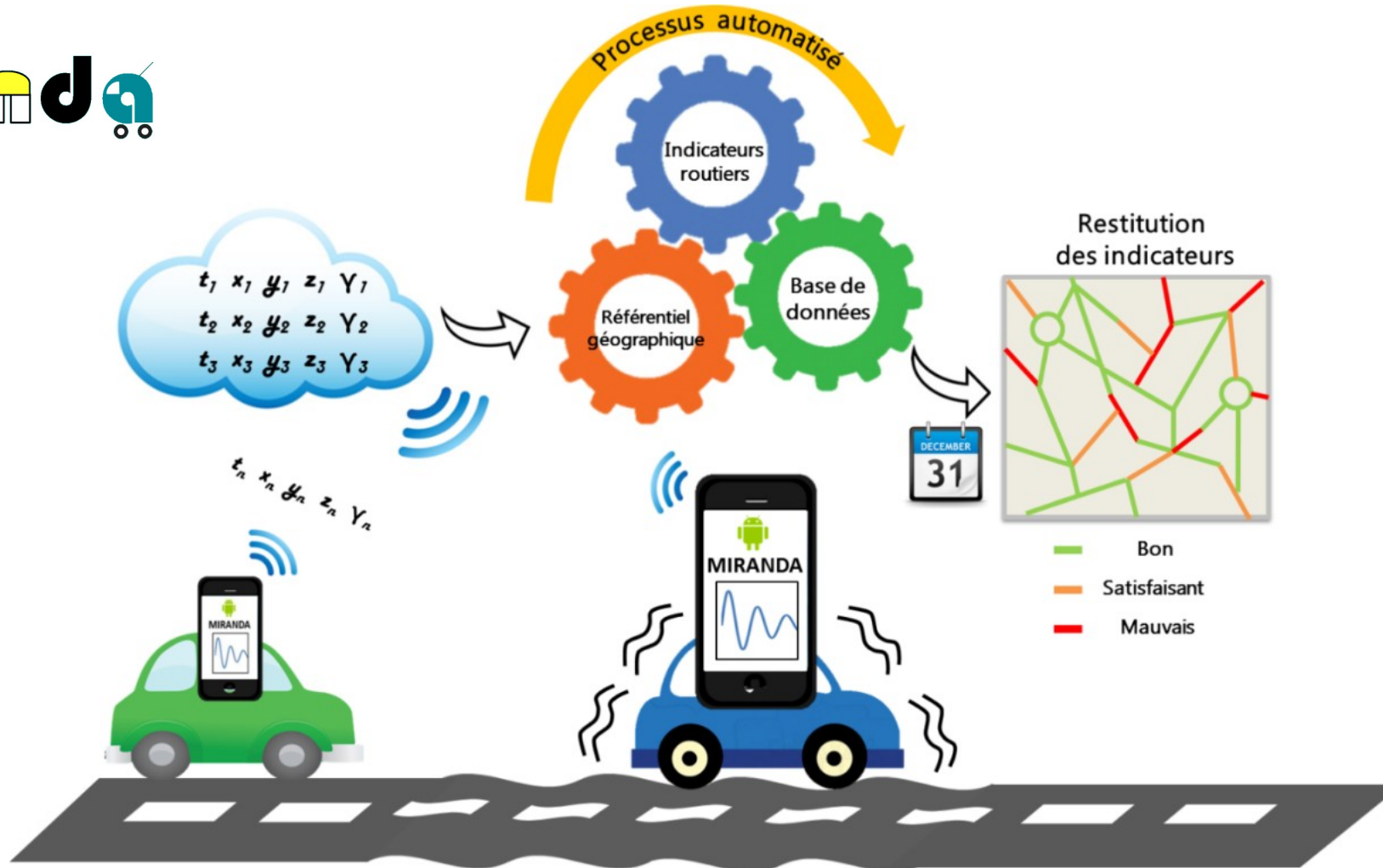
Labo LAMES

Des démonstrateurs contribuant à la gestion de l'entretien des réseaux secondaires (Miranda – UniWheel – MascaRoad)

MIRANDA

Mesure d'Indicateurs Routiers par Appareils Nomades D'Auscultation

Un concept d'auscultation et d'exploitation simplifiées et automatisées



MIRANDA : **M**esure d'**I**ndicateurs **R**outiers par **A**ppareils **N**omades **D**'**A**uscultation

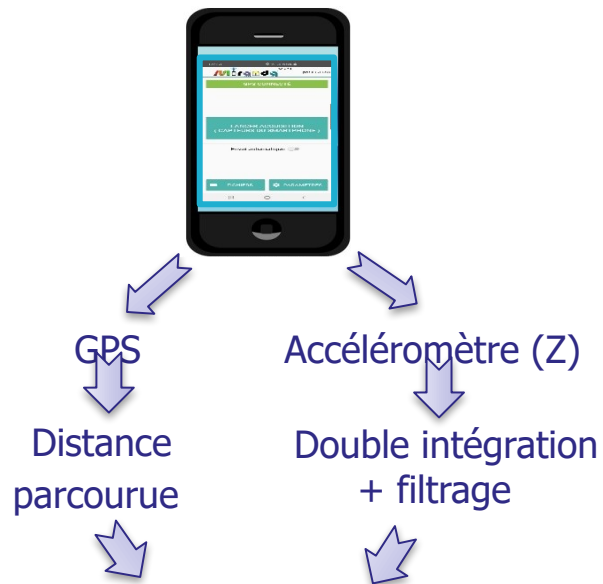
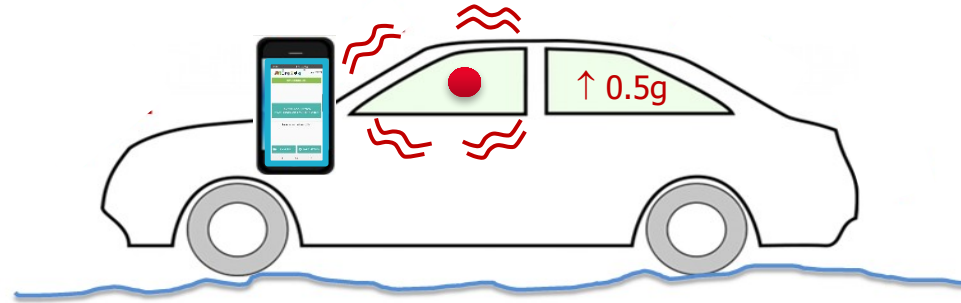
Un concept qui répond à des besoins :

- Auscultation économique de premier niveau sur le réseau non structurant rarement ausculté (réseau départemental secondaire de 3^e et 4^e cat, réseau communal , ...)
- Valoriser les flottes de véhicules (patrouilleurs, parc auto...) en les équipant d'outils simplifiés nécessitant peu d'intervention de l'utilisateur (capteurs des smartphones, capteurs connectés, caméra) → utilisation en régie possible
- Suivre l'évolution de l'état du réseau dans le temps
- Aide à la gestion de l'entretien des petits réseaux (priorité, type d'entretien) partant du constat que **Déformation globale + fissuration (+ niveau d'adhérence)** traduisent le niveau de confort (et insécurité) de l'usager, et la perméabilité des chaussées

Le module « Déformation via smartphone » est en cours de transfert auprès de la société Logiroad via un contrat d'exploitation « UGE – Logiroad »

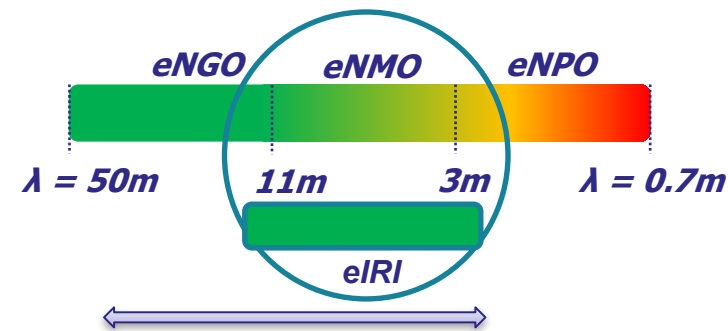
Mesure et exploitation automatisées de la **déformation globale**

Principe : estimation du profil en long à partir de l'accélération verticale mesurable dans un véhicule par les capteurs d'un smartphone (accéléromètre+ GPS), appareil nomade par excellence



Pseudo Profil en long
(profil habitacle)

Estimation des Notes par bande d'onde et IRI



Calculs
Indicateurs

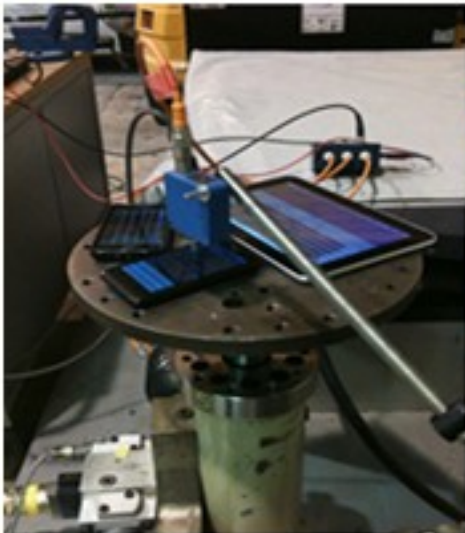
✓ Reflète correctement les déformations du réseau secondaire

Différentes phases de développement du démonstrateur Miranda par l'UGE

1 – Etude de faisabilité : évaluation des capacités des appareils nomades

- Capteurs (accéléromètre, gyroscope)
- Localisation (GPS)
- Transmission de données
- Calcul d'indicateurs de déformation à partir de ces données (estimation notes d'uni)
- Comparaison aux appareils de référence

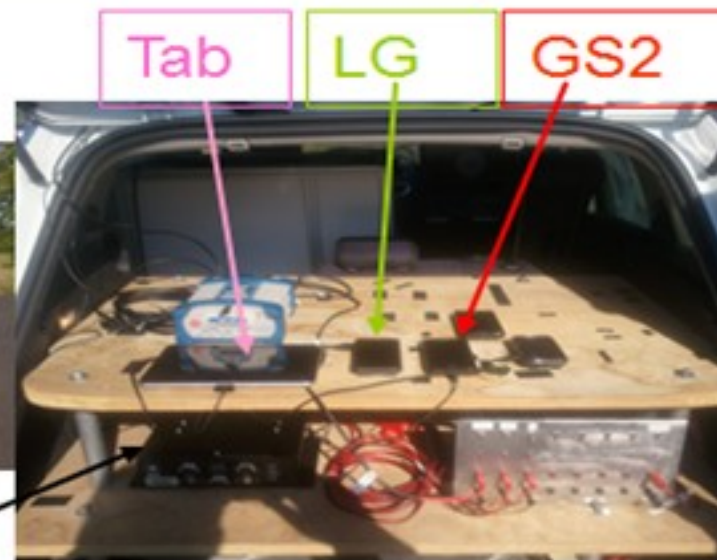
Banc de vibration



Véhicule réf. GéoLoc

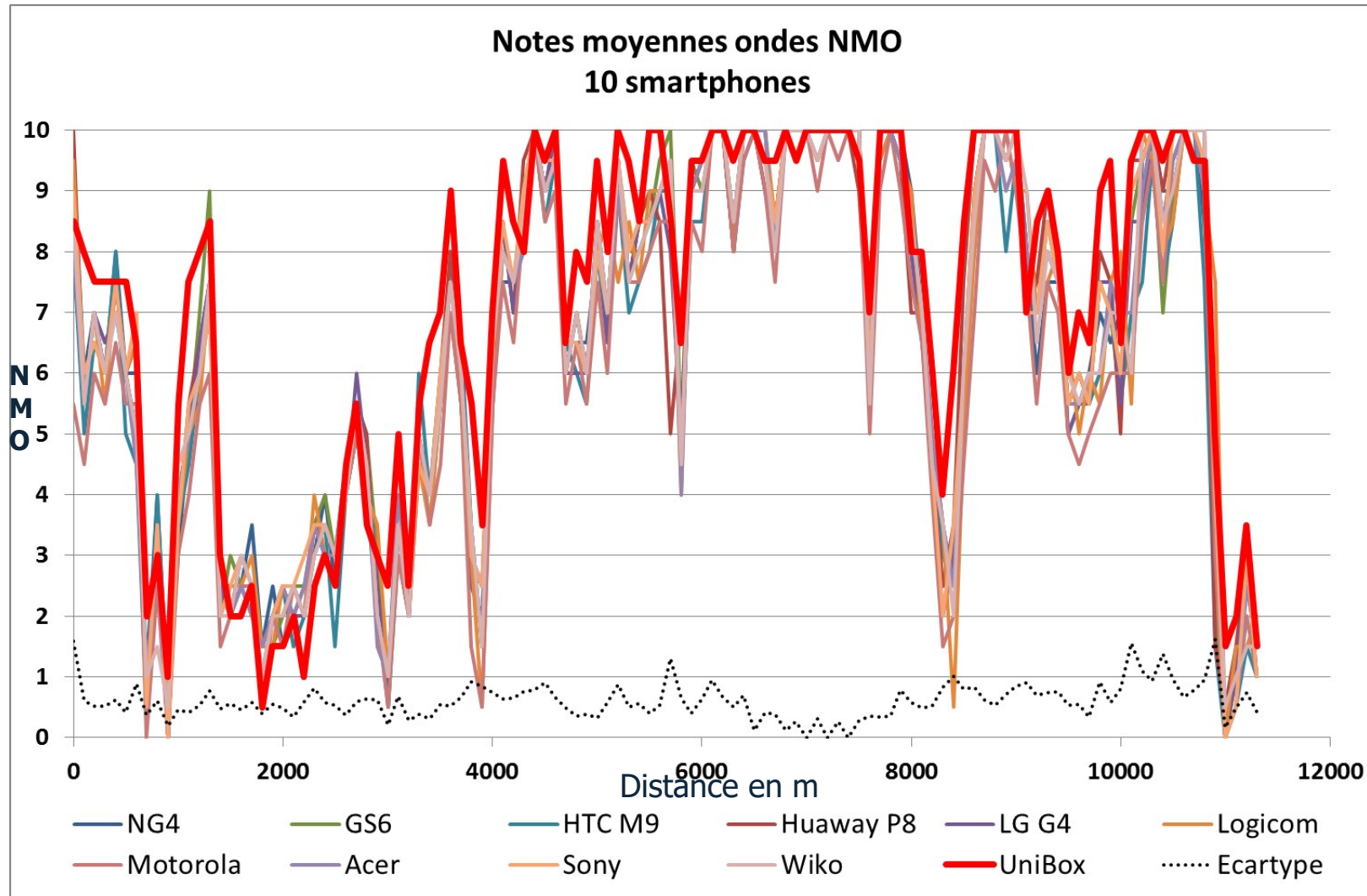


Réf



Différentes phases de développement du démonstrateur Miranda par l'UGE

2 – Comparaison entre un profilomètre de référence (APL, UniBox) et différents smartphones installés dans un véhicule sur un circuit de 11 km présentant un uni variable (indicateur le plus représentatif : MO)

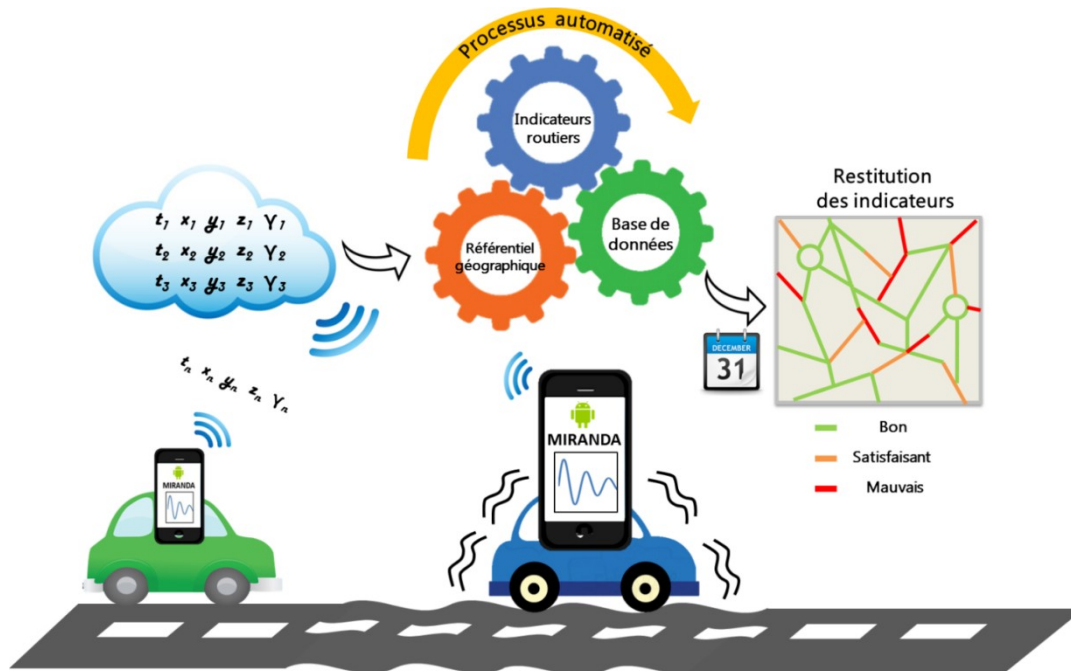


Différentes phases de développement du démonstrateur Miranda par l'UGE

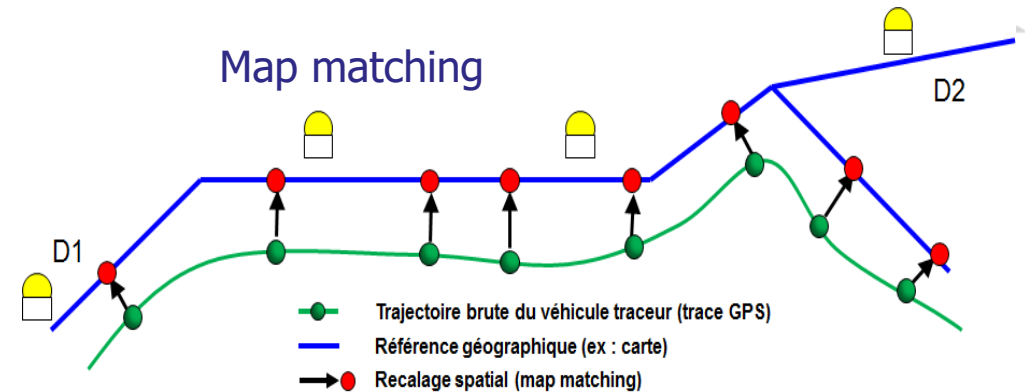
3 - Développement des différentes briques du démonstrateur

- Application Android d'acquisition et de transmission de données sur serveur
- Map matching : recalage auto des données sur une référence cartographique (BD Topo)
- Calcul d'indicateurs corrélés aux déformations de la chaussée (estimation NBO , IRI)
- Alimentation automatique d'une base de données (de type GSR Base)
- Outil de consultation de la base par requêtes multicritères et représentation cartographique

4 – La valeur ajoutée : l'automatisation de l'enchainement des tâches

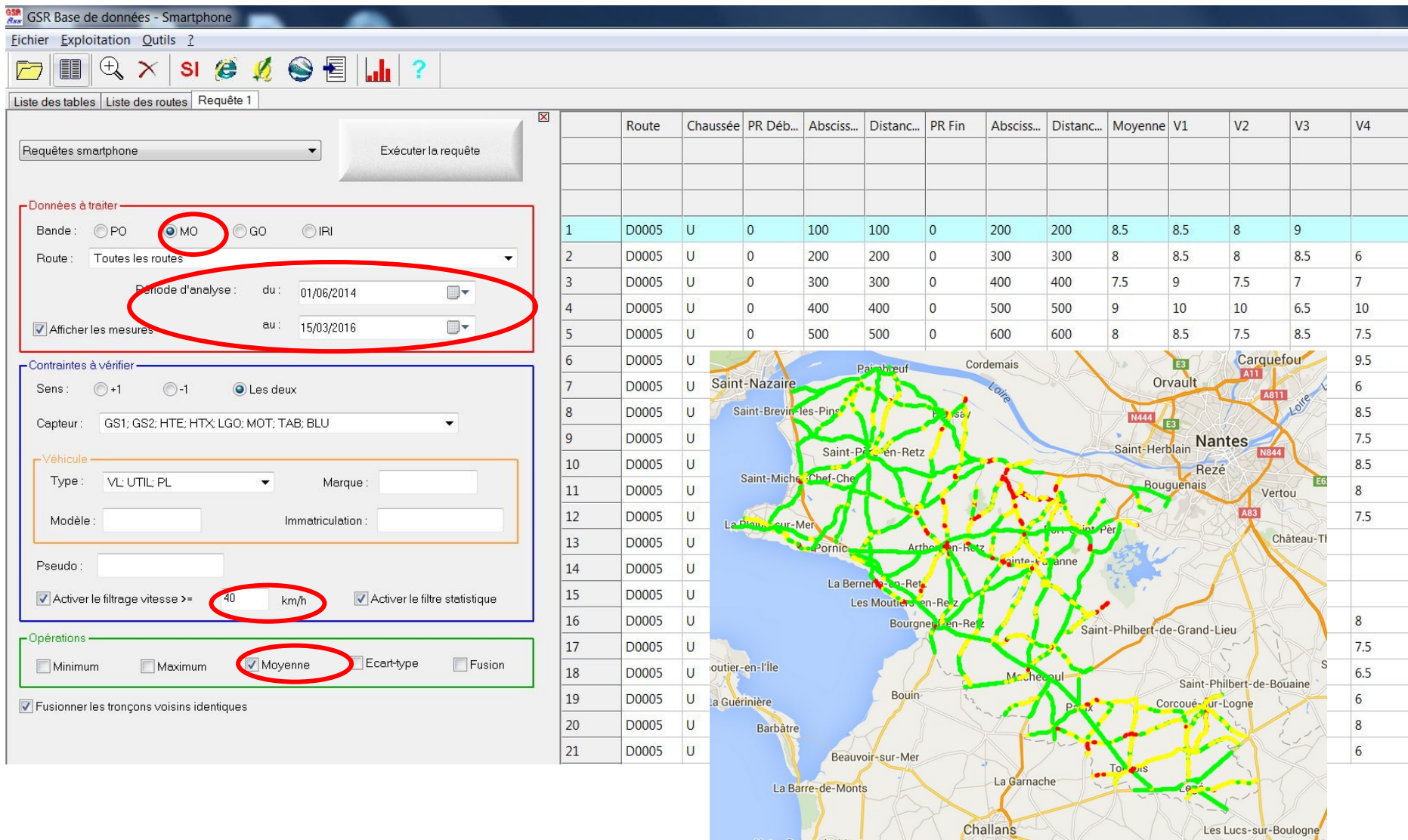


Application Android



Différentes phases de développement du démonstrateur Miranda par l'UGE

5 – Validation des briques sur le sud ouest du département 44 (requêtes multi critères de la base)



Expérimentation

4 véhicules

Réseau de
1500 km

6000 km de
mesure

Durée
2 mois

Expérimentations de Miranda à grande échelle

Convention avec la DGITM : « Développement d'un service d'auscultation routière par véhicules traceurs »

- Collaboration avec différents CD (50, 28, ...)
- Mise en œuvre de Miranda sur tout ou partie du réseau
- Calage des seuils d'indicateurs sur le besoin du gestionnaire (détection de zones à entretenir, quel type d'entretien, ...)

→ **Robustesse de l'outil**

Projet national DVDC (durée de vie des chaussées), projet GERESE (Gestion réseau 2nd)

- Expérimentation avec le CD27 sur quelques routes devant faire l'objet de travaux
- Test d'un capteur additionnel pour plus de précision (**UniWheel**) : CD27 , CD53, CD76

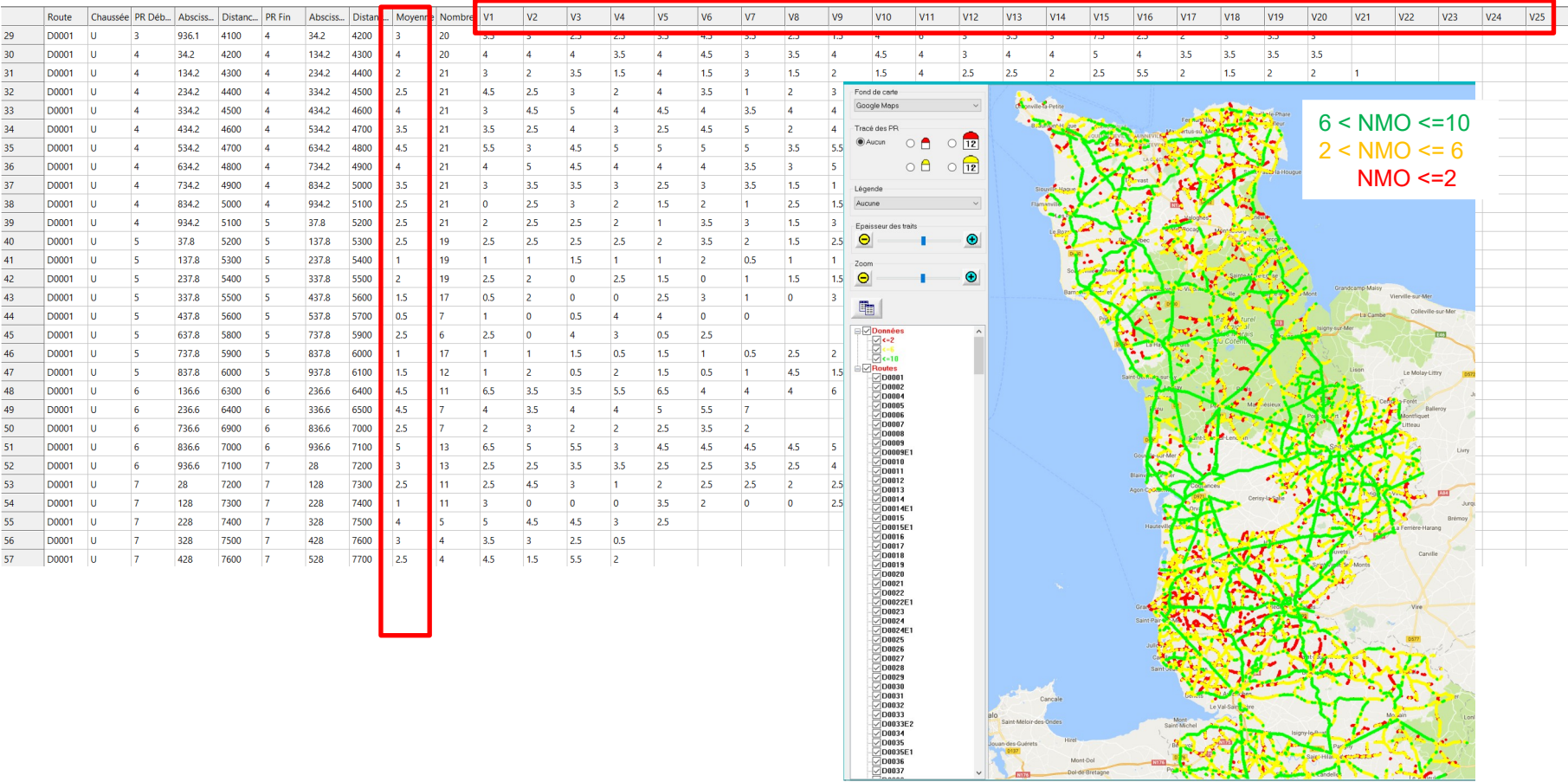
→ **Confirmation du pouvoir discriminant de l'outil et apport de capteurs additionnels**

Expérimentation dans la Manche (CD50)

- 10 véhicules patrouilleurs (10 agences dans le département)
- 1 smartphone dans chaque véhicule
- Totalité des 7000 km de RD parcourus 1 fois par mois (plus de 80 000 km / an)
- Un référent au CD qui supervise l'expérimentation en lien avec l'UGE

Note Moyenne

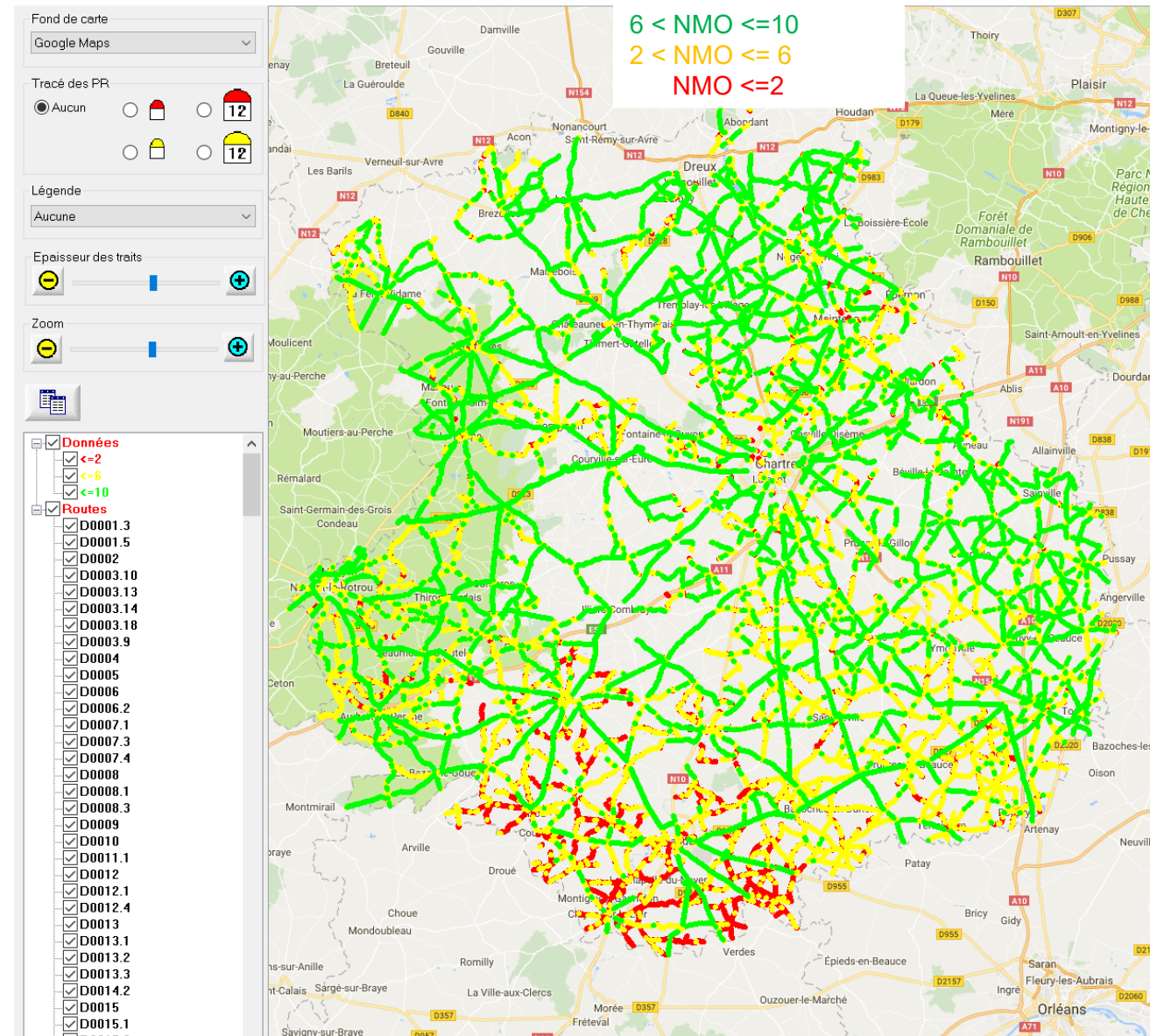
≠ passages



Google Earth

Expérimentation en Eure et Loir (CD28)

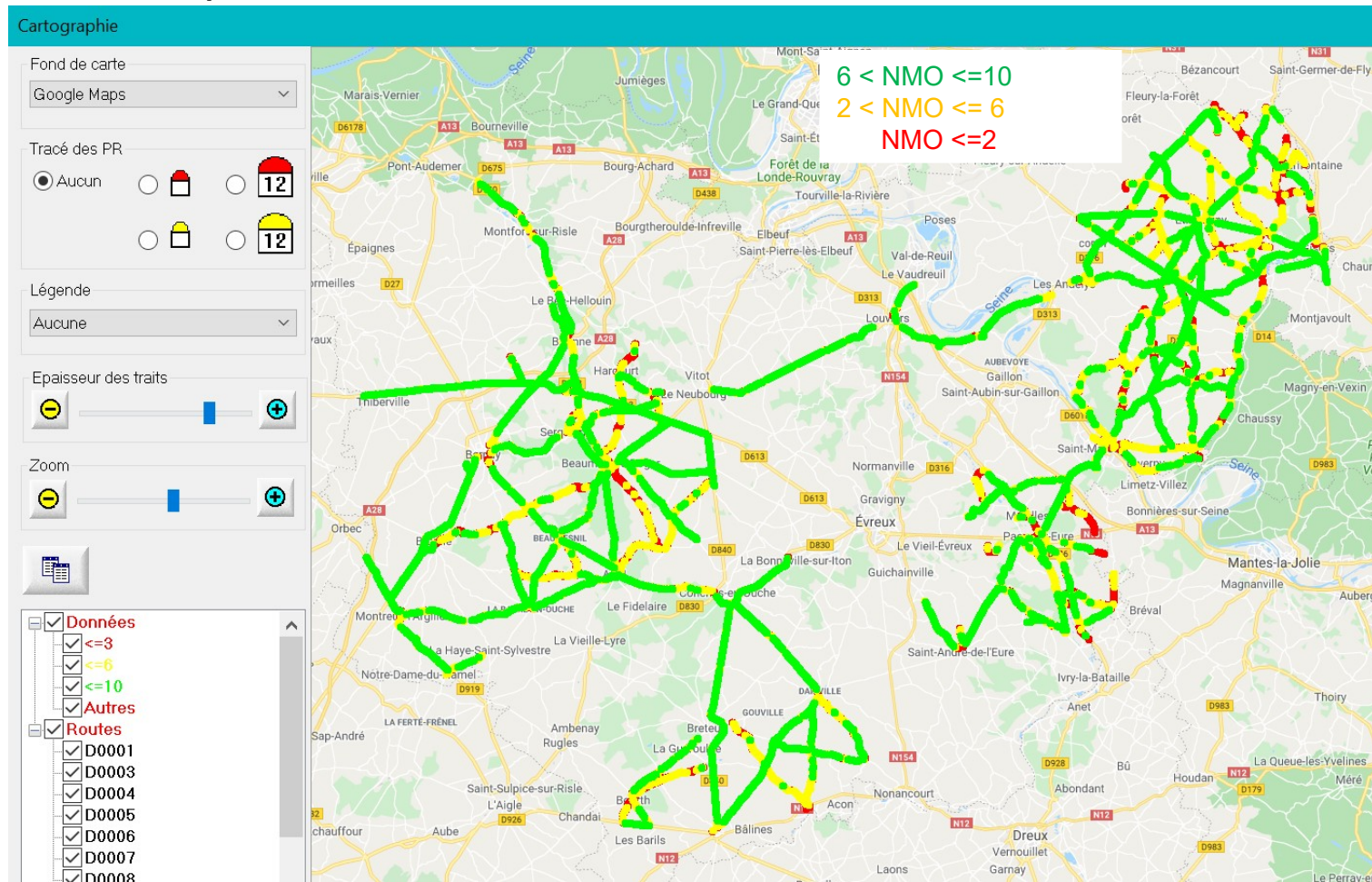
- 5 patrouilleurs
- 7400 km de réseaux
- 16 000 km de mesures



Google
Earth

Projet DVDC : expérimentation dans l'Eure (CD27)

- 3 patrouilleurs
- 1000 km de réseaux
- 14 000 km de mesures
- Des mesures avant et après travaux

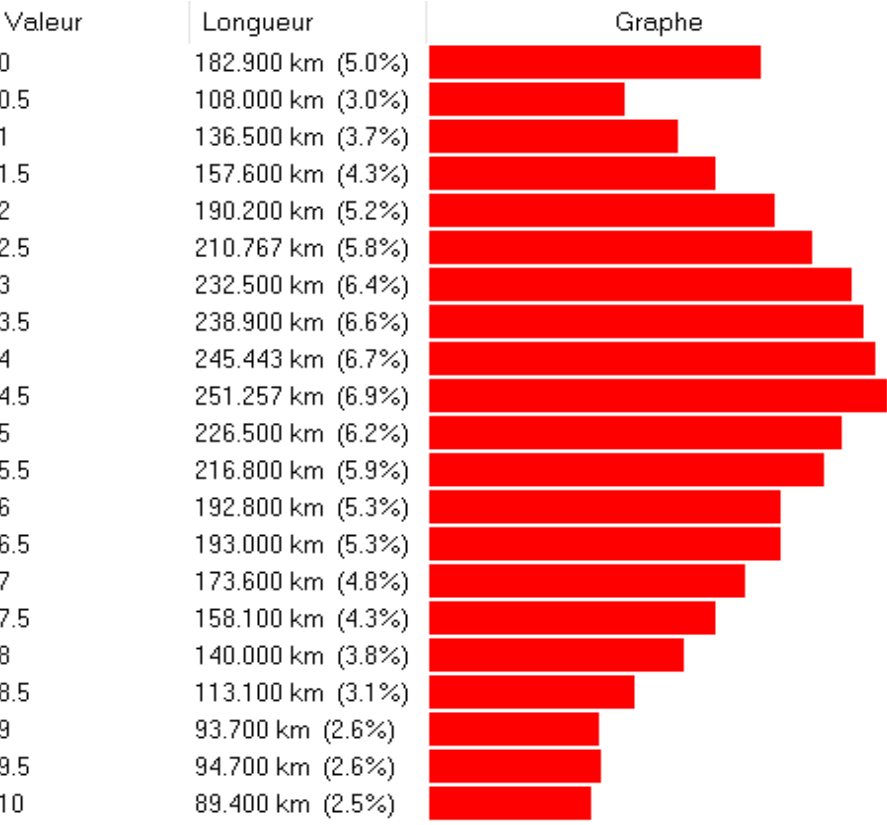


Google
Earth

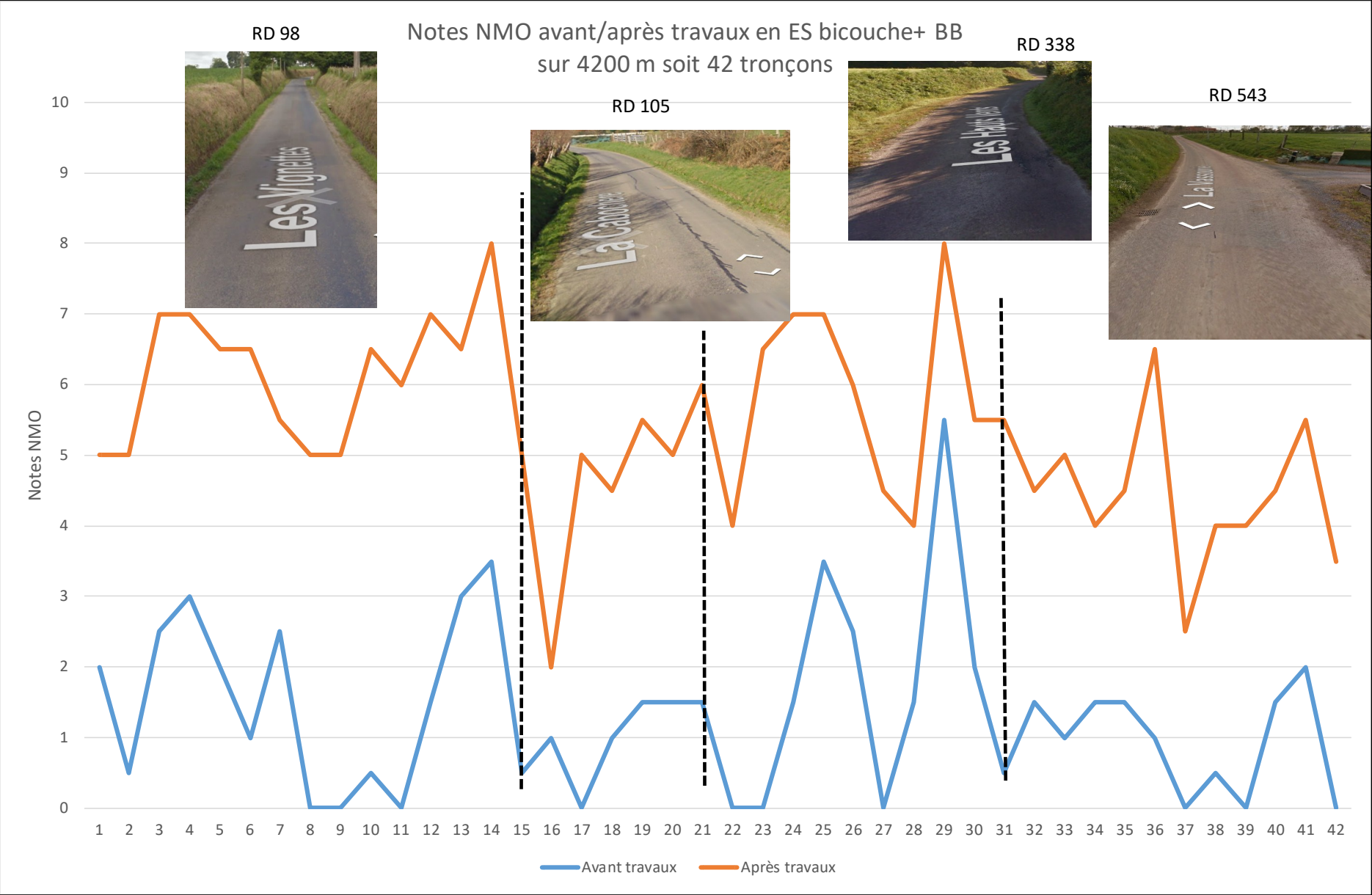
Evaluation de réseau et suivi dans le temps



Histogramme de répartition des notes NMO

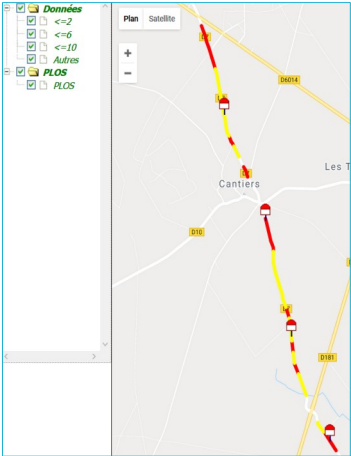


Comparaison avant / après travaux (reprofilage rive + ES)

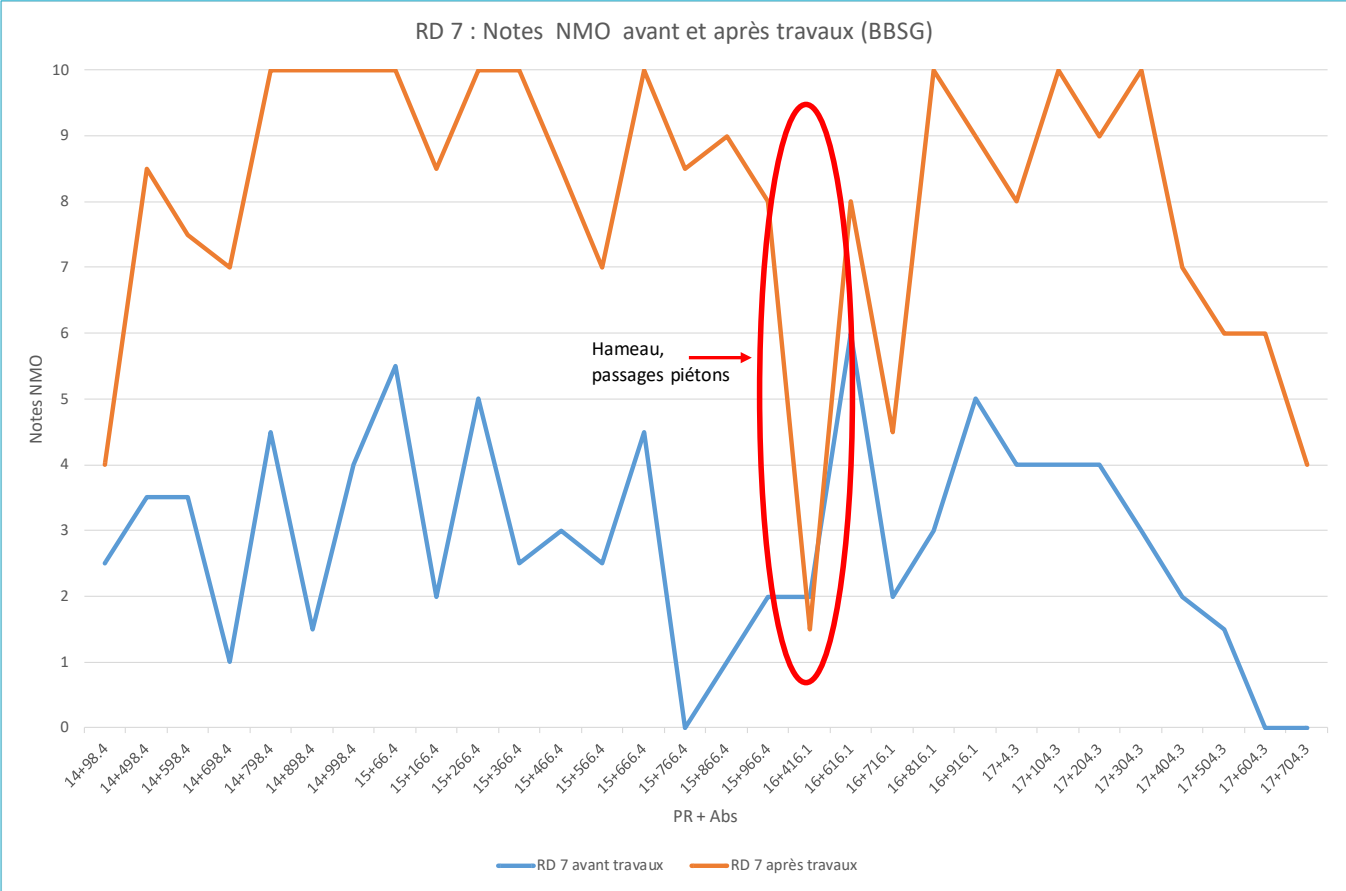
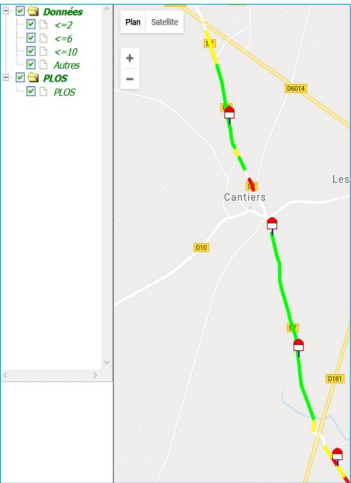


Comparaison avant / après travaux (BBSG)

RD7 : avant Tx



RD7 : après Tx (BBSG)

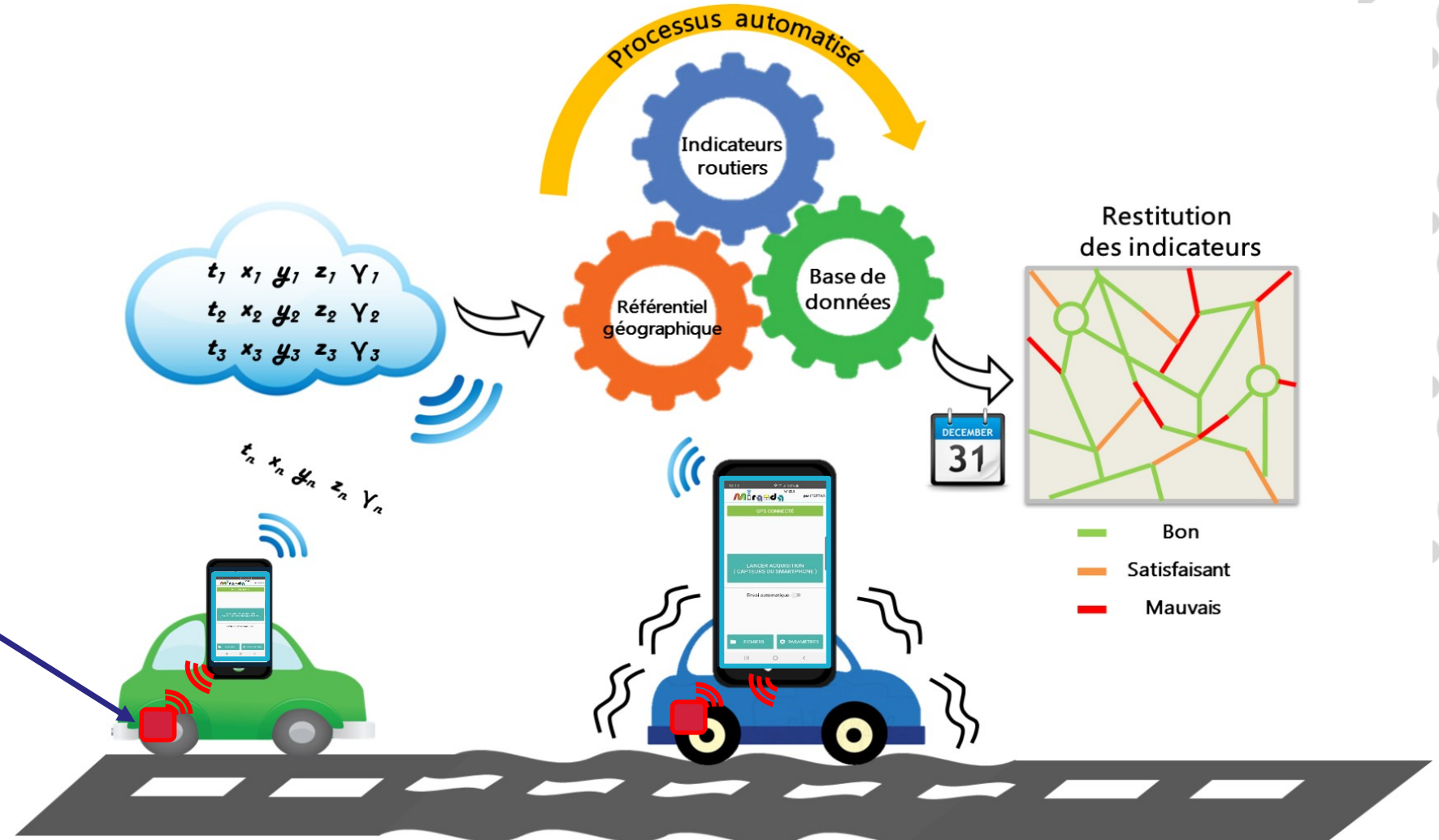


Evaluation d'un capteur additionnel sur fusée de roue (UniWheel)

→ pour approcher davantage le profil réel de la voie auscultée et être plus performant sur le réseau principal peu déformé

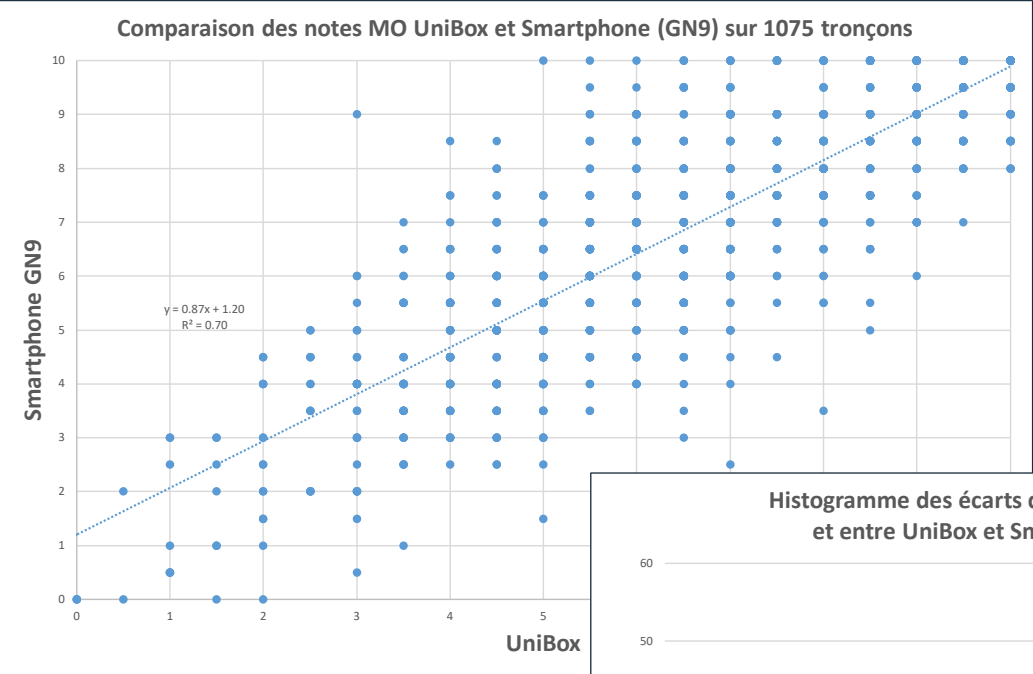
Solution recherchée

Capteur de roue communiquant sans fil avec le smartphone qui se charge de l'acquisition des signaux et du transfert des données

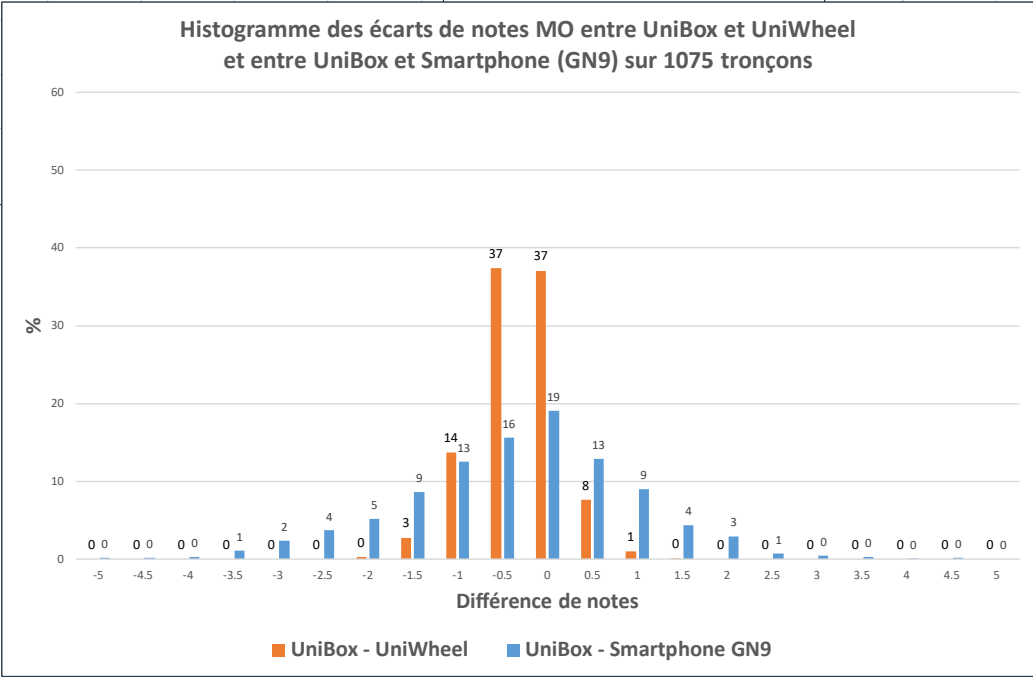
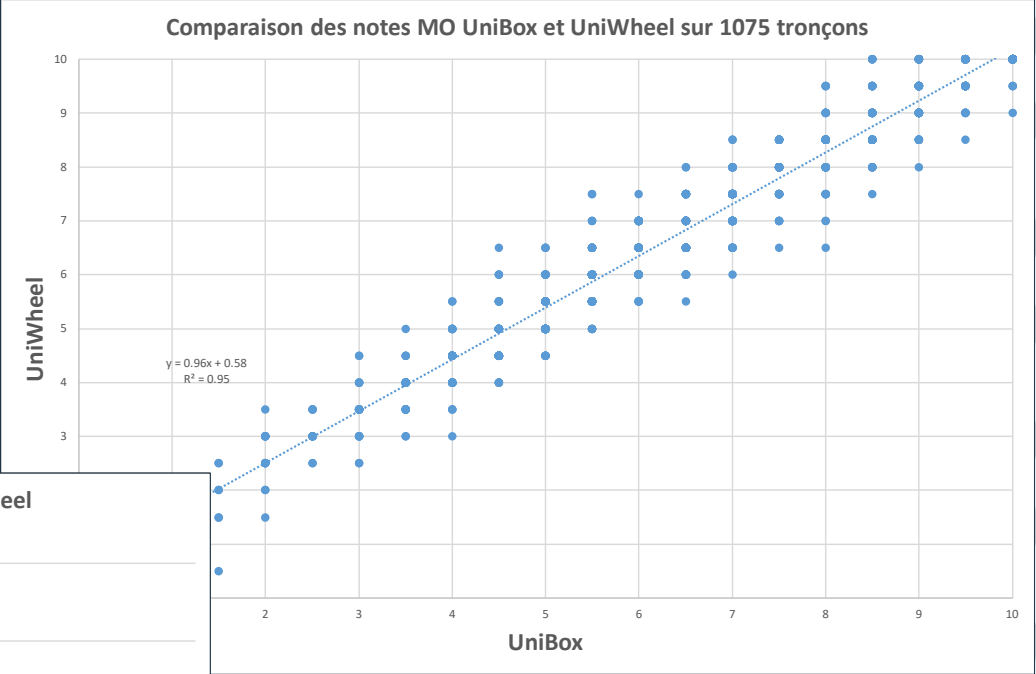


Synthèse des comparaisons UniBox (référence), UniWheel, Smartphone sur les NMO

Smartphone vs UniBox

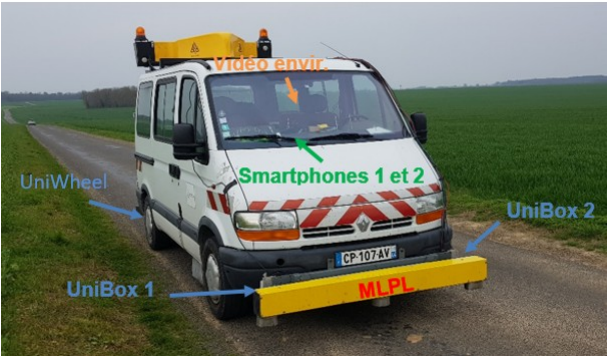


UniWheel vs UniBox

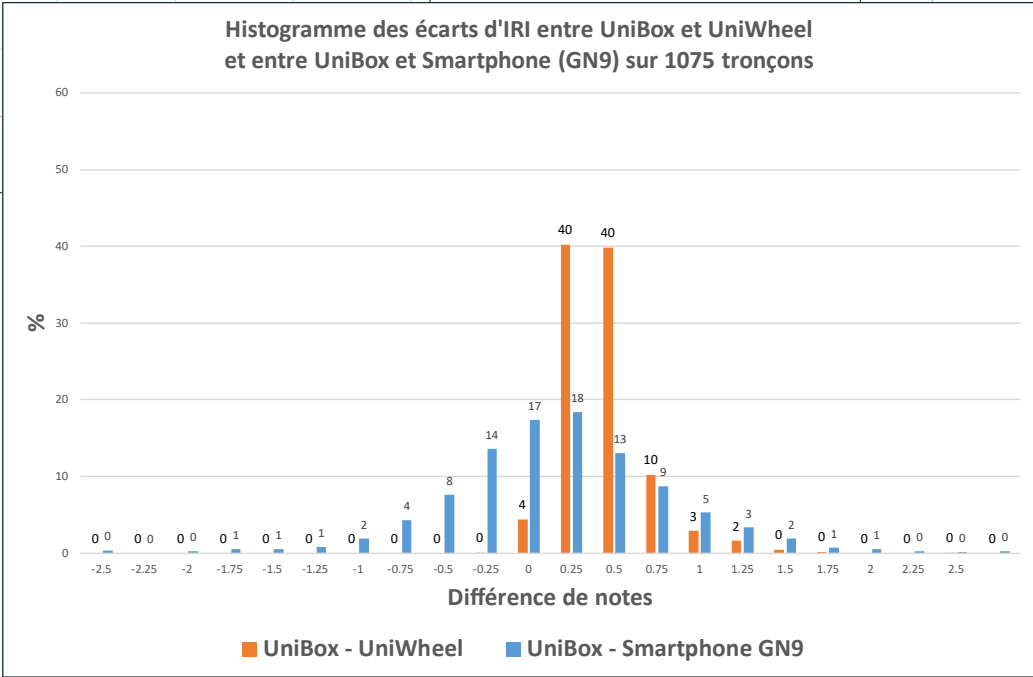
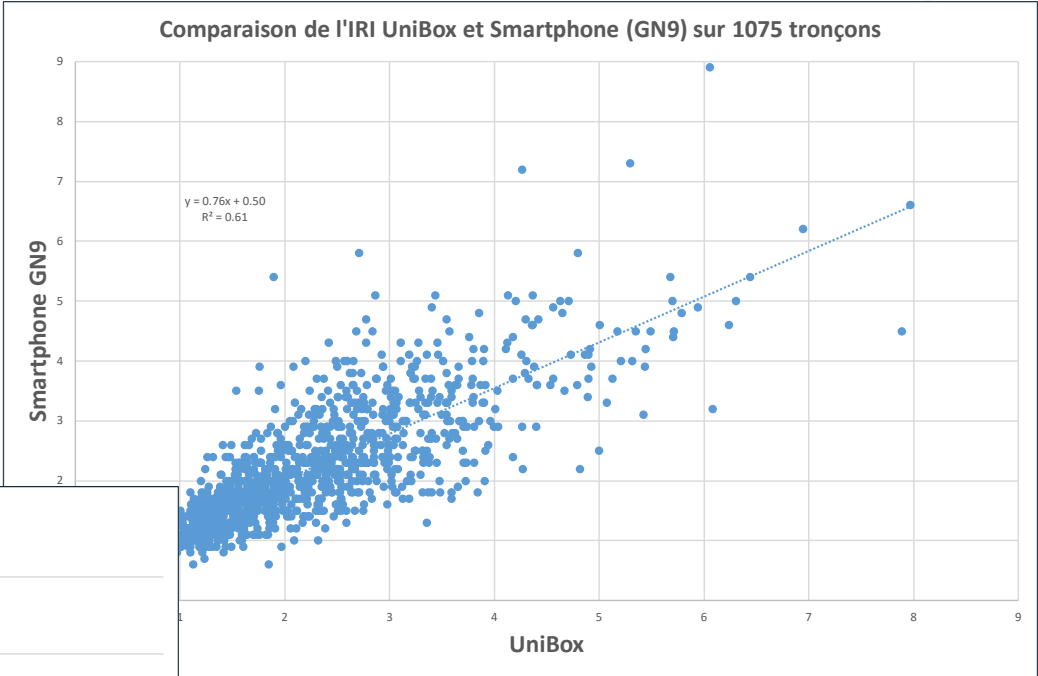
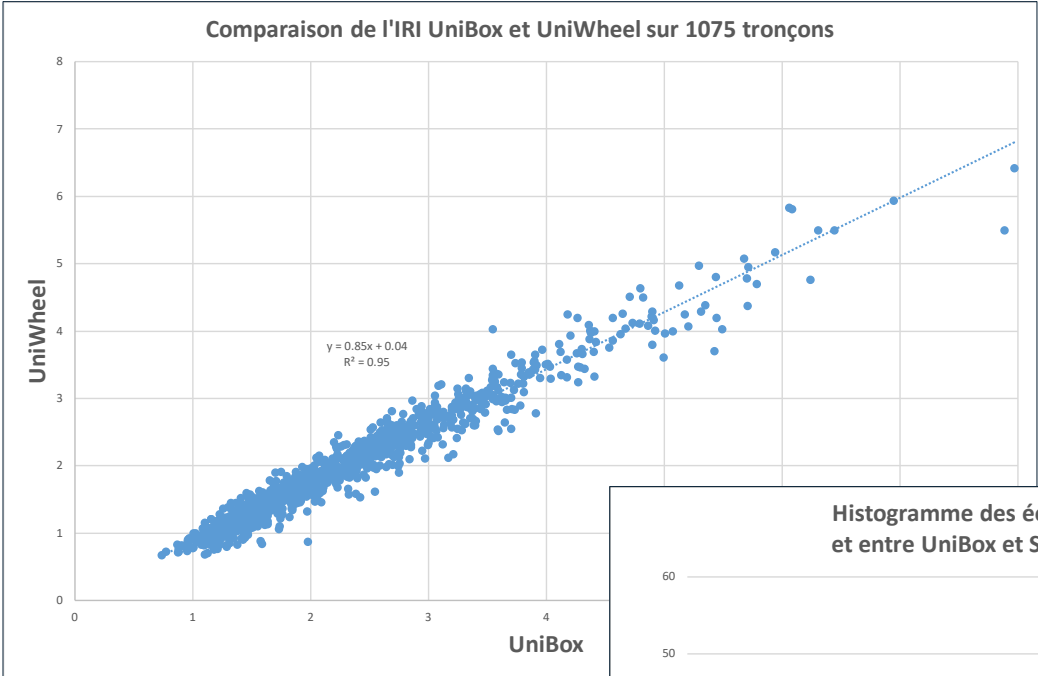


UBox – UWheel : 97 % écarts ≤ 1

UBox – Smartph : 70 % écarts ≤ 1
91 % écarts ≤ 2



Synthèse des comparaisons UniBox, UniWheel, Smartphone sur l'IRI (indicateur non borné)



UBox – UWheel : 85 % écarts ≤ 0.5
95 % écarts ≤ 0.75

UBox – Smartph : 90 % écarts ≤ 1



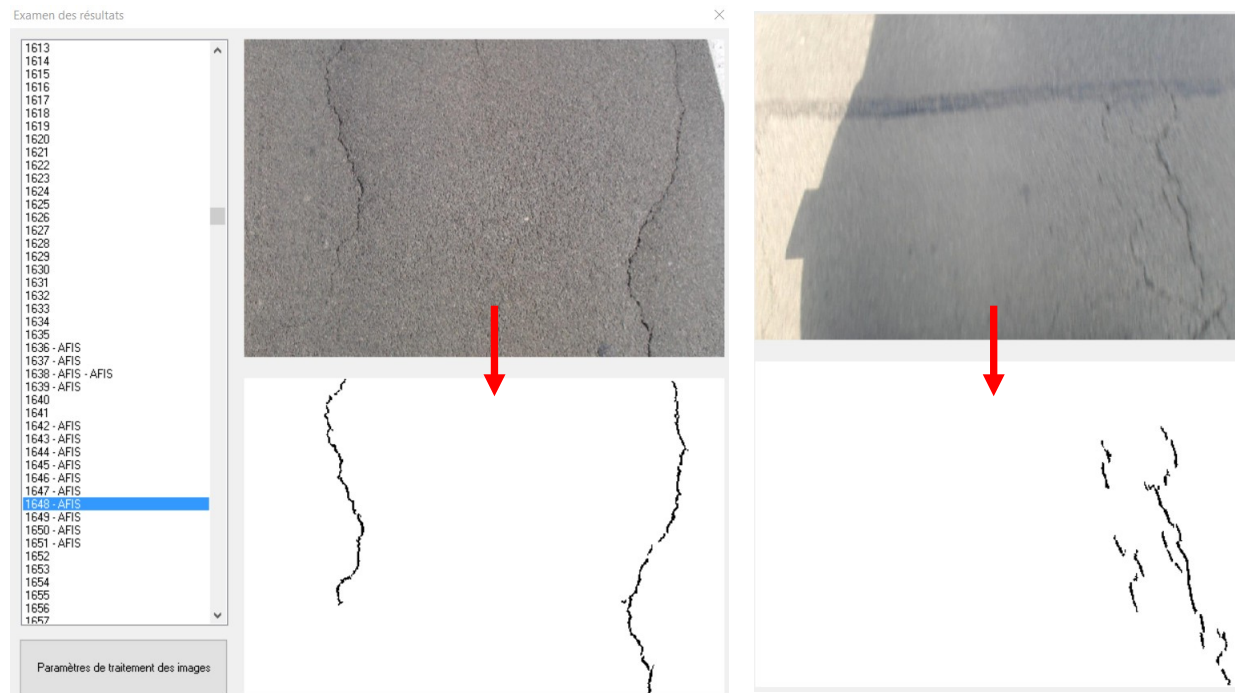
Mesure et exploitation automatisées de la fissuration

La déformation c'est bien, mais avec la fissuration, (et une notion d'adhérence ?) c'est mieux !! → mise au point d'un relevé sommaire de la fissuration (+ glaçage et ressuage ?) associée à une exploitation automatisée selon le concept Miranda



Webcam

Algorithmes de segmentation par classification et seuillage



Mesure et exploitation automatisées de **la fissuration**

La déformation c'est bien, mais avec la fissuration, (et une notion d'adhérence ?) c'est **mieux !!** → mise au point d'un relevé sommaire de la fissuration (+ glaçage et ressuage ?) associée à une exploitation automatisée selon le concept Miranda



Exploitation par intelligence artificielle

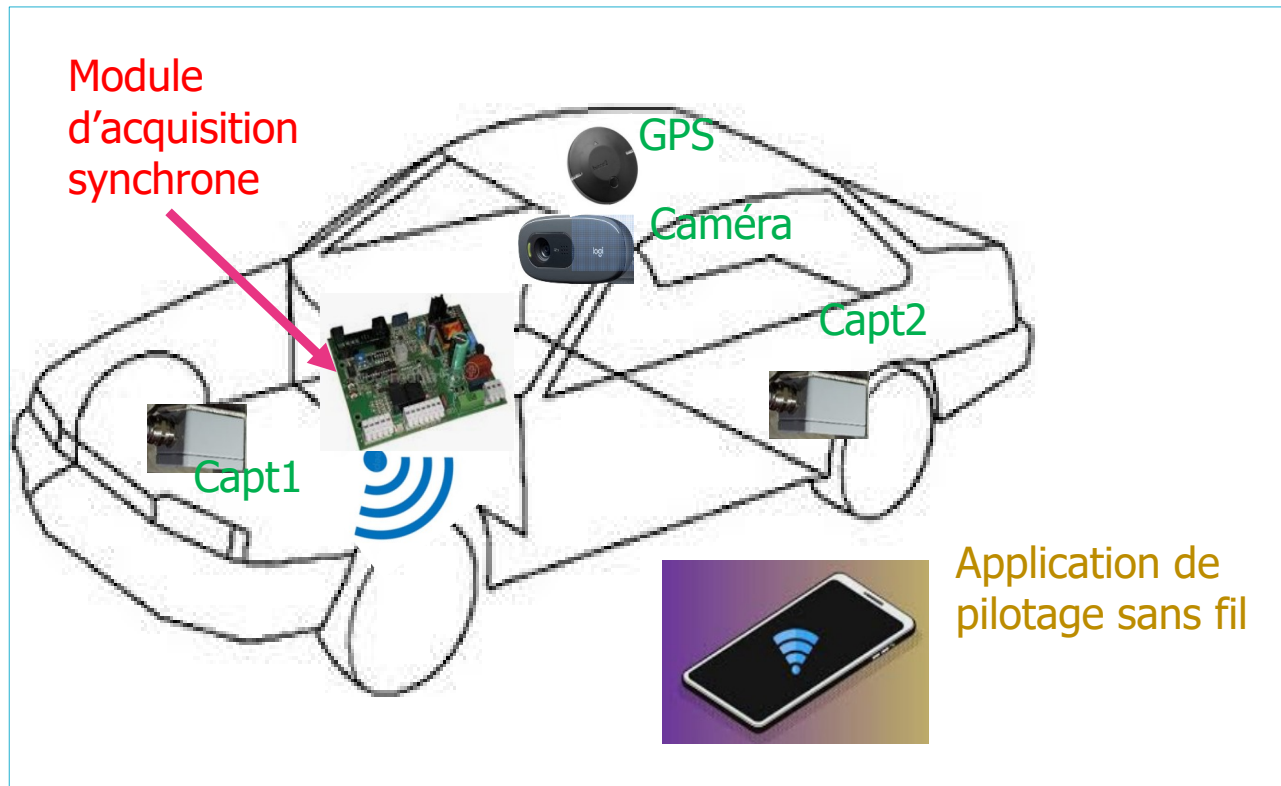


Avec IA, l'adhérence via la détection des zones de ressuage ou glaçage semble appréhendable

Pour la détection simultanée de la déformation et des dégradations

MASCAROAD

Module d'Acquisition Synchronise de Capteurs pour l'Auscultation Routière



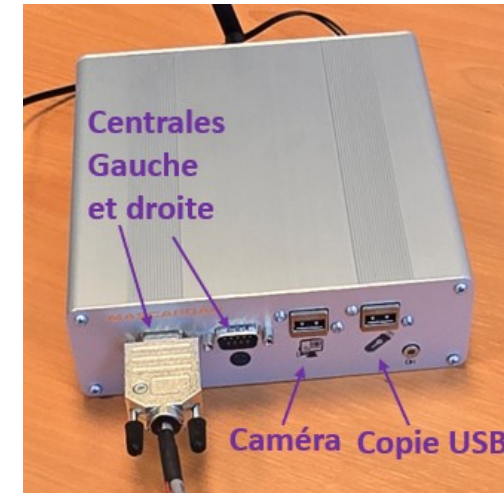
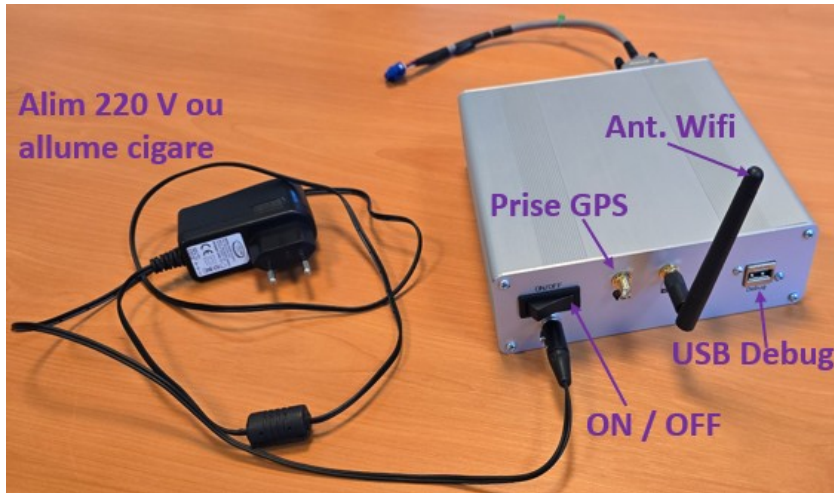
Exemple de véhicule instrumenté (UGE)
avec 2 UniWheel + Webcam + GPS



Pour la détection simultanée de la déformation et des dégradations

MASCAROAD

Module d'Acquisition Synchrone de Capteurs pour l'Auscultation Routière



IHM
Smartphone

Acquisition

Il reste 250 minutes ou km à 70km/h Espace utilisé: 7.16%

Centrale Gauche

acxg	99.989998
acyg	73.325996
aczg	1023.231018
Orientation	Haut

Centrale Droite

acxd	163.317001
acyd	-49.994999

Prendre une Photo

Prendre une photo Inverser haut/bas Inverser gauche/droite

Données GPS

Latitude	47.155124
Longitude	-1.64495
Vitesse	0 km/h
Distance	11471.632059 m

Enregistrement

Start Recording

Pas en statique: 150

Envoyer le Pas

Offset dynamique à 36km/h (cm): 12

Envoyer l'offset

En cours de
validation

Outil simplifié d'aide à l'entretien pour les petits réseaux

A partir de grilles de décisions d'entretien paramétrables selon les % de fissuration, le niveau de déformation, et le niveau de perte d'adhérence (si connu)

Exemple de grille d'entretien

- Pdt : Pas de travaux
- Aa : alerte adhérence
- Af : alerte fissuration
- Ad : alerte déformation
- PAT : point à temps
- ESU : enduit superficiel d'usure
- RepLoc : réparation localisée
- RepGen : réparation généralisée

Déformations	Fissuration	Perte Adhérence		
		S1a (10 % par ex.)	S2a (30 % par ex.)	100 %
S1d (10 % par ex.)	S1f (10 % par ex.)	PdT	Aa	ESU
	S2f (30 % par ex.)	Af	PAT	ESU
	100 %	ESU	ESU	Prio(ESU)
S2d (30 % par ex.)	S1f (10 % par ex.)	Ad	Ad + Aa	RepLoc + ESU
	S2f (30 % par ex.)	Ad + Af	PAT	RepLoc + ESU
	100 %	RepLoc + ESU	Prio (RepLoc + ESU)	Prio (RepLoc + ESU)
100 %	S1f (10 % par ex.)	RepGen + ESU	RepGen + ESU	Prio (RepGen + ESU)
	S2f (30 % par ex.)	RepGen + ESU	RepGen + ESU	Prio (RepGenc + ESU)
	100 %	Prio (RepGen + ESU)	Prio (RepGen + ESU)	Prio (RepGen + ESU)

Seuils S1 et S2 paramétrables pour chaque indicateur

Voir article RGRA 981 : « Nouveaux outils pour l'auscultation du réseau secondaire – retour d'expérimentations »

Jean-Marc MARTIN

jean-marc.martin@univ-eiffel.fr

02.40.84.58.45

