

The background features a collage of six images: a modern building with a bicycle, a mountain landscape, a pedestrian crossing, a green roof, a bridge, and a concrete structure.

 **CONGRÈS DE
L'IDRRIM**
Institut Des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité

MARDI 14 JUN 2016 / 14h30 – 16H00
SESSION N°4 : AUSCULTATIONS ET
DIAGNOSTICS SUR INFRASTRUCTURES

14 • 15 JUIN

PARIS • PORTE DE VERSAILLES
PAVILLON 1

AUSCULTATION ET DIAGNOSTIC SUR INFRASTRUCTURES

- ✓ Auscultation des chaussées par système bas-coût
- ✓ Gestion et entretien des ouvrages d'art – Les principales techniques d'auscultation non-destructives et de diagnostic en laboratoires des ouvrages d'art « pathologiques »
- ✓ La surveillance des ouvrages d'art ferroviaires : méthodes et outils mis en œuvre par SNCF Réseau





Auscultation des chaussées par systèmes à bas coût

Jean-Marc MARTIN - IFSTTAR Nantes

Plan

- ✓ **Contexte et objectifs**
- ✓ **Un exemple d'outil équipé de capteurs à bas coût**
- ✓ **Un démonstrateur d'auscultation automatisée par véhicules traceurs**
- ✓ **Perspectives**



> Contexte

Situation économique où tous les acteurs de la profession routière recherchent une **optimisation des moyens** (travaux, auscultation, gestion)

Attente forte en matière **d'auscultation de premier niveau** et qui soit 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

Les appareils traditionnels, qui ont fait leur preuve, présentent aujourd'hui des **inconvenients** :

- parc d'appareils parfois difficile à maintenir (capteurs obsolètes non remplaçables)
- renouvellement d'appareils onéreux donc limité (appareils > 100 K€)
- utilisation non compatible sur tous les types de réseaux (ex : réseau secondaire)
- coût élevé de la mesure
- procédures d'exploitation et d'alimentation des bases de données parfois fastidieuses

> Objectifs

Les récents travaux de l'IFSTTAR portent sur le développement d'outils :

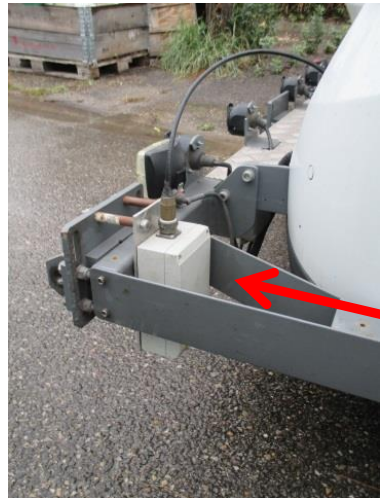
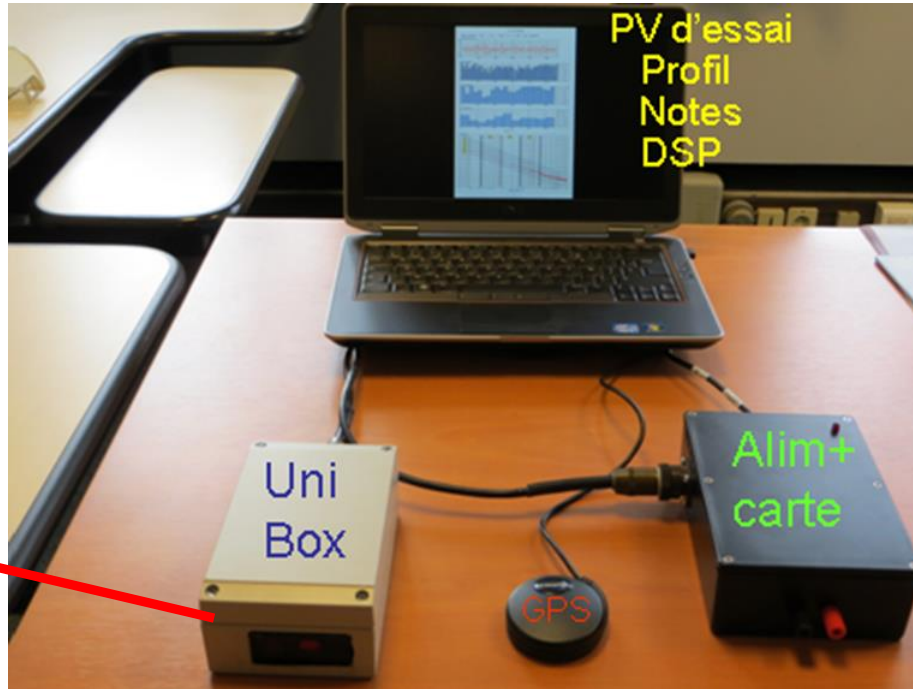
- dotés de technologies à bas coût
- suffisamment précis pour estimer les grandeurs recherchées
- associés à des routines de traitement automatiques permettant une consultation des résultats en quasi temps réel par un non spécialiste
- ayant vocation à être complémentaires aux outils existants
- adaptés aux réseaux habituellement non auscultés

Deux exemples de développements récents qui vont dans ce sens:

- **L'UniBox** : appareil de mesure du profil en long basé sur le principe d'un appareil existant mais avec des capteurs à bas coût
- **MIRANDA** : démonstrateur de mesures routières par véhicules traceurs et d'exploitation automatisée des données



L'UniBox

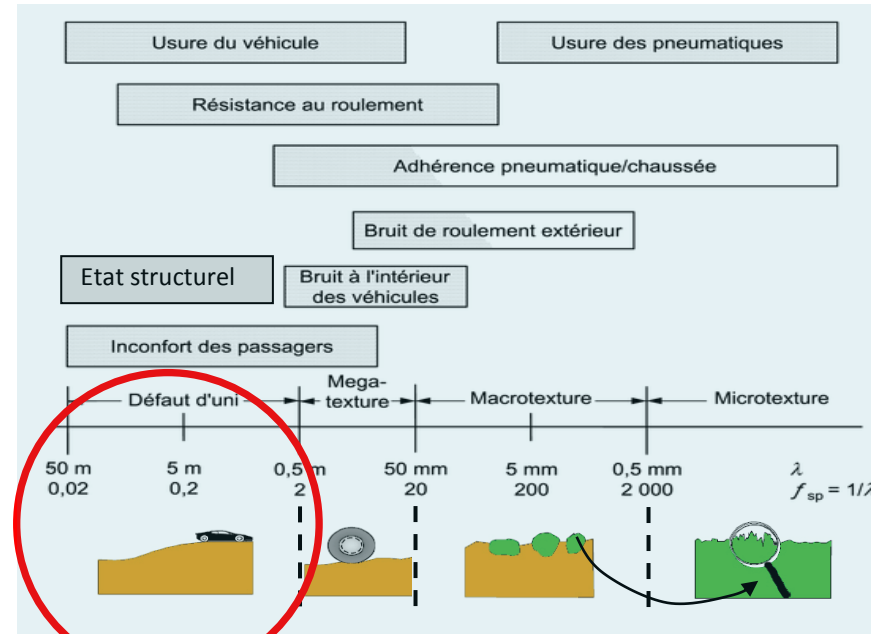
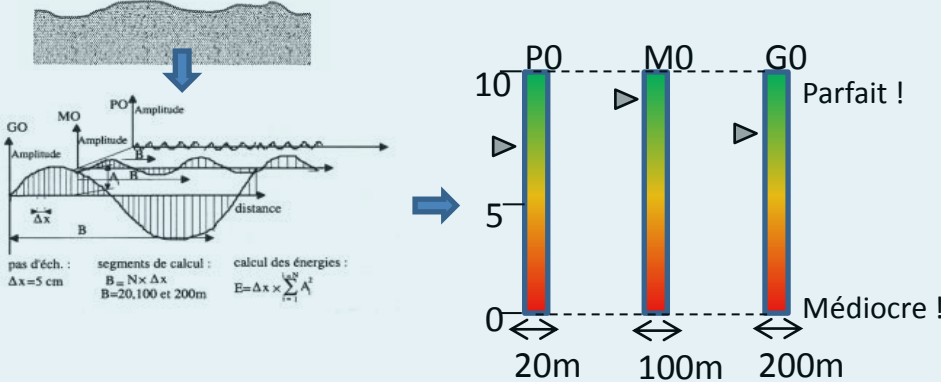


Un outil économique de mesure du profil en long

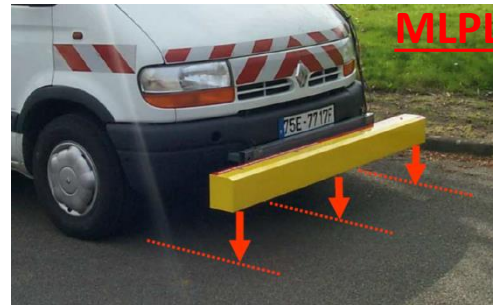
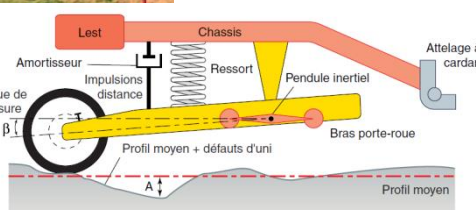
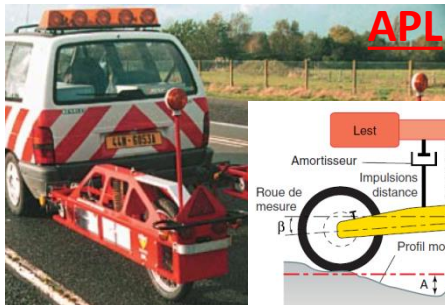
Rappels sur la mesure d'uni longitudinal



Décomposition du profil dans 3 bandes d'ondes



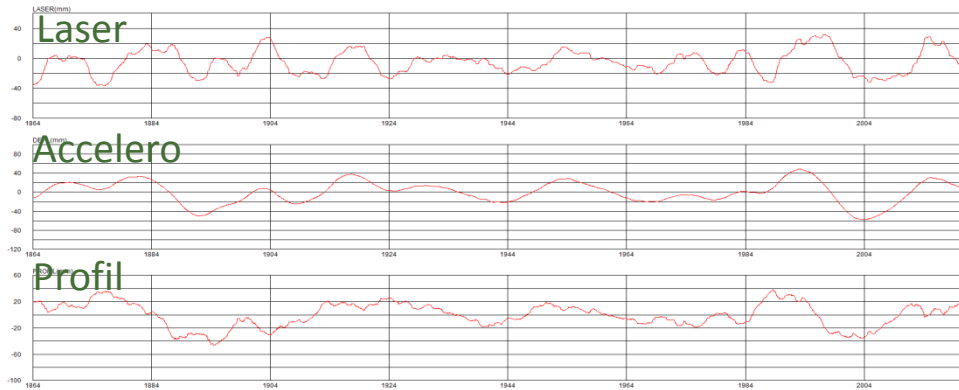
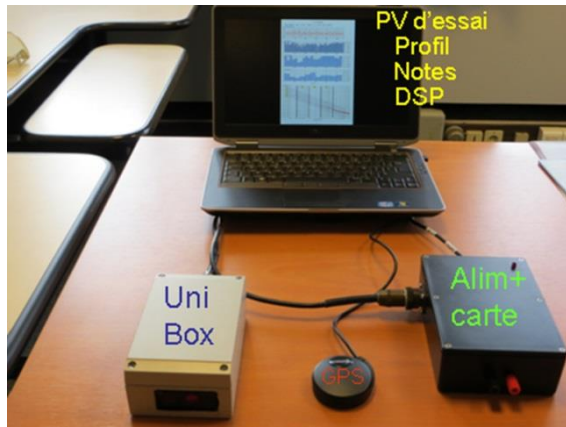
- Réception couche de roulement après travaux
- Evaluation de réseau principal
- Exploités par le CEREMA et quelques sociétés privées
- Coût : > 100 k€



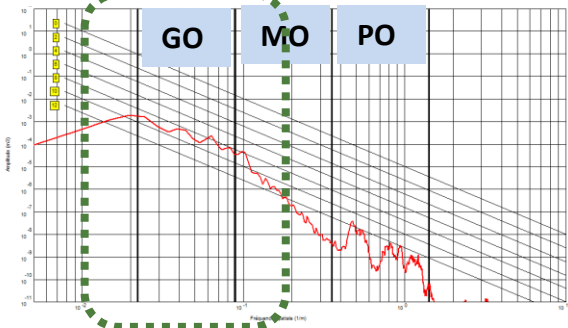
Caractéristiques de l'UniBox

Un outil économique de mesure du profil en long : < 15 k€

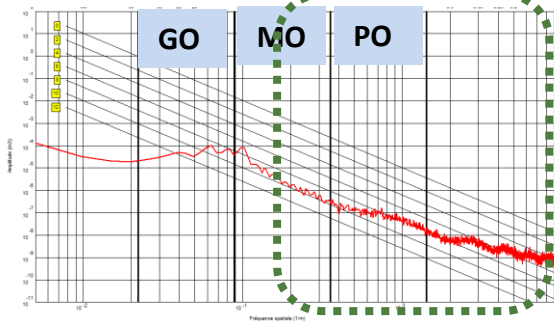
- Basé sur le principe du MLPL (combinaison accéléromètre + laser)
- Equipé de capteurs à bas cout suffisamment précis pour la mesure d'uni
- Equipé d'un petit récepteur GPS (géolocalisation + fonction distance)
- Optionnellement doté d'une webcam pour filmer de l'environnement routier
- Associable à tout type de véhicule



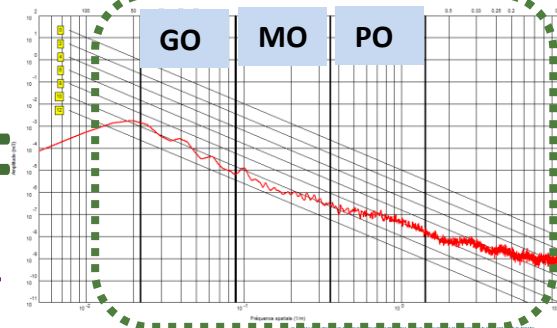
Réponse spectrale accélero



Réponse spectrale laser



Réponse spectrale profil



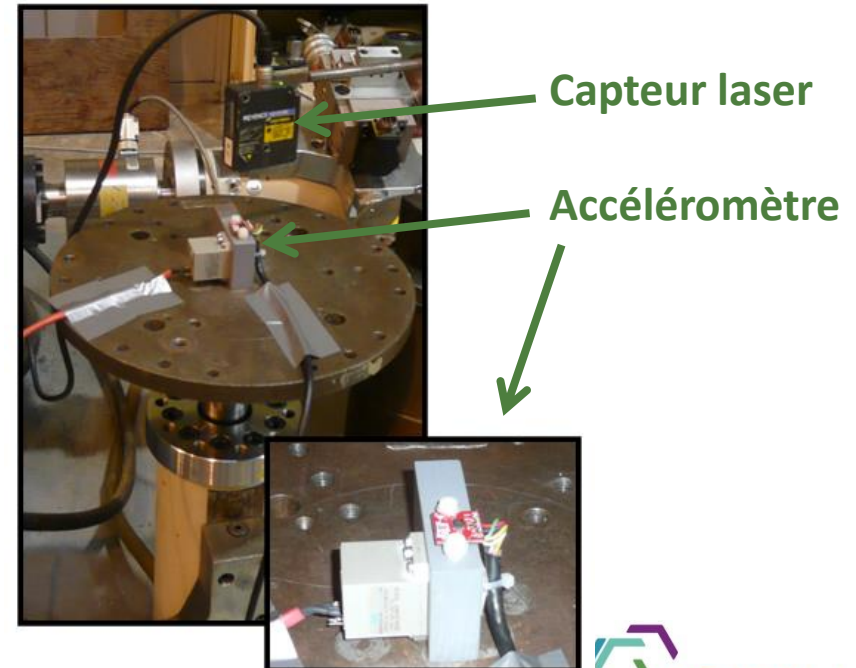
Qualification de l'UniBox

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



Qualification de l'UniBox

Sur route par comparaison aux appareils de référence (APL et MLPL)

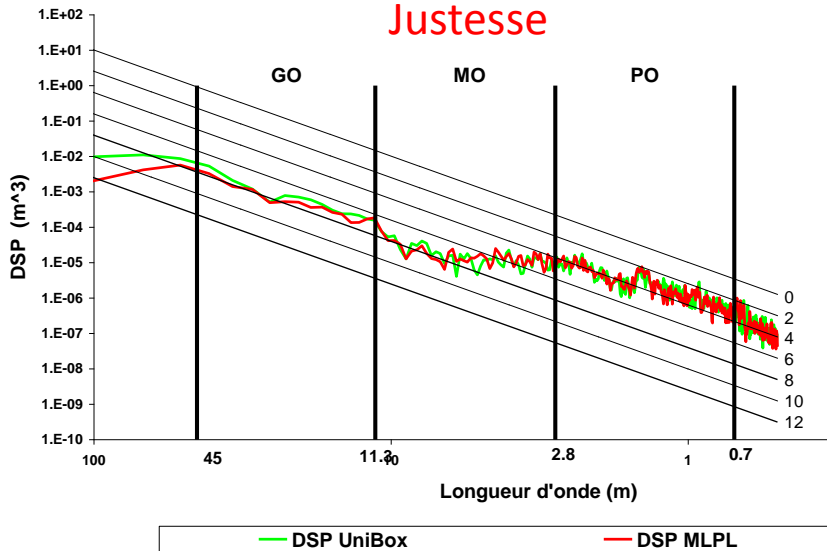
- Chantier neuf : mesures sur la couche de forme et la couche de roulement
- Chantier d'entretien : mesures avant et après fraisage et mesures sur la couche de roulement après rechargement
- Chantier d'entretien : mesures sur couche de roulement présentant des défauts périodiques



Qualification de l'UniBox

Chantier neuf sur couche de forme : UniBox / MLPL

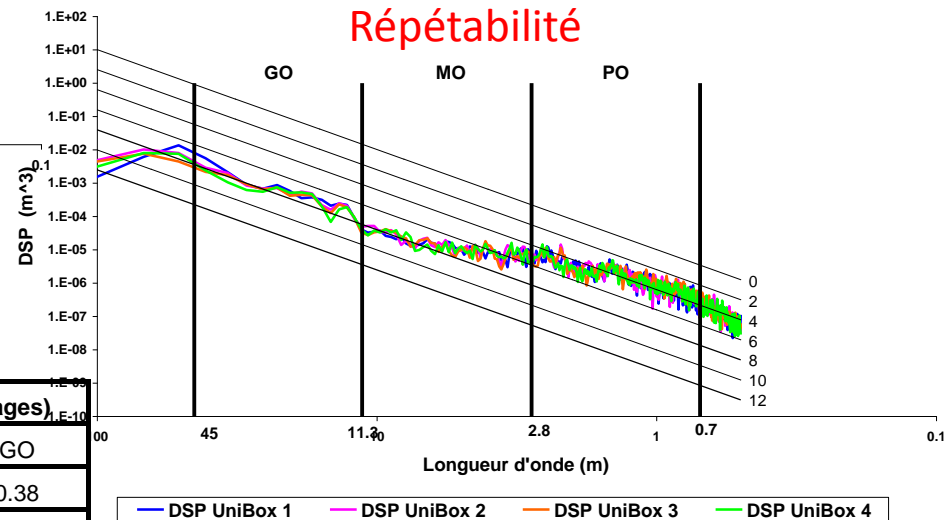
Comparaison entre la densité spectrale de l'UniBox et du MLPL
Beaurepaire - Couche de forme - Sens : P125 - P49



Justesse



Répétabilité de la densité spectrale de l'UniBox
Beaurepaire - Couche de forme - Sens : P49 - P125



Répétabilité

Sens	Justesse : UniBox / MLPL			Répétabilité UniBox (4 passages)		
	PO	MO	GO	PO	MO	GO
P125->P49	0.25	0.15	-0.6	0.71	0.59	0.38
P49->P125	0.3	0.15	-0.6	0.61	0.39	0.55
Deux sens	0.28	0.15	-0.60	0.66	0.49	0.46

Les mesures PO sur couche de forme n'ont que très peu d'intérêt

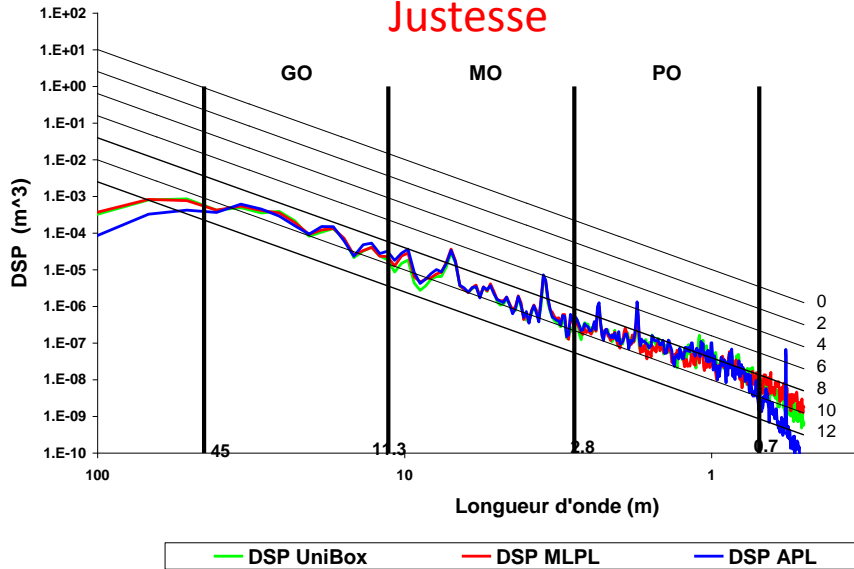
Qualification de l'UniBox

Chantier neuf sur CR : UniBox / MLPL / APL



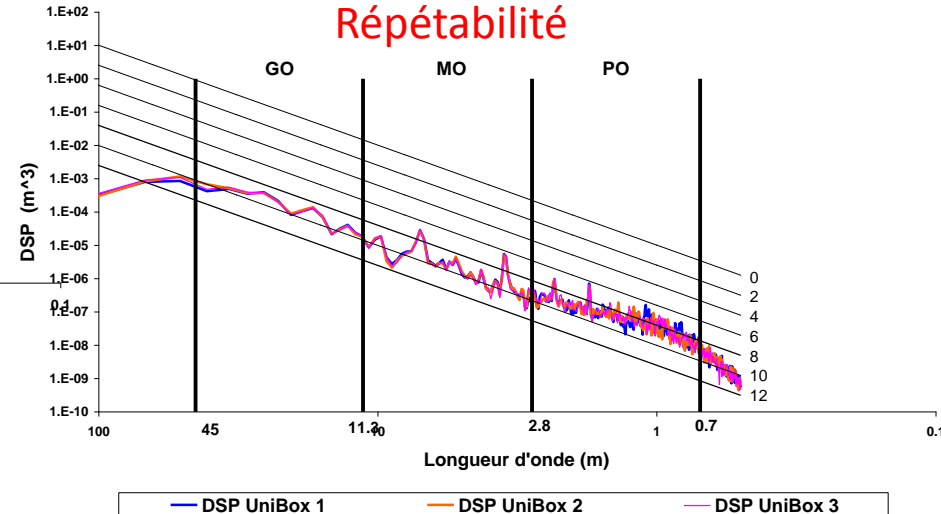
Comparaison entre la densité spectrale de l'UniBox, du MLPL et de l'APL
Beaurepaire - Couche de roulement - P60 - P125

Justesse



Répétabilité de la densité spectrale de l'UniBox
Beaurepaire - Couche de roulement - P60 - P125

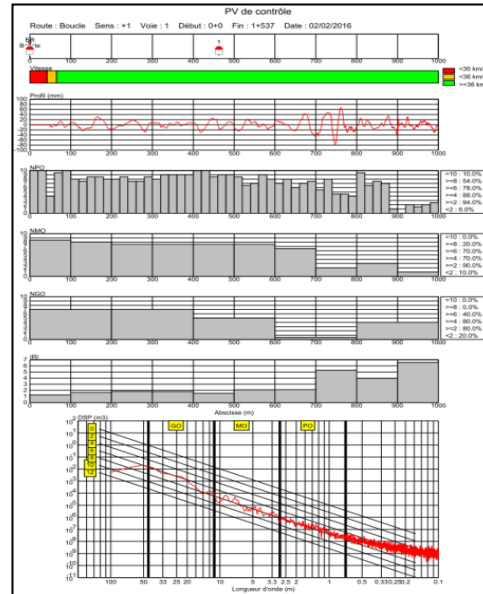
Répétabilité



Voie	Justesse : UniBox / MLPL			Justesse : UniBox / APL			Répétabilité UniBox (4 passages)		
	PO	MO	GO	PO	MO	GO	PO	MO	GO
P60-P125	-0.11	0.4	0	0.19	0.5	0	0.33	0.09	0.12

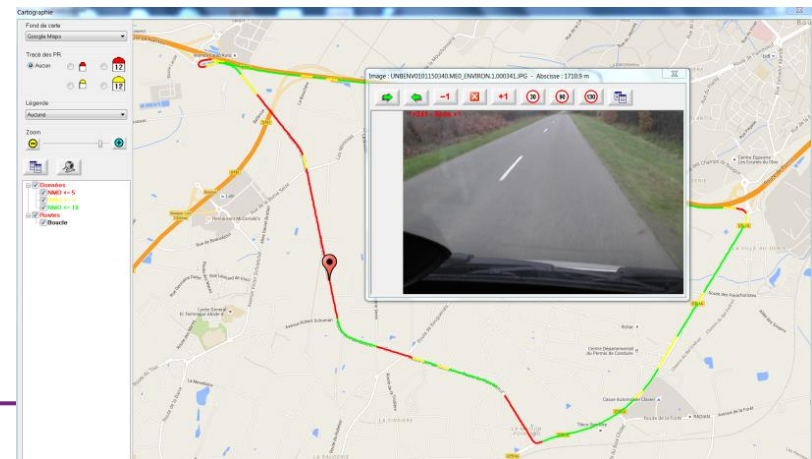
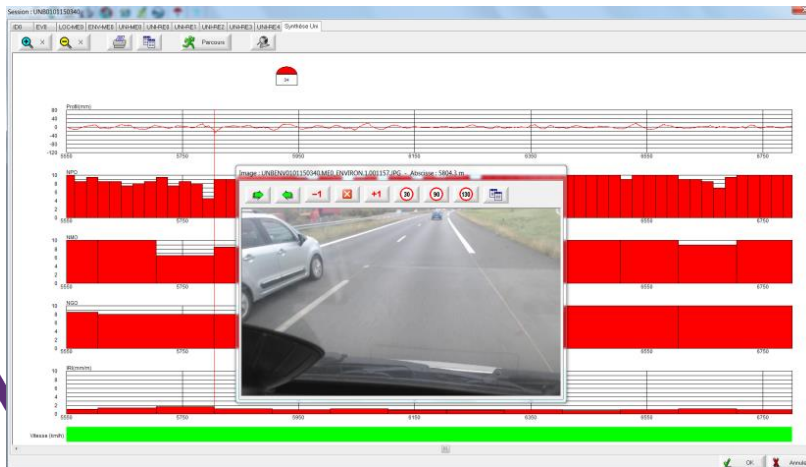
UniBox : exploitation des mesures

Automatique à la fin de la mesure avec création d'un fichier de synthèse



- Profil
- PO
- MO
- GO
- IRI
- DSP

En bureau avec assistance vidéo et cartographie



> UniBox : Valorisation

Appareil qualifié 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)

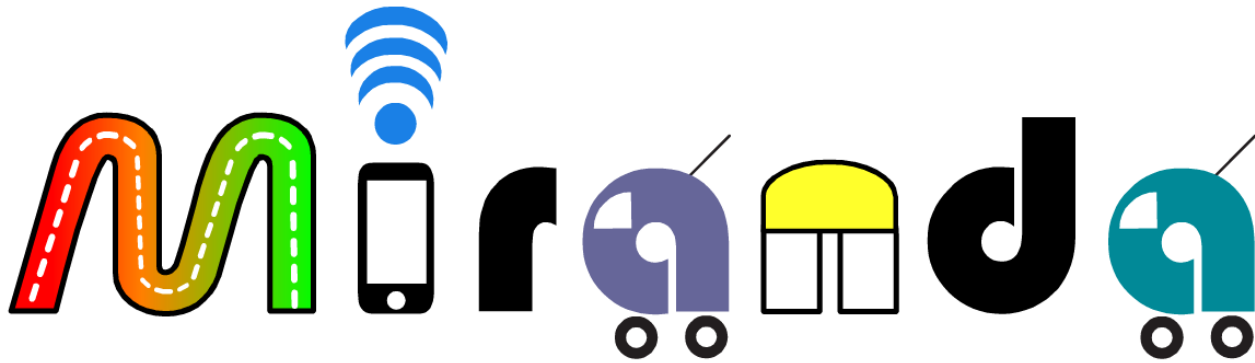
- Auto contrôle sur chantier en cours de réalisation (ex: doublement A9)
- Evaluation de réseau (zone d'action du labo d'Aix)

Sensibilisation aux 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 sur couches intermédiaires
- 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
- Alternative au Bump Integrator pour la mesure de l'IRI dans les PVD
- Exploitable par le logiciel d'exploitation standard « APL 2000 »

Appareil diffusé par les sociétés Vectra et Logiroad (>10 commandes)

L'auscultation par véhicules traceurs



**Mesure d'Indicateurs Routiers Automatisée
par appareils Nomades d'Auscultation**



Contexte et objectifs

- 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
- **Automatisation de la phase d'exploitation** des données pour une consultation rapide et aisée des indicateurs pertinents (autonomie du gestionnaire de réseaux)
- **Auscultations traditionnelles mieux ciblées** territorialement et temporellement

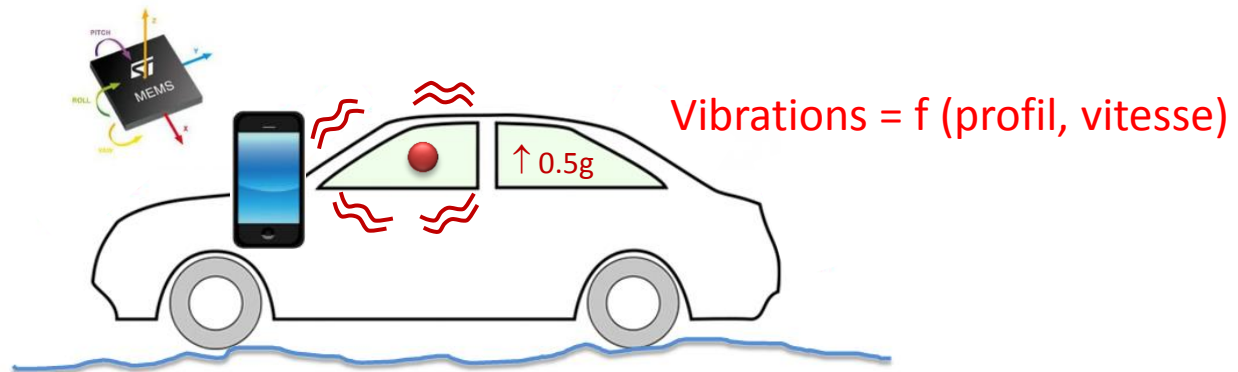
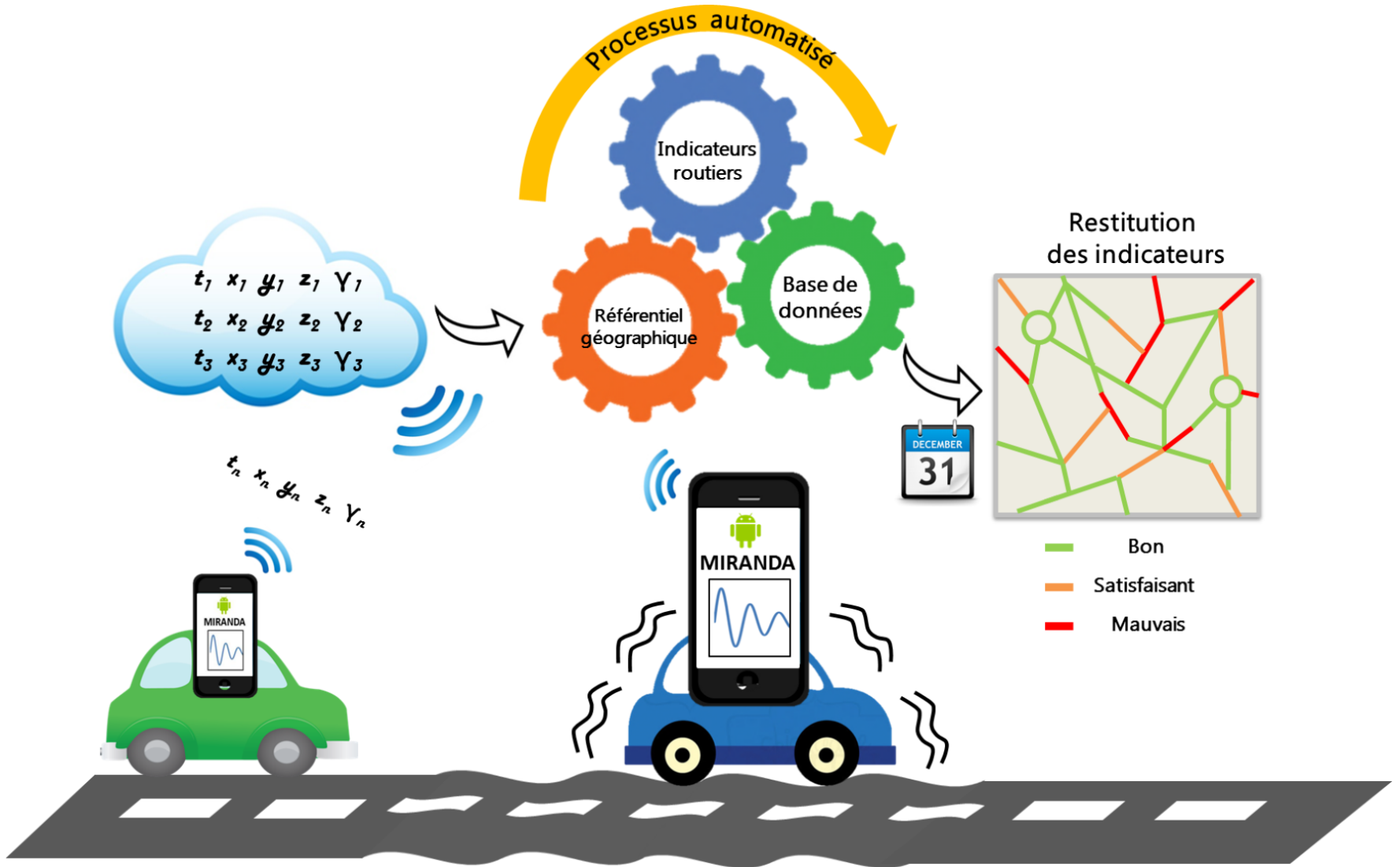
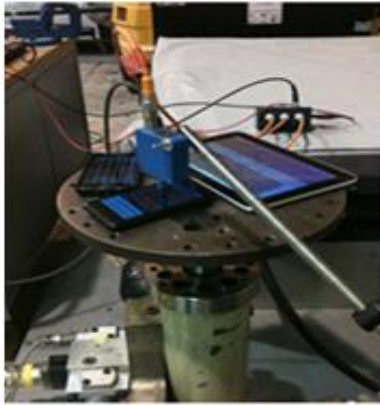


Illustration du démonstrateur

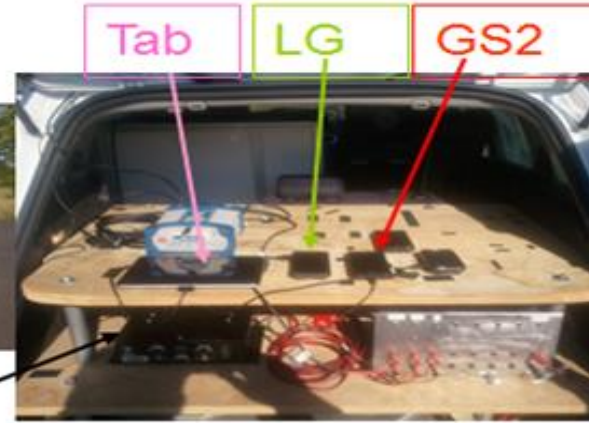


Faisabilité sur banc et sur route

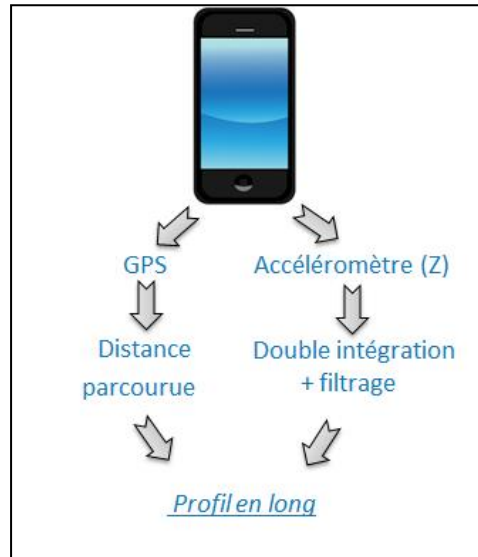
Capteurs internes du smartphone (GPS et accéléromètre)



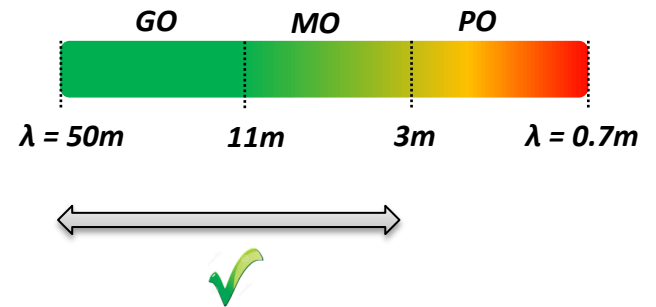
Réf



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

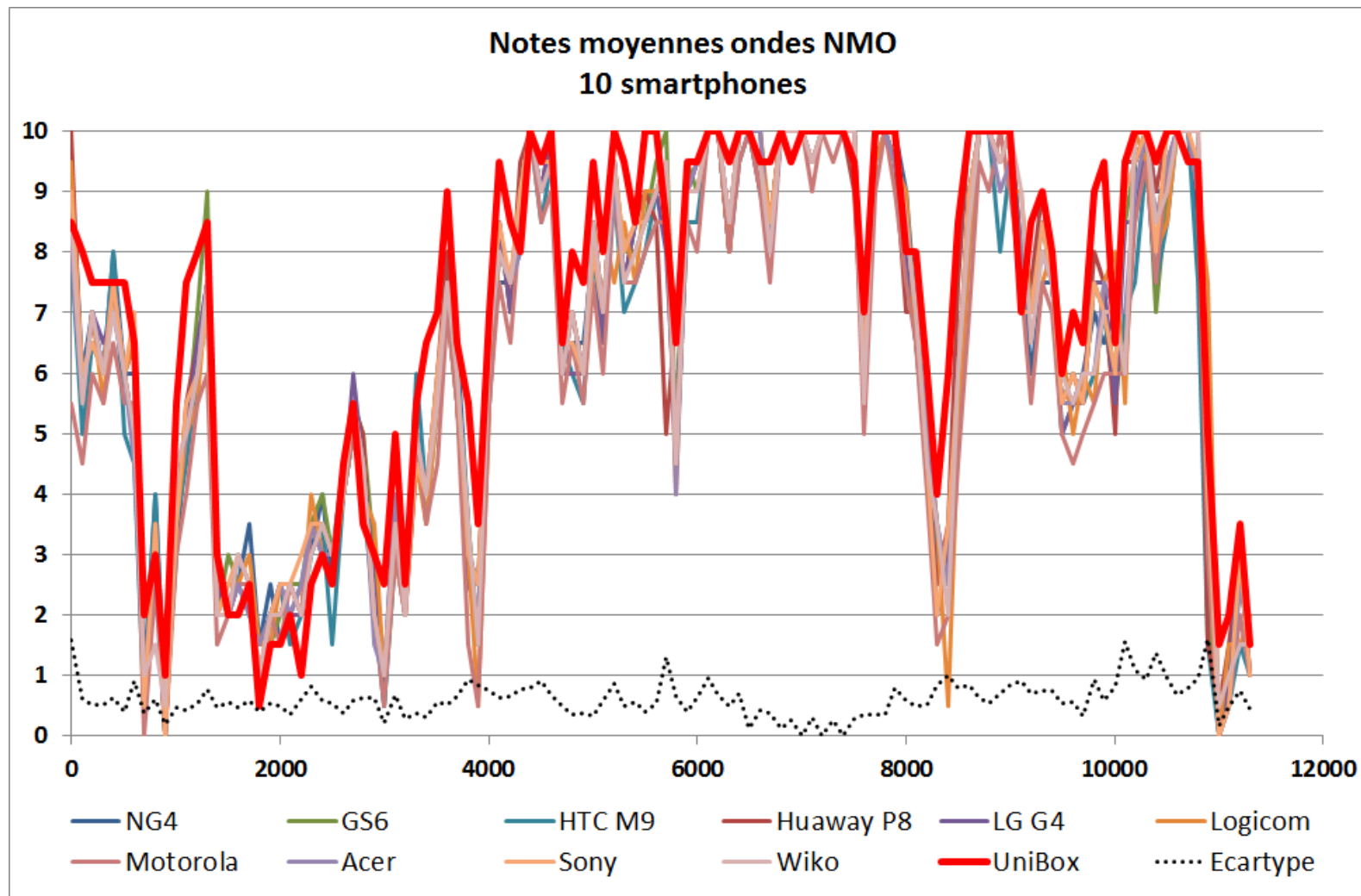


Notation par bande d'onde



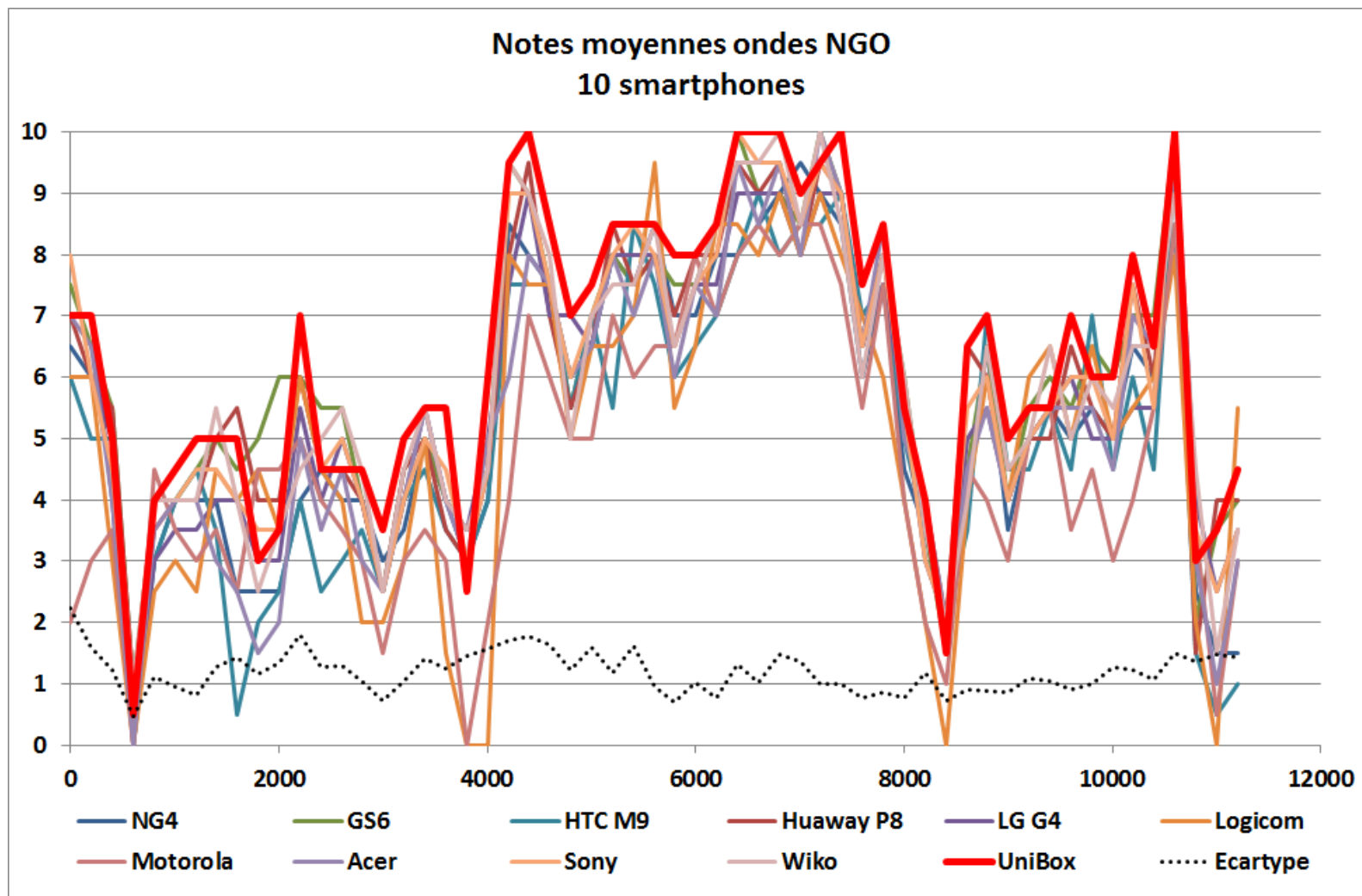
Faisabilité sur route

Comparaison des indicateurs à ceux des appareils de référence : NMO



Faisabilité sur route

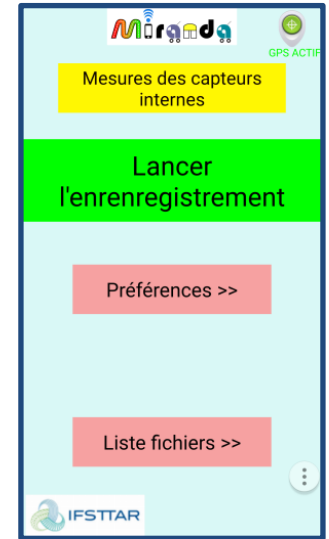
Comparaison des indicateurs à ceux des appareils de référence : NGO



Développement du démonstrateur : des tâches qui s'enchainent automatiquement

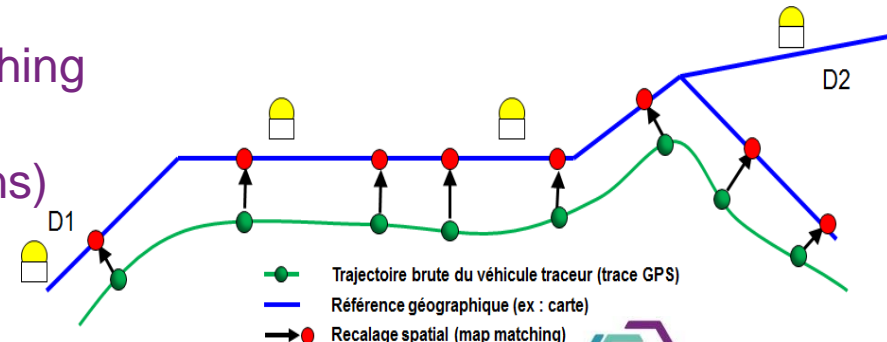
Application Android d'acquisition et de transmission de données vers un serveur

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



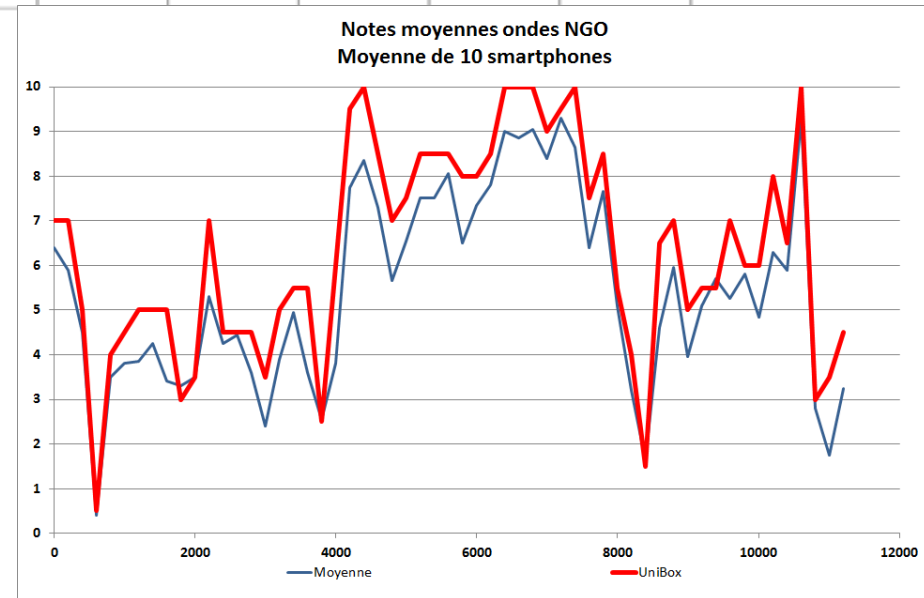
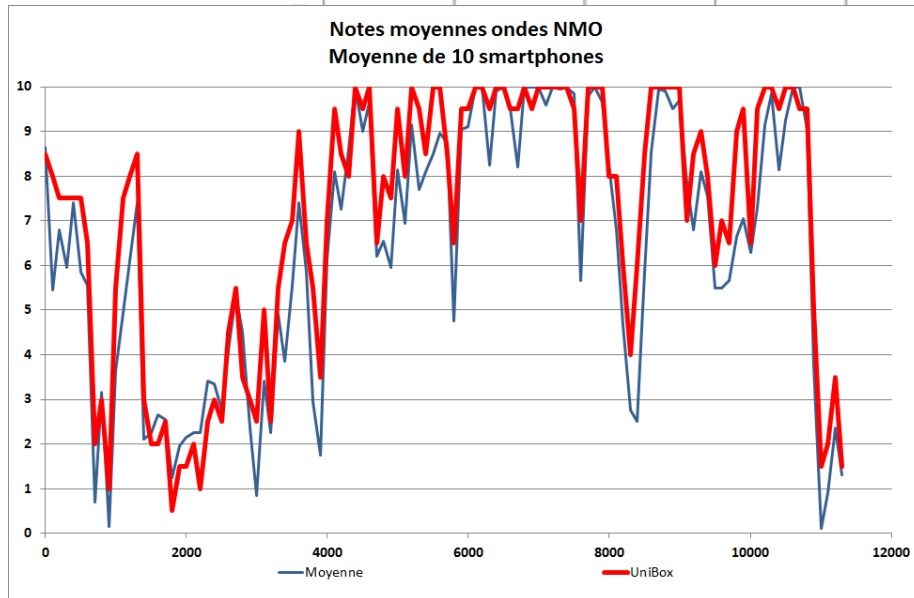
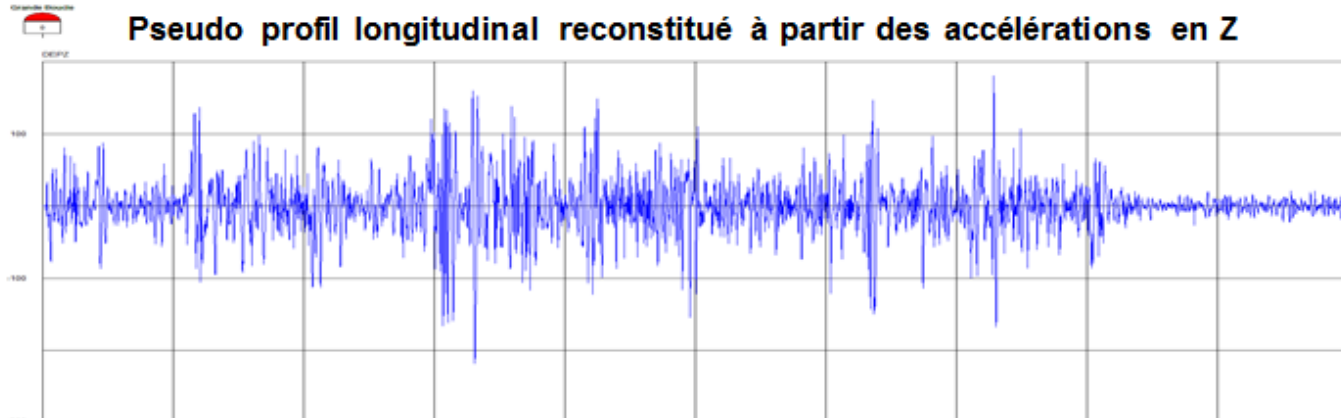
Map matching : recalage des données sur une référence cartographique (BD Topo + PR géolocalisés)

- 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



➤ Développement du démonstrateur : des tâches qui s'enchainent automatiquement

Dans un premier temps, calcul d'indicateurs relatifs à la mesure de profil en long qui sont très souvent bien corrélés à l'état global de la voie



Développement du démonstrateur : des tâches qui s'enchainent automatiquement

Alimentation automatique d'une base de données (sous PostgreSQL)

Note MO **≠ Véhicules, ≠ smartphones**

Table / Champ	Nature	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

Développement du démonstrateur : des tâches qui s'enchainent automatiquement

Requête multicritères et représentation cartographique (avec fusion de données visant à améliorer la fiabilité du résultat)

Expérimentation

Sud ouest 44

4 Utilitaires

Réseau de
1500 km

6000 km de
mesures

Durée : 2
mois

GSR Base de données - Smartphone

Fichier Exploitation Outils ?

Liste des tables Liste des routes Requête 1

Requêtes smartphone Exécuter la requête

Données à traiter

Bande: PO MO GO IRI

Route: Toutes les routes

Période d'analyse: du: 01/06/2014

Afficher les mesures

au: 15/03/2016

Contraintes à vérifier

Sens: +1 -1 Les deux

Capteur: GS1; GS2; HTE; HTX; LGO; MOT; TAB; BLU

Véhicule

Type: VL; UTIL; PL

Modèle: Immatriculation:

Activer le filtrage vitesse >= 40 km/h Activer le filtre statistique

Opérations

Minimum Maximum Moyenne Ecart-type Fusion

Fusionner les tronçons voisins identiques

Résultat requête

	Route	Chaussée	PR Déb...	Absciss...	Distanc...	PR Fin	Absciss...	Distanc...	Moyenne	V1	V2	V3	V4
1	D0005	U	0	100	100	0	200	200	8.5	5	8	9	
2	D0005	U	0	200	200	0	300	300	8	5	8	8.5	6
3	D0005	U	0	300	300	0	400	400	7.5		7.5	7	7
4	D0005	U	0	400	400	0	500	500	9	0	10	6.5	10

> Perspectives

Pour l'UniBox

- Suivi de sa diffusion et des retours d'utilisation
- Gestion des demandes d'évolutions mineures
- Réflexion sur les évolutions majeures : bi-trace, détection affaissement, ...

Pour Miranda

- Déploiement dans différents départements (CD50, CD28, CD44,?) dans le cadre d'une convention avec la DGITM
- Etude de nouveaux indicateurs (roulis, géométrie,...)
- Communication avec des capteurs externes additionnels
- Nouvelles fonctionnalités (ajout d'événements par topage ou commande vocale)
- Adapter certaines briques à l'auscultation traditionnelle
- Monitoring d'autres infrastructures (voies ferrées par exemple)
- Réflexion sur la politique d'industrialisation et de diffusion

Etude de nouveaux outils à bas coût

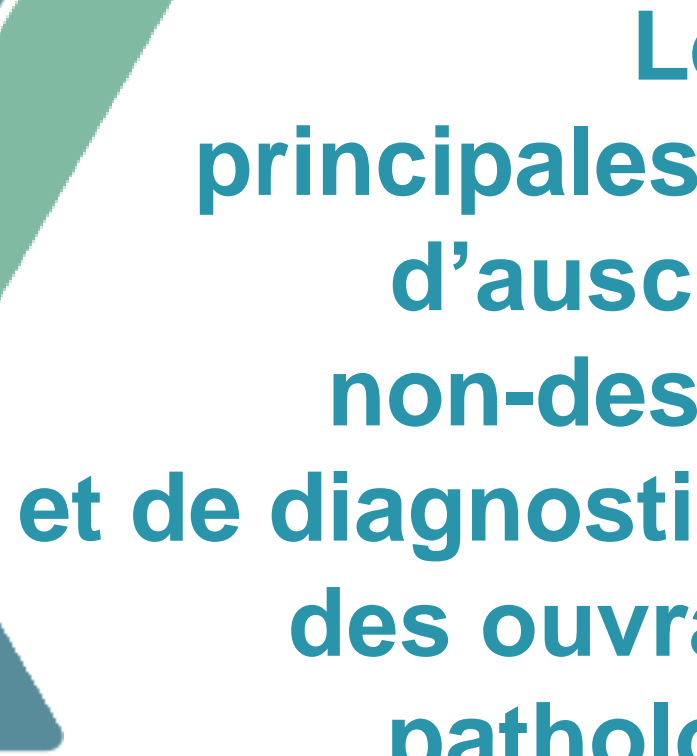
- TP Box (profil en travers)
- Relevé automatique sommaire de dégradations sur images d'environnement

CONGRÈS DE L'IDRIM

Institut Des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité



Merci de votre attention



Les principales techniques d'auscultation non-destructives et de diagnostic en laboratoire des ouvrages d'art pathologiques

bernard.quenee@lerm.setec.fr



Qu'est-ce qu'un ouvrage d'art « pathologique » ?





Qu'est-ce qu'un ouvrage d'art « pathologique » ?

Ouvrage ancien ou dégradé, présentant des désordres, nécessitant un diagnostic d'état :

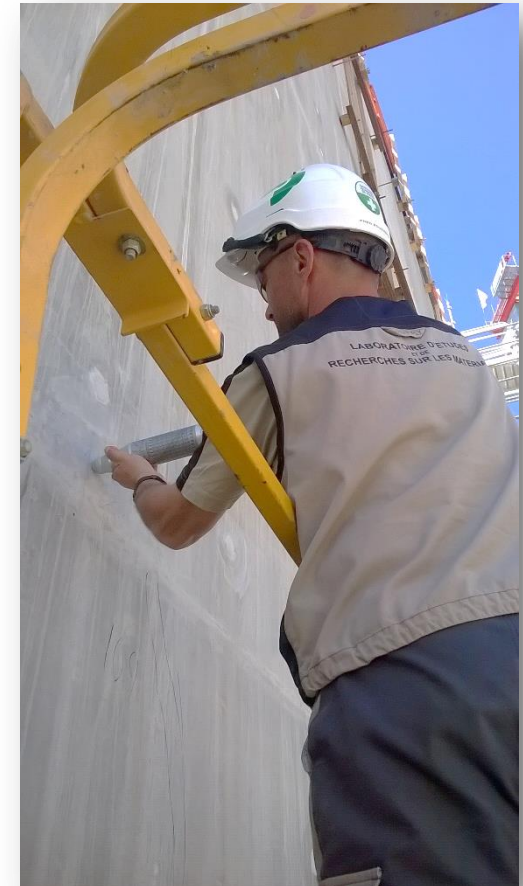
- corrosion, éclatements
- faïençage, fissuration
- flèche anormale, déformations
- défaillance
- ...

Les techniques d'essais non-destructifs



➤ Pourquoi des essais non-destructifs ?

- Non-destructifs...
- Légèreté, facilité de mise en œuvre
- Economes
- Innovants, multi-paramètres
- Rapides et exportables
- Globalisants
- Implantent prélèvements
- Compléments au laboratoire



> Les techniques d'essais non-destructifs

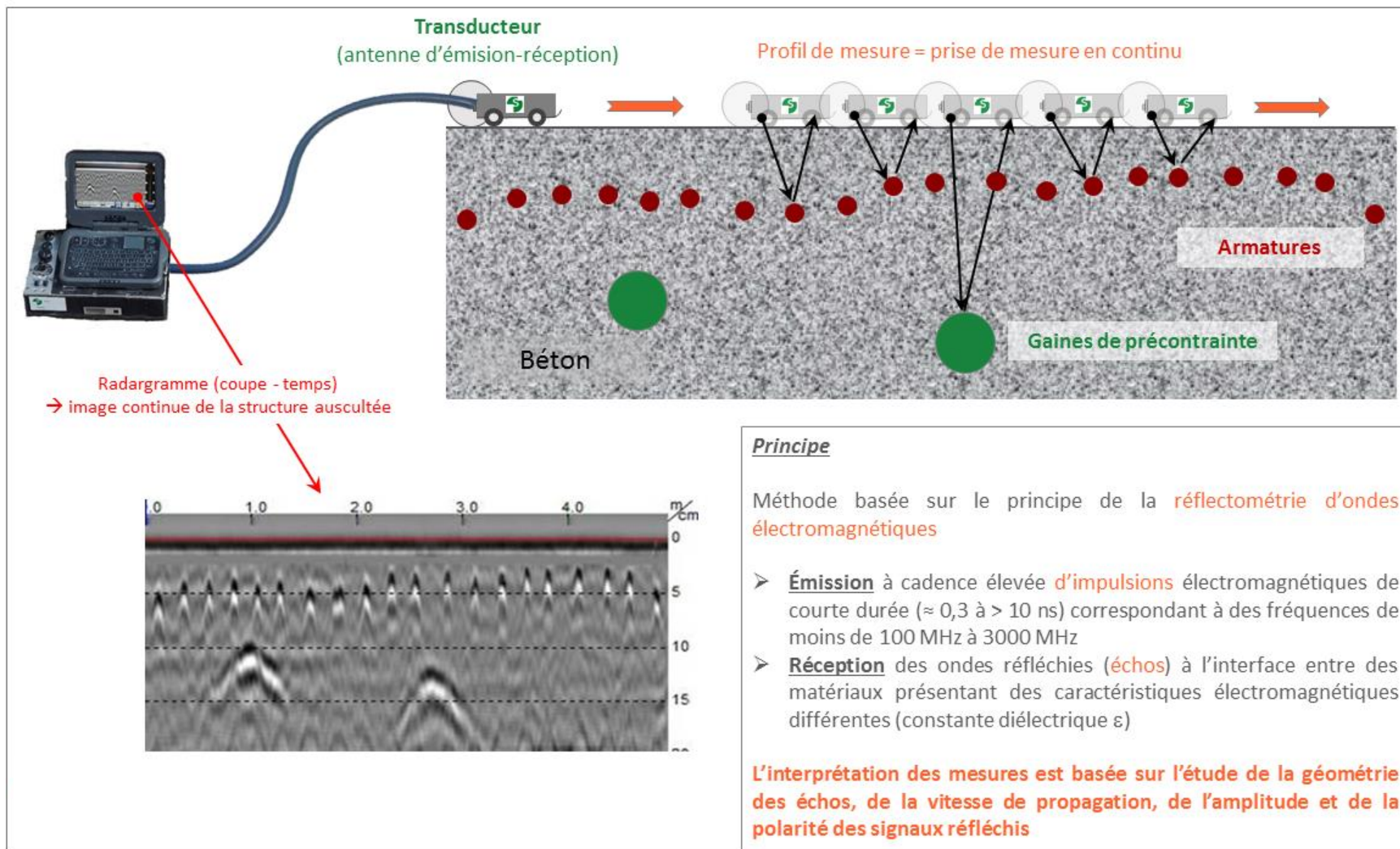
Les plus utilisés :

- Auscultations radar
- Mesures de corrosion
- Mesures d'humidité
- Mesures de la vitesse du son
- Thermographie Infrarouge
- Scléromètre
- Vidéo-endoscope
- Essai à l'arbalète
- ...
- La courburemétrie
- ...
- (l'instrumentation)

Le radar à impulsions



Le radar à impulsions



Le radar à impulsions



**Profondeur d'investigation ~ 50 cm
dans le béton / plusieurs mètres
dans la pierre**

Fréquences antennes
800 MHz à 4 GHz

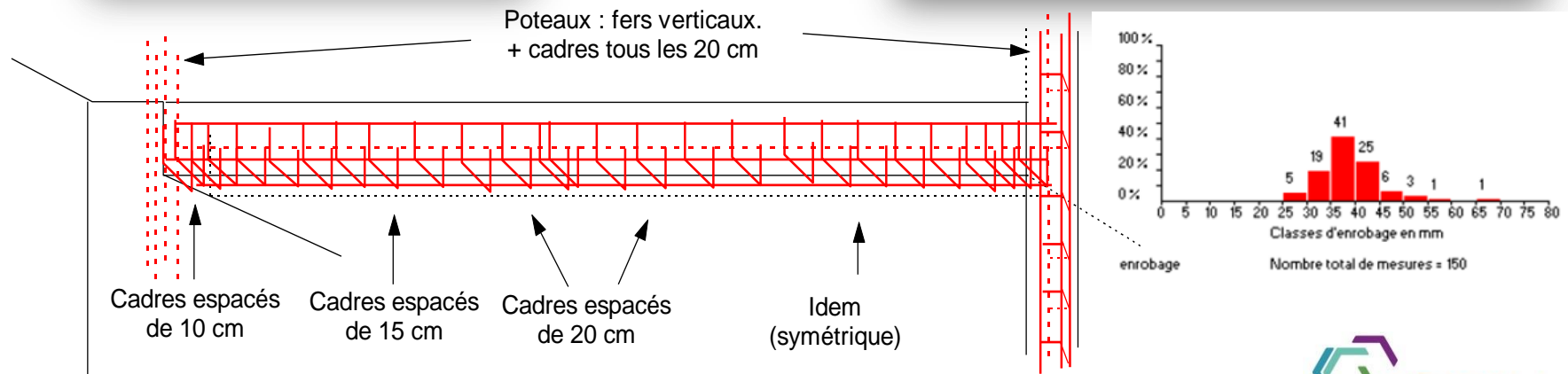
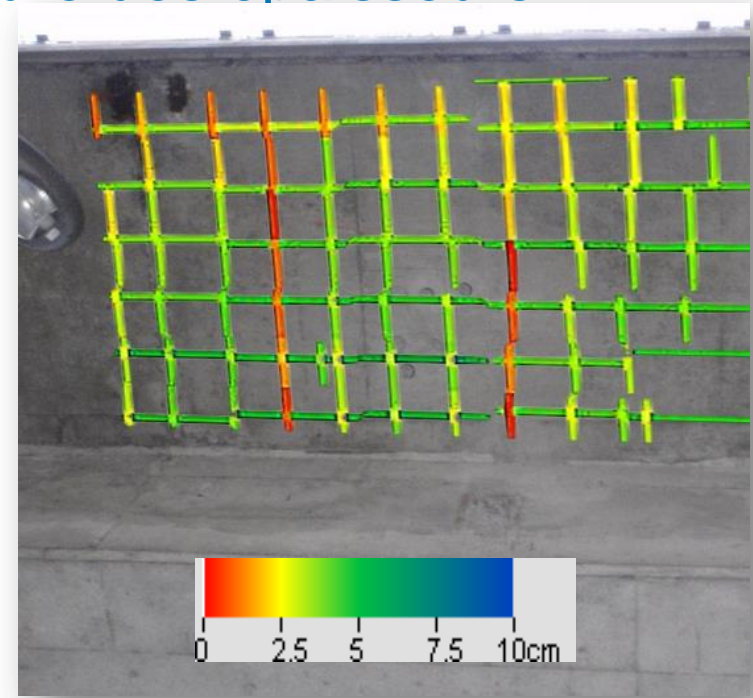
Le radar à impulsions

Détection de ferrailages



Le radar à impulsions

Détection de ferrailage et mesure des épaisseurs d'enrobage dans le béton





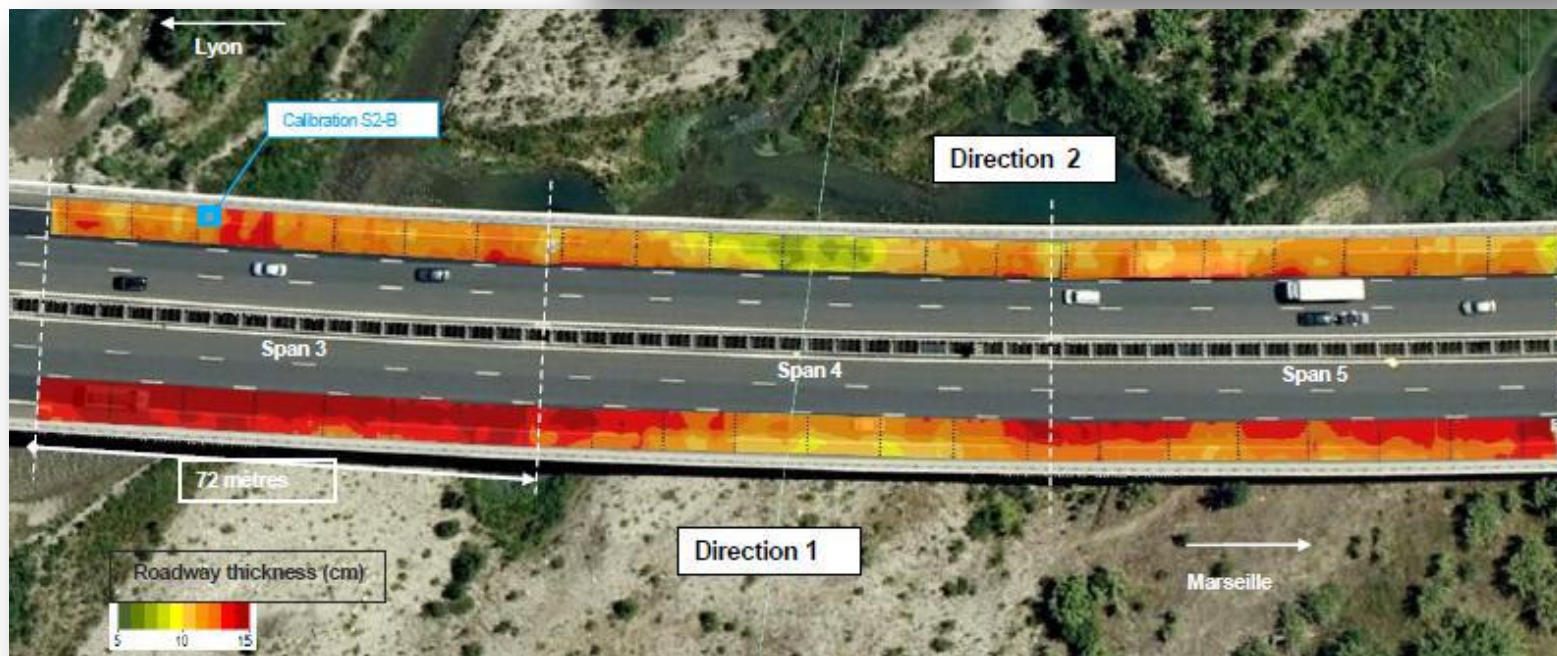
Le radar à impulsions

Cartographie d'enrobages des armatures



Le radar à impulsions

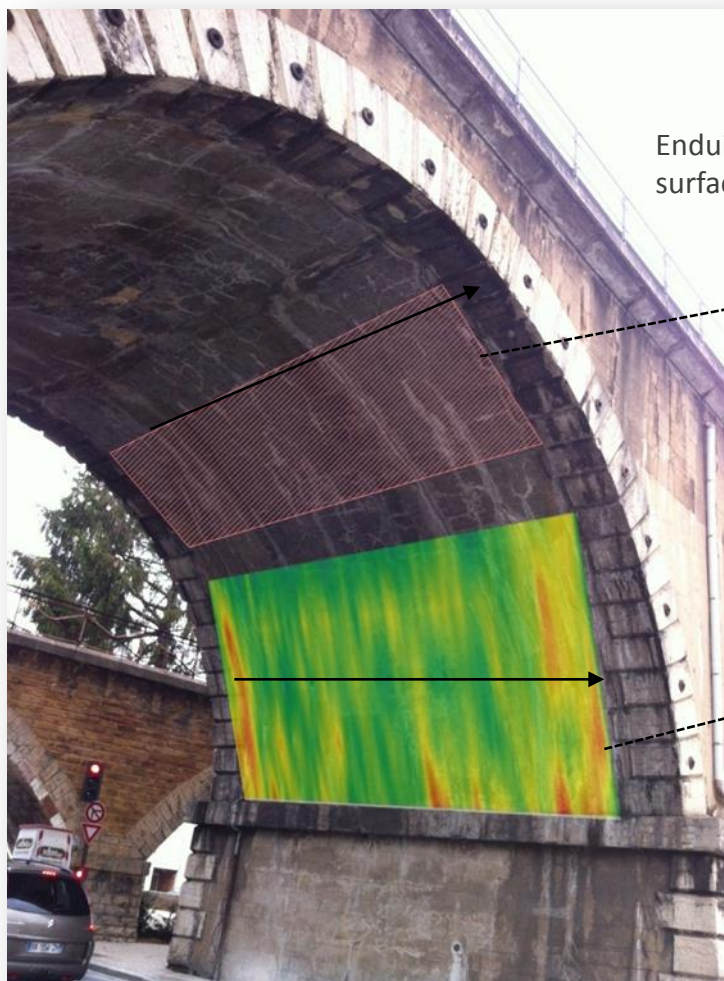
Mesure d'épaisseur de la couche d'enrobé pour recalculs de surcharge



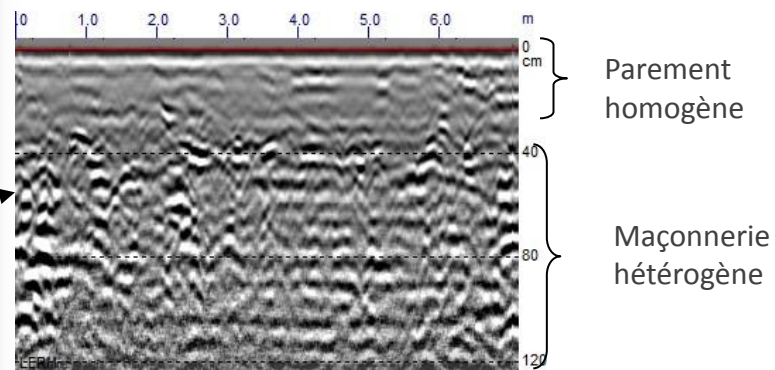
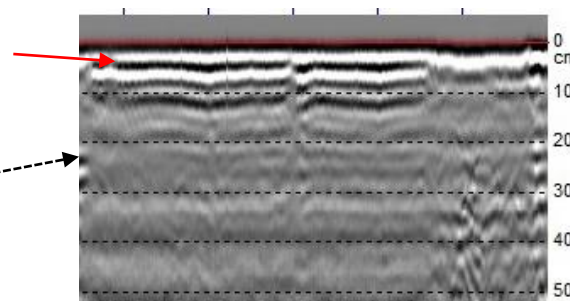


Le radar à impulsions

Reconnaitances géométriques et structurales d'ouvrages en maçonnerie

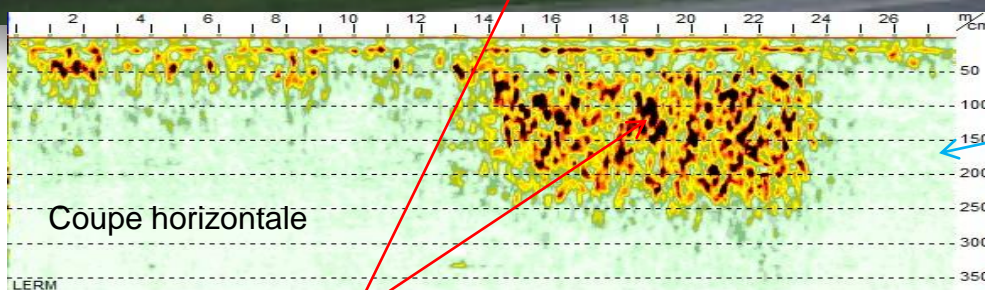
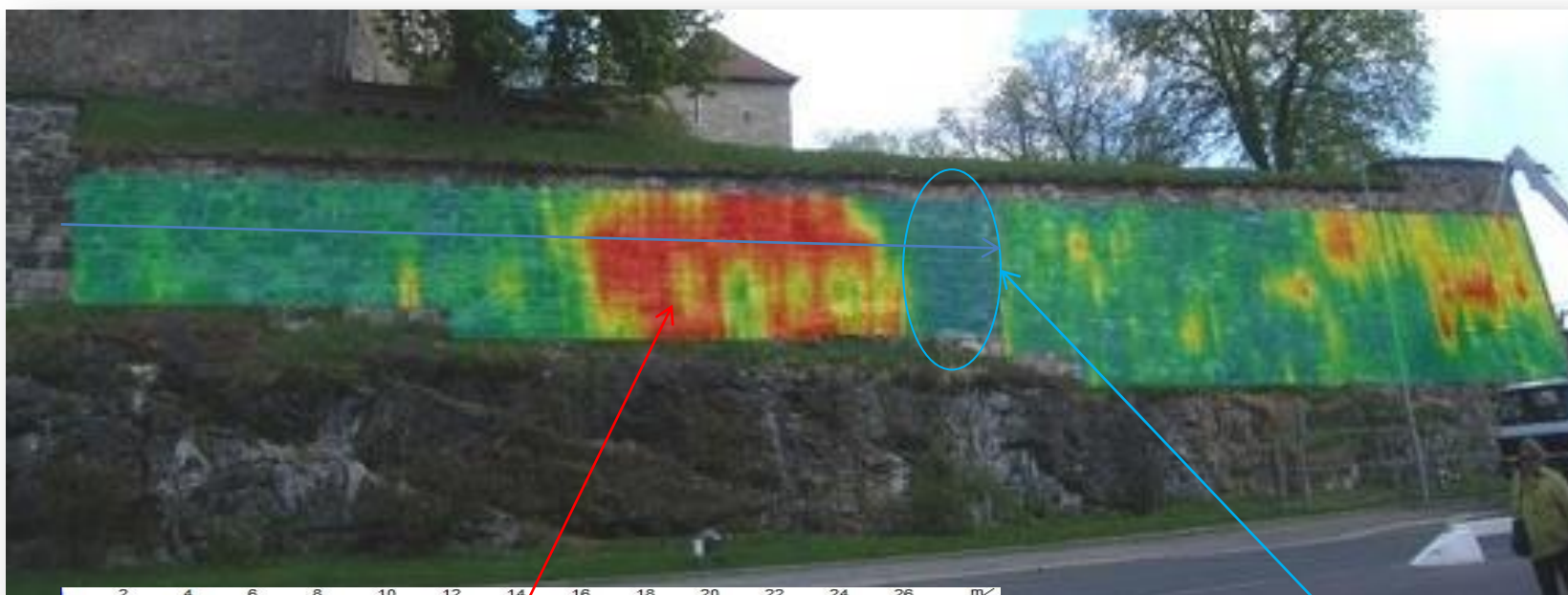


Enduit armé en surface



Le radar à impulsions

Evaluation des variations d'humidité d'ouvrages en maçonnerie

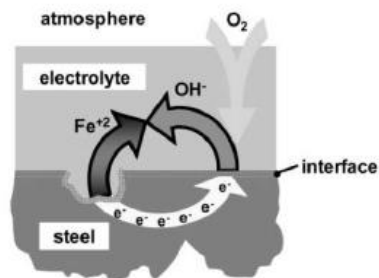


Maçonnerie humide
(signal très atténué)

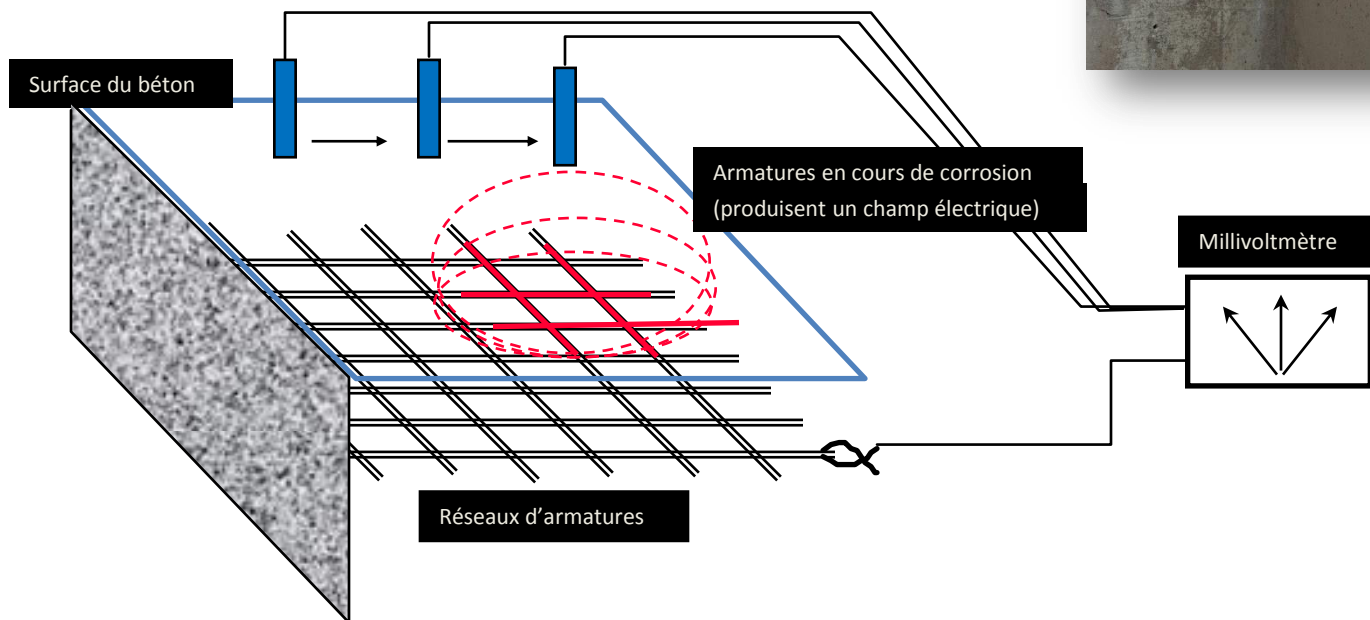
Maçonnerie très hétérogène



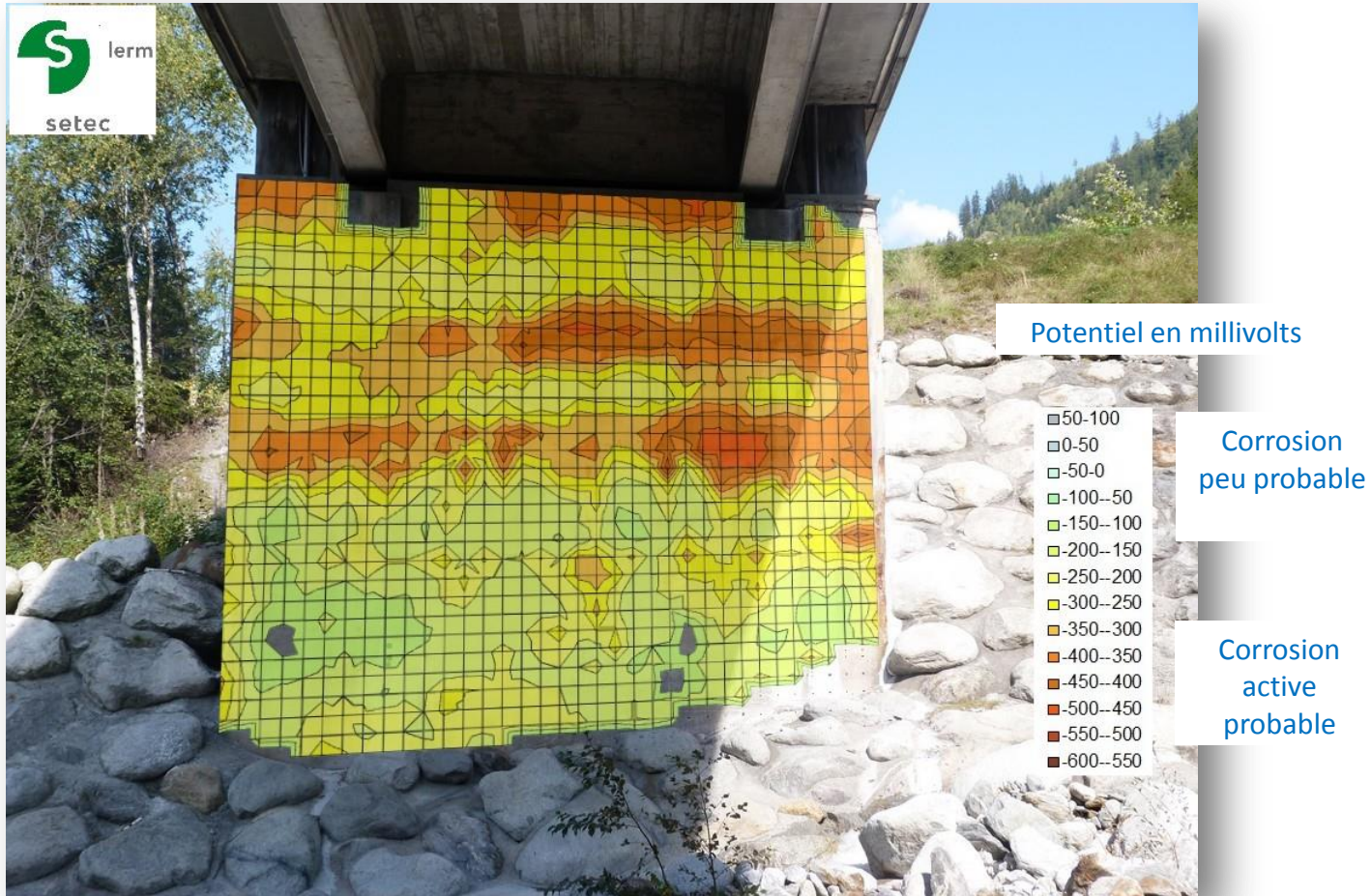
Evaluation de la corrosion des aciers dans un béton par mesure du potentiel d'électrode



Schematic representation of steel corrosion process in the basic environment (Gulikers, 2005).

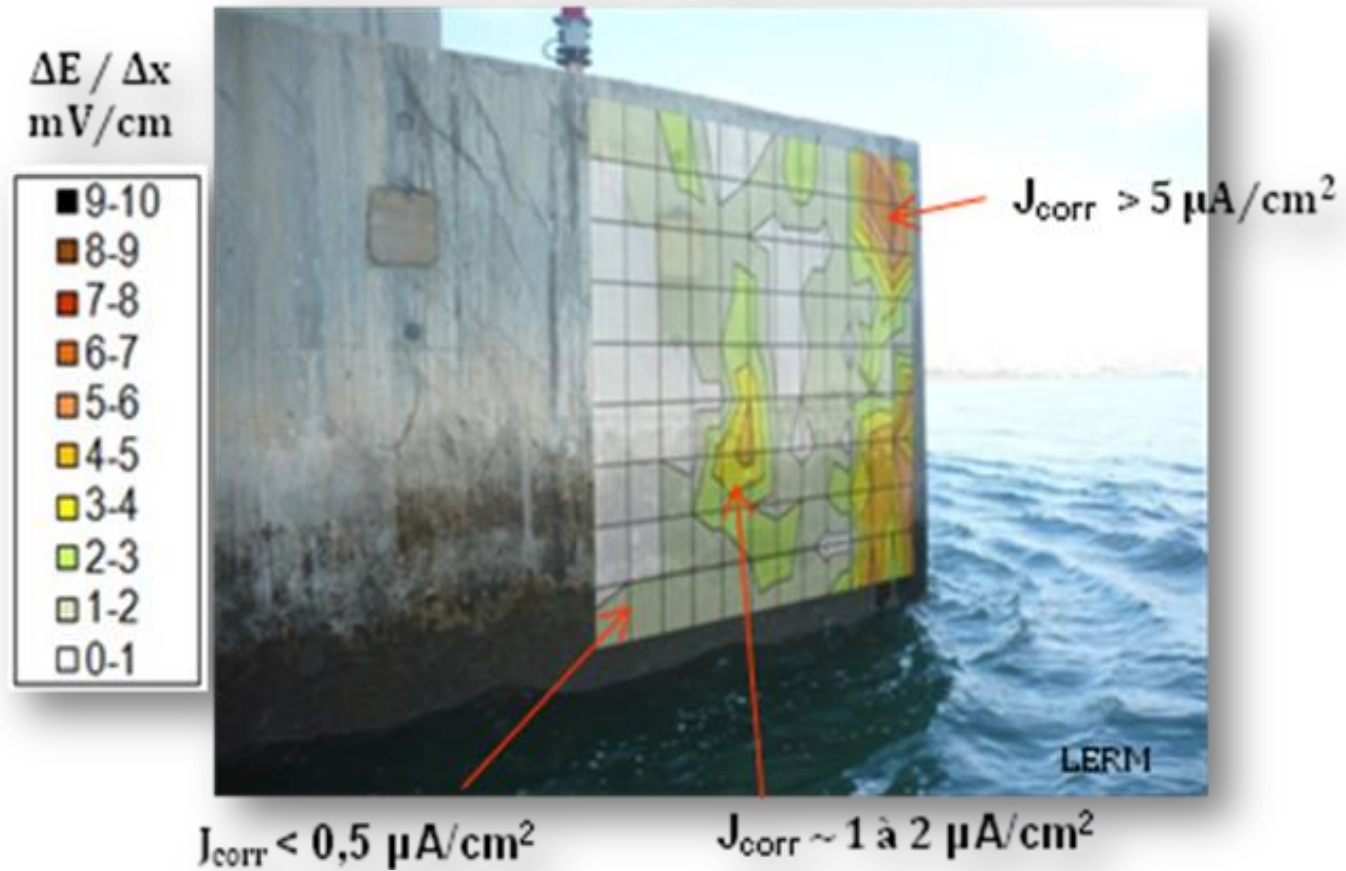


Exemple de résultats de mesure de corrosion



Exemple de carte de gradients de potentiels

Gradient de surface de potentiel de corrosion



Observations au vidéoendoscope

Observations de vides résiduels (gaines de précontrainte, espaces arrière de parements etc.)

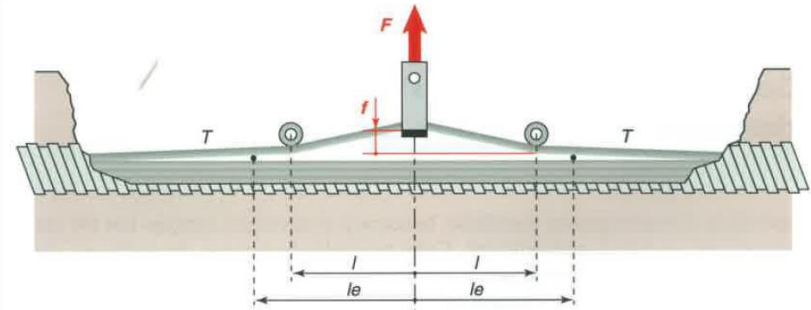


Réalisation d'une vidéo-endoscopie

Vidéo-endoscope
fibre 4 mm de
diamètre



Les mesures de précontrainte résiduelle par essai à l'arbalète



Encadré par le guide technique du LCPC
« Mesure de la tension des armatures de
précontrainte à l'aide de l'arbalète » de
novembre 2009

Les mesures de précontrainte résiduelle par essai à l'arbalète



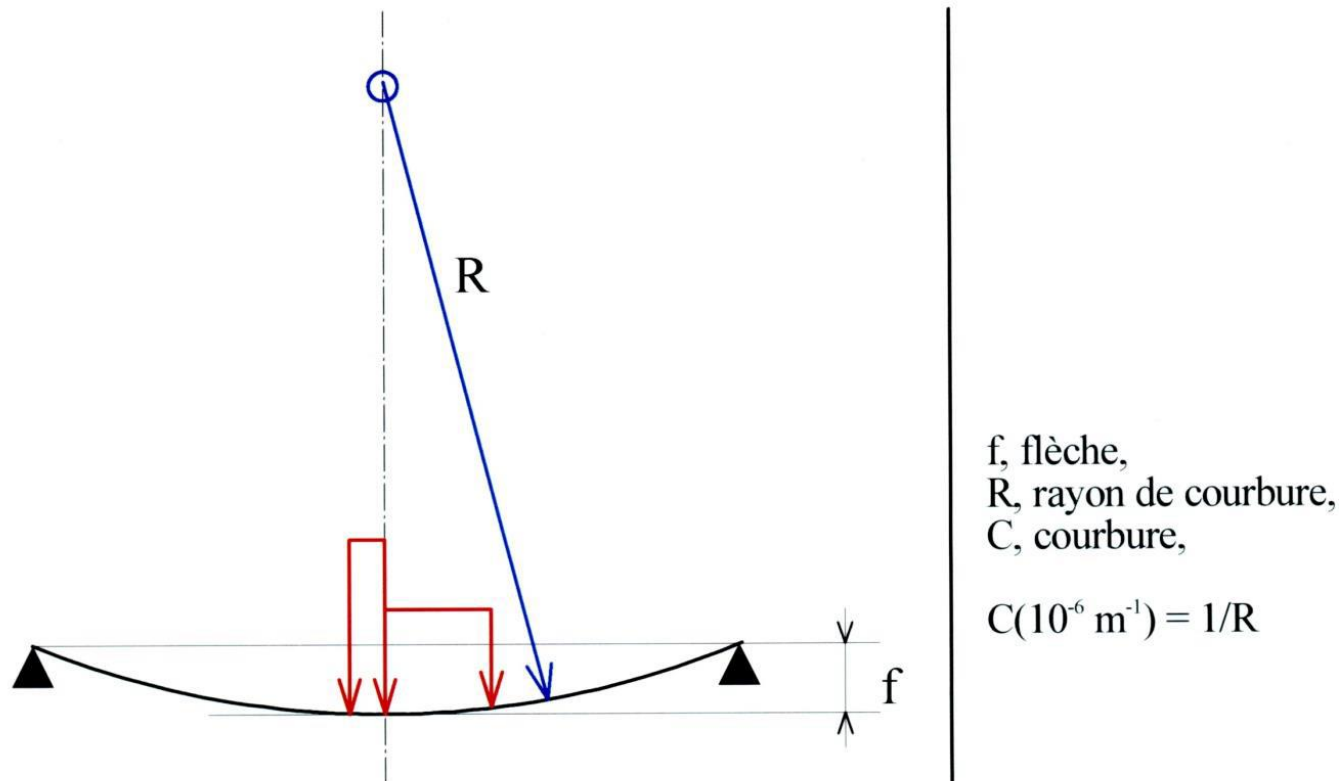
Repérage des armatures passives (en bleu) et des câbles de précontrainte (en rouge) par radar

Les mesures de précontrainte résiduelle par essai à l'arbalète



Les mesures de courbure d'ouvrages précontraints (courburemétrie)

Mesures de courbure d'un ouvrage sous chargement maîtrisé ou sous trafic normal => surveillance de l'évolution à long terme de la précontrainte.





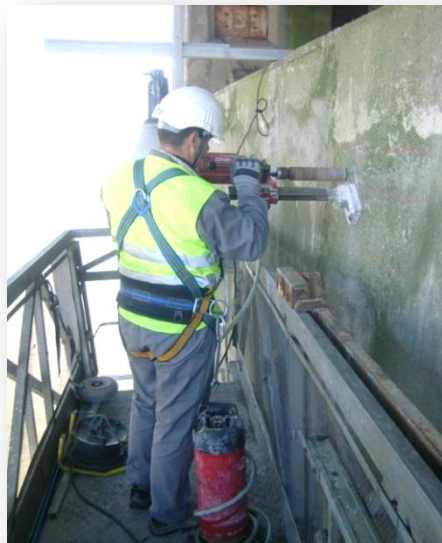
Les mesures de courbure d'ouvrages précontraints (courburemétrie)



Encadré par le guide technique n° 82 de l'Ifsttar

Les prélèvements

Des carottages...



... aux poudres



L'apport des essais en laboratoire





Les essais en laboratoire : pour quels besoins ?

Ouvrages en béton :



- **Caractérisation physique** : ferrailage, porosité, R_c , R_t , $E...$
=> dimensionnement, recalcul
- **Caractérisation constituants** : type et dosage ciment, E/C, additions, granulats
- **Potentiel durabilité** : enrobage armatures, porosité, carbonatation, type et dosage ciment, coeff. diffusion Cl^- , perméabilité $O_2...$
- **Bilan pathologique** : pH, carbonatation, $[Cl^-]$, $[SO_3^-]$, examens MEB (néoformations minérales...), etc.



Les essais en laboratoire : pour quels besoins ?

Ouvrages en maçonnerie :

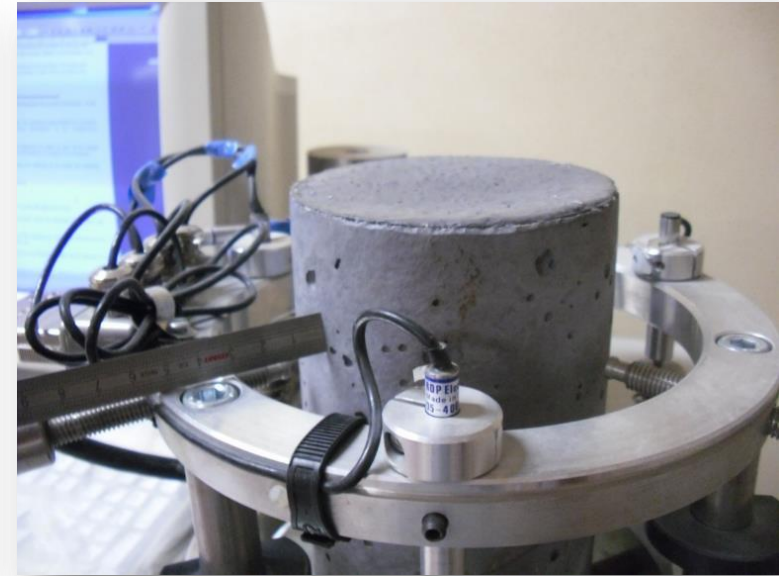


- **Caractérisation minéralogique pierres :** pétrographie, faciès, gisement...
- **Caractérisation physique pierres (et mortiers) :** porosité, capillarité, vitesse du son, R_c , E , ...
=> dimensionnement, recalcul
- **Potentiel durabilité :** recherches vides internes (radar), nature pétrographique, porosité, tenue au gel...
- **Bilan pathologique :** teneur en sels, transformations minéralogiques...

Essais physiques



Presse pour essais de résistance (R_c , R_t)



Mesure du module



Essai brésilien par fendage

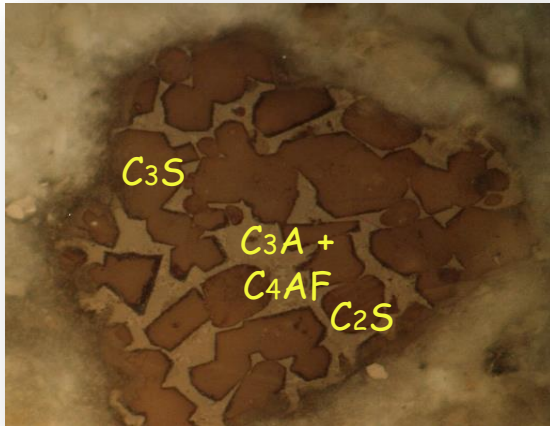
Mesures de masse volumique, porosité, perméabilité à l'eau...





Caractérisation des constituants

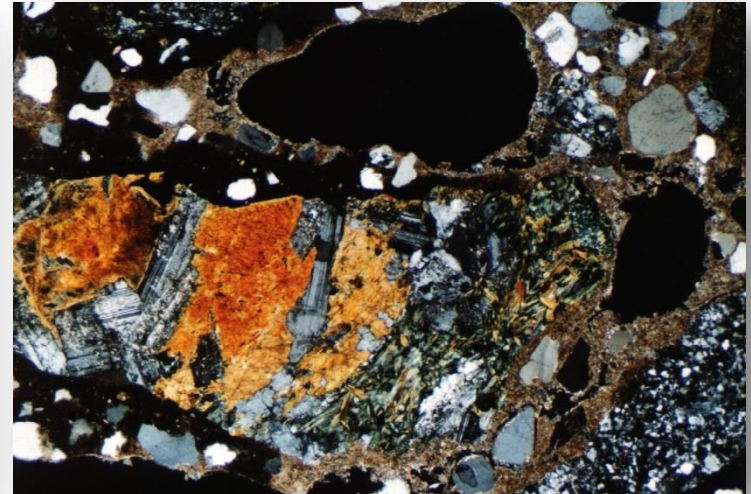
L'identification du liant sur section polie observée par microscopie optique sous lumière réfléchi



Détail d'un grain de clinker

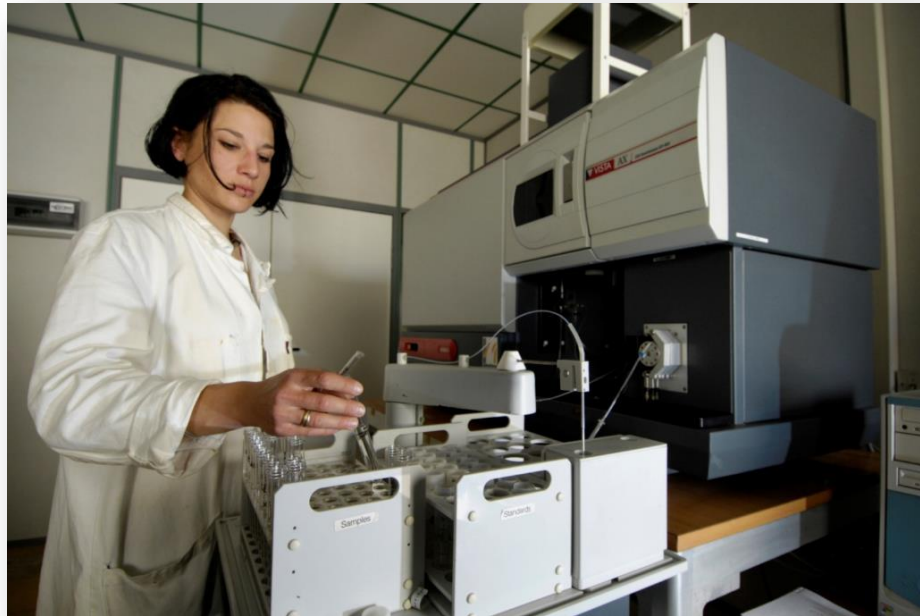


L'identification des granulats par observation de lames minces par microscopie optique en lumière transmise polarisée



➤ Analyse des bétons

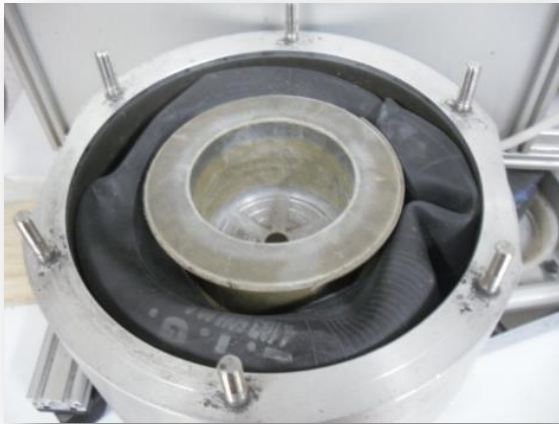
Spectromètre d'émission plasma à couplage inductif (ICP) Dosage de la silice soluble, éléments majeurs et mineurs



Analyses thermiques - ATG – ATD - DSC
Mesure de la teneur en eau liée
des bétons (rapport E/C)

Indicateurs de durabilité

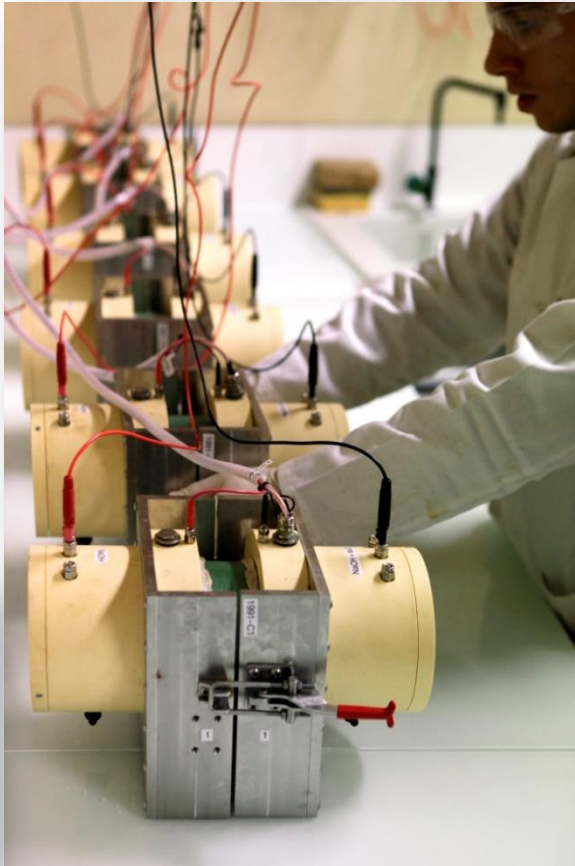
Mesure de la perméabilité à l'oxygène (selon NF P 18-463)





Indicateurs de durabilité

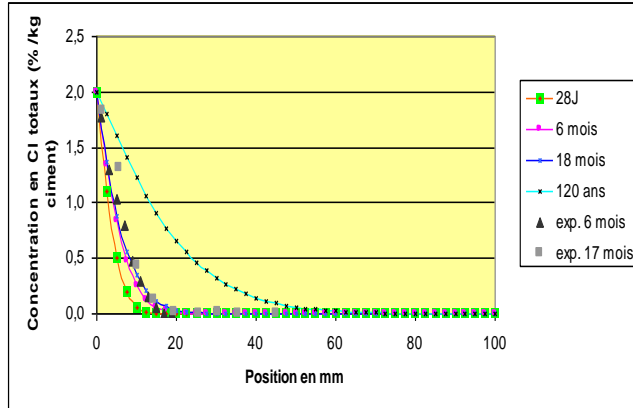
Mesure du coefficient de diffusion des ions chlorures
(selon XP P18-462)



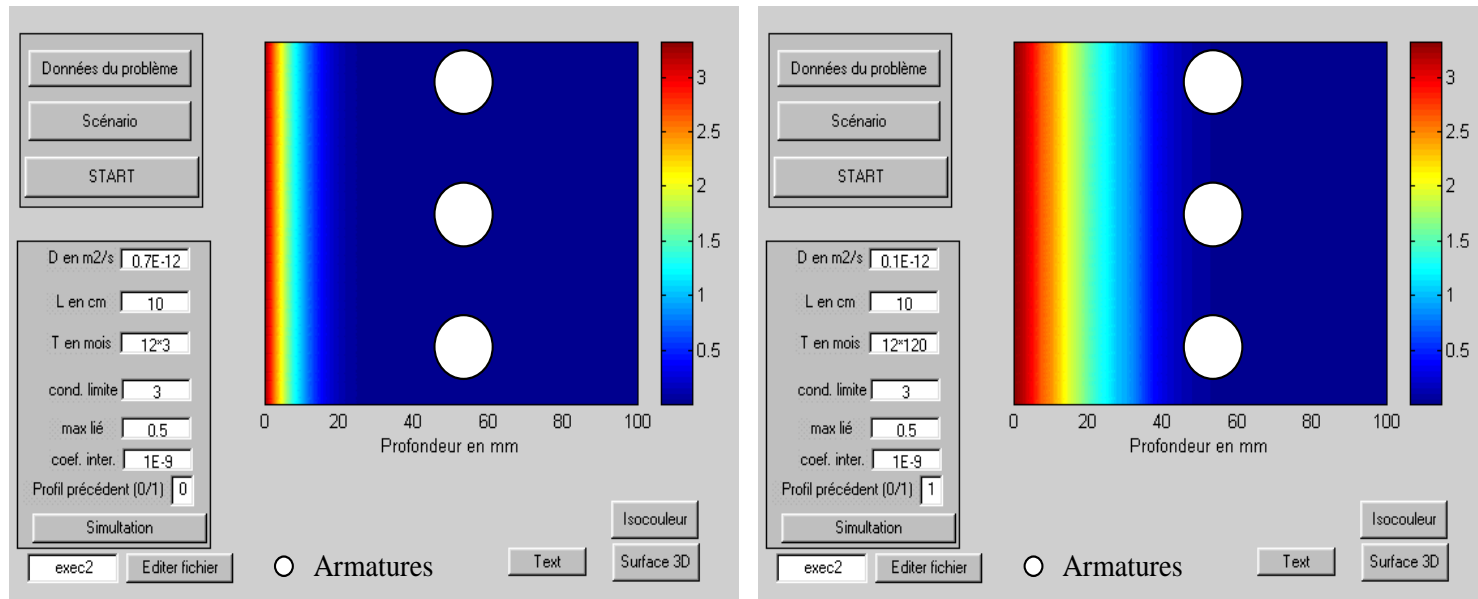
Mesure du front de
pénétration
des ions Cl⁻



Modèle prédictif du LERM de durée de vie des ouvrages



Simulation numérique de profils en chlorures totaux avec le modèle du LERM et comparaison avec les prélèvements effectués en zone de marnage sur le Pont Vasco de Gama à Lisbonne (Portugal)



Simulation numérique à 3 ans (à gauche) et à 120 ans (à droite)
Isocouleurs exprimées en % par rapport à la masse de ciment.

> Le diagnostic pathologique



Mesure de la profondeur de carbonatation par une solution alcoolique de phénolphtaléine

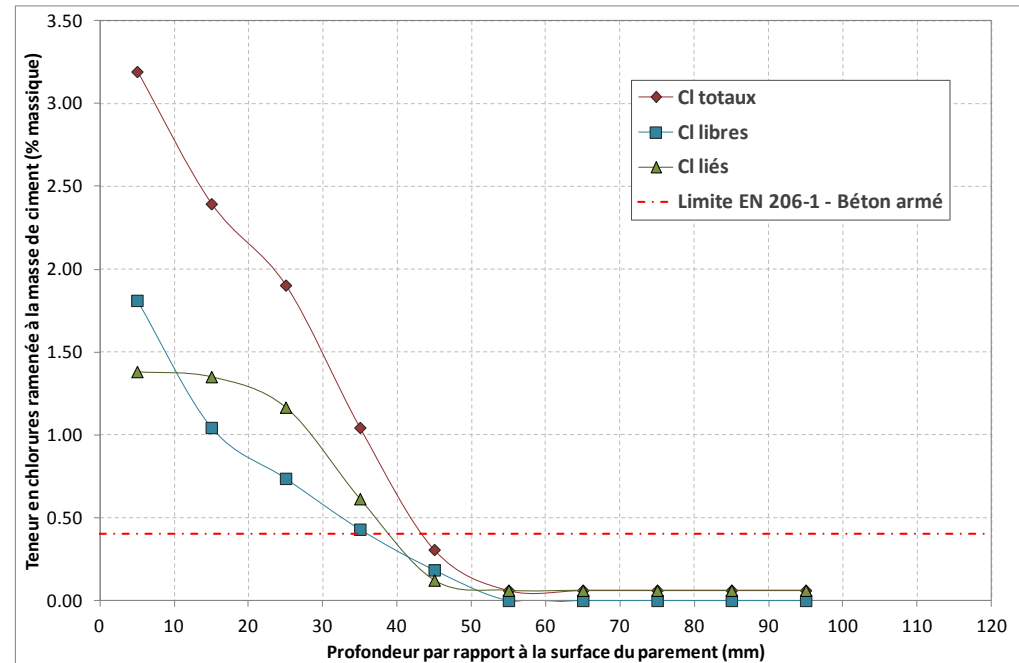
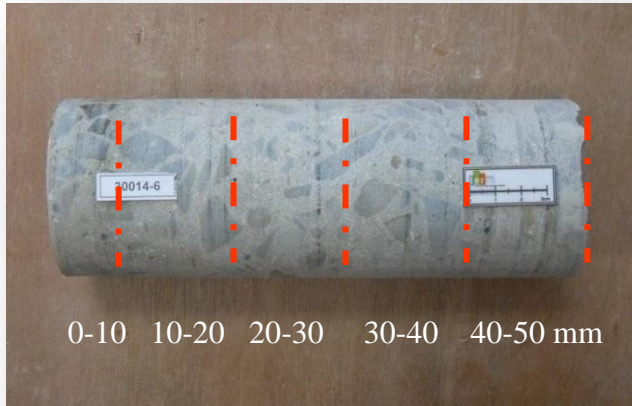


Béton carbonaté

Béton non carbonaté

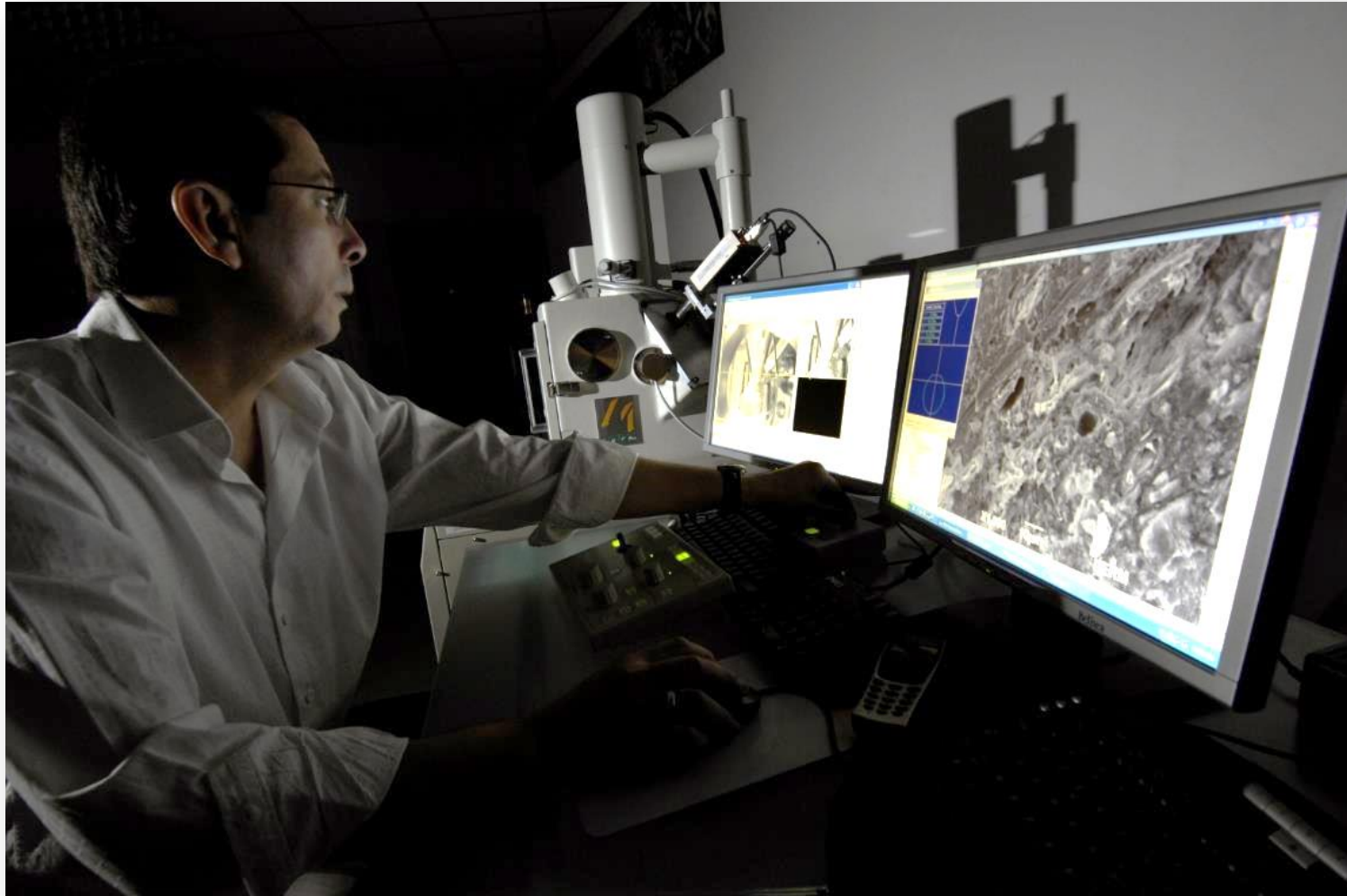


Mesure d'un gradient de concentration en ions chlorures



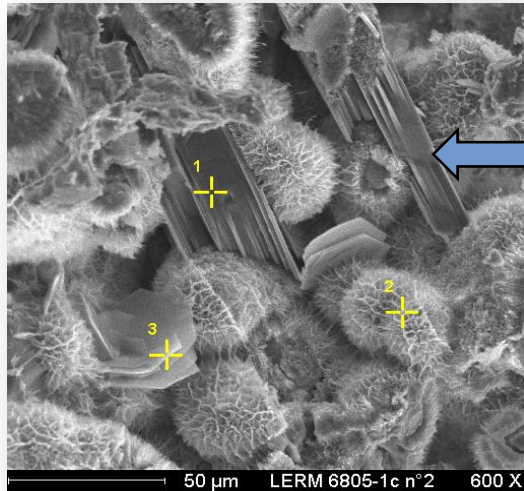
Titrateur potentiométrique

Le microscope électronique à balayage (MEB)

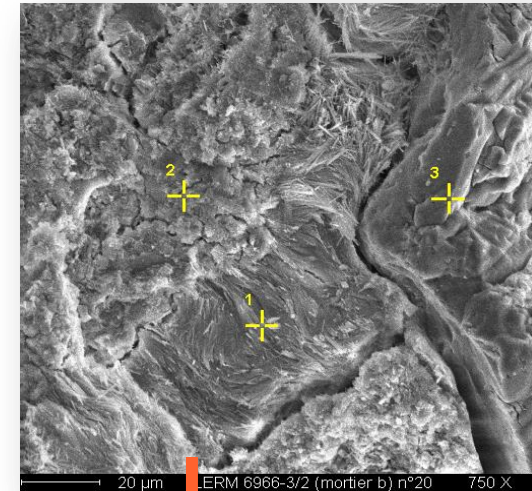




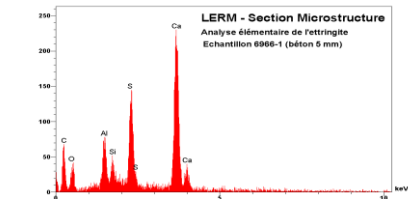
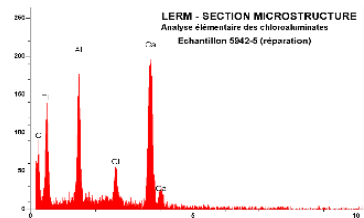
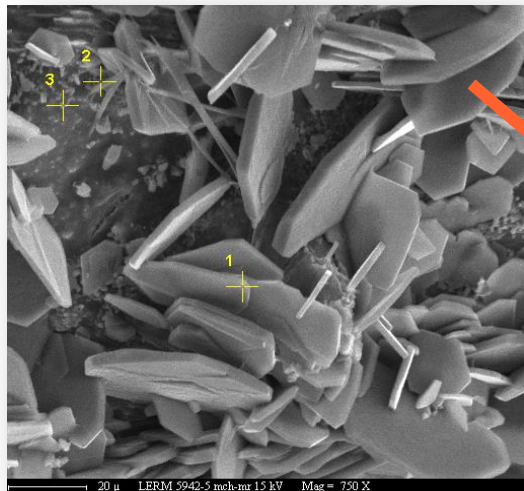
Pathologies : observations au MEB



Faciès des hydrates



Attaque sulfatique :
ettringite massive
gonflement



Analyses EDS

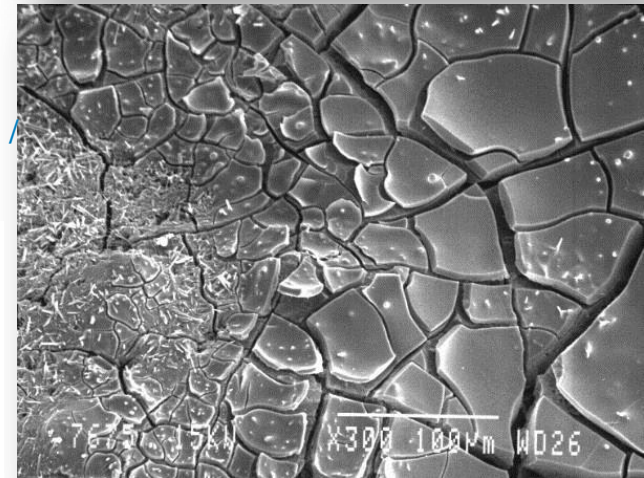
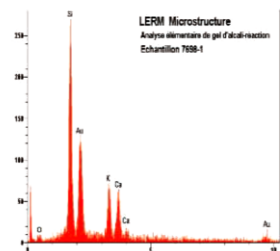
Diffusion des chlorures : corrosion armatures

Diagnostic pathologique de réaction alcali-granulats (RAG)



Recherche de gels d'alcali-réaction par fluorescence des ions uranyl
Méthode LPC n° 36

Caractérisation au MEB / EDS de gels d'alcali-réaction



> En conclusion...



➤ Apports d'une campagne d'essais non-destructifs et en laboratoire

- recensement pathologies en présence
- évaluation étendue et gravité des désordres
- recherche causes et origine des désordres
- statut sur évolution désordres
- définition des méthodes de réparation et traitement
- aide au préchiffrage de travaux
- aide au recalcul d'ouvrages
- assistance technique MOA / MOE



CONGRÈS DE L'IDRIM

Institut Des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité



Merci de votre attention

SURVEILLANCE DES OUVRAGES D'ART

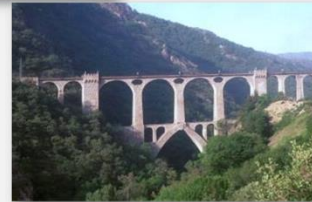
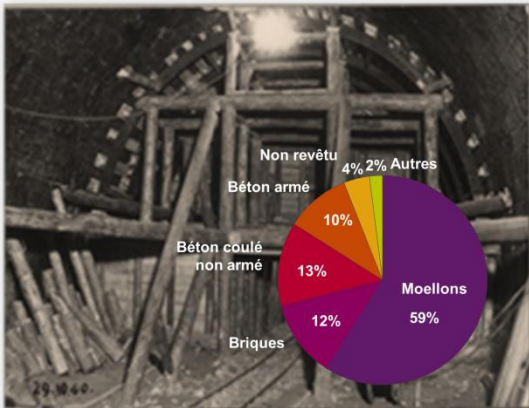
METHODES ET OUTILS MIS EN
ŒUVRE PAR SNCF RESEAU

14/06/2016

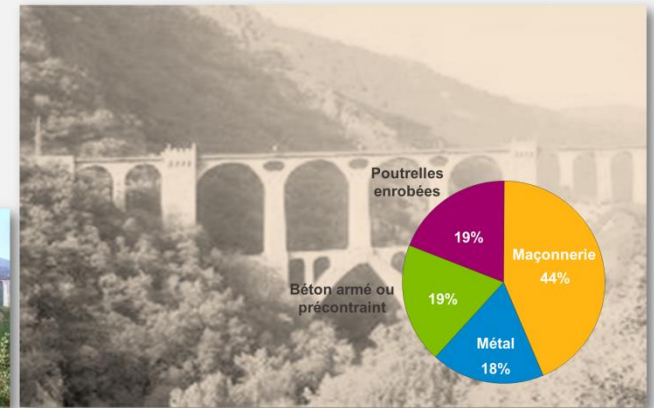


LE PATRIMOINE OA du RFN

1 500 Tunnels



40 000 ponts – 60 000 petits OA sous voies



Le métier OA au cœur de la surveillance



La maintenance du parc OA du réseau:

- Actions de surveillance à échéances déterminées par les référentiels
- Politiques de régénération ciblées de certaines familles d'ouvrages

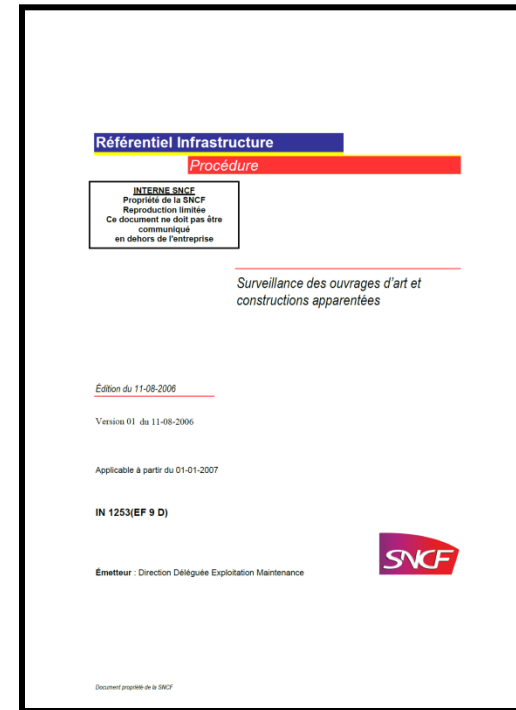
Etat du patrimoine

- La grande majorité des ouvrages est contemporaine de la construction du réseau ferré, entre 1850 et 1900
- Un patrimoine très important d'ouvrages métalliques anciens, quasiment tous uniques: c'est là que sont une partie importante des risques
- Les ouvrages en béton armé sont globalement en bon état:
 - Ils sont en proportion peu nombreux
 - La SNCF n'a pas eu recours de manière extensive à la précontrainte à ses débuts, ou a imposé des règles de construction avec un ferrailage important
 - La qualité des bétons lors de la construction a été maîtrisée
- Les tunnels font l'objet d'une attention particulière depuis l'accident de Vierzy en 1972

L'ENTRETIEN DU PATRIMOINE OA

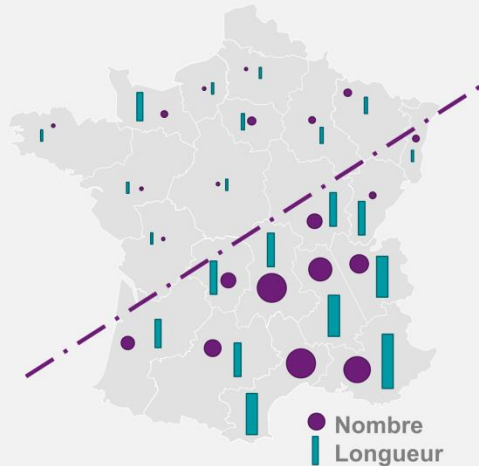
OBJECTIF: PERMETTRE D'ASSURER LE NIVEAU DE SERVICE (VITESSE, CHARGE...) SUR LES LIGNES DU RESEAU

- L'entretien est un ensemble d'actions:
 - De surveillance, pour apprécier l'état des ouvrages et leurs désordres. Cette surveillance est systématique (tous les ouvrages sont visités)
 - De réparation, pour remédier aux désordres constatés ou éviter leur aggravation
 - De maintenance préventive (renouvellement, confortement préventif) sur des typologies d'ouvrages à risques particuliers
- Les actions de surveillance sont réalisées suivant des pas fixes par catégorie d'ouvrage, en fonction des risques spécifiques associés à celle-ci
 - Les chefs de groupes Ouvrages d'Art adaptent les pas de surveillance en fonction des pathologies rencontrées, après analyse de risque



DES POLITIQUES DE REGENERATION CIBLEES

➤ LES TUNNELS



➤ LES OA MÉTALLIQUES ANCIENS

Lignes structurantes régénération



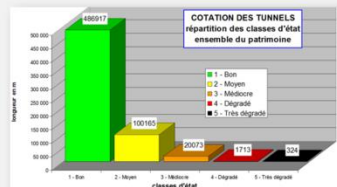
Budget 50 M€/an

Autres lignes réparation.

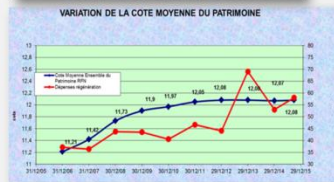
Des compétences spécifiques maintenues en interne (maîtrise des techniques de construction métallique anciennes)



Budget 4 M€/an (RPM)

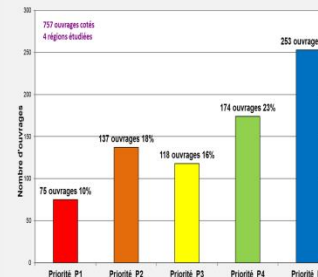


Budget 55 M€/an



➤ LES PAROIS ROCHEUSES REVÊTUES

Priorisation



Estimation 10 M€/an

LES METHODES D'INSPECTION

Les inspections détaillées des ouvrages sont réalisées visuellement par les contrôleurs Ouvrages d'Art



Plate-forme légère roulant sur la piste (peu de gêne sur les circulations), sur LGV



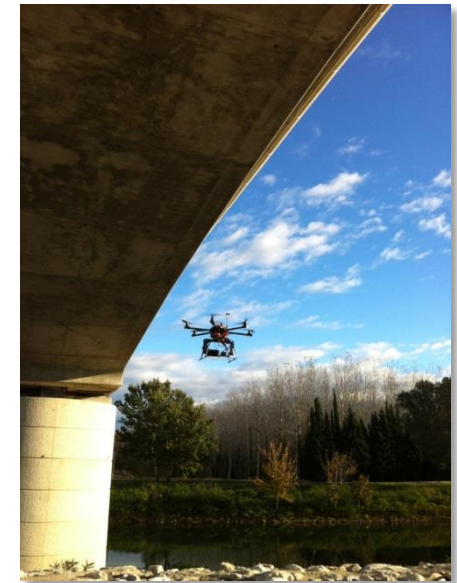
Plate-forme ferroviaire classique

EVOLUTIONS RECENTES

- Des moyens routiers sont systématiquement utilisés, dès lors que l'ouvrage le permet, en substitution de moyens ferroviaires (diminue l'impact sur les circulations)
- Des outils d'aide à la prise de note et d'interface avec le SI de gestion sont en cours de développement: il permettront, d'ici 1 à 2 ans, aux contrôleurs OA de réaliser et saisir plus rapidement les PV d'inspection

ESSAIS D'INSPECTION PAR DRONE

- Deux essais réalisés sur le viaduc de Roquemaure (viaduc en béton précontraint de la LGV Méditerranée)
- Bénéfices attendus
 - Accès à la structure sans gêne pour le trafic ferroviaire
 - Possibilité de collecter un nombre important de photos à proximité de l'ouvrage



RETOUR D'EXPERIENCE

- La qualité des images prises par le drone n'est pas suffisante pour obtenir le niveau de précision suffisant à l'analyse des désordres sur l'ouvrage
- La détection automatique des défauts n'est pas encore disponible et nécessite des développements complémentaires (logiciels d'analyse d'image, stabilité du drone)
- SNCF Réseau n'a pas connaissance d'ouvrages intégralement inspectés à l'aide de drones (certains ouvrages le sont, partiellement, pour certaines parties où une approche visuelle grossière est suffisante)

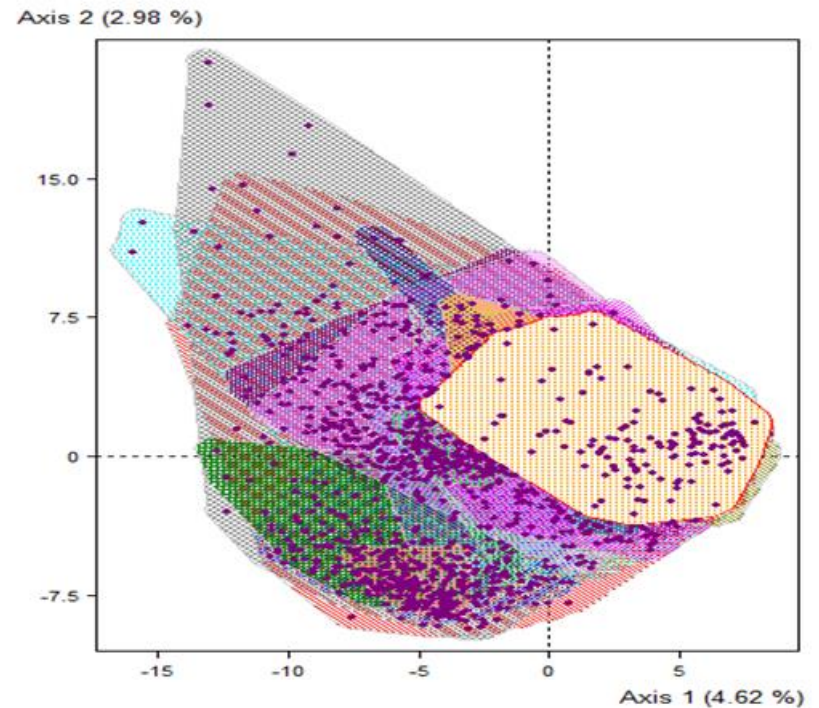
Nous ne considérons pas, à ce stade, que la technologie soit mûre pour l'utilisation du drone en inspection d'ouvrages d'art

DRONES: UTILISATION A L'AVENIR

- La technologie pourrait être disponible d'ici 1 à 2 ans (développements en cours)
- Ce pourrait être une alternative à des inspections fortement consommatrices de ressources, sur certains ouvrages simples structurellement...
- ... et en même temps un moyen de pallier le risque de moindre attention d'un contrôleur lors d'une inspection très "monotone"
- Plusieurs points d'attention néanmoins:
 - La technique n'est absolument pas utilisable pour les ouvrages métalliques anciens (treillis...), les tunnels... or ce sont les ouvrages les plus à risques du réseau!
 - Le champ d'application semble être avant tout des ouvrages récents en béton précontraint ou en métal, plutôt bien accessibles et posant peu de problèmes... Finalement ceux où les pas de surveillance pourraient être détendus!
 - Le bénéfice économique est loin d'être évident.

UTILISATION DES DONNEES DE MESURE DE LA VOIE

- Analyse des données issues des mesures de géométrie de la voie afin de déterminer, par une analyse statistique, le profil "représentatif" d'un ouvrage et de déterminer, par l'évolution des données, si un éventuel désordre apparaît
- Investigations en cours



CONGRÈS DE L'IDRIM

Institut Des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité



Merci de votre attention