

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

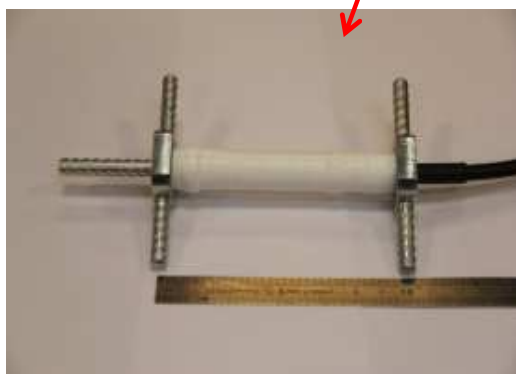
Instrumentation des chaussées : caractérisation du trafic et des solicitations

Juliette BLANC
Ifsttar

Contexte

- **Besoin de suivre le comportement des infrastructures de façon détaillée**
- **Méthodes d'auscultation traditionnelles sont souvent insuffisantes ou peu précises pour les chaussées épaisses**
- **Des capteurs spécifiques permettent d'obtenir des informations plus précises, comme l'évolution des modules des couches**

Les capteurs utilisés



Jauge horizontale (dans les enrobés)



Géophone



Sonde de température

Mesures sur site

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Tous les paramètres sont connus : <ul style="list-style-type: none"> • température • position transversale • vitesse • type et charge du poids-lourd - → Facilité de retrouver les paramètres des couches par un rétro-calcul 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessité d'un véhicule spécifique - Fermeture des voies auscultées - Problème de sécurité des agents - Nombre limité de mesures (1 à 2 fois par an)



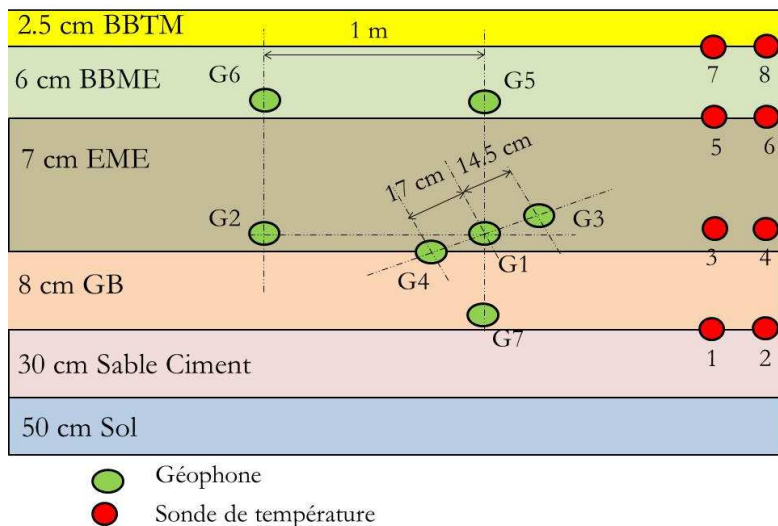
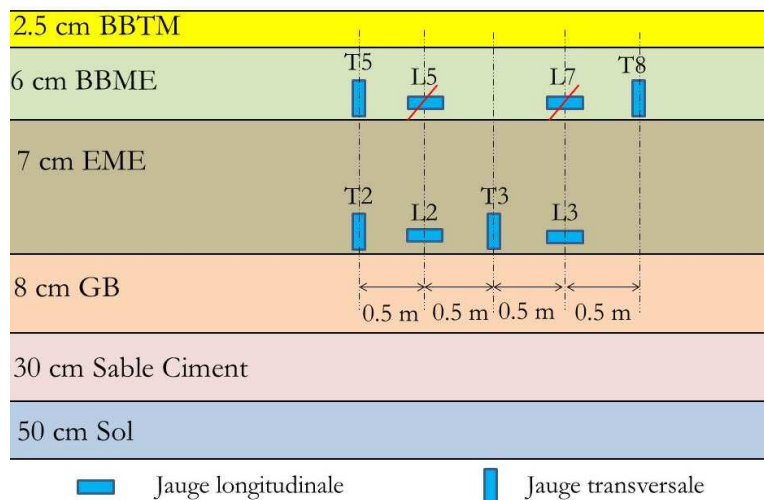
Réalisation des mesures
sur l'autoroute A10

Et les mesures sous trafic réel... ?

	Avantages	Inconvénients
Mesures sur site	<ul style="list-style-type: none"> - Tous les paramètres sont connus : <ul style="list-style-type: none"> • température • position transversale • vitesse • type et charge du poids-lourd - → Facilité de retrouver les paramètres des couches par un rétro-calcul 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessité d'un véhicule spécifique - Fermeture des voies auscultées - Problème de sécurité des agents - Nombre limité de mesures (1 à 2 fois par an)
Mesure sous trafic réel	Résoudre tous les problèmes des mesures sur site	<ul style="list-style-type: none"> - Grande quantité de données - Aucun paramètre connu

→ Comment traiter les données afin d'obtenir des informations pertinentes ?

Instrumentation de l'Ax



Système d'acquisition

Zone instrumentée



Jauge horizontale



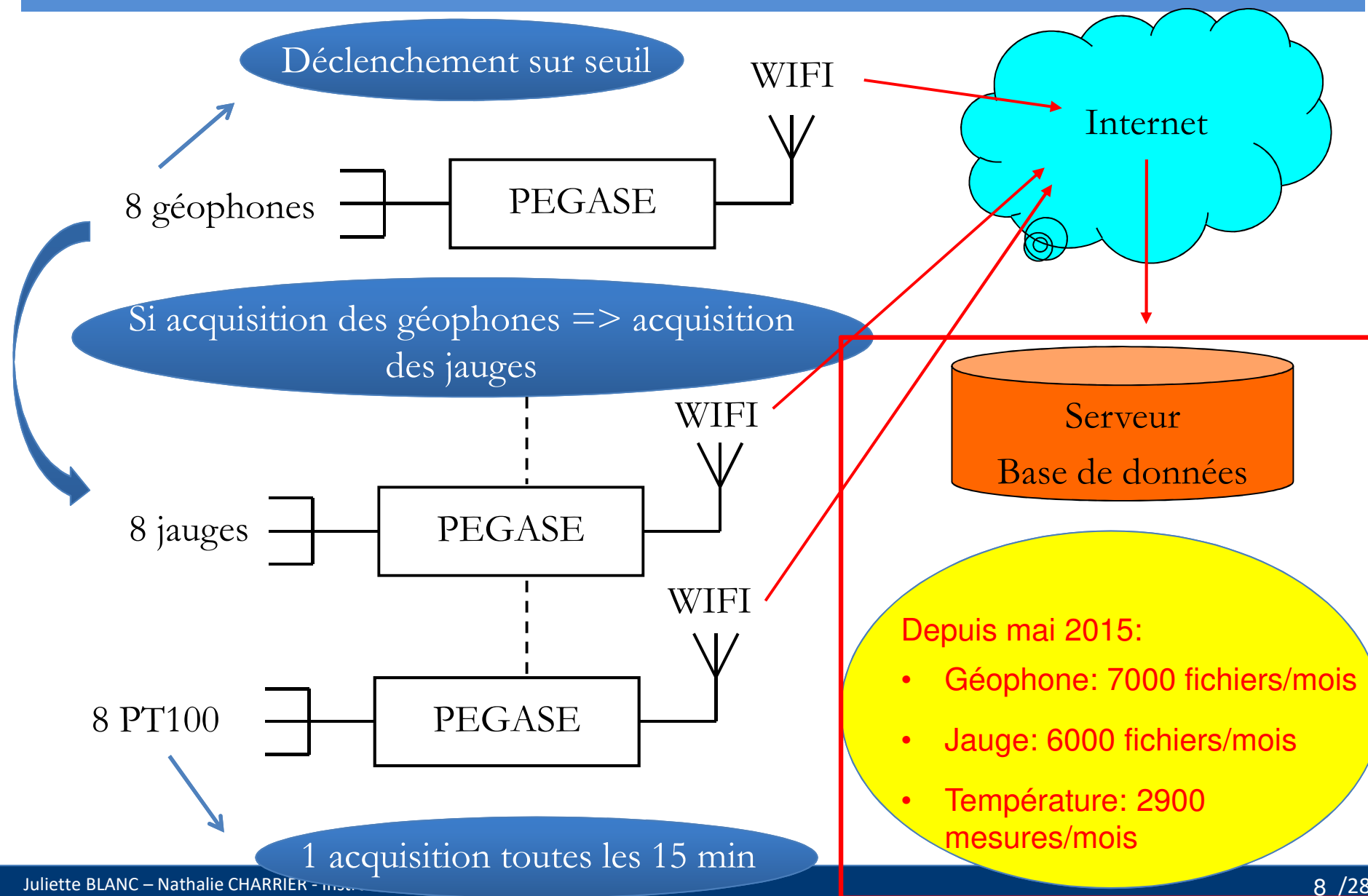
Géophone

Système d'acquisition et réalisation des mesures

- **Système d'acquisition et de transmission des données : système Pégase**
 - Développé par l'Ifsttar, solution 100% sans fil
 - Processeur de calcul + mémoire + module GPS + module Wifi + conditionneur
 - Possibilité de télécharger les données à distance + modification des paramètres à distance
- **Programme de suivi : mesure sur site (mars 2014) + mesures à distance (à partir de mai 2015 jusqu'à maintenant)**



Ax : réalisation des mesures à distance

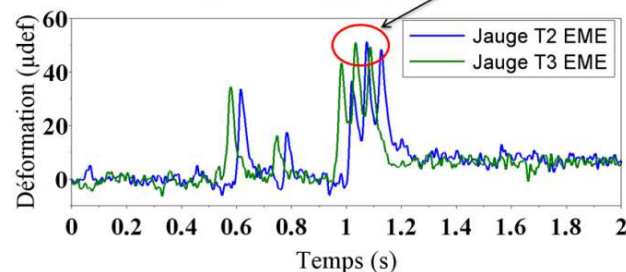


Comment exploiter ces données ?

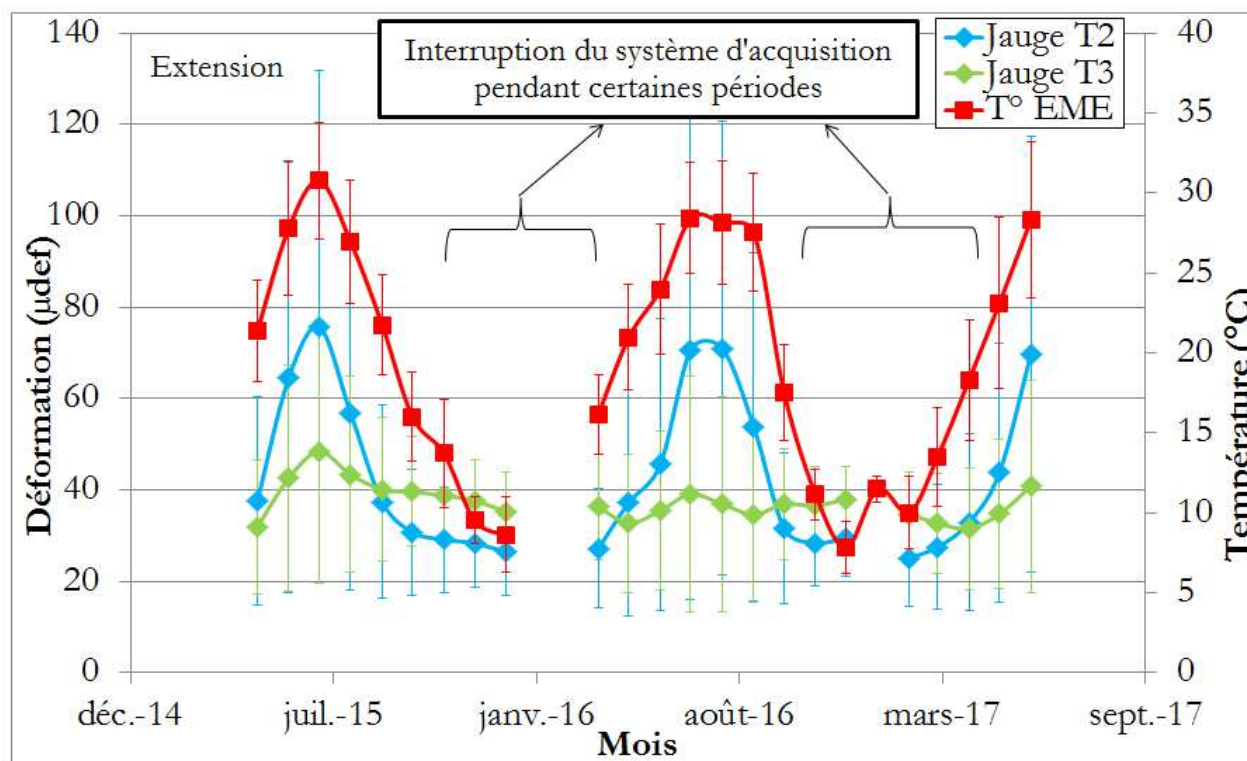
- Déterminer un modèle initial du comportement de la structure de la chaussée avec le logiciel ALIZE basé sur le modèle de Burmister (Burmister, 1943) → **exploitation des mesures sur site**
- Exploiter les mesures des jauges sous trafic réel pour suivre l'évolution des propriétés mécaniques des couches et évaluer l'état de l'endommagement de la chaussée en prenant en compte la variation journalière et saisonnière de température

Mesures à distance : utilisation de TOUTES les mesures

2,5 cm BBTM
6 cm BBME
7 cm EME
8 cm GB
30 cm sable ciment
sol



Moyennes mensuelles des valeurs maximales de déformations transversales mesurées et de la température à la base de l'EME sans tri



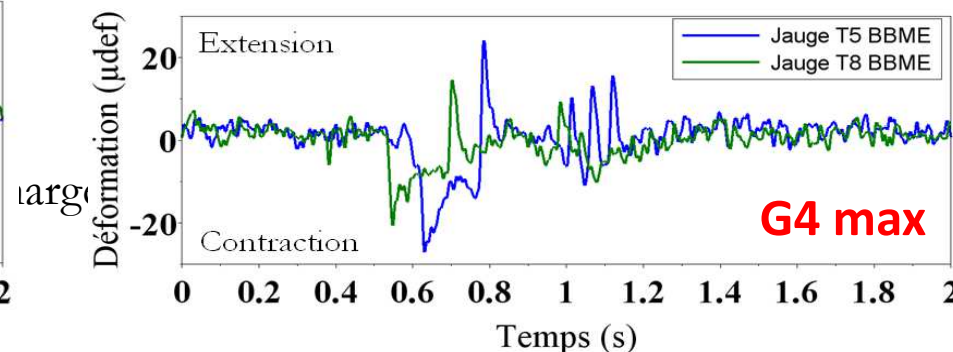
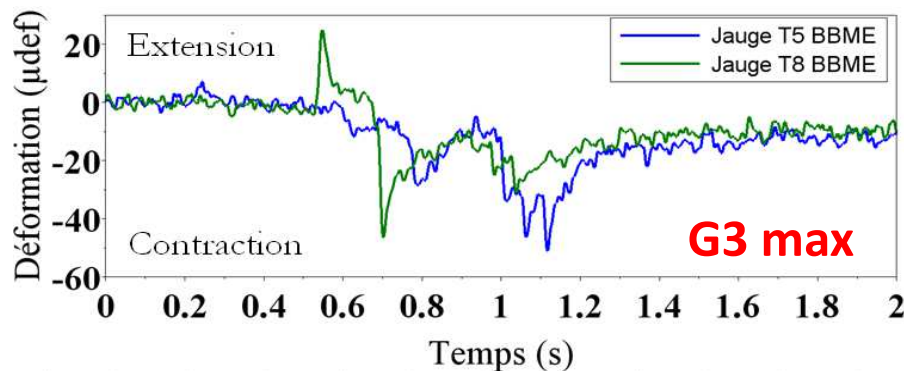
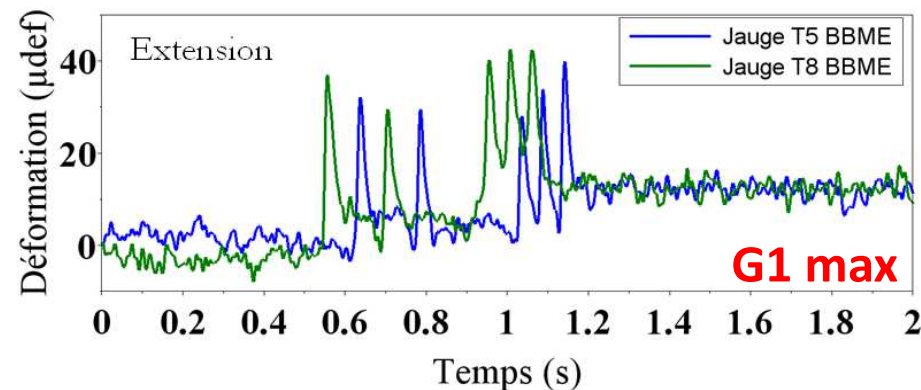
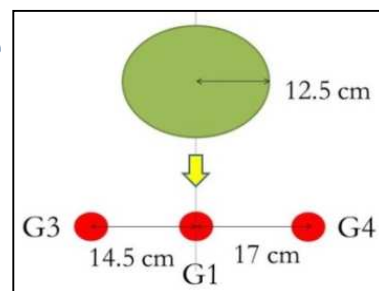
- Evolution des déformations en fonction de T°
- Ecart-type très élevés (60µdef)
- → Nécessité de trier et sélectionner les mesures

Tri des mesures : comment s'affranchir du balayage ?

Signaux des jauges très variables

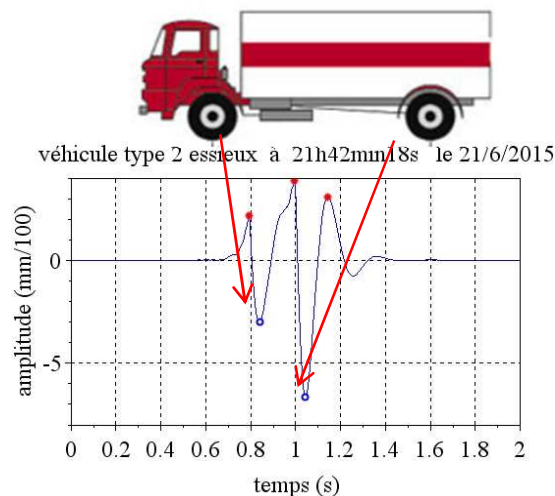


Explication : la forme des signaux dépend fortement de la position latérale

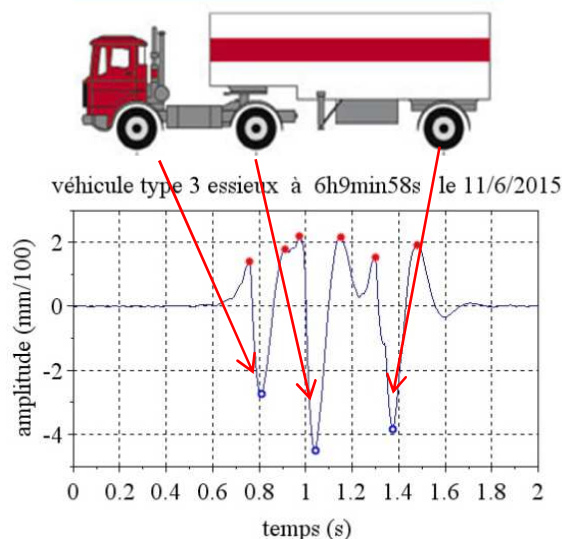


→ Sélectionner uniquement les charges centrées sur le géophone central (aligné avec les jauges)

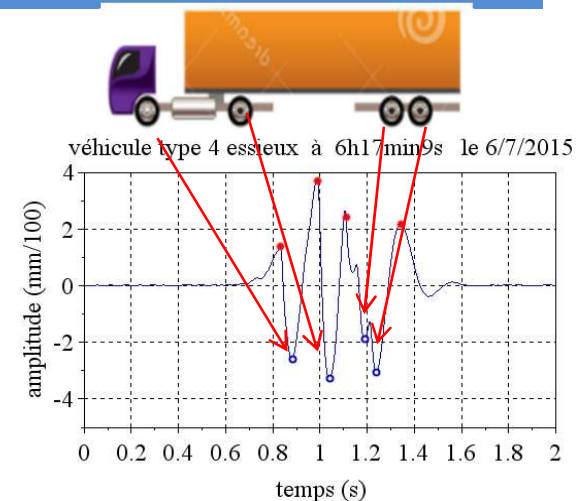
Tri des mesures : comment s'affranchir du type de PL ?



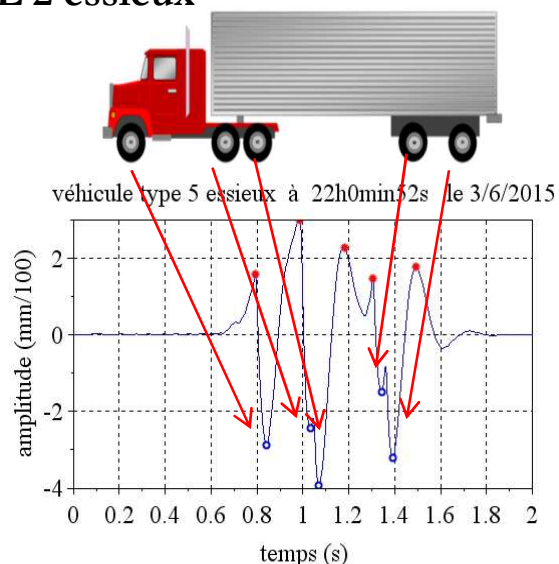
PL 2 essieux



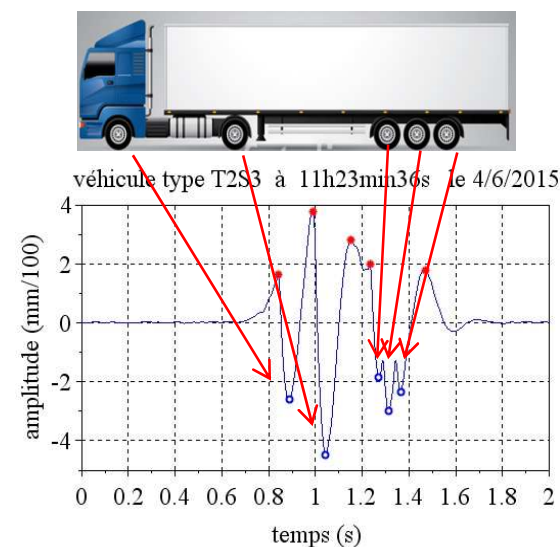
PL 3 essieux



PL 4 essieux

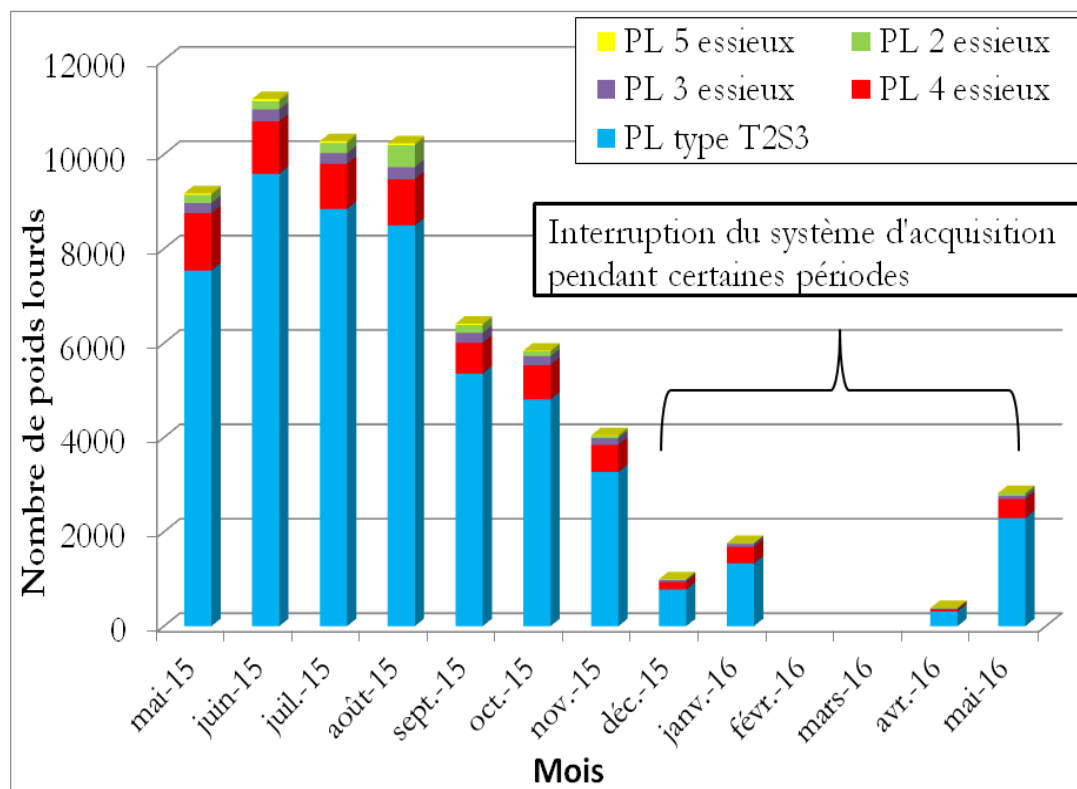


PL 5 essieux



PL 5 essieux type T2S3

Comment s'affranchir du type de PL ?



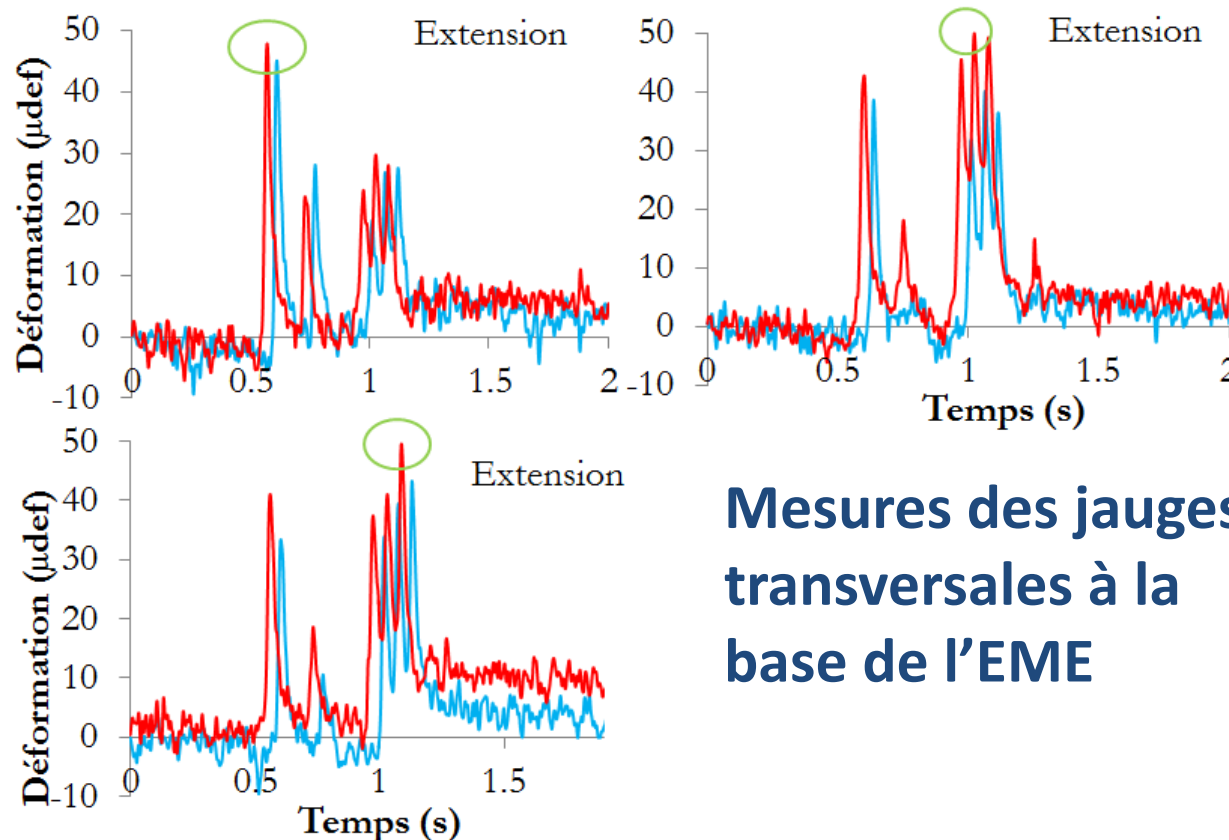
→ 80% des PL enregistrés sont de type T2S3

→ sélection uniquement des PL de type T2S3

Comment s'affranchir des variations des charges ?



**Sélection des T2S3
→ problème de
répartition des
charges**

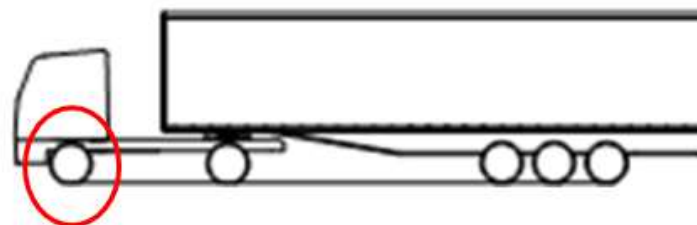


**Mesures des jauges
transversales à la
base de l'EME**

**→ hypothèse utilisée pour le pesage en marche :
exploitation du signal du 1^{er} essieu dont la charge
est toujours proche de 6.5 tonnes**

Procédure de tri basée sur 4 critères

- **Position latérale des PL : roues centrées sur les capteurs** → comparaison des mesures des géophones placés dans le sens latéral
- **Type de PL : choix des T2S3** → Identification des pics + et - des signaux géophones
- **Niveau de charge** → 1^{er} essieu à roues simple – charge moyenne de 65 kN
- **Signaux bruités**



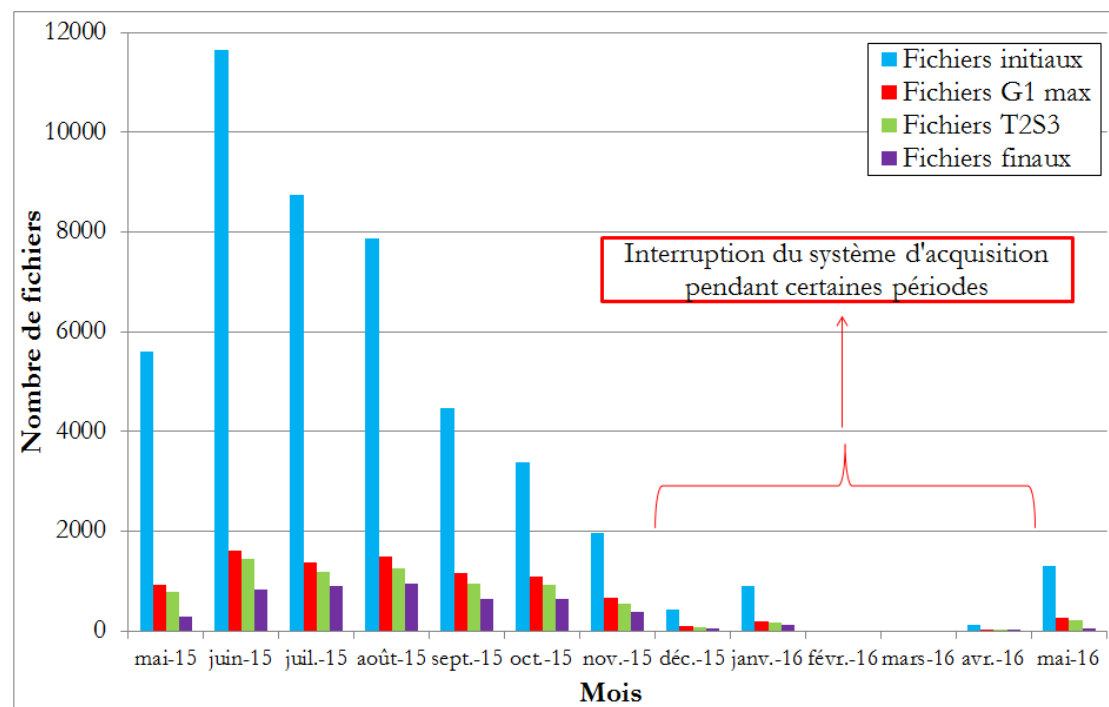
Développement de procédures de tri automatisées

- 110 000 fichiers de géophone
- 74 000 fichiers de jauge
- 70 000 mesures de température

207 Go de données



8 300 fichiers de mesures de jauges

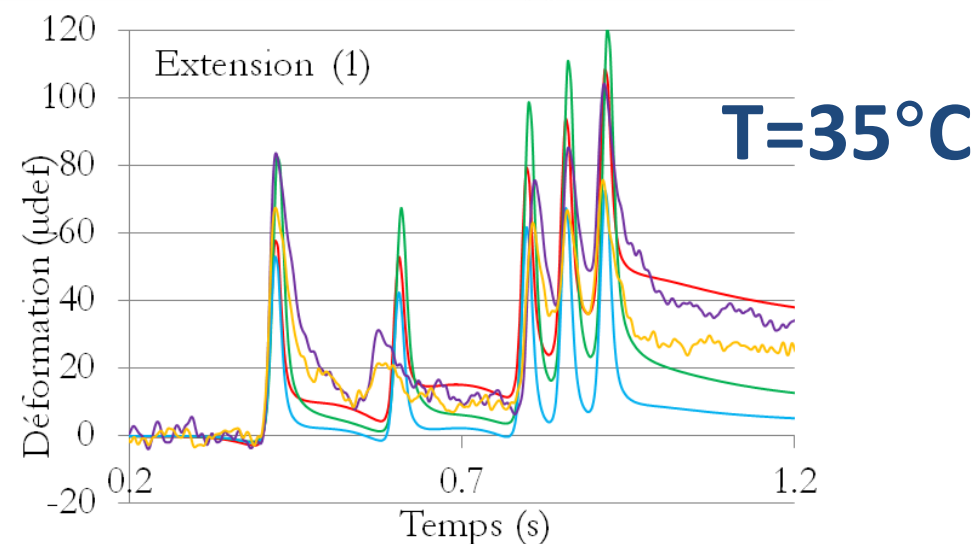
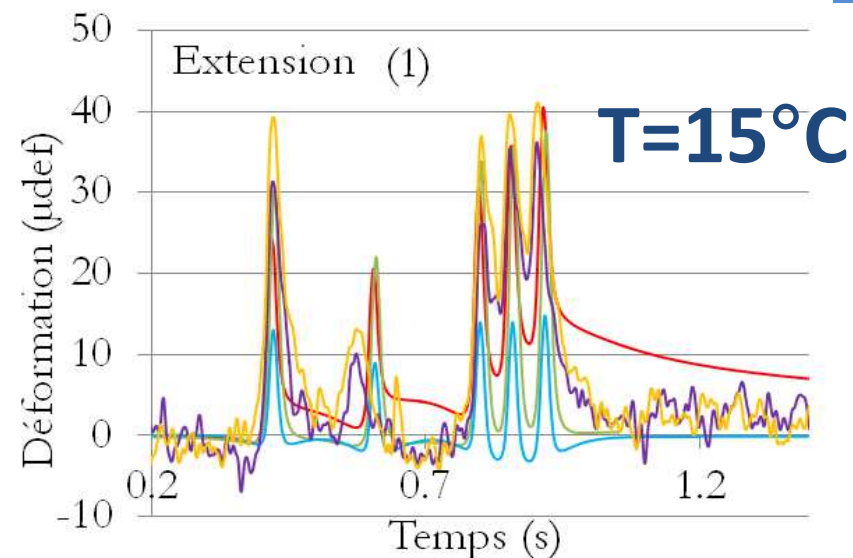
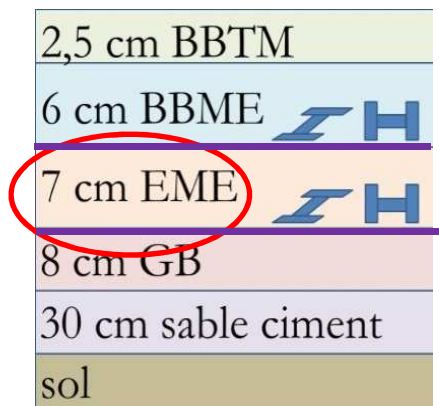


Démarche de calcul et scénarios de modélisation

- **Démarche de calcul**
 - **Modélisation des signaux complets à différentes T°**
 - **Estimation du comportement de la structure à partir des signaux du 1^{er} essieu**
- **Hypothèses de calcul**
 - **Alizé (modèle élastique linéaire) : E corrigés (f et T°)**
 - **ViscoRoute© (modèle visco-élastique décrit par modèle Huet-Sayegh)**
 - **Différents scénarios de modélisation des interfaces des couches bitumineuses (collées, glissantes et couches minces élastiques ou visco-élastiques)**

Comparaison déformations calculées en VE et mesurées

ViscoRoute® :
déformation
transversale base
EME



— Viscoroute (interfaces collées) — Viscoroute (CM viscoélastiques) — Viscoroute (CM élastiques)
— Jauge T2 base EME — Jauge T3 base EME

Comparaison mesures / calculs : conclusion

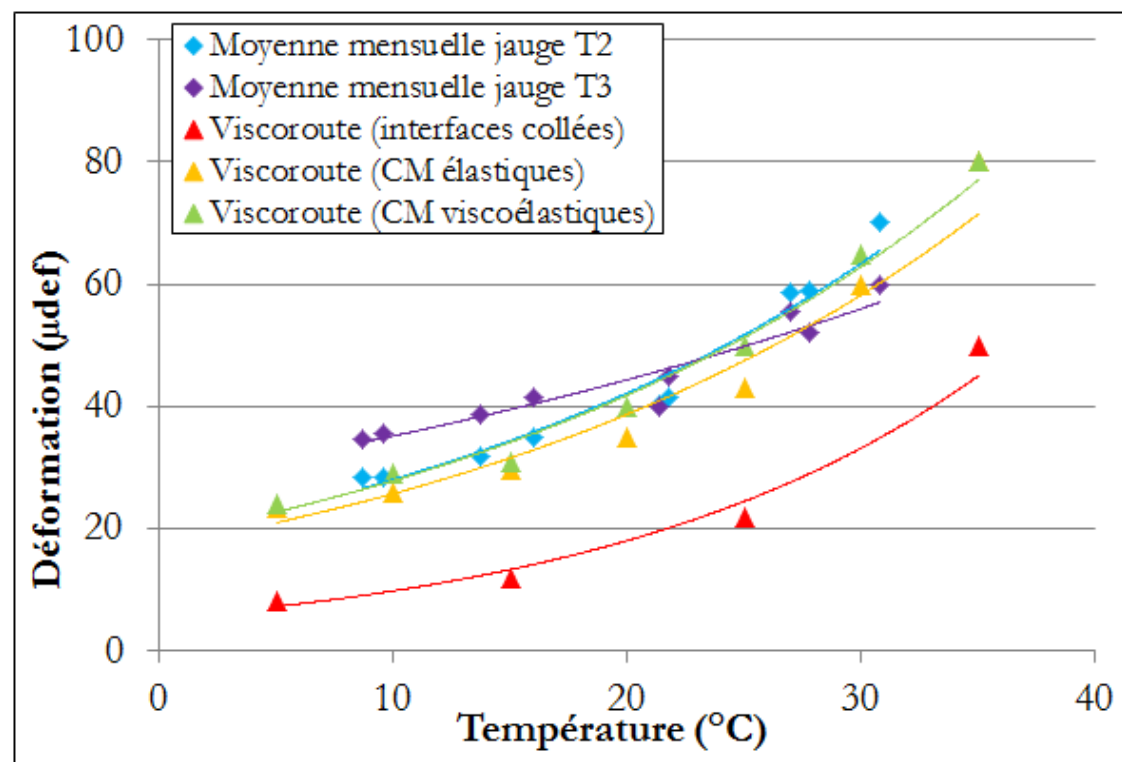
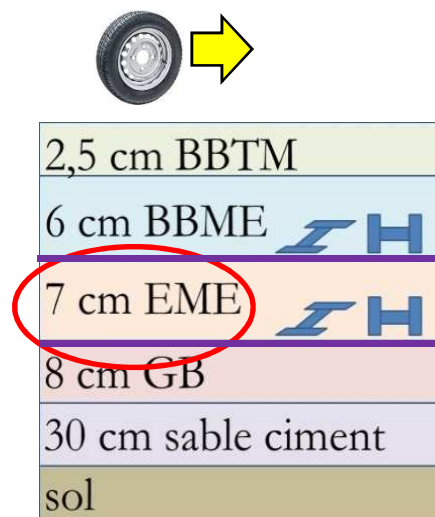
- Pour les 2 modèles, l'hypothèse interfaces collées ne reproduit pas correctement les mesures
- Modèle élastique : interface CME reproduit bien l'amplitude des signaux mais pas la forme due aux effets visco-élastiques
- Meilleures prédictions obtenues avec interface CMVE (forme et amplitude des signaux)
 - Suggestion de l'apparition de glissement aux interfaces des couches
 - Sensibilité de la couche d'accrochage à la T° : degré de collage diminue avec la T°
 - Observation cohérente avec le manège de fatigue (Grellet et al., 2016)

Mieux comprendre le phénomène → modélisation sous chargement connu

Comparaison entre moyenne mensuelles des déformations mesurées et calculées sous le 1^{er} essieu des T2S3

Comparaison entre valeurs mesurées (moyenne mensuelle des déformations sous le 1^{er} essieu des T2S3 et valeurs calculées (ViscoRoute © sous chargement d'une roue simple, 32.5kN)

Déformation transversale base EME



Conclusions et perspectives

- **Première instrumentation faite à l'Ifsttar avec suivi en continu des mesures sous trafic réel**
- **Objectifs :**
 - Définir des paramètres à suivre (composition du trafic, évolution des T°, déformations et E, déflection, endommagement,...)
 - Proposer des méthodes de traitement des mesures adaptées à ce suivi
- **Perspectives :**
 - Implantation de procédures de traitement directement sur les cartes d'acquisition Pégase. Calcul en temps réel des indicateurs (thèse de Natasha Bahrani, 2017-2020, SMARTI)
 - Tests d'autres capteurs : amélioration des processus de traitement afin de déterminer en temps réel la déflection de la chaussée

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

**Instrumentation des chaussées :
section expérimentale de l'A63
(gestionnaire DIR Atlantique)**

Nathalie CHARRIER
Cerema

Contexte

Instrumentation d'une section de chaussée pendant des travaux de réparation :

- structure mixte : pouvoir détecter en amont la remontée de fissure
- comparer le comportement réel au comportement théorique
- évaluation du comportement des capteurs

=> en s'appuyant sur les travaux de recherche en instrumentation de chaussées menés par l'IFSTTAR

Travaux (septembre 2014) :


- rabottage sur 9 cm
- pose des capteurs
- rechargement : 9 cm d'EME et 2,5 cm de BBTM



Description de l'instrumentation (acquisition en continu)

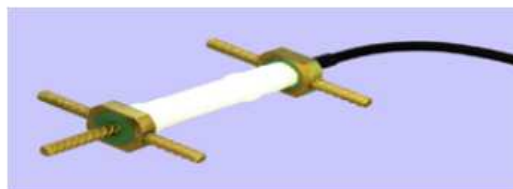
 Géophone



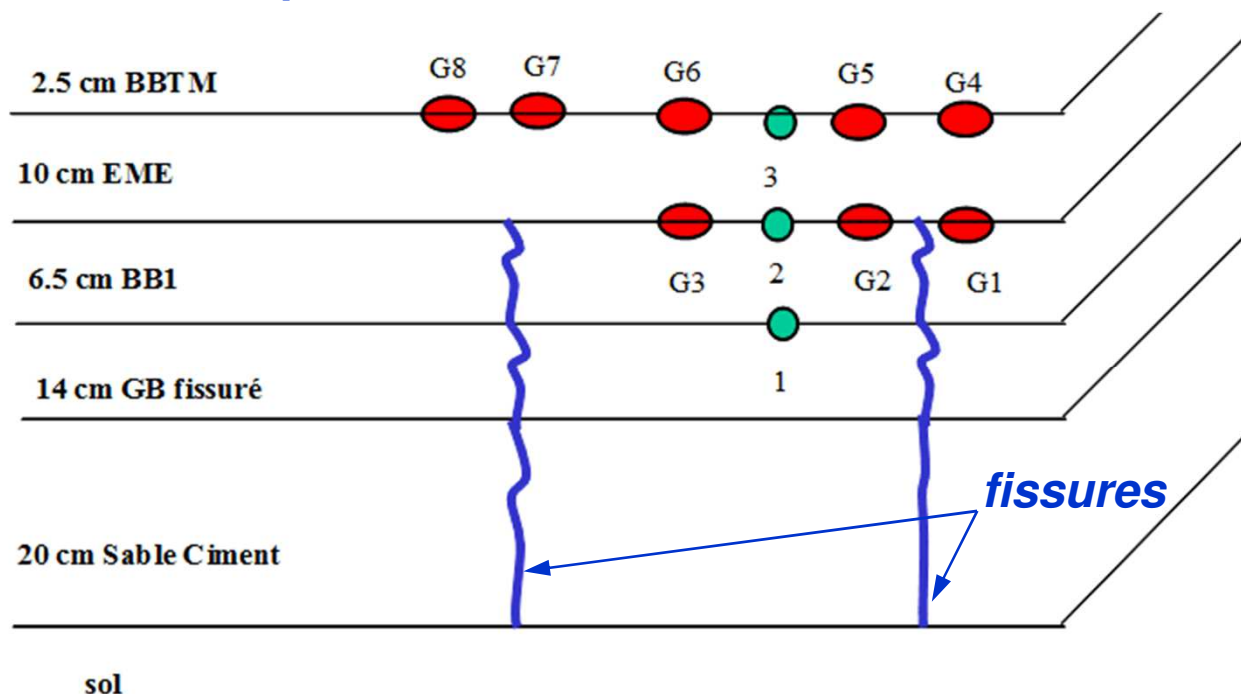
 Sonde de température



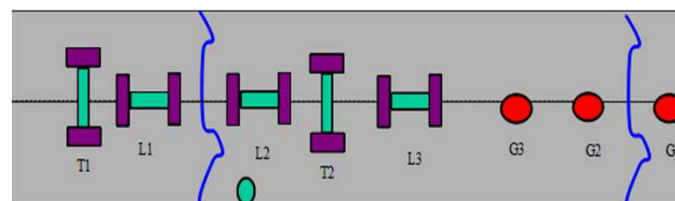
 Jauge de déformation



Implantation des géophones et sondes de T°
(vue en coupe) :



Implantation des jauges (base de l'EME) :



Suivi – relevés annuels sous chargement contrôlé

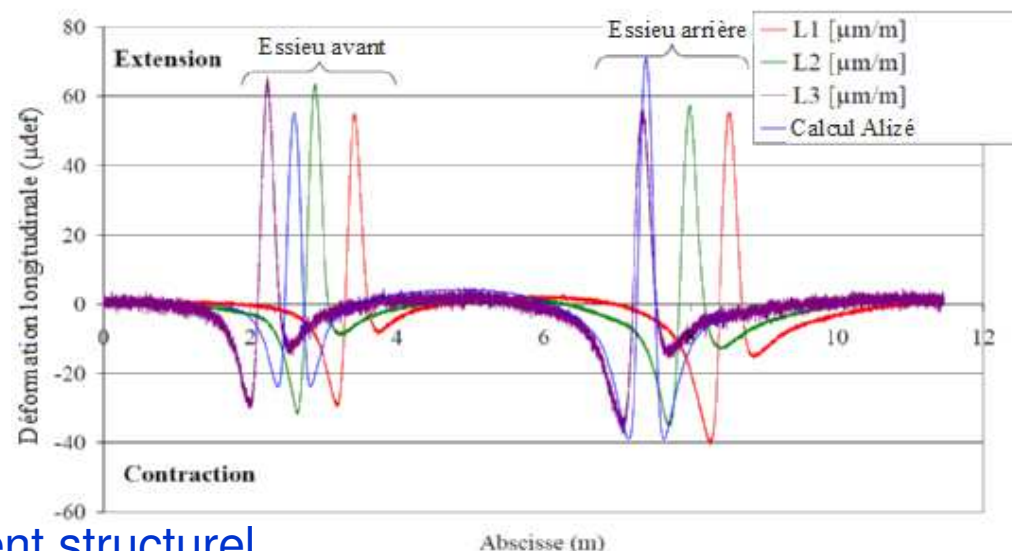
Mesures réalisées en 2014 (22°C), 2015 (17°C), 2016 (9°C), 2017 (11°C)

- **Passages à 3 km/h d'un déflectographe (essieu arrière chargé à 13 tonnes) :**
 - relevé de la T° de la chaussée
 - mesures des déformations (jauges)



Modélisation sous Alizé :

- calage de la structure initiale avec les relevés du point zéro (2014)
- correction en T° et fréquence
- exploitation des relevés (2014 - > 2017) des jauges longitudinales

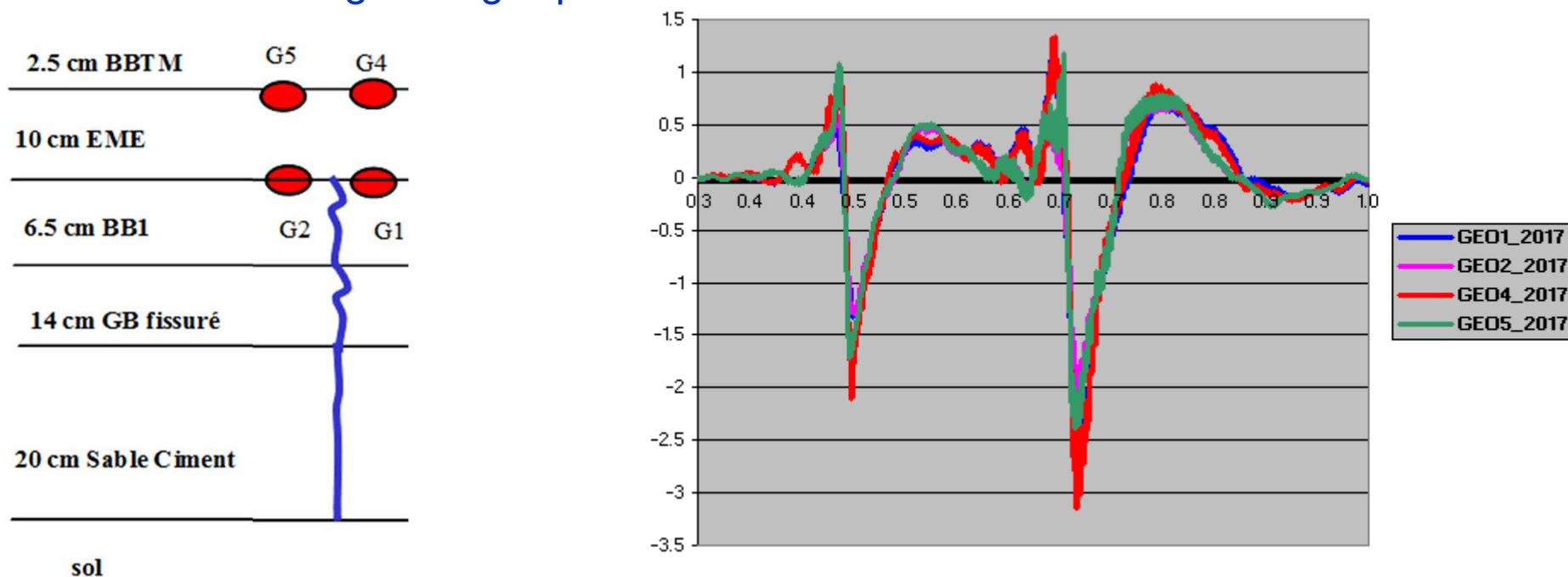


=> Pas de modifications du comportement structurel

Suivi – relevés annuels sous chargement contrôlé

- Passages à 90 km/h d'un défectographe (essieu arrière chargé à 13 tonnes) :

- mesures des signaux géophones



=> Mesures de décembre 2017 : pas d'indication de remontée de fissure (forme des signaux des géophones similaires de part et d'autre de la fissure)

- Mesures de déflexion annuelles

Suivi – exploitation des mesures en continu

- Enregistrement de 100 fichiers par jour depuis fin 2014
- Implémentation d'algorithmes d'identification des signatures de PL et d'estimation de leur vitesse
- Monitoring des températures (gradient jour/nuit...)



Comment exploiter cette base de données pour suivre le comportement structurel ?
 => apport des travaux de recherche menés lors de la thèse de Ngoc Son DUONG

- ⇒ Développement d'algorithmes de calculs d'indicateurs
- ⇒ **Objectif : mettre à disposition du gestionnaire ces indicateurs pour la surveillance de son infrastructure**

Merci de votre attention

Juliette BLANC
IFSTTAR / MAST / LAMES
juliette.blanc@ifsttar.fr

Nathalie CHARRIER
Cerema Sud-Ouest / Département laboratoire de
Bordeaux / Groupe Infrastructures de Transport
nathalie.charrier@cerema.fr