

**Les apports d'une surveillance  
renforcée des chaussées pour les  
gestionnaires**

**Nathalie CHARRIER / Olivier RUIZ**  
**Cerema**

## Deux approches complémentaires :

- **L'instrumentation de chaussées à la construction ou lors de travaux de réhabilitation :**
  - mesures sous charge contrôlée
  - mesures sous trafic réel

**(N. CHARRIER)**
  
- **L'essai d'ovalisation sur réseau existant :**

**(O. RUIZ)**

# Instrumentation de chaussées

## Quels apports de l'instrumentation ?

- Aujourd'hui, évaluation de l'état structurel des chaussées par des appareils d'auscultation spécifiques :
  - impact sur le trafic
  - impact sur les conditions de sécurité
  - coûts de développement et de maintenance de ces appareils.
- Instrumentation :
  - complément ou alternative pour le gestionnaire pour avoir des indicateurs sur l'état structurel de sa chaussée
  - suivi au plus près du comportement de la chaussée

## Travaux de recherche menés dans le cadre de l'ORSI DEDIR

Dans le cadre de l'Opération de Recherche IFSTTAR-Cerema DEDIR (Du Dimensionnement à l'Entretien Durable des Infrastructures Routières) :

- => Mise au point de techniques d'instrumentation de chaussées :
- choix de capteurs (déformation, température...)
  - communication à distance (pilotage de l'acquisition, transmission des données)
  - mesures sous chargement contrôlé
  - mesures sous trafic réel
  - analyses des données (méthodes de tri et de filtrage, calculs d'indicateurs...)

=> Instrumentation de plusieurs sections de chaussée avec suivi en continu des mesures

### Contributions :

- Laboratoire LAMES (IFSTTAR)
- Cerema Sud-Ouest

## Un exemple : section expérimentale de l'A63 (gestionnaire DIR Atlantique)



### Instrumentation pendant des travaux de réparation en 2014 :

- Pouvoir détecter en amont la remontée de fissure
- Suivi du comportement structurel : comparaison comportement réel et théorique
- Evaluation du comportement des capteurs

# Instrumentation de chaussées

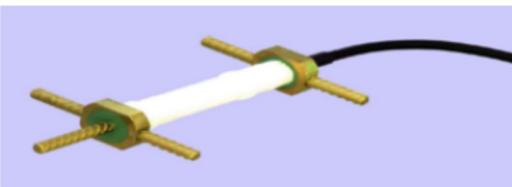
 Géophone



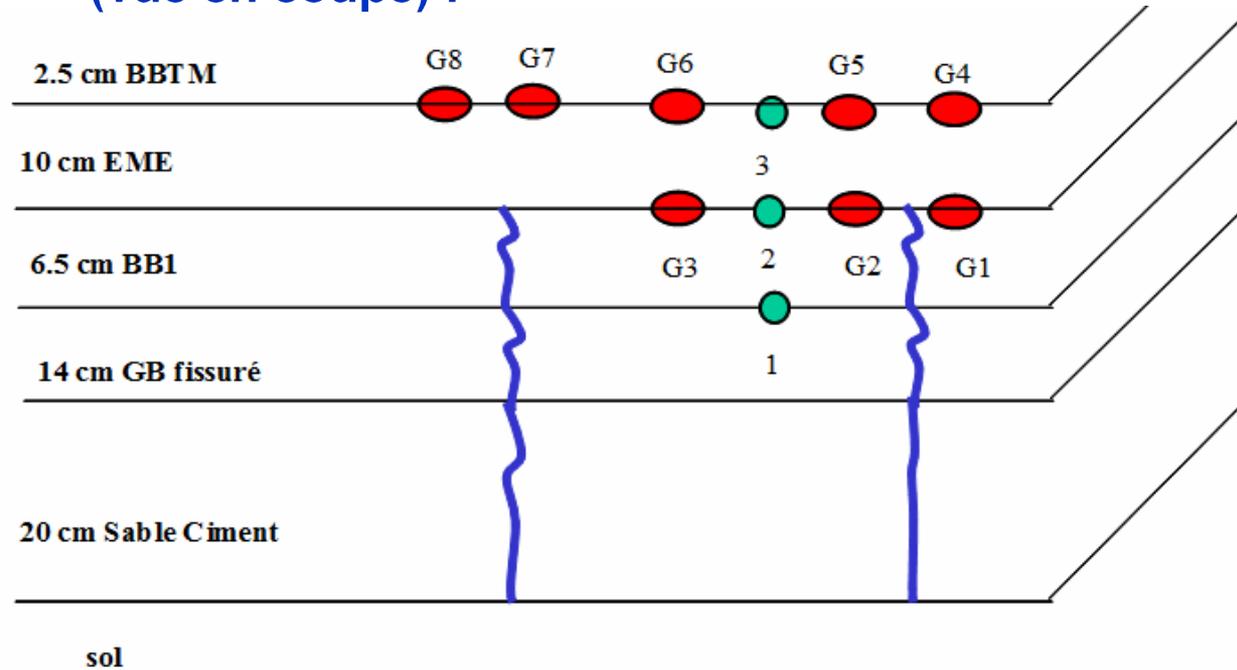
 Sonde de température



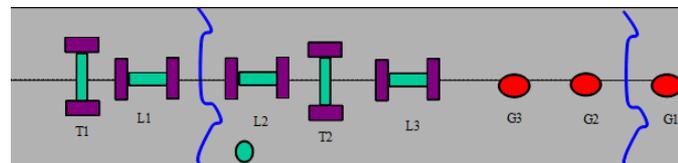
 Jauge de déformation



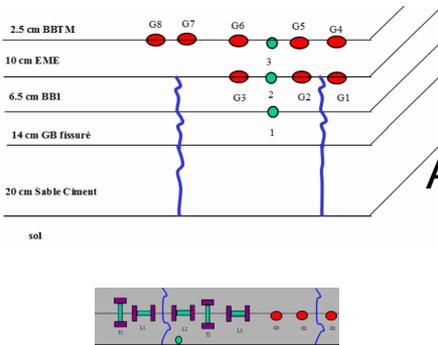
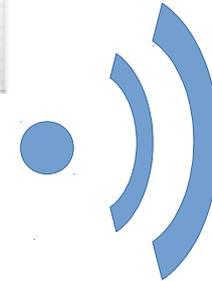
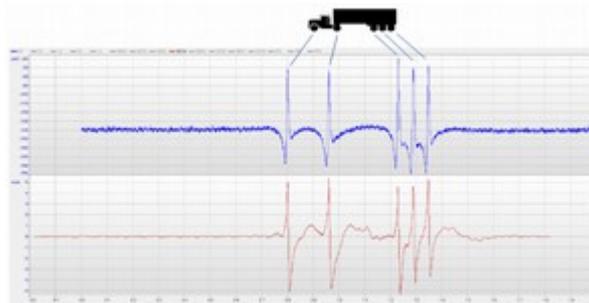
Implantation des géophones et sondes de T°  
(vue en coupe) :



Implantation des jauges (base de l'EME) :



# Acquisition des mesures à distance



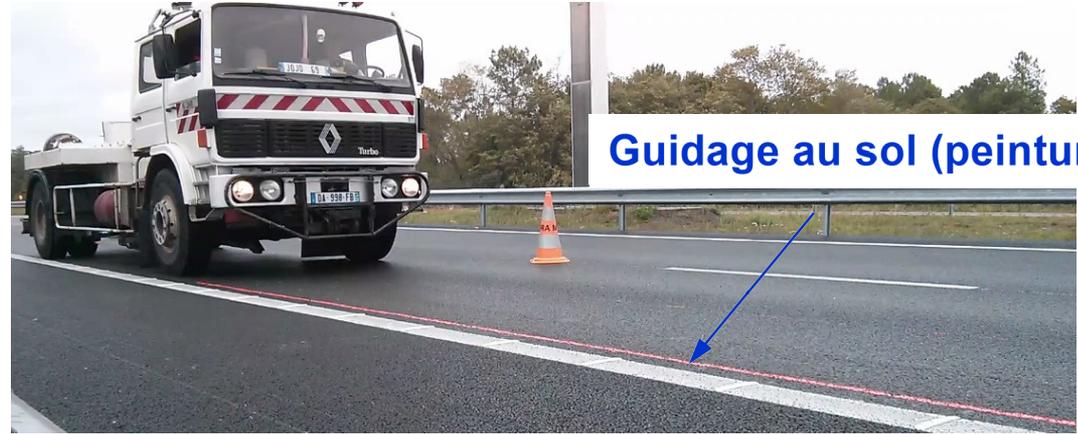
Acquisition sur  
seuil  
(détection PL)



→ Enregistrement de 100 fichiers (1 passage PL) par jour depuis fin 2014

# Mesures sur site

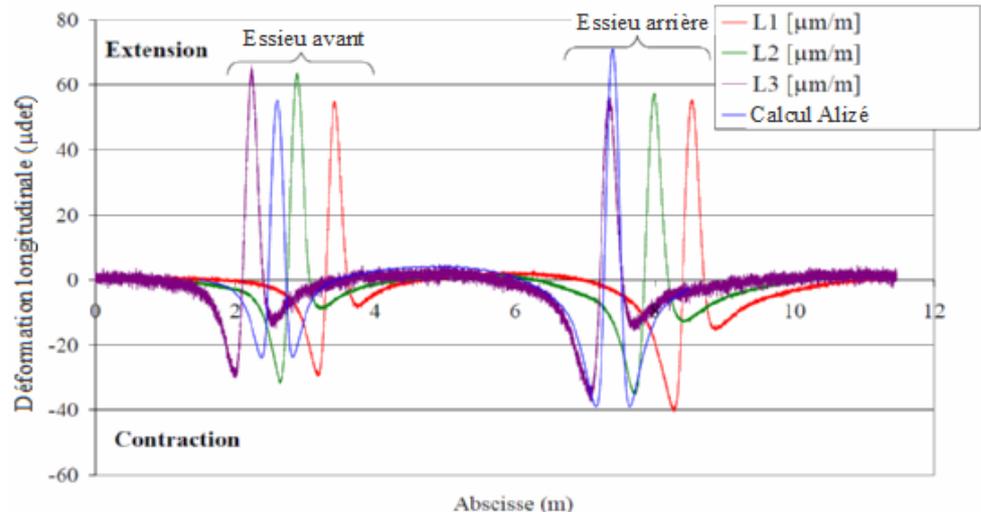
Relevés sous chargement connu :  
 → en capacité de suivre l'évolution du comportement structurel au fil des campagnes (rétro-calculs sous le logiciel de dimensionnement Alizé).



## Limites :

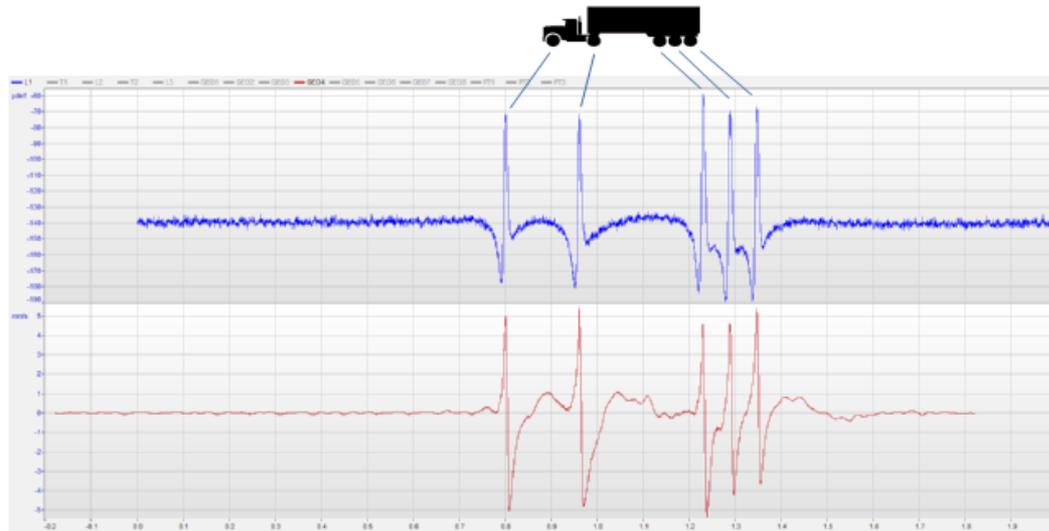
- mobilisation d'un véhicule
- neutralisation de la voie
- relevés périodiques

mais des conditions maîtrisées (T°, charge, position, vitesse)...



## Mesures sous trafic réel

- Implémentation d'algorithmes d'identification des signatures de PL et d'estimation de leur vitesse :

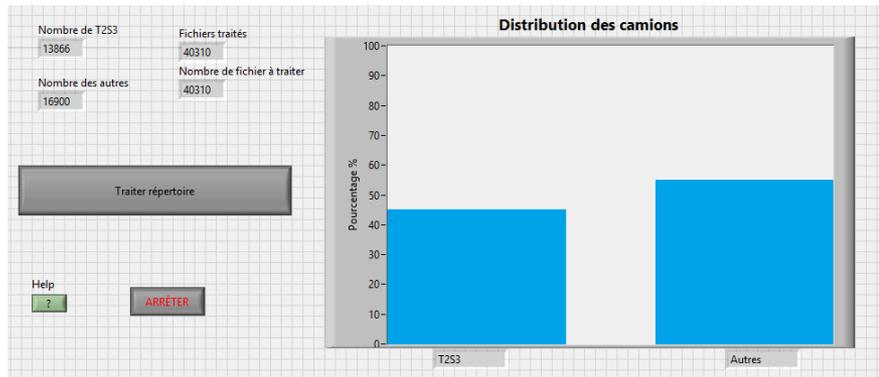


- Monitoring des températures (gradient jour/nuit...)

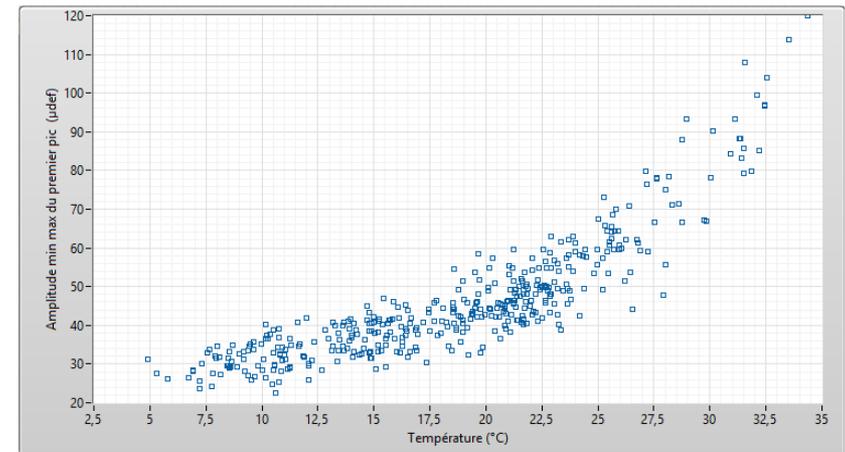
# Mesures sous trafic réel

- Développement d'outils de traitement automatisé des données :
  - application de méthodes de filtrage / tri des signaux (identification de type de PL, vitesse, charge...)
  - exploiter le volume de données pour proposer des indicateurs de suivi de l'évolution des structures.

=> apport des travaux de recherche menés lors de la thèse de Ngoc Son DUONG (Instrumentation de chaussées : la route intelligente qui s'auto-détecte ?)



Tri des camions de type T2S3 :  
=> exploitation de 13866 fichiers -  
4Go de données



Influence de la température sur les  
niveaux de déformations mesurés

## Mesures sous trafic réel

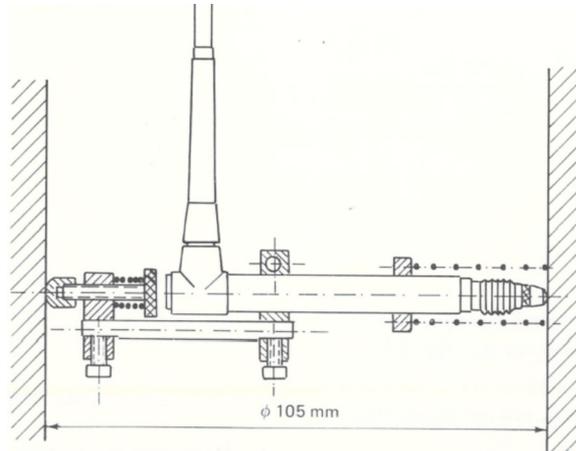
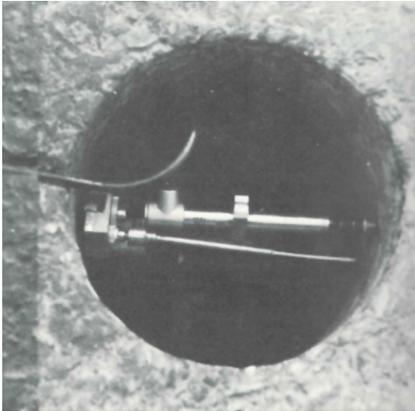
- Intérêt :
  - peut permettre de s'affranchir des mesures ponctuelles contraignantes
  - pour le gestionnaire : monitoring en « temps réel » de l'état d'endommagement de la chaussée :
    - disposer d'indicateurs de suivi de l'endommagement des chaussées
    - optimiser la programmation des travaux d'entretien

# L'essai d'ovalisation

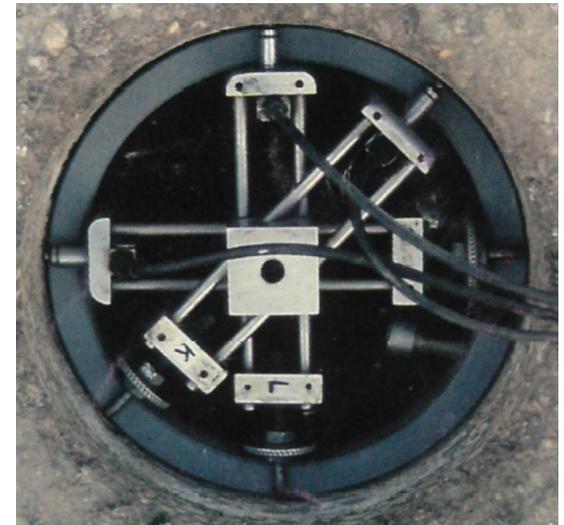
- **Historique**
- **Principe de l'essai**
- **Interprétation Exploitation des mesures**
- **Intérêts finalités et enjeux**
- **Etat d'avancement du projet**

# Historique

- Premier matériel mis au point au laboratoire de Saint-Brieuc (1974): la sonde unidirectionnelle

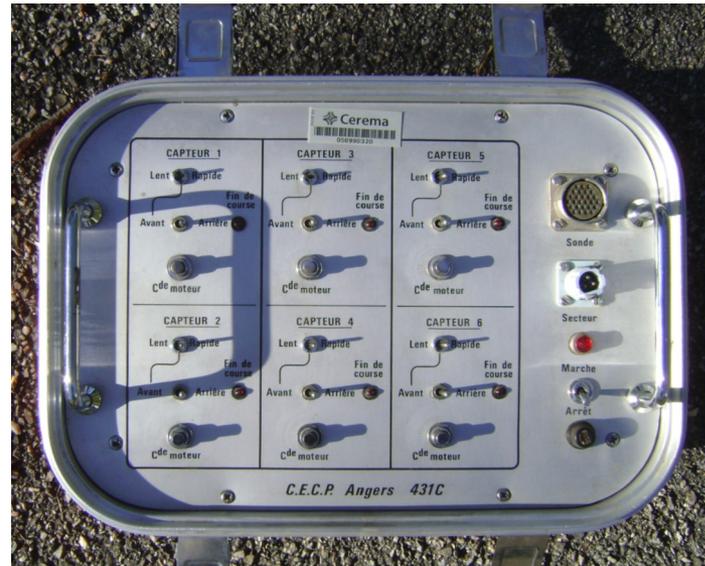


- La sonde tridimensionnelle de première génération (1979)



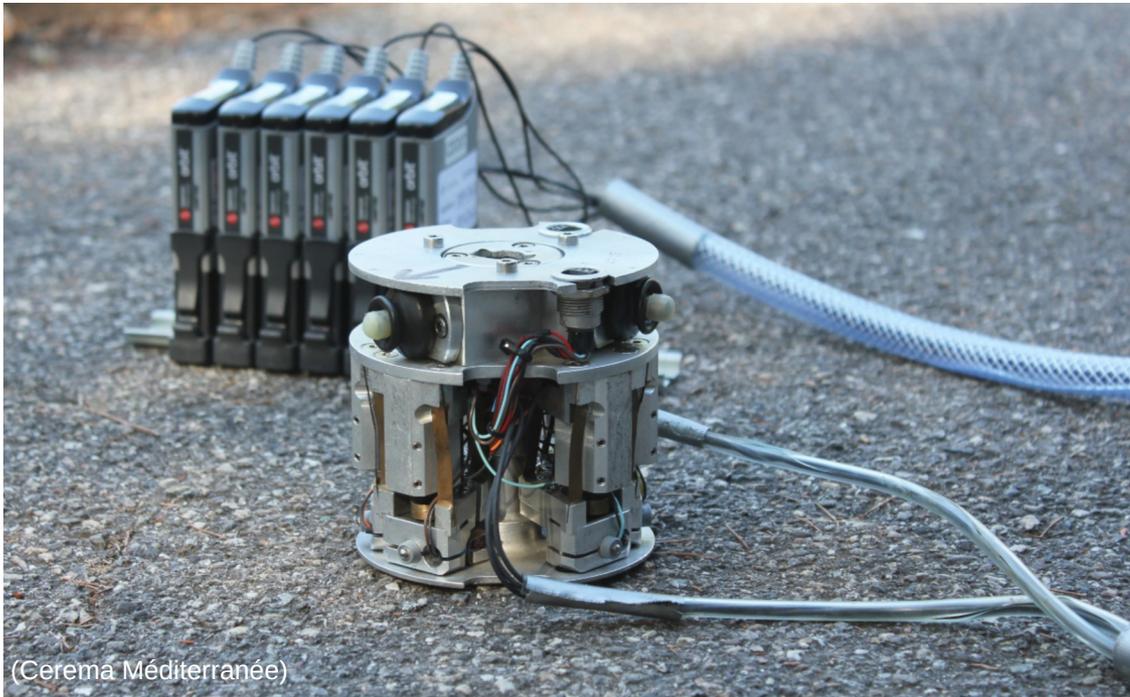
# Historique

- Sonde tridimensionnelle de seconde génération (1983)

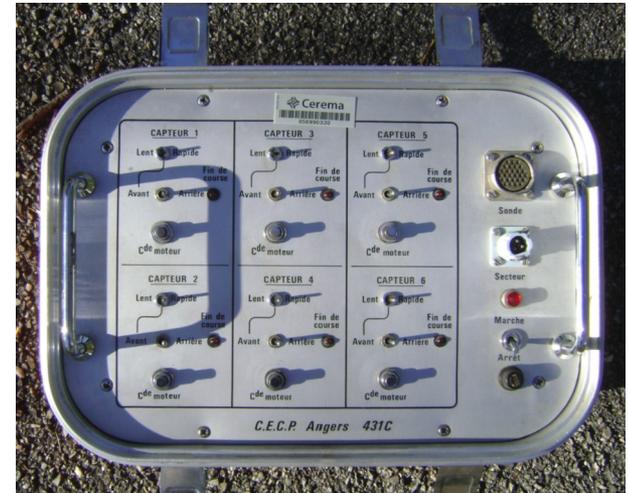


# Historique

- Sonde tridimensionnelle actuelle (2018)



(Cerema Méditerranée)



# Principe de l'essai

## norme française

NF P 98-203-1

Décembre 1997

ICS : 93.080.20  
P 98-203-1

Essais relatifs aux chaussées

Déformations dans les couches de chaussées

Partie 1 : Essai d'ovalisation

Tests relating to pavements - Deformations in pavement layers - Part 1 : O

Straßenbauprüfungen - Verformungen der Fahrbahndeckschichten - Teil 1

STATUT :

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général de l'AFNOR le 20 novembre 1997

CORRESPONDANCE :

À la date de publication du présent document, il n'existe pas de norme internationale traitant du même sujet.

ANALYSE :

Le présent document traite des essais permettant de mesurer les déformations lors de l'application de charges.

Il définit une méthode à partir de variations de diamètre dans un trou

DESCRIPTEURS :

route, chaussée, essai, mesurage, déformation sous contrainte, appa

Éditée et diffusée par l'Association Française de Normalisation (AFNOR), T  
Tél. : 01 42 91 55 55 - Tél. international : + 33 1 42 91 55 55

AFNOR 1997

# AFNOR 1997

1er tirage 97-12-F

## Ovalisation Exécution et exploitation des me

techniques et méthodes  
des laboratoires  
des ponts et chaussées

lpc



MÉTHODE D'ESSAI

### RÉSUMÉ

Les contraintes ou les déformations à la base des couches liées constituent un critère intéressant pour caractériser le travail en flexion des couches de chaussées. Les jauges de déformation ont longtemps constitué le seul moyen d'approcher la valeur de ces paramètres. Le procédé décrit ici consiste à mesurer les variations de diamètre d'une cavité cylindrique (ovalisation d'un trou de carottage) au passage d'une charge lourde. On indique comment procéder à ces mesures en cavité et comment les résultats obtenus peuvent être traduits en termes de déformations (ou de contraintes) dans les couches liées. Un exemple complet est développé : dans cet exemple, les résultats déduits des mesures en ovalisation sont comparés aux résultats obtenus à l'aide de jauges. Un panorama des mesures déjà effectuées est dressé à la fin de l'article.

**MOTS CLÉS :** 22 - Mesure - Déformation - Élasticité - Chaussée (corps de) - Assise traitée - Dantière - Forage (trou) - Charge - En mouvement.

Bull. liaison Labo. P. et Ch. - 192 - juil.-août 1979 - Réf. 2289

Laboratoire Central  
des Ponts et Chaussées

## L'ovalisation : une nouvelle méthode de mesure des déformations élastiques des chaussées

R. KOBISCH  
Ingénieur  
Laboratoire régional de Oued Zem

G. PEYRONNE  
Ingénieur  
Département des chaussées  
Laboratoire central

L'article de A  
méthode nouvelle en  
élastiques dans les n  
tant par les possibili  
et aux gestionnaires

La mesure des  
des couches de chan  
un élément essentiel)  
dans ces dix derniè  
et la limitation de  
compte tenu des c  
chaussées et trafic  
dimensionnement. L  
nécessaire pour vér  
ALIZE III) donna  
charge, ainsi que p  
en fatigue des mat

Jusqu'ici on ne  
de déformation, m  
surtout, demandait  
de la construction  
emploi à des expéri

La méthode d  
méthode d'ovalisai  
elle a l'norme avan  
sur n'importe quel  
puisse y pratiquer  
CETTE méthode per  
chaussée à toute s  
reproduire les défor  
niveaux des couches

\* Actuellement au SETRA.

## MÉCANIQUE DES CHAUSSEES

### THÈME 2 - APPAREILS D'AUSCULTATION

(suite)

## 3. Utilisation de l'ovalisation en auscultation des chaussées

HENRI BOGOLLOU  
Ingénieur  
Laboratoire régional de Oued Zem

Paul KERVILL  
Ingénieur  
Laboratoire régional d'Angers

Rolf KOBISCH  
Ingénieur SIDA  
Laboratoire régional de Saint-Brieuc

Jean-Paul POLIANE  
Ingénieur  
Laboratoire régional d'Autun

### RÉSUMÉ

Les progrès réalisés par la mécanique des chaussées en méthodologie de dimensionnement ont entraîné, sur le plan des moyens d'auscultation, des besoins dans le domaine de la connaissance des contraintes et déformations dans les couches de chaussées. L'ovalisation, technique fondée sur la mesure de la déformation d'un trou de carottage au passage d'une charge roulante répond à cette demande moyennant l'appui de modèles rhéologiques qui permettent de s'affranchir de la cavité nécessaire à l'essai mais gênante au plan de l'interprétation. L'article rappelle le principe de la mesure déjà décrit dans son pré-décret numéro et présente l'essai d'ovalisation après l'évolution de ces dernières années. Le nouvel appareillage permet la mesure simultanée de la déformation de la cavité dans trois directions d'un même niveau, pour des vitesses de chargement pouvant atteindre quelques dizaines de km/h. Trois modèles explicites, supports au développement des mesures, sont décrits. Le plus récent, fondé sur la méthode des éléments finis, constitue un outil très efficace permettant l'interprétation dans les cas les plus difficiles. Un exemple d'application est traité. Il montre la place de cet essai dans la panoplie des moyens plus traditionnels. Toutes les étapes de cet essai et de son interprétation sont examinées : implantation - mesures - dépoliment - analyse - exploitation. Le domaine d'application de l'ovalisation couvre aussi bien les études de renforcement (détermination d'épaisseurs) que les études d'évaluation des structures.

**MOTS CLÉS :** 22 - Auscultation - Mesure - Déformation - Forage (trou) - Charge - En mouvement - Modèle mathématique - Éléments finis - Renforcement - Chaussée (corps de) - Renforcement (chaussée) - Ovalisation.

Bull. liaison Labo. P. et Ch. - 128 - nov.-déc. 1983 - Réf. 2841

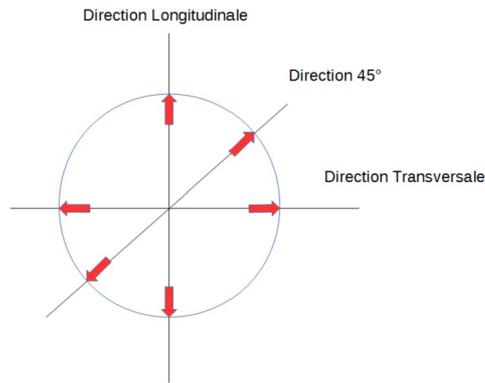
### INTRODUCTION

La dimensionnement des structures de chaussées en matériaux traités est essentiellement fondé sur la détermination des contraintes et des déformations en flexion admissibles dans les couches à partir de la résistance en fatigue des matériaux et du trafic. La mesure de ces déformations pendant longtemps fait uniquement appel à la technique des jauges de déformation mises en place nécessairement, à la construction de la chaussée. Cette sujétion importante a été surmontée en utilisant une nouvelle méthode : la mesure des déformations d'une cavité cylindrique pratiquée dans le corps de chaussée (trou de carottage).

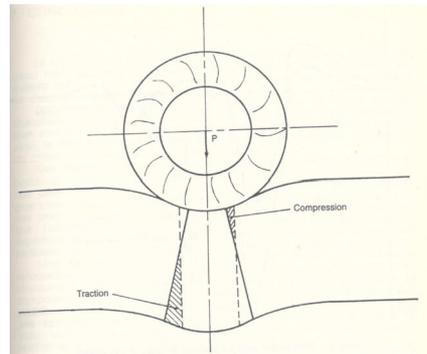
Cette méthode s'appuie sur des modèles qui permettent, connaissant les déformations de la cavité, de retrouver les déformations telles qu'elles auraient pu être mesurées par des jauges.

# Principe de l'essai

Mesurer dans un trou de carottage, les variations de diamètre se produisant à différents niveaux dans 3 directions (Longitudinale, transversale, 45°) sous l'application d'une charge spécifiée afin de déterminer par calcul les déformations qui se produiraient dans la chaussée, sous cette charge en l'absence de cavité.



(Vue en plan)

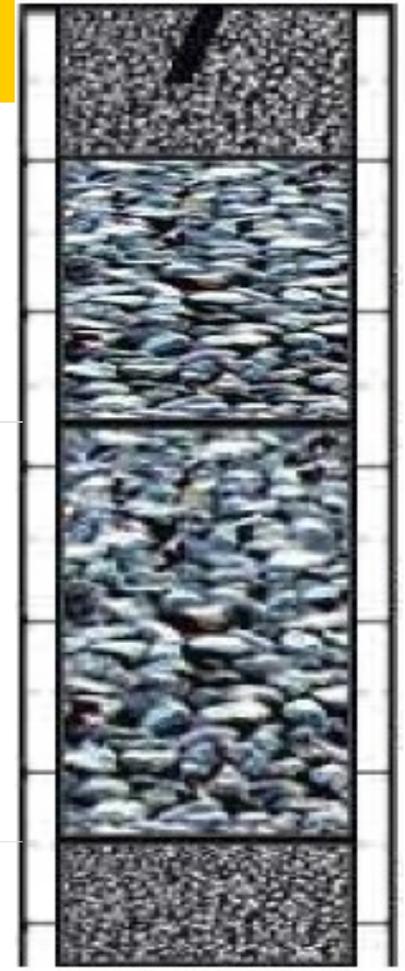
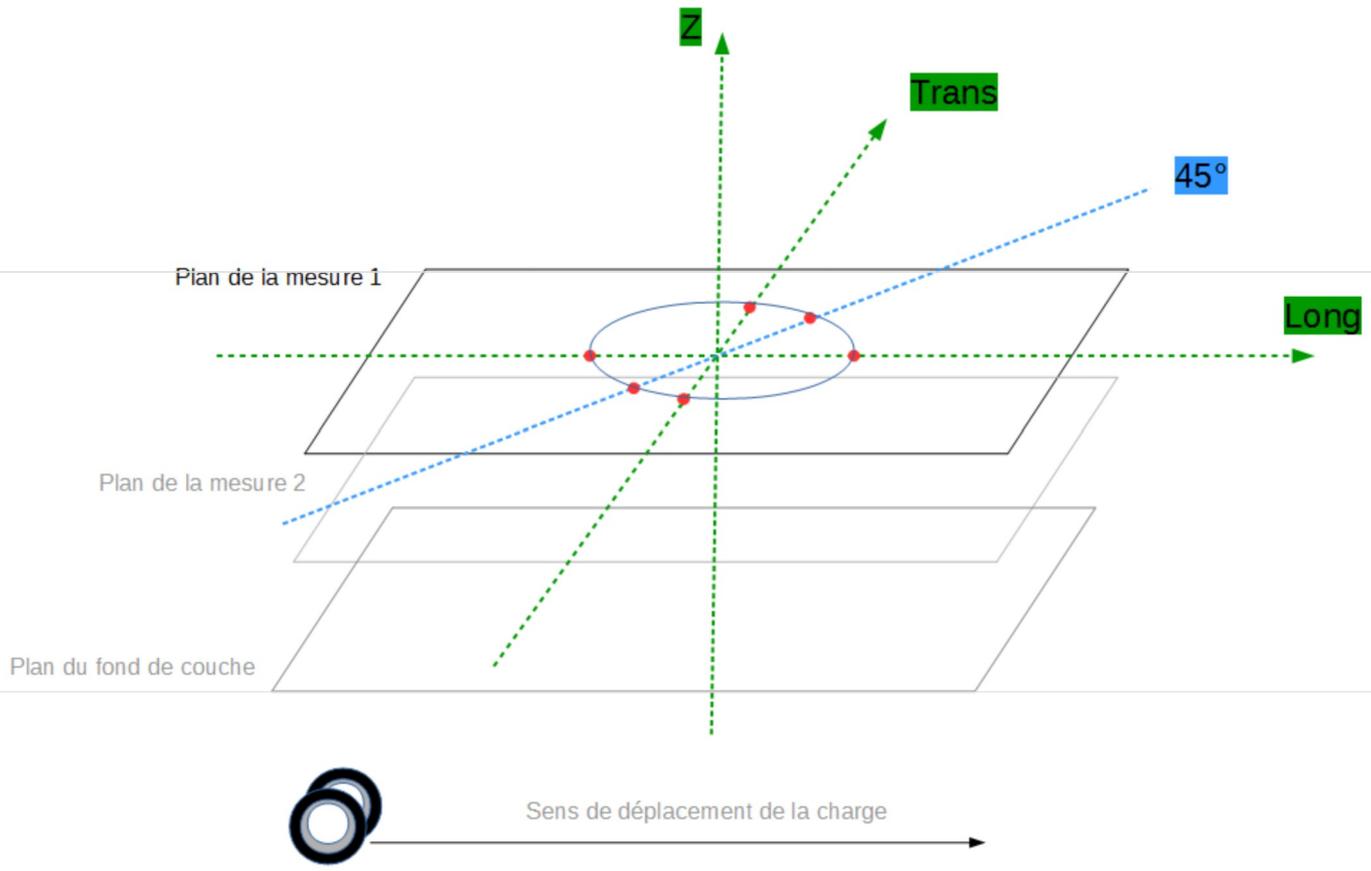


(Vue en coupe)

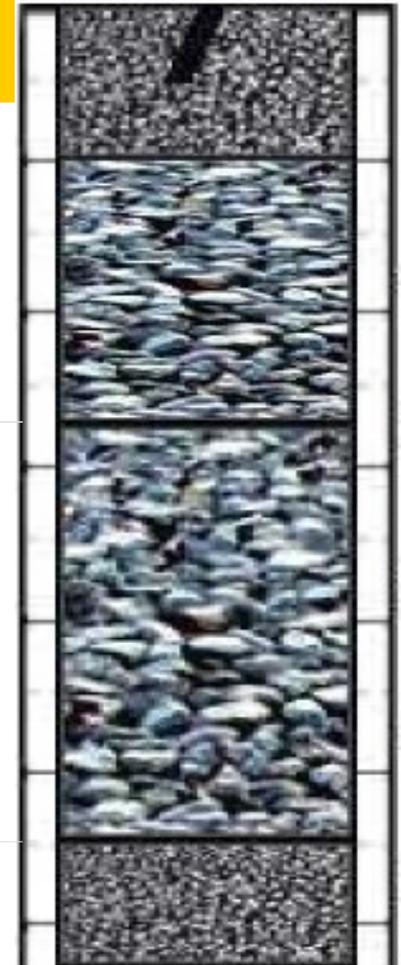
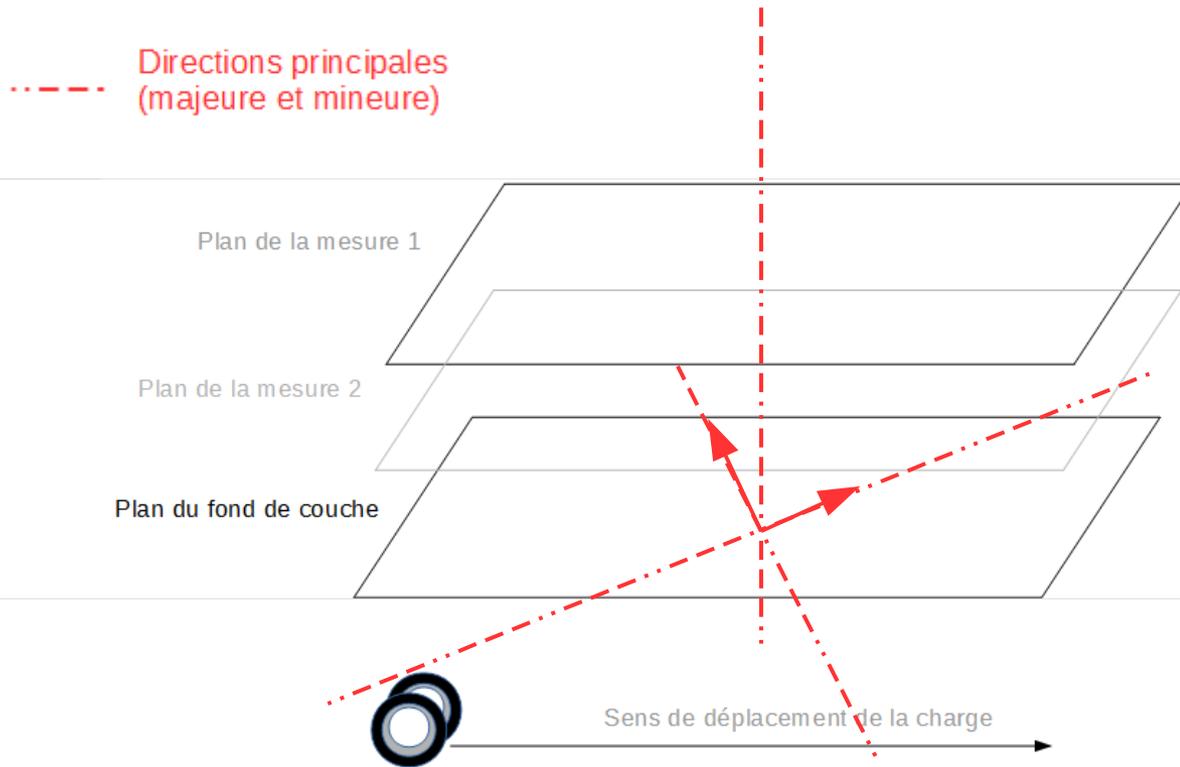


(Implantation des carottages en zone homogène)

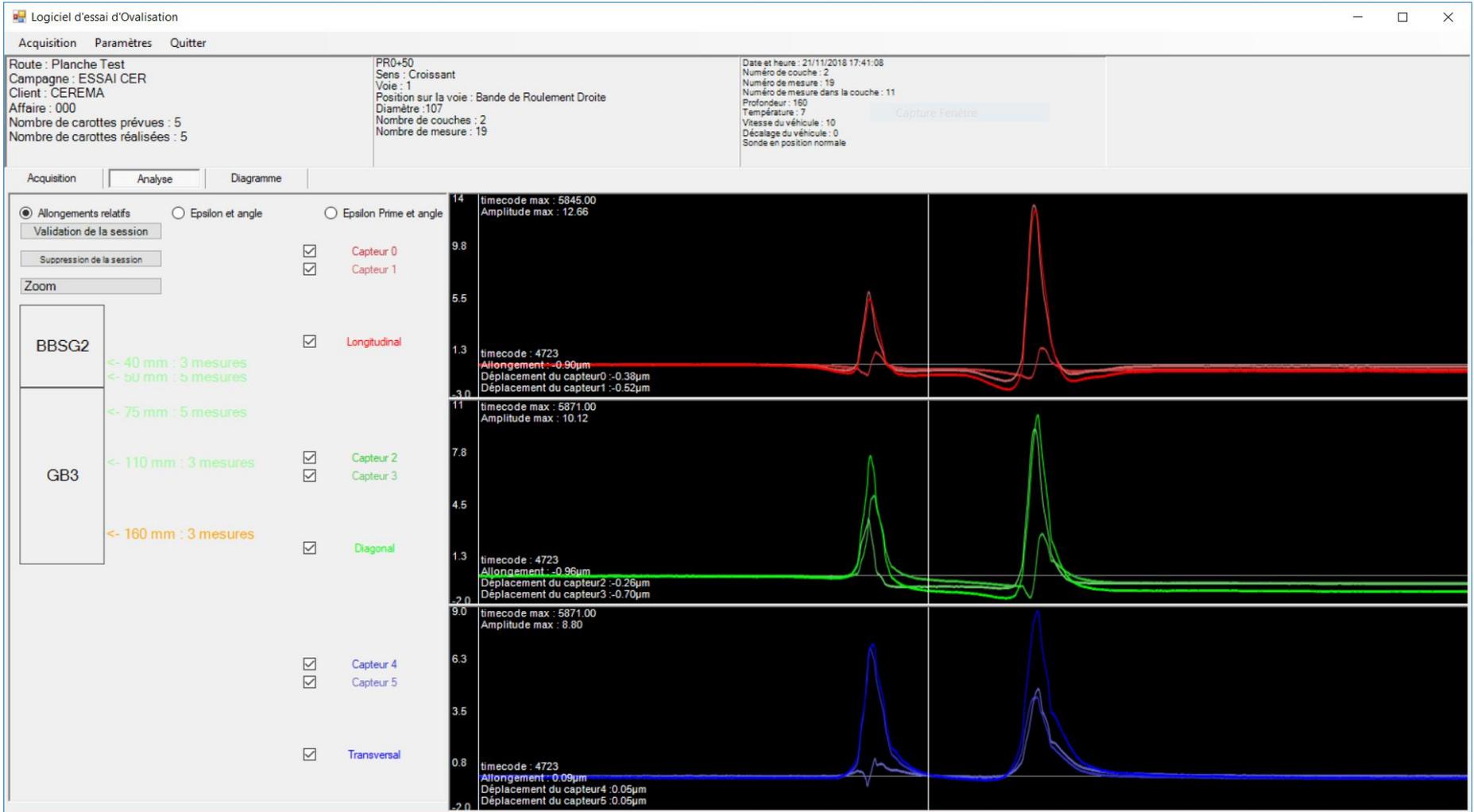
# Principe de l'essai



# Principe de l'essai



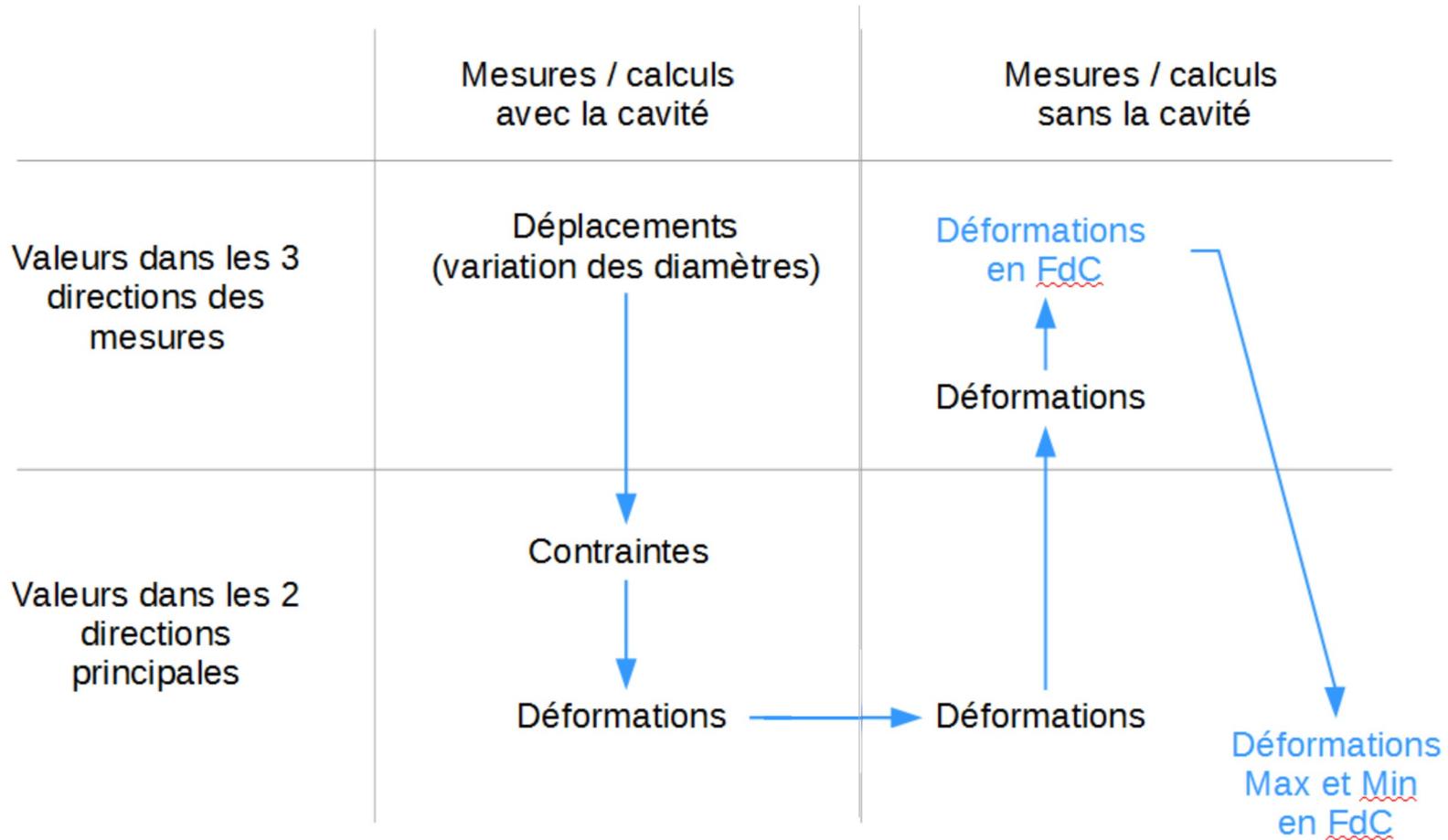
# Interprétation exploitation des mesures



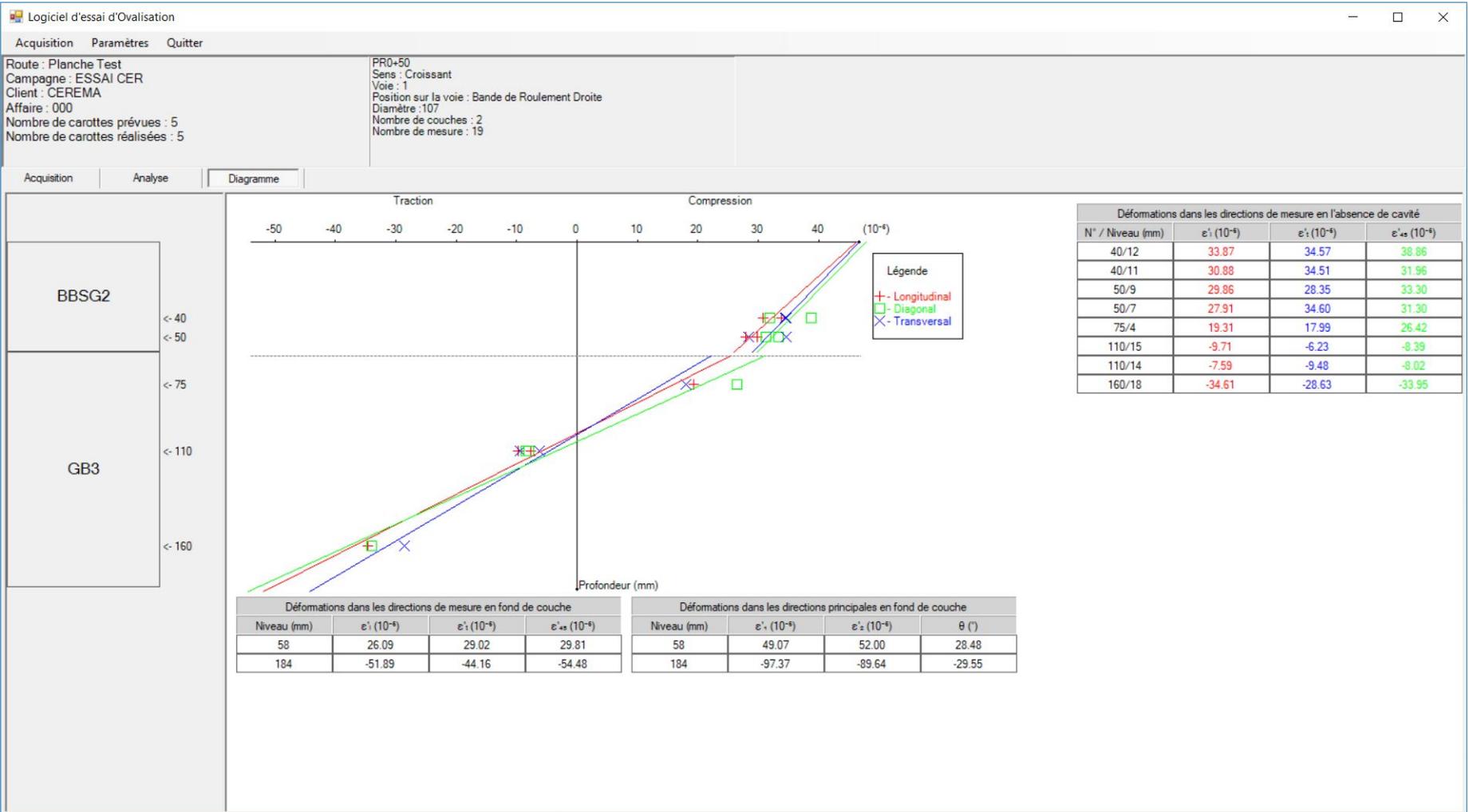
(Laboratoire d'Aix-en-Provence - D. Bessonneau)

# Interprétation exploitation des mesures

Logigramme de calcul des valeurs en fond de couche



# Interprétation exploitation des mesures



(Laboratoire d'Aix-en-Provence - D. Bessonneau)

# Interprétation exploitation des mesures

**Calcul de la déformation admissible pour le trafic subi par la section :**

$$\varepsilon_{\text{tadm}} (15^\circ\text{C}, 10 \text{ Hz}) = \varepsilon_6(10^\circ\text{C}) \times [E(10^\circ\text{C})/E(15^\circ\text{C})]^{0.5} \times (NE/10^6)^b \times k_r \times k_c \times k_s$$

**Comparaison du taux de travail calculé par Alizé à la déformation admissible :**

$$\varepsilon_{\text{tadm}} (15^\circ\text{C}, 10 \text{ Hz}) \times 10^{-U_b\delta} = \varepsilon_{\text{ovalo}} (15^\circ\text{C}, 10 \text{ Hz})$$



**Calcul de la probabilité f(U) d'atteindre la rupture conventionnelle de la section**



**Evaluation du risque R de rupture conventionnelle de la section**

# Intérêts, finalités et enjeux

L'essai permet :

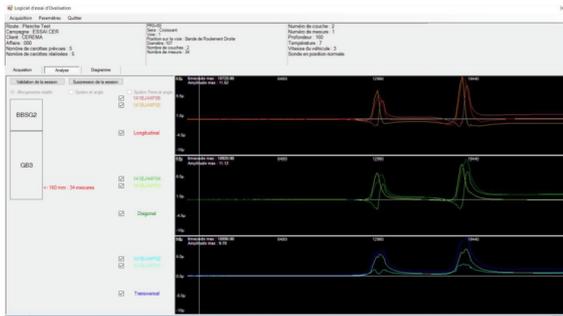
- d'identifier un décollage éventuel des interfaces (discontinuité des déformations au changement de couche)
- de déterminer le risque de rupture conventionnel d'une chaussée, le niveau d'endommagement de la chaussée, la durée de service résiduelle de celle-ci.
- de suivre dans le temps les déformations subies in situ par un matériau. L'acquisition et l'analyse de différentes données devant permettre le développement de nouveaux modèles et lois d'évolution des matériaux.

Enjeux importants:

- pour les gestionnaires afin de définir des stratégies d'entretien adaptées
- pour l'État dans le cadre de l'examen des fins de concession autoroutière

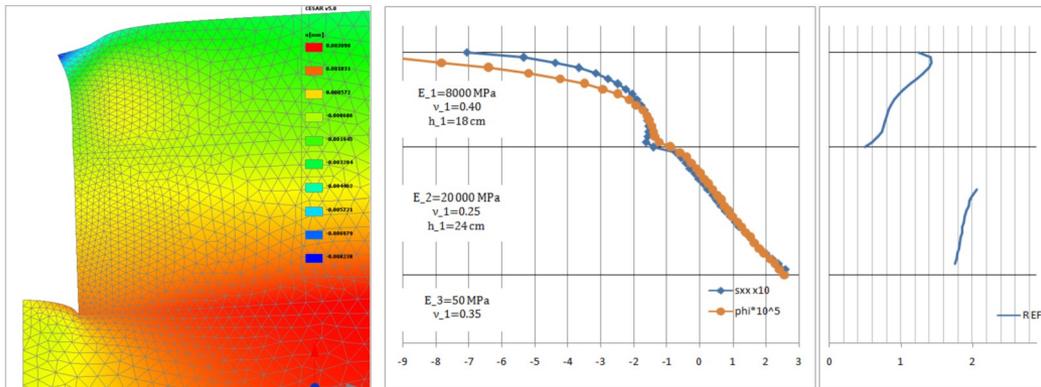
# Etat d'avancement du projet

- **Laboratoire d'Aix-en-Provence (Pilotage)**



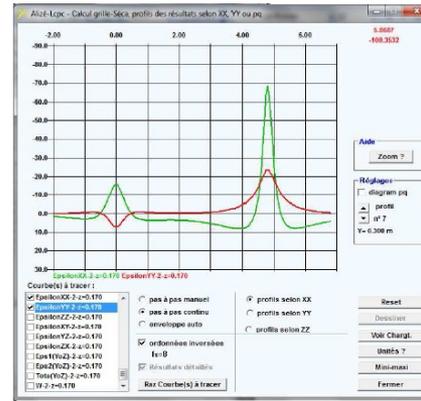
(D.Bessonneau)

- **Laboratoire de Nancy**

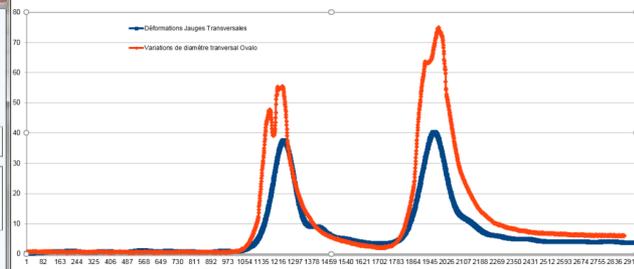


(B.Basmaji)

- **CER de Rouen**



(G. Voisin)



- **CECP de Rouen**



## **Merci de votre attention**

**Nathalie CHARRIER**

**Cerema Sud-Ouest / Département Laboratoire de Bordeaux /  
Groupe Infrastructures de Transport**

**Tél : 05 56 70 63 79 / mail : [nathalie.charrier@cerema.fr](mailto:nathalie.charrier@cerema.fr)**

**Olivier RUIZ**

**Cerema Méditerranée / Département Laboratoire d'Aix-en-Provence /  
Service Auscultation Politique d'Entretien des Infrastructures**

**Tél : 04 42 24 78 83 / mail : [olivier.ruiz@cerema.fr](mailto:olivier.ruiz@cerema.fr)**