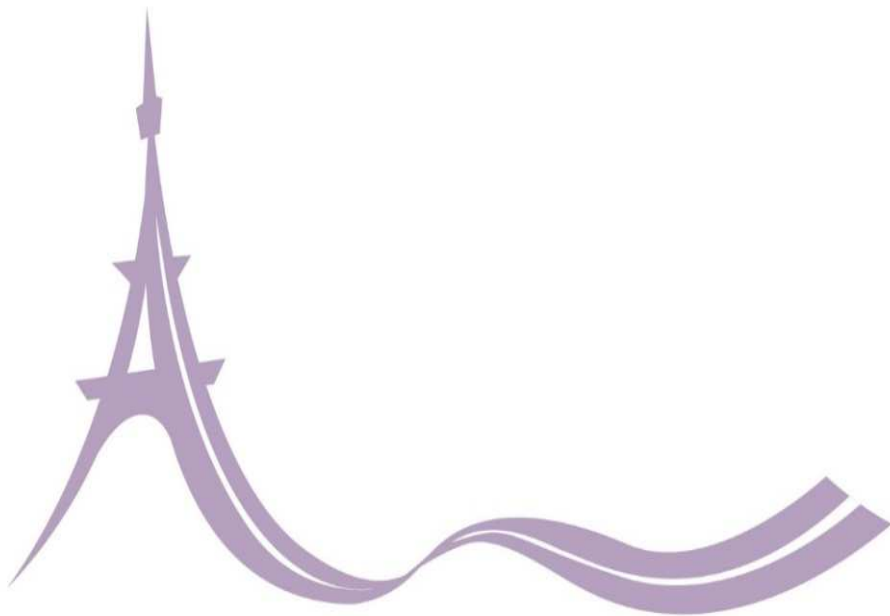


# Vers une évaluation intégrée au trafic de l'état structurel



PAVEMENT PRESERVATION & RECYCLING SUMMIT

**PPRS** PARIS 2015  
FEBRUARY 22-25

Simonin  
Jean-Michel  
IFSTTAR

[Jean-michel.simonin@ifsttar.fr](mailto:Jean-michel.simonin@ifsttar.fr)



## Vers une évaluation ...

1. Introduction
2. Epaisseurs et interface
3. Mesure de la déflexion
  - Les appareils existants
  - Les projets à grande vitesse
  - Quelques éléments des évaluations du Traffic Speed Deflectometer
4. Conclusions et perspectives

# Introduction

## Patrimoine

### Structure

- Capacité de portance
- Structure : Nb couches (épaisseur, matériau et interfaces)
- Trafic (lourd)
- Dégradations de surface
- Uni longitudinal et transversal
- Conditions climatiques
- Humidité (interne)

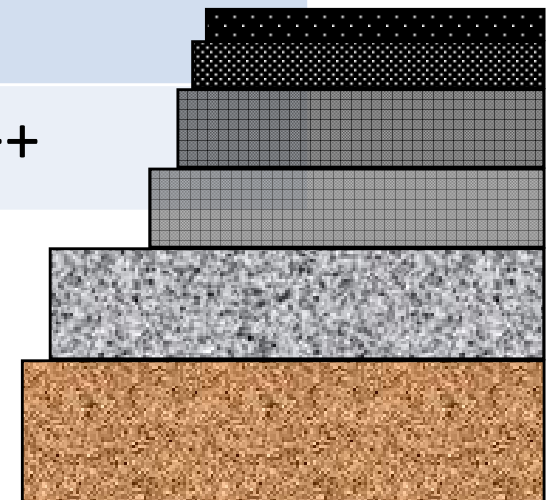
### Surface

- Dégradations de surface
- Uni longitudinal
- Uni transversal
- Trafic
- Conditions climatiques

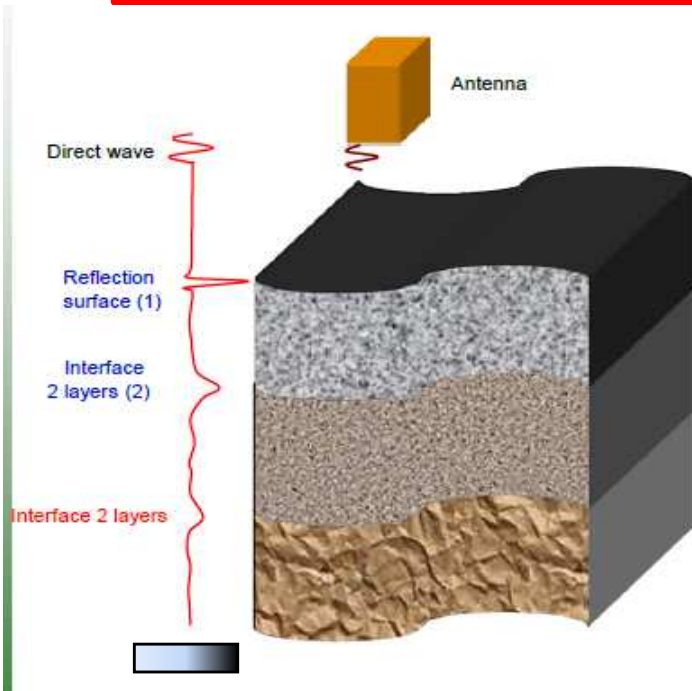
Source : projet européen FORMAT (fully optimized road maintenance)

## Introduction

|                 | Nature du matériau | Epaisseur des couches | Interfaces | Capacité de portance |
|-----------------|--------------------|-----------------------|------------|----------------------|
| Base de données | ++ (théo)          | + (théo)              |            |                      |
| Carottage       | ++                 | ++                    | ++         |                      |
| Radar           | +                  | ++                    | +          |                      |
| Déflexion       |                    |                       | +          | ++                   |



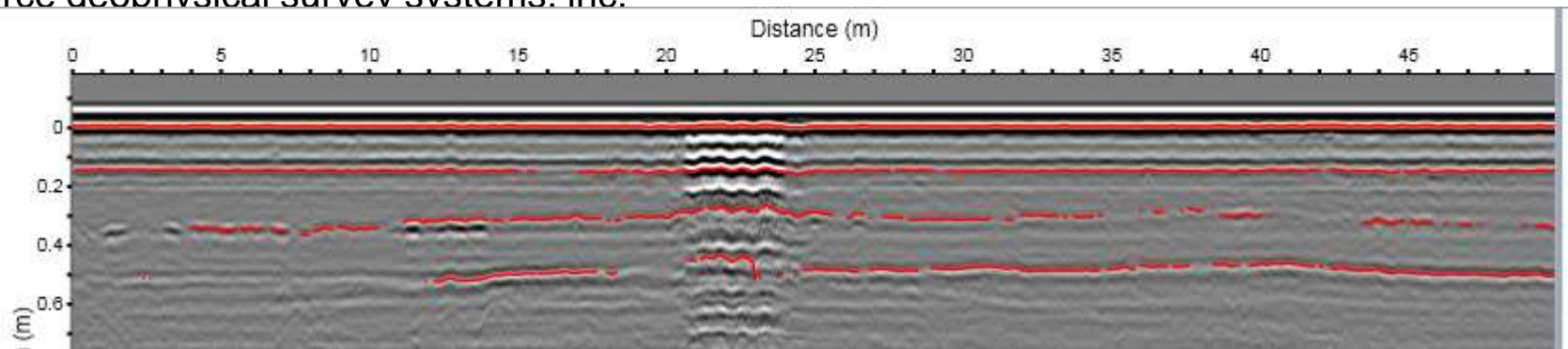
## Epaisseurs et interfaces : le radar



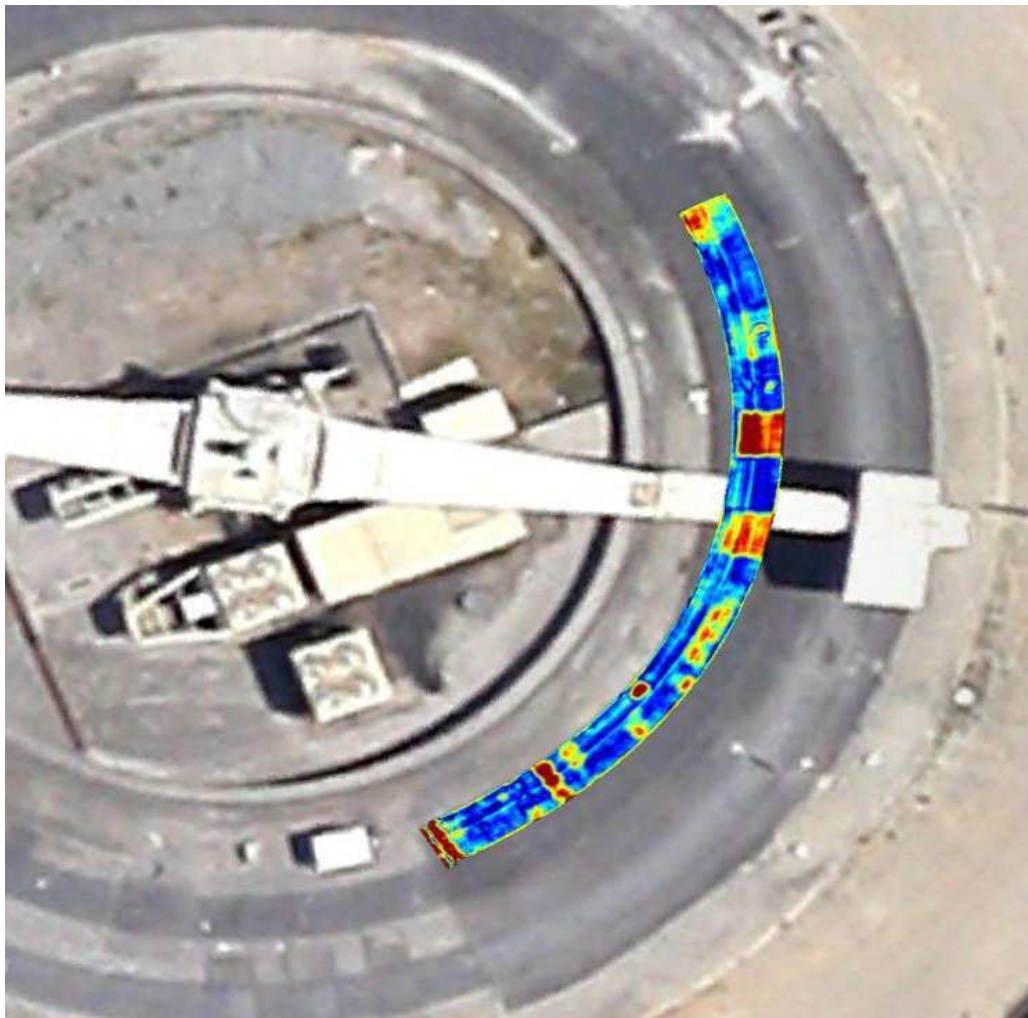
Les systèmes radar permettent une mesure en continu de l'épaisseur des couches.

Ils détectent aussi des anomalies à expliquer.

Source geophysical survey systems, inc.



## Epaisseurs et interfaces : le radar



**Cartographie de l'interface par des systèmes à antennes multiples pour la détection des défauts internes.**

**Plusieurs indicateurs sont possibles.**

## Mesure de la déflexion



- › **Exploitation des mesures de déflexion :**
  - Calcul d'indicateurs directement issus du bassin
    - déflexion maxi
    - Rayon de courbure
    - SCI
  
  - Ou calcul inverse
    - Module
    - Durée de vie
    - Épaisseur de renforcement



## Mesure de la déflexion : appareils existants



De la poutre Benkelman  
aux déflectographes Lacroix



Mesure tous les 4 à 10 m à la vitesse de 3 à 7 km/h



## Mesure de la déflexion : appareils existants



Mesure à l'arrêt (1 à 3 minutes)  
Plusieurs niveaux de charge possibles

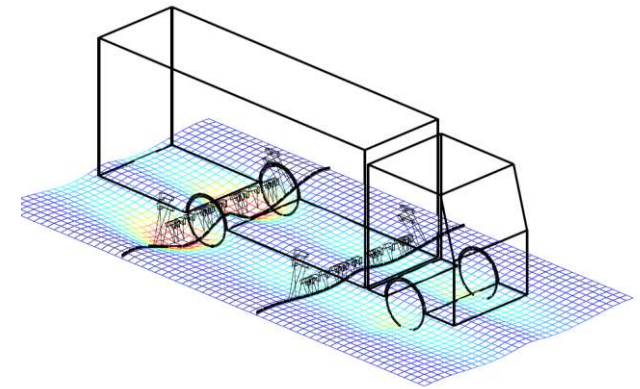
Mesure tous les 5 mètres à la vitesse de 18 km/h



## Les projets à grande vitesse

### › Quelques projets

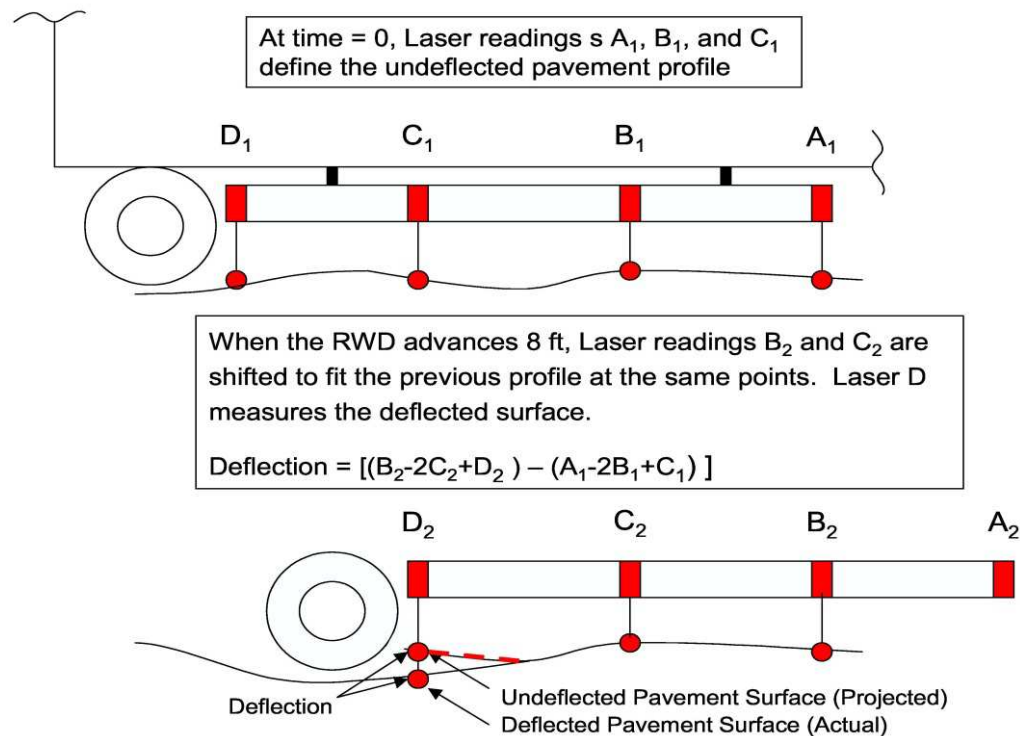
- Road Deflection Tester (Suède)
- Rolling Wheel Deflectometer (États Unis)
- Rolling Weight Deflectometer (États Unis)
- High Speed Deflectograph (Danemark)
- La lumière structurée (France)



# Les projets à grande vitesse

## Rolling Wheel (or Weight) Deflectometer

### › Principe : Comparer 2 profils en long





## Les projets à grande vitesse Rolling Wheel (or Weight) Deflectometer



› Des appareils de grande longueur



## TSD, RWD et curviamètre: Evaluation américaine

# Résultats en 2015



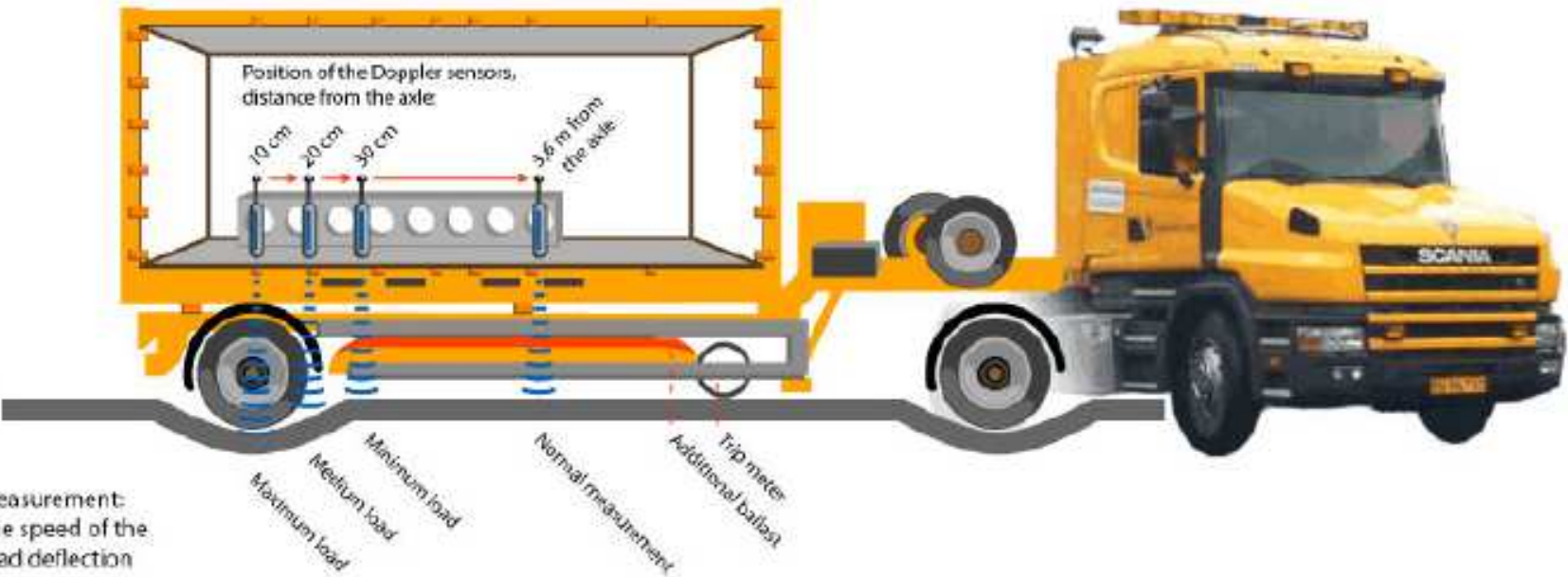


# Les projets à grande vitesse

## Du High Speed Deflectograph au Traffic Speed deflectometer

Principe : Mesurer la vitesse de déformation de la chaussée, puis intégrer

How the High Speed Deflectograph works:



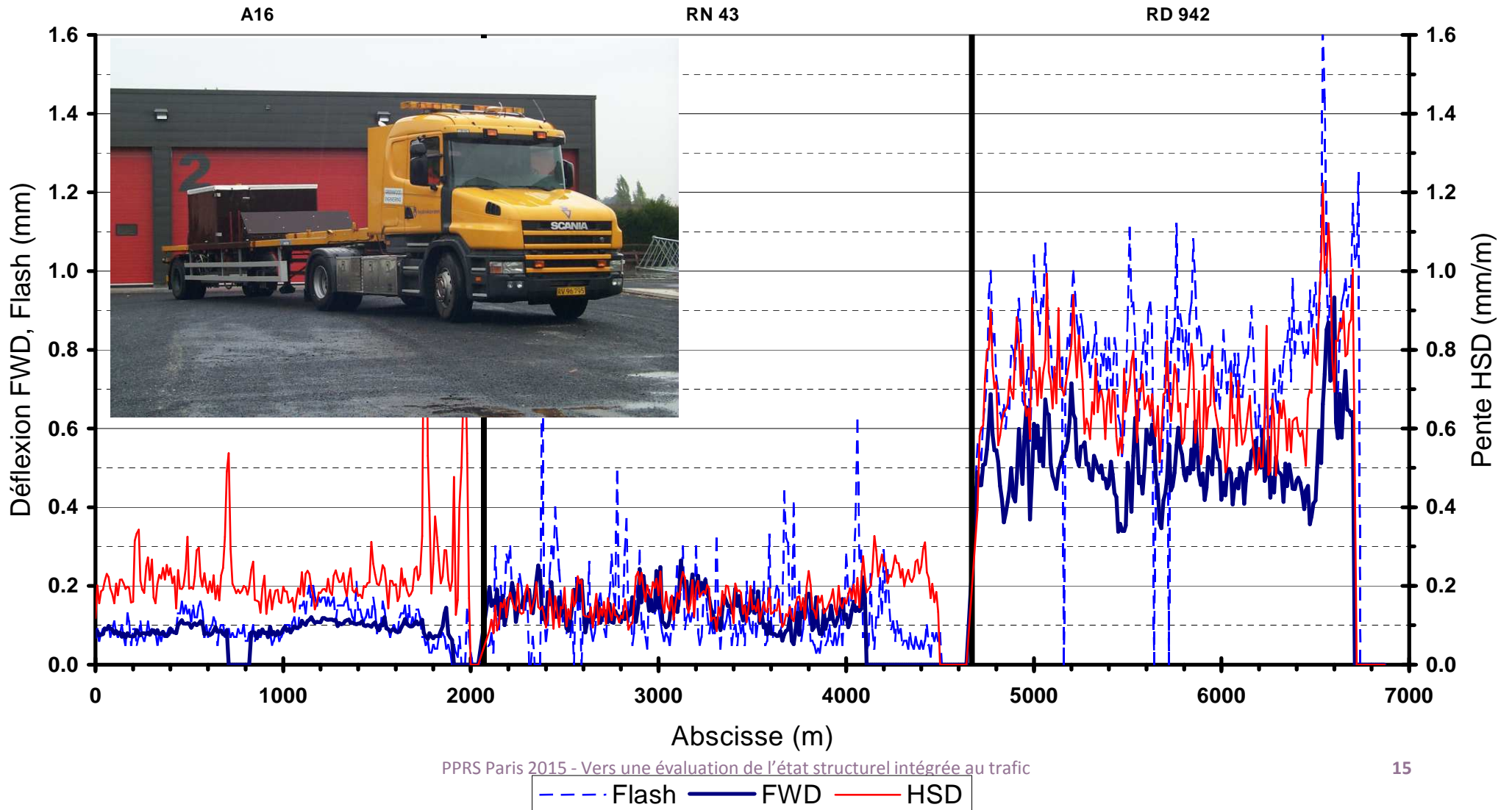
Measurement:  
The speed of the  
road deflection

Axle load:  
10 t

Speed:  
50 - 80 km/h

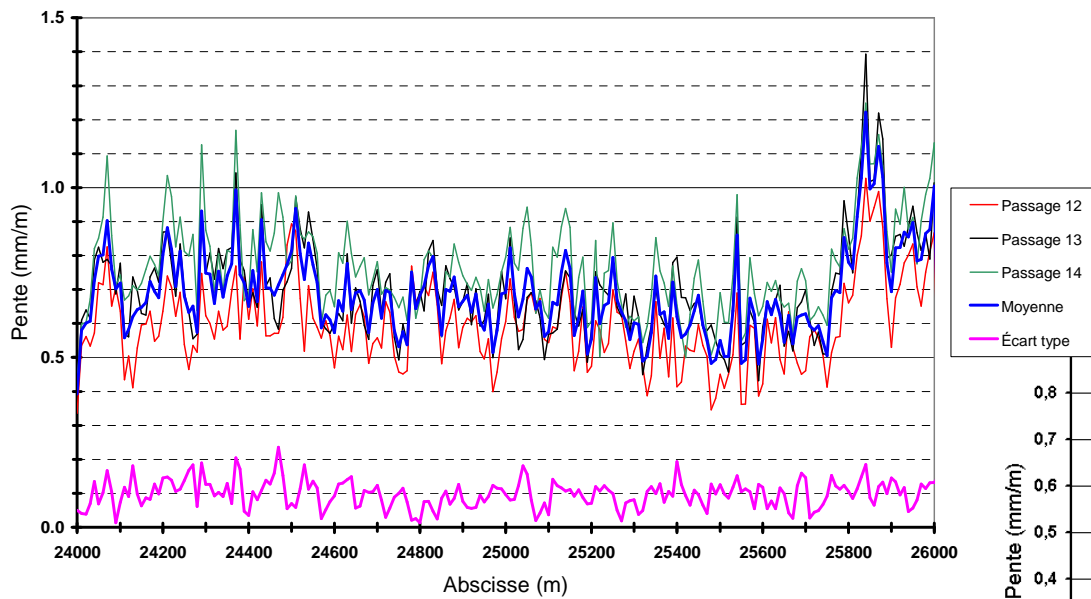
Photography: Susanne Baltzer, Graphics: Ditte Kilsgaard Møller (dkm@vd.dk), The Danish Road Institute

# High Speed Deflectograph : Evaluation en France 2003



# High Speed Deflectograph : Evaluation en France 2003 (répétabilité)

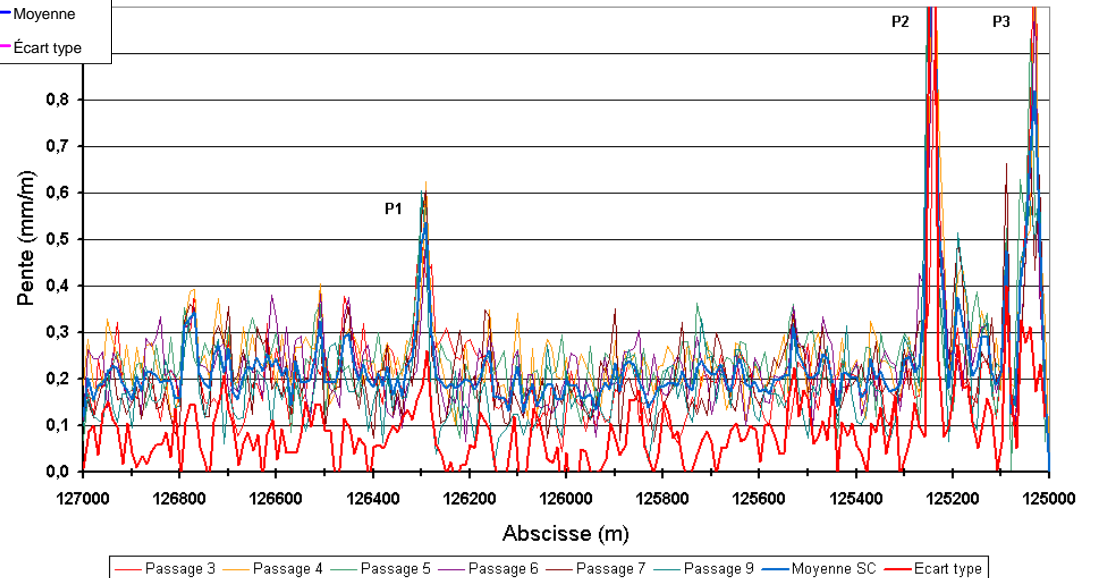
Pente du bassin de déflexion issue de la mesure du capteur 2 du HSD, par zone de 10 m  
Section courte de la RD 942, passages à 40 km/h, moyenne et écart type



Sur chaussée souple

Sur structure rigide

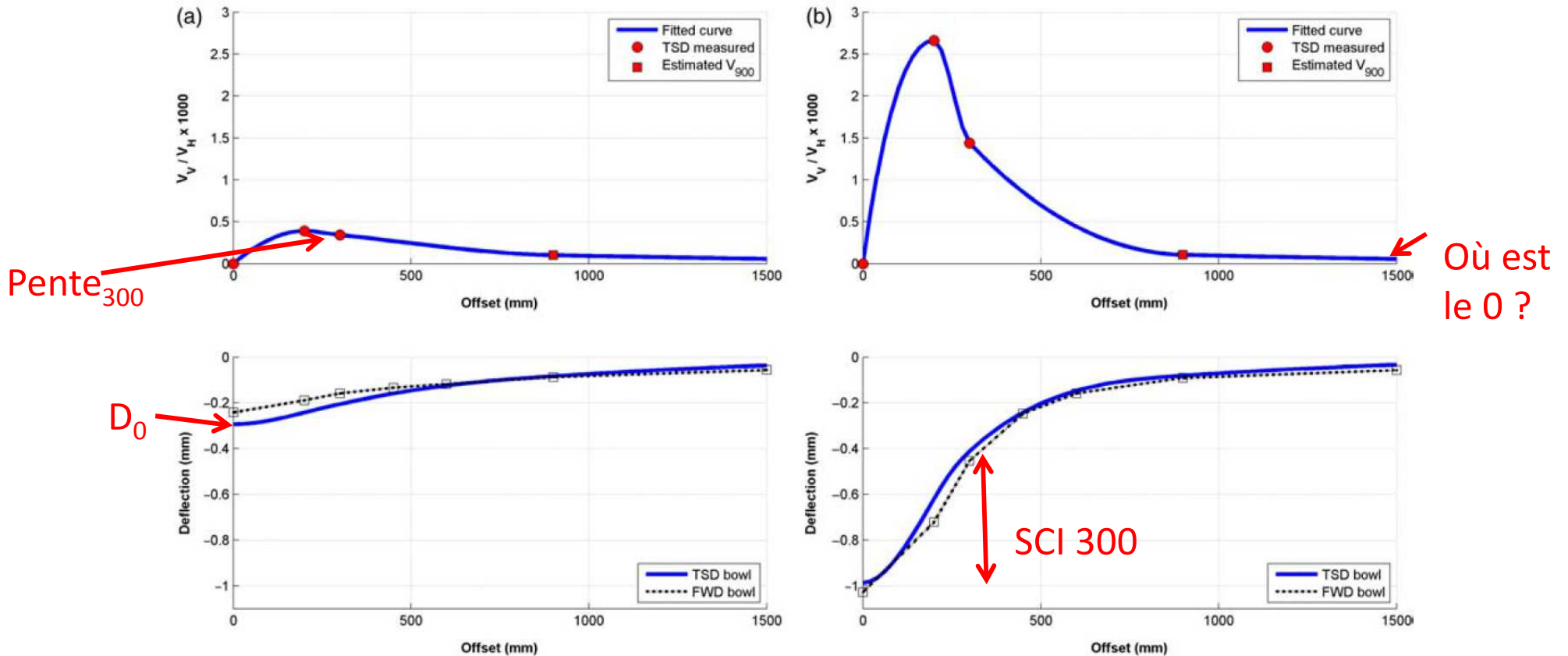
Pente au niveau du Doppler 2 par zone de 10 m - Section courte de l'A16 - V = 70 km/h  
Résultats des passages des sections courtes et de l'itinéraire



## Traffic Speed Deflectometer : diffusion

| Pays                    | Année | Nombre capteur | Observations réalisées   | Utilisation principale                       |
|-------------------------|-------|----------------|--|--|
| Danemark (DRI)          | 2000  | 4              | Développement du prototype   | Suivi de réseau                              |
| Grande Bretagne (HA)    | 2005  | 4              | Premiers facteurs d'influence (flexion thermique, temp chaussée, ...)                                  | Intégration au suivi de certains réseaux     |
| Italie (Anas)           | 2010  | 7              |  | Contrôle de chantier; suivi de réseau        |
| Pologne (IBDIM)         | 2011  | 5              | Influence des conditions de charge (surcharges dynamiques, pression & température des pneumatiques)    |  |
| Afrique du sud (SANRAL) | 2012  | 10             | Influence de différents facteurs (vent latéral, uni, roue codeuse)                                     |  |
| Chine (RIOH)            | 2013  |                |  |  |
| Etats-Unis (Location)   | 2013  |                | Test pour la FHWA comparaison des différents systèmes y compris le curviamètre pour usage sur aéroport |  |
| Australie (ARRB)        | 2013  | 7              | Développement d'une procédure adaptée aux réseaux  | Tests à grande échelle pour un bilan à 5 ans |

# TSD : Quelle interprétation ? Quel indicateur

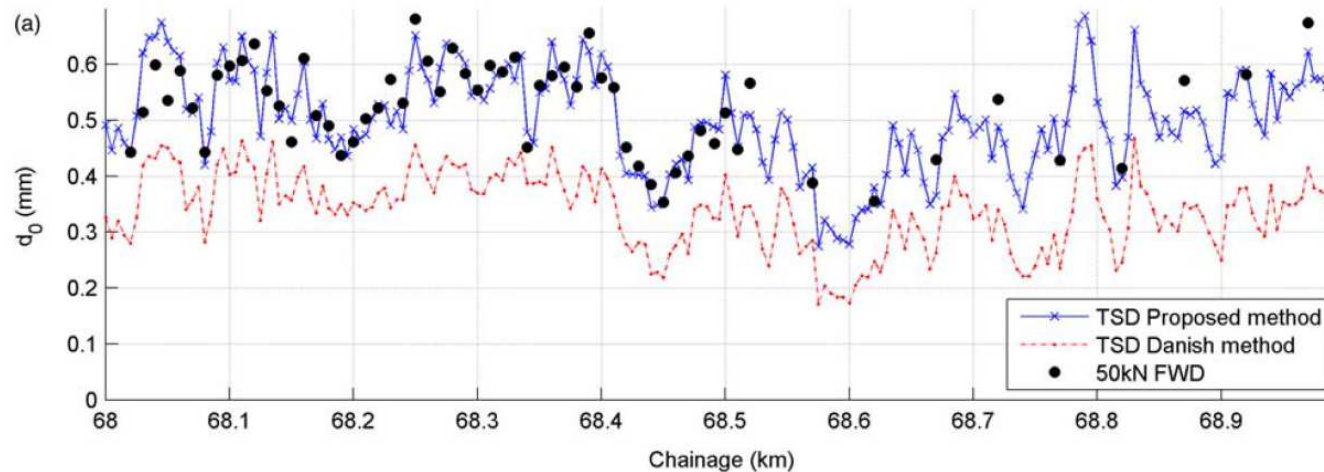


Source Muller & Roberts; International Journal of Pavement Engineering Vol 14, Issue 4, pp388-402, 2013

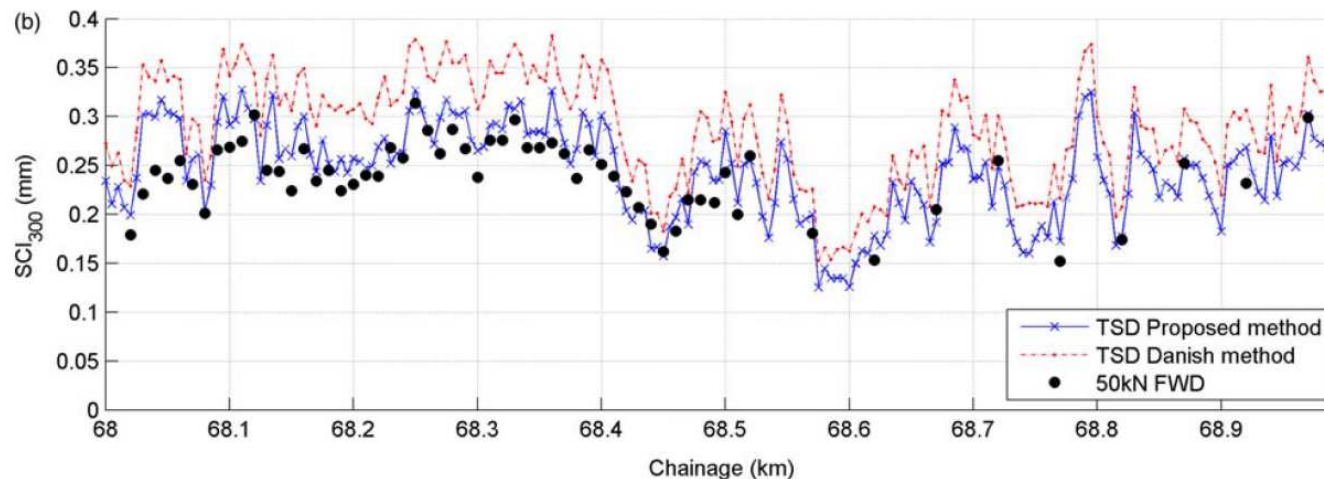


# TSD : Quelle interprétation ? Quel indicateur

$D_0$



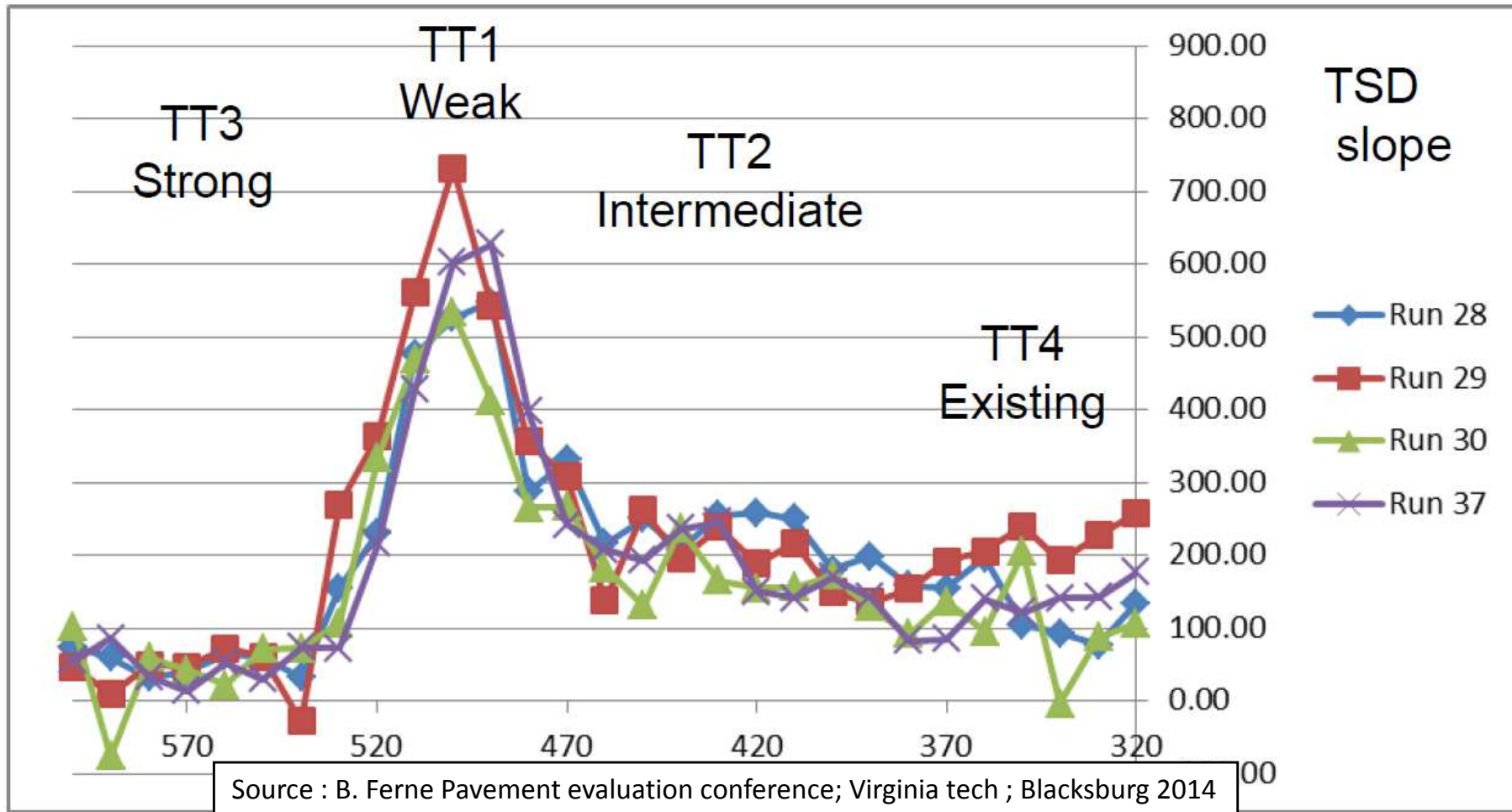
$SCI_{300}$



Faut-il adapter l'interprétation à la structure à mesurer ?

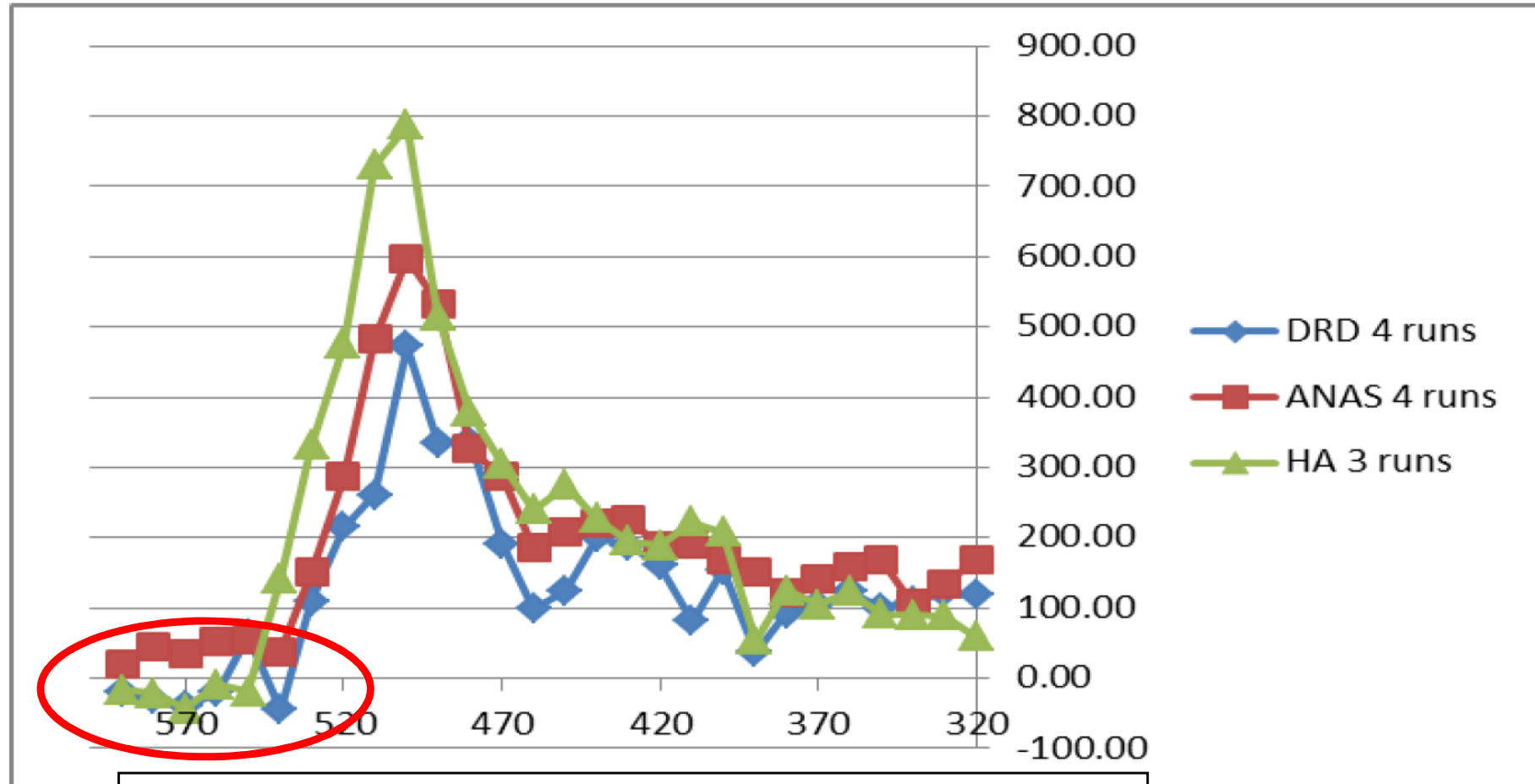
Source Muller & Roberts; International Journal of Pavement Engineering Vol 14, Issue 4, pp388-402, 2013

## TSD : Répétabilité



Test par le TRL du TSD de l'ANAS (70 km/h)

## TSD : Reproductibilité



Source : B. Ferne Pavement evaluation conference; Virginia tech ; Blacksburg 2014

### Tests par le TRL : Comparaison de 3 appareils

D. Jansen (BAST) : “Calibration (doppler-laser angle up to 5th decimal place) plays an very important role and will be improved” ; Pavement evaluation conference; Virginia tech ; Blacksburg 2014

## Traffic Speed Deflectometer : Facteurs d'influence

### Charge appliquée ?

- › **Etat du véhicule**
  - Pression et température des pneumatiques
  - Etat des suspensions
- › **Etat de la route**
  - Uni longitudinal
  - Virage
- › **Autres facteurs**
  - Vents

### › **Mesure laser**

- Calibration des capteurs
- Présence d'eau en surface

### Réponse chaussée

- › **Type de structure**
  - Température des matériaux bitumineux
  - Etat hydrique (matériaux non liés)
- › **Etat de dommage**
  - Fissuration
  - Collage des interfaces
  - Fatigue des matériaux

**Il est indispensable de maîtriser ou contrôler les conditions de mesures.**

# CONCLUSION

De nouveaux outils d'auscultation structurelle apparaissent et s'intègrent au trafic;

Ils s'ajoutent aux outils existants (relevé de dégradations, Uni, ...)

Les techniques radar permettent :

- › De contrôler les épaisseurs effectivement en place;
- › De détecter des anomalies notamment aux interfaces;

Un indicateur robuste issu des mesures radar sur l'état des interfaces est possible, mais reste à définir;

Il faut également définir la méthodologie de surveillance des réseaux (conditions à respecter, méthode de traitement)



# CONCLUSION

- La mesure de capacité de portance émerge notamment avec le TSD
- › De nombreux facteurs d'influence de la mesure ont été identifiés comme :
    - › Température : matériaux et appareils (poutre de mesure, pneumatiques, ...)
    - › L'uni longitudinal, la vitesse;
    - › La calibration des capteurs;
    - › Type de structure, état de dommage;
  
  - › Ils doivent permettre de définir :
    - › Des procédures d'assurance qualité des mesures (contrôle de l'appareil, définition des conditions de mesure);
    - › Les indicateurs robustes (selon le type de structure ?) intégrables dans les systèmes de gestion;

# Perspectives

Des groupes internationaux travaillent sur ces sujets :

Groupe D@RTS (Deflection at Traffic Speed) :

Regroupe principalement les utilisateurs de TSD pour partager leur expérience.

HiSPEQ Hi-speed survey Specifications, Explanation and Quality

(Projet du Comité Européen des directeurs des routes) :

Porte sur l'utilisation du TSD et du Radar

BeCaTS Bearing Capacity At Traffic Speed (Groupe FEHRL) :

Travaille sur l'interprétation des mesures TSD



**IFSTTAR**  
**Route de Bouaye**  
**CS4**  
**44344 Bouguenais Cedex**  
**France**

[jean-michel.simonin@ifsttar.fr](mailto:jean-michel.simonin@ifsttar.fr)  
Ph +33 (0)2 40 84 58 29