

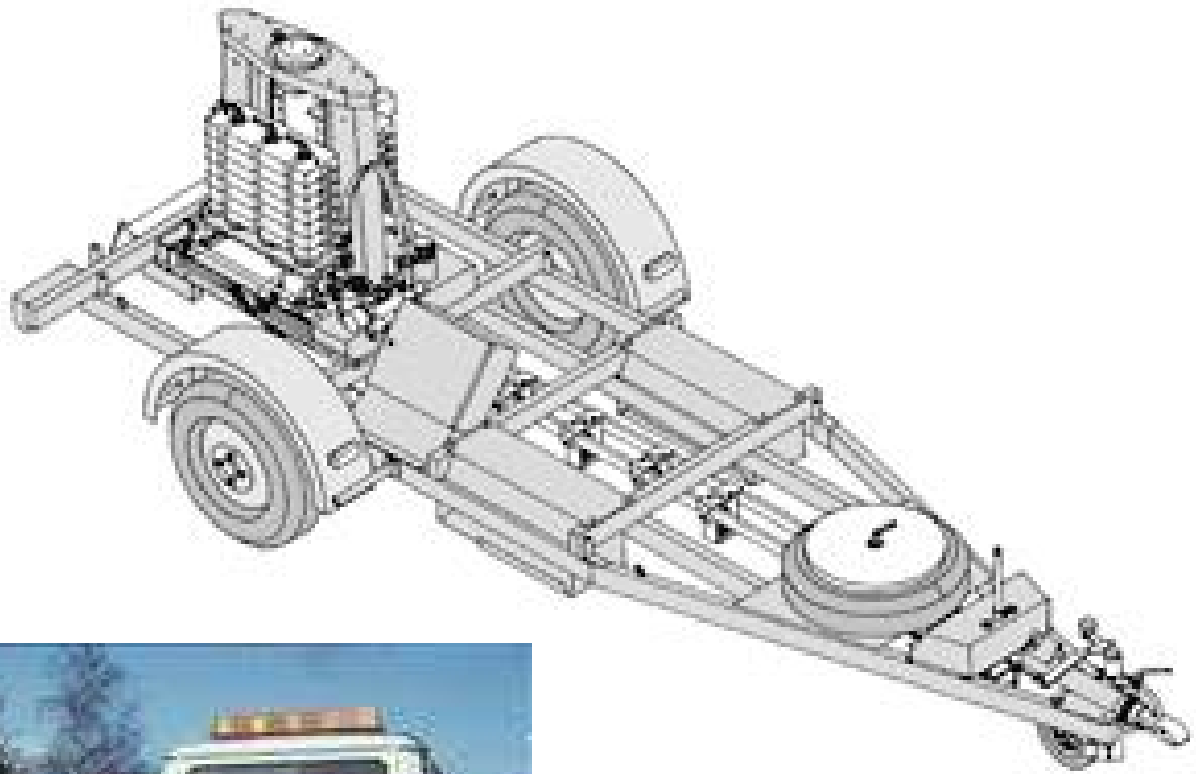
# ERASMUS

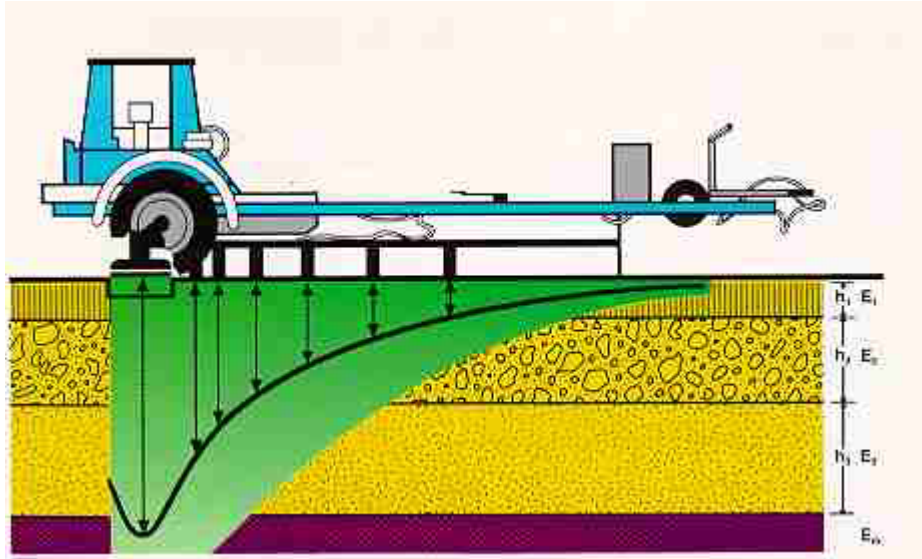
## Introduction des mesures au FWD dans ERASMUS

# *Objectif*

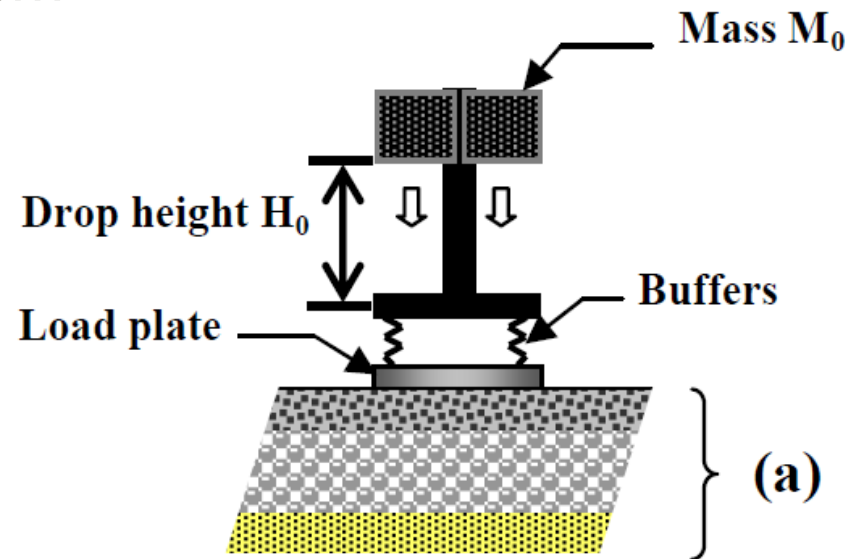
Prendre en compte les mesures de  
déflexion réalisées à l'aide des Falling  
Weight Deflectometer (déflectomètre à  
masse tombante)

Actuellement, 4 FWD au moins sont en  
service en France



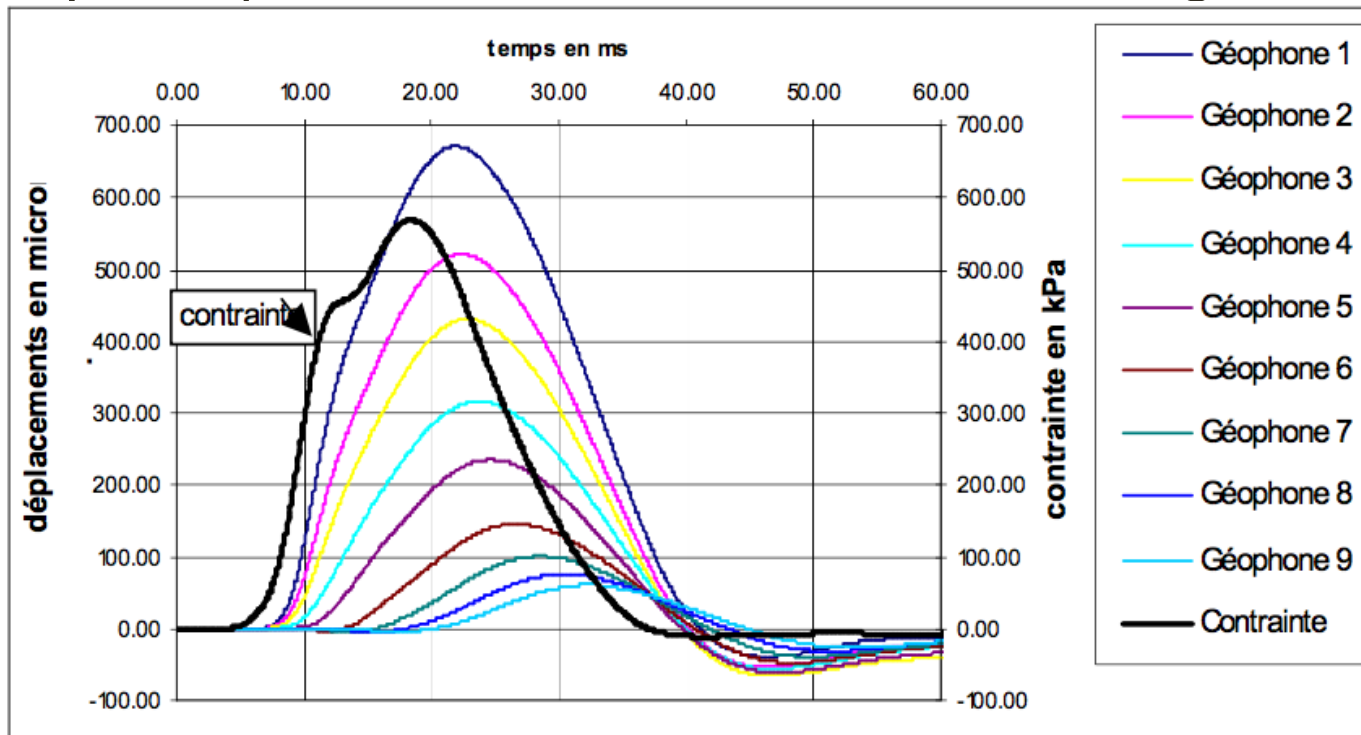


$\Phi$  de la plaque 30 et 45 cm



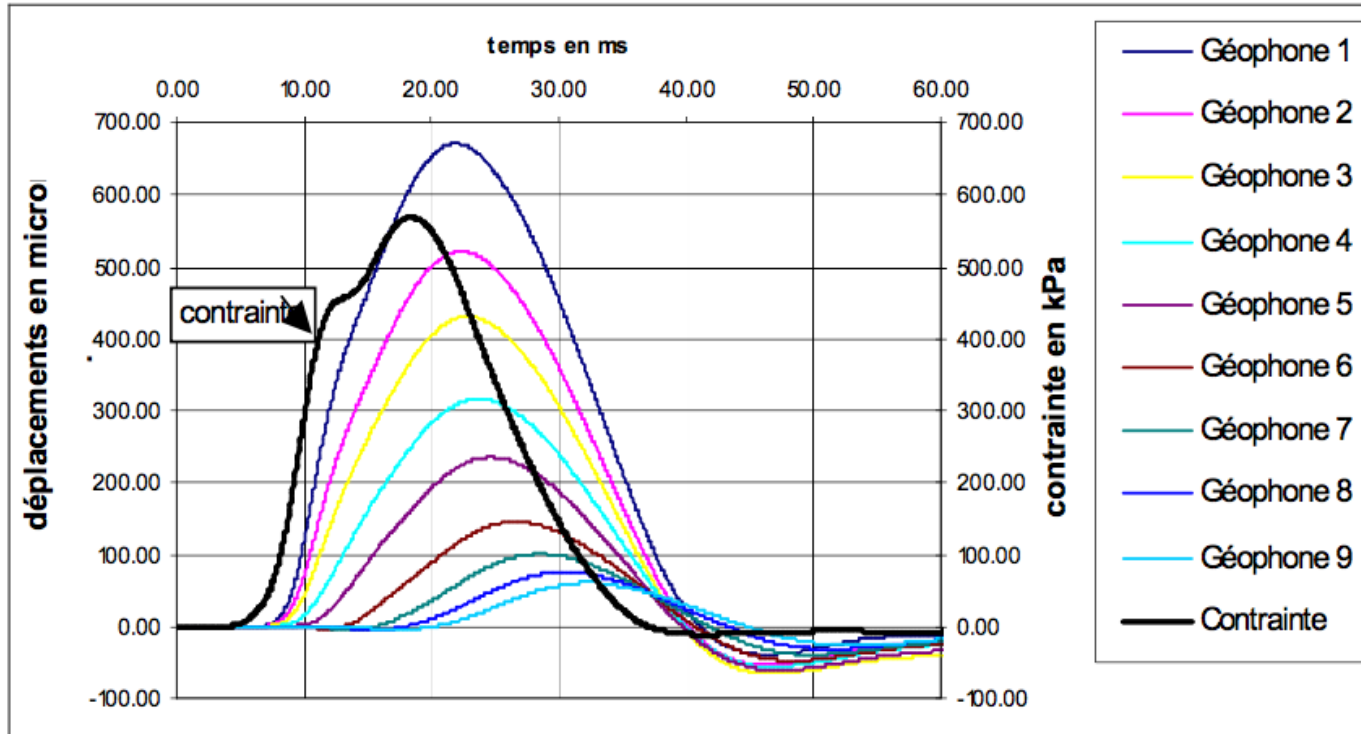
# On mesure quoi ?

- Les déflexions engendrées par l'application d'une force dynamique à différentes distances de la charge



Charge appliquée en  $\sim 30$  ms

# On mesure quoi ?



Déflexions dont les maxi sont décalées dans le temps en fct de la distance de la charge

Cf. Egleton

# Intérêt de ce matériel

Théoriquement , il fournit les données qui permettent, sur une structure dont les couches sont homogènes en plan (sans défaut grave), de déterminer leurs **modules** si sont connues :

- les épaisseurs exactes ;
- les conditions aux interfaces ;
- la dynamique d'application de la charge ;
- les lois d'amortissement dans les matériaux

⇒ En employant un logiciel de calcul inverse ou rétrocalcul

*Voir thèse de Michaël BROUTIN « Assessment of flexible airfield pavements using Heavy Weight Deflectometers »*



# logiciel de calcul inverse ou rétrocalcul

- En pratique (pour des pb de délai de calcul) les mesures de déflection et de charge sont exploitées par des modèles élastiques multicouches statiques.
- Un nombre important de modèle existent (ELMOD, WESDEF, EVERCALC, ALIZE...) pondérant ou pas les différentes déflections mesurées lors du chargement...
- $\Rightarrow$  Les valeurs des modules sont à « relier » au modèle pris en compte.

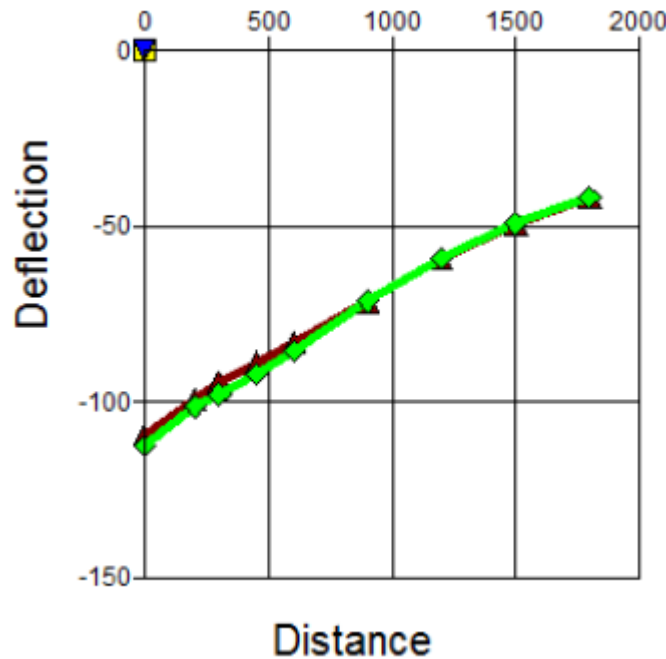


# logiciel de calcul inverse ou rétrocalcul

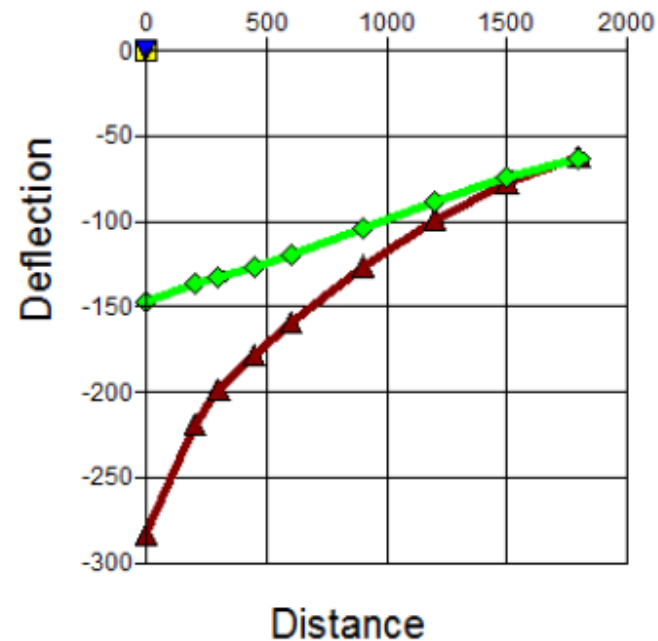
- **Principe du rétrocalcul :**
  - minimiser l'écart entre les déflexions mesurées  $W^m_i$  et calculées  $W^c_i$  à l'aide d'un programme type Burmister
  - $RMS = \sum_{i=1}^S \left(1 - \frac{W^c_i}{W^m_i}\right)^2 \times k_i$ 
    - ( $k_i$  coef. de pondération du capteur)
- **RMS est un indicateur de qualité de la modélisation**

# RMS est un indicateur de qualité de la modélisation

Déflexions  $\Rightarrow$  mesurées : rouge ; calculées : vert



RMS = 0,65

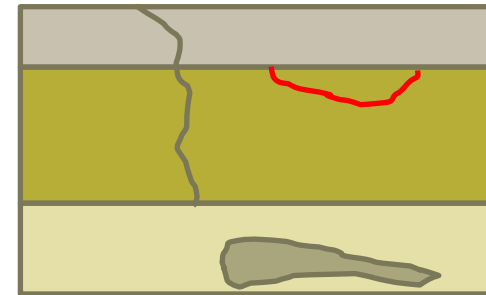
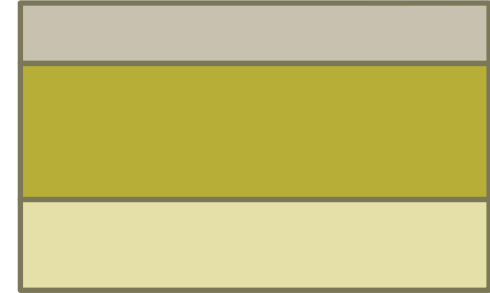


RMS = 2,73

# RMS est un indicateur de qualité de la modélisation

A partir des épaisseurs des couches, des conditions d'interface, les résultats des calculs inverses nous renseignent sur l'homogénéité des couches

La présence de fissures, de défauts d'interface, conduit généralement à des valeurs de RMS élevées, les valeurs des modules sont dans ces conditions à relativiser



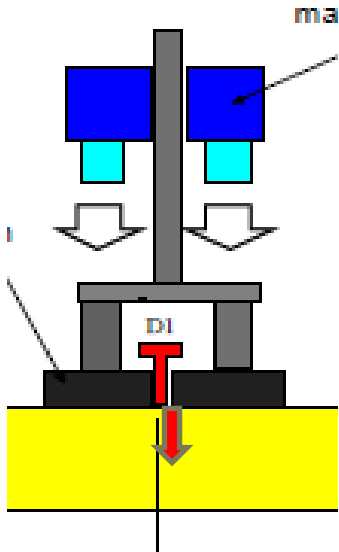
# Modules des sols support obtenus par rétrocalcul

Aux USA où les FWD sont très employés pour ausculter les pistes aéroportuaires des coefficients sont appliqués pour définir le module du sol

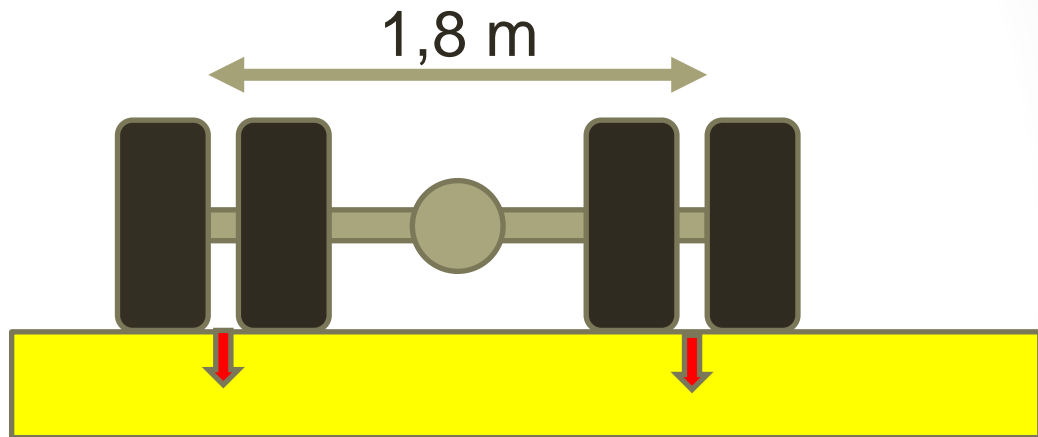
$$C = \frac{\text{module de sol retenu}}{\text{module de sol rétrocalculé}}$$

Type de couche	C
Base et fondation sous bitumineuse mince	0,62
Fondation sous bitumineuse épaisse	0,52

# Relation entre les déflexions au déflectographe et au FWD



30 Hz



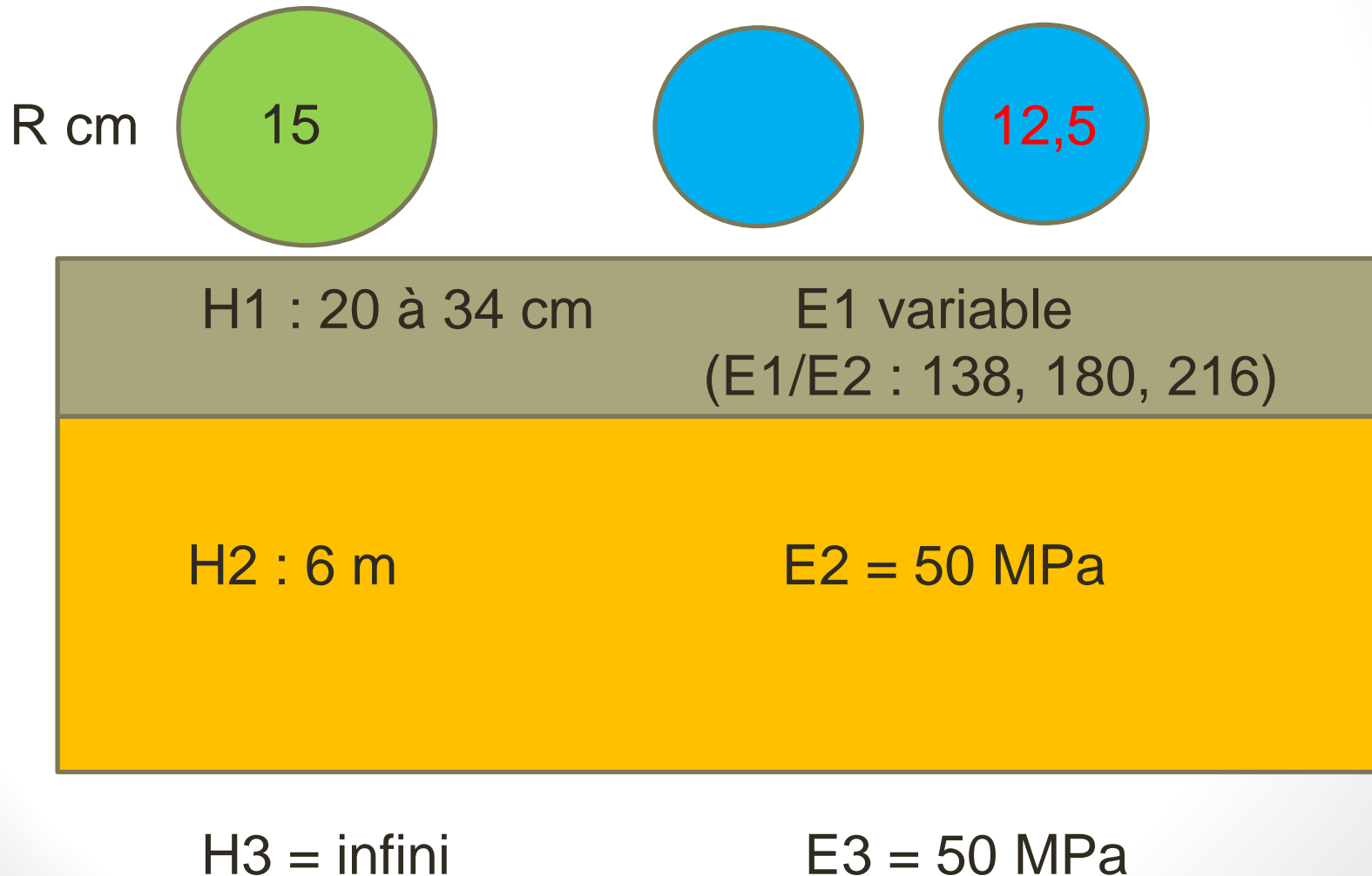
2 Hz

Influence de la fréquence de chargement sur les modules des  
matériaux bitumineux

Influence du second jumelage sur la déflexion

# Relation entre les déflexions au déflectographe et au FWD

## Etude théorique en statique



# Relation entre les déflexions au déflectographe et au FWD

## Etude théorique en statique

$$\frac{\text{déflexion jumelage}}{\text{déflexion FWD}} \sim 0,94$$

$$\frac{\text{déflexion essieu}}{\text{déflexion FWD}} \sim 1,3$$

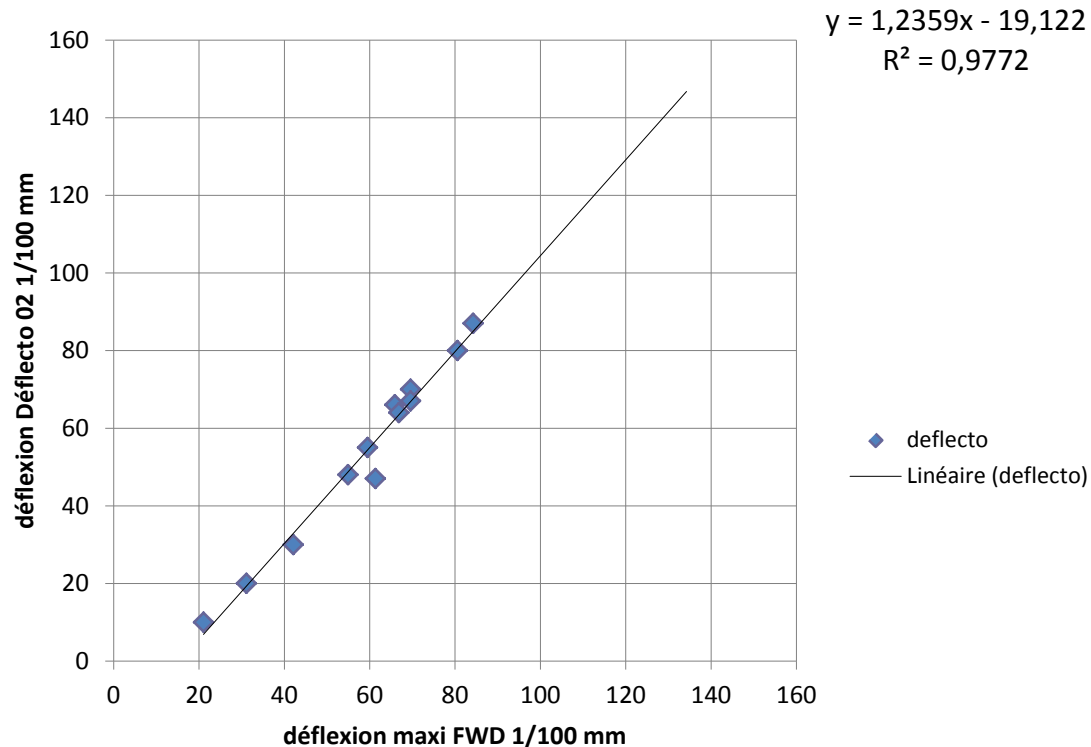
$$\frac{\text{déflexion essieu}}{\text{déflexion FWD (centre de la charge + à 1,8m)}} \sim 0,96$$



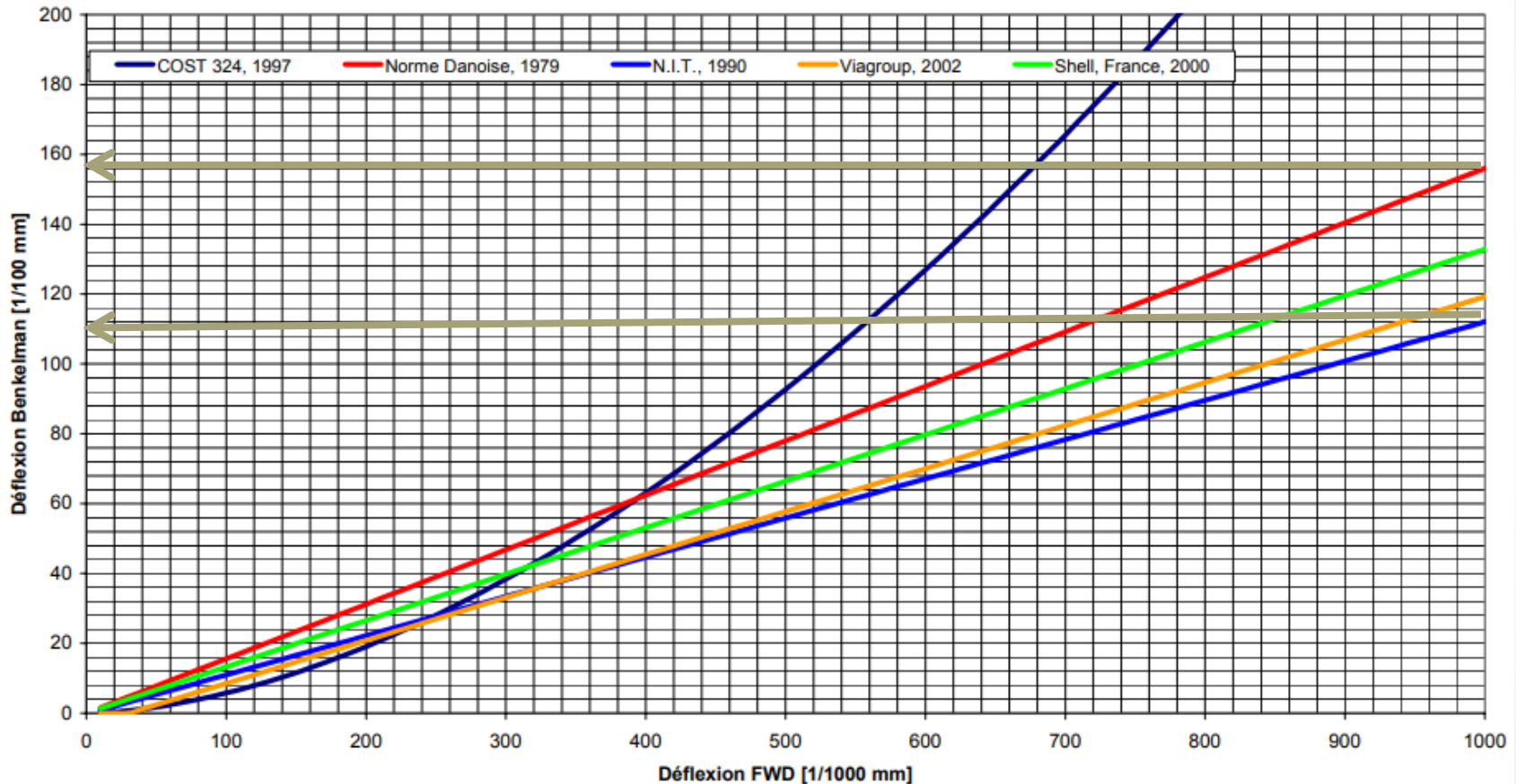
# Relation entre les déflexions au déflectographe et au FWD

Etude comparative sur chaussées  
Structure 40 cm GNT + 6 BB

mesures au deflecto 02 en fct des mesures au  
FWD sous 65 kN



# Relations entre les déflexions au déflectographe et au FWD



Publi. Information sur le FWD, Infralab S.A. 2001

# Relation entre les déflexions au déflectographe et au FWD

**NCHRP**  
SYNTHESIS 381

2008

Falling Weight  
Deflectometer Usage

NATIONAL  
COOPERATIVE  
HIGHWAY  
RESEARCH  
PROGRAM

the California Deflectometer. Additionally, FWD data are correlated to a standardized reference FWD load,  $FWD_{ref}$ , which transmits a 40 kN (9,000 lbf) load to a loading plate 305 mm (12 in.) in diameter. The correlation function is illustrated in Eq. (2),

$$D(CD) = 1.2D(FWD_{ref}) \quad (2)$$

where  $D(CD)$  is the California Deflectometer equivalent deflection and  $D(FWD_{ref})$  represents deflections measured by the reference FWD. Additionally, any FWDs must pos-

# FWD en Belgique

## Essais sous 65kN



Centre de recherches routières  
Votre partenaire pour des routes durables

### France

En France, des tableaux ont été dressés pour chaque type de chaussée (s) quels les seuils de déflexion et les classes de trafic (D) sont liées à un score

Classes	≤ D3	D4	D5	D6
Seuils de déflexion caractéristique (1/100 mm)	0 - 44	45 - 74	75 - 99	100 - 149
Niveau général de performance en fonction de la classe de trafic				
T1 - T0	Bon	Moyen		
T3 - T2		Bon		Moyen

### Source

R. Kobisch - Durabilité structurelle des chaussées: pathologie et entretien  
Séminaire Sétra, LCPC, CFTR, 9 septembre 2008

[http://media.lcpc.fr/text/pdf/sem/2008\\_dsce/2008\\_dsce\\_kobisch\\_guide\\_renforcer](http://media.lcpc.fr/text/pdf/sem/2008_dsce/2008_dsce_kobisch_guide_renforcer)

Instruments pour les gestionnaires routiers

6

FWD

Mesure des caractéristiques structurelles des chaussées

# Conclusion

## Les mesures au FWD :

- sont dynamiques (importance des pressions interstitielles dans les sols),
- permettent de terminer les modules de couches de structures sous certaines conditions,
- nous renseignent sur les discontinuités dans les couches,

# Conclusion

## Les mesures au FWD :

- peuvent être corrélées aux mesures de déflexions à vitesse lente (poutre benkelman, déflectographe, curviamètre..)

# Conclusion

## **Les mesures au FWD dans ERASMUS**

Sont prises en compte dans le volet  
déflexion avec un coefficient correcteur



# Conclusion

## Intérêt du FWD

Mettre à la disposition des bureaux d'études en gestion routière un matériel de mesure des déflexions :

- moins onéreux qu'un déflectographe
- mis en œuvre par un seul agent

