

Les fibres optiques continues : Vers une mesure interne des dommages ?

J.L. Gautier, J. Blanc, X. Chapeleau, J. Carroget

1978-2013

Un parcours d'expériences inédites



<http://35ans-manege.ifsttar.fr>

Introduction

Les fibres optiques sont de plus en plus utilisées comme capteurs, pour la mesure des déformations, des températures, des pressions, dans le domaine des structures et des matériaux.

Intérêt de ces capteurs : possibilité de mesures sur toute la longueur de la fibre (pour certains types), faible encombrement, coût intéressant, durabilité, capteurs passifs.



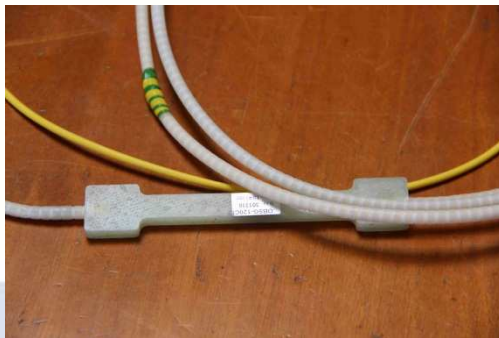
Les différentes technologies de capteurs à fibres optiques utilisés lors de l'essai

Les réseaux de Bragg

Réseaux d'indice de réfraction variable sur la fibre, conduisant à la réflexion de lumière dont la longueur d'onde dépend du pas du réseau

- Capteurs locaux de déformation
- Plusieurs réseaux de Bragg peuvent être répartis sur une même fibre
- Fréquence d'acquisition : jusqu'à plusieurs kHz

➔ mesure dynamique

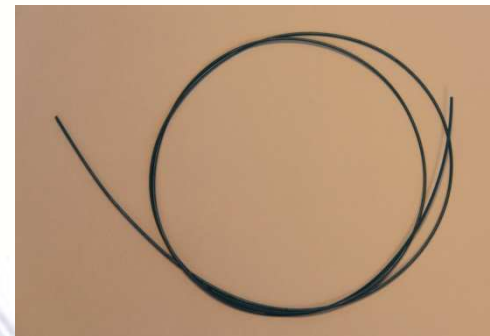


Fibre optique continue

Basée sur le principe de diffusion de Rayleigh :

- Mesure continue de déformation sur toute la fibre
- Sur une distance allant jusqu'à 70 m ou 2 km (selon la résolution)
- Durée d'acquisition : 1 à 10 secondes pour une mesure

➔ mesure statique

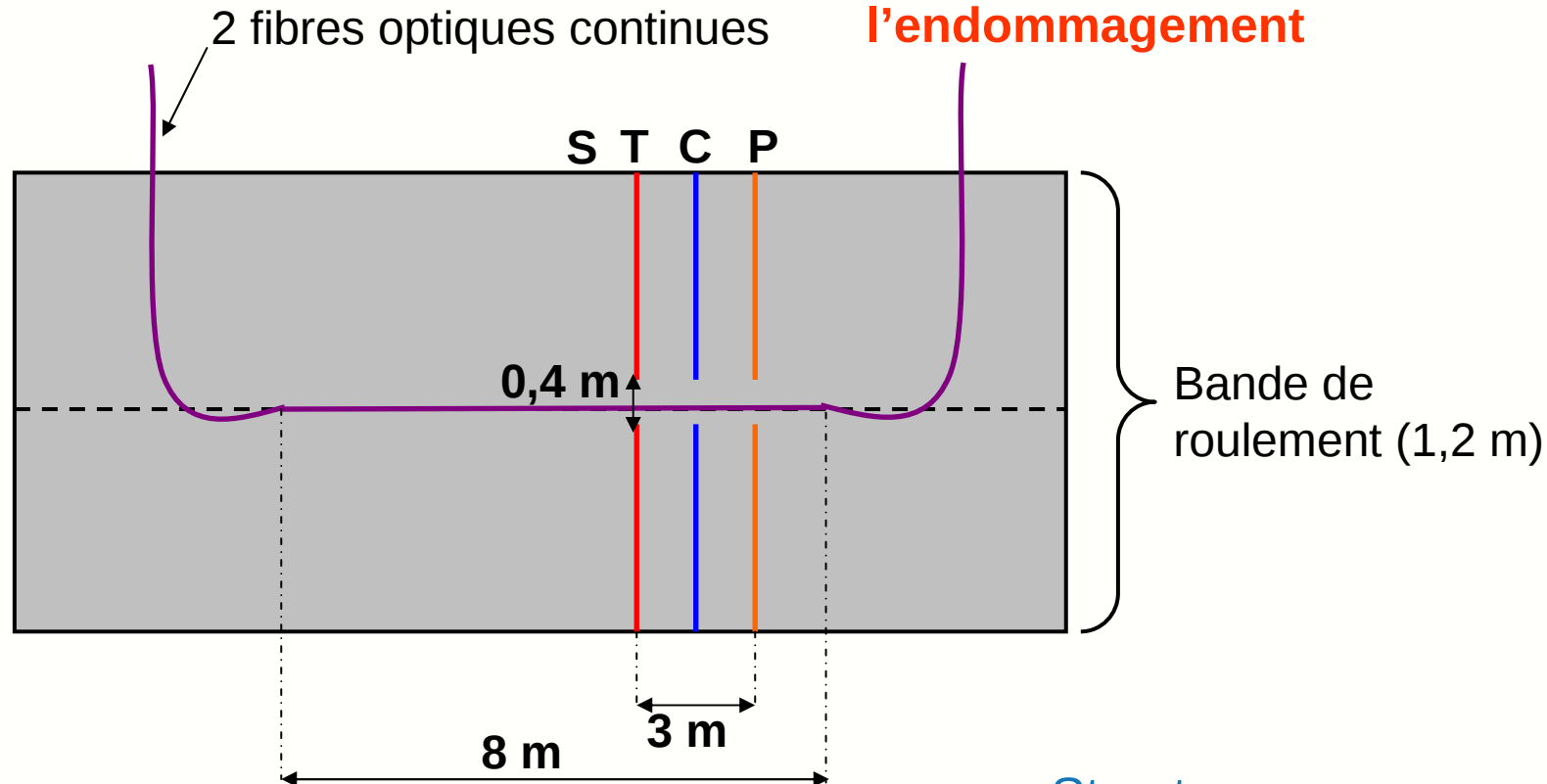


Objectifs de l'essai manège

- Evaluation de la résistance des fibres lors de la mise en œuvre
- Evolution de leurs mesures sous trafic accéléré, en fonction de l'endommagement de la chaussée
- Détection d'un endommagement, avant l'apparition de fissures en surface ?

Instrumentation de la structure manège

Réalisation de défauts pour favoriser l'endommagement



P : plaque métallique (haut)
C : cornière (bas)
T : T métallique (bas)
S : point de mesure sans défaut

Défauts

Structure :

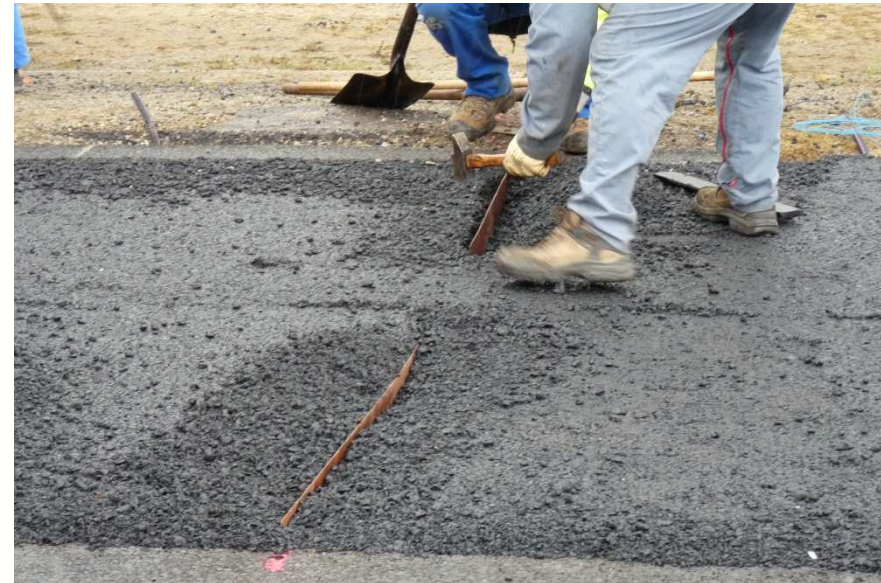
- 2 m de sol (95 MPa)
- 30 cm de GNT (210 MPa)
- 8 cm d'EME ou de BBSG

Mise en place de défauts pour favoriser l'endommagement



A la base de l'EME ou BBSG :

- 2 barres métalliques en forme de T
- 2 cornières métalliques



Au sommet de l'EME ou BBSG :

- 2 plaques métalliques

Mise en place des fibres optiques continues



Réalisation des mesures

- Tous les 50 000 passages → 5 mesures
 - o Sans charge (mesure de référence)
 - o Charge sur le défaut P (Plat)
 - o Charge sur le défaut C (cornière)
 - o Charge sur le défaut T (T métallique)
 - o Charge au point S (sans défaut)

- Profils de déformation obtenus de deux manières différentes :
 - o Ecart entre les mesures avec charge et sans charge à N cycles
 - o Ecart entre les mesures sans chargement à N_1 et N_2 cycles

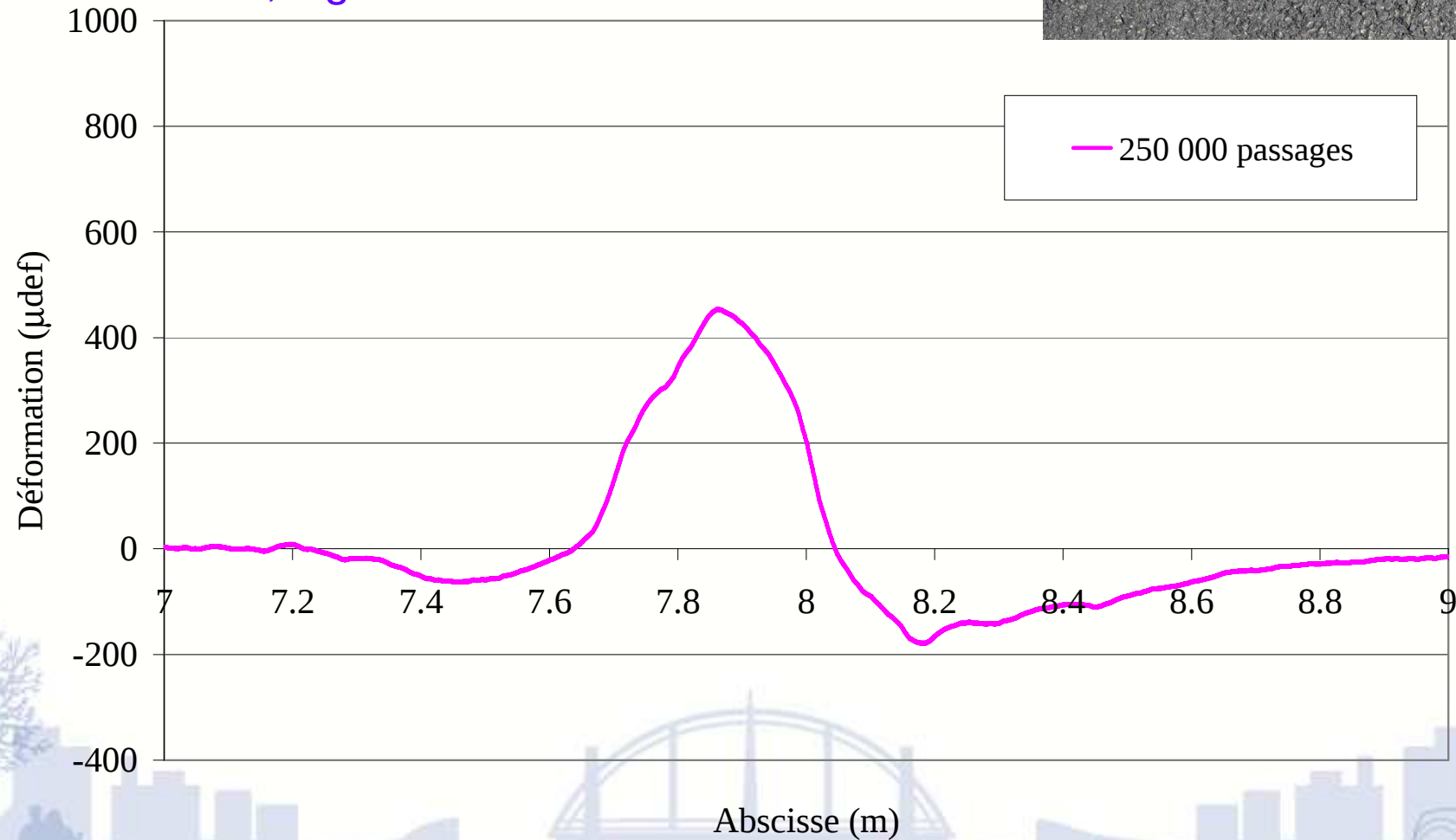
Réalisation des mesures

- Tous les 50 000 passages → 5 mesures
 - o Sans charge (mesure de référence)
 - o Charge sur le défaut P (Plat)
 - o Charge sur le défaut C (cornière)
 - o Charge sur le défaut T (T métallique)
 - o Charge au point S (sans défaut)

- Profils de déformation obtenus de deux manières différentes :
 - o **Ecart entre les mesures avec charge et sans charge à N cycles**
 - o Ecart entre les mesures sans chargement à N_1 et N_2 cycles

Mesures avec et sans charge

250 000 passages :
pas de fissure, signal sinusoïdal

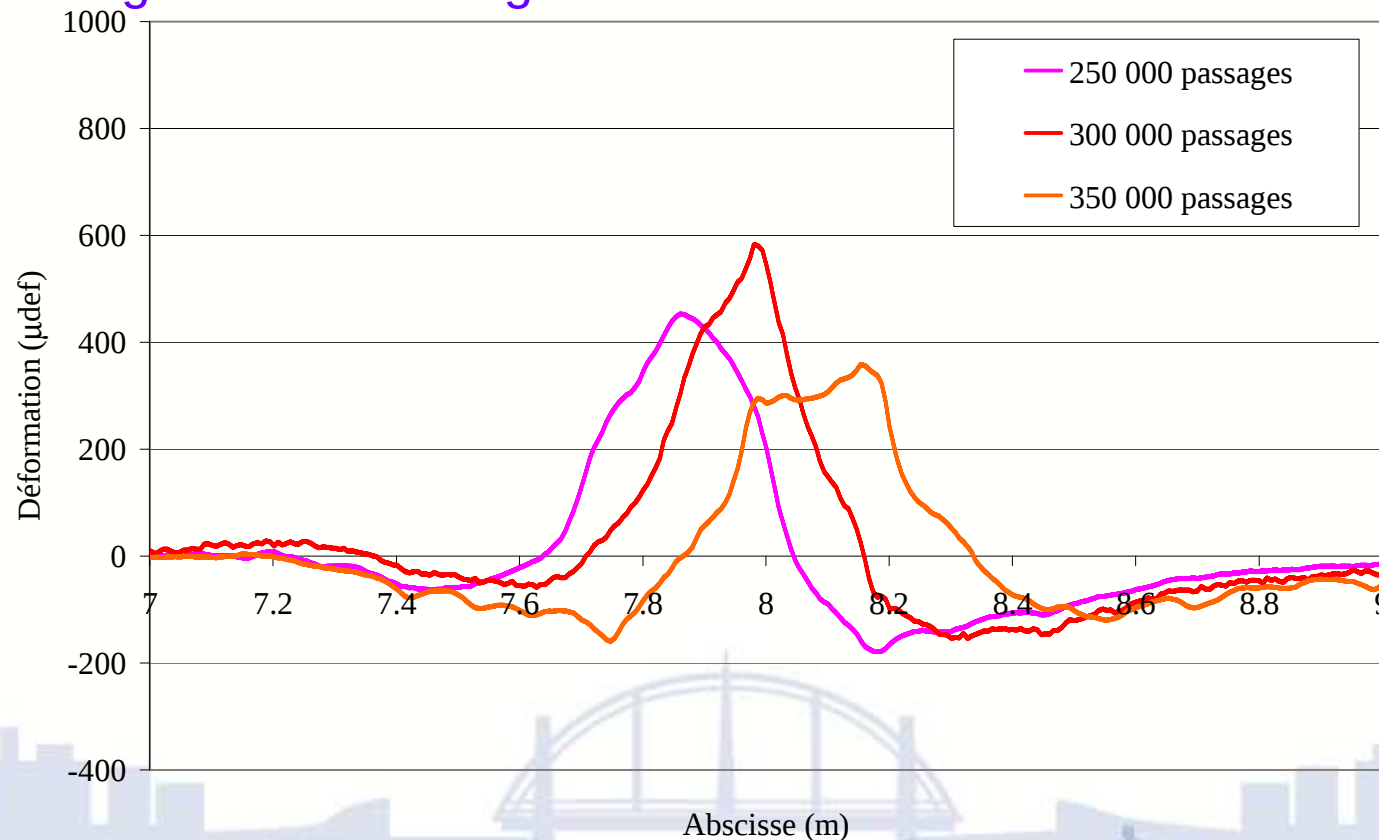


Mesures avec et sans charge



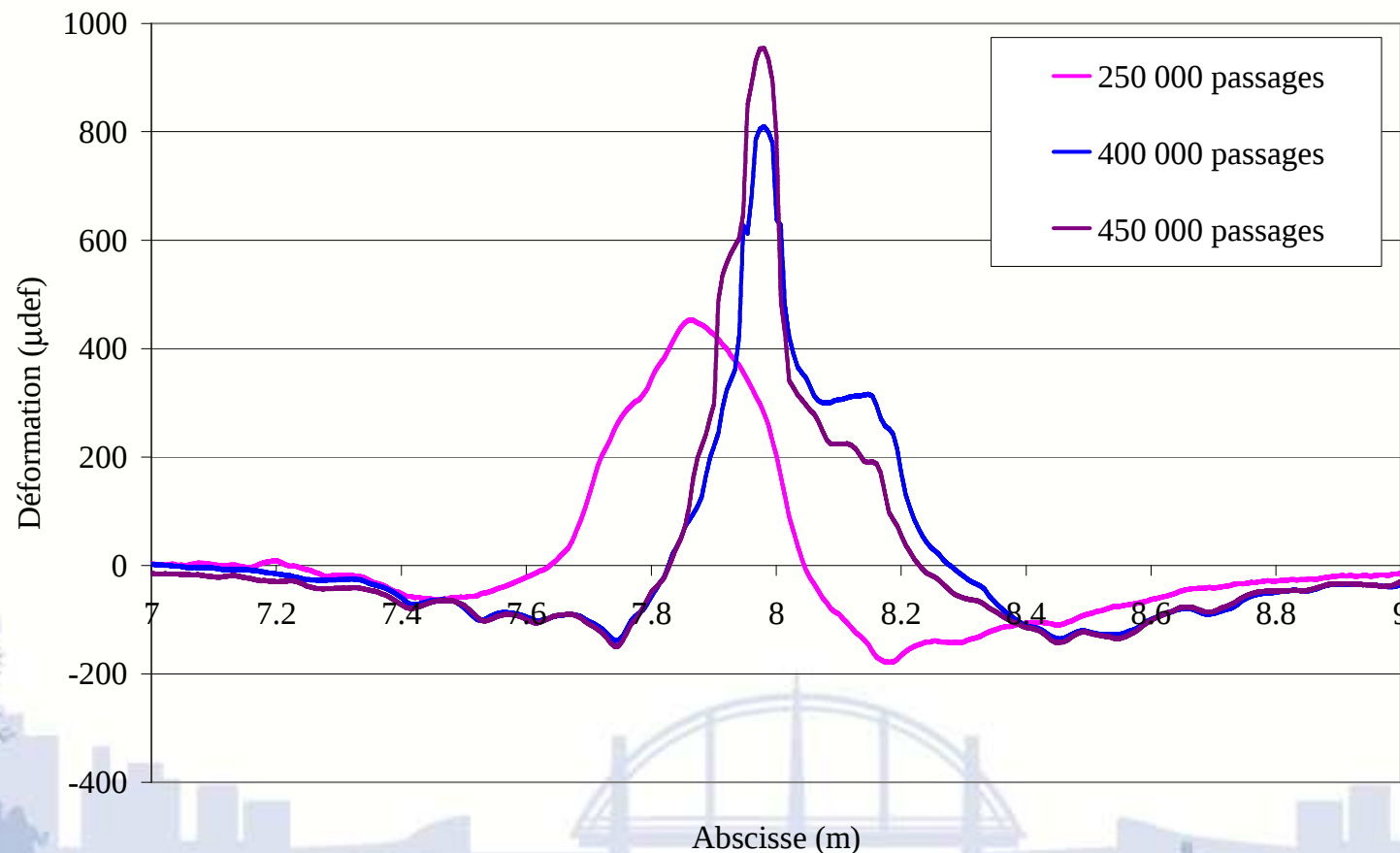
300 000 et 350 000 passages :
pas de fissure, signal sinusoïdal qui commence
à se déformer

→ signe d'endommagement?



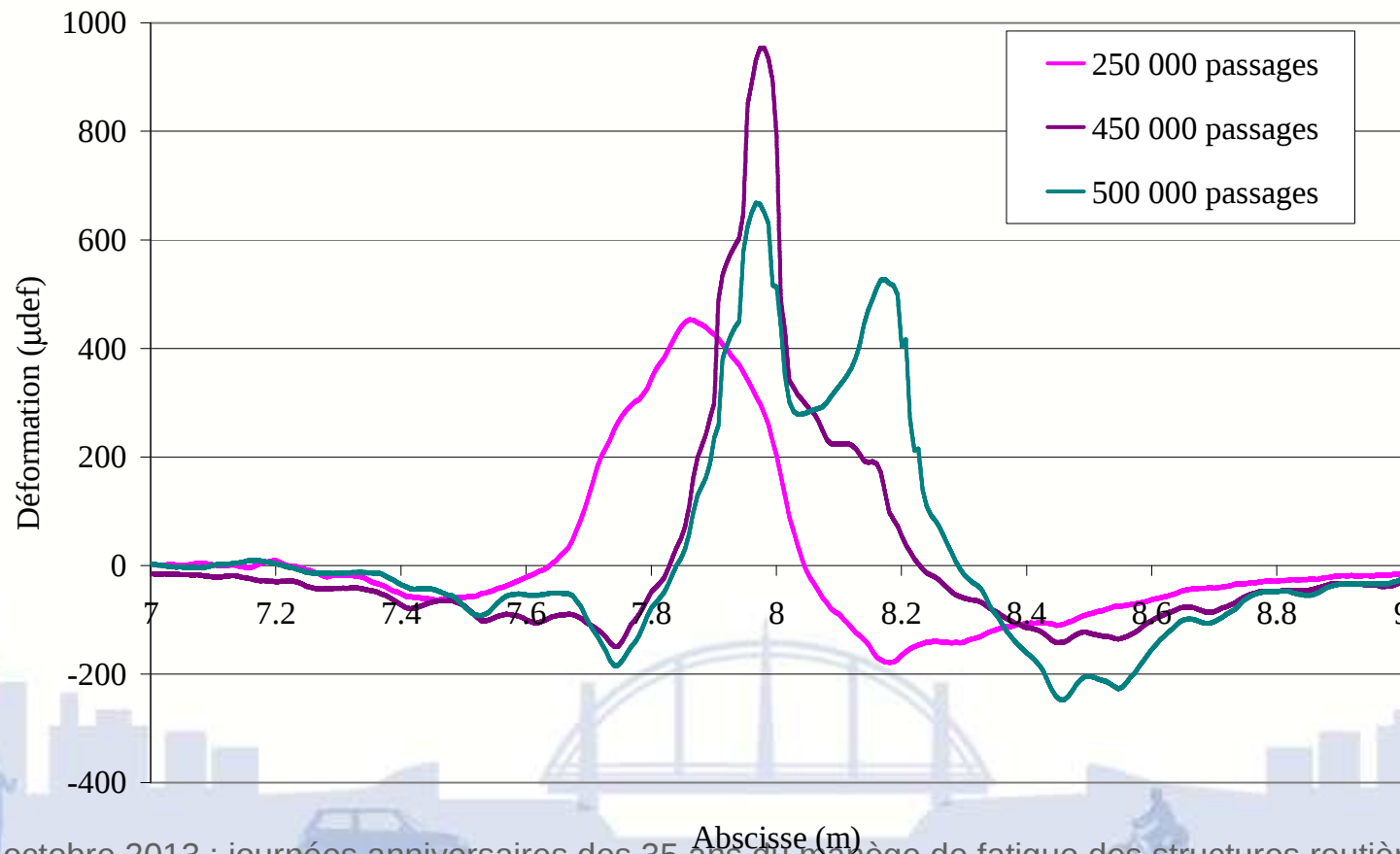
Mesures avec et sans charge

400 000 passages : début d'apparition de fissures
(à 426 000 passages) signal très déformé



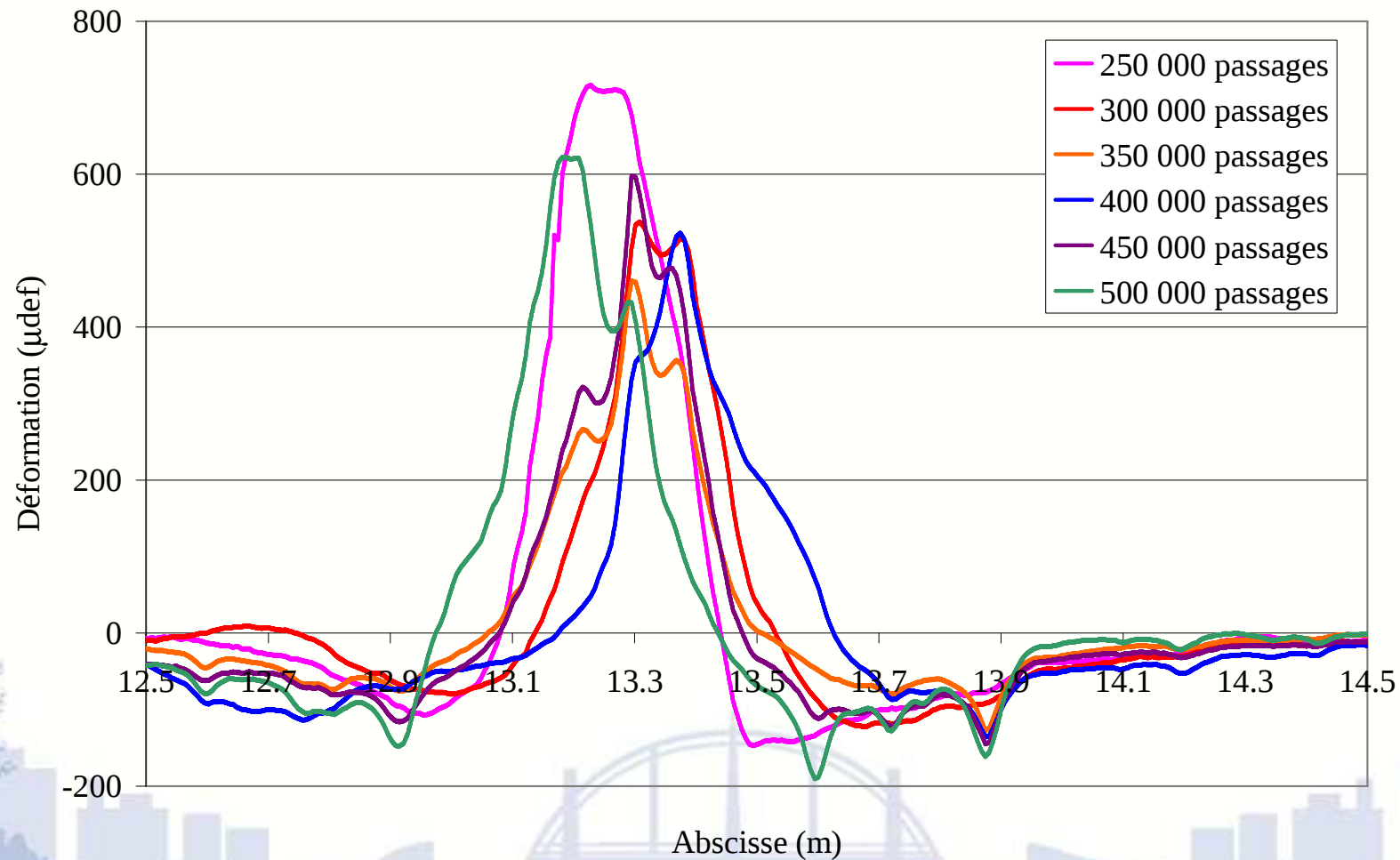
Mesures avec et sans charge

450 000 et 500 000 passages :
fissure importante (photo : 500 000 passages)
signal très déformé, avec 2 pics
→ dédoublement de la fissure ?



Résultats des mesures au point S (sans défaut)

Signal quasi-sinusoïdal jusqu'à la fin de l'essai et pas d'apparition de fissure



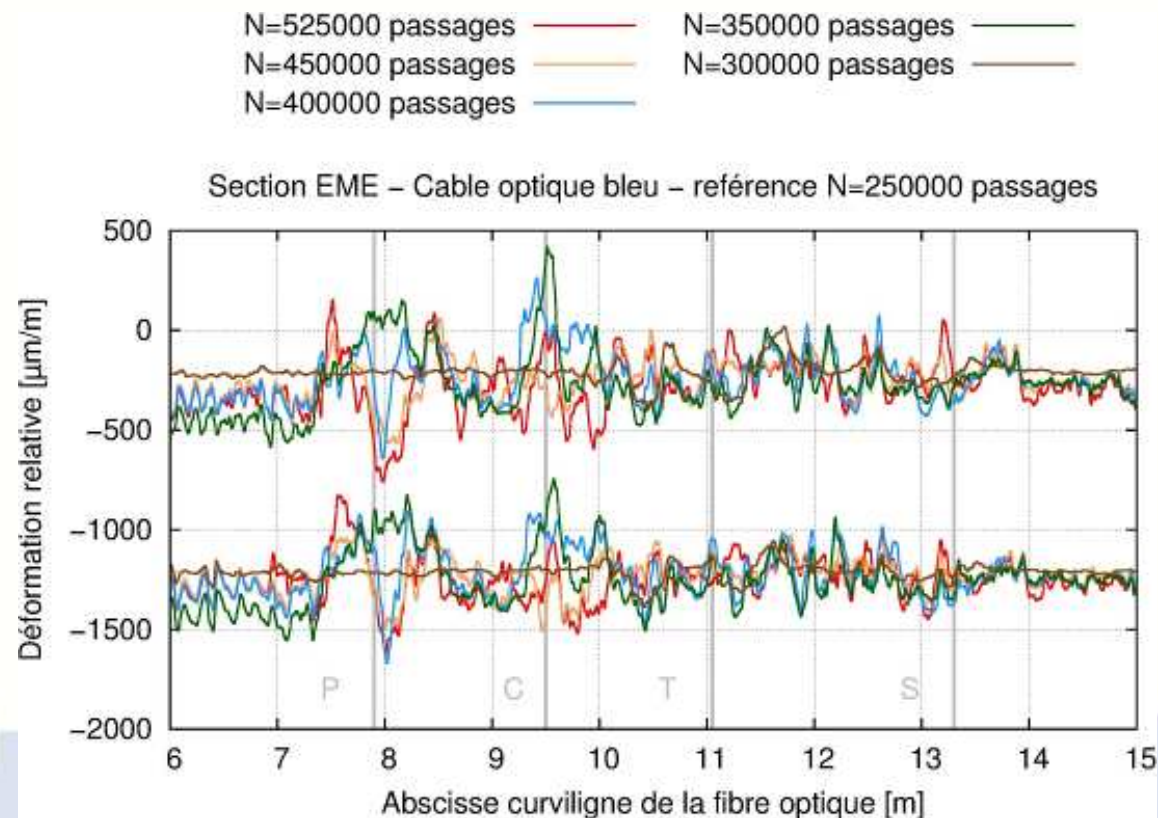
Réalisation des mesures

- Tous les 50 000 passages → 5 mesures
 - o Sans charge (mesure de référence)
 - o Charge sur le défaut P (Plat)
 - o Charge sur le défaut C (cornière)
 - o Charge sur le défaut T (T métallique)
 - o Charge au point S (sans défaut)

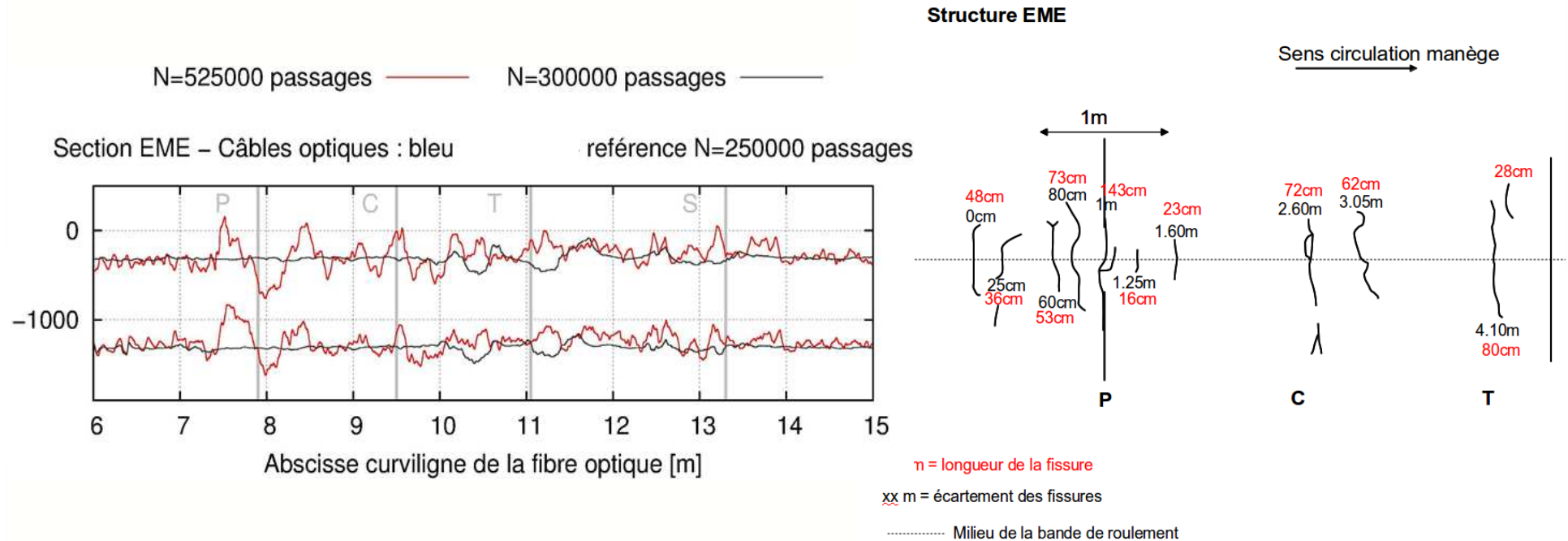
- Profils de déformation obtenus de deux manières différentes :
 - o Ecart entre les mesures avec charge et sans charge à N cycles
 - o **Ecart entre les mesures sans chargement à N_1 et N_2 cycles**

Mesures sans charge à N_1 et N_2 cycles

- Une mesure de référence « sans chargement » à N_1 cycles
- Une mesure « sans chargement » à N_2 cycles
- Calcul de la différence entre les deux mesures
- Donne une déformation cumulée entre les 2 états
- ➔ indicateur possible de l'endommagement de la structure ?



Mesures sans charge à N_1 et N_2 cycles



Bon accord entre le relevé des fissures sur la piste et les pics de déformations à $N=525.000$ passages

Conclusions

- Bon fonctionnement des fibres optiques dans la chaussée
- Les FO fonctionnent toujours, malgré la fissuration
- Deux procédures de mesures :
 - o Mesure sous chargement : comparaison avec la mesure sans chargement
 - o Mesure sans chargement : analyser l'évolution des déformations de la fibre, entre 2 nombres de cycles différents

Conclusion

- Mesures sous charge statique semblent plus sensibles à l'endommagement car la forme des signaux devient plus irrégulière dès que la chaussée commence à s'endommager
- Mesures sans charges à N_1 et N_2 cycles plus délicates d'interprétation

Perspectives

- Reprise des chargements sur le manège jusqu'à la ruine des structures (en particulier BBSG moins endommagé)
- Mise en œuvre d'une section instrumentée sur A63 (entre Salles (33) et Saint-Geours-de-Maremne (40))



Merci pour votre attention