

Instrumentation de bogie composite par Capteurs à Fibres Optiques à réseaux de Bragg

Laurent Maurin, Jonathan Boussoir, Stéphane Rougeault, Michel Bugaud, Pierre Ferdinand, Alain Landrot, Thierry Chauvin, Yves-Henri Grunevald

▶ **To cite this version:**

Laurent Maurin, Jonathan Boussoir, Stéphane Rougeault, Michel Bugaud, Pierre Ferdinand, et al.. Instrumentation de bogie composite par Capteurs à Fibres Optiques à réseaux de Bragg. JNOG 2000 - 20ièmes Journées Nationales d'Optique Guidée, Nov 2000, Toulouse, France. cea-04107535

HAL Id: cea-04107535

https://cea.hal.science/cea-04107535

Submitted on 26 May 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

INSTRUMENTATION DE BOGIE COMPOSITE PAR CAPTEURS À FIBRES OPTIQUES À RÉSEAUX DE BRAGG

MAURIN Laurent, BOUSSOIR Jonathan, ROUGEAULT Stéphane
BUGAUD Michel, FERDINAND Pierre
CEA - LETI - DEIN/SPE – Centre d'Études de Saclay – F-91191 Gif-sur-Yvette Cedex
tél : 33.1.69.08.83.89, fax : 33.1.69.08.83.95, e-mail : pierre.ferdinand@cea.fr

LANDROT Alain G., CHAUVIN Thierry
Alstom Transport SA – Rue Baptiste Marcet – BP 42 – F-71202 Le Creusot Cedex
tél : 33.3.85.73.60.80, fax : 33.3.85.73.67.16, e-mail : alain.landrot@transport.alstom.com

GRUNEVALD Yves-Henri
DDL – Pas de Pouyen – F-83330 Le Beausset
tél : 33.4.94.90.41.93, fax : 33.4.94.90.42.20, e-mail : YH.Grunevald@wanadoo.fr

Un élément de bogie en matériau composite a été instrumenté à l'aide de Capteurs à Fibres Optiques à base de réseaux de Bragg pour le suivi de tests de fatigue statique et dynamique. Les mesures de déformations qui ont été faites ont permis de suivre l'intégrité mécanique de la structure au cours du temps et ont été comparées aux données de simulation.

INTRODUCTION

Les Capteurs à Fibres Optiques, du fait de leur faible intrusivité, font des réseaux de Bragg des capteurs de choix pour la surveillance des structures [1,2]. Il était donc judicieux de les employer pour réaliser des mesures *in-situ* dans des pièces de bogies en matériaux composites [fig. 1] afin de valider les calculs de simulation correspondants.

I- LES RÉSEAUX DE BRAGG POUR L'INSTRUMENTATION

Il est désormais bien établi qu'un réseau de Bragg photo-inscrit dans le cœur d'une fibre optique monomode, par une modulation longitudinale du pas de son indice de réfraction, peut servir de capteur de mesure locale de déformation, de température, ou de pression hydrostatique.

La longueur d'onde λ_{Bragg} réfléchie par ces réseaux est dépendante de ce pas Λ selon la relation de Bragg : $\lambda_{Bragg}=2.n.\Lambda$. Sous l'action d'une température T, d'une déformation ε, ou d'une pression hydrostatique P, le pas du réseau Λ change, entraînant un déplacement $\Delta\lambda_{Bragg}$ du pic de réflexion :

$$\Delta\lambda_{Bragg}=a.\Delta T+b.\Delta\varepsilon+c.\Delta P$$

Les ordres de grandeur des sensibilités considérées sont : $a=12\,pm/°C$, $b=1{,}2\,pm/\mu\varepsilon$ et $c=-5\,pm/MPa$ à la longueur d'onde $1{,}55\,\mu m$.

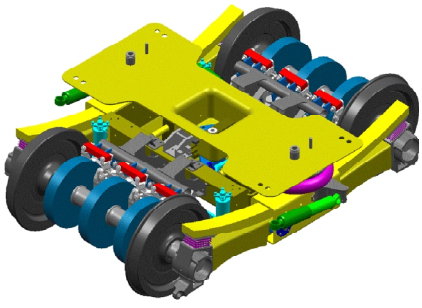


figure 1 : bogie composite Alstom®

II- LE SYSTÈME DE MESURE DU CEA/LETI

Le système de mesure intégré développé au laboratoire a été utilisé pour ces essais. Il est fondé sur le démultiplexage spectral en longueur d'onde (DWDM) et fonctionne grâce à un interféromètre de Fabry-Pérot à balayage [fig. 2].
L'intrusivité dans la pièce à instrumenter reste minimale, étant donnée la possibilité d'utiliser avec ce système de mesure jusqu'à 10 réseaux de Bragg déportés sur une même fibre optique.

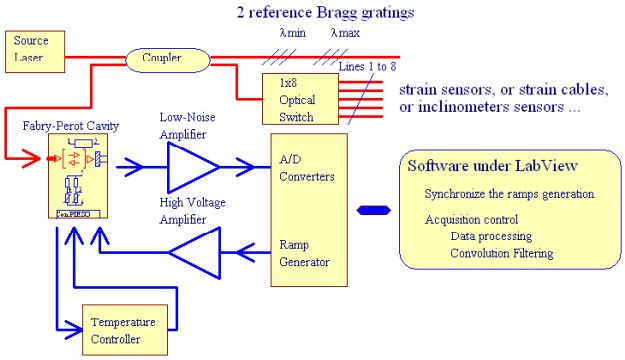


figure 2 : Principe du système de mesure du CEA/LETI

III- INSTRUMENTATION DE LA PIÈCE COMPOSITE

La fibre optique est introduite dans la pièce pendant sa fabrication [fig.3]. Il s'agit d'une ligne de 4 réseaux de Bragg ; 3 réseaux sont dédiés à la mesure des déformations *(C_1, C_2, C_3)*, un dernier réseau *(T)*, non contraint, sert à corriger le décalage spectral dû aux changements de température.

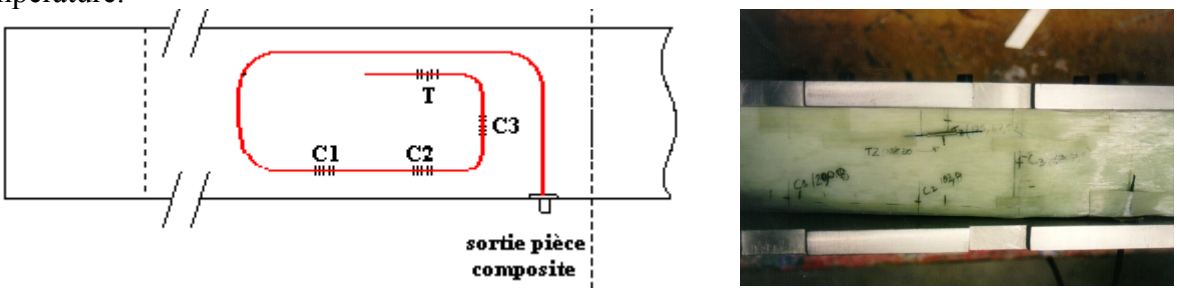


figure 3 : Position des réseaux de Bragg dans la pièce en matériau composite

La sortie de pièce est constituée d'un tube métallique de protection enduit d'un mastic souple permettant d'éviter à la fibre de se casser lors des manipulations.

IV- ESSAIS MÉCANIQUES ET RÉSULTATS

Les mesures ont consisté à enregistrer, en continu pendant les essais, les 3 valeurs de déformations [tableau 1], ainsi que la valeur de la température.

	phase 1	**phase 2**	**phase 3**
efforts	27 kN ± 8 kN à *f*=7 Hz	32 kN ± 10 kN à *f*=7 Hz	38 kN ± 11 kN à *f*=7 Hz
déformations (capteur C_1)	-2421 με ± 718 με	-2873 με ± 898 με	-3412 με ± 988 με

tableau 1 : Les niveaux de charge en sollicitations dynamiques (1 με = 0,0001 %)

Les cycles thermiques étant de 16 heures et la fréquence des sollicitations de 7 Hz, la pièce a subi plus de 10 millions de cycles pendant les 3 semaines d'enregistrement, ce qui correspond, à notre connaissance, à l'essai le plus sévère réalisé à ce jour avec des réseaux de Bragg [fig. 4].

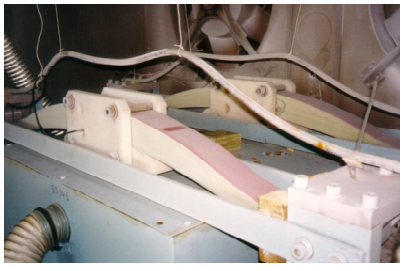


figure 4 : Le banc d'essais

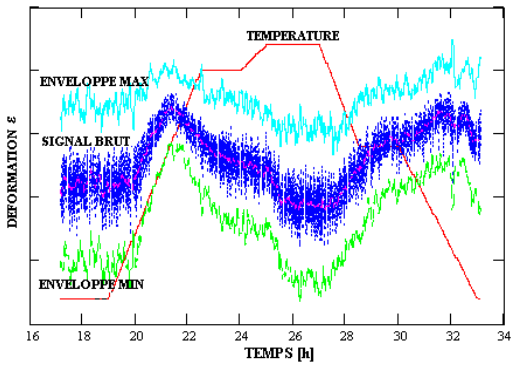


figure 5 : Résultats d'un cycle dynamique (C_1)

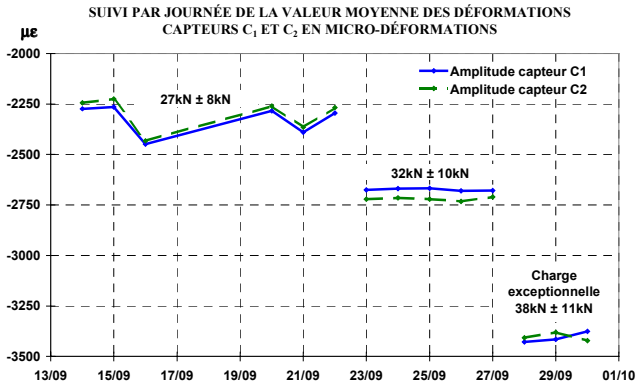


figure 6 : Suivi des déformations dans le temps

Les mesures ont permis de retrouver des niveaux de déformations comparables à ceux simulés [fig. 5 et 6], et de mettre en évidence, par la constance du niveau moyen des déformations pour différents niveaux de chargements, l'intégrité mécanique de la structure dans le temps.
D'autre part, malgré un sous-échantillonnage à une fréquence $f = 1$ Hz, et dans l'hypothèse de sollicitations sinusoïdales, les mesures ont servi à confirmer les amplitudes maximales $\Delta\varepsilon$ des déformations subies par la pièce et prévues par la simulation [fig. 7] :

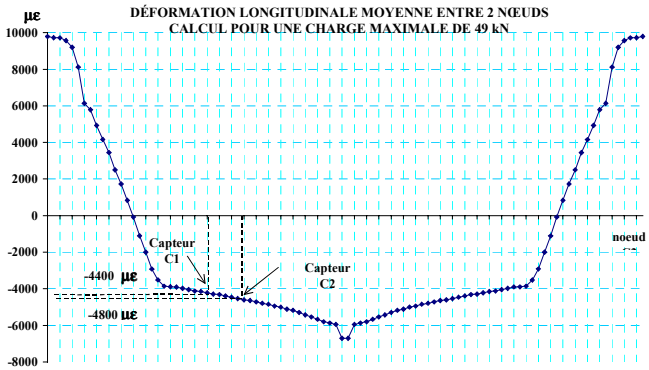


figure 7 : Résultat de simulation *SAMCEF*®

$$\varepsilon(t) = \bar{\varepsilon}_{nominal} + \Delta\varepsilon \sin(2.\pi.f.t) \text{ avec : } \Delta\varepsilon = \sqrt{2.N}.\sigma_N$$

où σ_N est l'écart-type avec biais des échantillons représentés par la moyenne de N mesures brutes donnée par le système de mesure.
Il ressort de ces résultats que la pièce instrumentée présente un comportement mécanique non évolutif, garantissant une raideur constante et un excellent comportement à la fatigue.

CONCLUSION

Les mesures effectuées à l'aide de réseaux de Bragg sur cette pièce composite structurelle d'un bogie de train ont permis de confirmer les calculs de simulations. Malgré 10^7 cycles subis, les réseaux de Bragg ont parfaitement résisté et fonctionné correctement. Ce principe de mesure pourrait être employé à l'avenir pour faire de la surveillance embarquée.

BIBLIOGRAPHIE

[1] **V. DEWYNTER-MARTY, P. FERDINAND, M. BUGAUD, E. BOCHERENS, S. BOURASSEAU, P. BRION, L. BRILLAND, E. DELEVAQUE**, «*Quatre technologies de capteurs à fibres optiques pour le suivi de fabrication de matériaux composites*», **JNOG 99**, Limoges, pp. 67-70.

[2] **P. FERDINAND, S. MAGNE, V. DEWYNTER-MARTY, S. ROUGEAULT, M. BUGAUD**, *«Optical fiber Bragg grating sensors make composite structures smart»*, **JOURNÉES EUROPÉENNES DES COMPOSITES,** Avril 1999, Paris La Défense CNIT.