



**Instrumentation et Mesures sur Chantier
CFMSG - 18 Septembre 2002**

LES FIBRES OPTIQUES : UN NOUVEL OUTIL POUR LE GENIE CIVIL

JM. Caussignac

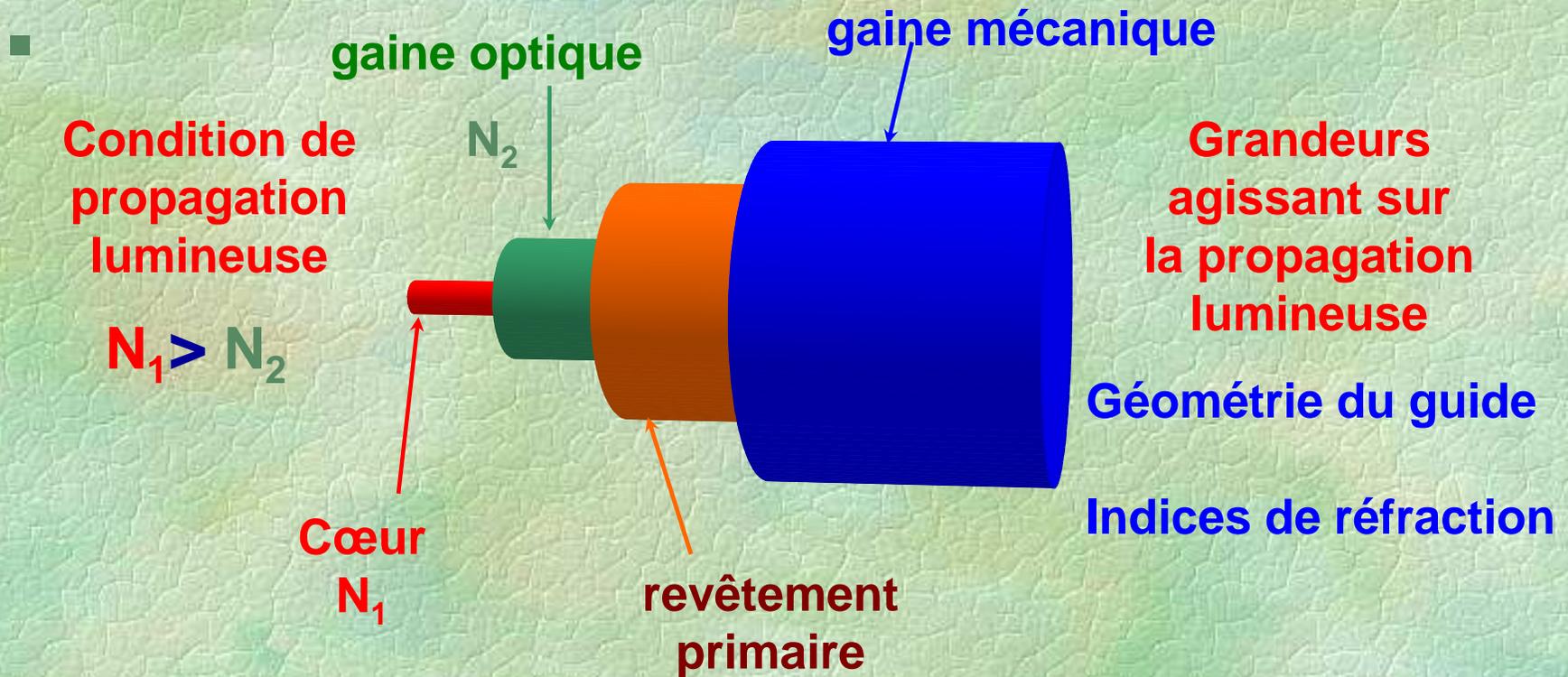
Sommaire

- **Introduction**
- **Rappels sur les fibres optiques**
- **Principes de capteurs**
- **Mise en œuvre sur structures**
- **Exemples d'application**
- **Conclusion et perspectives**

Spécificités des F.O.

- **Insensibilité électromagnétique**
- **Élément sensible et support de transmission de l'information confondus**
- **Localisation**
- **Bande passante élevée et possibilité de multiplexage de capteurs**

Rappels sur les fibres optiques

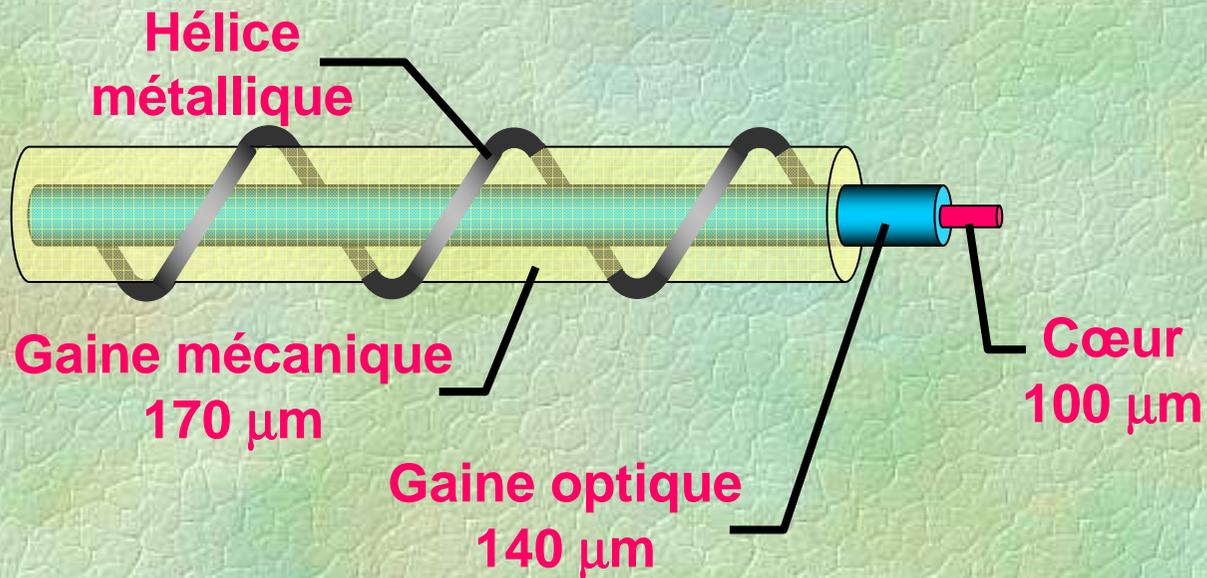


Principes de capteurs

- **Microcourbures**
- **Biréfringence**
- **Réseaux de Bragg**
- **Interférométrie**
 - **Fabry-Pérot**
 - **Michelson**

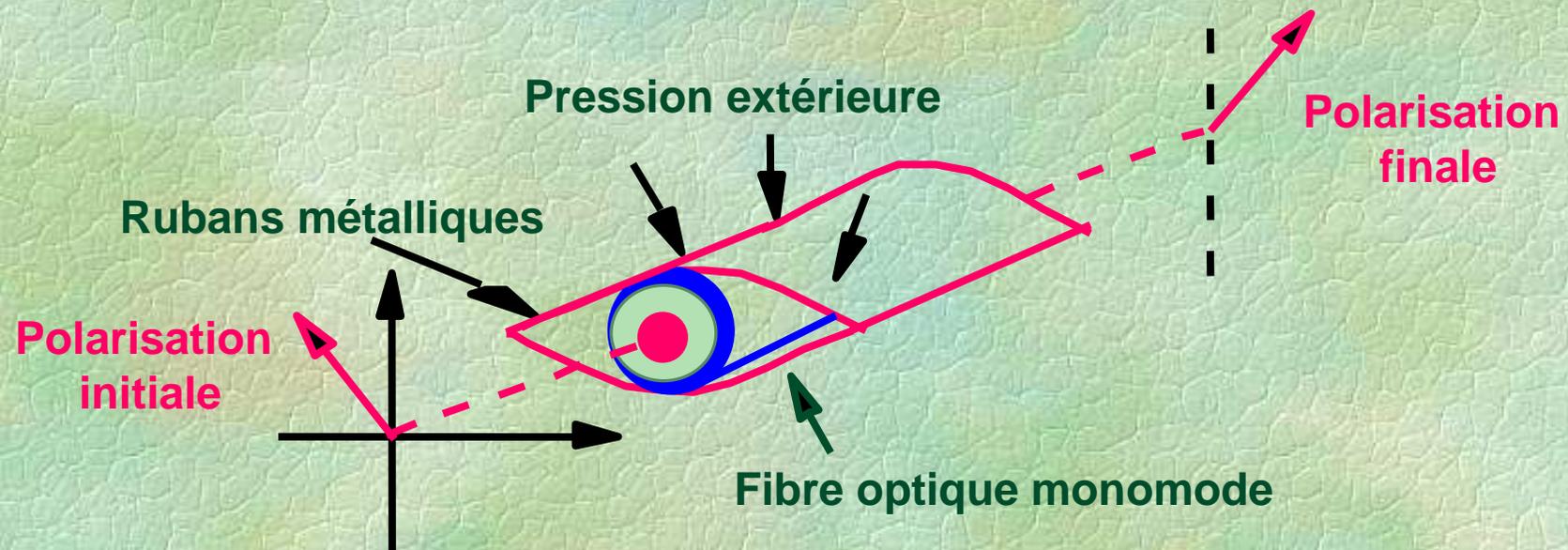
Microcourbures

Déformation, Pression



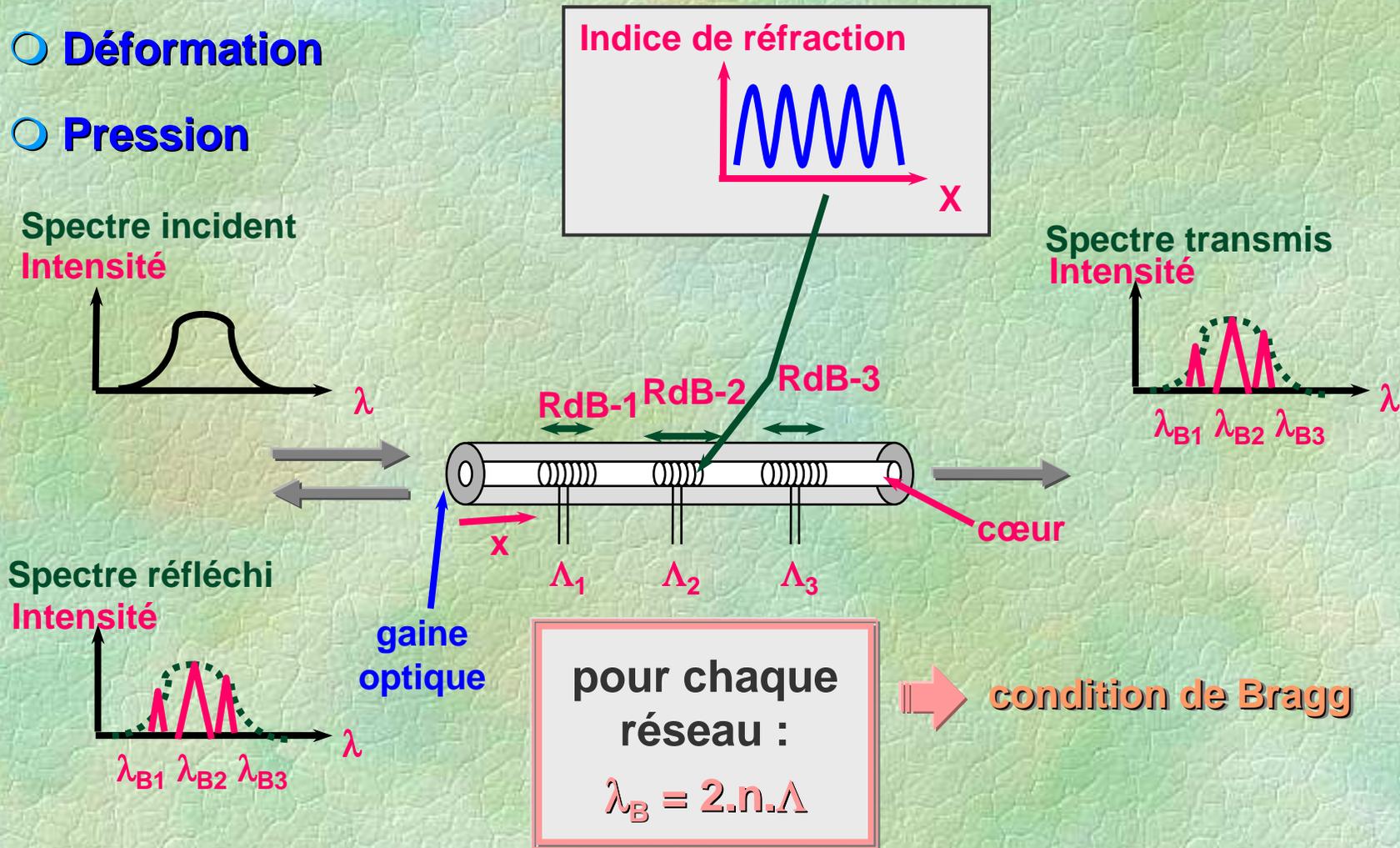
Biréfringence

Température, Pression



Réseaux de Bragg

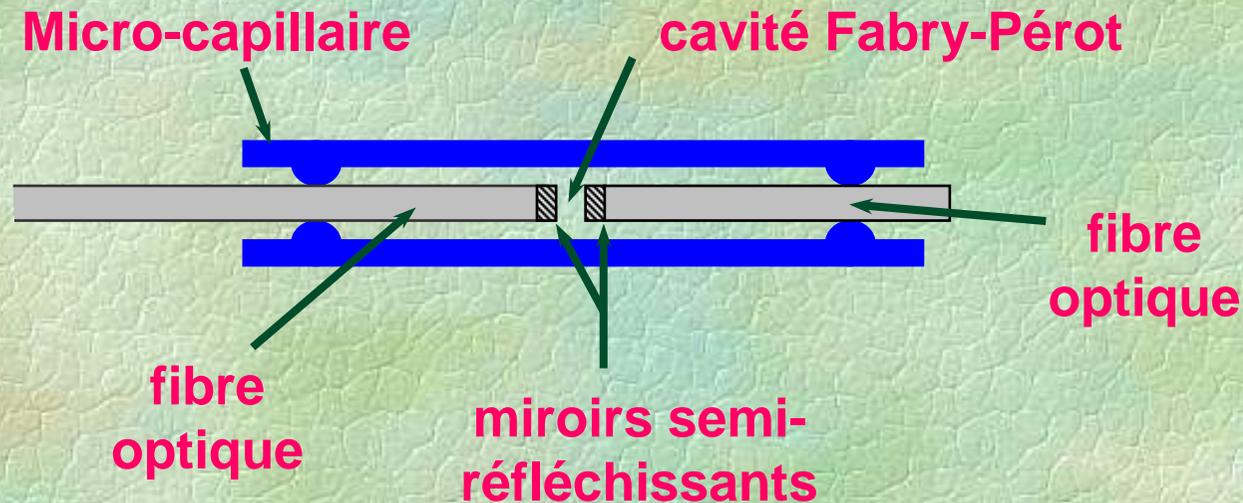
- Température
- Déformation
- Pression



Interférométrie Fabry - Pérot

Déformation - Extensométrie

Principe du capteur

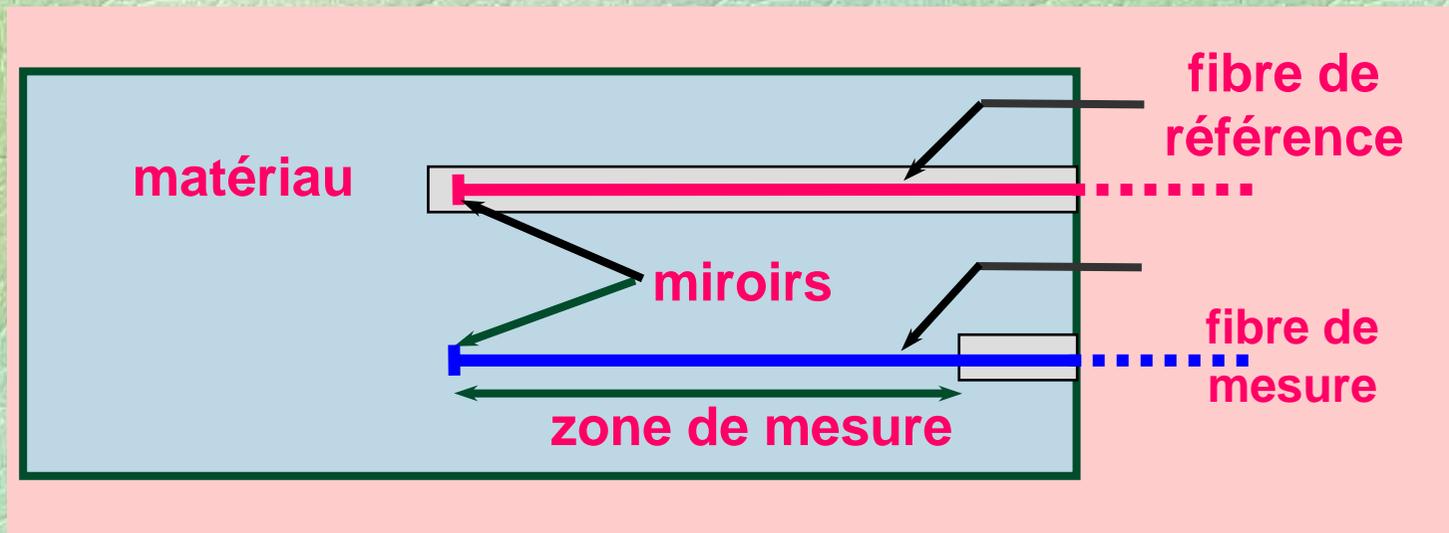


Capteurs commercialisés noyés ou fixés en surface d'ouvrage en béton



Interférométrie Michelson

Déformation - Extensométrie



Mise en œuvre des F.O. sur structures

Détection et Mesure

- **Conditionnement à apporter à l'élément sensible pour l'insertion**
- **Etalonnage du capteur conditionné**
- **Etalonnage du capteur conditionné dans son milieu d'emploi**
- **Correction des grandeurs d'influence parasites (température,...)**

Principe d'un Système de Contrôle d'Ouvrage

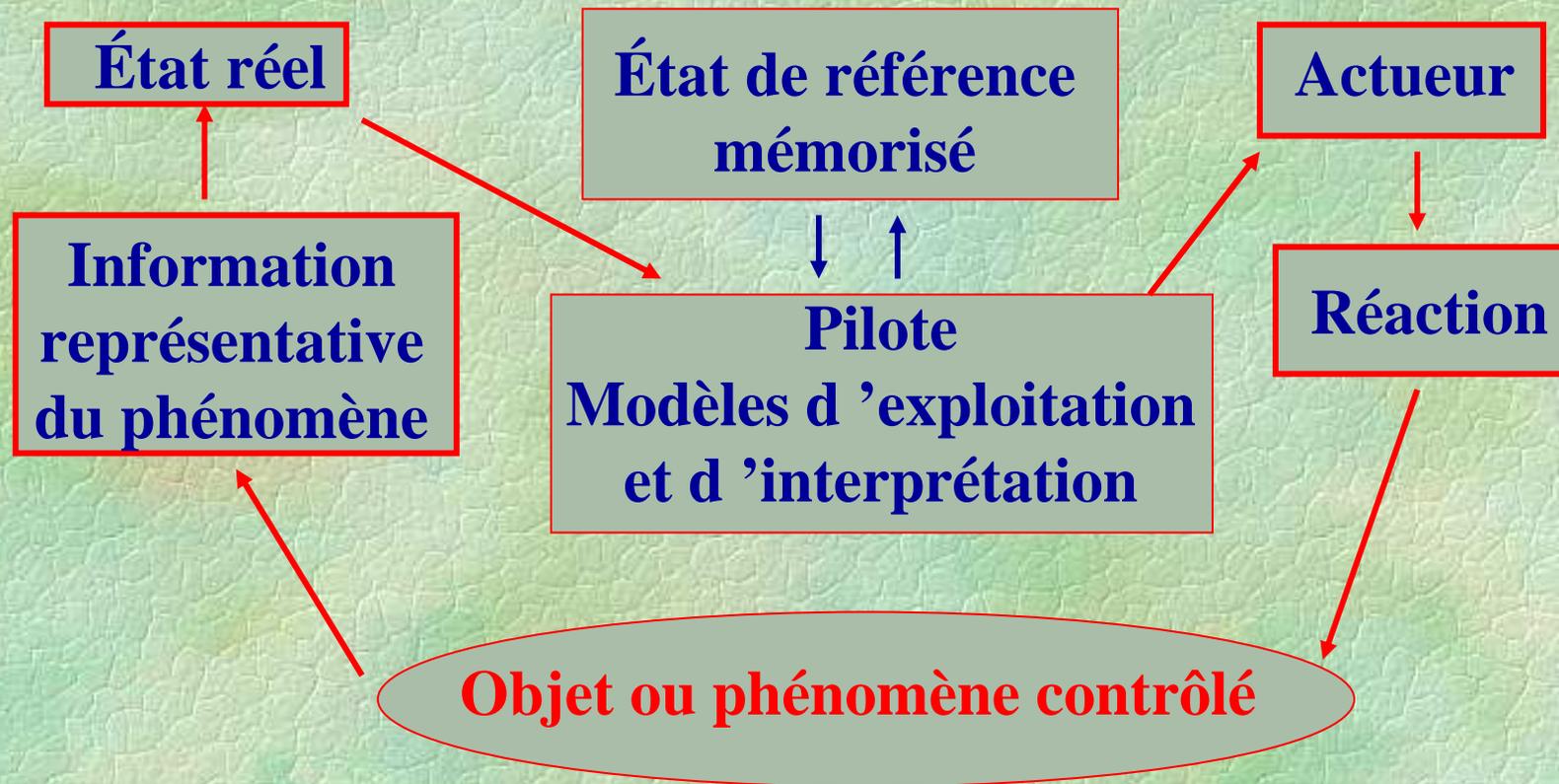
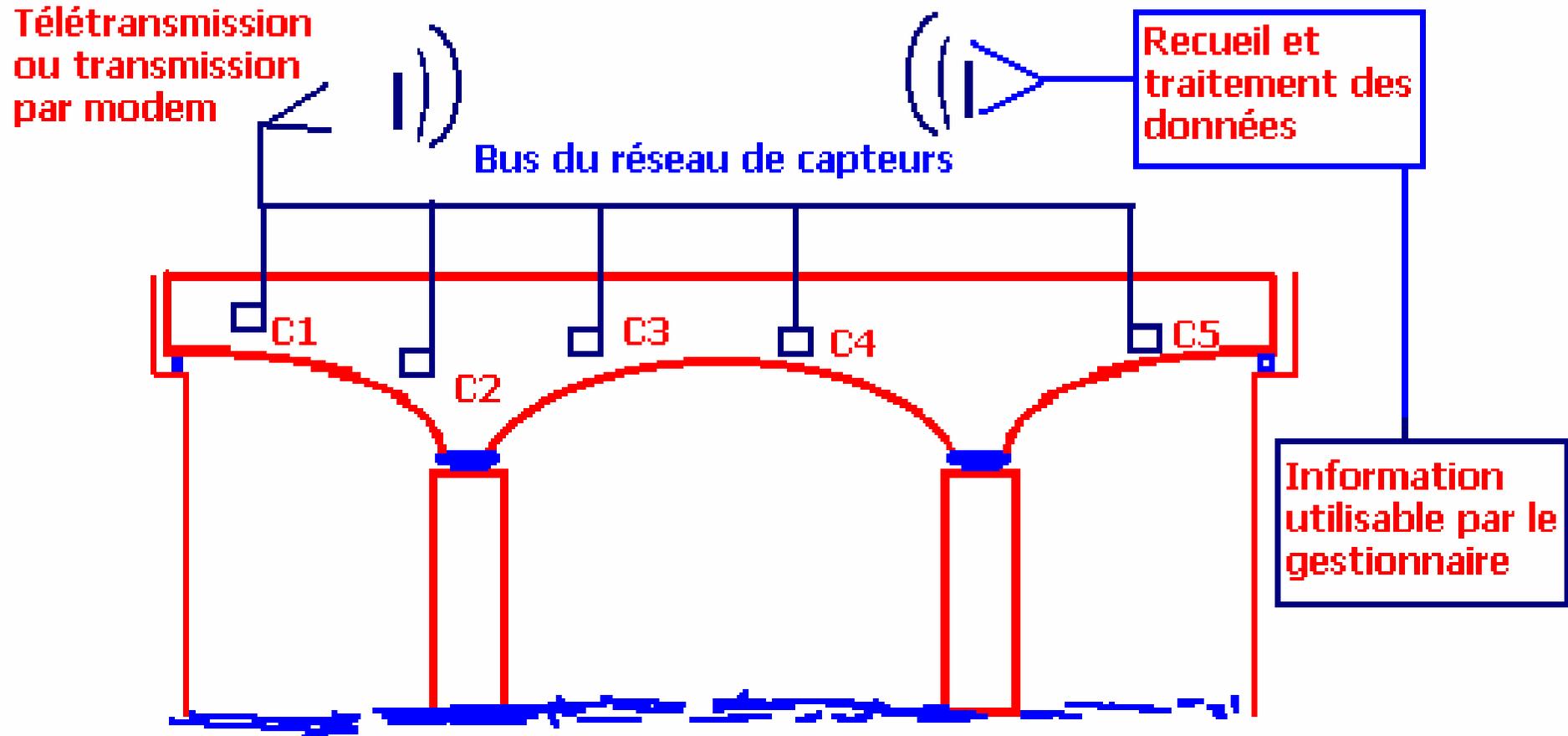


Schéma d'instrumentation



Détection de fissuration

**Fonctionnement binaire
de la fibre optique**

**Fixation d'un seuil
du signal lumineux**

**Perte de transmission
lumineuse**

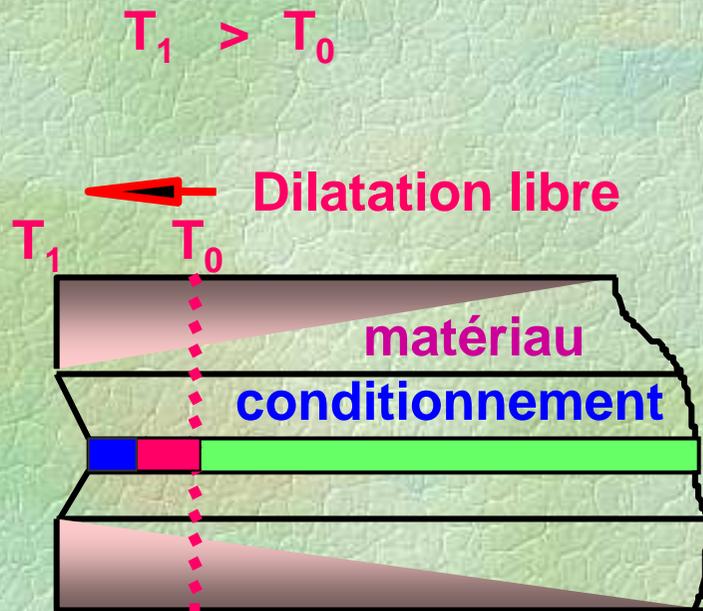
Mesure

**Relier la grandeur
lumineuse mesurée sur
la F.O. à la grandeur
recherchée**

**Maîtrise des interfaces
Matériau/Capteur
Capteur/Elément sensible**

**Correction des effets
parasites**

Illustration d'une sollicitation thermique



Etat initial : T_0 | Longueur F.O. : L_0

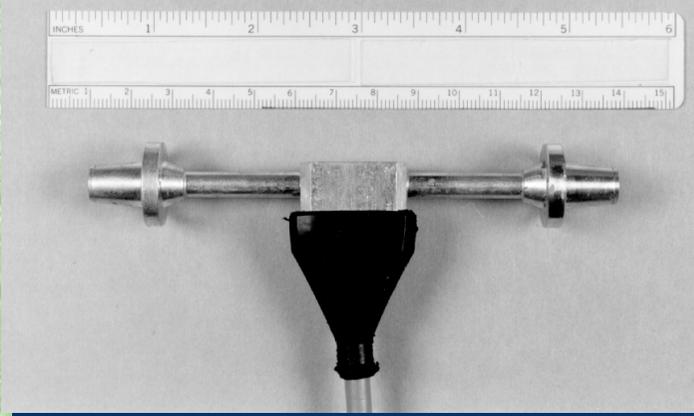
Etat final (1) : T_1 | Longueur F.O. : L_1

Etat final (2) : T_1 | Longueur F.O. : L_2

Allongement mesuré par
la fibre : $L_2 - L_1$

Jauges extensométriques

Corde vibrante



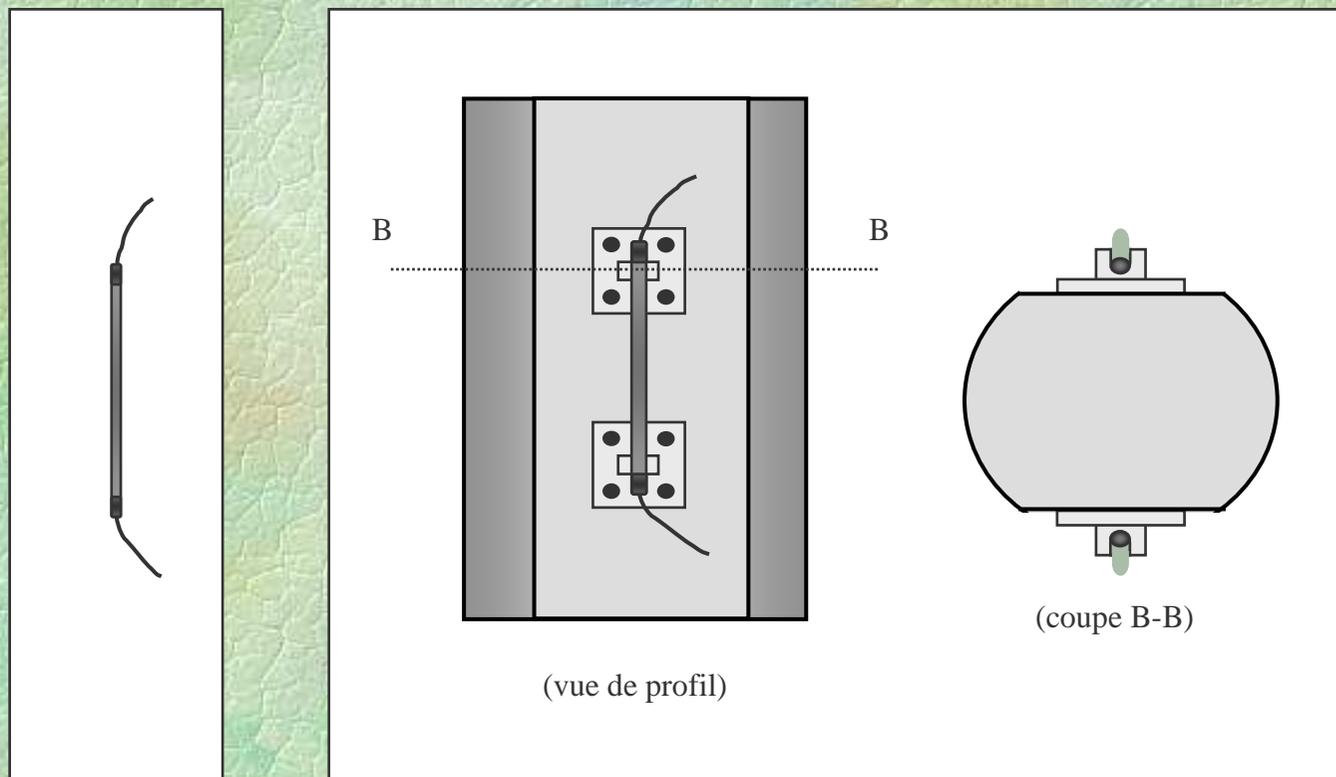
Jauge électrique



Fibre optique

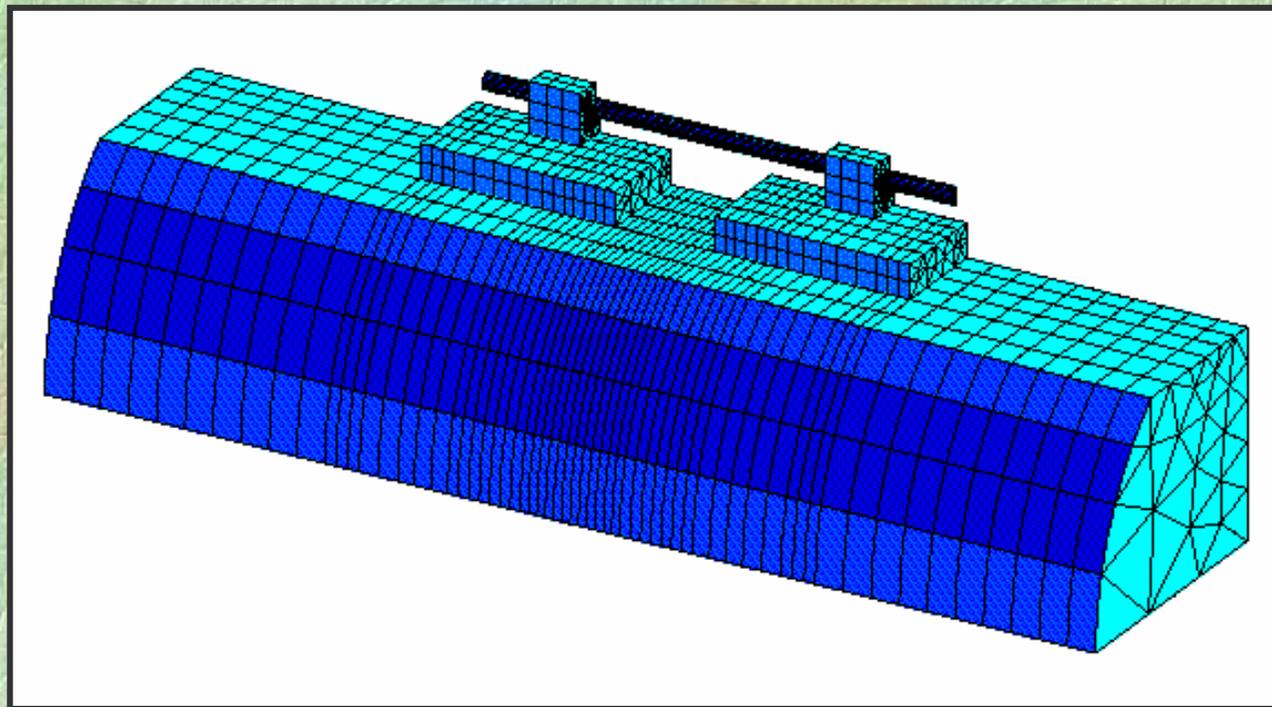


Eprouvette de béton sous sollicitation

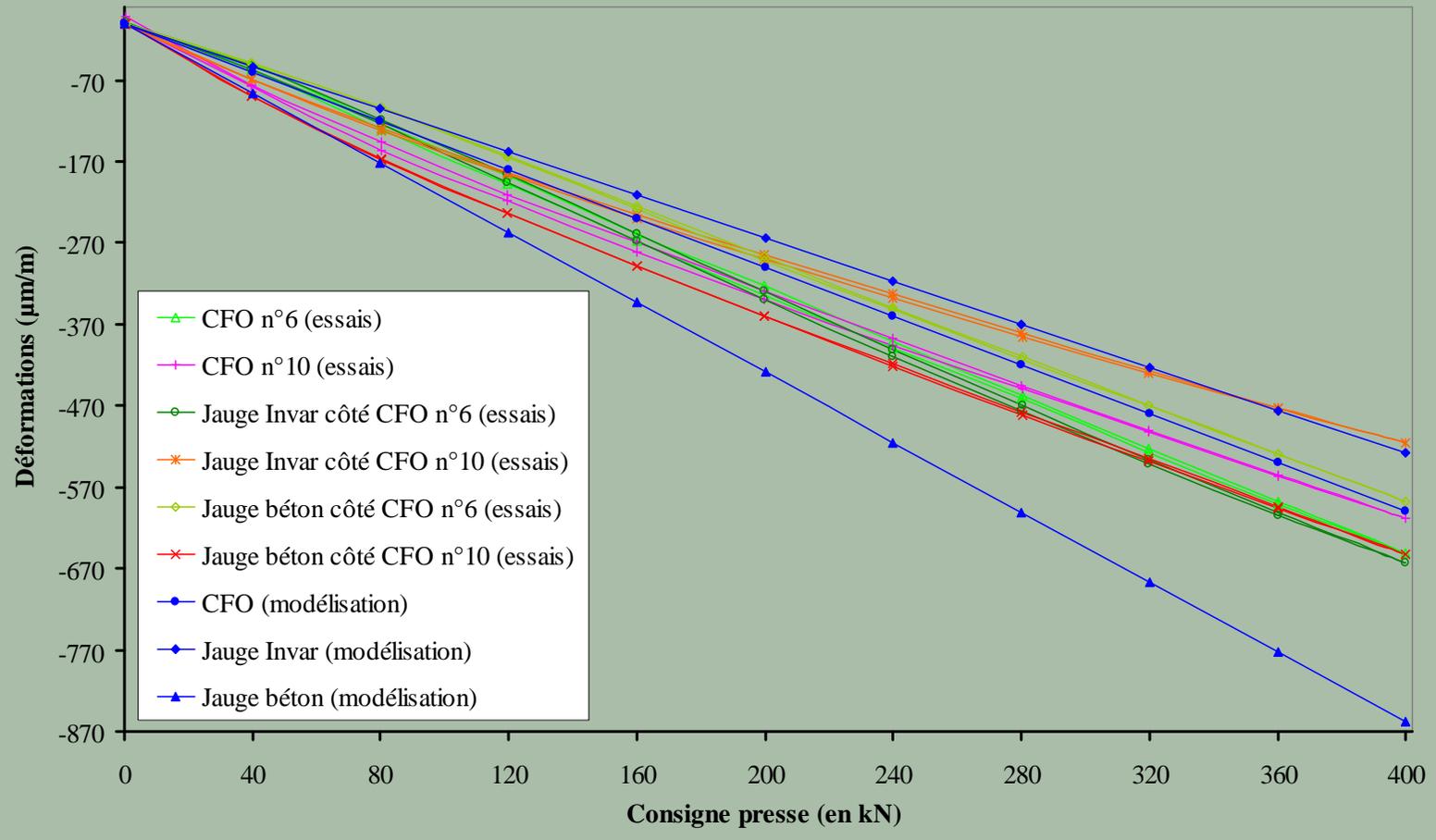


Modélisation numérique par CESAR-LCPC

éprouvette en béton instrumentée en surface par 2 CFO



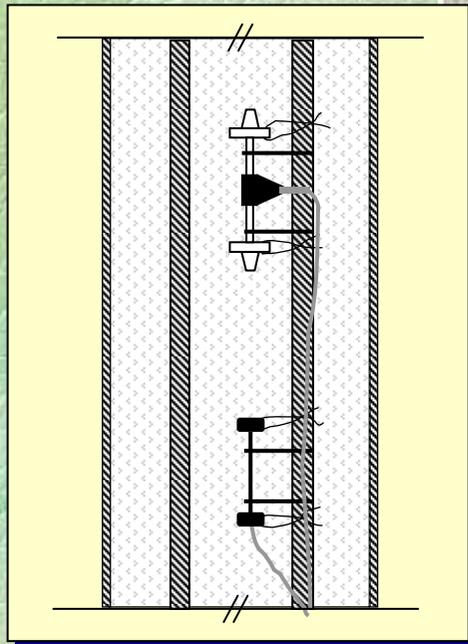
**Compression d'une éprouvette en béton instrumentée en surface par :
2 CFO + 2 jauges sur le barreau en Invar + 2 jauges sur l'éprouvette en béton**

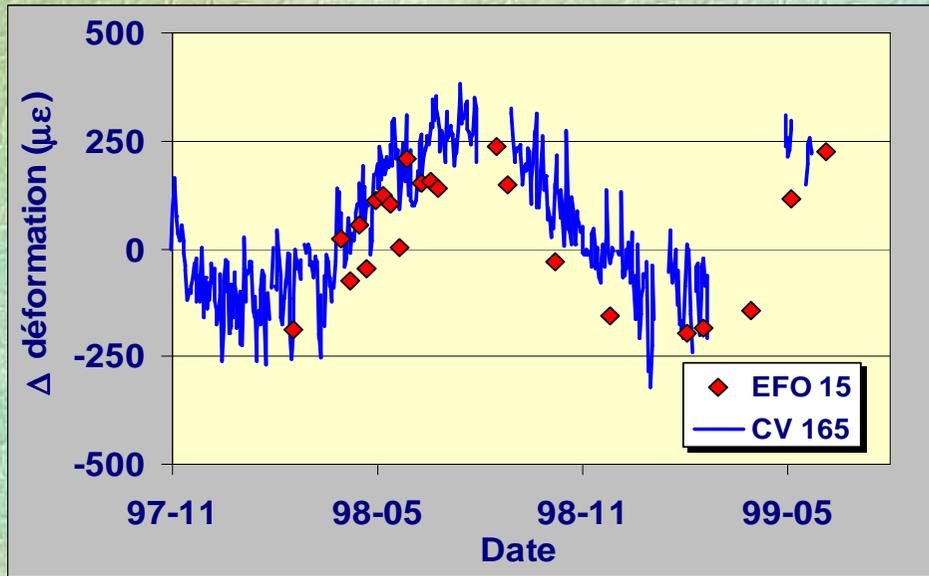
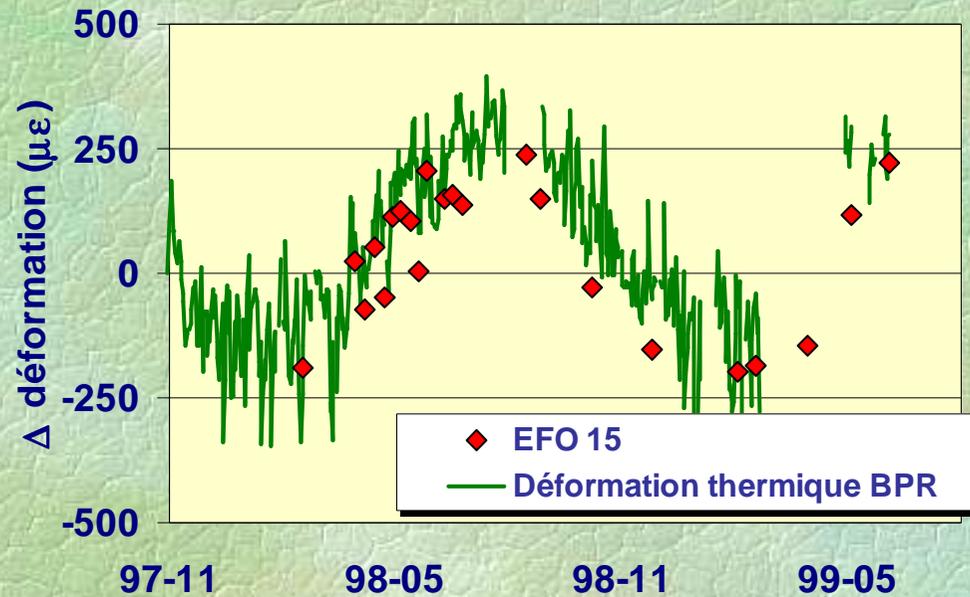


Installation de fibres optiques in situ



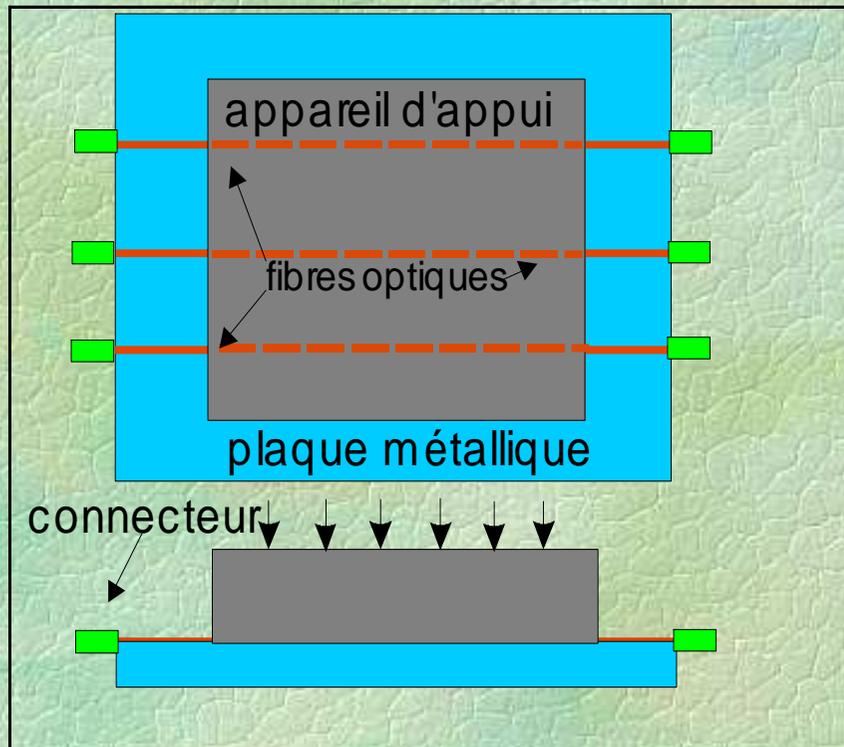
- ◆ **Nouvelle construction BPR en usine**
- ◆ **Comportement thermique de la structure**
- ◆ **Suivi sur près de 2 ans**



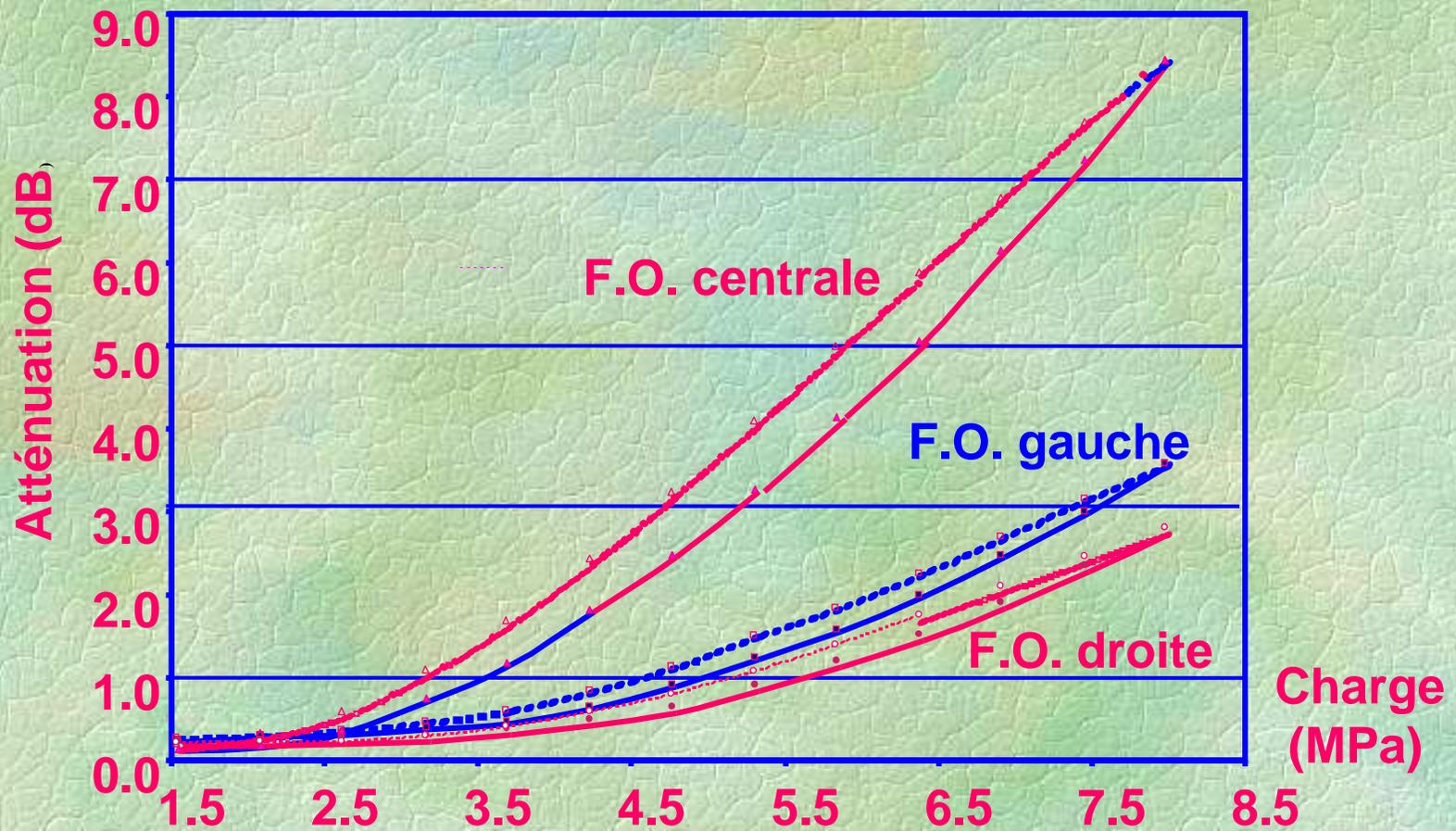


Suivi
 du
 comportement
 thermique de
 l'ouvrage

Instrumentation d'appareils d'appui d'Ouvrages d'Art



Etalonnage d'un A.A. sous cycle de chargement

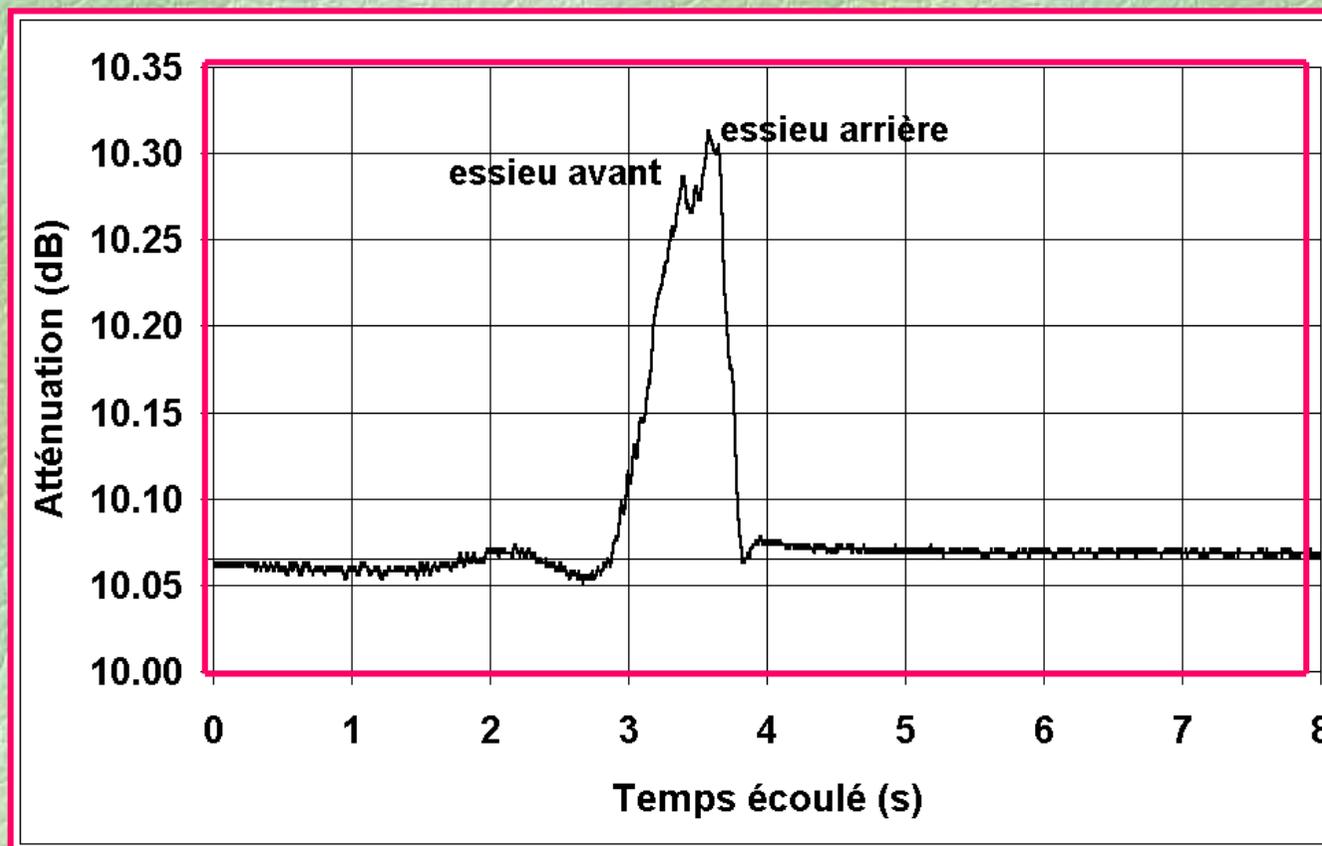


Site expérimental (A35)



CFMSG - Instrumentation et mesure
sur chantier -18/09/2002

Réponse d'un A.A. sous charge roulante



Conclusion et perspectives

- **Capteur base longue - Métrologie répartie**
- **Développement du multicapteurs - Localisation**
- **Surveillance des structures - capteurs à demeure**
- **Matériaux sensibles - introduction d'intelligence**
- **Progrès à réaliser sur les conditionnements de fibres et sur les méthodes de qualification**

comparaison capteur à fibres optiques - cordes vibrantes

capteur	condition de déformation	évolution du signal
corde vibrante seule	dilatation libre	non, car les coefficients de dilatation entre la corde et son conditionnement sont identiques
corde vibrante noyée dans du béton	dilatation libre	oui légèrement, car les coefficients de dilatation capteur/béton sont très voisins. Le signal traduit la différence des deux comportements
	dilatation ou déformation gênée (effet mécanique ou gradient de température)	oui, car développement de contraintes forcées signal filtré par l'interface capteur/béton (facteur d'inclusion/rigidités)
	déformation sous sollicitation à T constant	oui : signal filtré par l'interface capteur/béton (facteur d'inclusion/rigidités respectives)

comparaison capteur à fibres optiques - cordes vibrantes

capteur	condition de déformation	évolution du signal
Extensomètre à fibre optique microcourbée seul	dilatation libre	non, car les microcourbures de la fibre ne sont pas affectées par sa propre dilatation
Extensomètre à fibre optique microcourbée noyé dans du béton	dilatation libre	oui, car différence de comportement thermo-mécanique entre la fibre et son conditionnement et le matériau
	dilatation ou déformation gênée (effet mécanique ou gradient de température)	oui mais différence de réponse avec le cas précédent car développement de contraintes forcées
	déformation sous sollicitation à T constant	oui : signal filtré par l'interface capteur/conditionnement/béton (facteur d'inclusion/rigidités respectives)

comparaison capteur à fibres optiques - cordes vibrantes

<p>Extensomètre à fibre optique à réseau de Bragg seul</p>	<p>dilatation libre</p>	<p>oui en l'absence de correction, car mesure l'allongement absolu entâché éventuellement d'une erreur liée à la variation d'indice de réfraction de la fibre sous l'action de la température</p>
<p>Extensomètre à fibre optique à réseau de Bragg noyé dans du béton</p>	<p>dilatation libre</p>	<p>oui car mesure un allongement absolu signal filtré par l'interface capteur/conditionnement /béton (facteur d'inclusion/rigidités respectives) nécessité d'une correction en température du capteur</p>
	<p>dilatation ou déformation gênée (effet mécanique ou gradient de température)</p>	<p>oui mais allongement absolu mesuré différent du précédent car conjugue les effets du développement de contraintes forcées et le comportement des interfaces capteur /matériau</p>
	<p>déformation sous sollicitation à T constant</p>	<p>oui : signal filtré par l'interface capteur/condition. béton (facteur d'inclusion/rigidités respectives)</p>

Conclusion et perspectives

- **Capteur base longue - Métrologie répartie**
- **Développement du multicapteurs - Localisation**
- **Surveillance des structures - capteurs à demeure**
- **Matériaux sensibles - introduction d'intelligence**
- **Progrès à réaliser sur les conditionnements de fibres**

- **Détection de la fissuration du béton par F.O**
- **Dépend :**
 - **du conditionnement de la fibre**
 - **de la mise en œuvre sur site**
 - **de l'étalonnage des fibres optiques in situ**
 - **de la référence et du seuil choisis**