



# MANUEL D'INSTRUCTIONS

## EXTENSOMETRE A CORDE VIBRANTE

### MODÈLE C110

©Telemac, 2015. Tous droits réservés.

L'installation et l'utilisation de ce produit peuvent parfois s'avérer dangereuses : elles doivent être faites par du personnel qualifié seulement. Les instructions contenues dans ce manuel sont fournies à titre indicatif et sont sous réserve de modifications. La Société n'assume aucune responsabilité quant au dommage qui pourrait résulter de l'installation ou de l'utilisation de ce produit.

---

Tél. : +33 164.064.080 10, Avenue Eiffel, 77220 Grez-Armainvilliers, France • [www.telemac.fr](http://www.telemac.fr)

# TABLE DES MATIÈRES

---

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>PRODUIT.....</b>	<b>1</b>
2.1	Généralités.....	1
2.2	Description du produit .....	2
<b>3</b>	<b>VÉRIFICATION.....</b>	<b>3</b>
3.1	Aspect.....	3
3.2	Contrôle de la fréquence .....	3
3.3	Contrôle de la température.....	3
<b>4</b>	<b>CÂBLAGES.....</b>	<b>5</b>
4.1	Les circuits électriques .....	5
4.2	Le blindage .....	5
4.3	Les différents types de connexion .....	6
4.3.1	Câblage sur prise.....	6
4.3.2	Sur un boîtier à prise individuelle (PI).....	6
<b>5</b>	<b>INSTALLATION.....</b>	<b>6</b>
5.1	Principe.....	6
5.2	Réalisation (schéma 2 en annexe 1) .....	7
5.3	Câblage .....	7
<b>6</b>	<b>QUELQUES CONSIDÉRATIONS THÉORIQUES SUR L'EFFET DES VARIATIONS THERMIQUES. ....</b>	<b>7</b>
6.1	Effet des variations thermiques du béton :.....	9
<b>7</b>	<b>ANNEXE 1.....</b>	<b>11</b>

# 1 INTRODUCTION

Les extensomètres type C110, de grande sensibilité, sont destinés aux mesures dans le béton armé. Ils sont proportionnés et dimensionnés pour l'emploi dans les bétons à petits éléments.

Leurs caractéristiques dimensionnelles générales sont indiquées dans le schéma 1 en annexe 1.

## 2 PRODUIT

### 2.1 GÉNÉRALITÉS

#### **Mesure de l'allongement relatif :**

L'allongement relatif est donné en micromètres par mètre par la formule :

$$\frac{\Delta L}{L} = K \times (F^2 - F_0^2)$$

Où K est le coefficient extensométrique :

Pour le C110 K = 0,0018582

F<sub>0</sub> est la lecture initiale en Hz.

F est la lecture considérée en Hz.

#### **Mesure de la température :**

La température lue sur le poste est à corriger de la manière suivante :

Le terme correcteur est donné en degrés Celsius. Il est à ajouter algébriquement à la valeur de la température lue sur le poste.

## 2.2 DESCRIPTION DU PRODUIT

Ils sont formés d'un tube en acier étamé, terminé par deux têtes, également en acier étamé. Les deux flasques rondes définissent la base de mesure. Le petit bloc latéral à mi-longueur contient les électro-aimants d'entretien et d'écoute.

Ses dimensions sont réduites pour perturber le moins possible la masse dans laquelle ils se trouvent noyés.

La sortie des fils est au milieu de l'appareil, limitant ainsi au minimum la

Les extensomètres sont livrés montés avec leurs câbles individuels à 5 conducteurs, de diamètre extérieur 6 mm, aux longueurs demandées par l'utilisateur. (Code de branchement suivant schéma S000034-1 situé en annexe 1 et fiche technique).

Ces appareils permettent également la mesure de température d'après la résistance ohmique des électro-aimants avec une précision pratique de  $\pm 1^\circ$  à  $2^\circ\text{C}$ .

Leurs caractéristiques extensométriques sont reprises ci-dessous :

Longueur totale (mm)	144
Diamètre du corps (mm)	6
Diamètre des flasques (mm)	20
Poids sans câble (g)	87
Entendue de mesure maximale (en micromètre par mètre)	3250

## 3 VÉRIFICATION

### Important:

Ne jamais démonter les bouchons d'extrémités. Tous nos appareils sont « fermés » dans nos ateliers sous atmosphère sèche, pour éviter tous risques de corrosion interne.

Bien que l'appareil soit contrôlé tout au long de sa fabrication et avant son expédition, il est recommandé, à la réception du matériel et avant de le placer dans un ouvrage, de procéder à plusieurs vérifications. S'il apparaît quelque défaut, laisser alors l'extensomètre de côté et demander l'avis de **TELEMAC**.

### 3.1 ASPECT

Vérifier le bon état apparent de l'extensomètre et de son câble.

### 3.2 CONTRÔLE DE LA FRÉQUENCE

Vérifier, à l'aide du poste de mesure, que la lecture de la fréquence se situe entre 600 et 1300 Hz. (Pour le branchement sur poste de mesure voir plan de câblage). Le réglage de la fréquence à vide est indiqué sur la fiche technique jointe à l'expédition. Le réglage est fait en cours de fabrication, il n'est pas possible de le changer par la suite.

Il est possible, lors de la vérification de la fréquence, que certains extensomètres aient du mal à « démarrer ». Ceci est dû à un phénomène de résonance. Cela ne gêne en rien leur bon fonctionnement futur car lorsque l'extensomètre est coulé dans le béton ce phénomène disparaît.

Pour le contrôle à vide il suffit :

- soit de libérer l'extensomètre des attaches de la couronne de câble,
- soit de poser l'appareil sur une masse métallique.

### 3.3 CONTRÔLE DE LA TEMPÉRATURE

Vérifier le bon état des circuits électriques, en opérant une mesure thermométrique à l'aide du poste de mesure (voir notice d'utilisation), et en tenant compte du terme correcteur qui est indiqué sur les fiches techniques ainsi que sur les étiquettes propres à chaque extensomètre.

La température réelle est de :

$$\text{Température(Celcius)} = \frac{(\text{résistance bobine} - 90)}{0.36} + 20 + \text{Terme correcteur en Celcius}$$

Exemple :

Résistance de la bobine : 91 ohms

Terme correcteur en Celcius : 5.55

$$Température(Celcius) = \frac{(91 - 90)}{0.36} + 20 + 5.55 = 28.32$$

On ne s'inquiétera pas d'une légère divergence entre la température ainsi obtenue et celle du thermomètre.

Par contre une divergence de plus de 5° C serait le signe d'un défaut de l'appareil ou de son câble.

Toutefois, avant de tirer une conclusion, on voudra bien prendre soin de vérifier que l'écart ne vient pas du mauvais état du cordon raccordant l'appareil au poste de mesure, ou d'un défaut de la prise.

## 4 CÂBLABES

### 4.1 LES CIRCUITS ÉLECTRIQUES

Les capteurs **TELEMAC** à corde vibrante de tous types comportent deux circuits distincts : Écoute et Entretien.

Température : Avec les câbles 4 conducteurs, les mesures de température, influencées par les variations de résistance de la ligne extérieure, sont erratiques.

Un fil de compensation permet d'annuler l'influence de cette ligne. C'est pourquoi les extensomètres sont livrés avec un câble à 5 conducteurs.

### 4.2 LE BLINDAGE

Le toron de fils est recouvert d'une tresse métallique de blindage antiparasite.

Pour éviter la différence de potentiel entre chaque capteur, cette tresse est isolée du capteur lors de la fabrication, mais elle doit être reliée en bout de ligne :

- soit aux retours Ecoute et Entretien (câble nu),
- soit au corps de la prise (câble équipé de prise).

Le câble à blindage unique, qu'il soit à 4 ou 5 conducteurs, n'est valable que pour des longueurs inférieures à 300 mètres.

Le câble à blindage par paire est utilisé pour des longueurs supérieures à 300 mètres afin d'éviter les couplages capacitifs générateurs d'affaiblissement. Chacun des deux circuits Ecoute et Entretien doit être blindé séparément (blindage double). C'est le cas des câbles multiconducteurs de grande longueur.

Ce dernier système est pratiquement valable jusqu'à 1000 m, au-delà, l'affaiblissement devient prépondérant et d'autres phénomènes apparaissent qui limitent l'emploi de ces types de câbles.

Toutefois, il est possible par des moyens particuliers, tels que des amplis individuels, de prolonger considérablement la longueur de ligne

Chaque cas spécifique peut-être étudié par **TELEMAC**.

Spécifications du câble 5C6 :

5 conducteurs.

Ame en fils divisés cuivre étamé (0,22 mm<sup>2</sup>).

Isolement PVC (couleurs différenciées).

Rubannage polyester - Tresse cuivre étamé 15/100è - Recouvrement 70 % - Gainage extérieur PVC. Diamètre extérieur : 6 mm environ.

## 4.3 LES DIFFÉRENTS TYPES DE CONNEXION

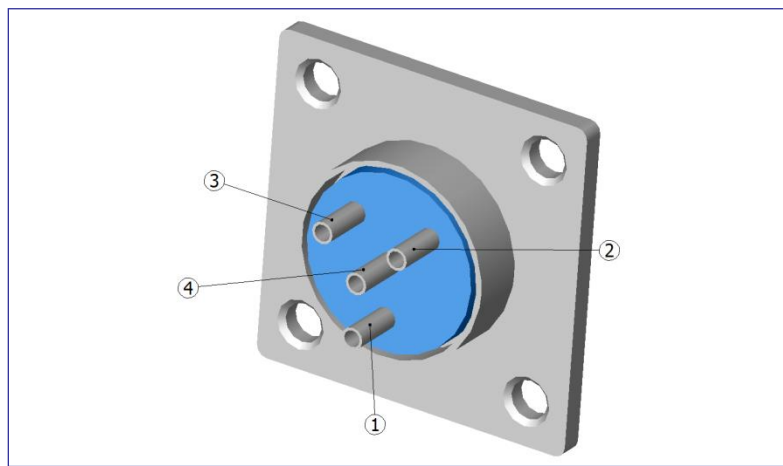
### 4.3.1 CÂBLAGE SUR PRISE.

Lorsque le câble du capteur est sur une prise, la tresse du capteur doit être raccordée au corps de celle-ci. Pour ce type de terminaison, il est conseillé que cela soit fait en usine.

### 4.3.2 SUR UN BOÎTIER À PRISE INDIVIDUELLE (PI).

Le câblage des 5 conducteurs se fait directement sur l'embase, la tresse devra être raccordée au corps de celle-ci (voir schéma).

Couleur des fils	Fonction	N° de broche sur l'embase
Blanc	Ecoute	2
Marron	Entretien	3
Jaune	Compensation	1
Gris	Retour Ecoute	4
Vert	Retour Entretien	



La lecture de l'appareil sur un boîtier PI se fait à l'aide d'un poste PC8 ou PFC-12.

## 5 INSTALLATION

### 5.1 PRINCIPE

1 - Les extensomètres doivent être placés exactement à l'endroit et suivant les directions que prévoient les plans.



2 - L'extensomètre C110 est utilisé en général dans des ouvrages en béton armé, il peut donc être fixé aux armatures.

3 - Toutefois, en l'absence d'armatures, il faut avoir recours à de simples supports en fer à béton;

4 - Dans tous les cas, il faut les fixer assez solidement pour qu'ils ne risquent pas d'être déplacés pendant le bétonnage.

Important : Les attaches et soutiens doivent être conçus de façon à perturber le moins possible le champ des contraintes au voisinage immédiat des appareils.

## **5.2 RÉALISATION (SCHÉMA 2 EN ANNEXE 1)**

1 - Passer du fil de fer dans les trous des flasques un côté après l'autre;

2 - Fixer ces ligatures, soit aux barres de ferrailage, soit à des traverses jetées entre les armatures.

3 - Bloquer les attaches sur un côté et parfaire l'alignement par l'autre côté.

**Toute traction d'attache doit être parfaitement perpendiculaire à l'axe de l'extensomètre.**

4 - Dans le cas d'absence d'armatures, les montages seront de préférence réalisés en ateliers, mis en place par scellements à l'emplacement prévu, haubanés après fixation des extensomètres, afin d'éviter le renversement sous la pression du béton.

## **5.3 CÂBLAGE**

Les extensomètres doivent être orientés de façon telle que les câbles n'apportent pas de perturbations :

1 - Ils ne doivent pas modifier le champ des contraintes en passant trop près des autres instruments.

2 - Ils ne doivent pas gêner la mise en place du béton, ni compliquer le coffrage pour leur sortie.

3 - Ils ne doivent pas créer de point faible, s'ils sont positionnés trop près de la surface du béton.

En tenant compte des principes ci-dessus, chaque chantier pourra adopter les dispositions de détail qu'il estimera convenir le mieux à son cas particulier.

## **6 QUELQUES CONSIDERATIONS THEORIQUES SUR L'EFFET DES VARIATIONS THERMIQUES.**

La prise en compte des effets thermiques pour la détermination des contraintes dues uniquement aux efforts appliqués sur la structure est un problème complexe dépendant de trop de paramètres pour que cette note puisse prétendre

traiter le problème de manière exhaustive et directement applicable à tous les ouvrages. En tout état de cause, cette interprétation reste l'affaire des spécialistes.

Lorsque l'extensomètre est inclus dans la masse du béton, il faut prendre en considération la dilatation différentielle entre le béton et l'acier. On admet généralement que pour du béton à agrégats calcaires et du béton à agrégats silicieux, le coefficient de dilatation thermique  $b$  est compris entre :

$8 \times 10^{-6} \text{ m/}^\circ\text{C}$  et  $13 \times 10^{-6} \text{ m/}^\circ\text{C}$

L'acier de l'extensomètre a un coefficient théorique  $a$  égal à :

$11,5 \times 10^{-6} \text{ m/}^\circ\text{C}$

La correction des mesures est d'autant plus nécessaire que les coefficients de dilatation linéaire  $a$  et  $b$  sont différents.

La température de la corde est supposée égale à la température locale du béton qui entoure l'extensomètre.

Cette hypothèse peut être considérée comme remplie, car l'équilibre de température avec le massif s'établit rapidement en raison de la bonne conductibilité thermique de la corde, de sa faible capacité calorifique et d'autant mieux que les variations sont progressives.

## 6.1 EFFET DES VARIATIONS THERMIQUES DU BÉTON :

Dans la plupart des cas, le béton ne se déforme pas librement car l'ouvrage n'est pas isostatique.

Les variations de température induisent donc à la fois des variations de déformation et des contraintes internes.

L'extensomètre mesure alors des variations de déformation apparentes  $dL/L$  correspondant à la variation globale des contraintes.

On a  $dL/L = dL/L (n) + dL/L (T)$

où  $dL/L (n)$  est la variation de déformation due à la variation des contraintes mécaniques.

et  $dL/L (T) = (a-b) dT$  est la variation de déformation représentative de la variation de contrainte engendrée par la variation de température  $dT$ . Il faut noter que  $dL/L (T)$  ne présente pas la déformation réelle du béton sous l'effet de la température, mais une variation fictive correspondant à la variation réelle des contraintes.

En effet par exemple :

Supposons  $a = b$  et une poutre libre de se déplacer sous l'effet d'une augmentation de la température : corde et béton s'allongent de la même valeur et la lecture de fréquence ne varie pas. Il y a allongement de la poutre (non mesurable) mais il n'y a pas de contrainte.

Dans le cas inverse où la poutre ne peut s'allonger, la corde va se dilater et la lecture en fréquence baissera. Le  $dL/L$  qui sera déduit de la variation de fréquence sera représentatif de la contrainte engendrée par l'augmentation de température et non du déplacement (qui est nul dans ce cas).

Dans la réalité on connaît mal le coefficient de dilatation du béton d'un ouvrage. De plus sa valeur semble varier avec les saisons ce qui peut s'expliquer par des déformations parasites dues aux échanges hygrométriques avec l'atmosphère.

La prise en compte des déformations dues aux variations de température d'un ouvrage est, en général, difficile. Ceci explique que lorsque cela est possible, il est souhaitable d'effectuer les mesures à une période où les variations thermiques et les gradients sont minimaux (ceci se produit souvent en fin de nuit).

Il faut donc disposer de plusieurs mois de mesures pour pouvoir entreprendre des corrections de dilatation thermique, et ce quelle que soit la méthode employée (mesure de la dilatation générale de l'ouvrage ou mesures extensométriques locales).

Il faut encore noter que les  $dL/L (n)$  obtenus après corrections des effets thermiques, prennent en compte les effets du retrait du fluage...

Un bon moyen d'évaluer ces phénomènes est de placer un capteur de même type dans un bloc isolé des contraintes mais subissant entre autres, les gradients de température. Cet extensomètre donne directement une valeur approchée de

l'ensemble des facteurs d'influence autres que les contraintes nées des efforts appliqués à la structure.

Les dimensions conseillées pour la réalisation du bloc correcteur sont indiquées sur la figure 3 en annexe 1.

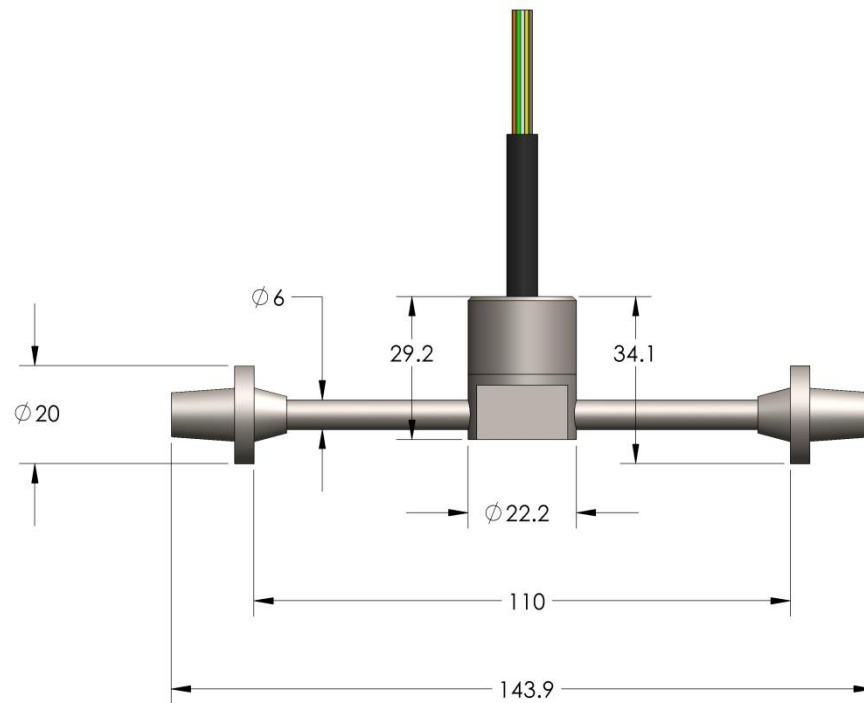
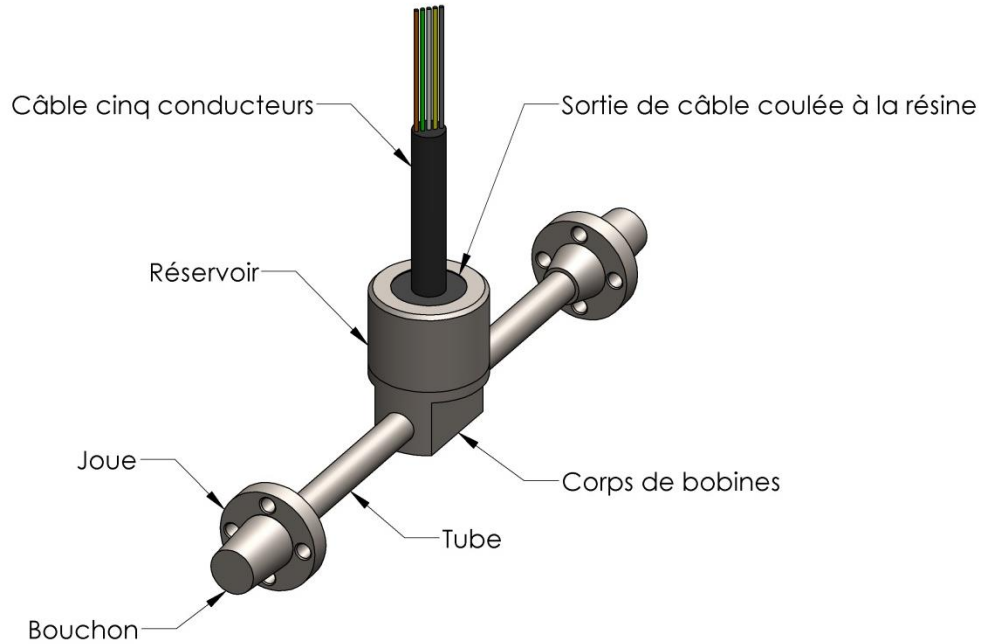
L'intérêt de ce bloc est qu'il soit placé au coeur du massif et qu'il soit rempli en même temps que la levée dans laquelle il est incorporé car découplé mécaniquement des efforts par la couche compressible sur 5 faces, il subira les variations de température du massif et les retraits de masse du béton (combinaison retrait-température), sans subir les effets des variations des efforts appliqués à la structure.

La figure 3 en annexe 1 montre l'accrochage de l'extensomètre dans la boîte. Il faut prendre soin de ne pas mettre en tension les fils de ligature.

Un soin particulier doit être apporté au bétonnage autour de l'extensomètre, de façon à ce que le béton de remplissage soit représentatif du béton enrobant les autres extensomètres.

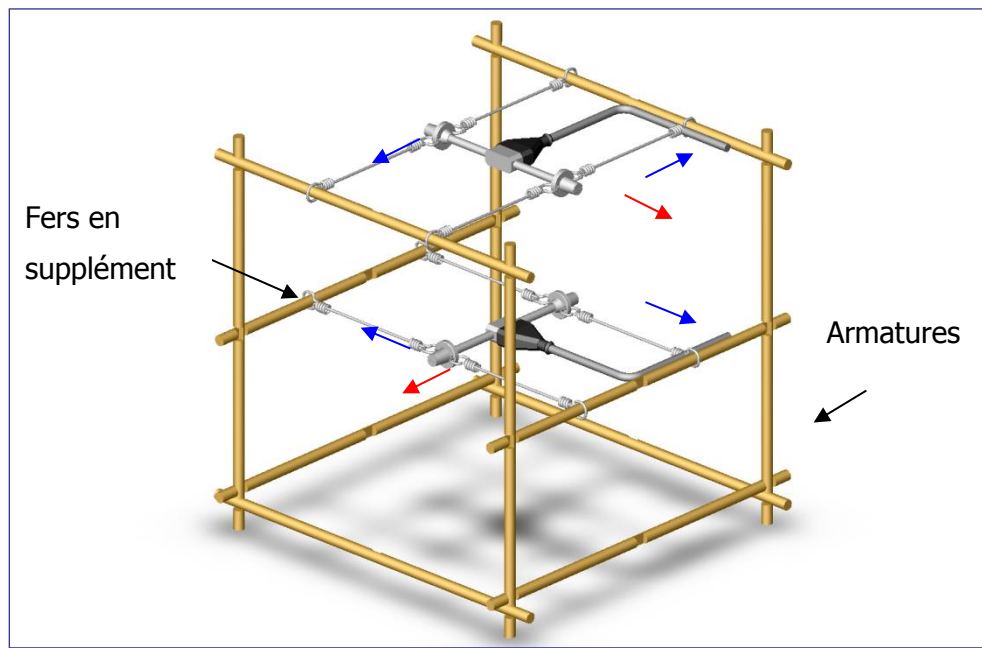
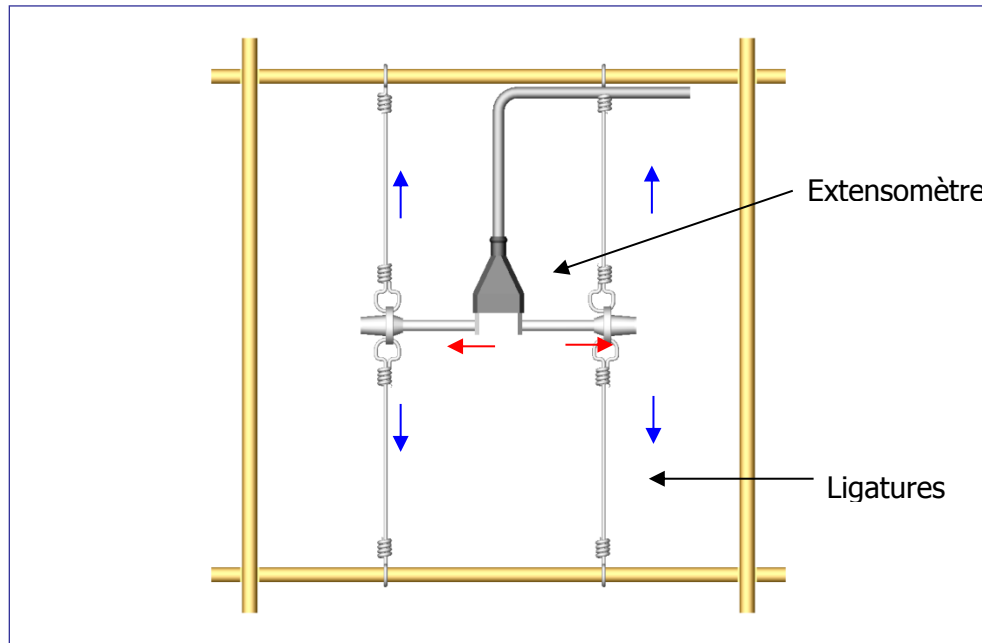
## 7 ANNEXE 1

### Schéma 1 : Extensomètres type C – Encombrement appareils



## Schéma 2 : Extensomètres type C – Dispositifs d'implantation

### Fixation



Ces deux premiers schémas montrent comment fixer les extensomètres de type « C » dans un ferrailage existant.

Montage spécial, à sceller en l'absence de ferrailage, permettant une mesure suivant un axe.

### *Implantation sur montage spécial*

