



## **RAPPORT PRELIMINAIRE RELATIF AU SUIVI DES MOUVEMENTS DE L'OUVRAGE**

### **BATIMENTS U1 & U2 Analyse des données de campagne de mesures**

## Sommaire

### RAPPEL DU CONTEXTE

### SYNTHESE DES RESULTATS DES MESURES ENREGISTREES

2.1.	Suivi localise des deformations de l'ouvrage.....	4
2.2.	Analyse des mesures ci-dessus.....	28

### DISPOSITIFS DE SUIVI COMPLEMENTAIRES

3.1.	Suivi global des deformations de l'ouvrage.....	40
3.2.	Implantation des dispositifs de suivi global de l'ouvrage.....	41
3.3.	Suivi global de l'UNITE 1.....	42
3.4.	Suivi global de l'UNITE 2.....	60

### CONCLUSION

# 1. RAPPEL DU CONTEXTE

Suite aux désordres observés il a été décidé l'évacuation des locaux des Unités U1 et U2.

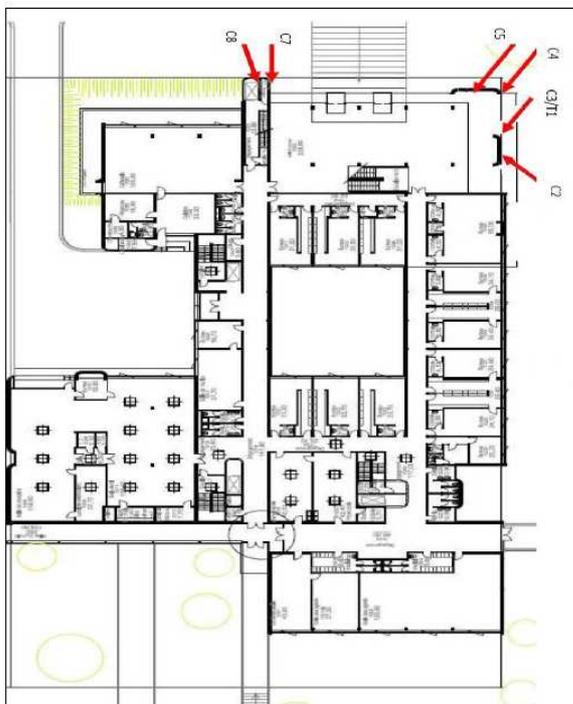
Afin de pouvoir suivre de l'extérieur l'évolution de l'ouvrage en vu de pouvoir pénétrer dans certains locaux du RDC et du niveau -1 il a été décidé avec l'OPPIC et avec la collaboration de Khephren Ingénierie et de Ginger CEBTP un suivi fin par cordes optiques (capteurs de déformation d'une résolution de l'ordre du micromètre) comprenant un système d'alarme.

Le système de suivi comprend :

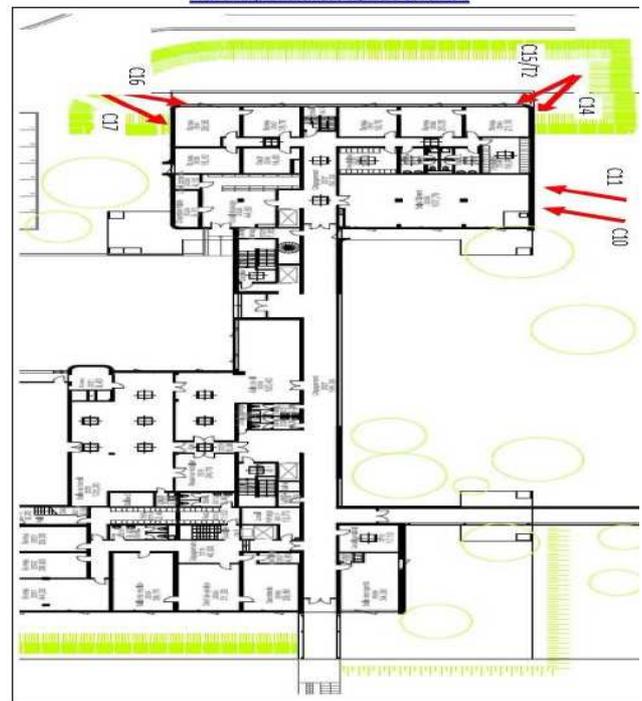
- 12 capteurs type cordes optiques base longue de 2m
- 2 centrales d'acquisition équipée d'une carte de connexion à distance (1 pour chaque bâtiment U1 et U2)
- Une plateforme internet pour la consultation en temps réel des mesures.

Les 12 cordes optiques sont réparties par groupe de 2 selon la disposition ci-après :

Plan 2 : Implantation des capteurs de l'unité 1



Plan 3 : Implantation des capteurs de l'unité 2



L'ensemble des matériels a été implanté sur site entre le 16 et le 20 Juin 2014, l'instrumentation étant composé de :

- 12 cordes optiques afin de vérifier les déformations des éléments,
- 2 centrales d'acquisition (une par bâtiment) permettant l'enregistrement des mesures,
- 2 capteurs de température permettant de prendre en compte la dérive due à la température.

A noter qu'à la date de la rédaction du 1<sup>er</sup> rapport préliminaire la corde N°17 était inopérante et que celle-ci est désormais active depuis le réparée le mardi 22 juillet 2014

La transmission des données à distance est également opérationnelle et permet un suivi à distance.

## 2. SYNTHÈSE DES RESULTATS DES MESURES ENREGISTRÉES

### 2.1. SUIVI LOCALISÉ DES DÉFORMATIONS DE L'OUVRAGE

---

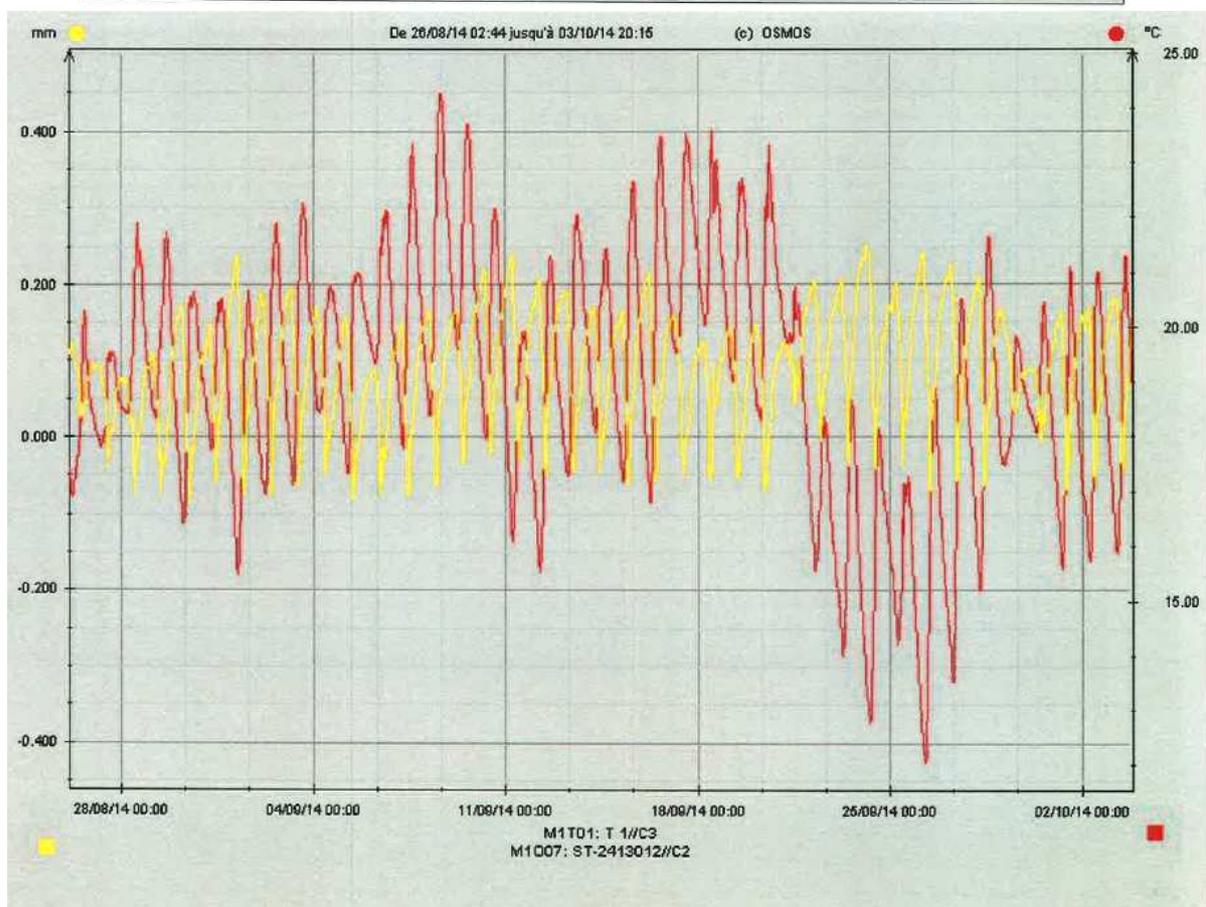
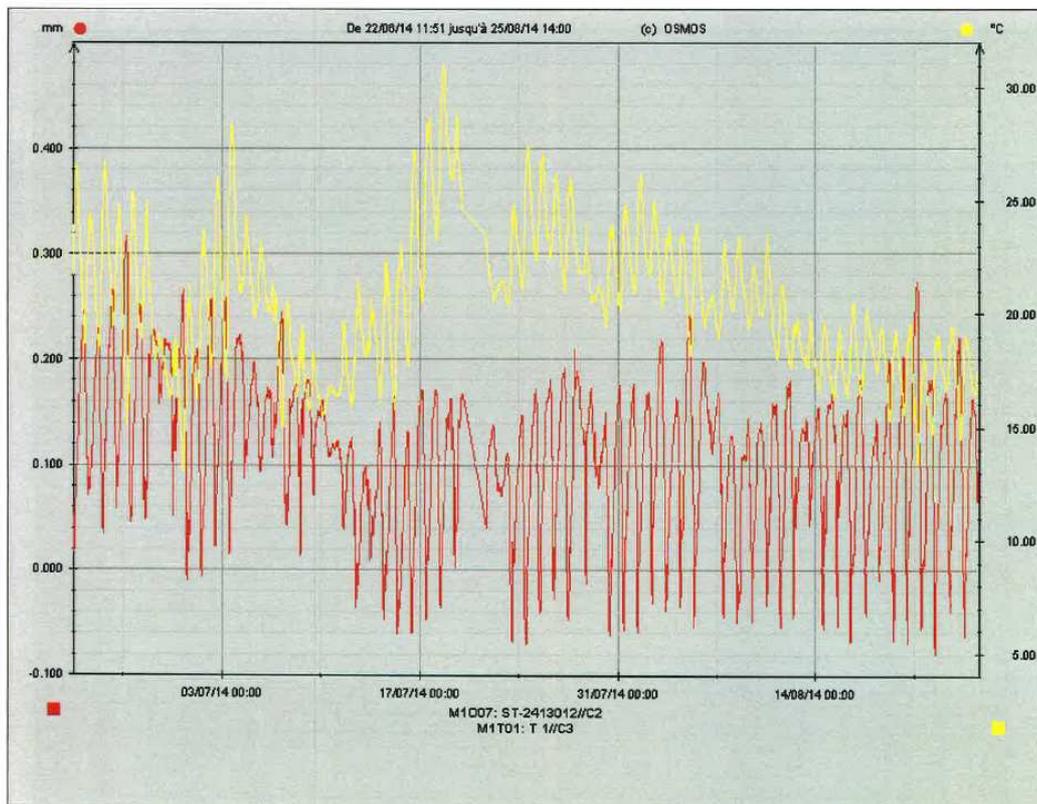
La compilation des mesures établie par le CEBTP a pour but de permettre de quantifier l'activité des structures et de sa déformation au droit des cordes.

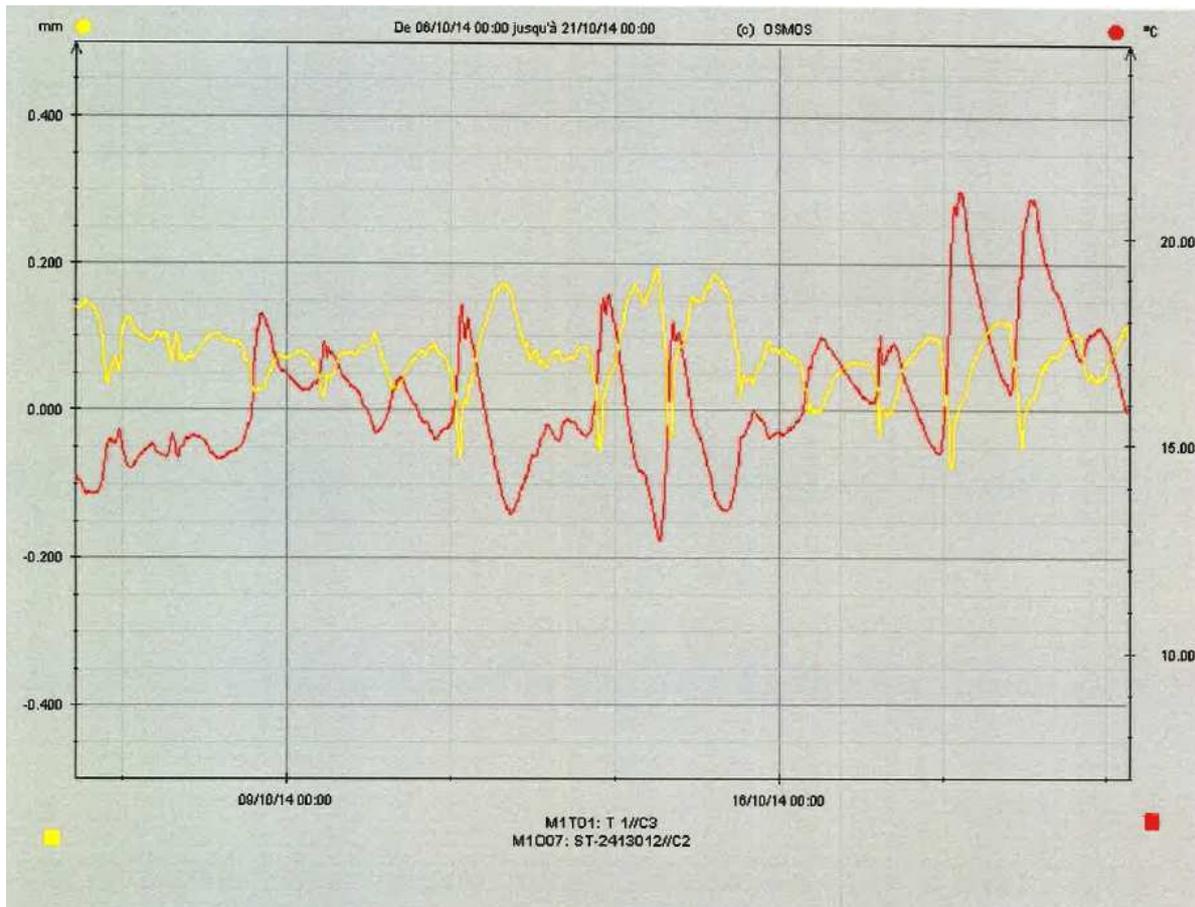
Le CEBTP a remis un 1<sup>er</sup> rapport qui présente les mesures de déformations enregistrées par cordes optiques lors de la première semaine d'exploitation, du 20 au 27 Juin 2014 et qui a été suivi de graphiques complémentaires couvrant la période allant du 28 Juin 2014 au 28 Aout 2014 ensuite au 03 Octobre 2014 et 16 octobre 2014.

Ce 3eme rapport traite des dernières mesures établies jusqu'au 16 Octobre 2014.

### 2.1.1. Unité 1

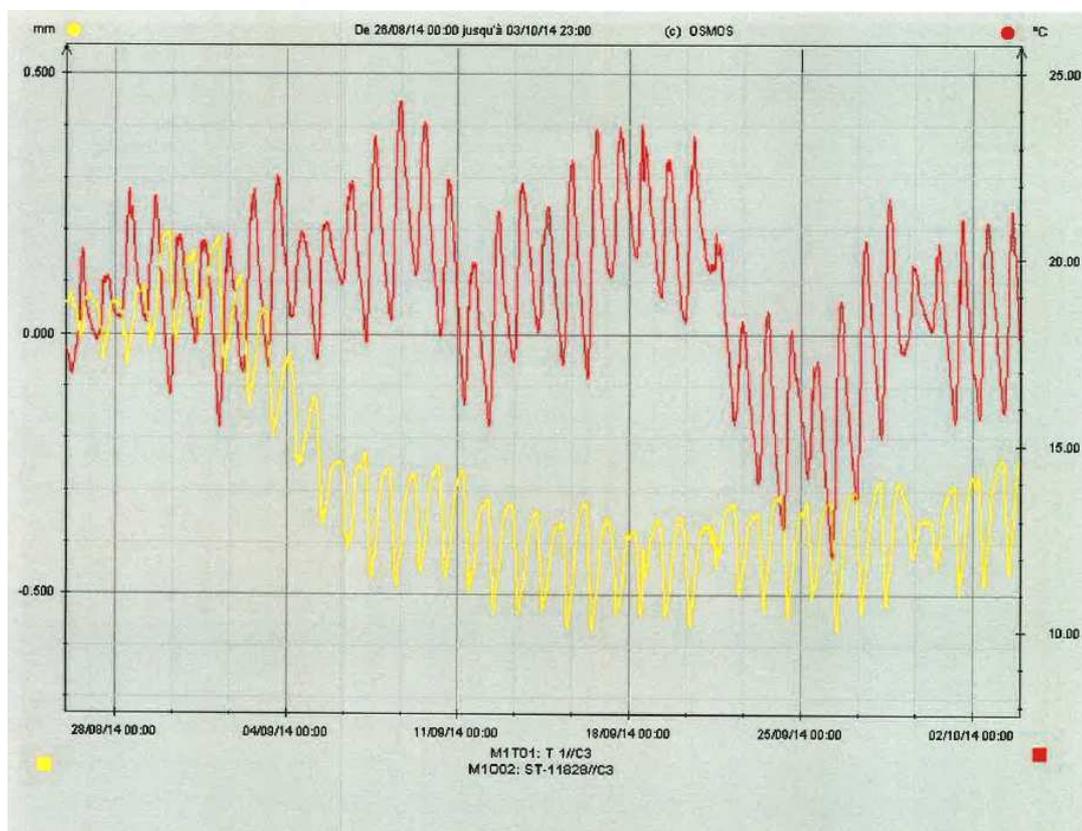
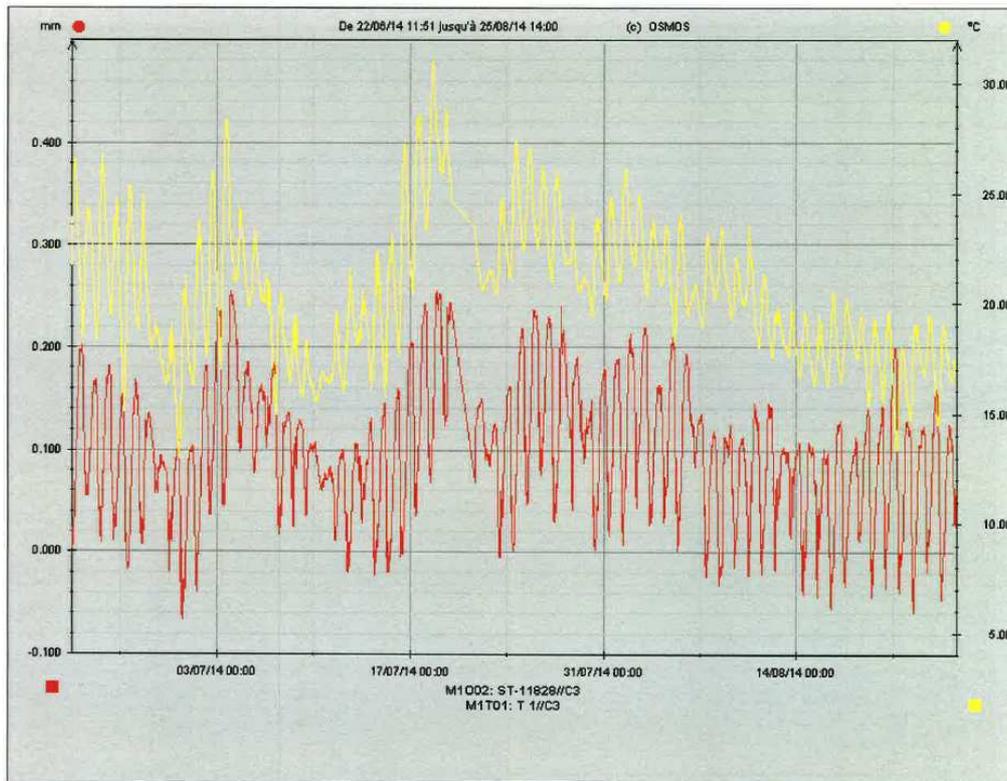
#### Corde 2



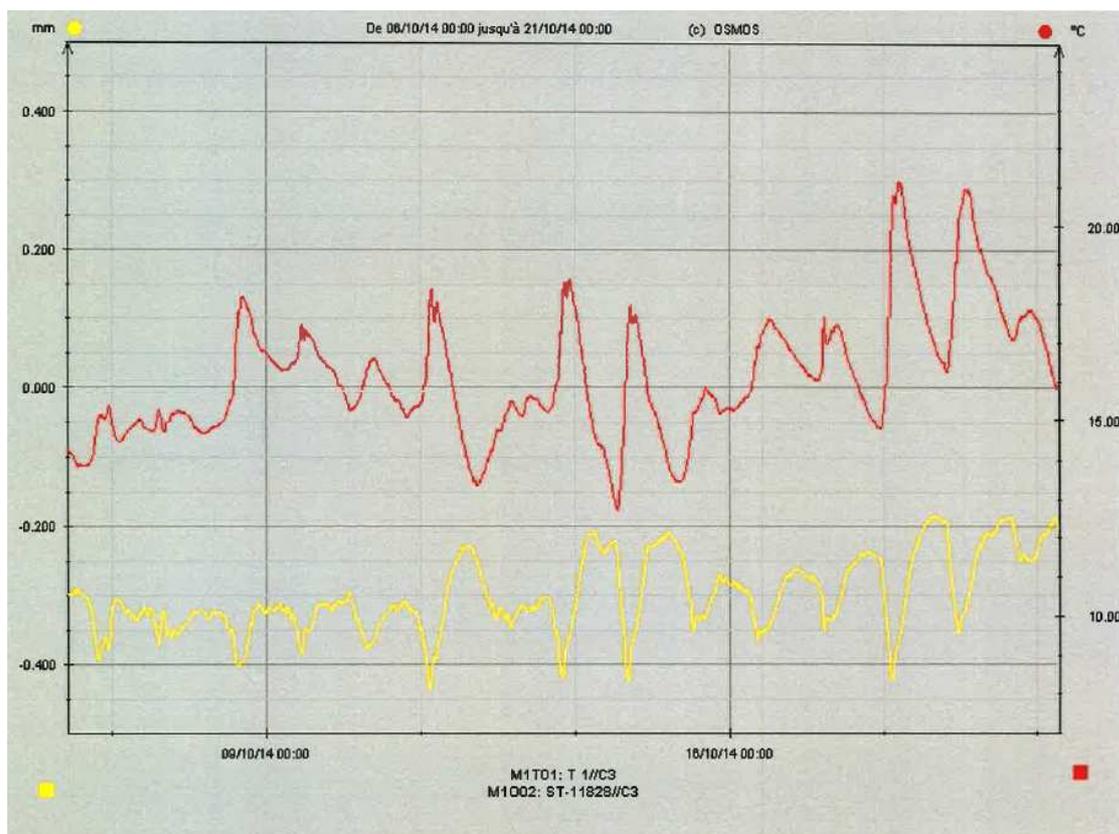


**Le fuseau des déformations des cordes optiques est compris entre -0.10mm et +0.30 mm durant plus de 90 jours**

**Corde 3**



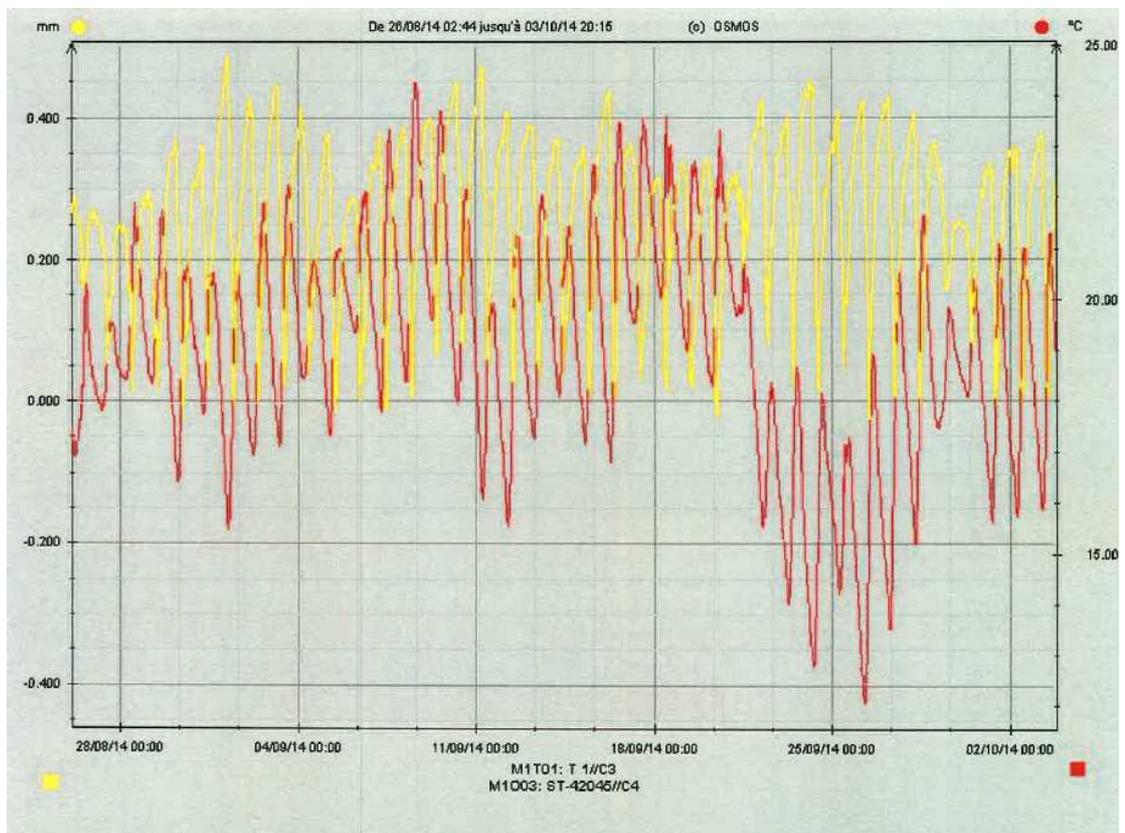
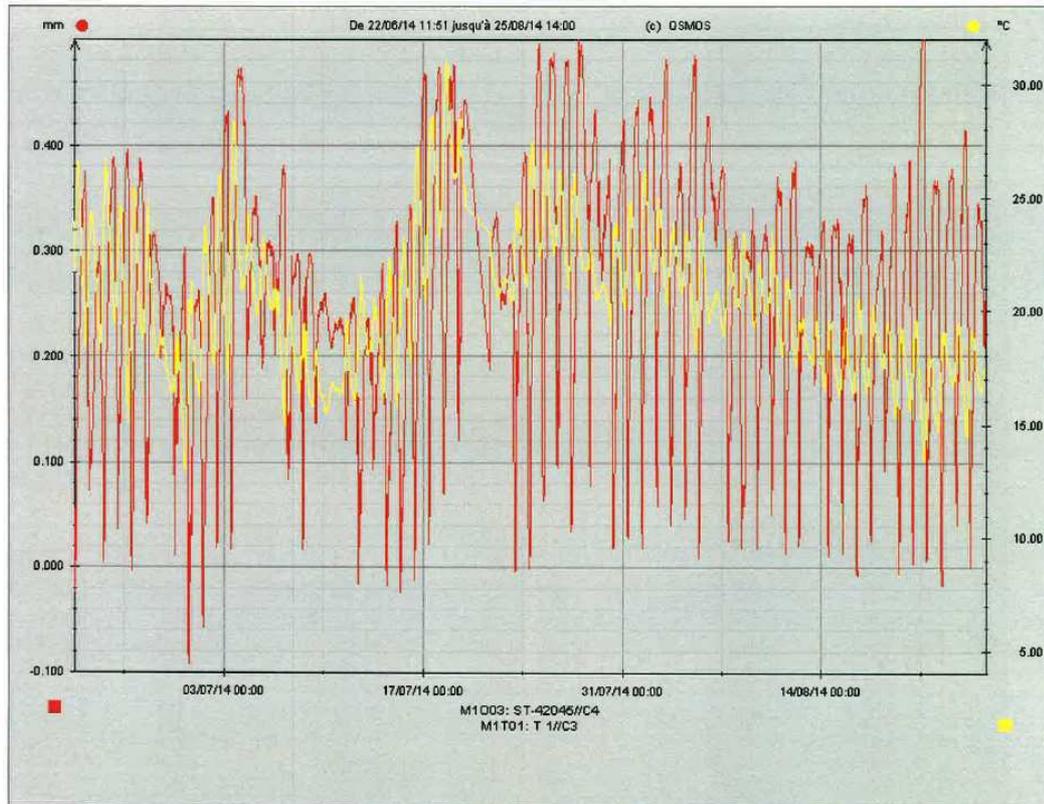
**NOTA : il y'aurait une anomalie de mesure entre le 04 septembre et le 04 octobre : A VERIFIER.**

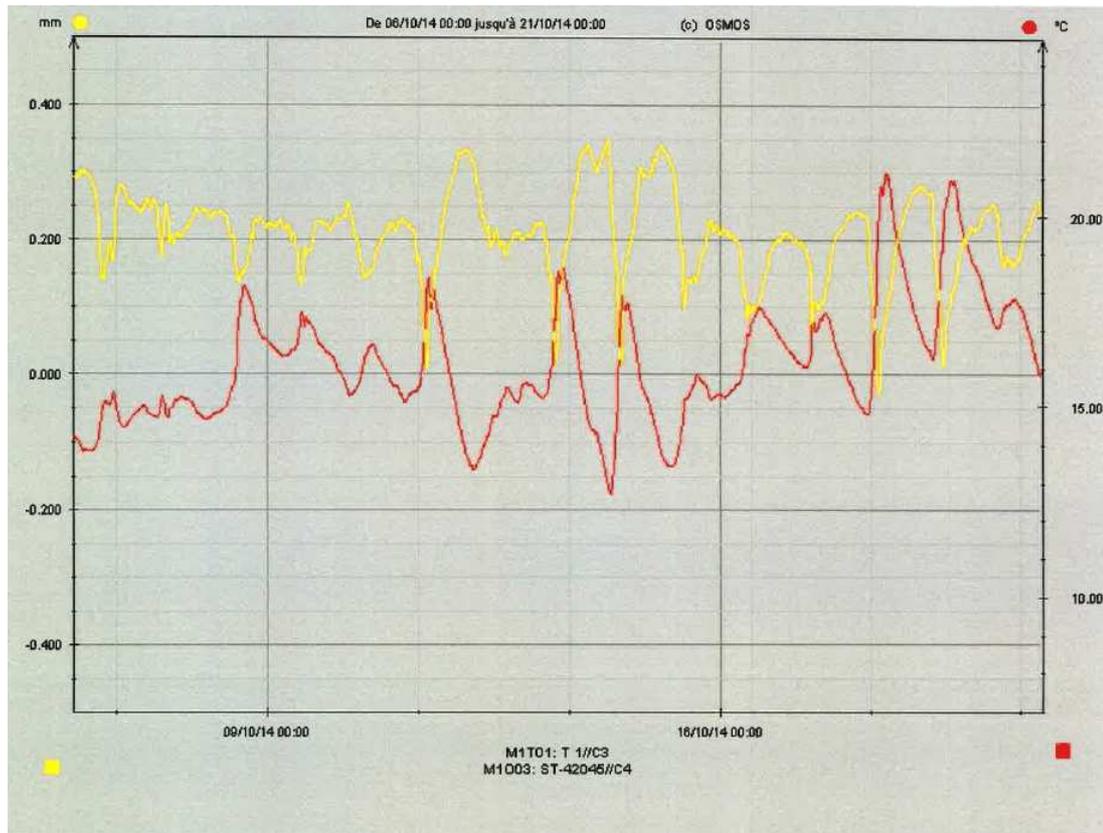


**Le fuseau des déformations des cordes optiques est compris entre -0.55mm et +0.25 mm durant plus de 90 jours**

**Il y'a une de fortes déformations à partir du 04 octobre : A VERIFIER.**

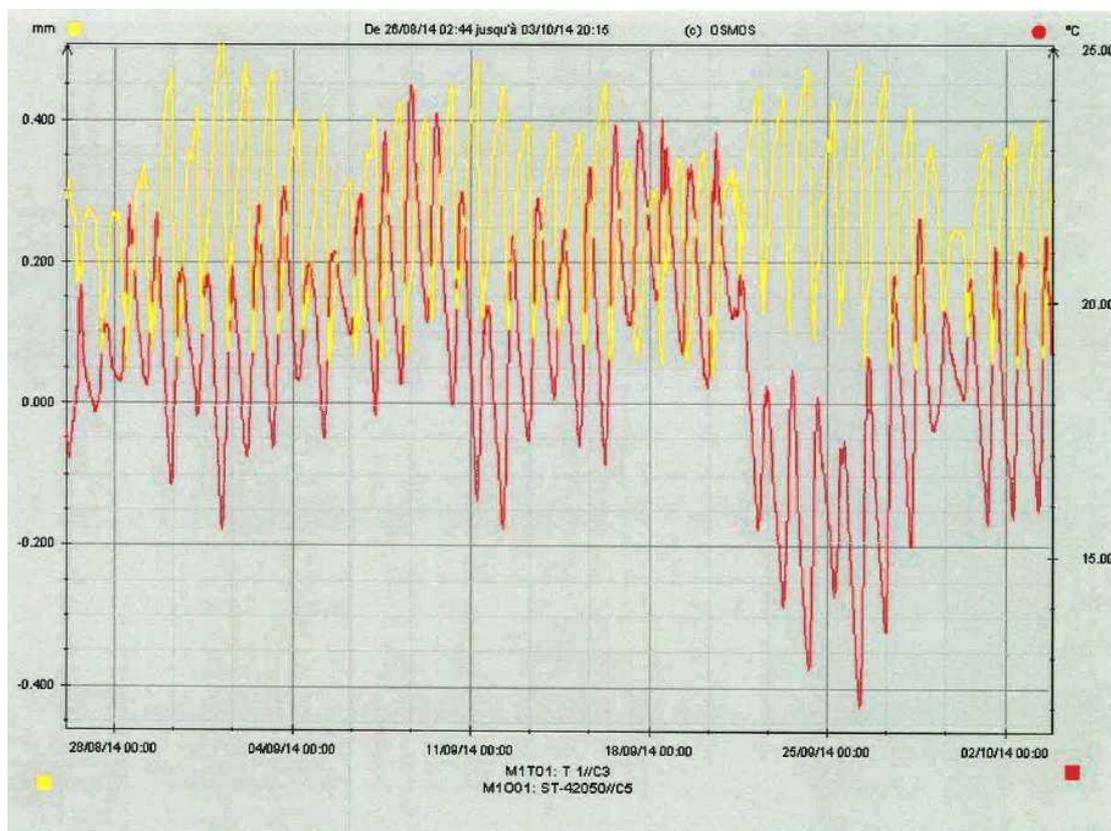
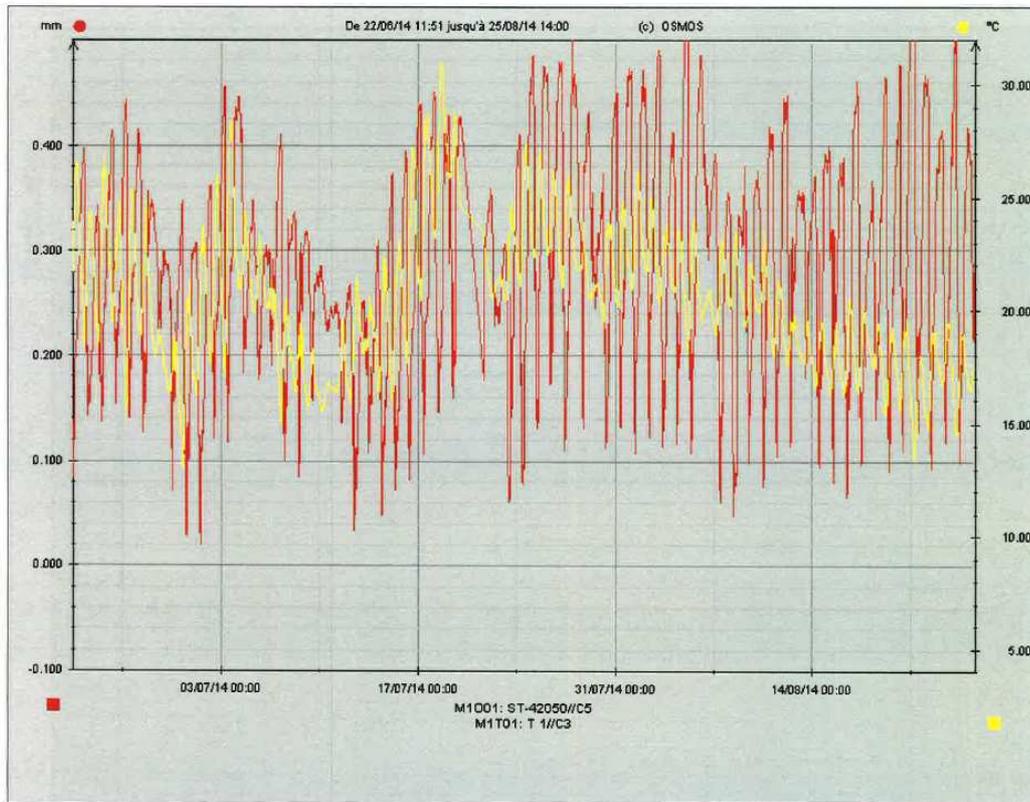
**Corde 4**

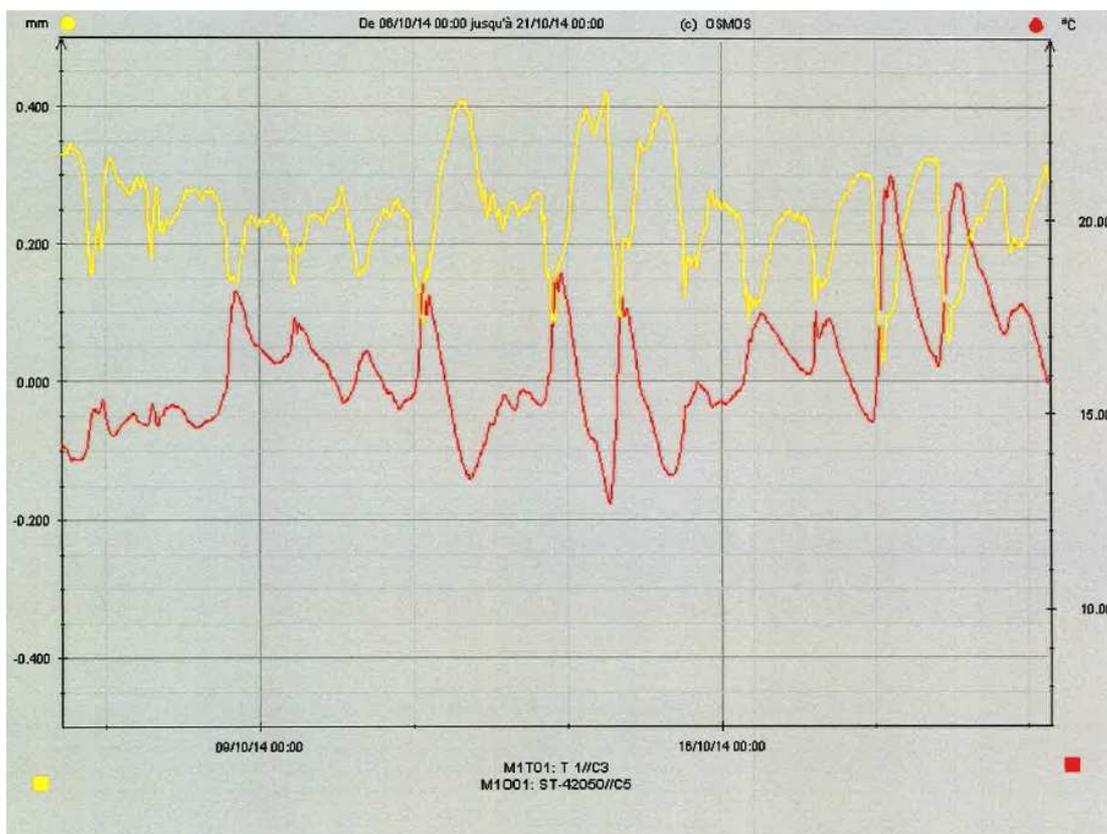




**Le fuseau des déformations des cordes optiques est compris entre -0.10 mm et +0.50 mm durant plus de 90 jours**

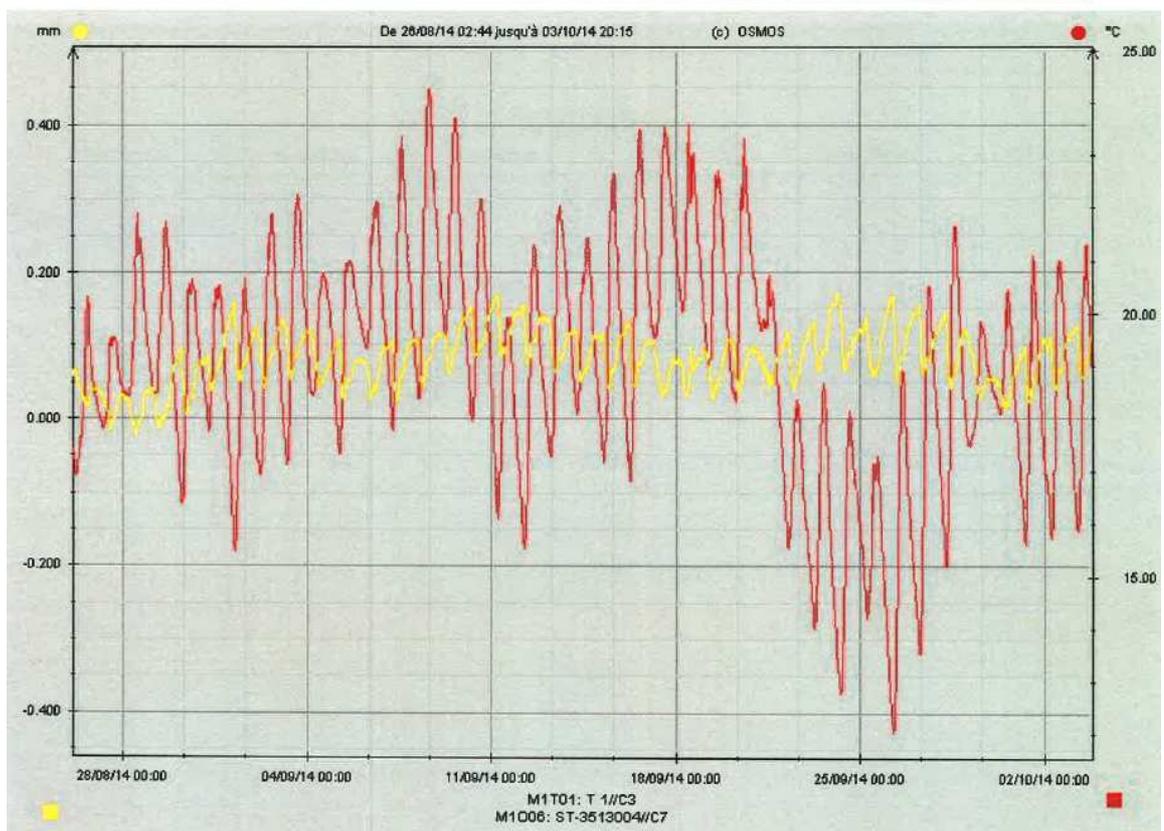
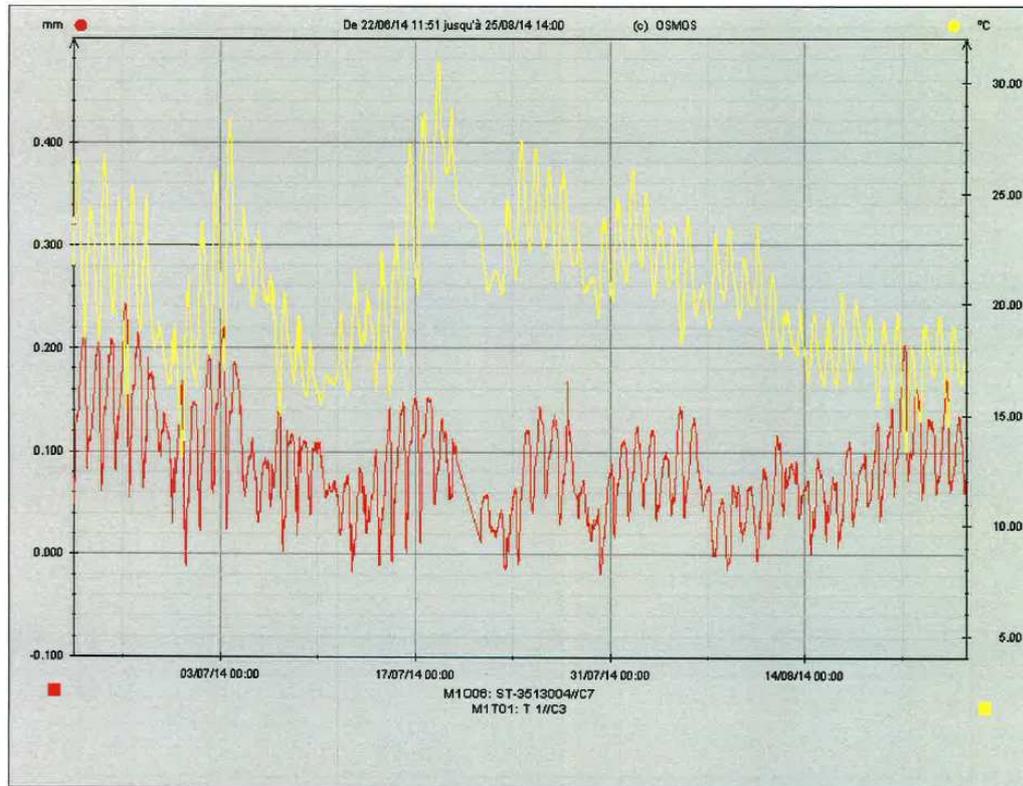
**Corde 5**

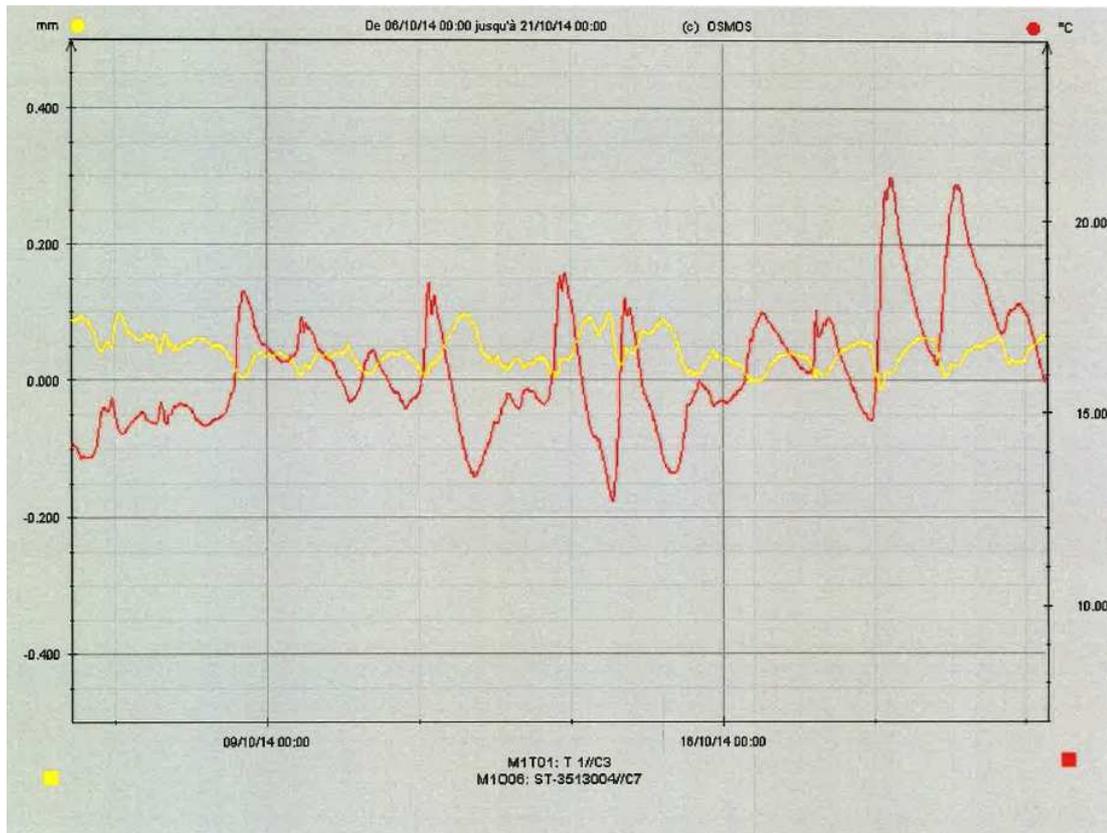




**Le fuseau des déformations des cordes optiques est compris entre +0.05 mm et +0.50 mm durant plus de 90 jours**

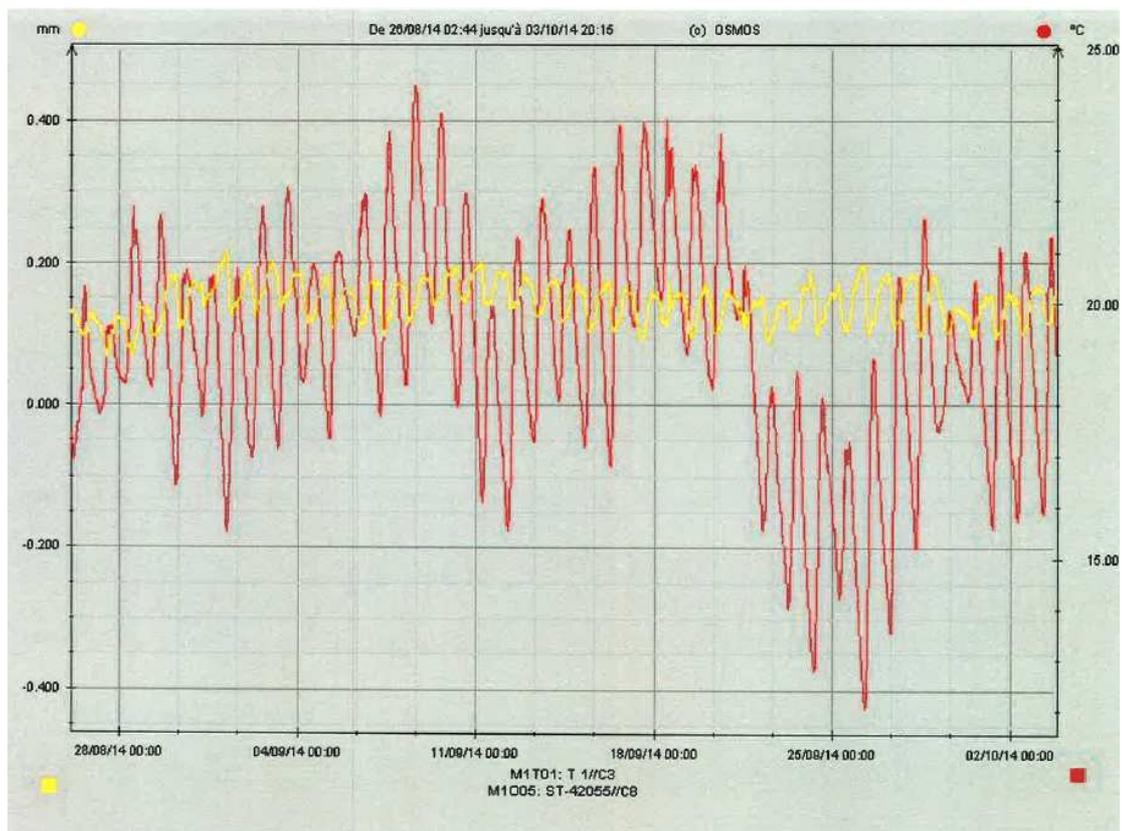
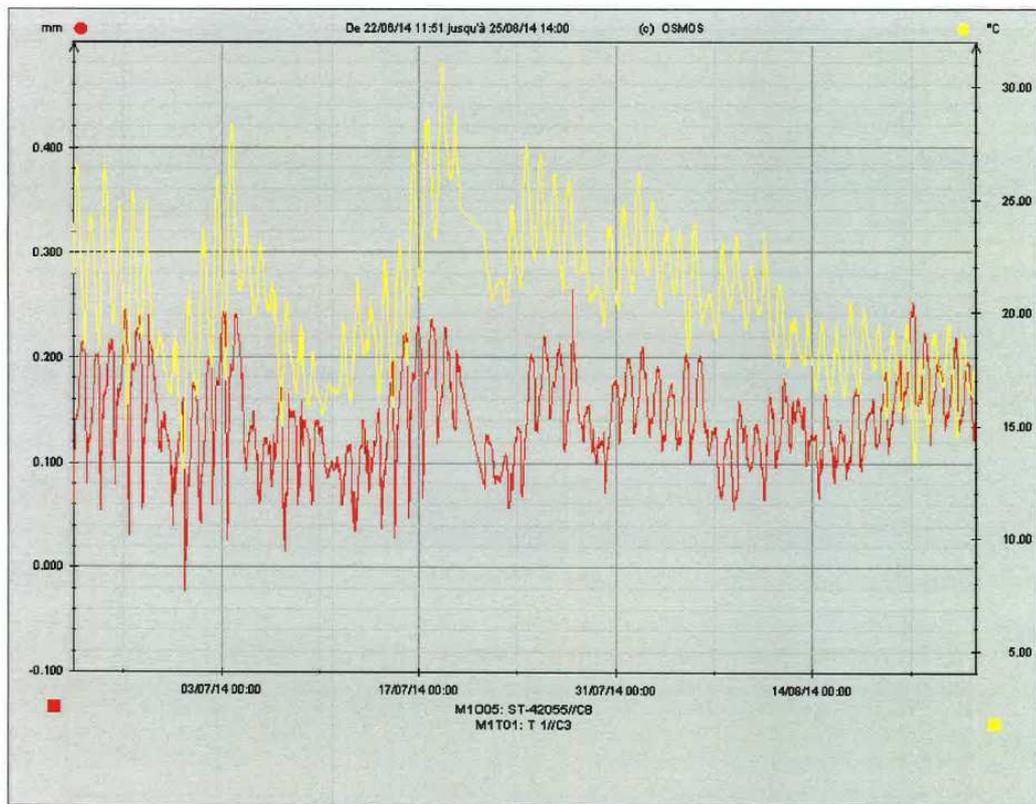
Corde 7

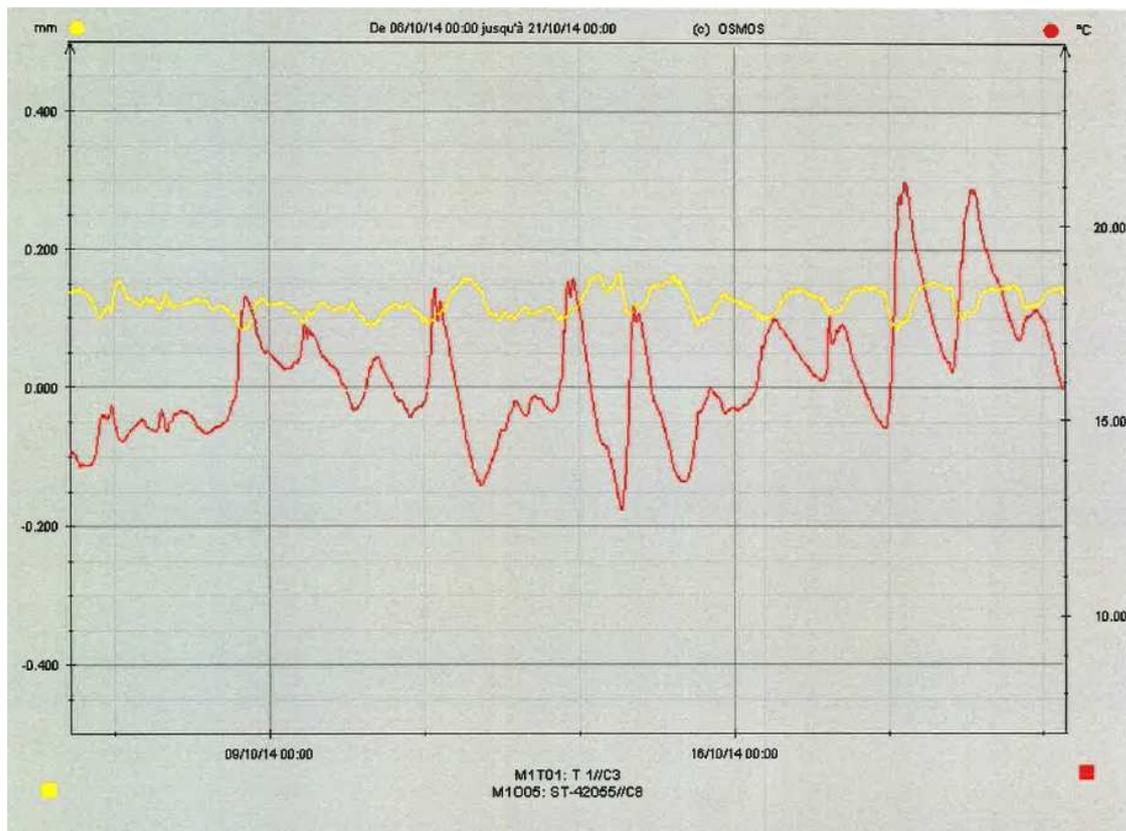




**Le fuseau des déformations des cordes optiques est compris entre +0.0 mm et +0.25 mm durant plus de 90 jours**

**Corde 8**

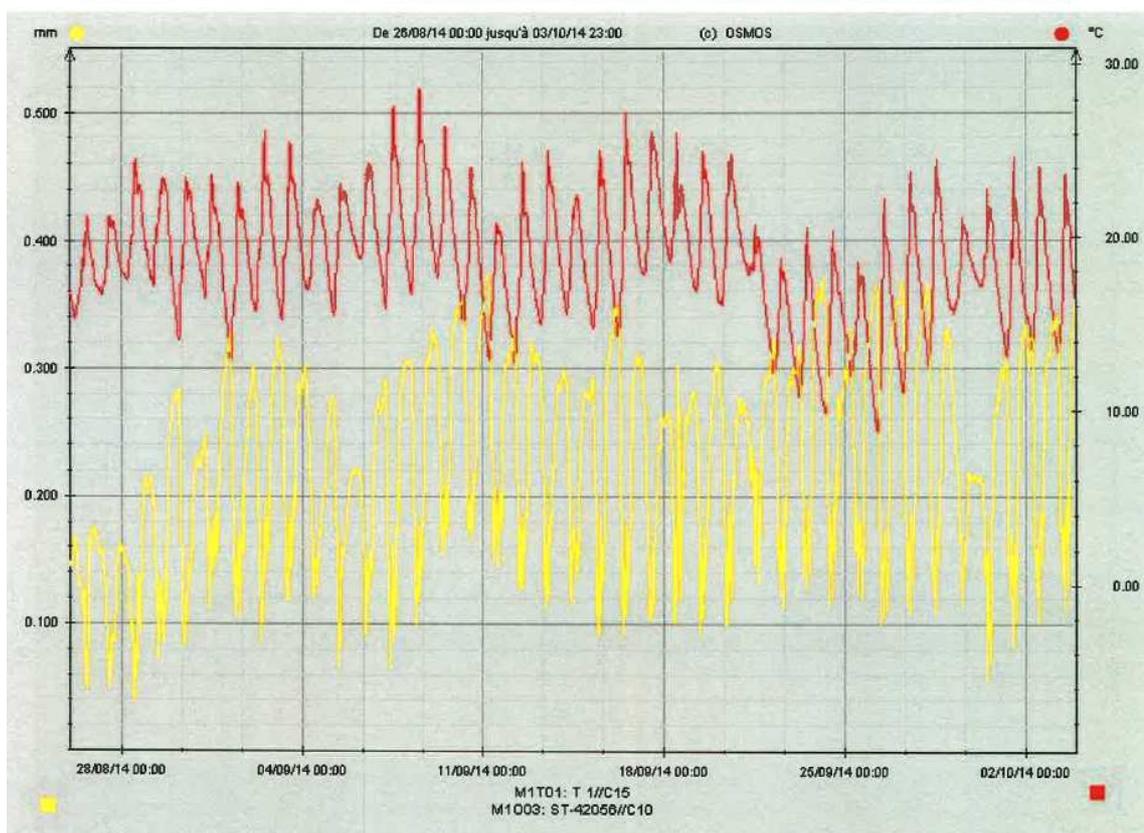
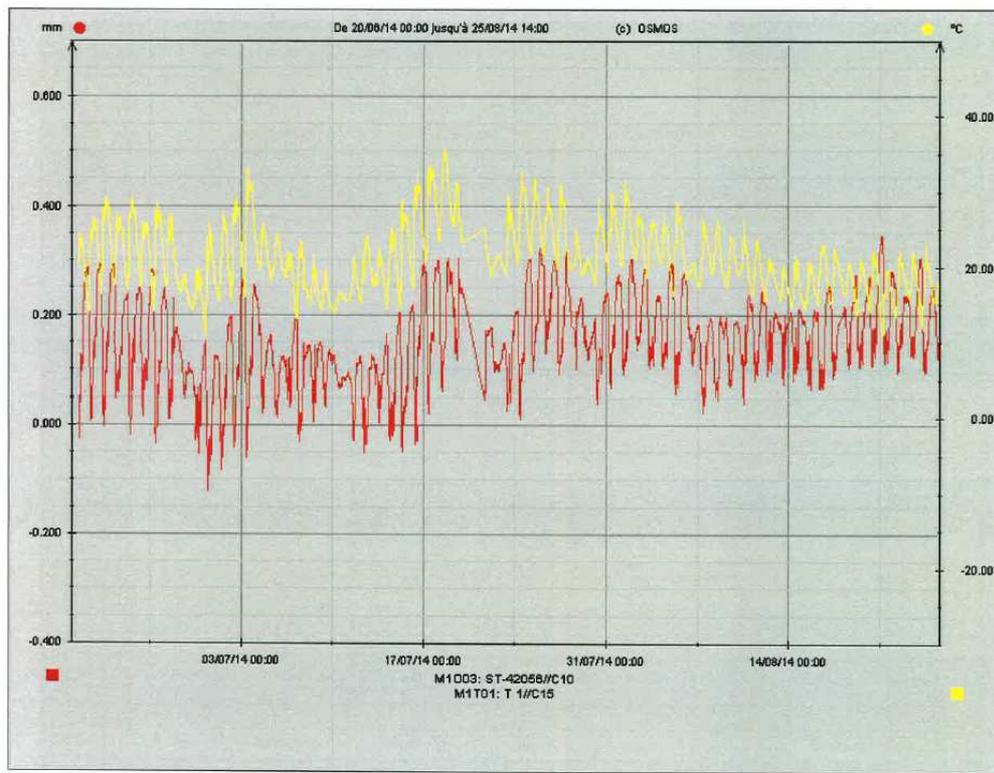


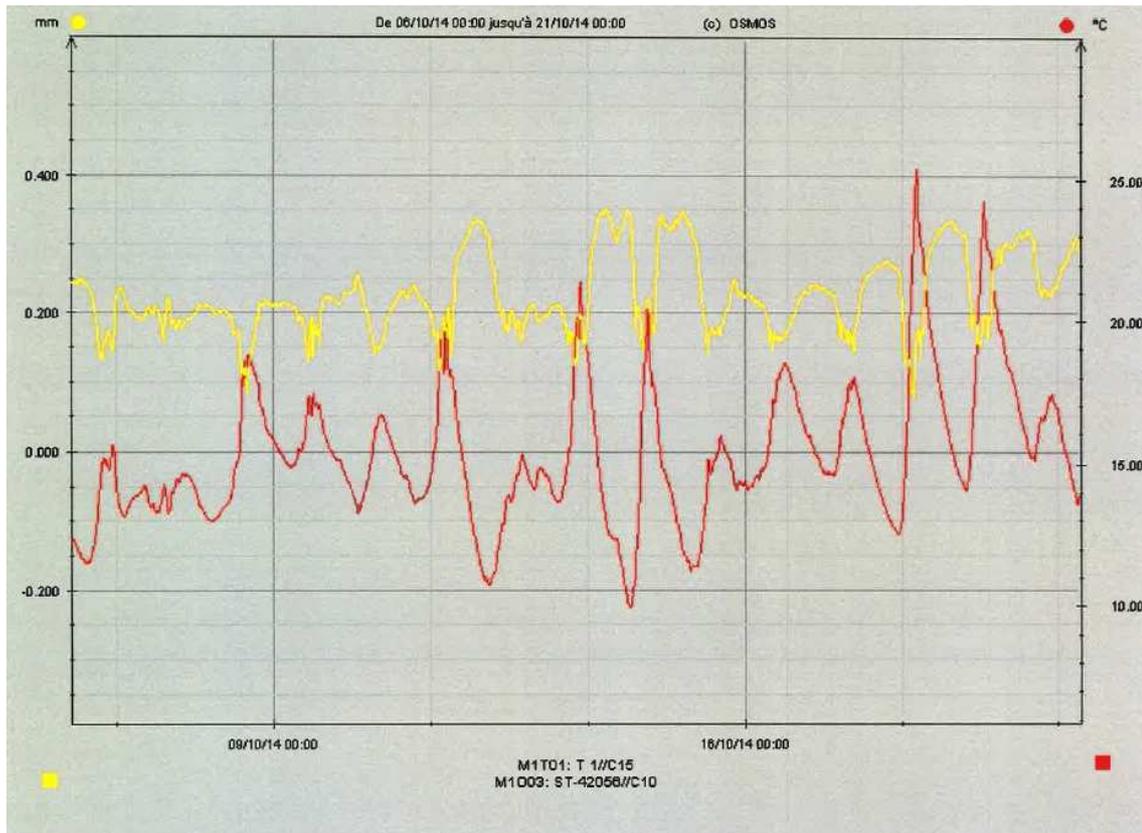


**Le fuseau des déformations des cordes optiques est compris entre +0.05 mm et +0.25 mm durant plus de 90 jours**

### 2.1.2. Unité 2

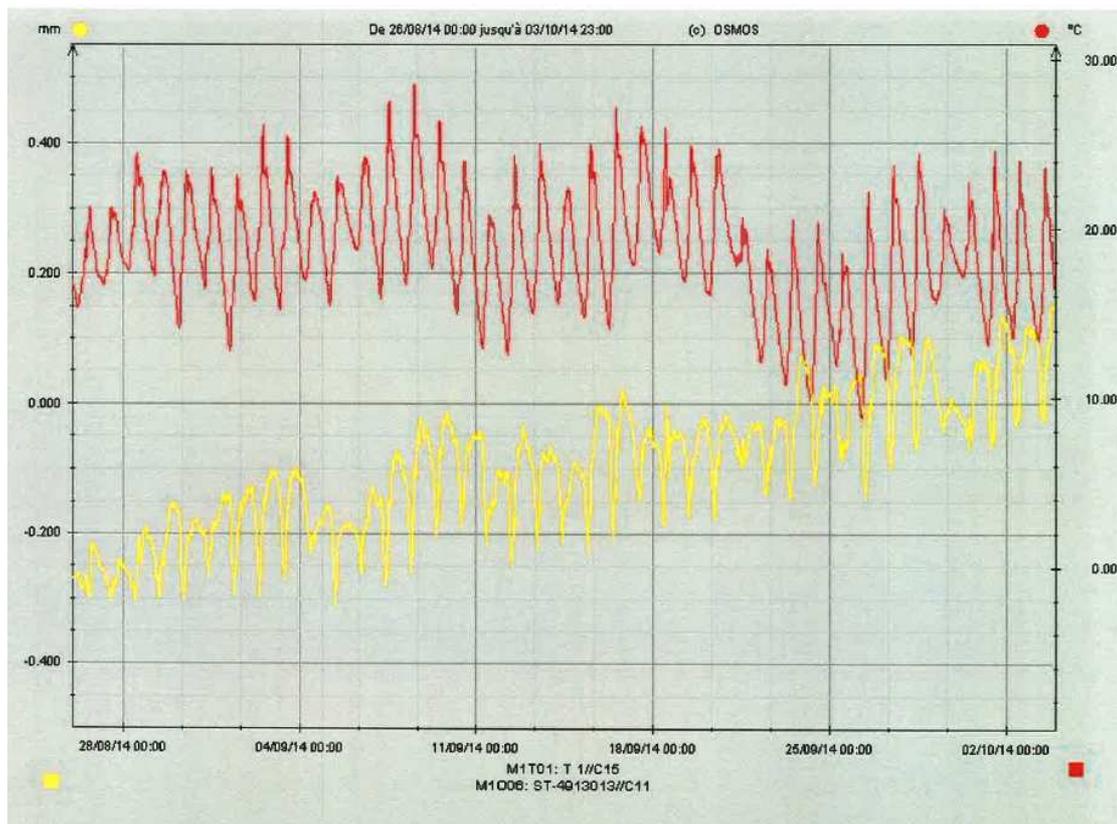
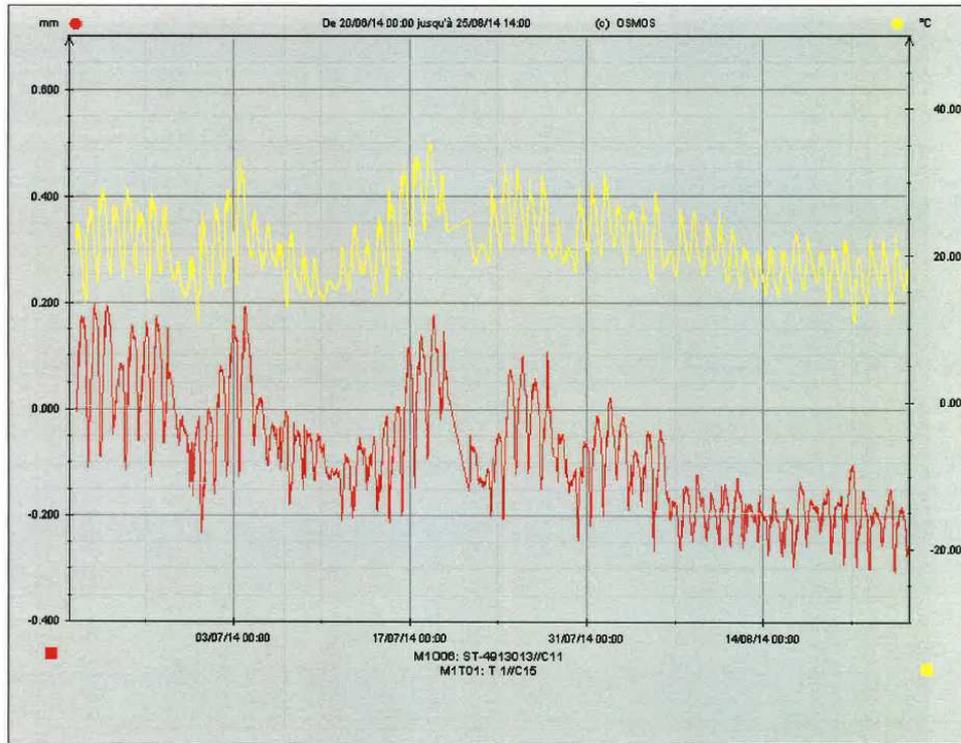
#### Corde 10

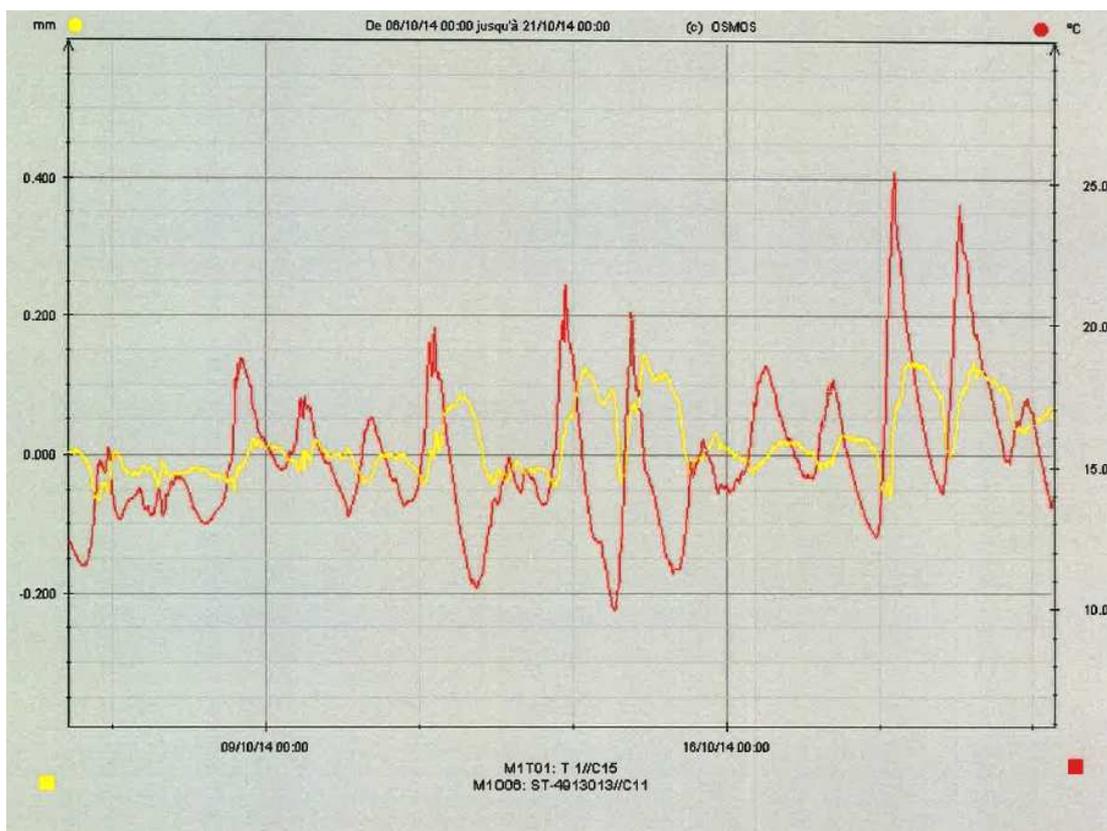




**Le fuseau des déformations des cordes optiques est compris entre +0.05 mm et +0.35 mm durant plus de 90 jours**

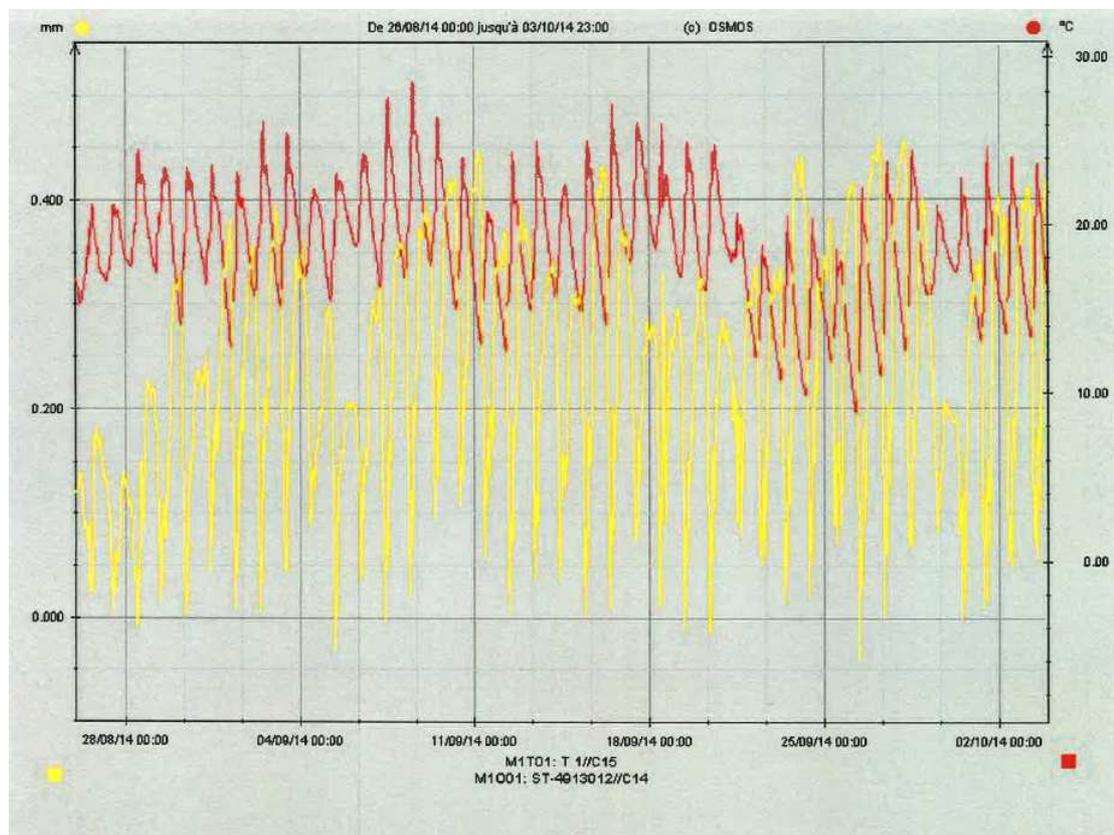
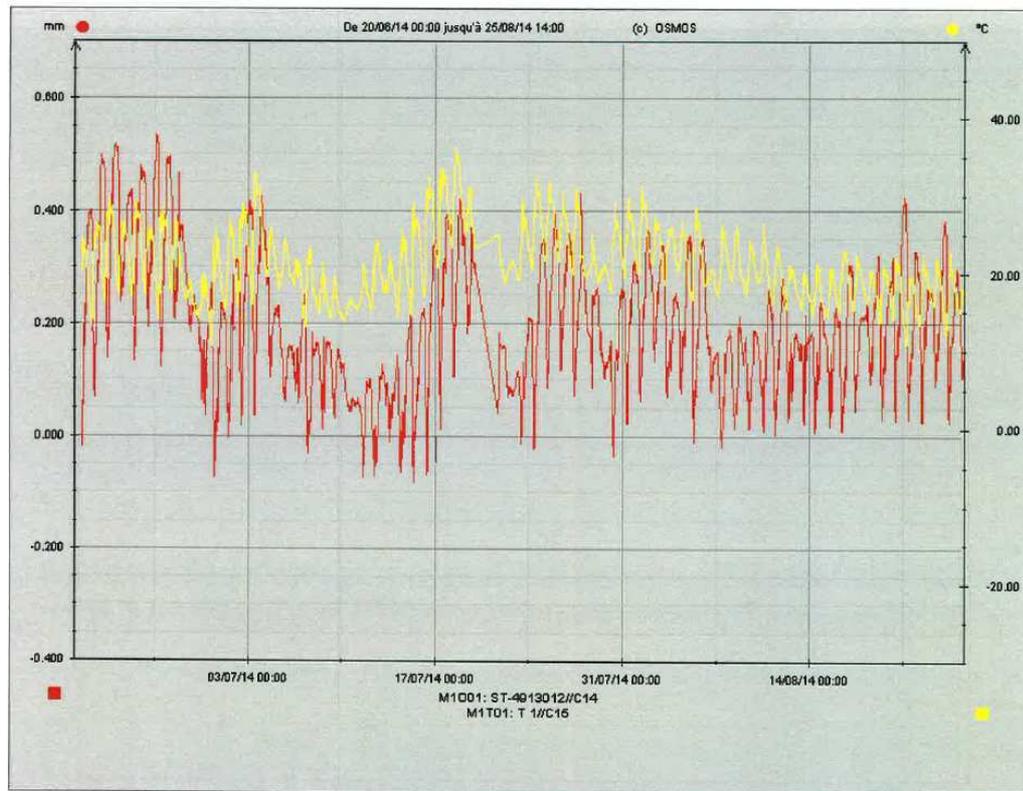
Corde 11

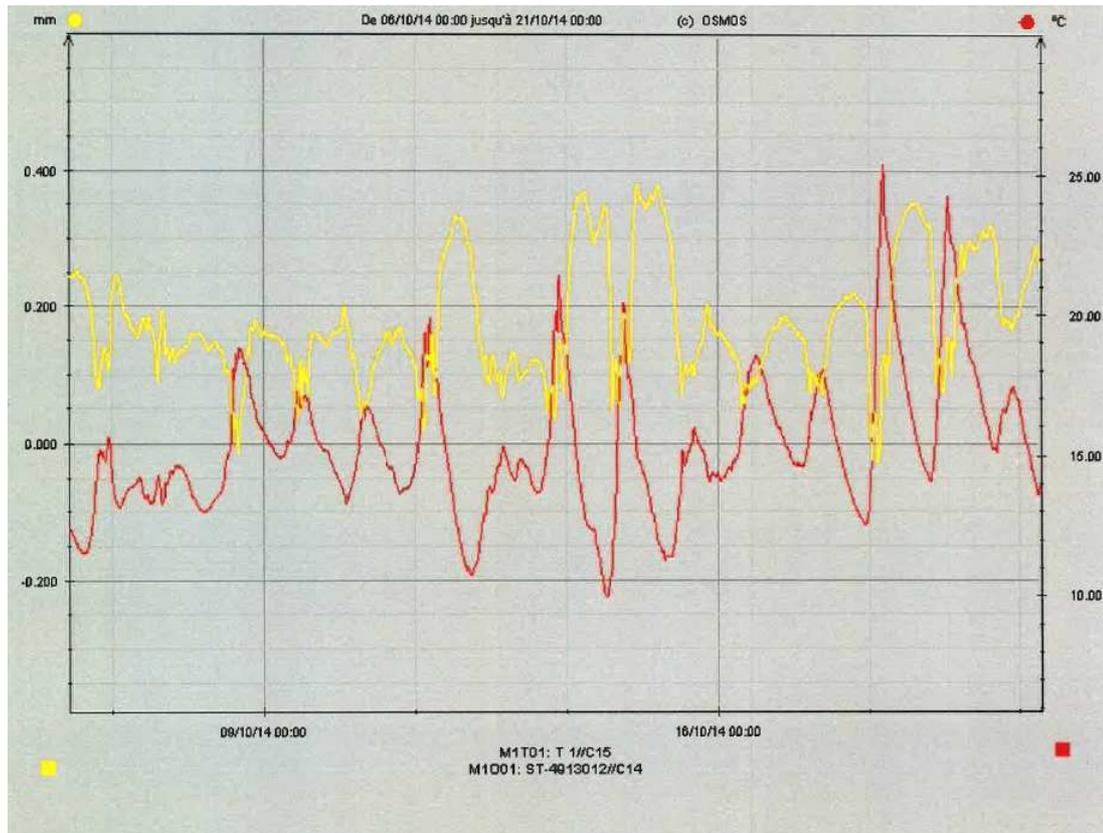




**Le fuseau des déformations des cordes optiques est compris entre -0.30 mm et +0.20 mm durant plus de 90 jours**

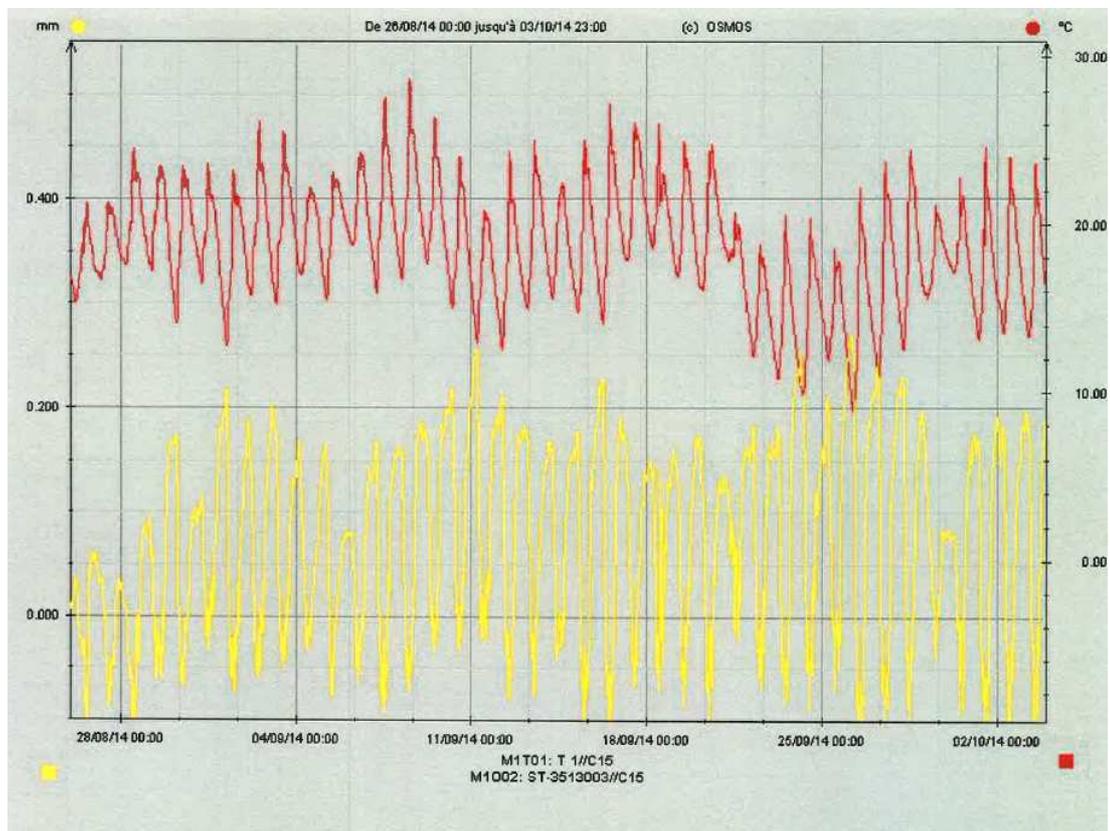
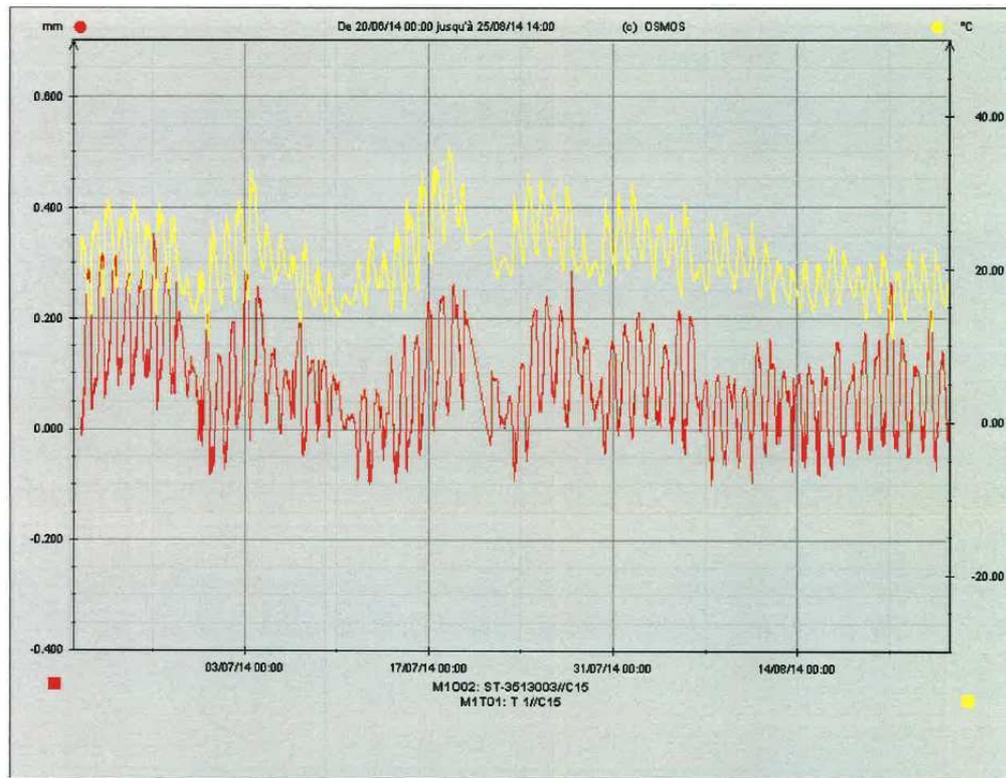
**Corde 14**

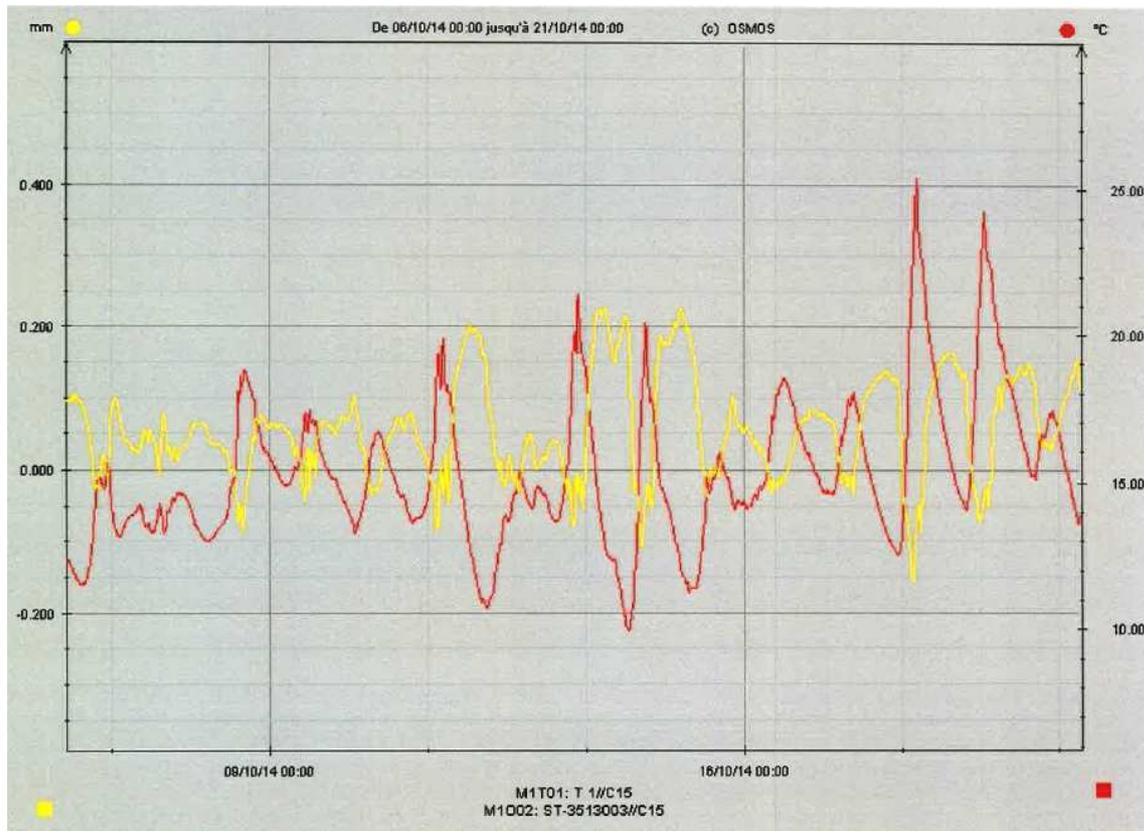




**Le fuseau des déformations des cordes optiques est compris entre -0.05 mm et +0.55 mm durant plus de 90 jours**

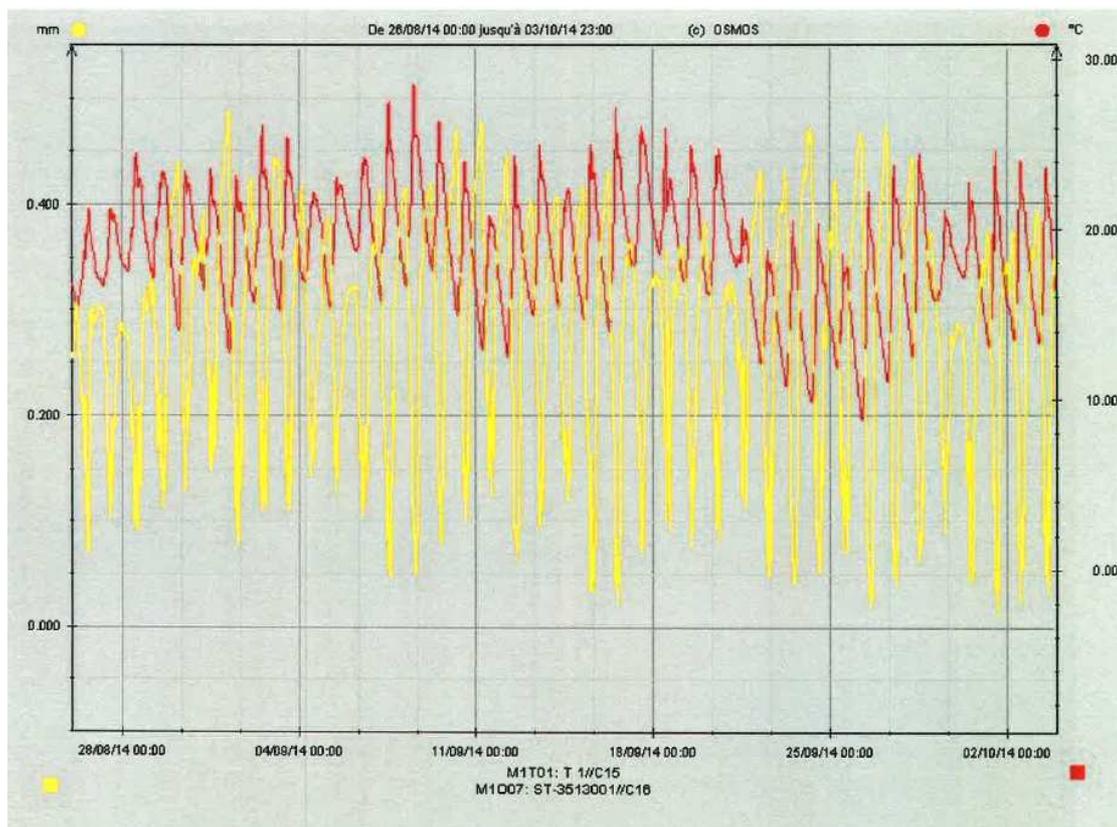
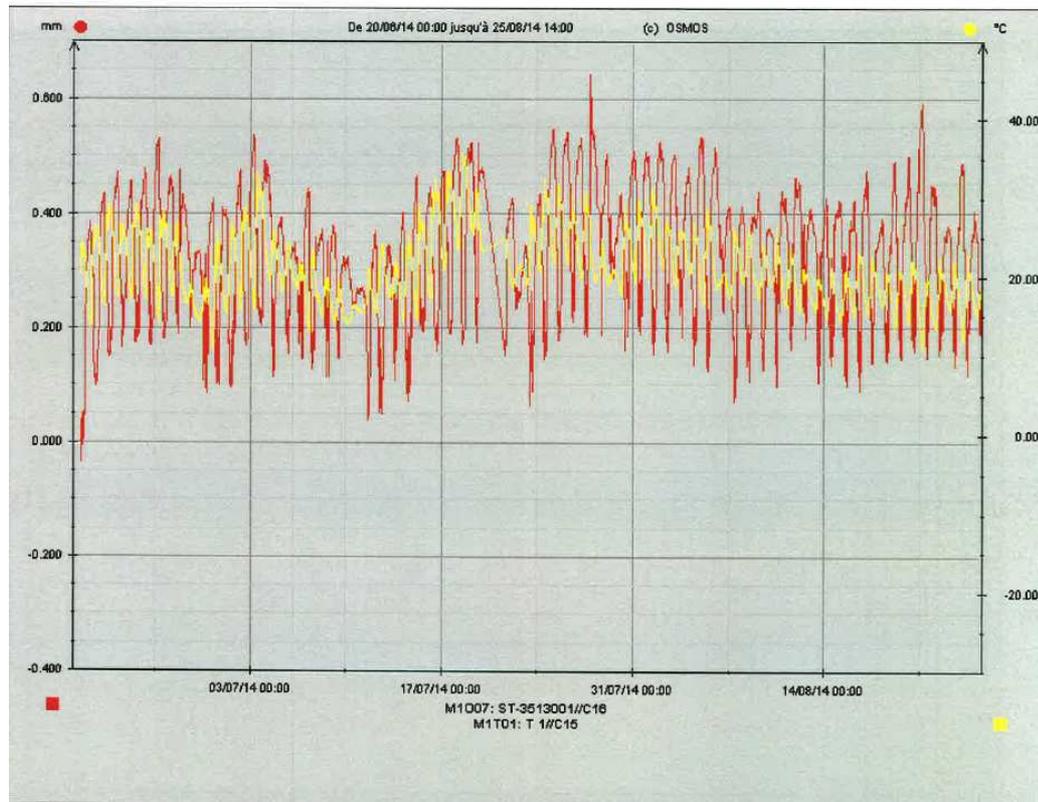
**Corde 15**

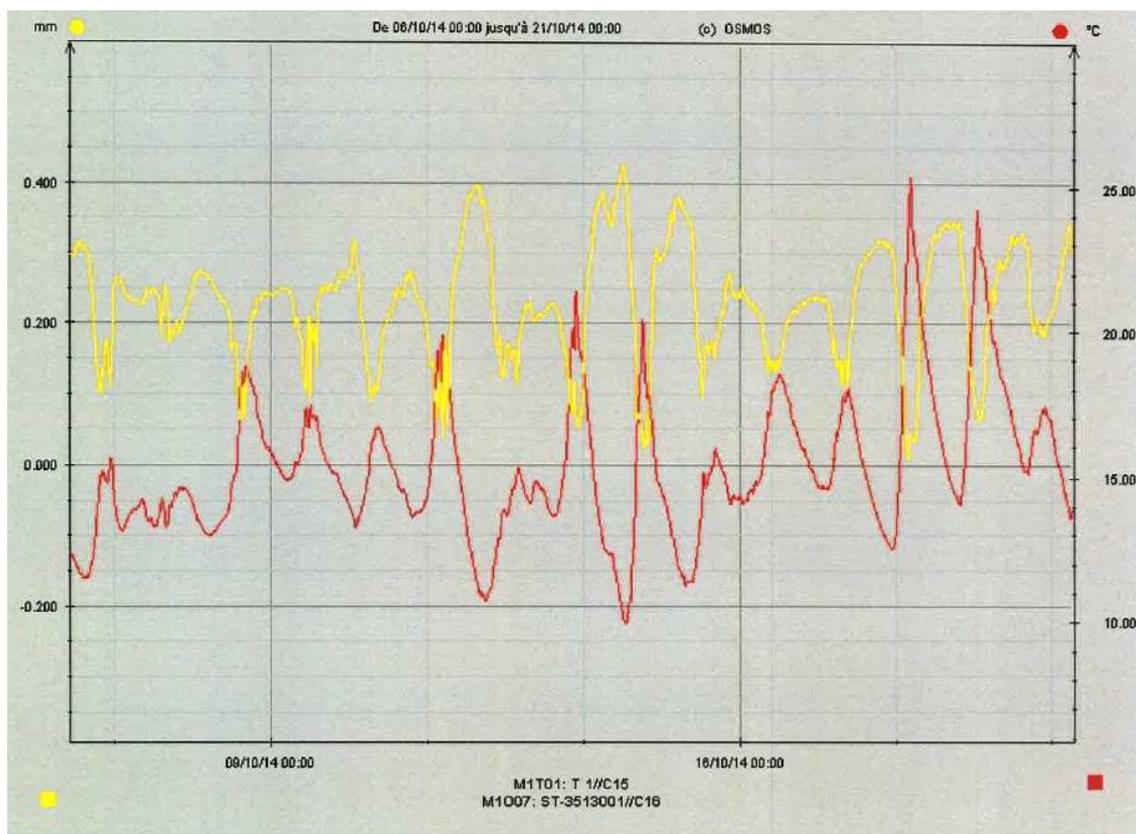




**Le fuseau des déformations des cordes optiques est compris entre -0.15 mm et +0.35 mm durant plus de 90 jours**

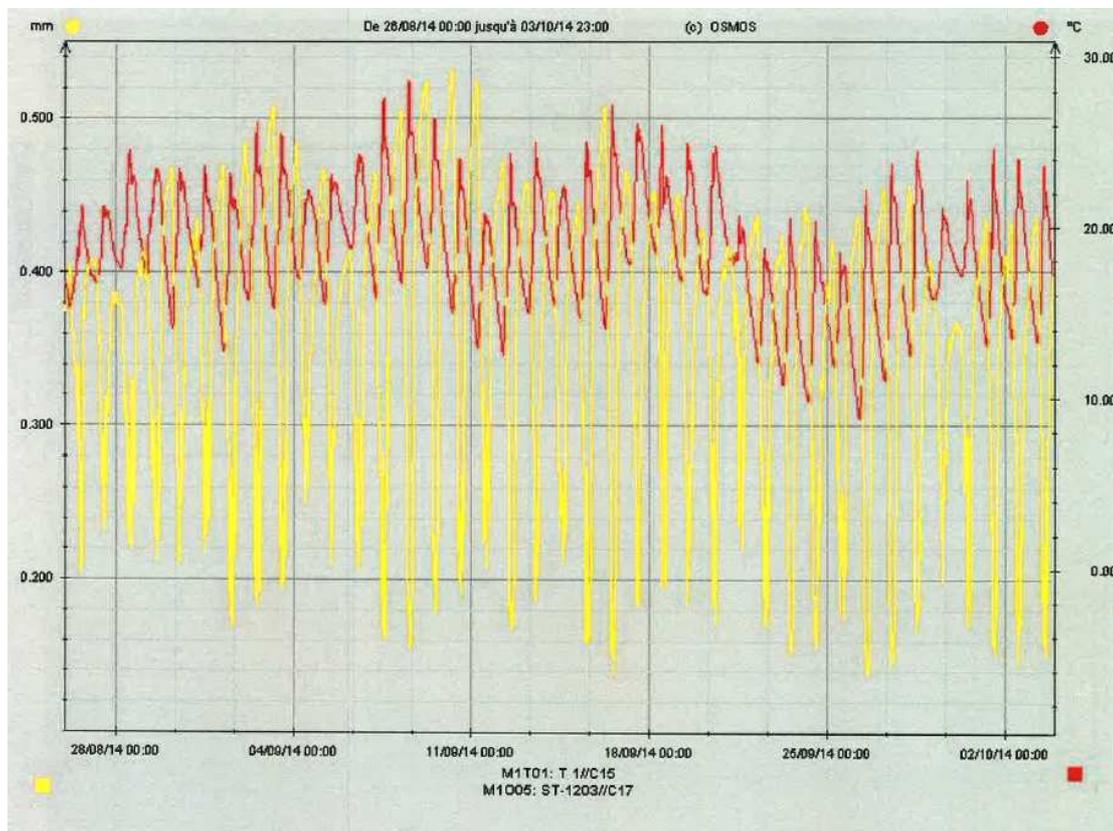
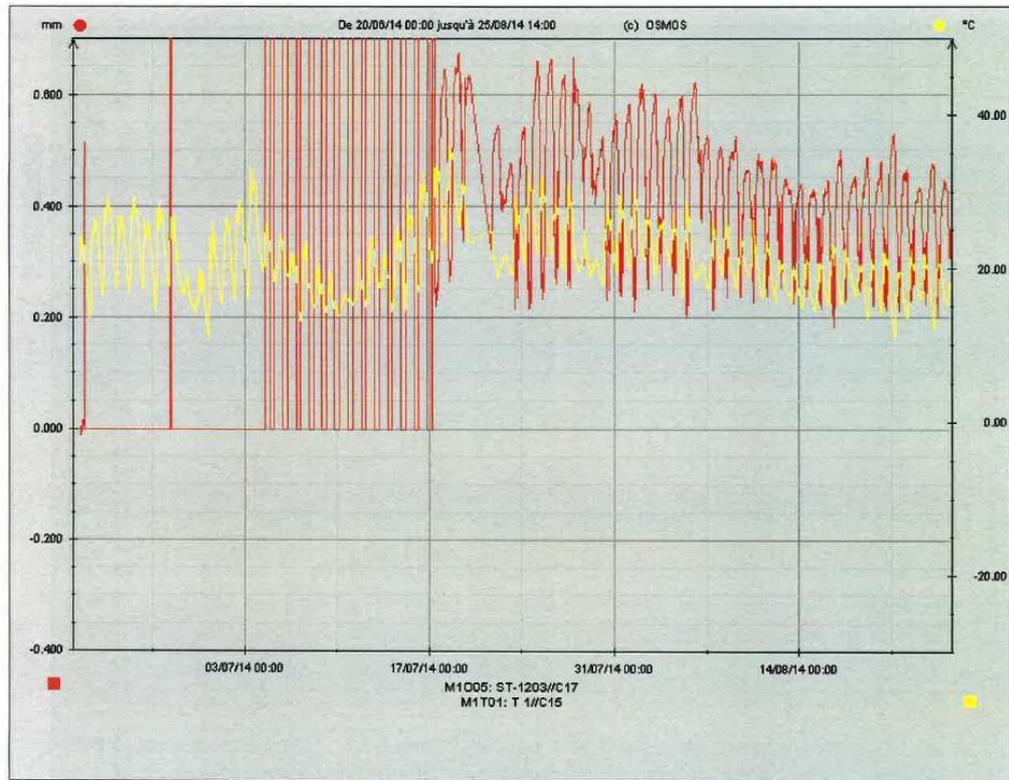
**Corde 16**

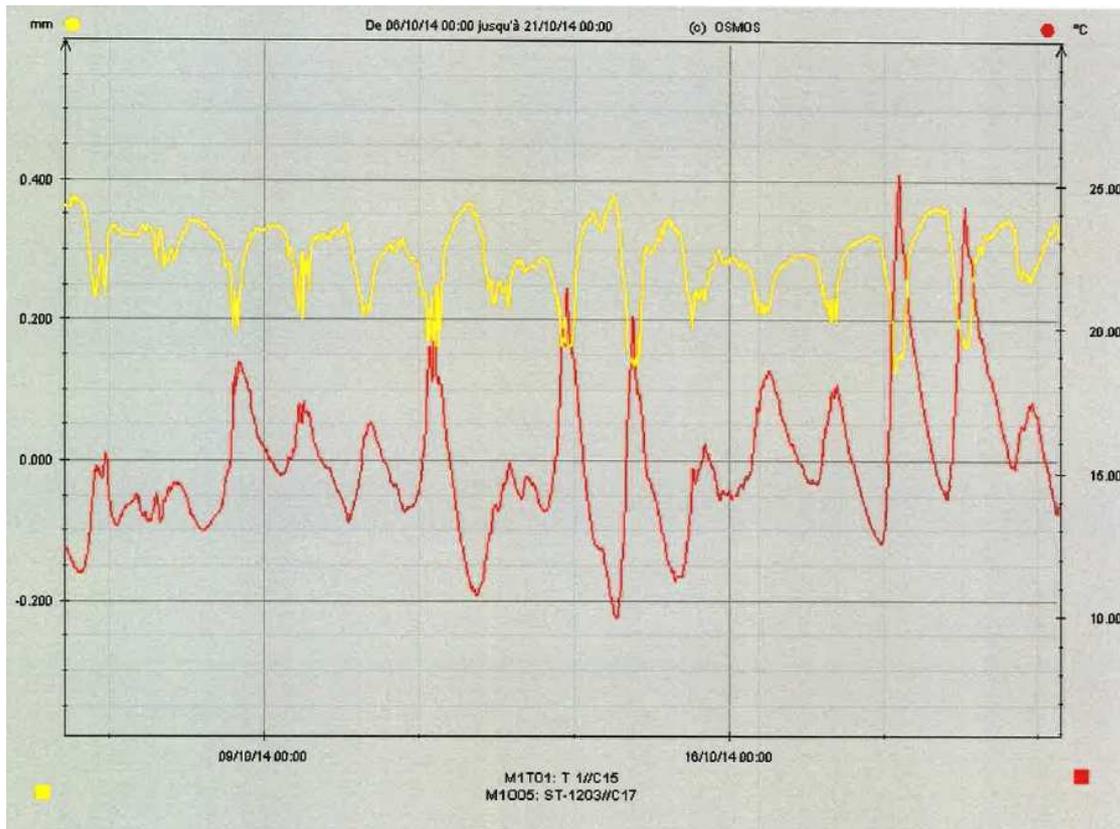




**Le fuseau des déformations des cordes optiques est compris entre +0.0 mm et +0.55 mm durant plus de 90 jours**

**Corde 17**





**Le fuseau des déformations des cordes optiques est compris entre +0.0 mm et +0.60 mm durant plus de 90 jours**

## 2.2. ANALYSE DES MESURES CI-DESSUS

On note un comportement assez régulier de l'ouvrage avec des valeurs mesurées restant souvent sous des pics de 0.50 mm à 0.60 mm (cordes 4 et 5 en Unité 1 et 14 ; 16 et 17 en Unité 2)

- Pour l'Unité 1 la zone représentative est la zone 2 (cordes 4/ 5).
- Pour l'Unité 2 les 2 zones représentatives sont la zone 5 (cordes 14/15) et la zone 6 (cordes 16/17).

Les valeurs mesurées semblent tenir compte des effets des dilatations thermiques selon le cycle journalier.

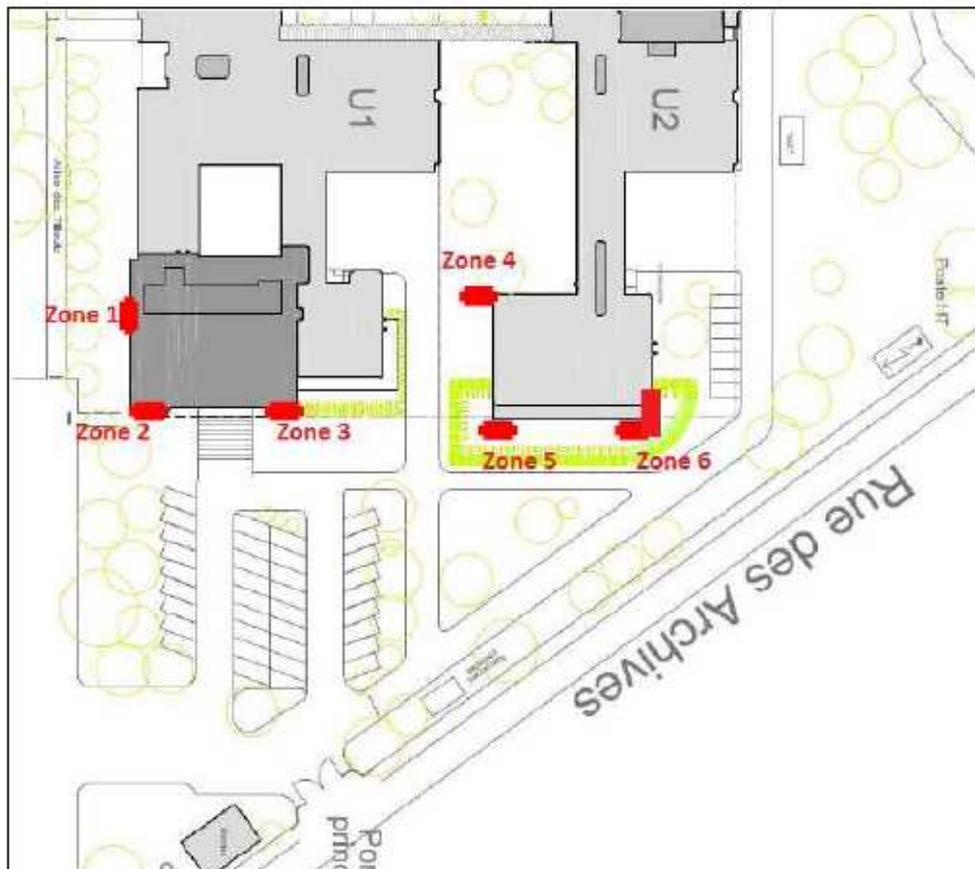
Cependant la valeur affichés des sensibilités aux températures tel qu'indiqué dans la documentation OSMOS ( $0.6 \cdot 10^{-6}$  m/K) donnerait une déformation « théorique de la corde 2 m » de l'ordre de 0.02mm soit 1% de ce qui est mesuré. Par contre une dilatation du support en béton aboutirait à 0.24 mm maximum ; ce qui au total donnerait une valeur de 0.26mm induite uniquement aux effets thermiques.

Mais il reste à interpréter la différence avec les déformations mesurées des cordes.

Pour cela et afin d'éliminer tout phénomène parasite (température, ensoleillement, ombre portée, vents etc.) il est plus adapté de comparer les mouvements relatifs de 2 cordes de la même zone vu qu'elles soient soumises aux mêmes effets.

Ceci permet d'affiner l'analyse du phénomène de mouvement éventuel (i.e. : si le support/mur ne bouge pas la différence de déformations entre 2 cordes de la même zone devrait être rigoureusement nulle).

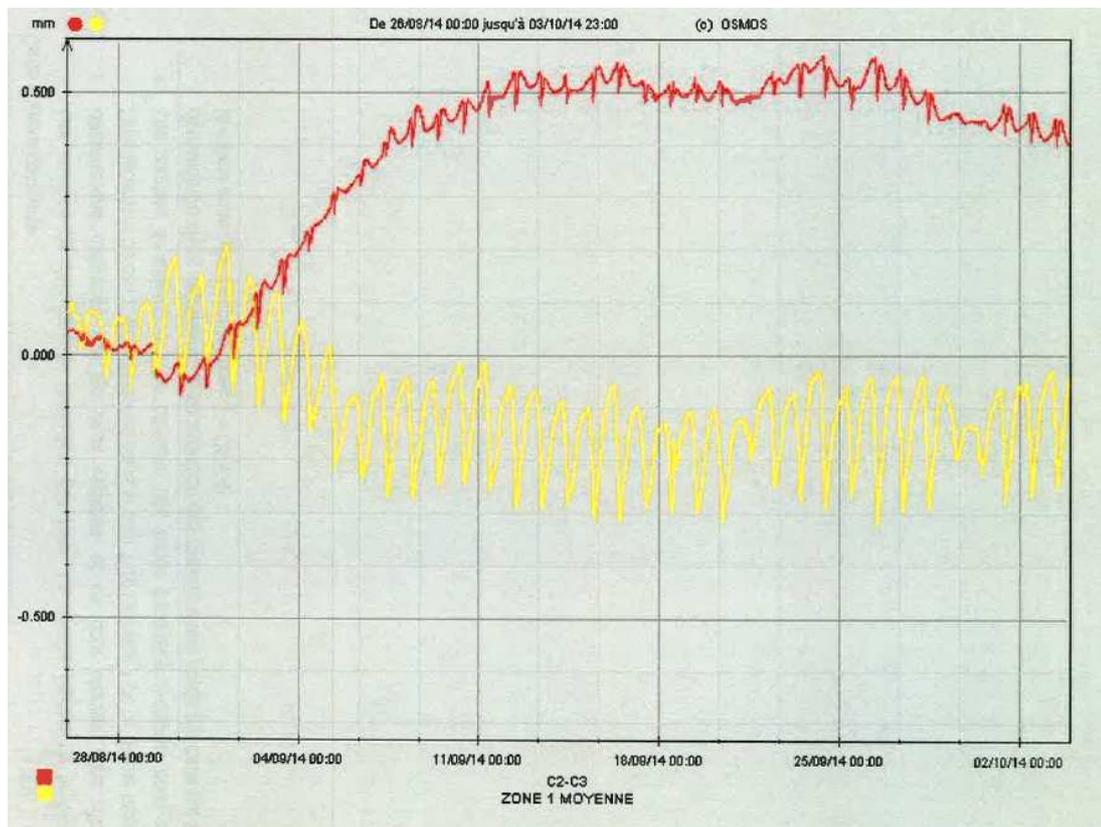
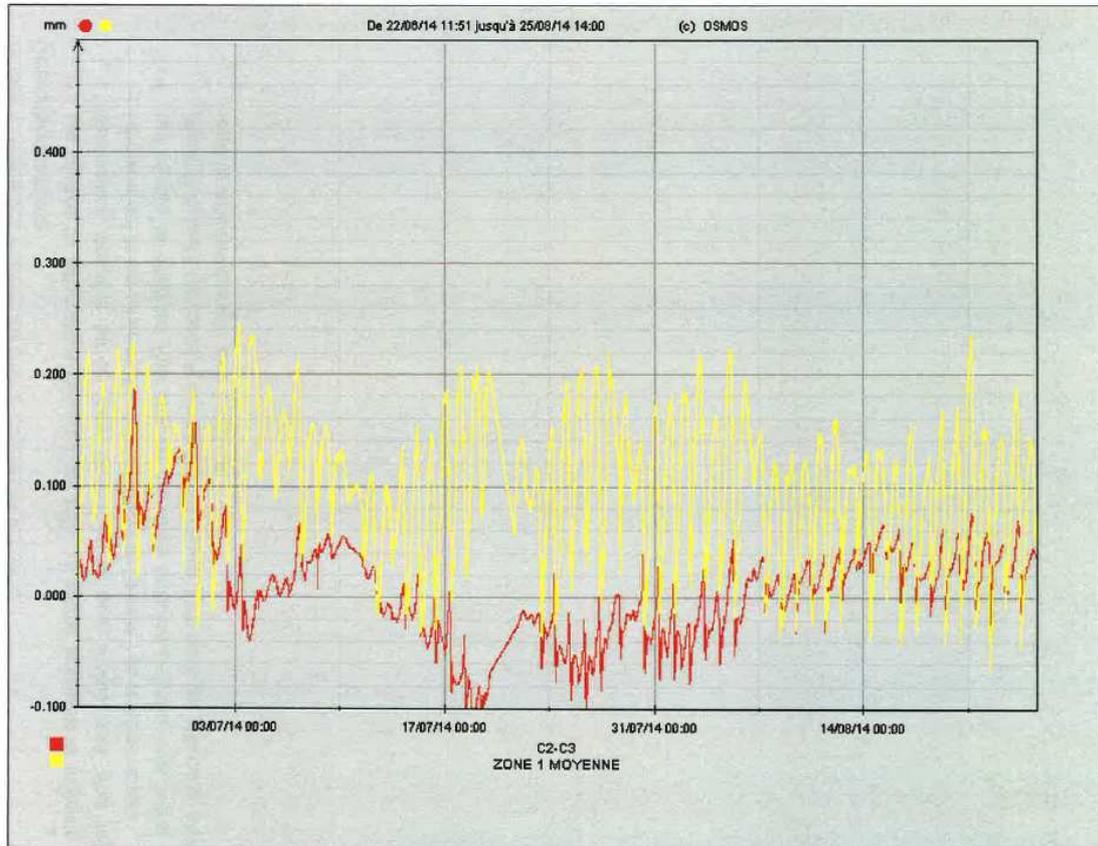
Plan 1 : Zones d'implantation (6 zones de deux capteurs)

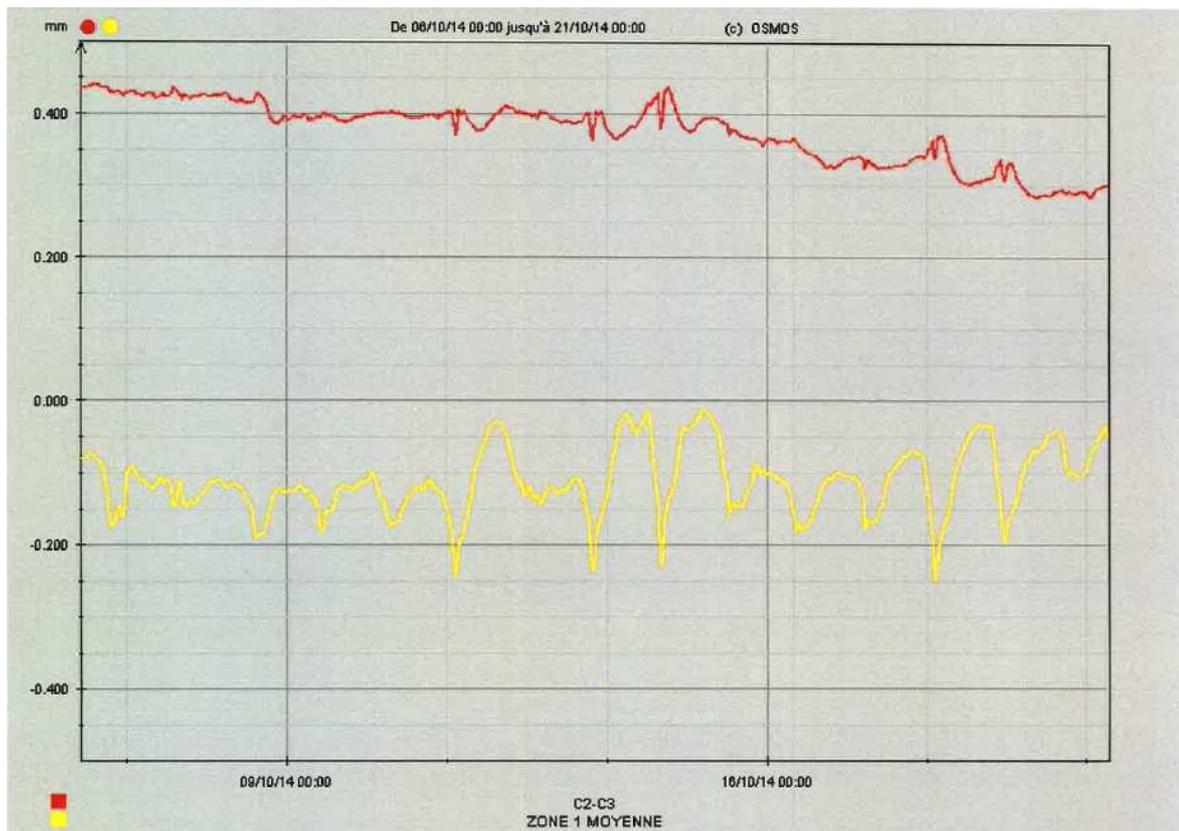


Pour cela nous allons faire apparaître les courbes de mesures des déformations différentielles entre 2 cordes de la même zone ; à savoir :

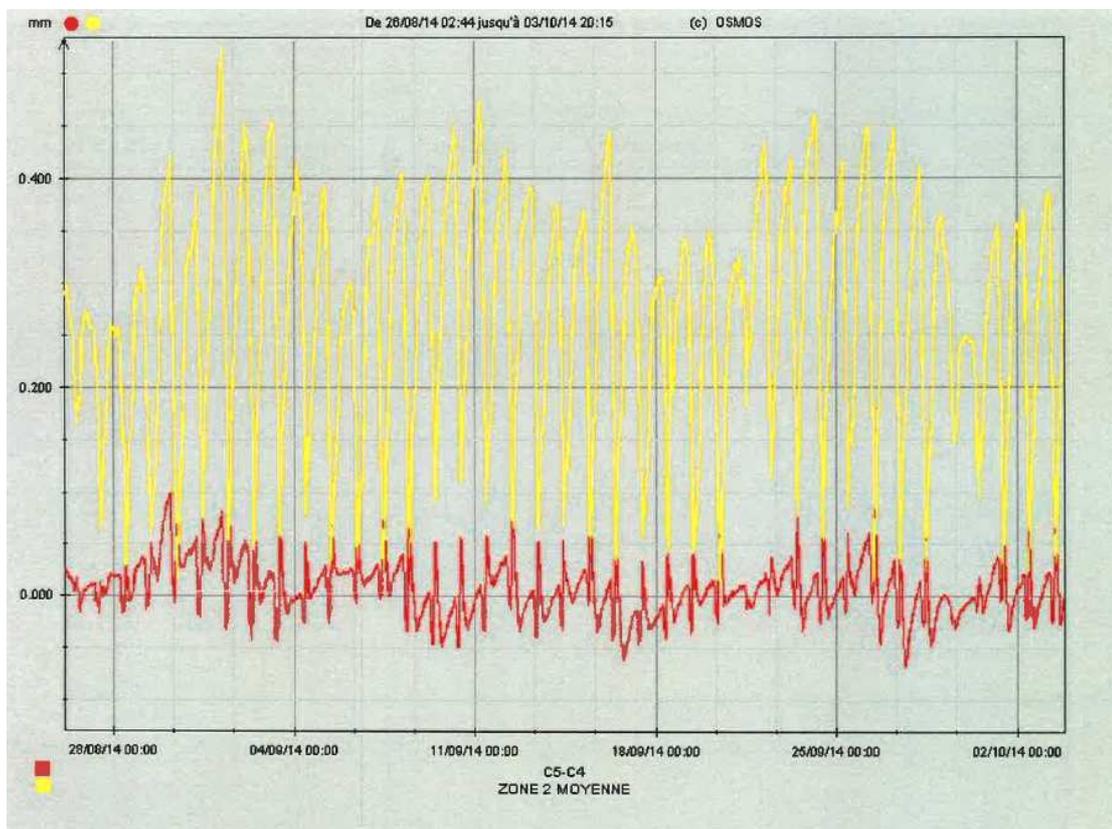
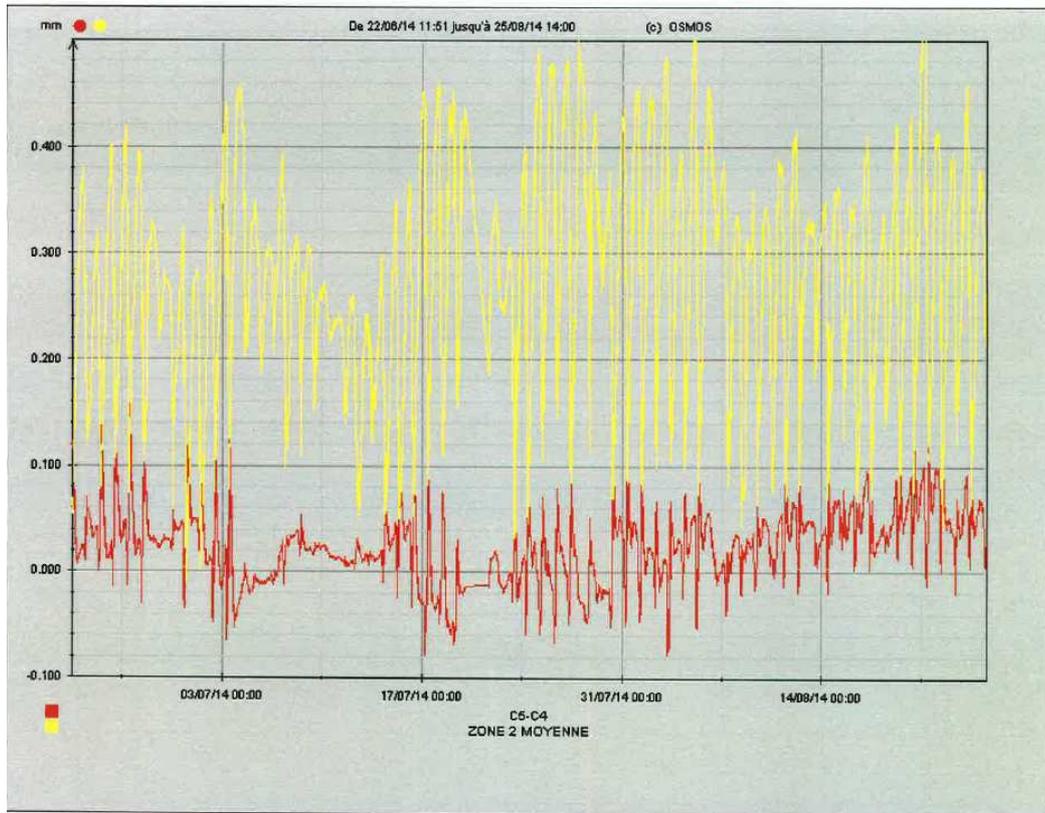
- **UNITE 1**
  - Zone 1 : différence C2-C3
  - Zone 2 : différence C5-C4
  - Zone 3 : différence C7-C8
- **UNITE 2**
  - Zone 4 : différence C11-C10
  - Zone 5 : différence C14-C15
  - Zone 6 : différence C2-C3

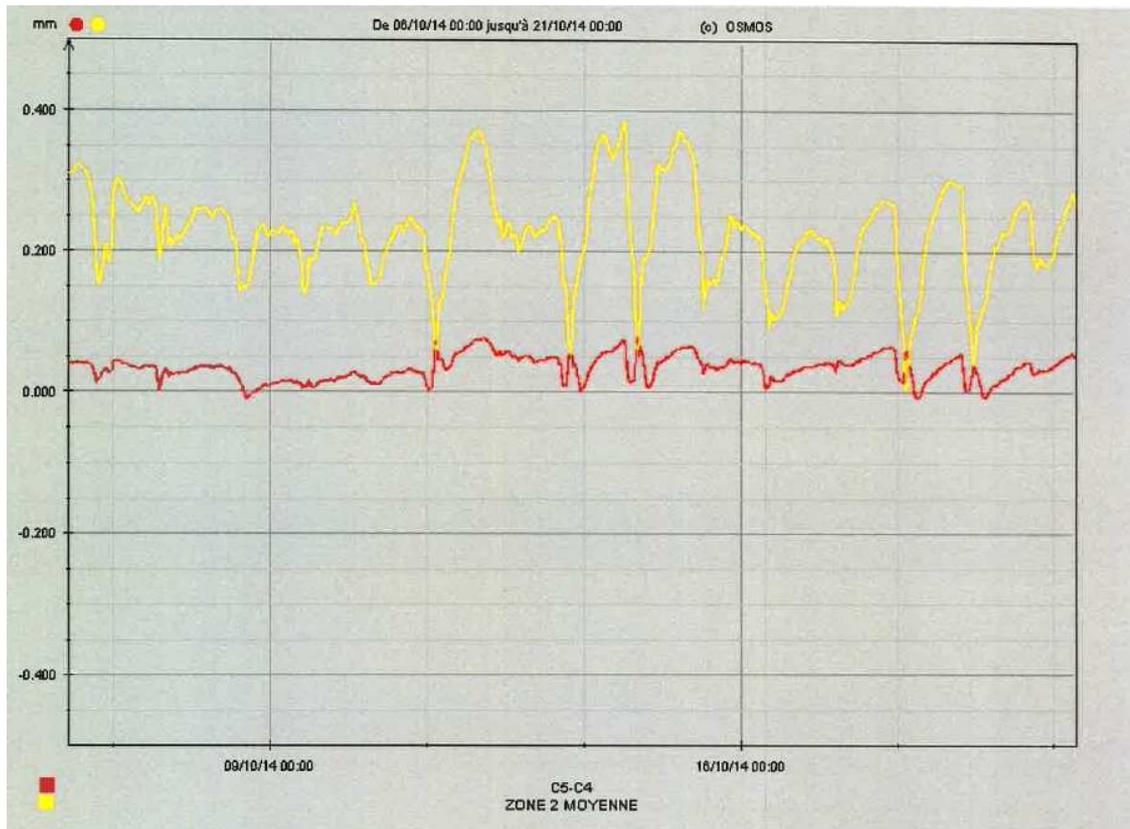
Unité 1



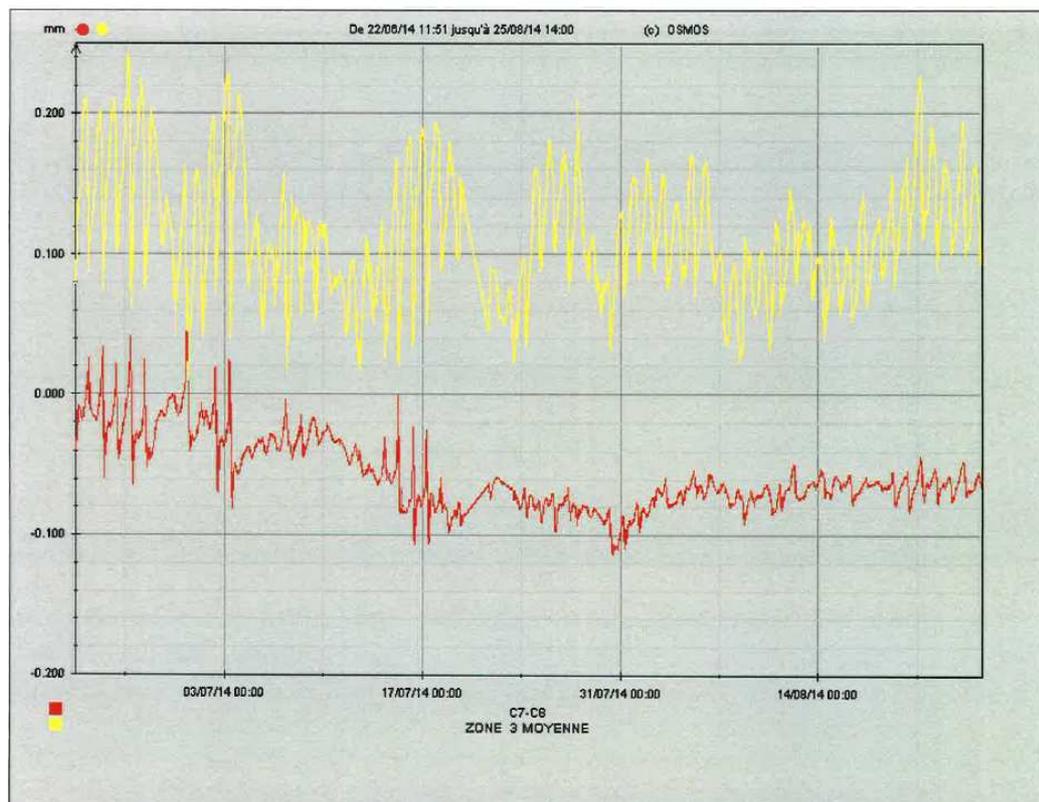


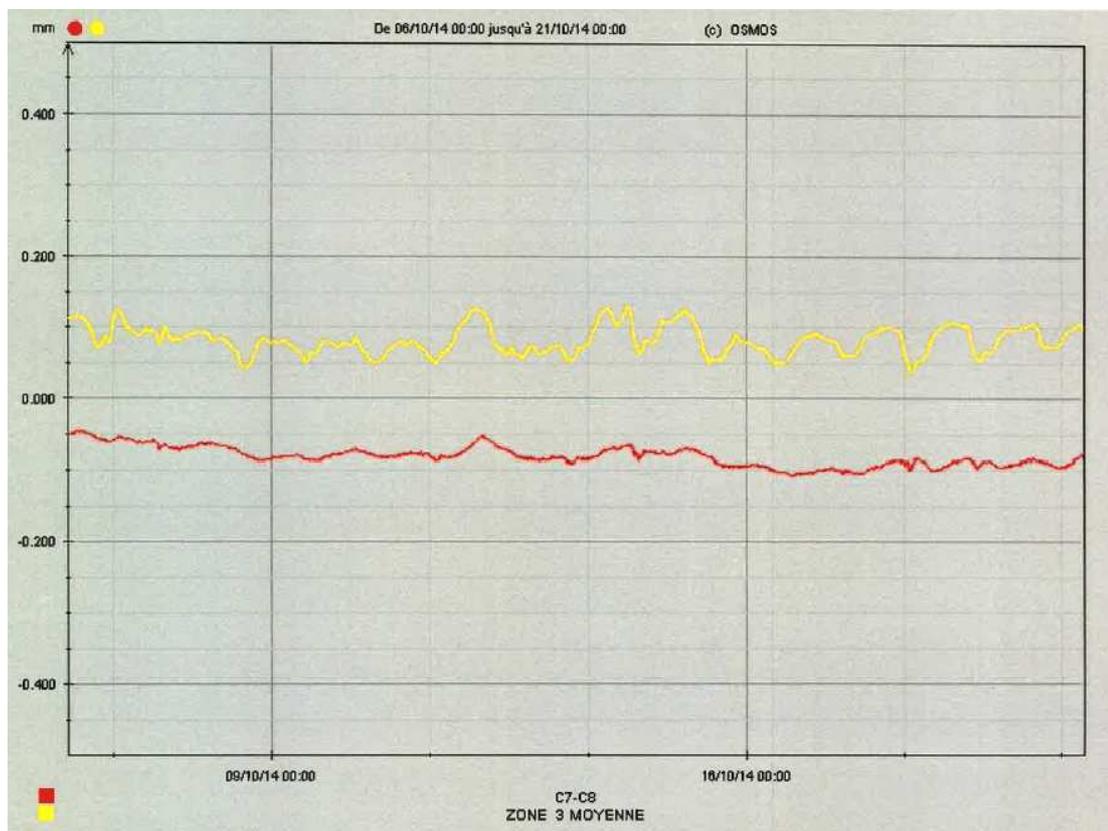
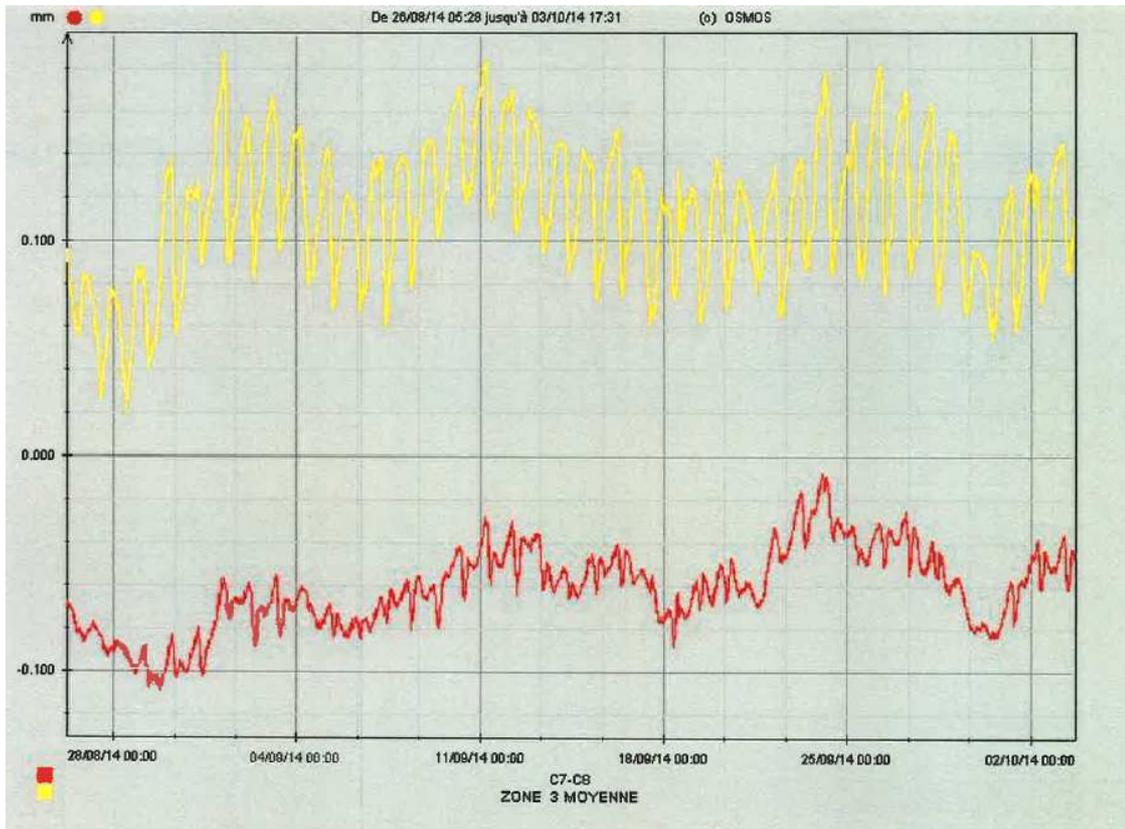
**Zone 1 : Le différentiel entre les cordes C2 et C3 reste dans un fuseau d'amplitude de +/-0.25 mm depuis plus de 90 jours**





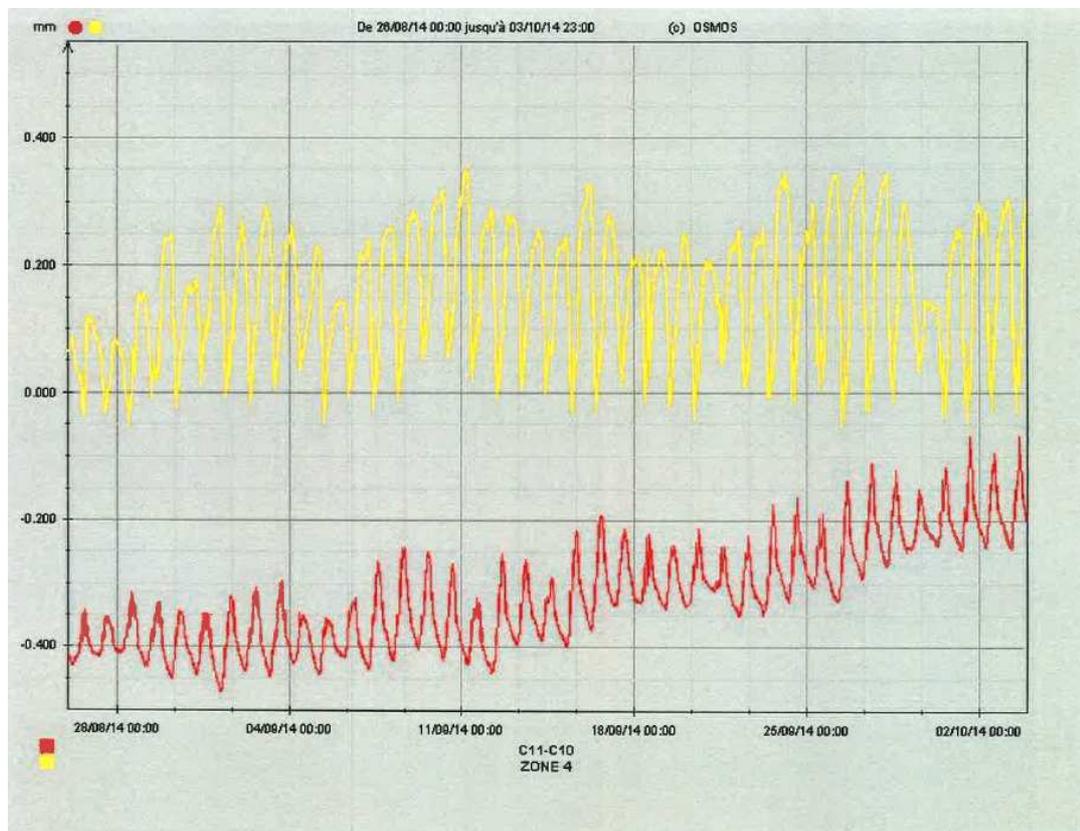
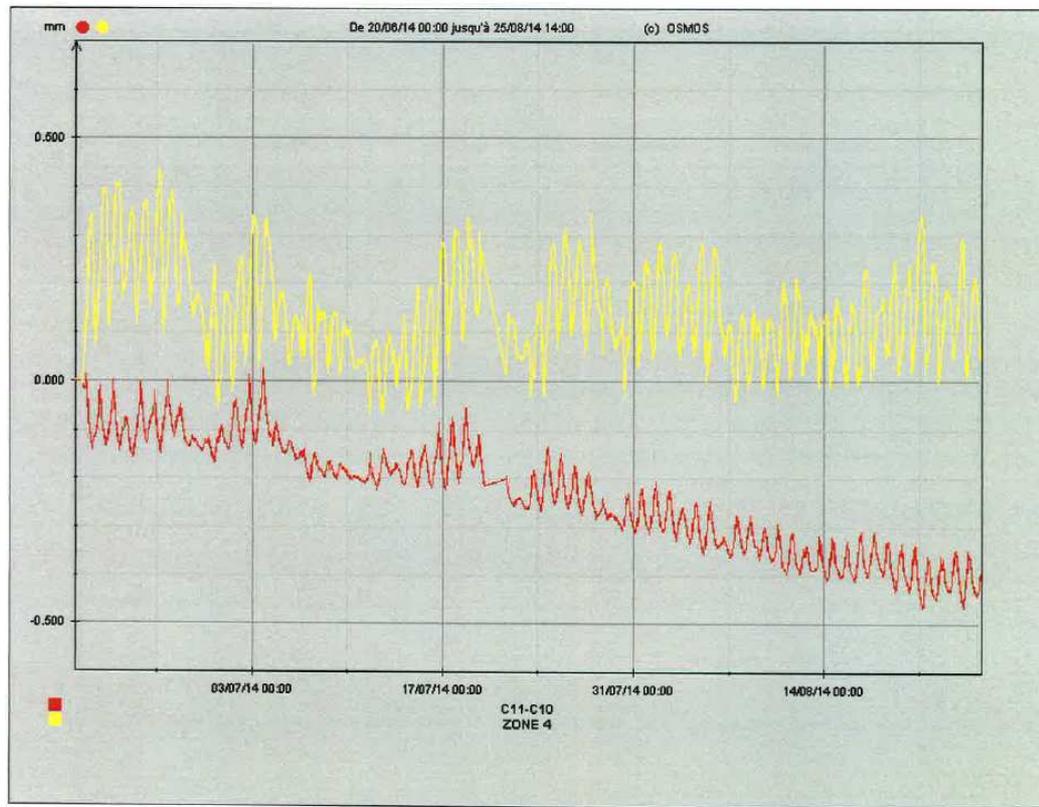
**Zone 2 : Le différentiel entre les cordes C4 et C5 reste dans un fuseau d'amplitude +/- 0.10mm depuis plus de 90 jours**

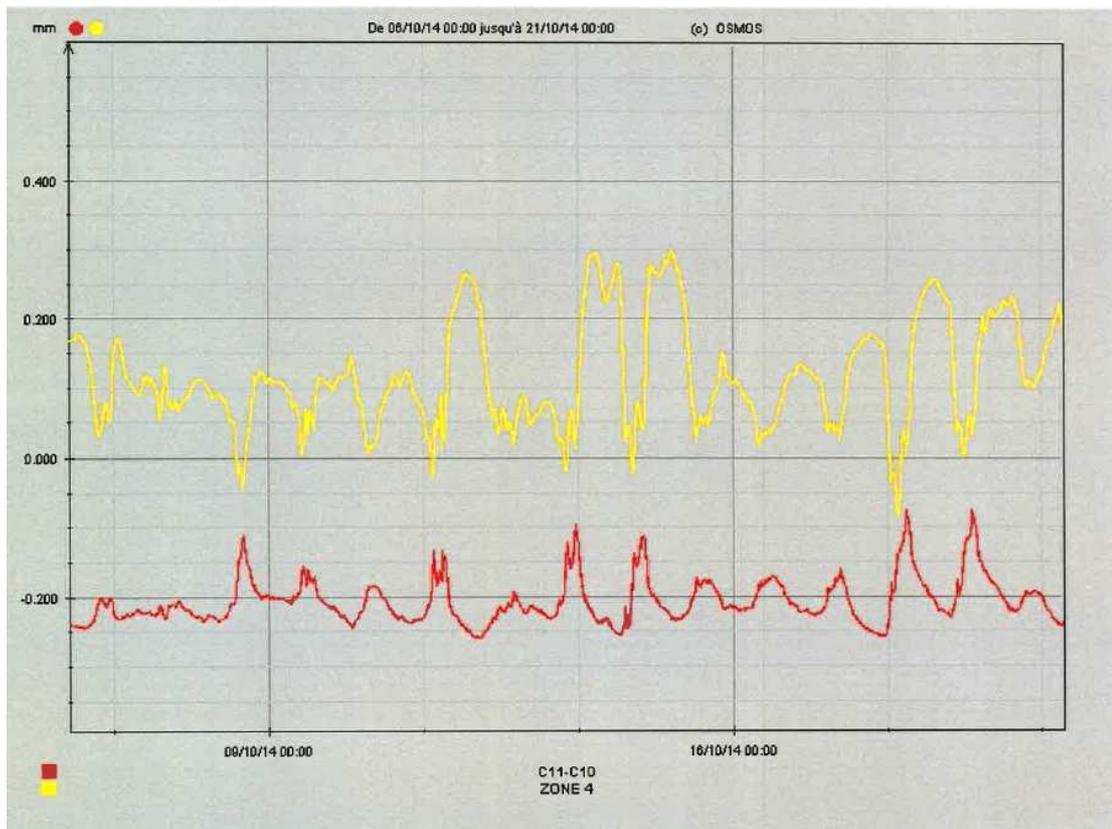




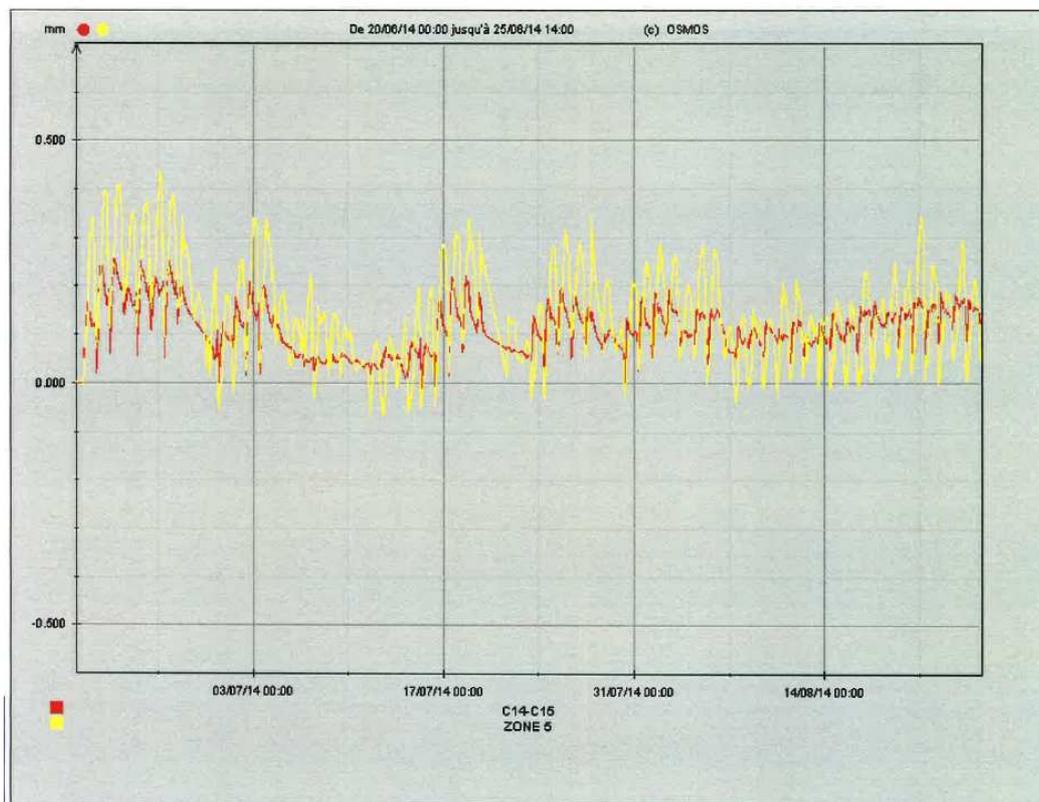
**Zone 3 : Le différentiel entre les cordes C7 et C8 reste stable autour de +/- 0.10mm depuis plus de 90 jours**

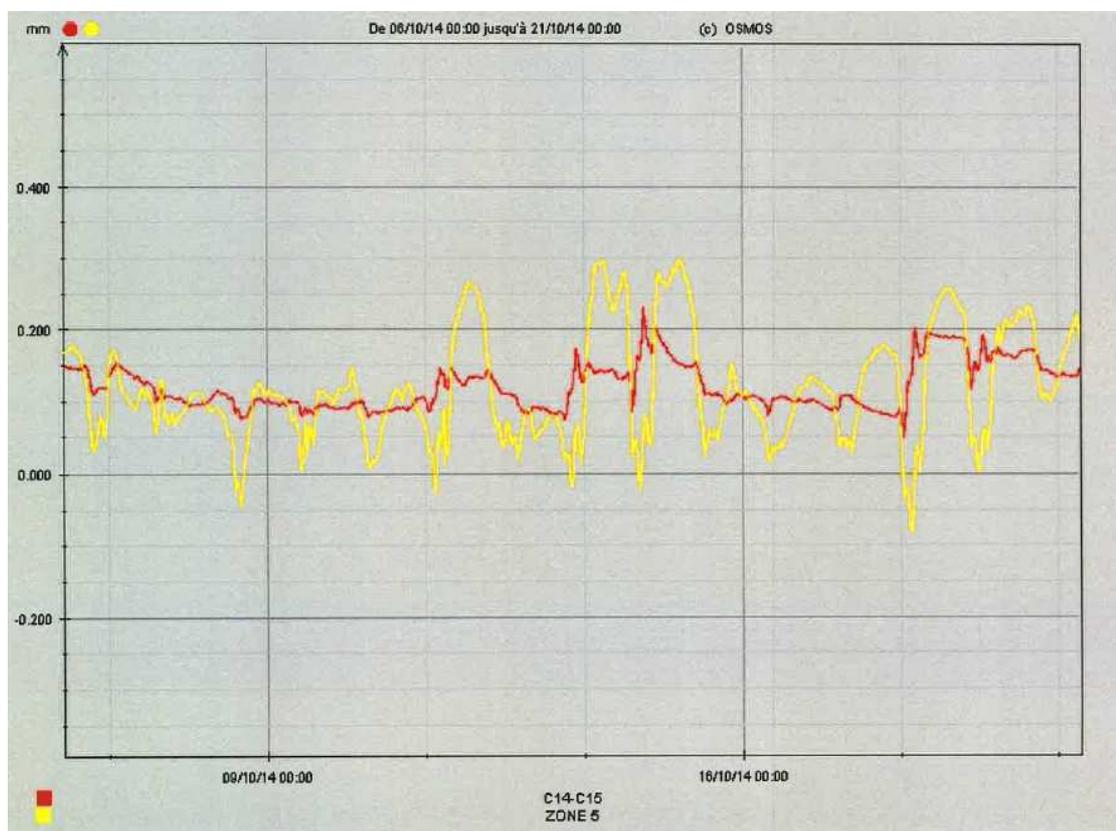
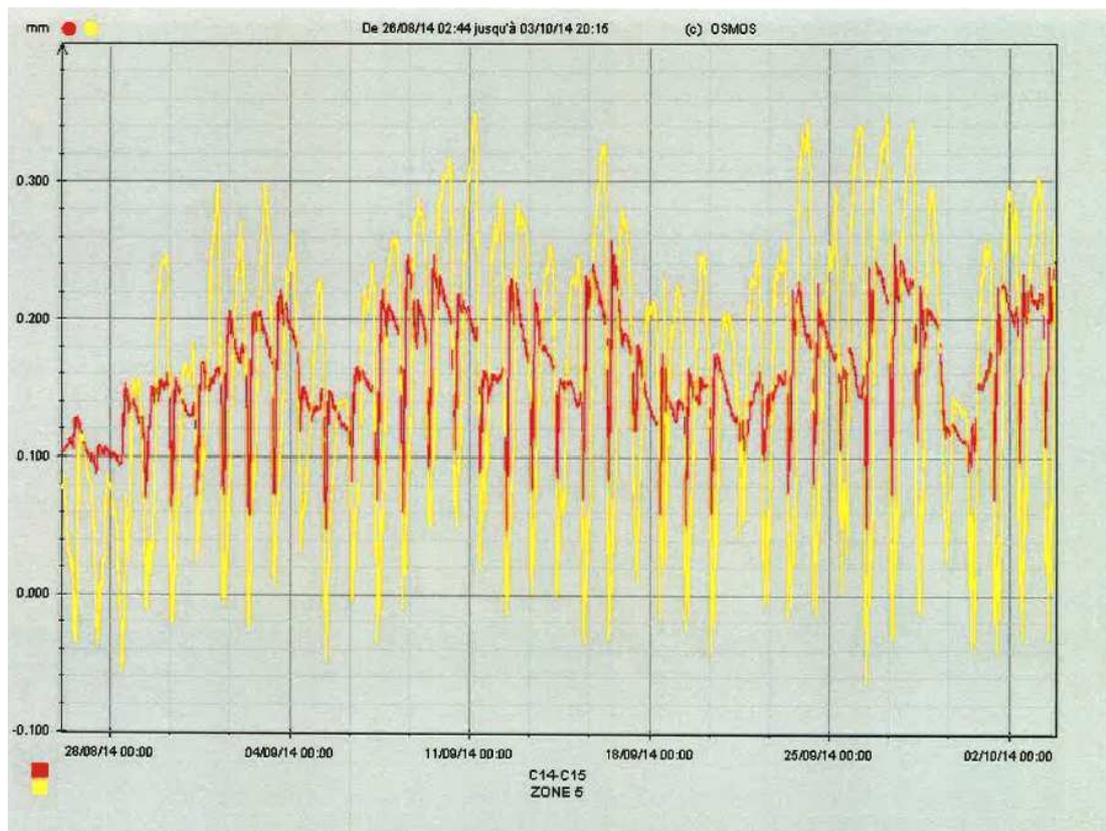
Unité 2



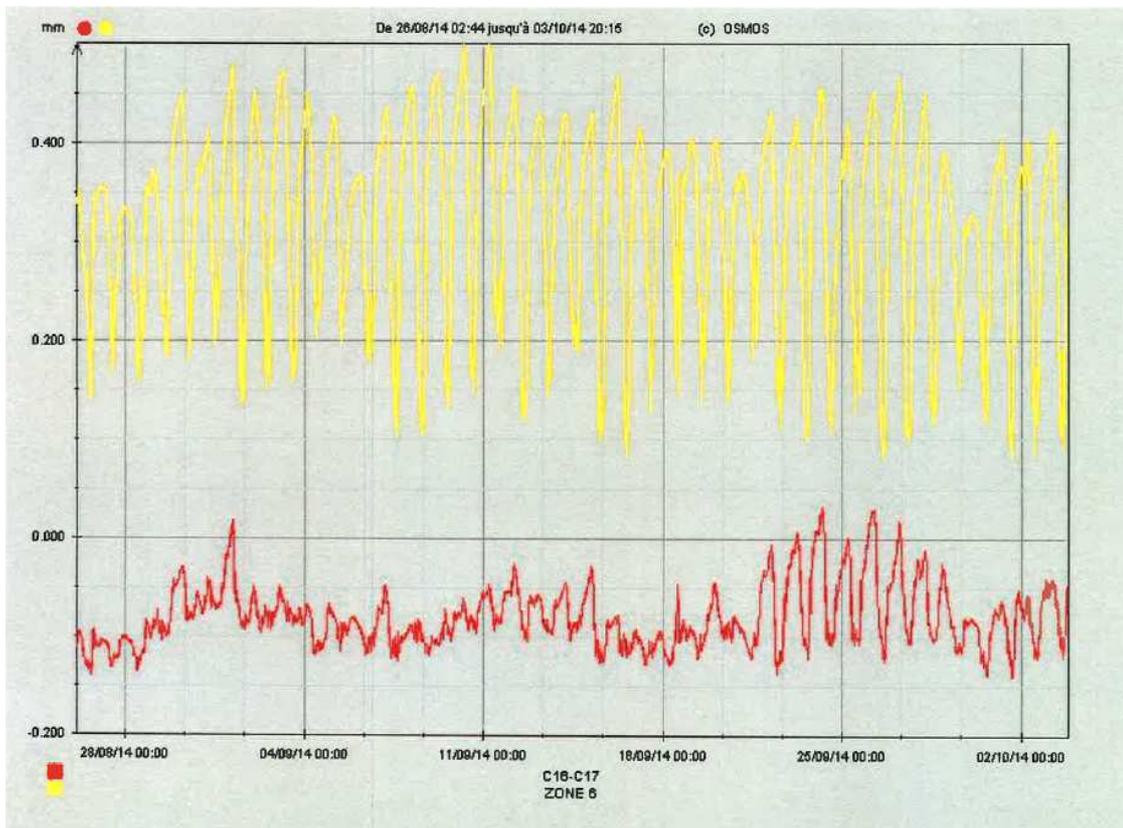


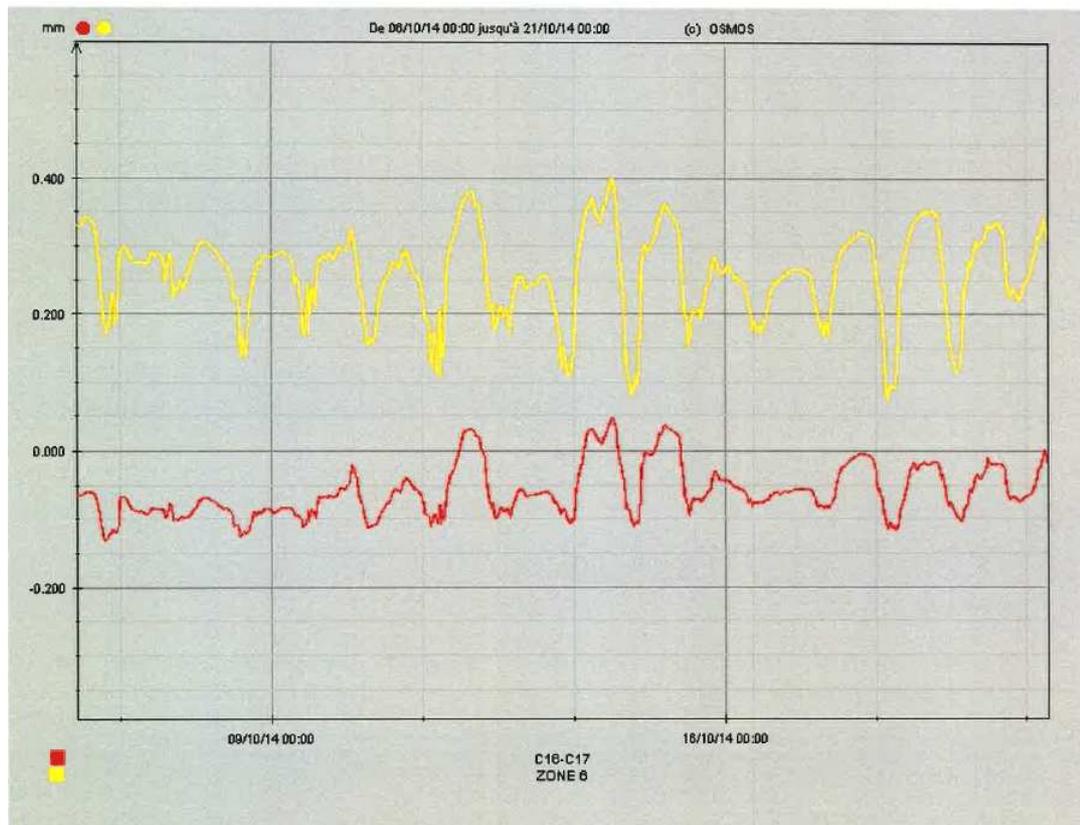
**Zone 4 : Le différentiel entre les cordes C11 et C10 s'élargit régulièrement et semble se stabiliser autour de +/-0.20mm**





**Zone 5 : Le différentiel entre les cordes C14 et C15 reste dans un fuseau d'amplitude 0.25mm depuis plus de 90 jours**





**Zone 6 : Le différentiel entre les cordes C16 et C17 reste dans un fuseau d'amplitude 0.20mm depuis plus de 90 jours**

On constate que les différences entre les cordes d'un même mur/support ne sont pas nulles et qu'il y a un des mouvements relatifs alternés dans un fuseau de 0.25mm d'amplitude maximale. Hormis la corde 3 qui semble présenter des « anomalies » avec des évolutions depuis septembre.

Pendant cette durée de plus de 90 jours de mesures continus on constate que le mouvement global de la structure est aussi accompagné de mouvements différentiels locaux modérés démontrant ainsi que l'ensemble de la structure subit des mouvements cycliques mais réguliers et restant dans un fuseau assez stable.

- Pour l'Unité 1 les mouvements différentiels restent dans un fuseau d'amplitude +/- 0.25mm.
- Pour l'Unité 2 les mouvements différentiels restent dans un fuseau d'amplitude +/- 0.25mm.
- La corde 3 présente des anomalies et nécessitera une vérification préalable du dispositif.

## 3. DISPOSITIFS DE SUIVI COMPLEMENTAIRES

### 3.1. SUIVI GLOBAL DES DEFORMATIONS DE L'OUVRAGE

---

Au vu des mesures réalisées à ce jour par les 11 cordes optiques ne nous disposons que de mesures localisées qui ne permettent pas de déterminer un seuil d'alerte compatible avec les opérations d'intervention sur ouvrages prévues par l'OPPIC.

Pour cela il a été nécessaire de compléter le dispositif de mesure par des inclinomètres ; des fissuromètres ainsi que des relevés géométriques de cibles fixées sur l'ouvrage afin de disposer de données sur le comportement global de la superstructure du bâtiment.

L'ensemble de ces mesures est fait dans l'optique de définir pendant la durée d'observation un seuil d'alerte compatible avec la réalité de l'ouvrage et permettant d'intervenir ultérieurement dans les niveaux -1, RDC, R+1 et R+2.

La compilation des mesures établie par DYNAOPT a pour but de permettre de quantifier l'activité globale des ouvrages (unité 1 et 2).

Les données observationnelles collectées devrait permettre de trouver une méthode de réflexion pour la détermination des seuils d'alerte au regard de l'état réel des bâtiments U1 et U2.

Cette logique ne pouvant être élaborée qu'à partir des résultats des mesures fiables et selon une visibilité dans le temps.

DYNAOPT retenu pour cette mission a installé pour le compte de l'OPPIC :

- 3 systèmes HATHOR qui permettent la surveillance de l'ouvrage « en continu » (surveillance topographique automatisée)
- 15 clinomètres biaxiaux qui permettent d'observer d'éventuels mouvements de rotation des murs des bâtiments
- 7 fissuromètres pour suivre l'évolution des fissures

Mise en œuvre d'une surveillance par théodolites vidéo-asservi. Le système de surveillance est composé d'un théodolite se centrant automatiquement sur des réflecteurs positionnés sur les points à surveiller.

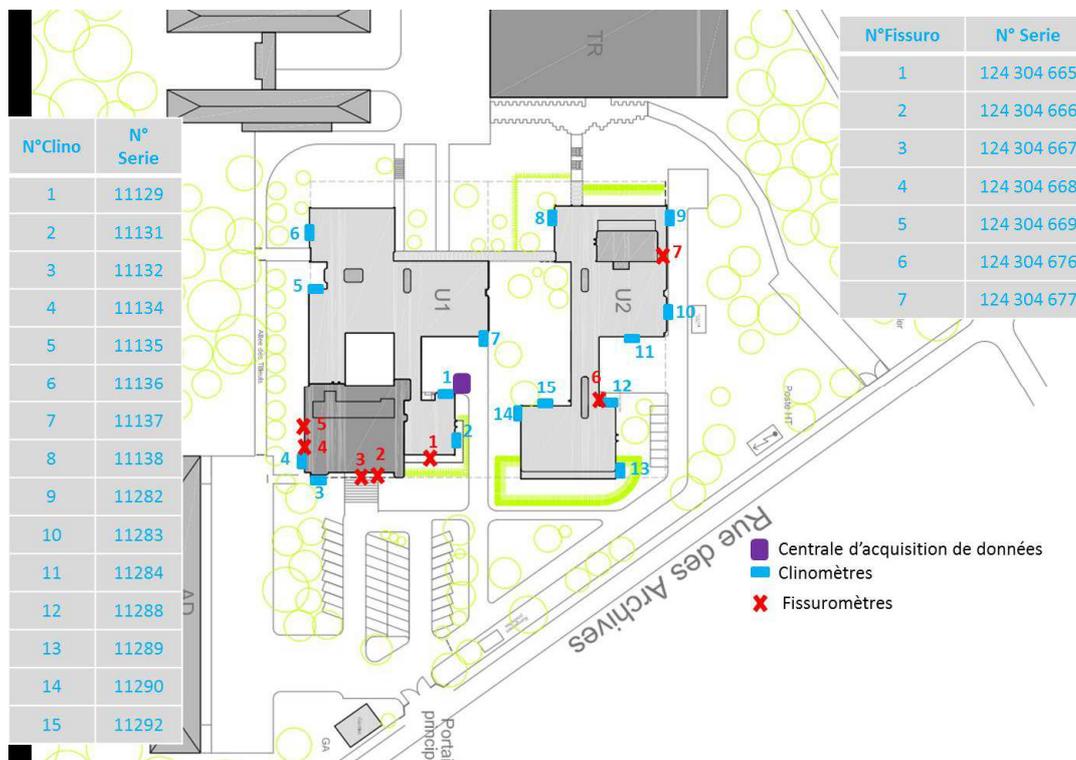
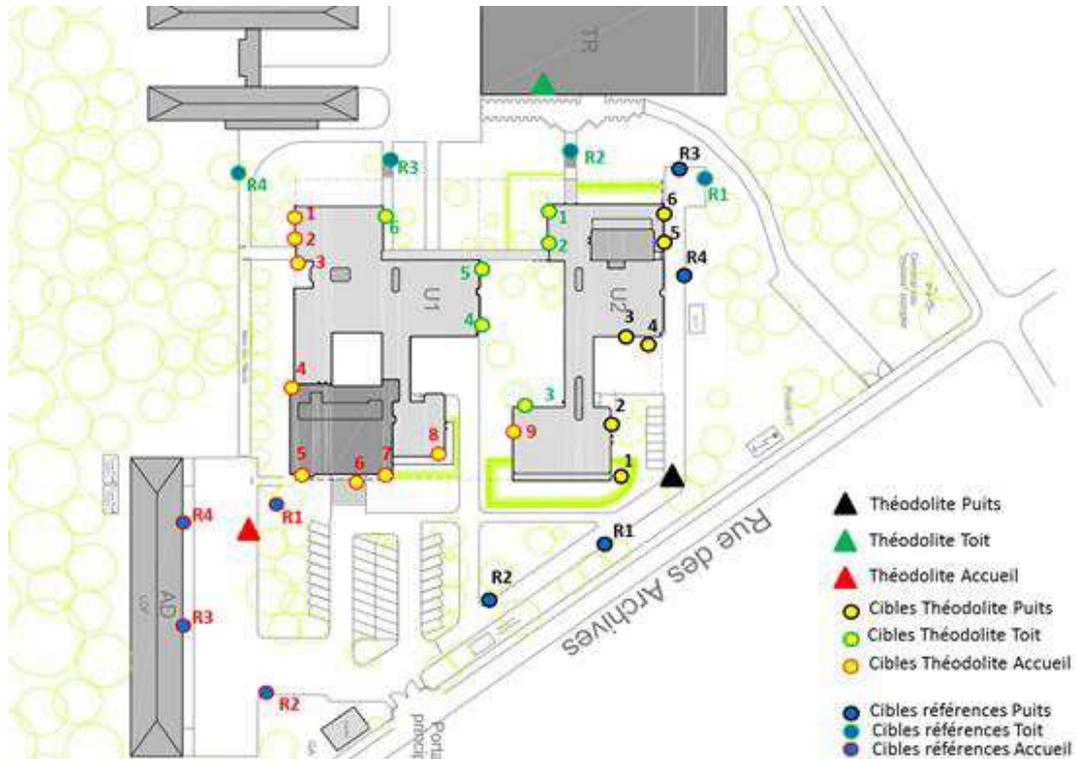
Le système est interactif, toutes les commandes sont gérées par logiciel avec, principalement, la définition des paramètres suivants :

- Position des points de références.
- Position des points à contrôler.
- Fréquence des mesures.

L'ensemble du système de surveillance a été calé à la date du 17 Septembre 2014.

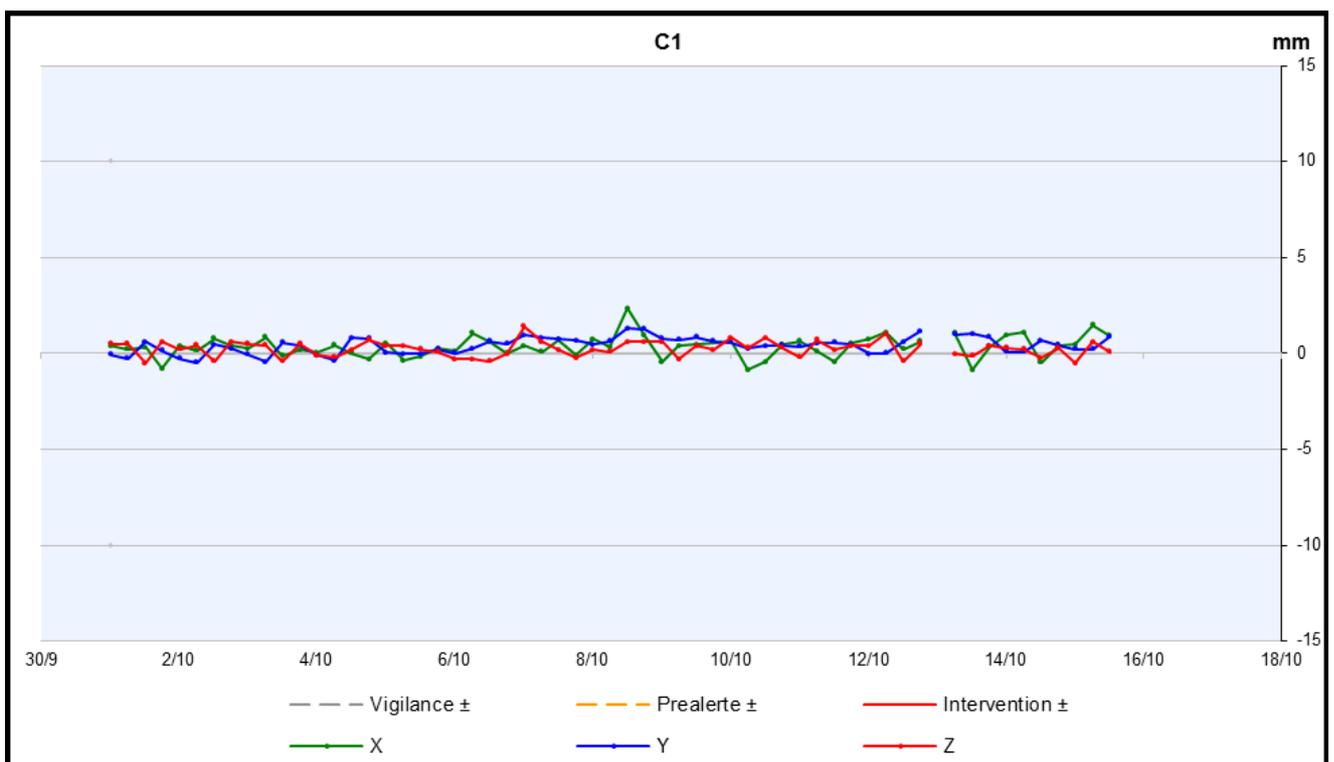
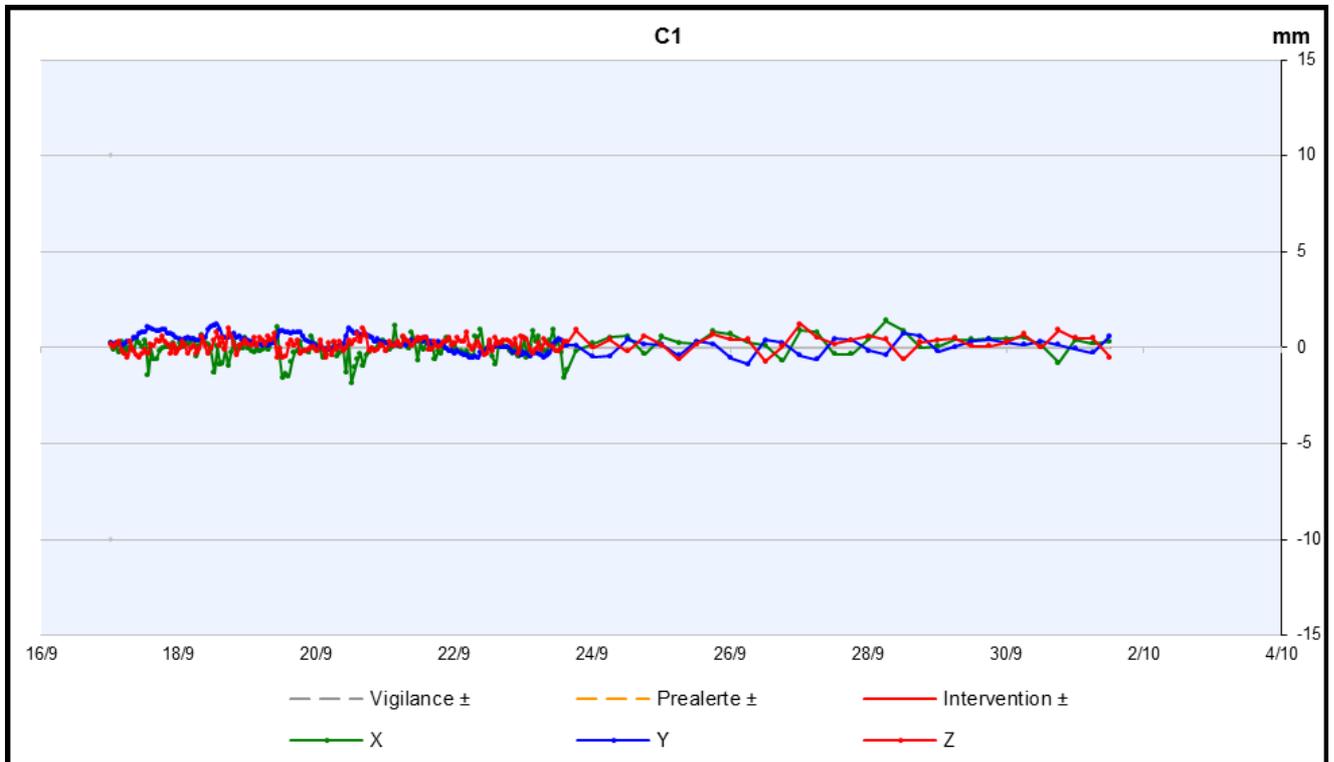
Nous exploiterons les données enregistrées entre le 17 septembre et le 15 octobre 2014.

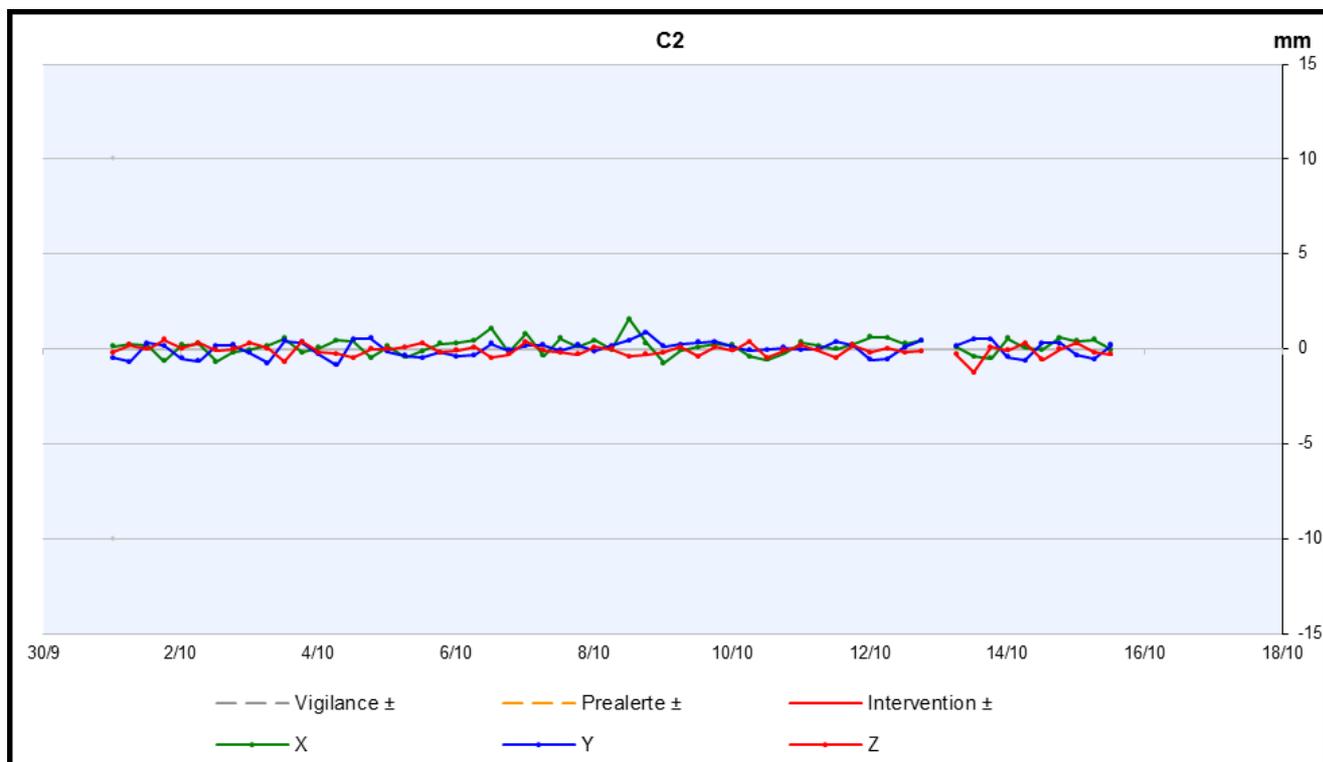
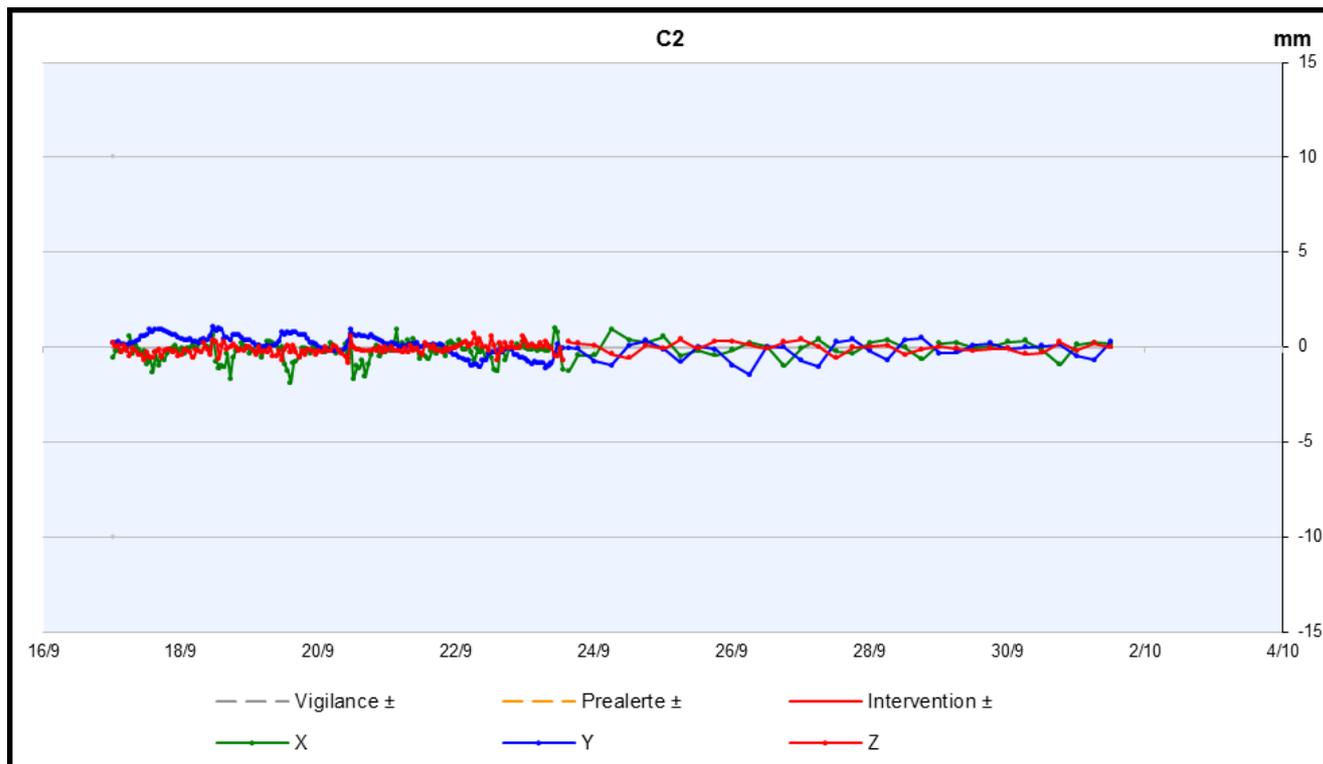
### 3.2. IMPLANTATION DES DISPOSITIFS DE SUIVI GLOBAL DE L'OUVRAGE

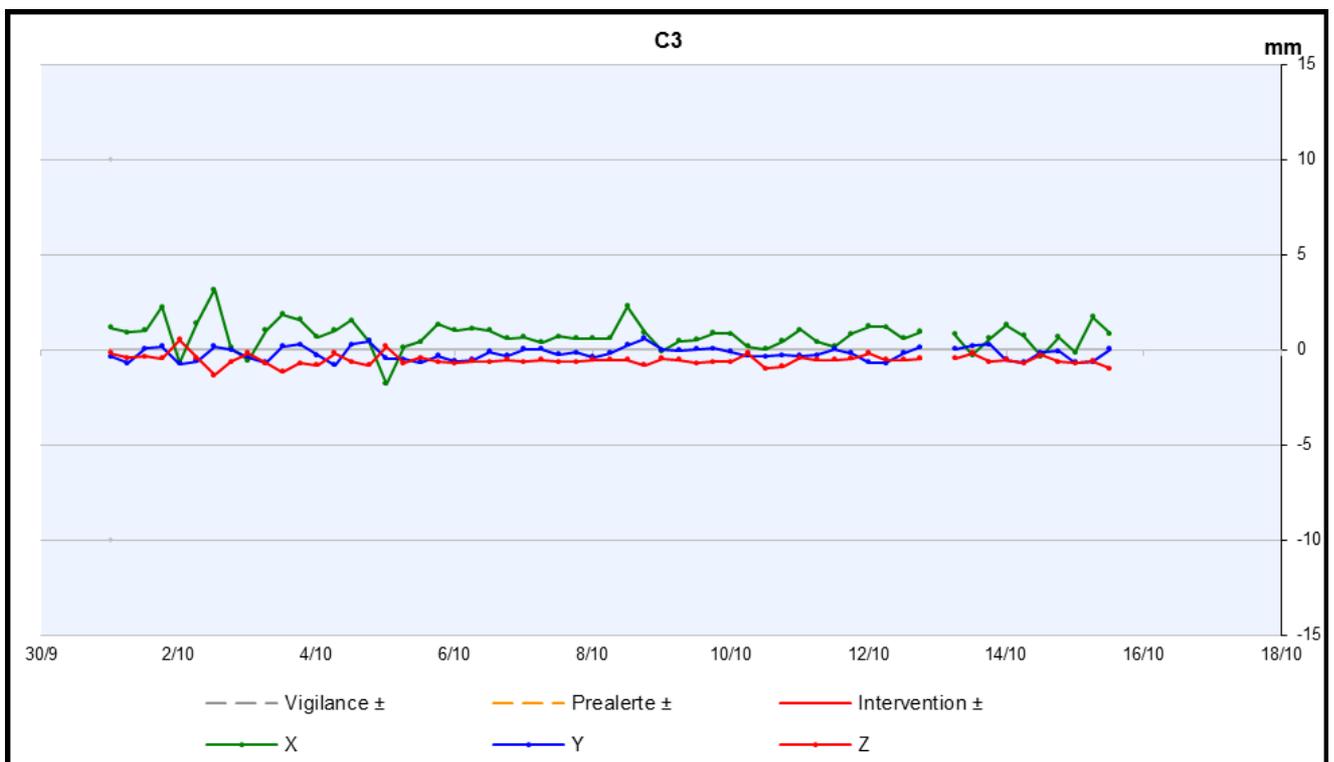
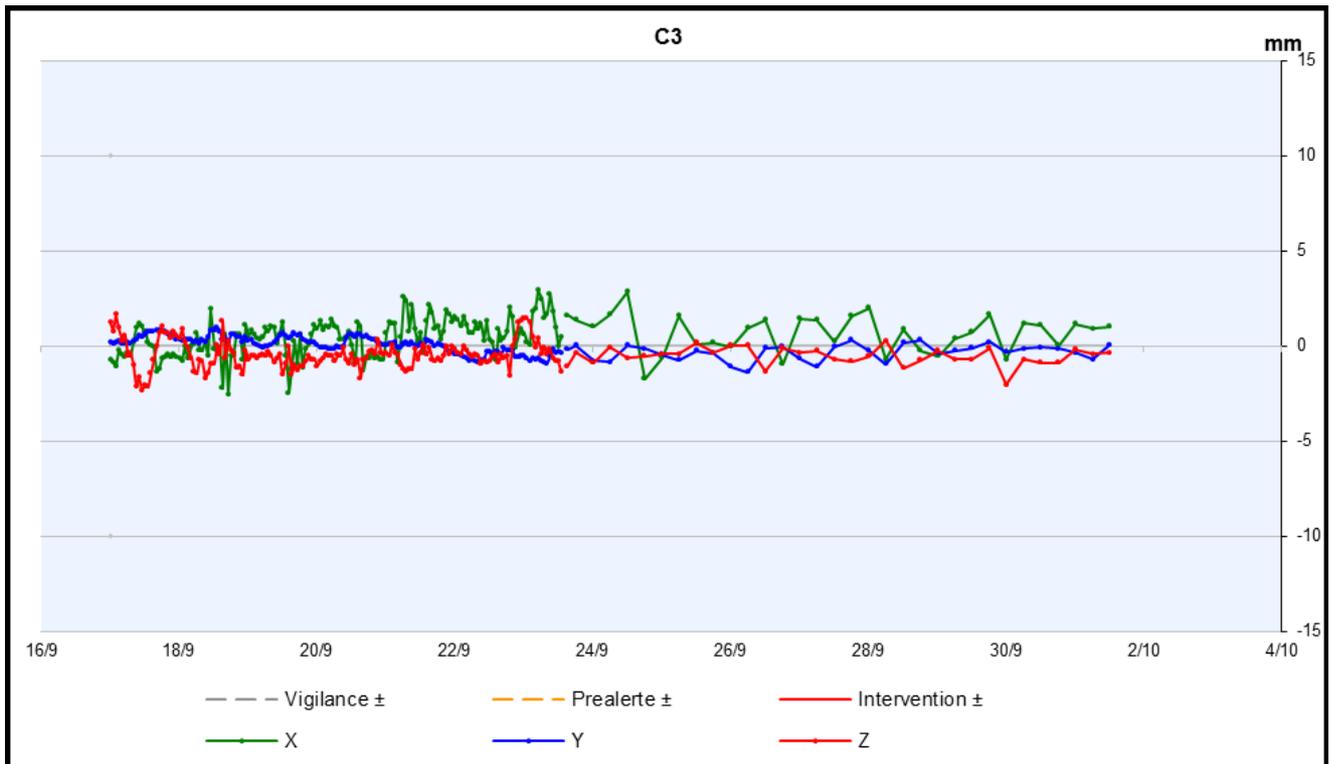


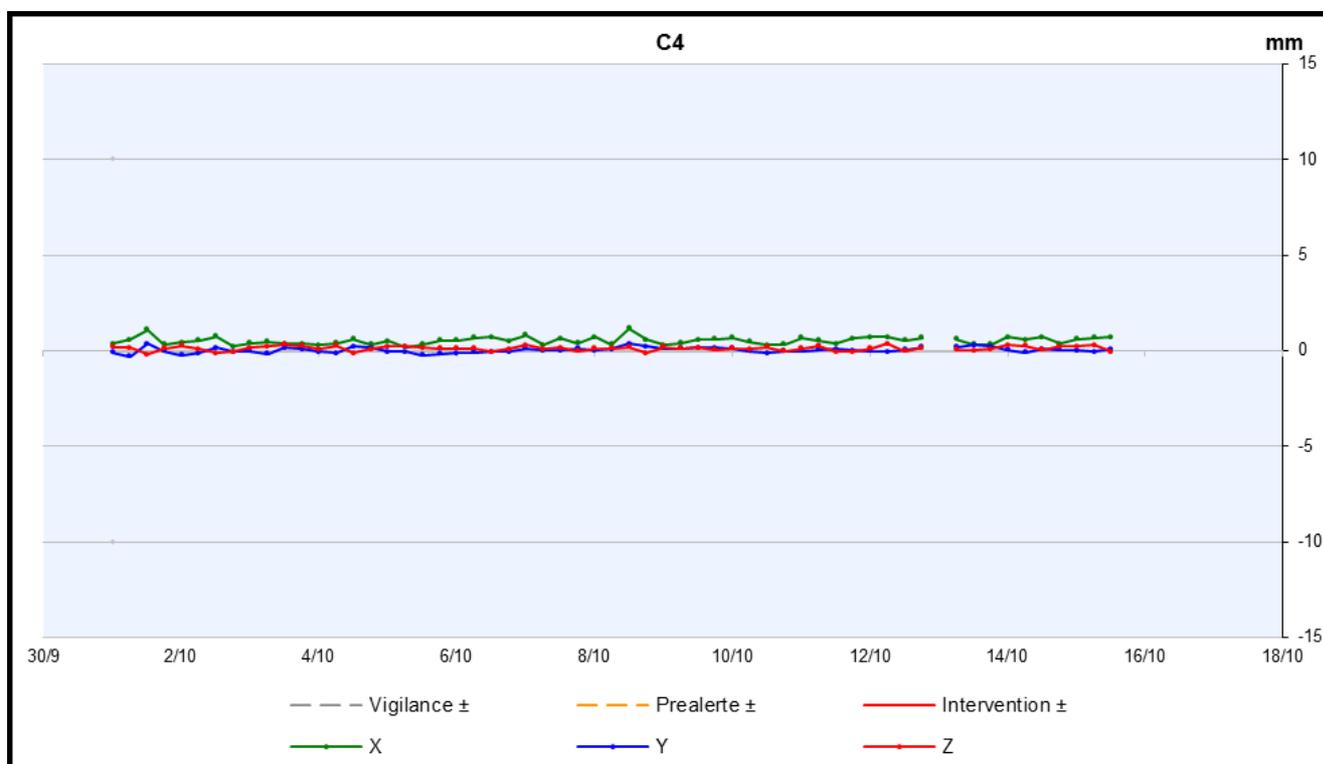
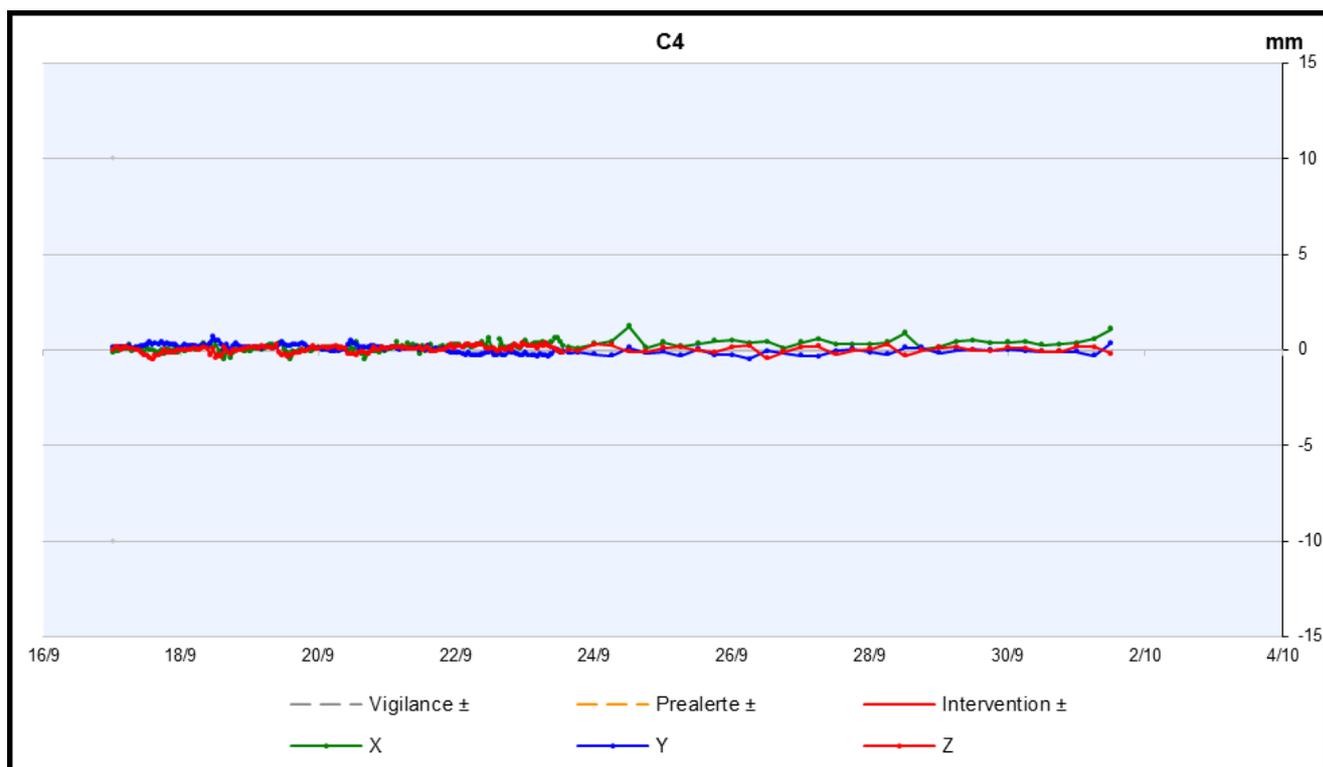
### 3.3. SUIVI GLOBAL DE L'UNITE 1

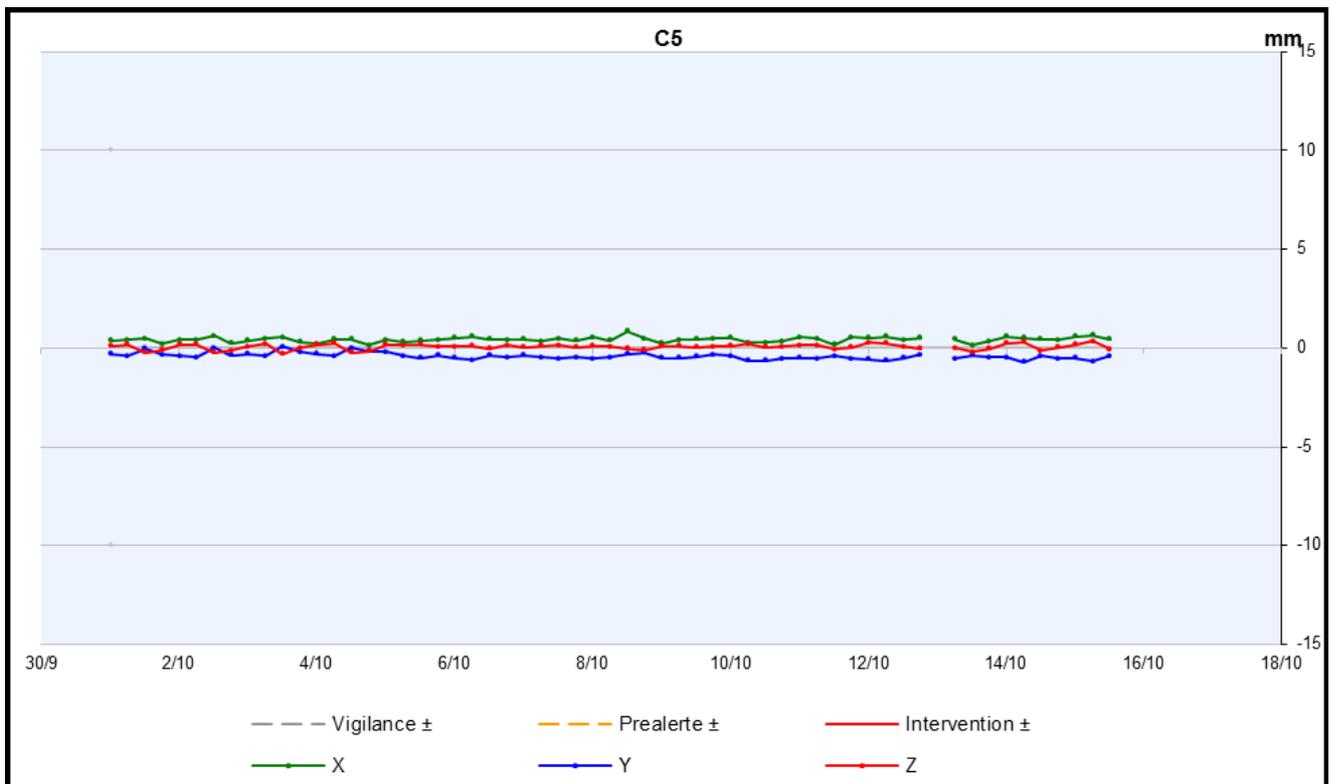
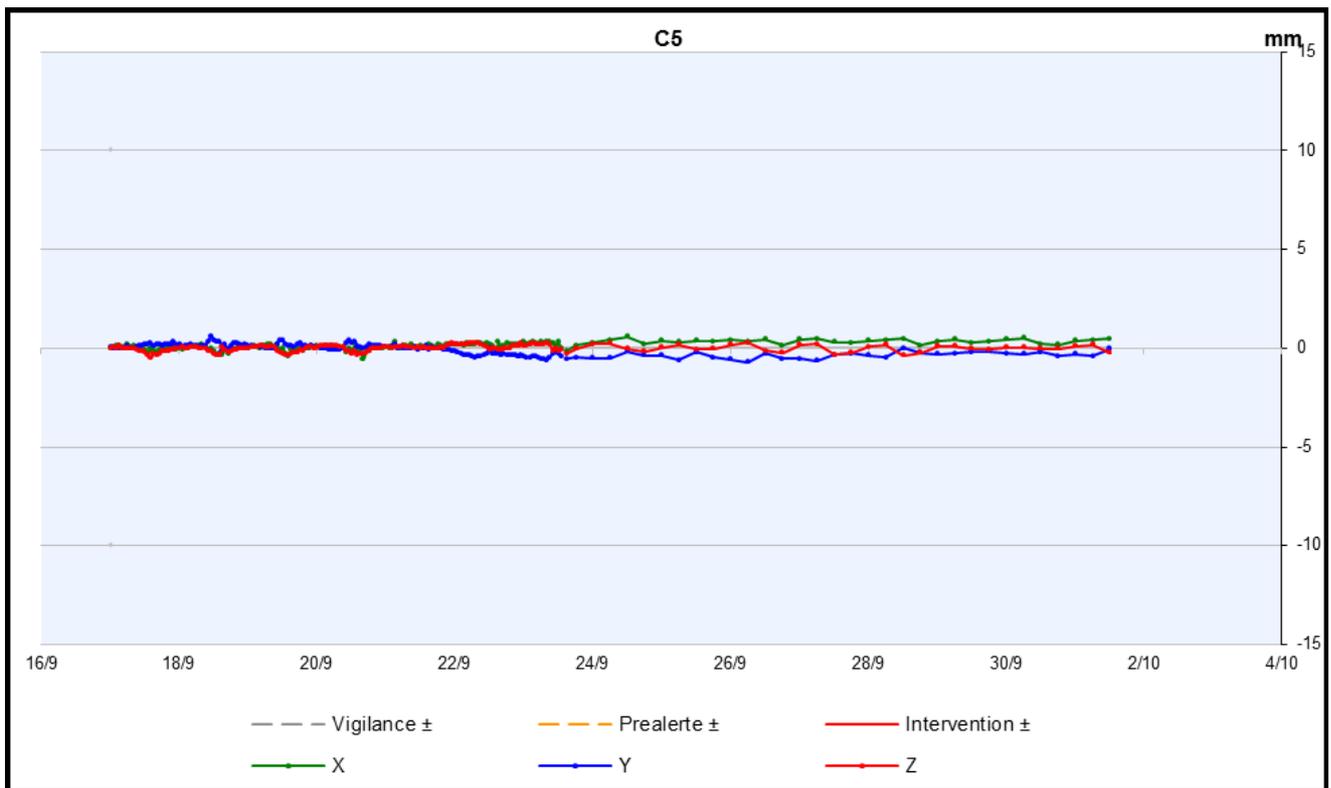
#### Théodolite

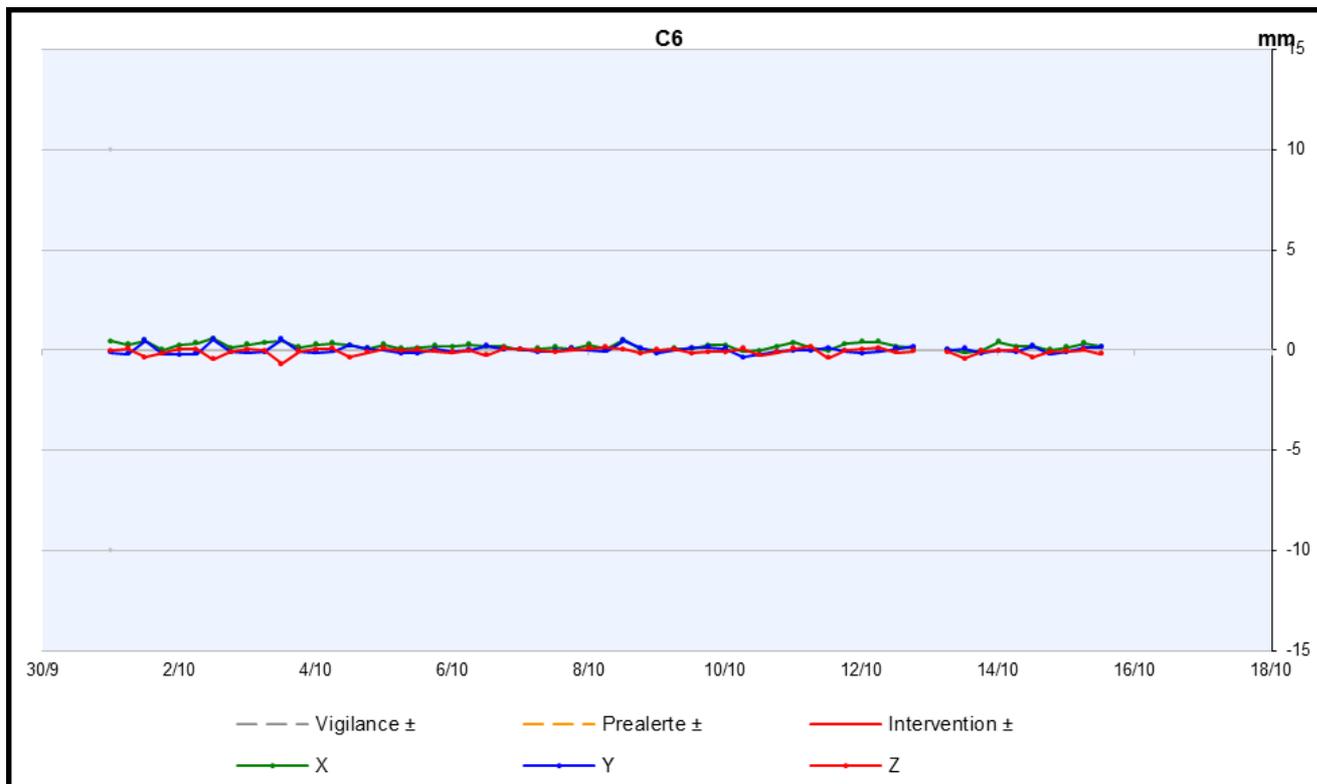
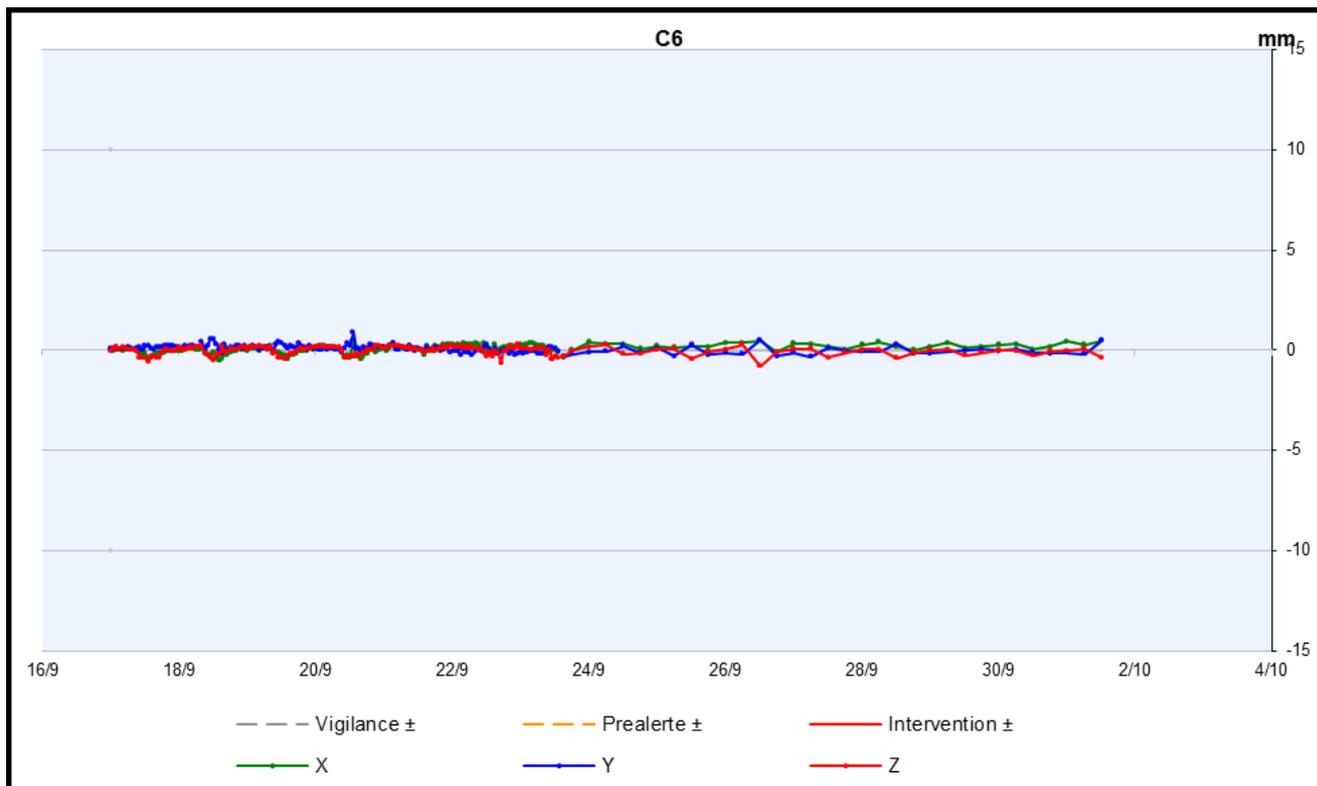


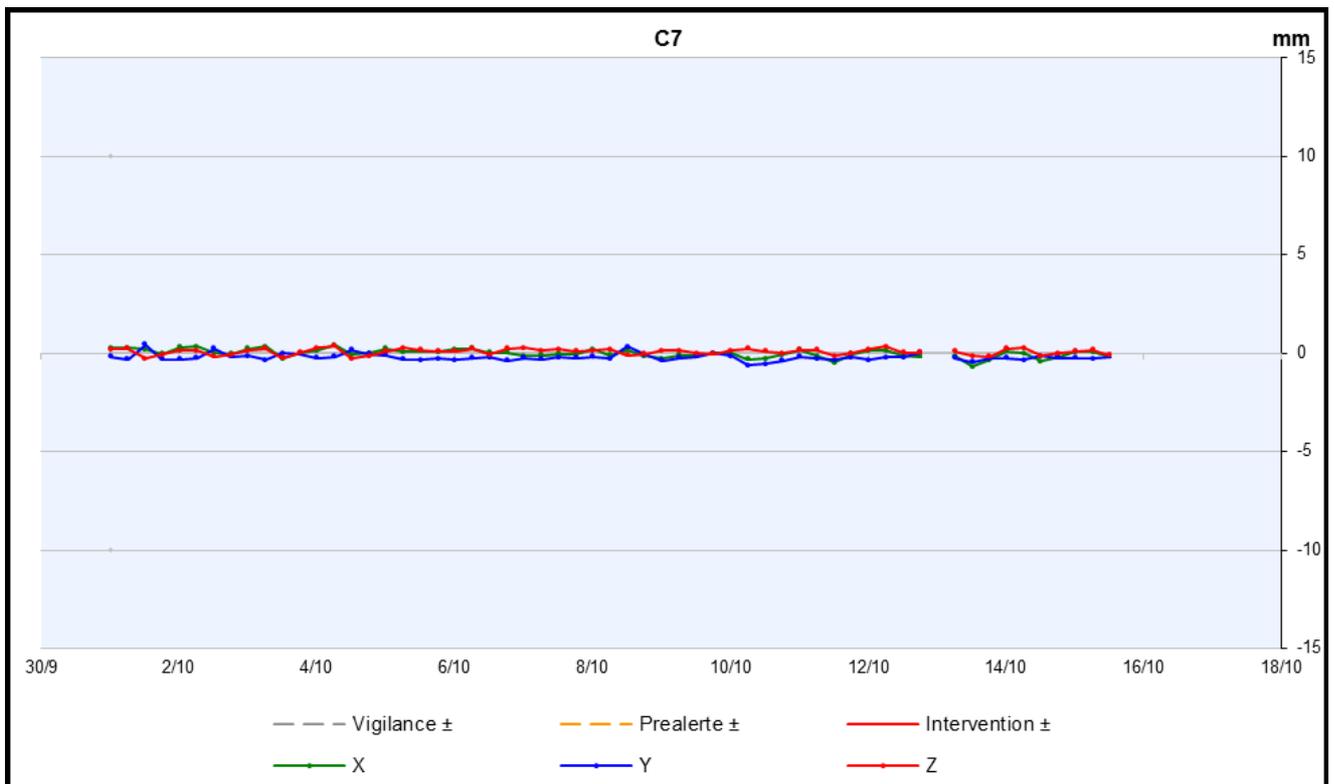
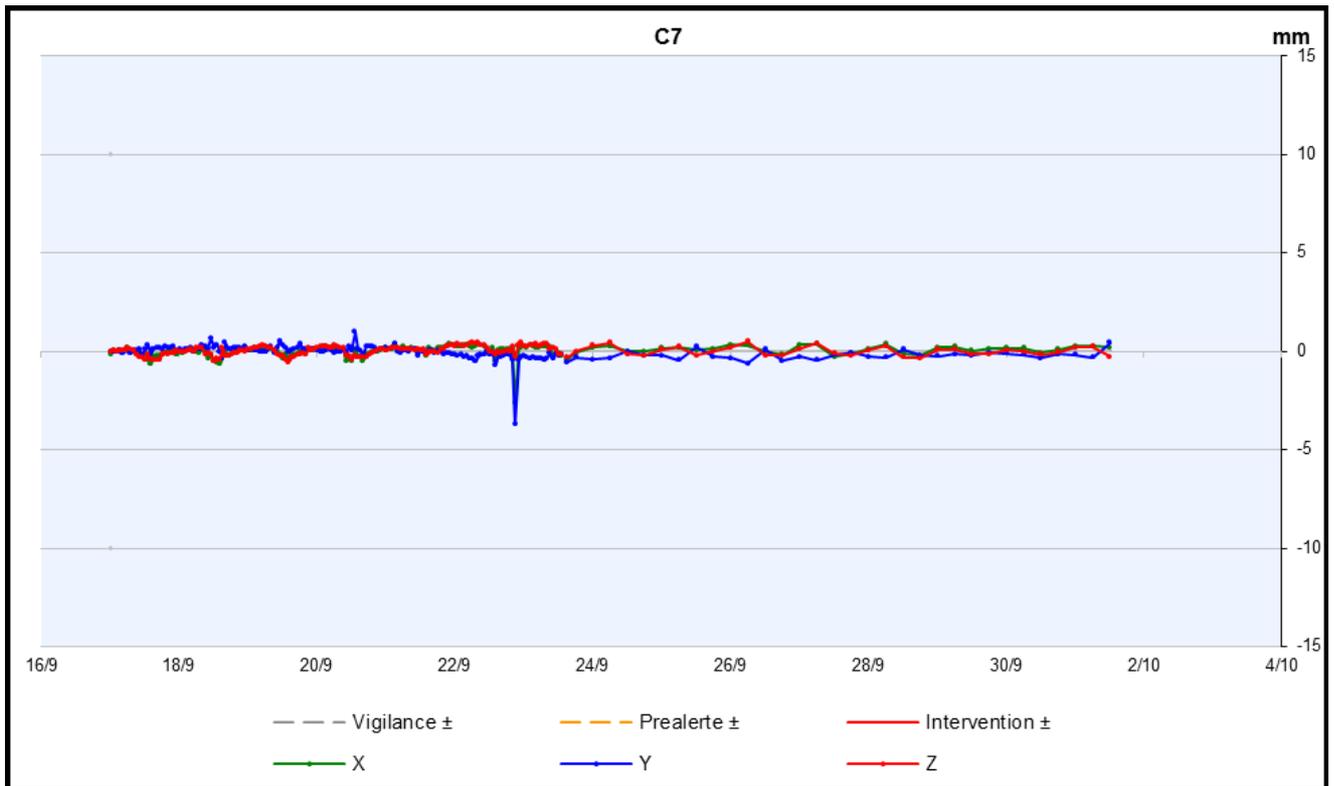


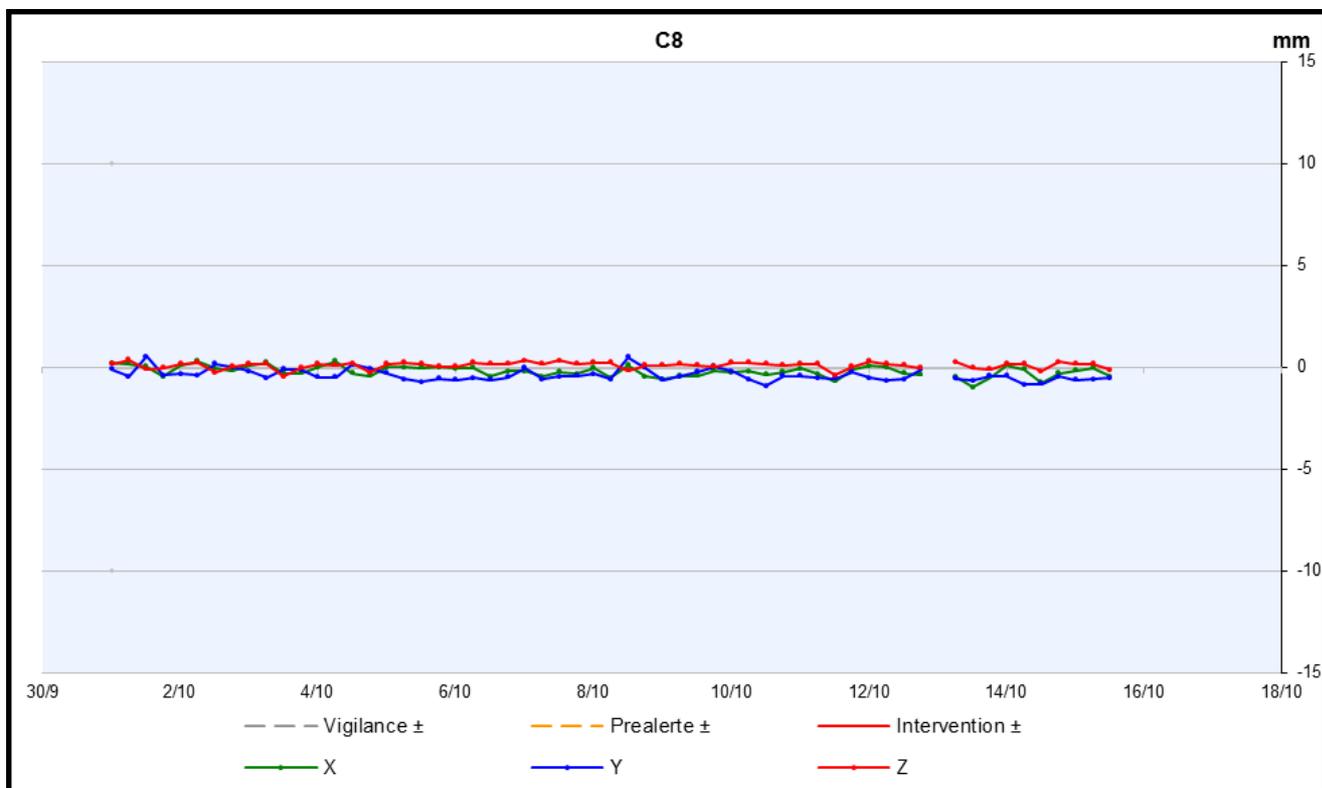
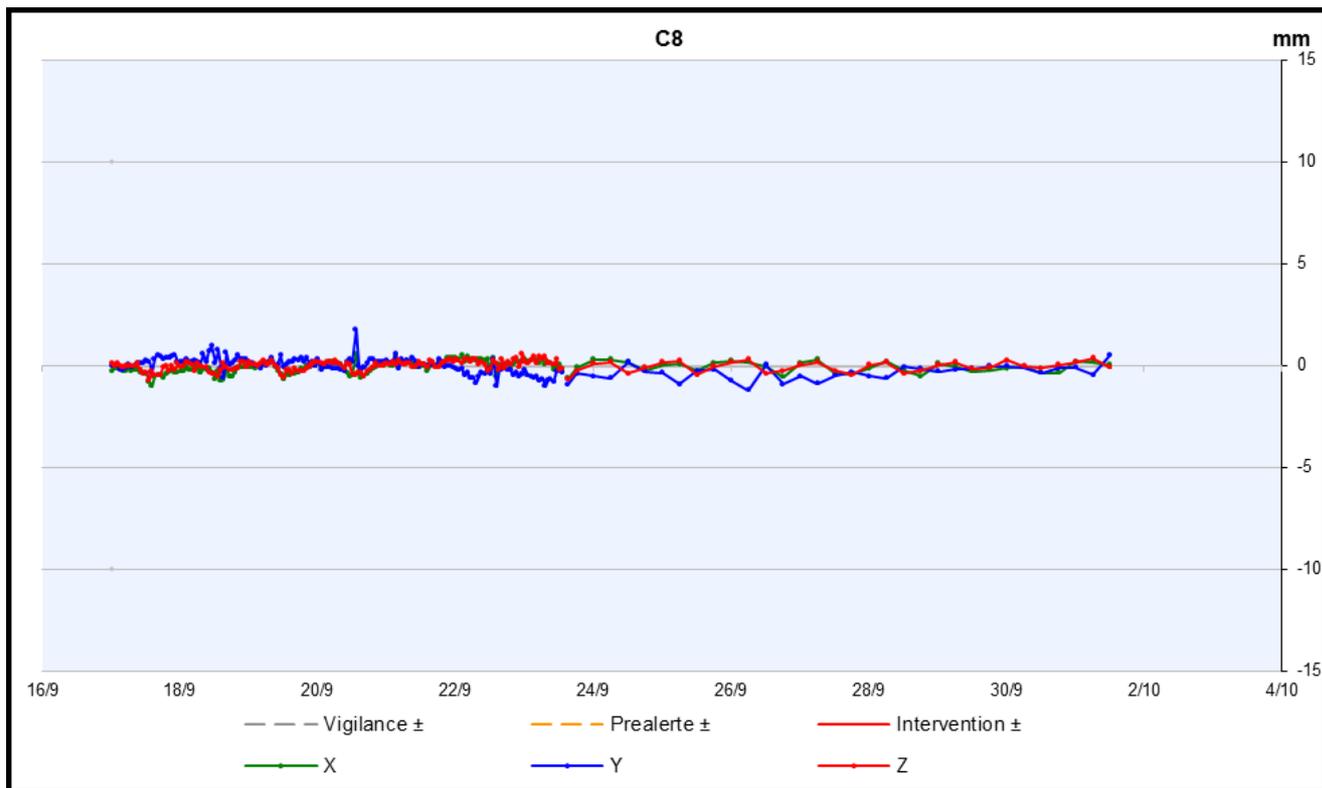


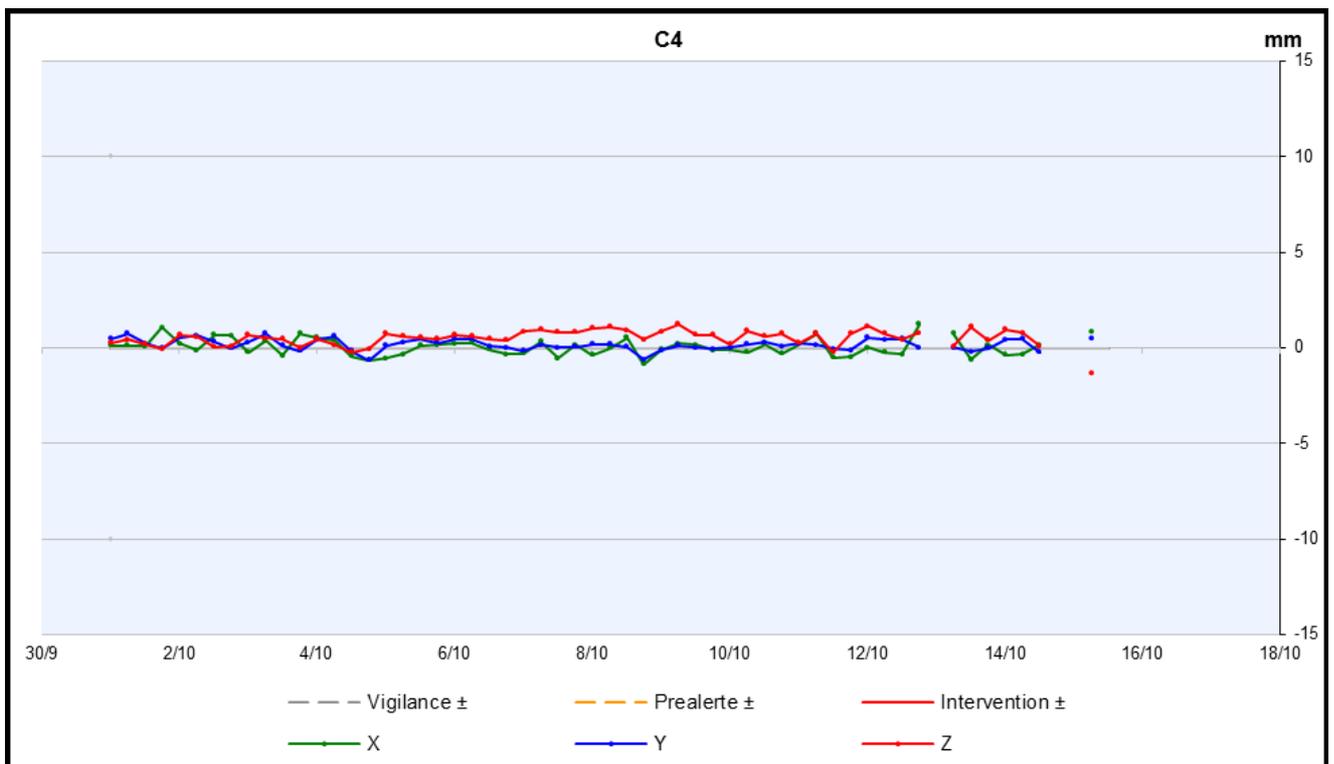
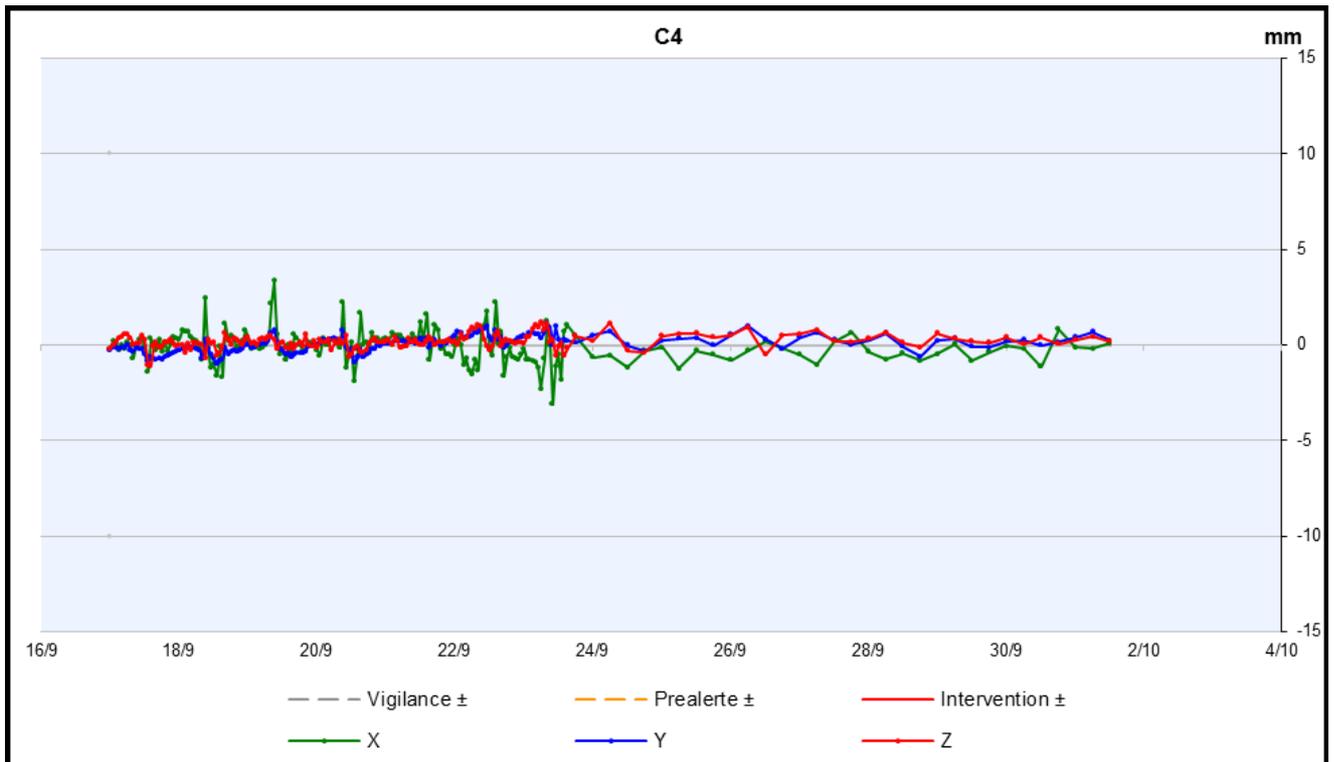


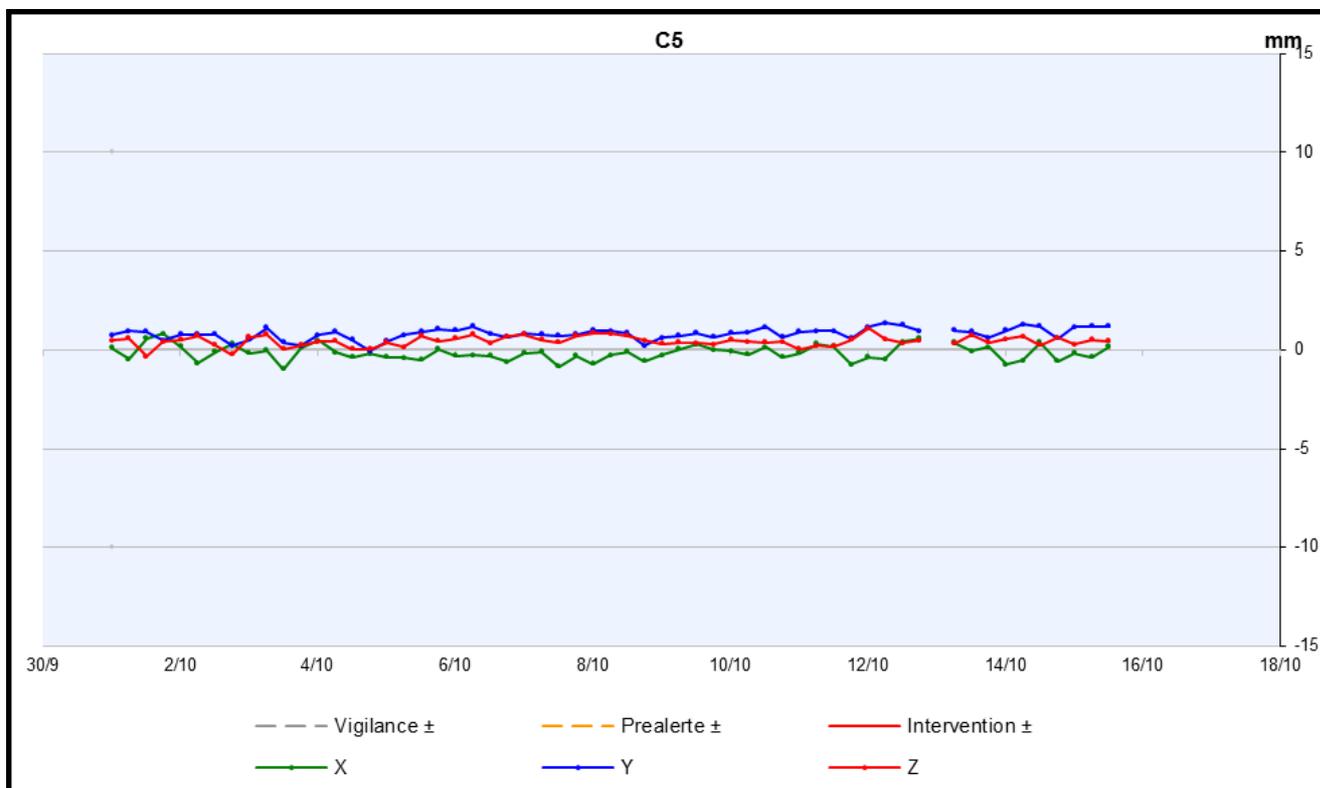
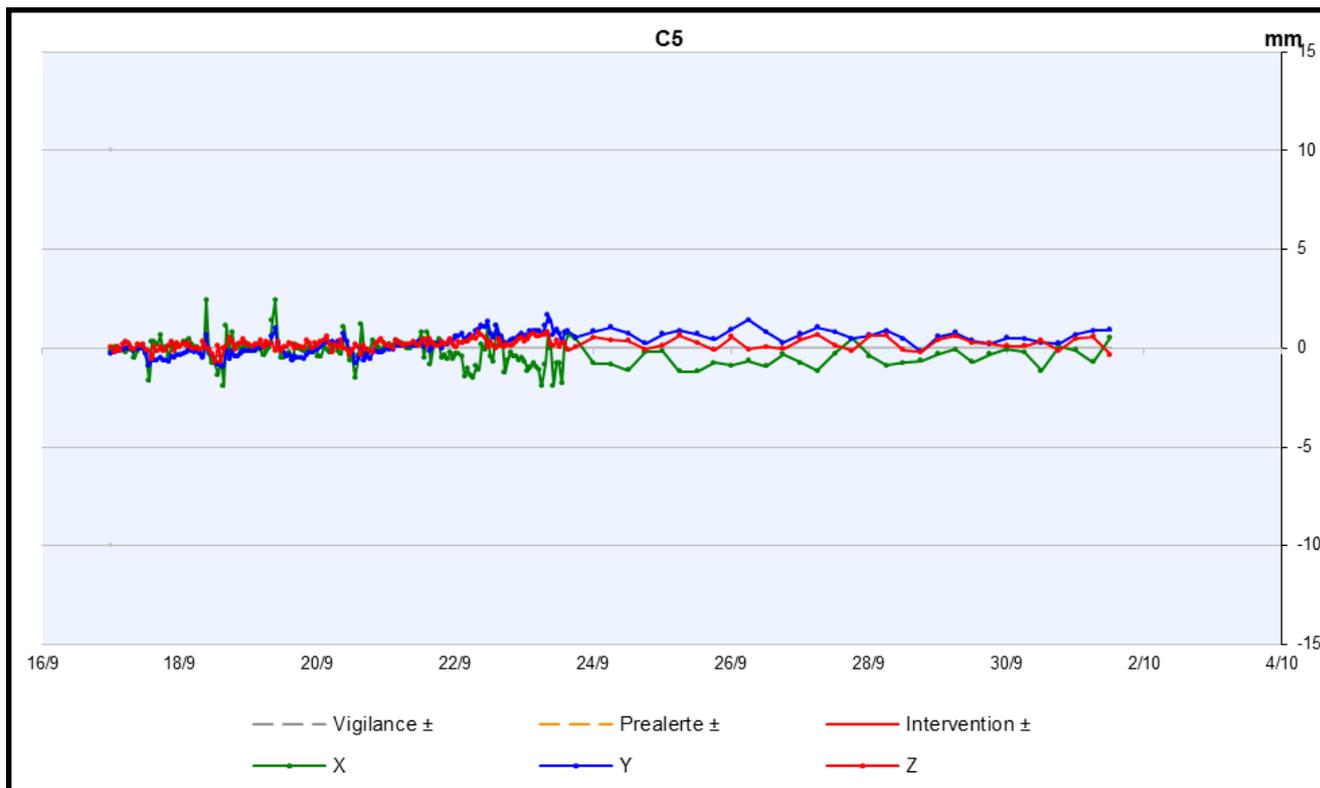


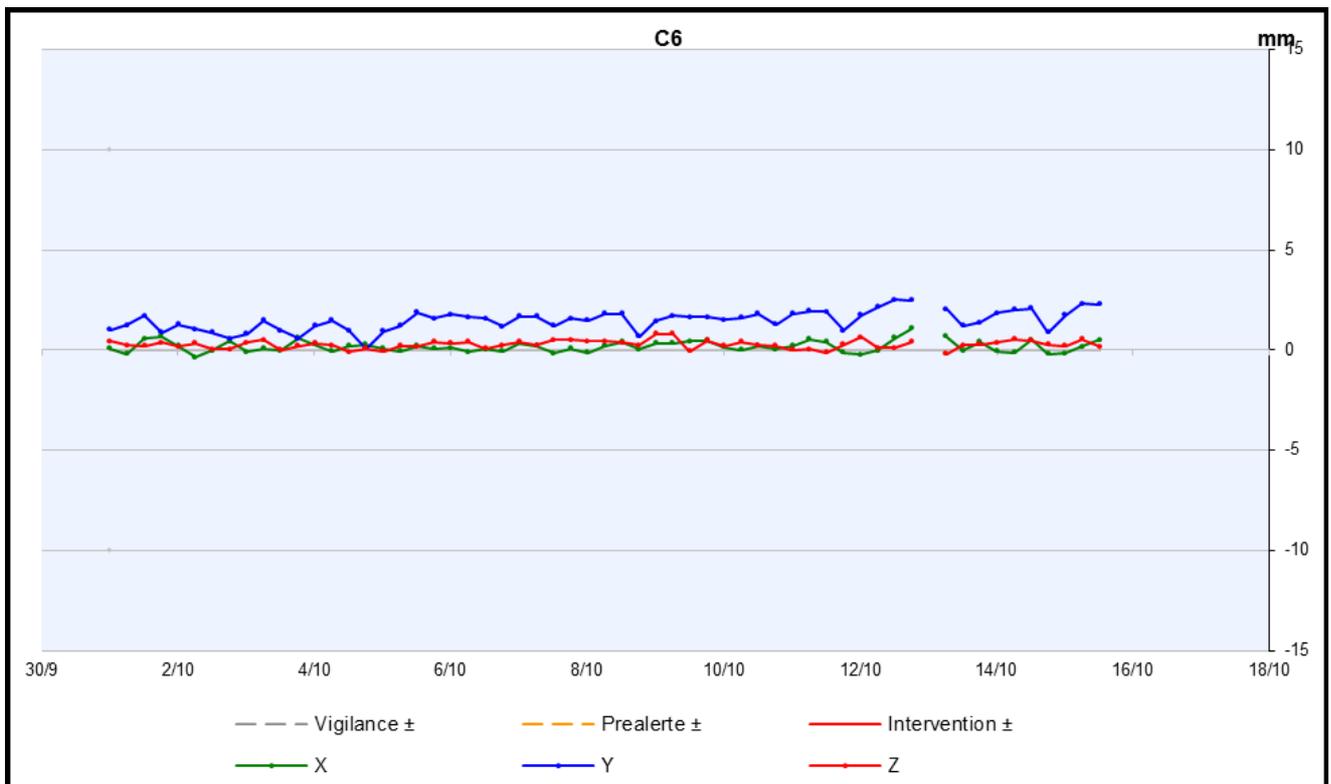
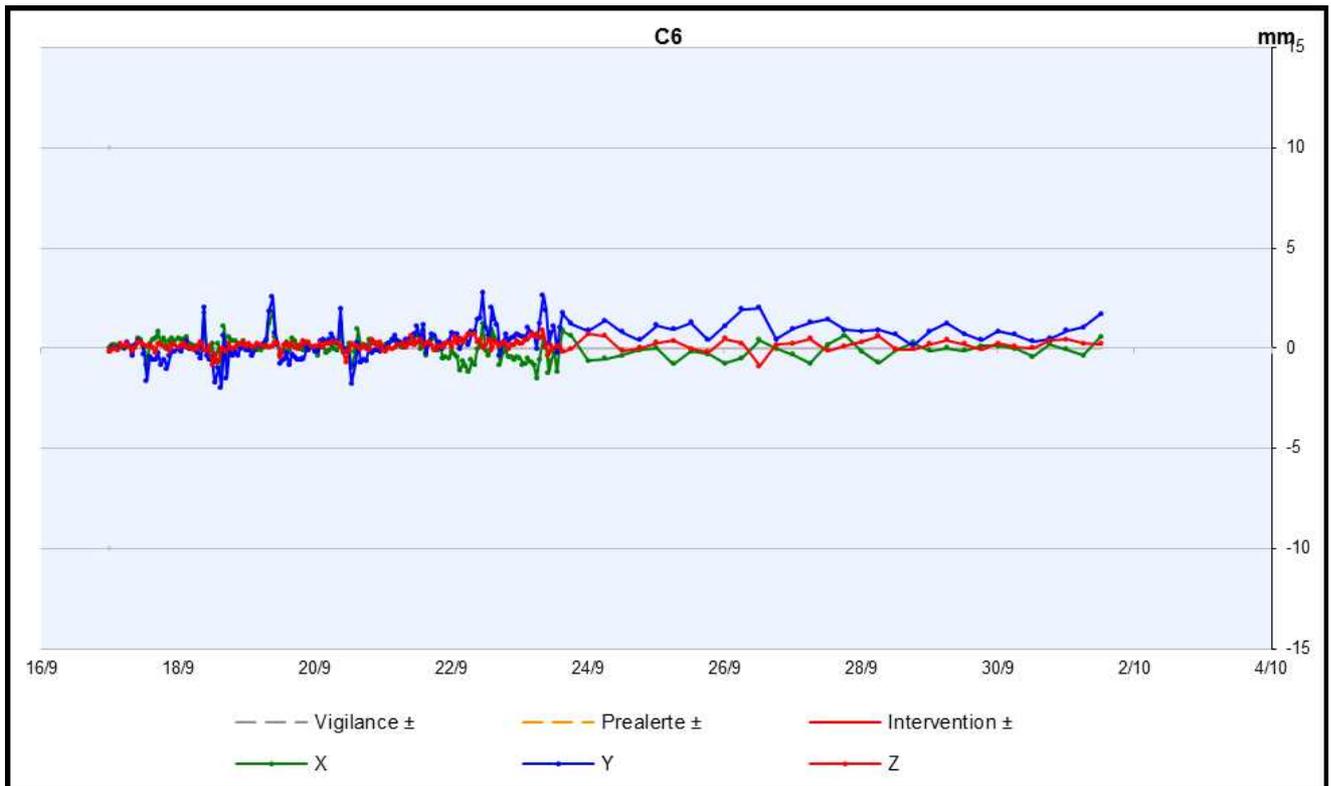






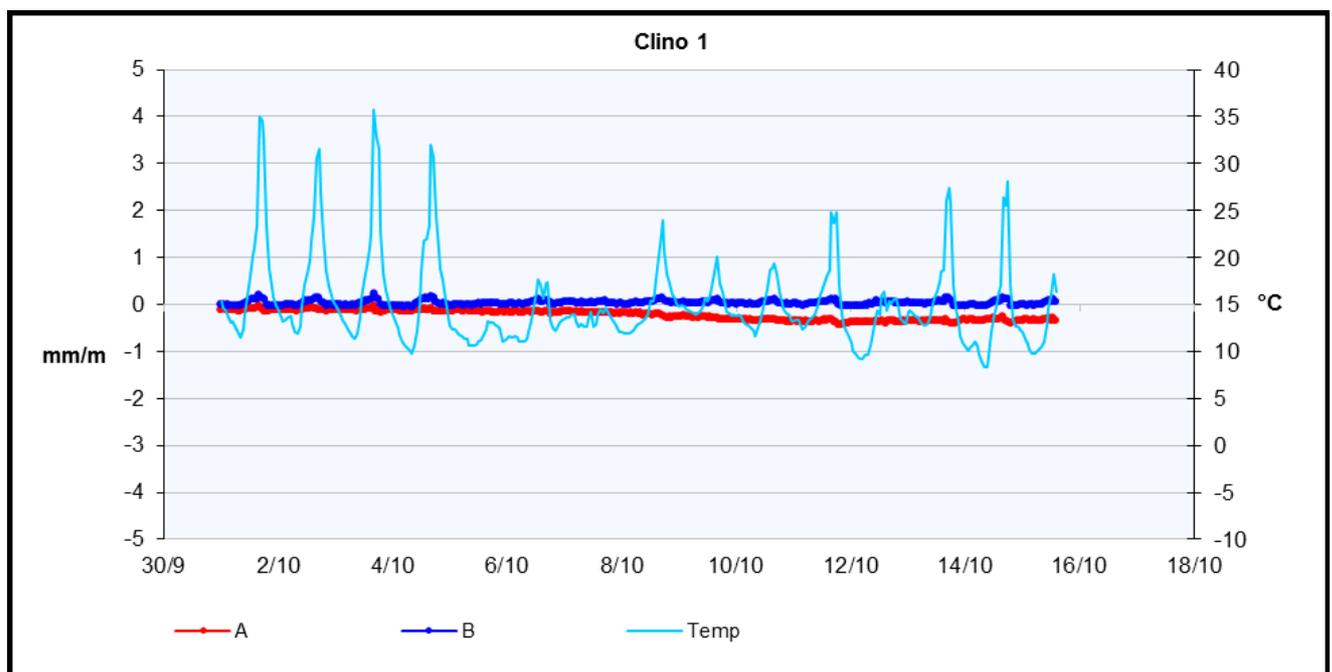
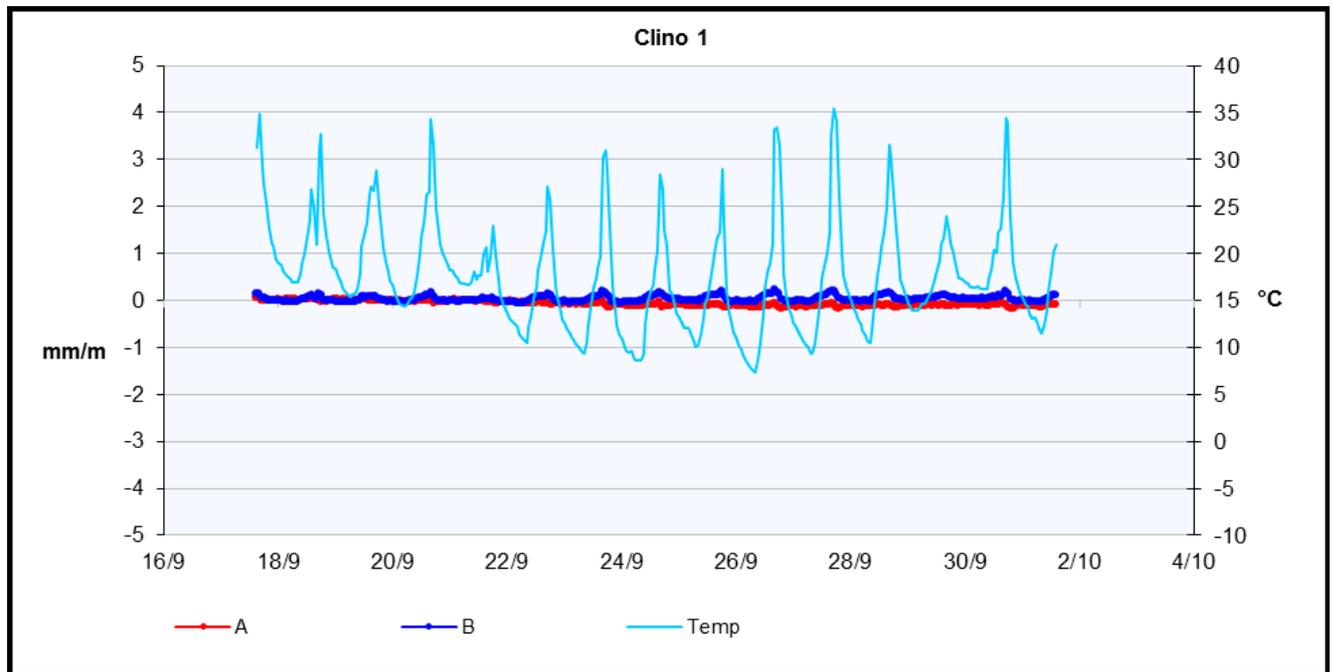


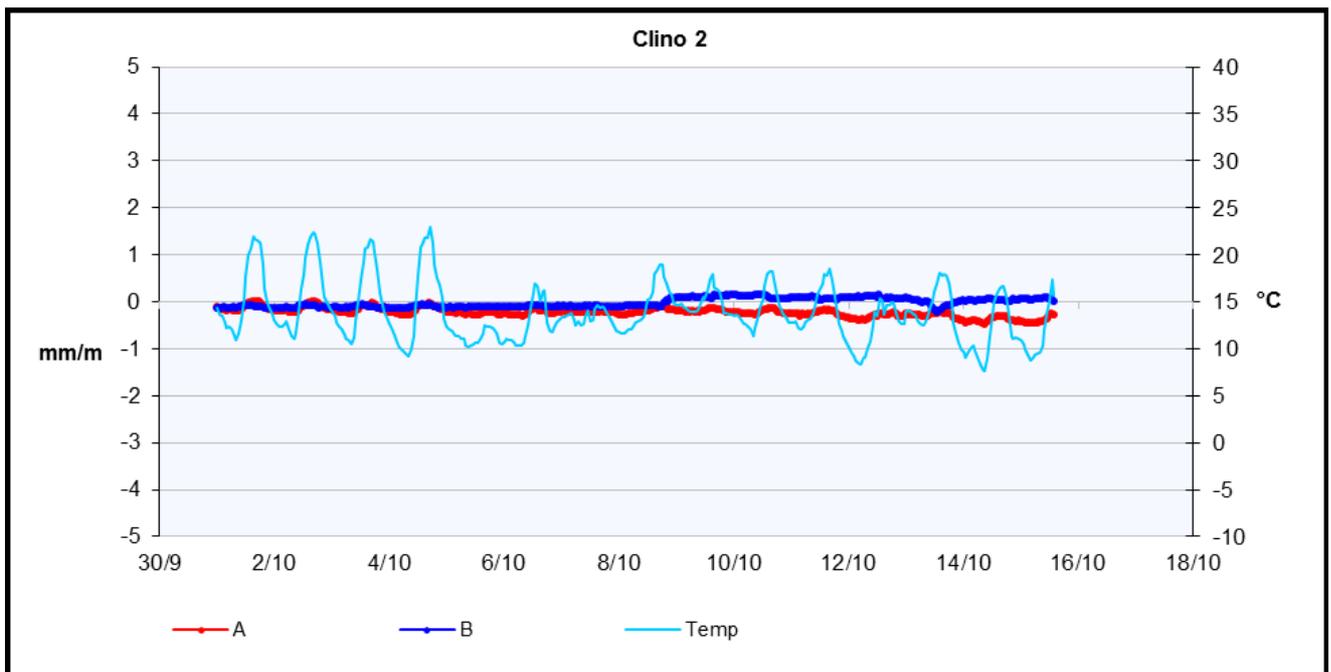
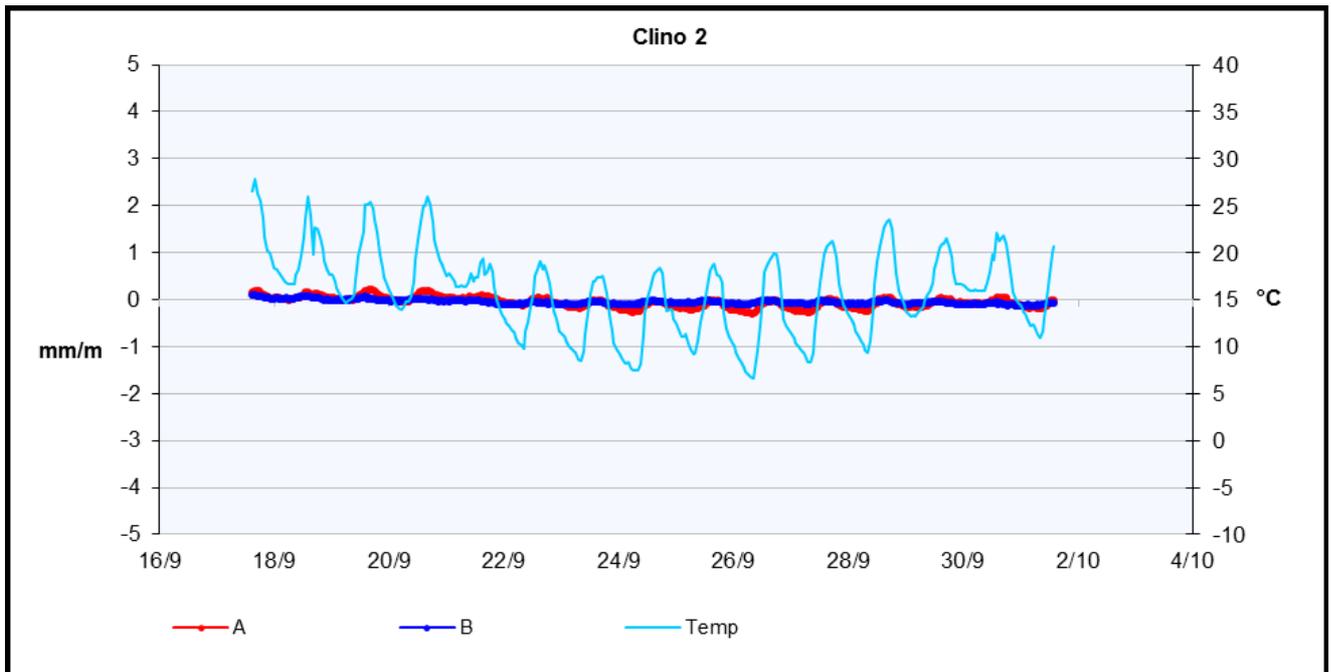


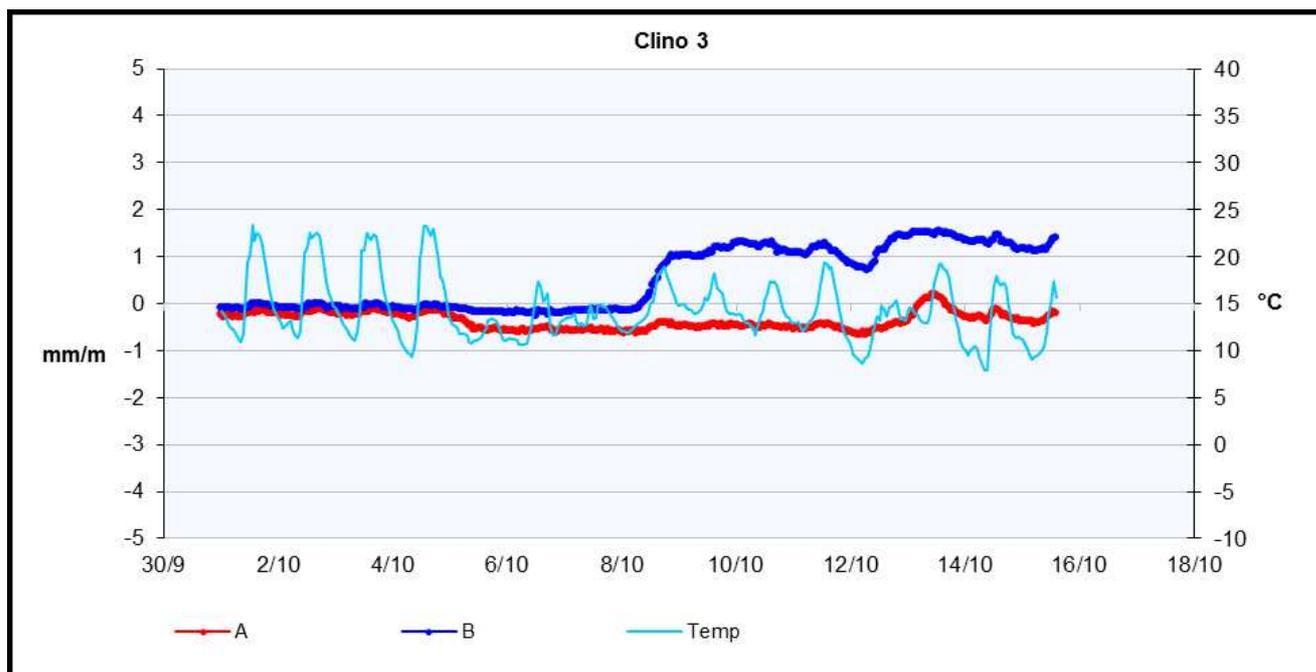
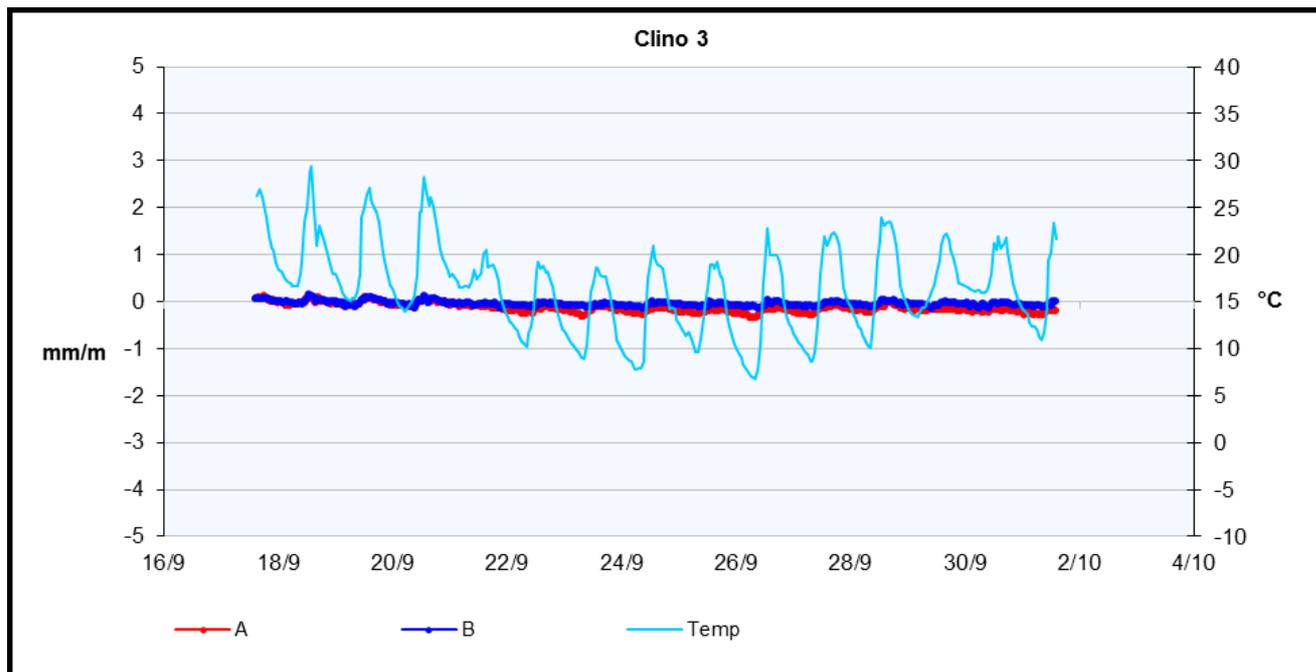


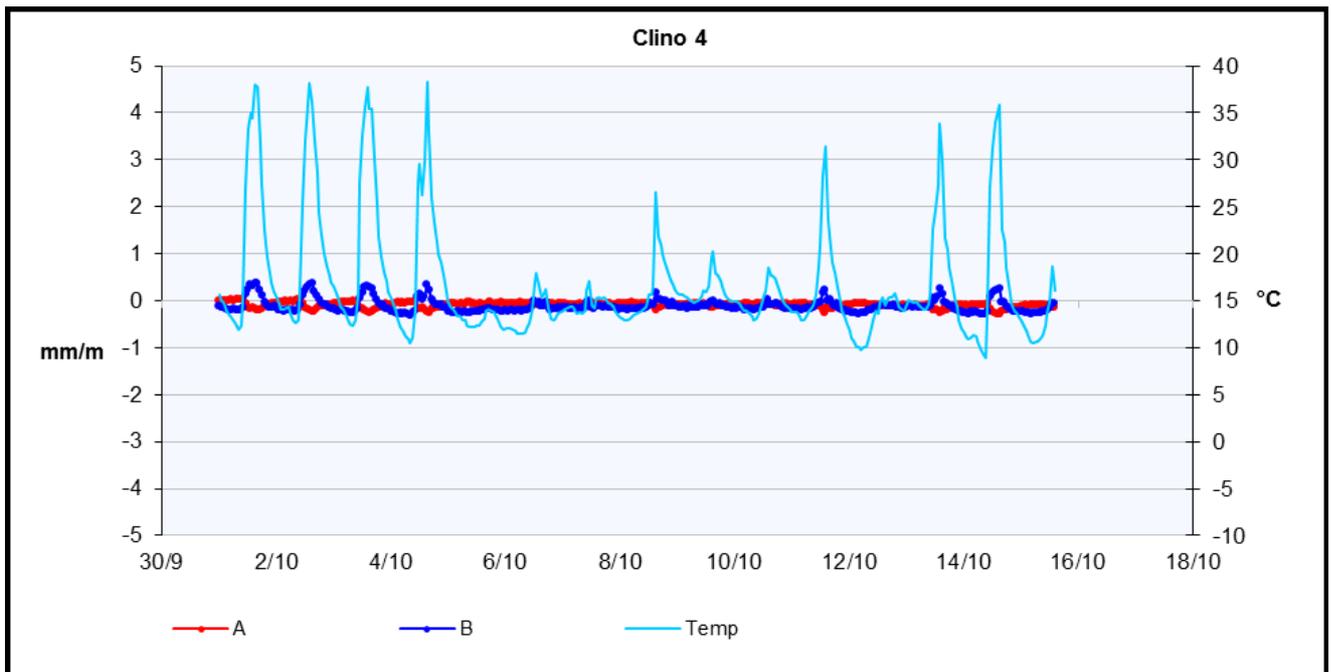
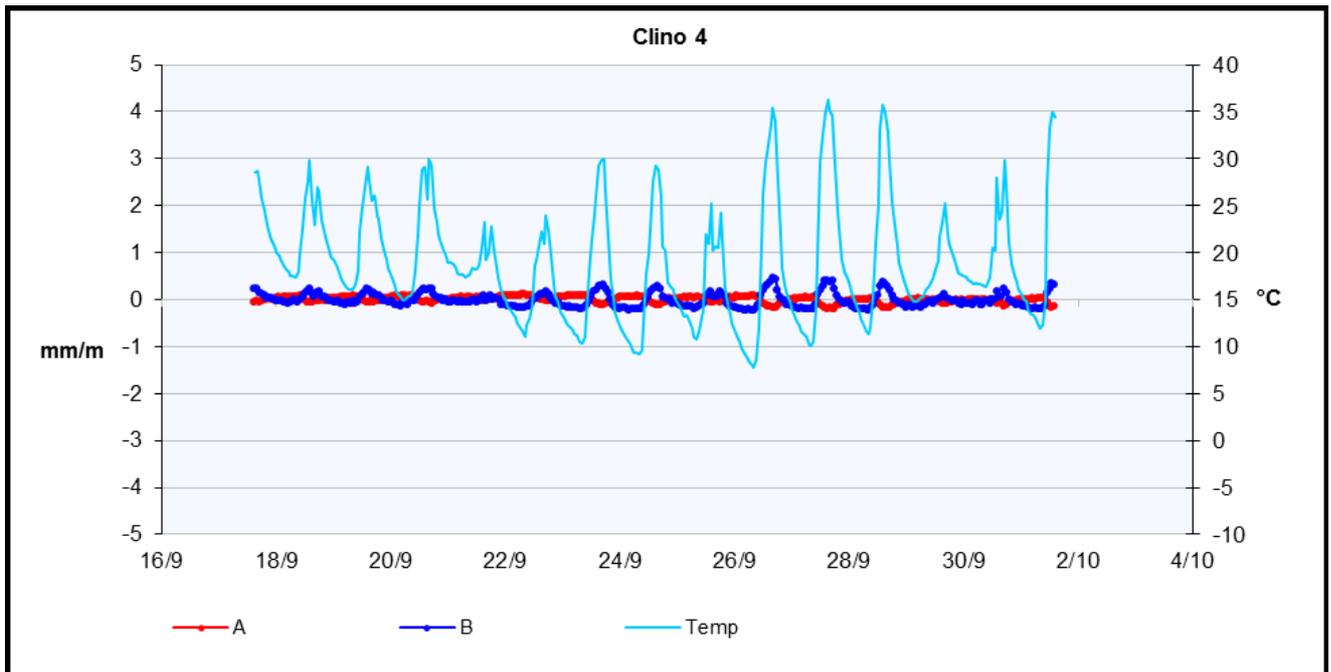
**Le fuseau des déplacements est de +/-3mm observés sur 30 jours**

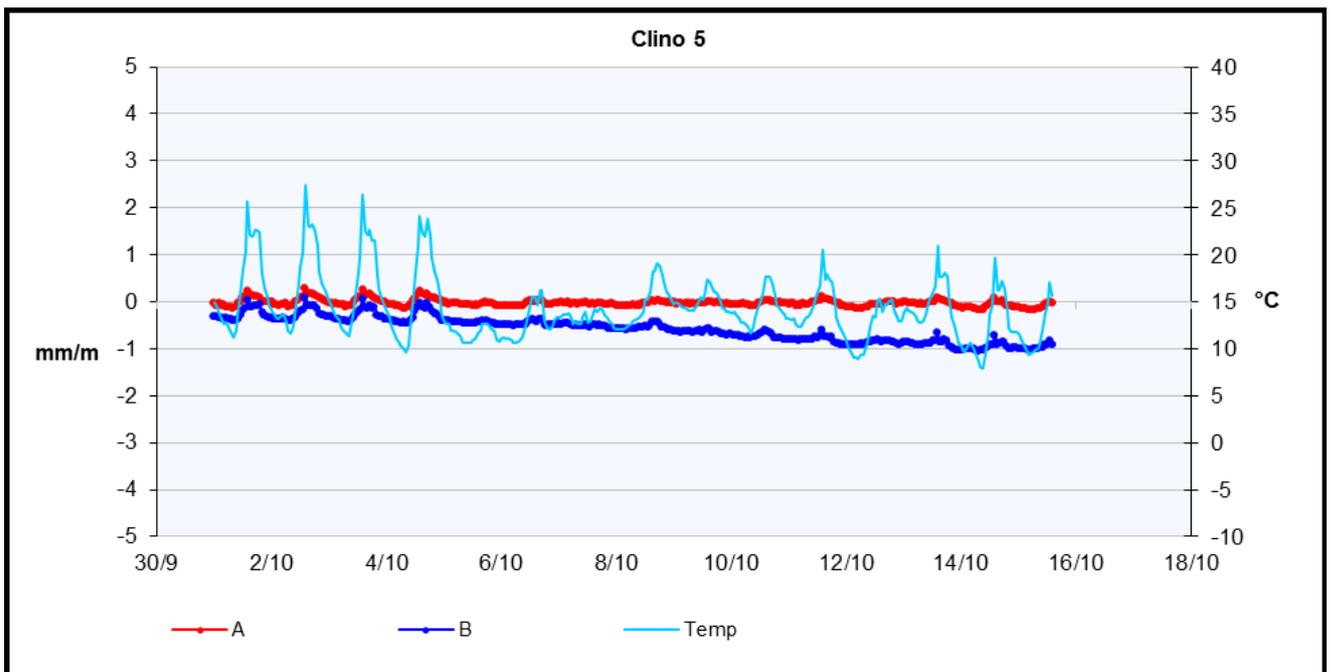
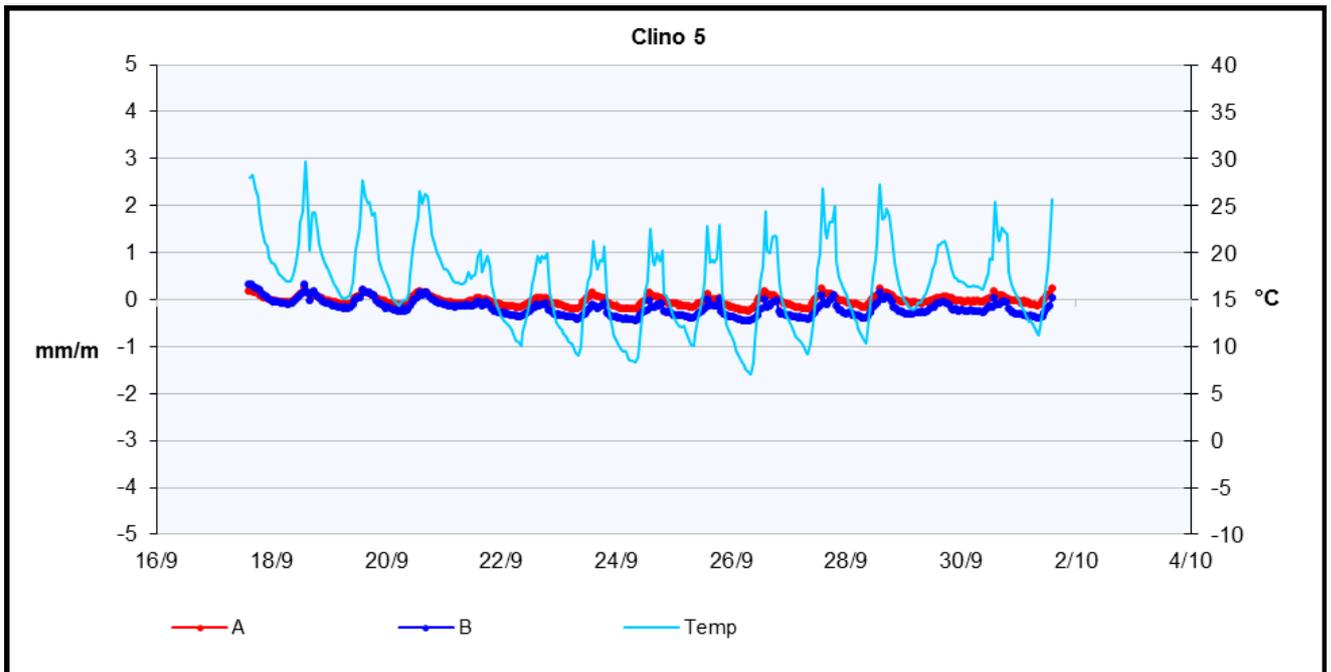
## Inclinomètres

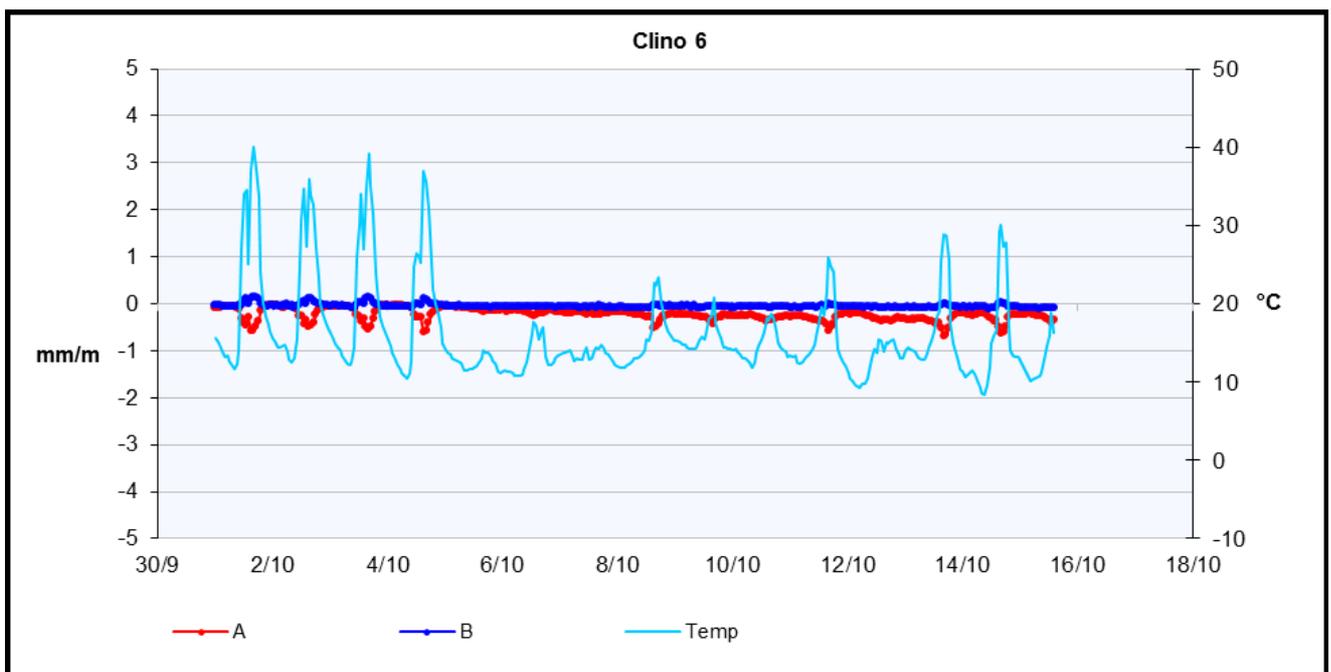
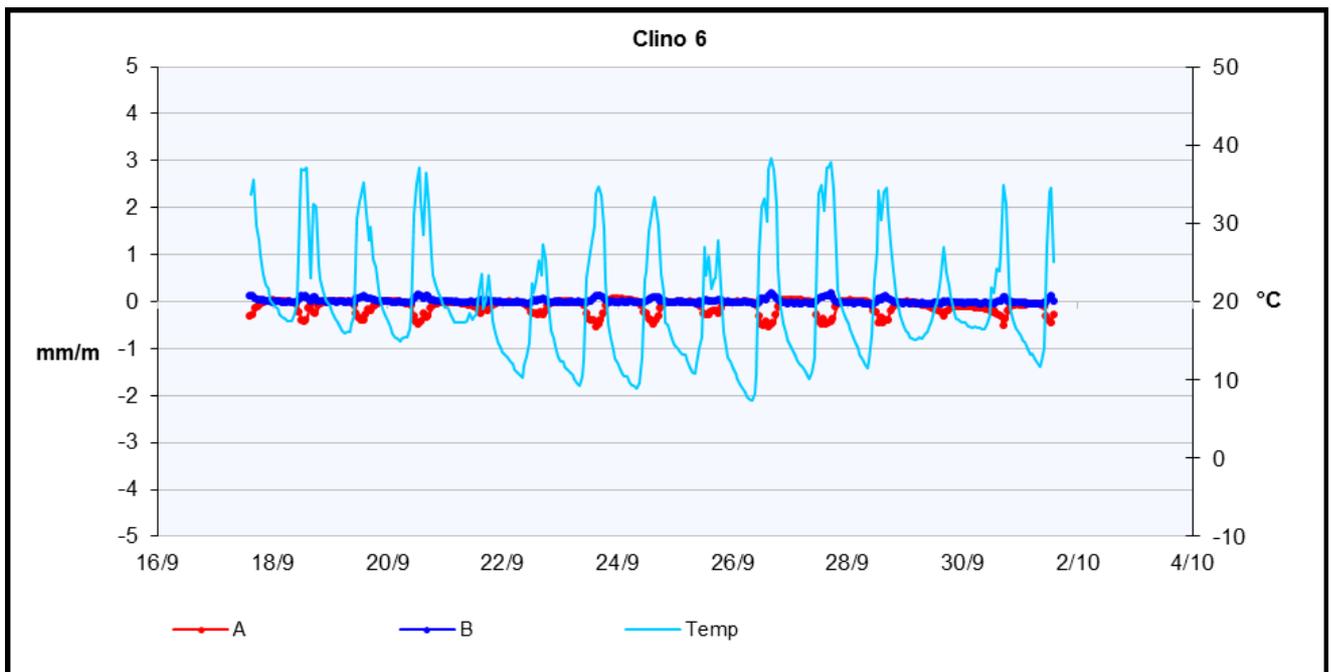


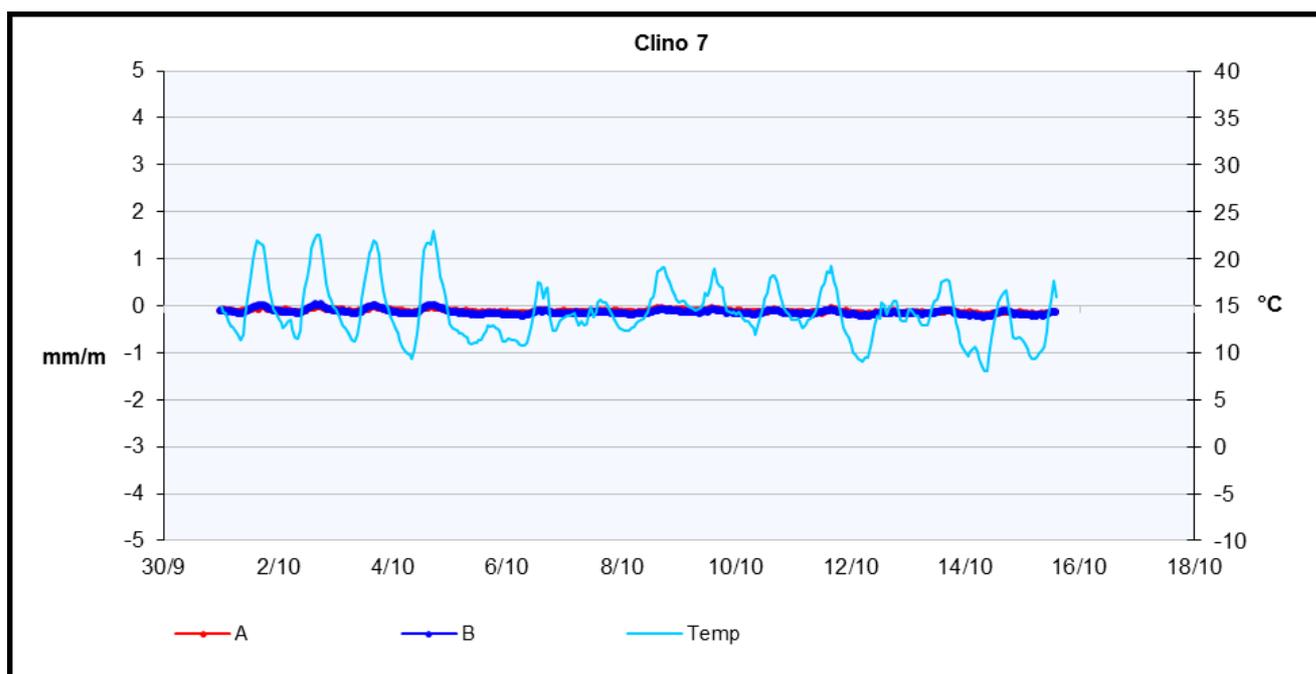
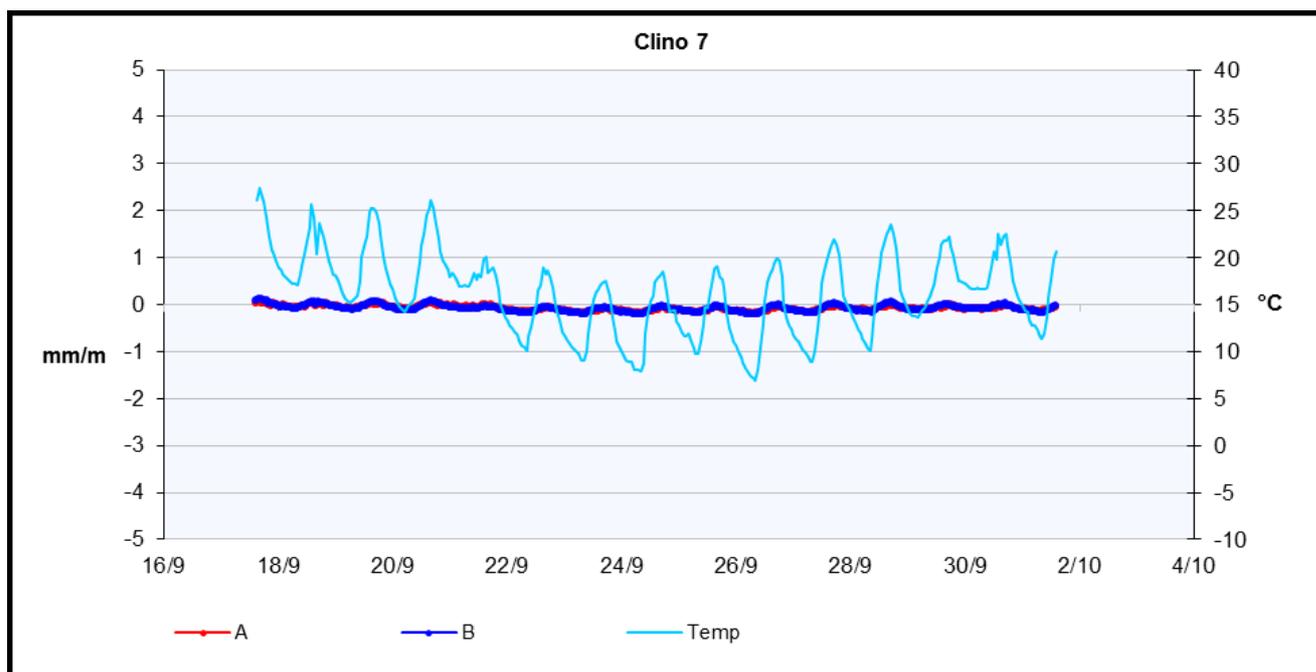












Les inclinaisons restent inférieures à 1mm/m observés sur 30 jours

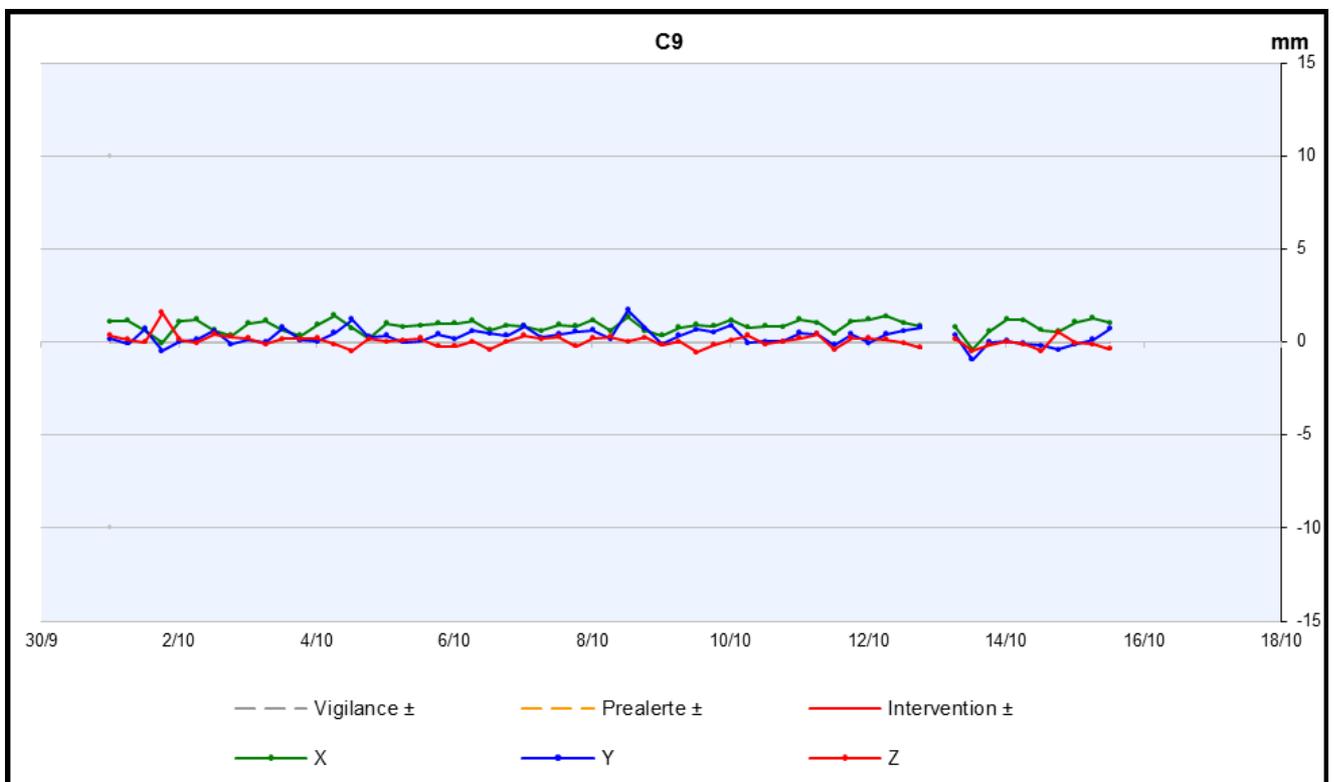
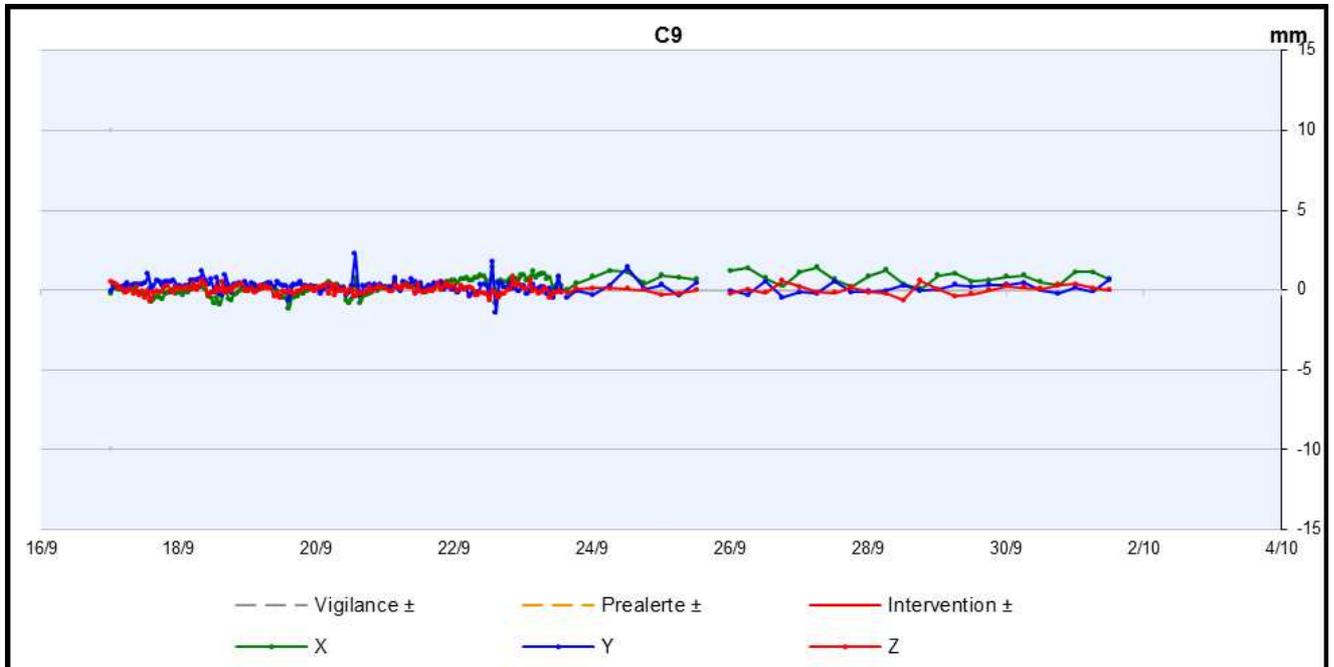
**HORMIS l'inclinomètre 5 qui a atteint 1mm/m depuis le 12 octobre et l'inclinomètre 3 qui atteint 1.5mm/m depuis le 10 octobre 2014**

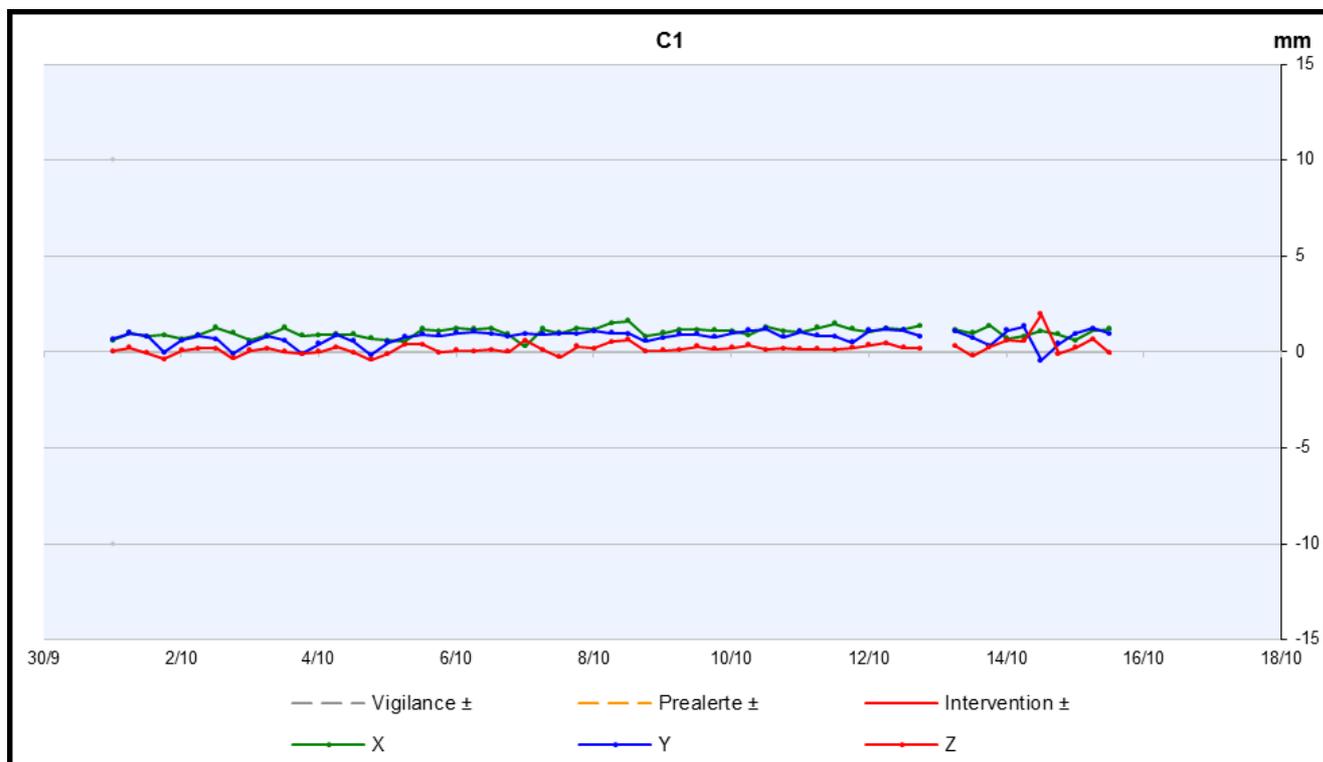
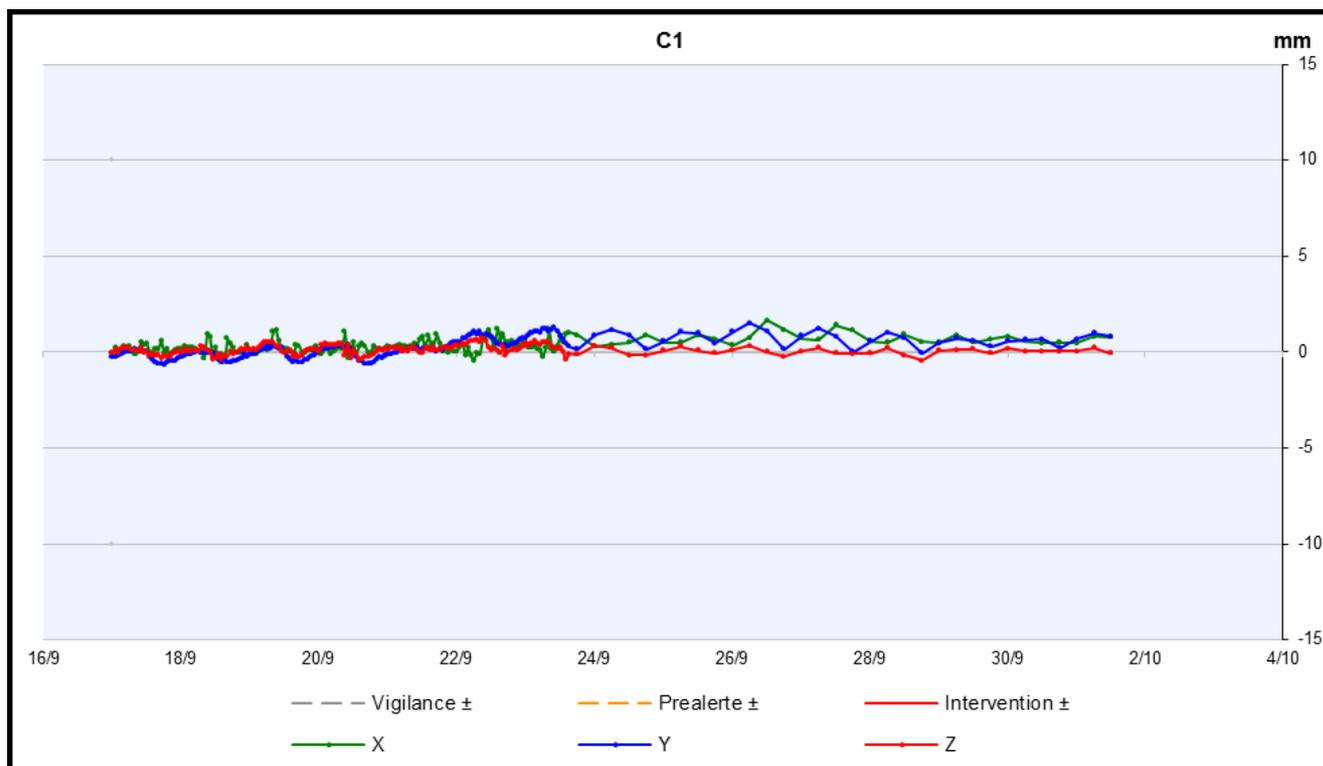
### Fissuromètre

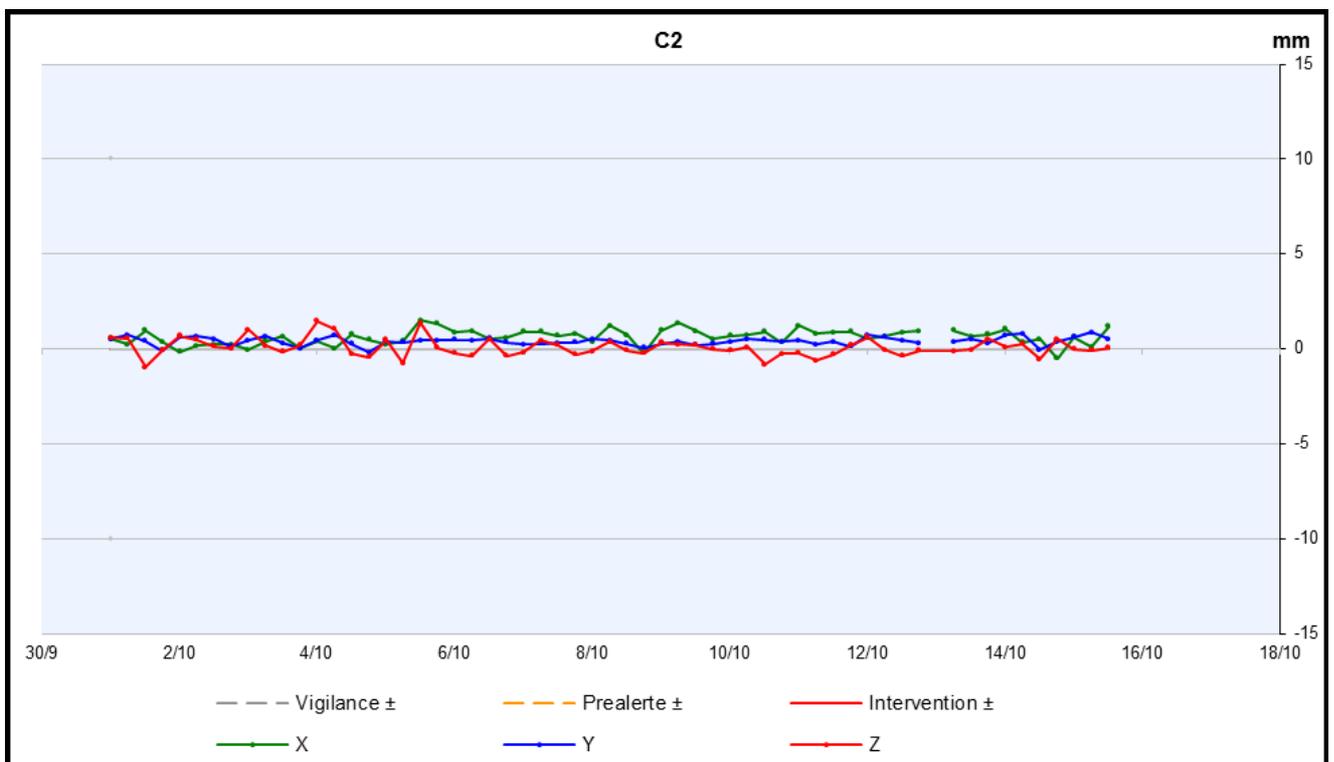
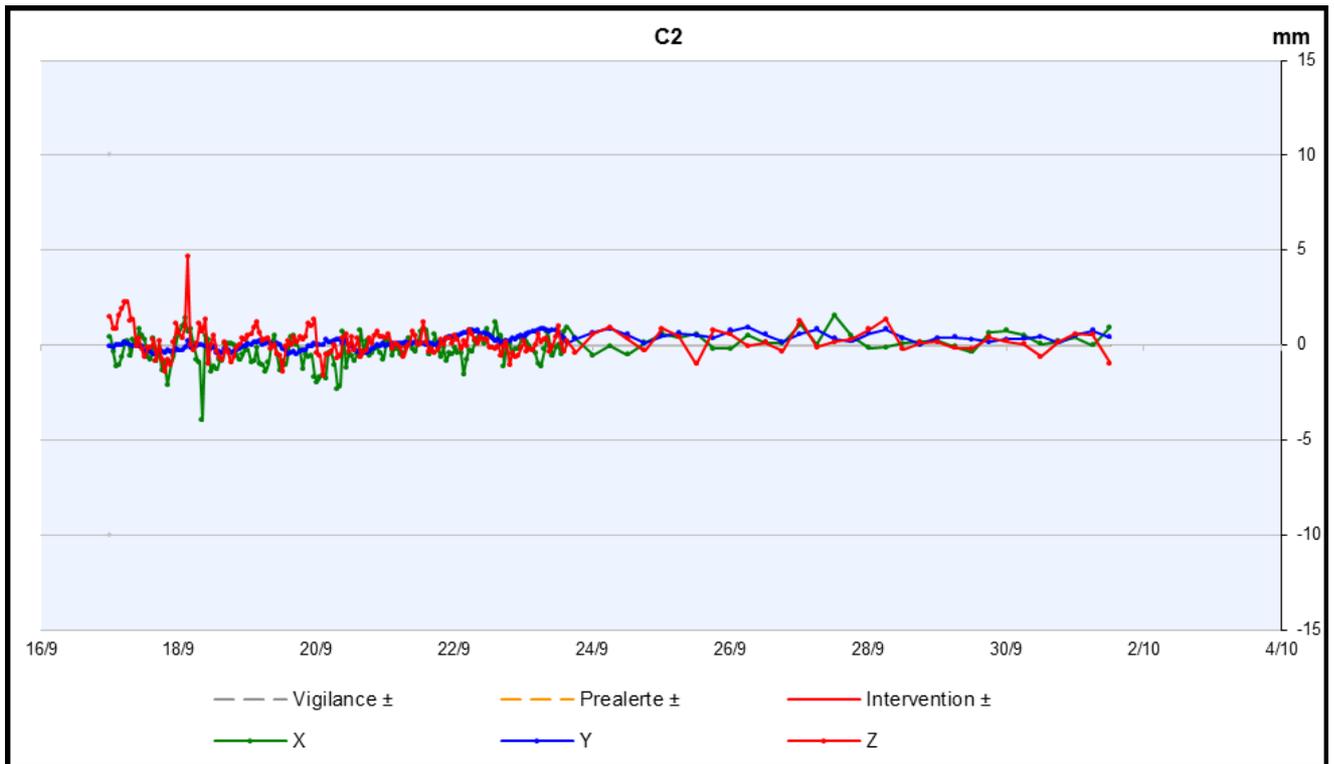
Une très faible activité est observée depuis 30 jours.

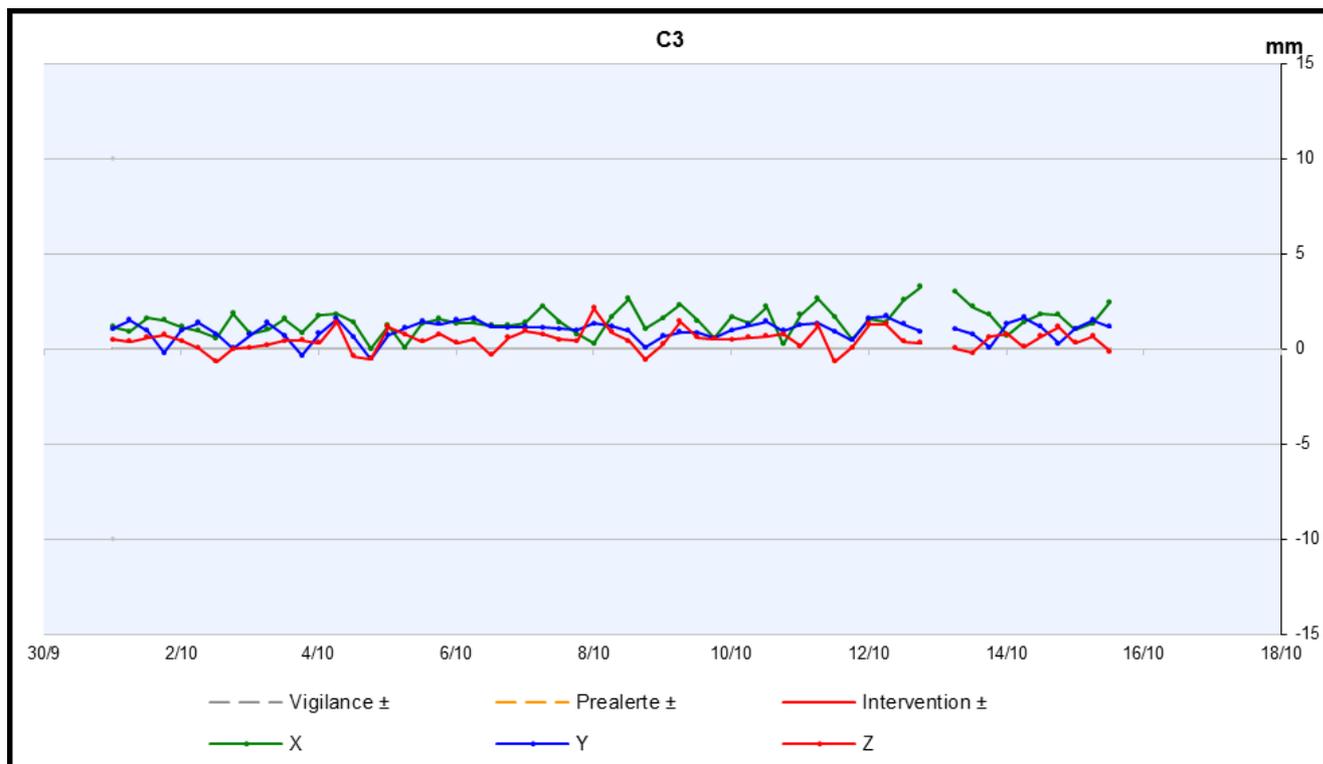
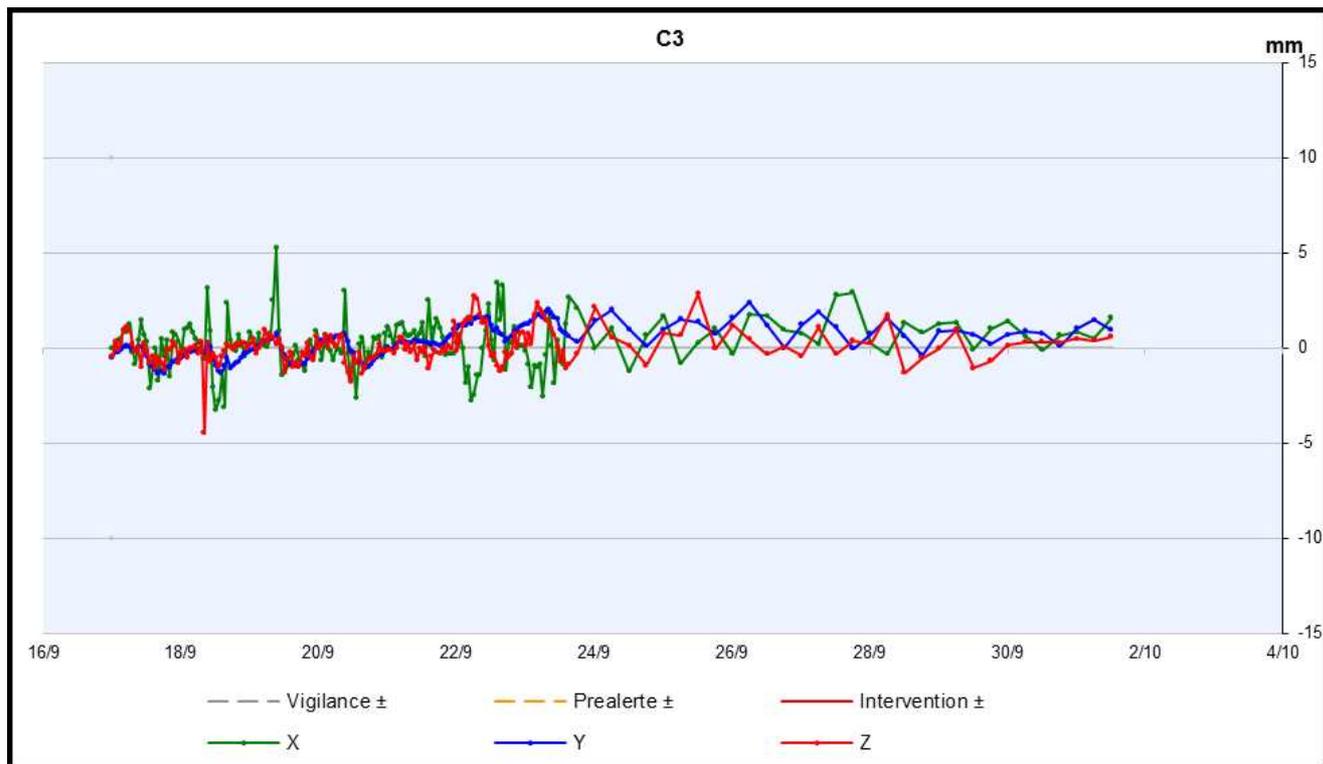
### 3.4. SUIVI GLOBAL DE L'UNITE 2

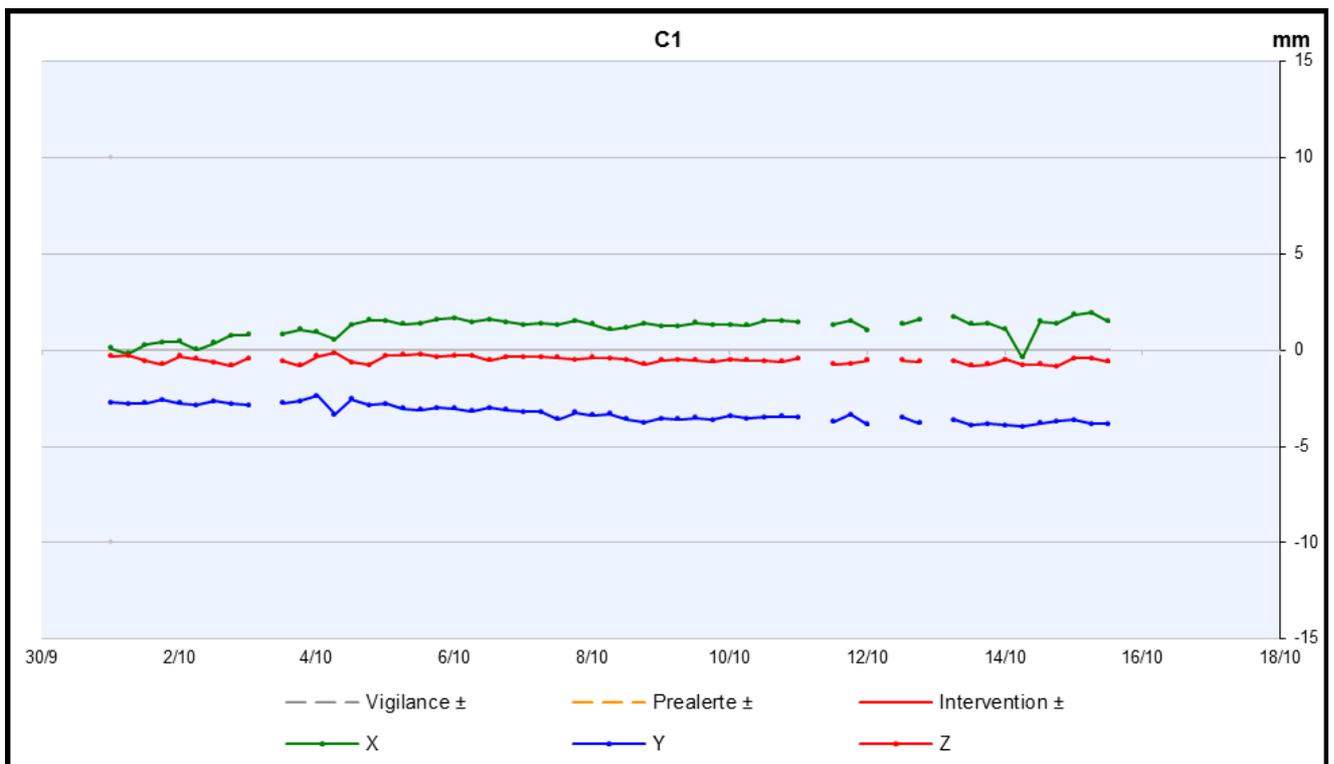
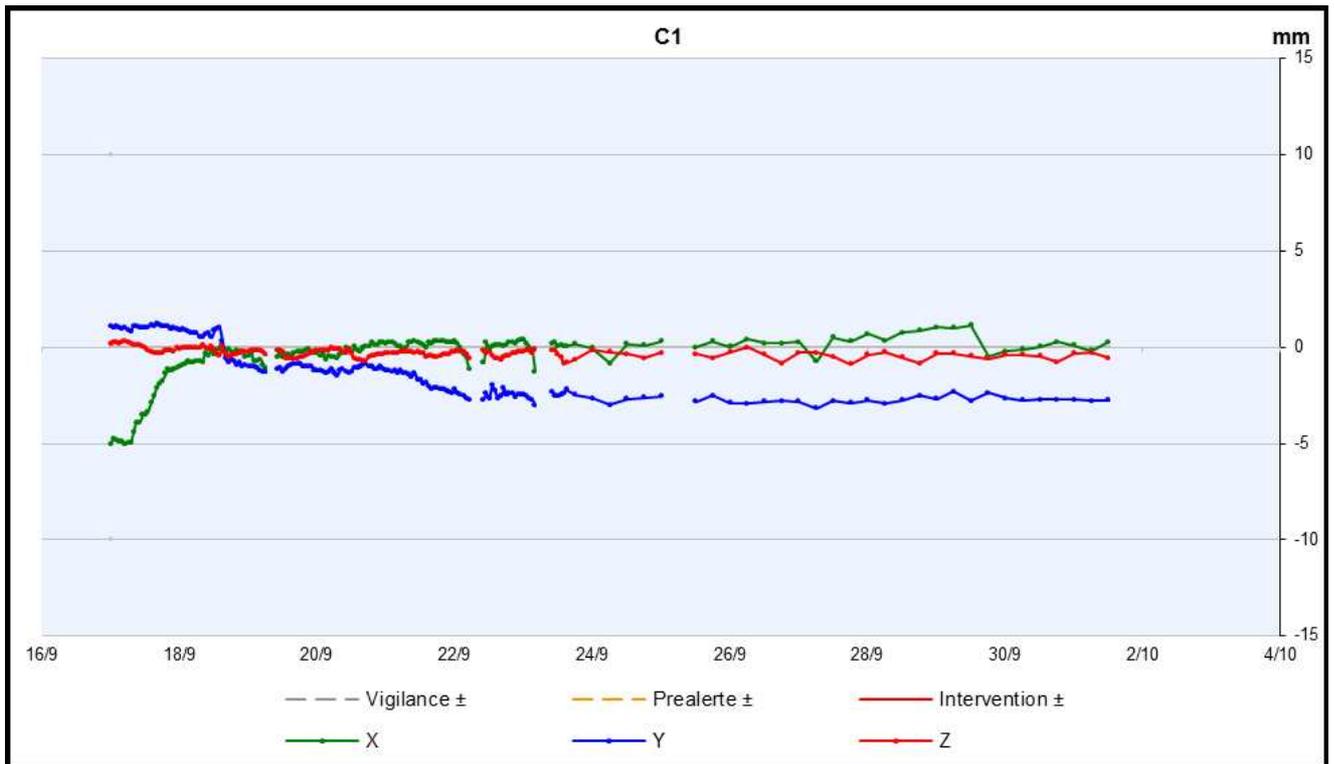
#### Théodolite

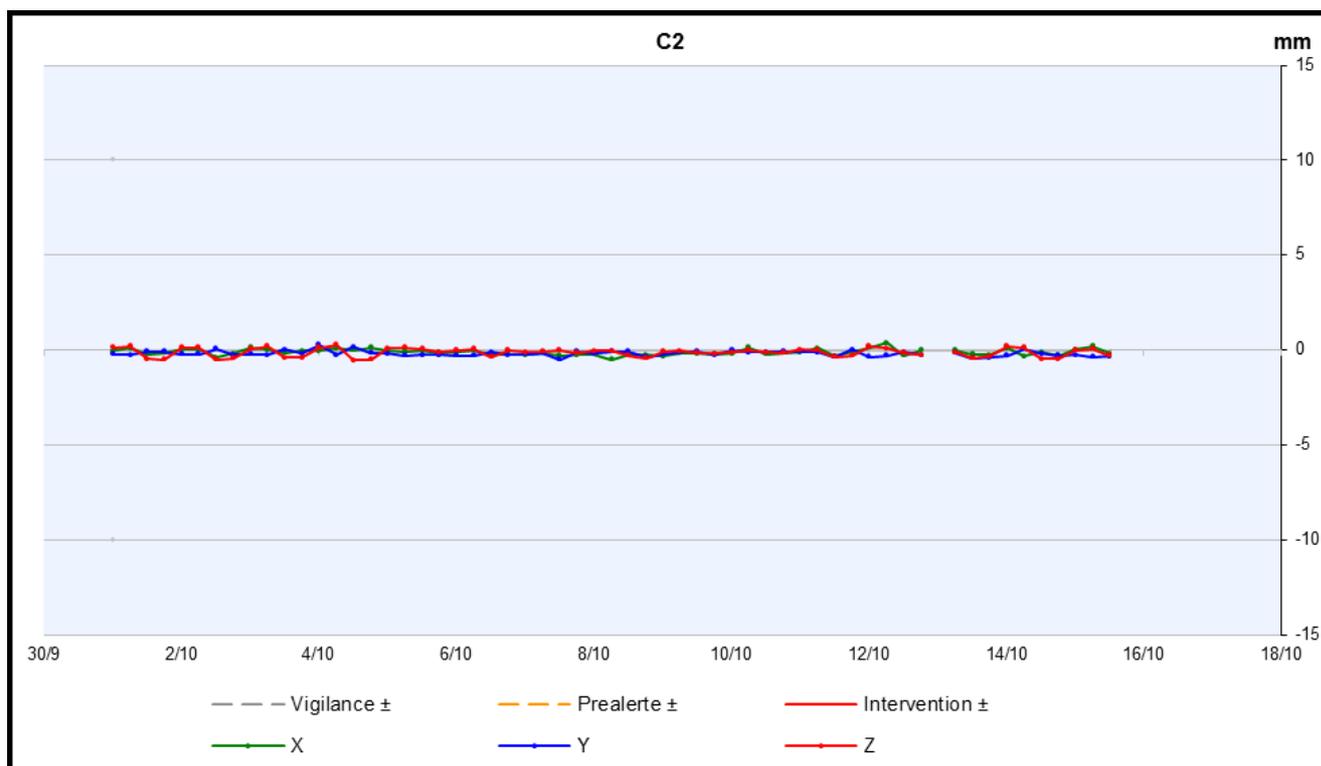
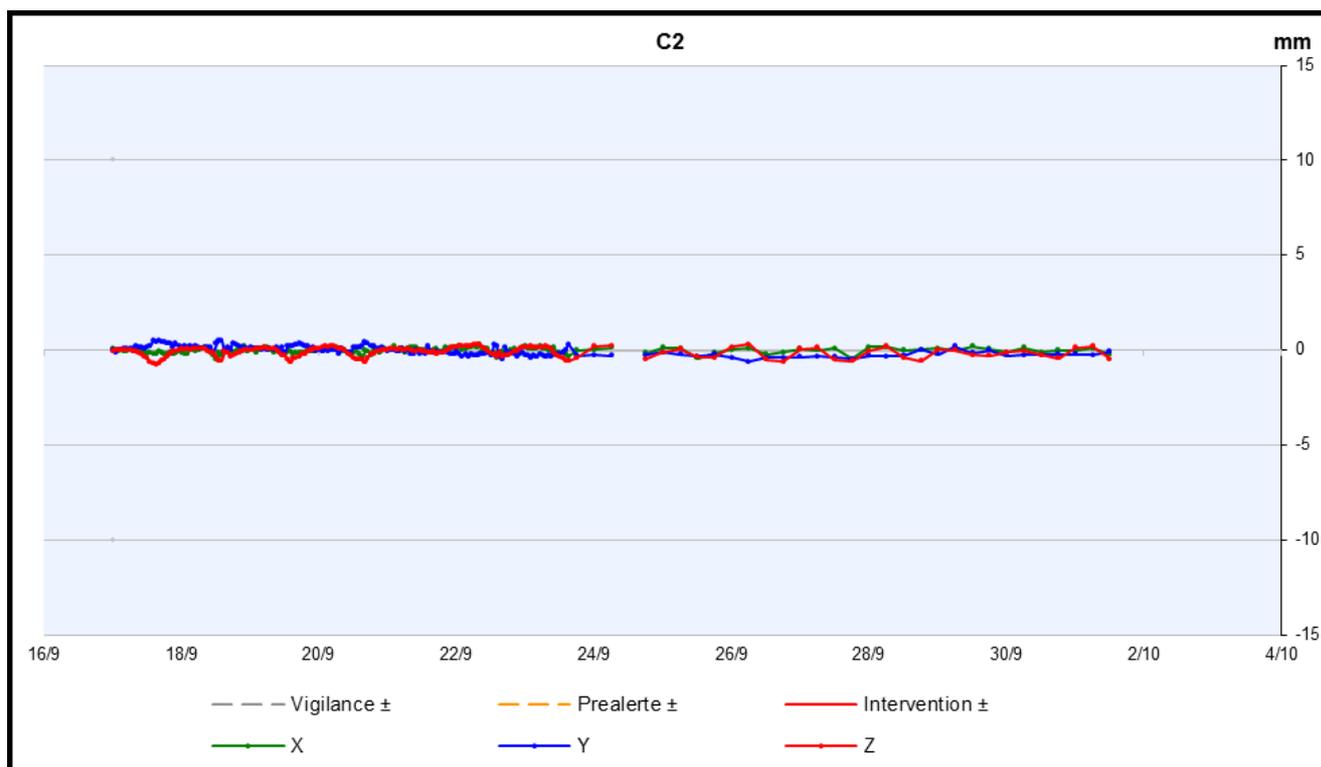


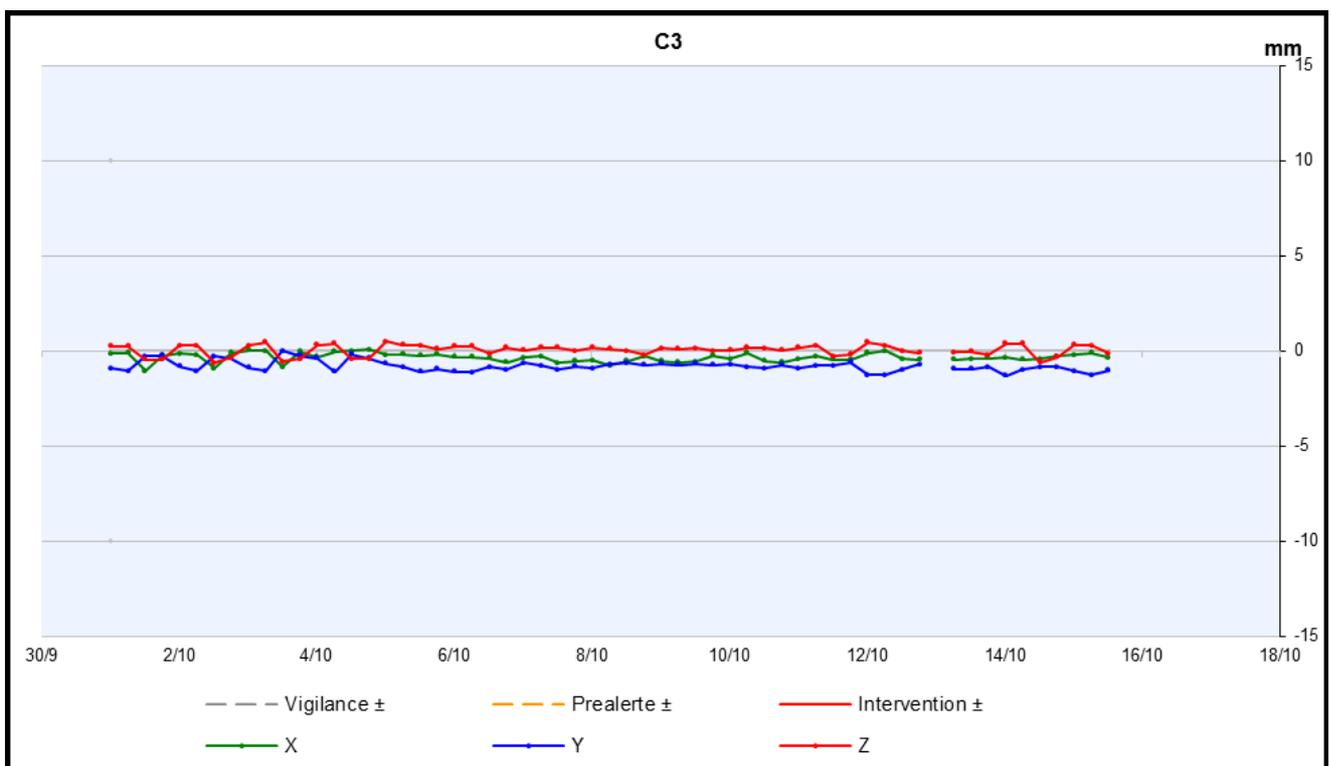
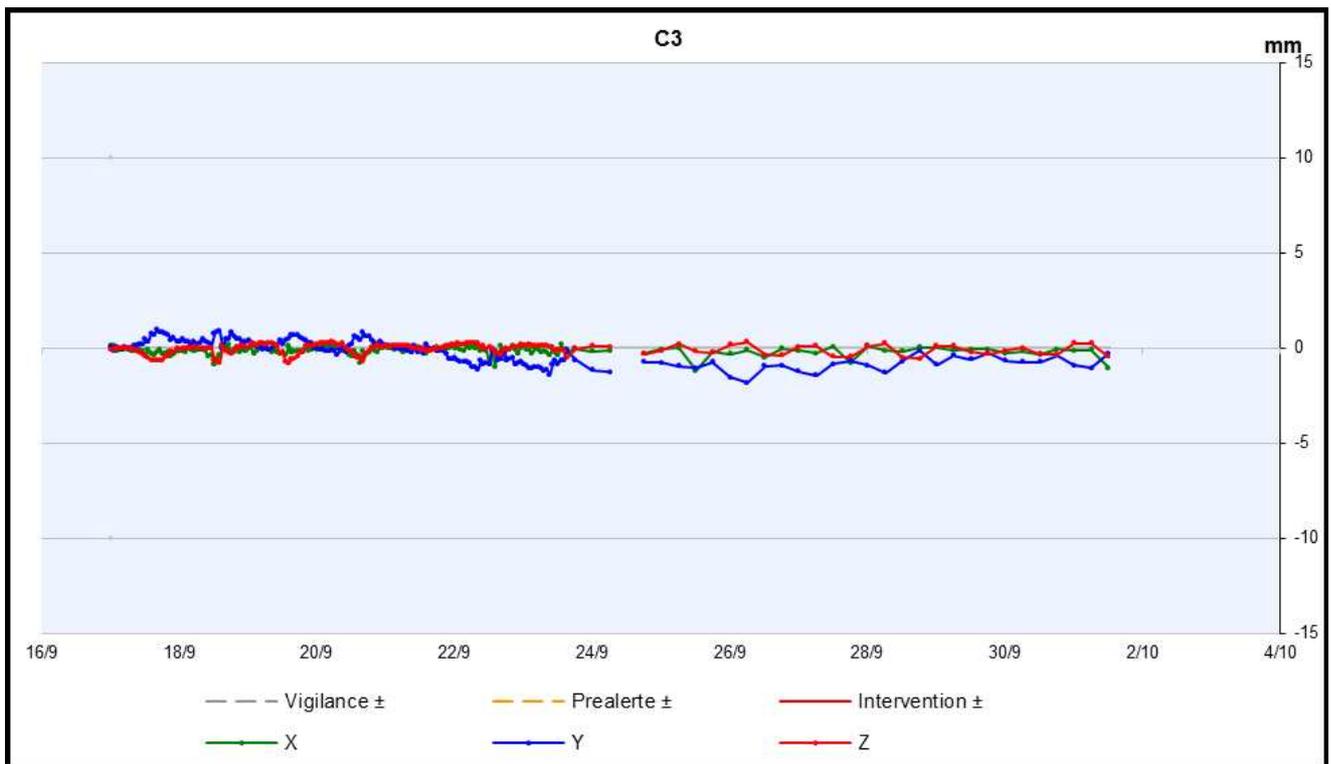


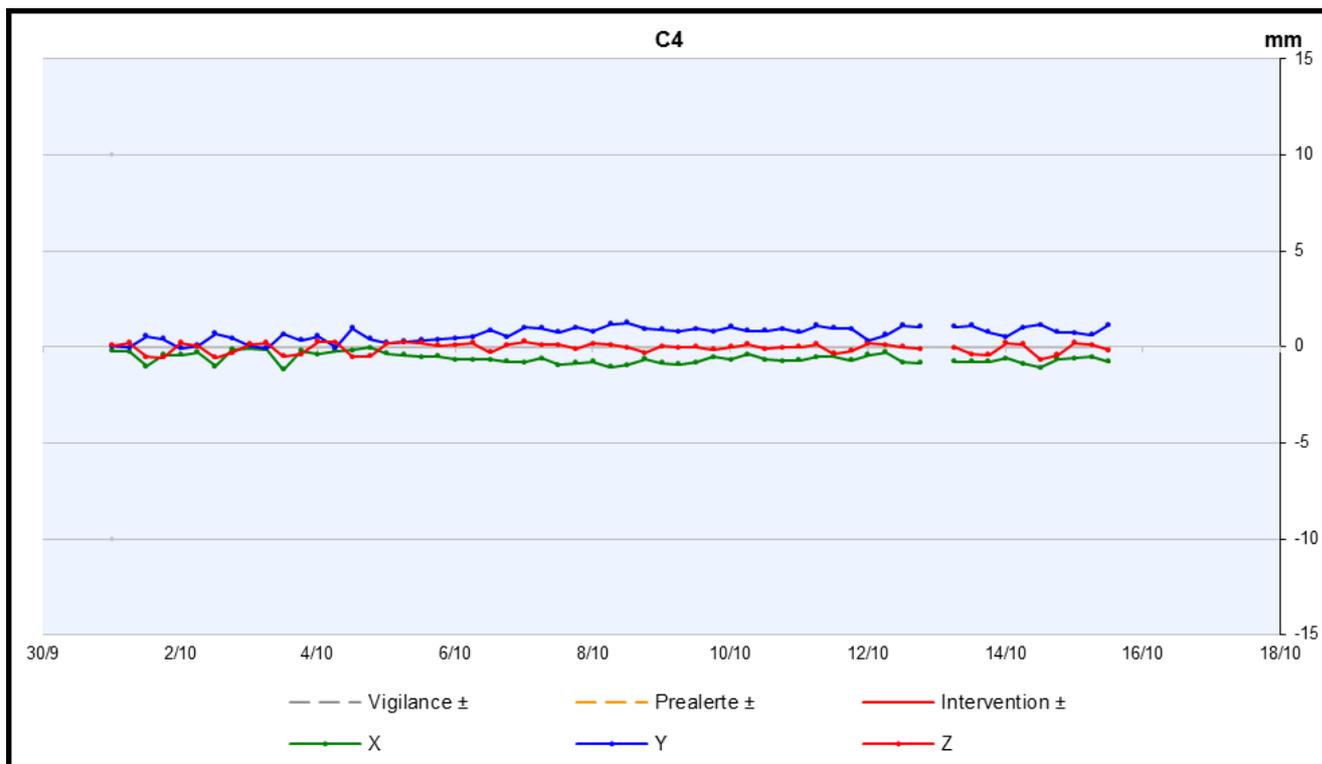
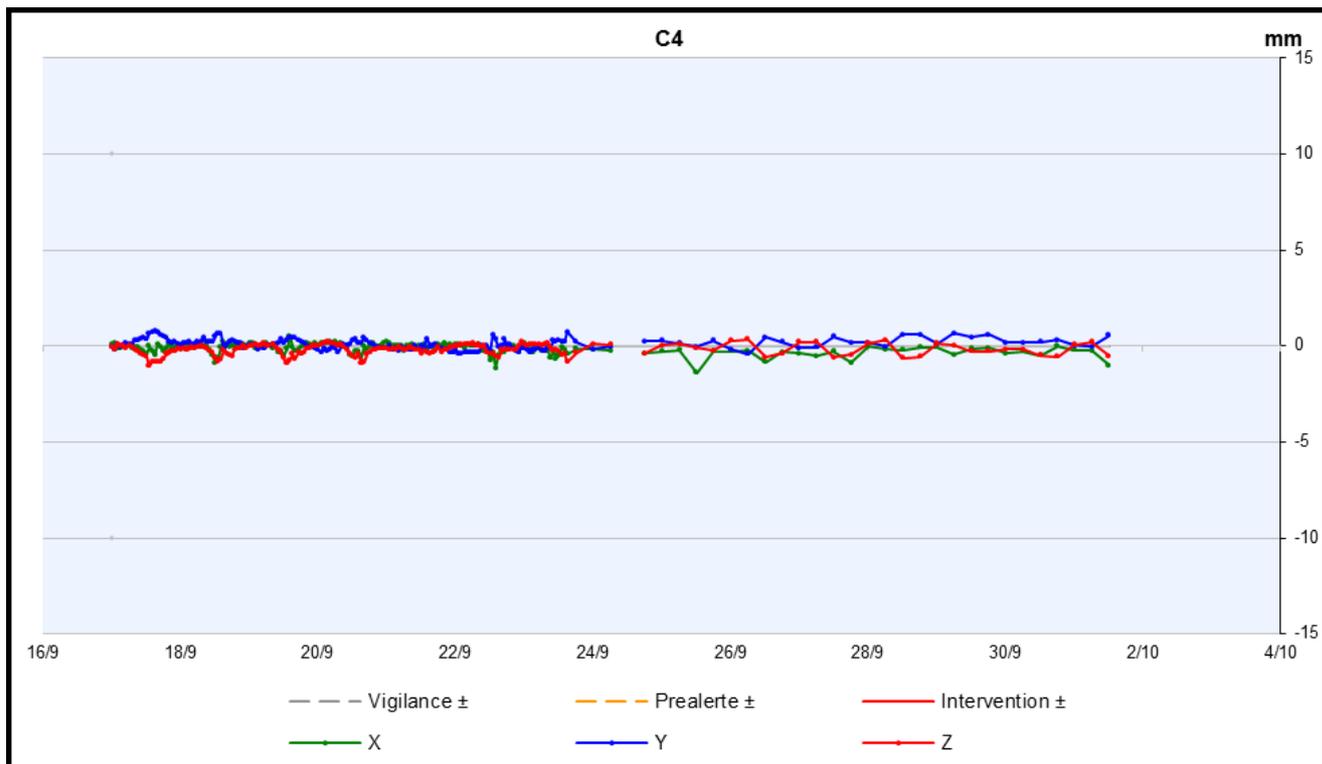


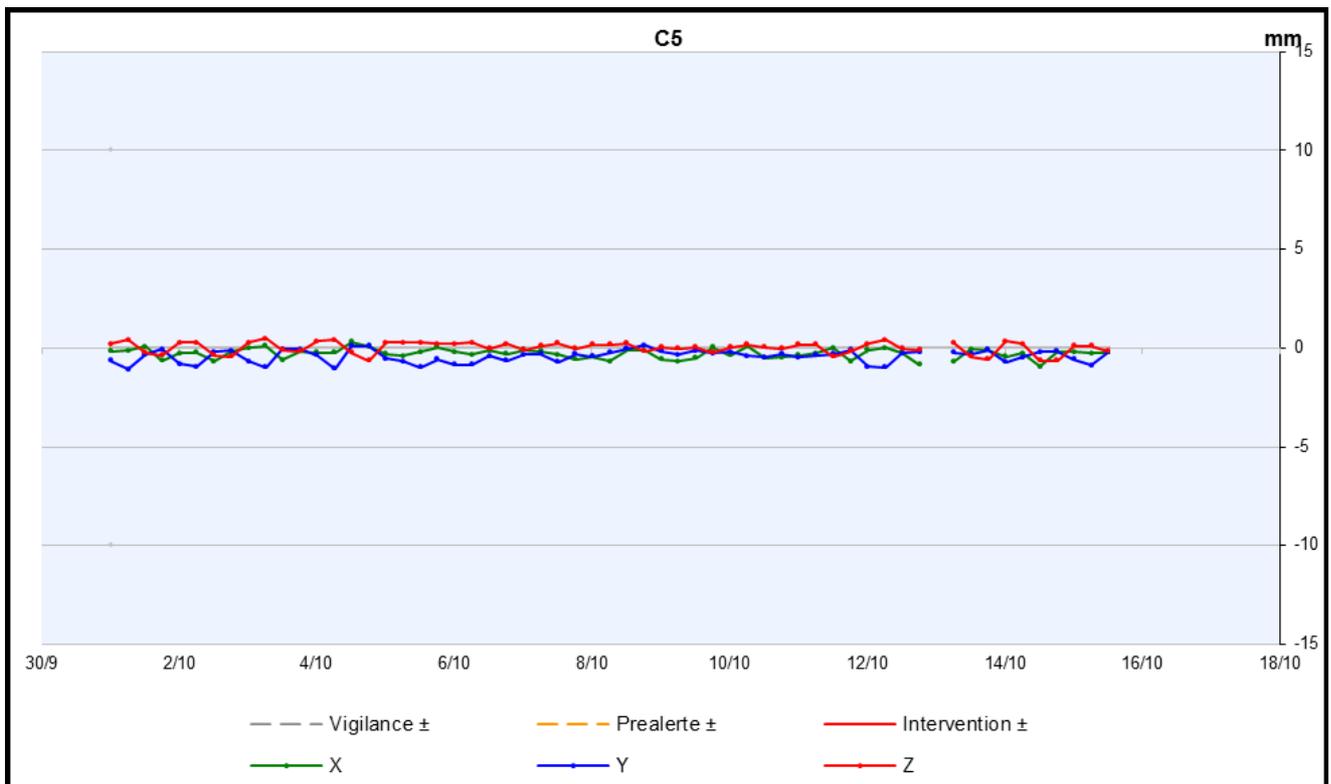
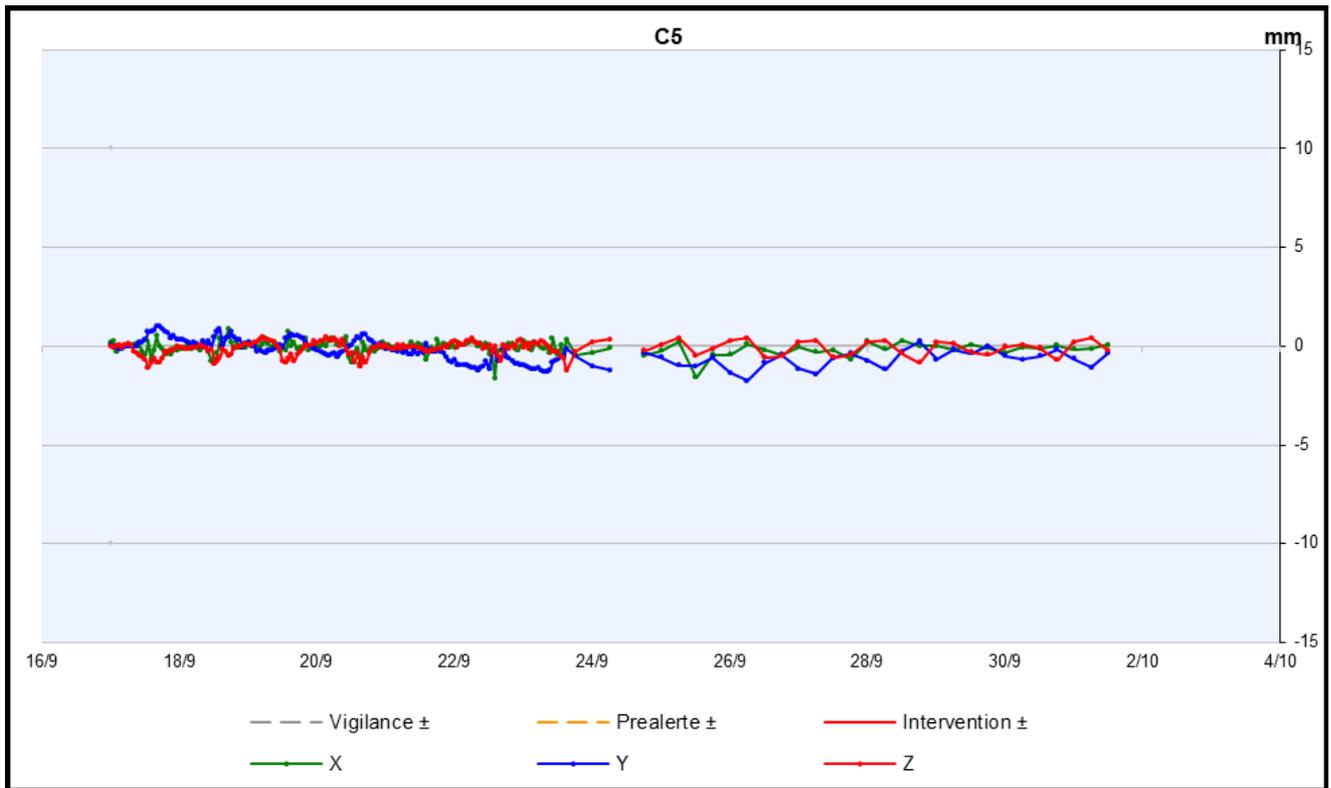


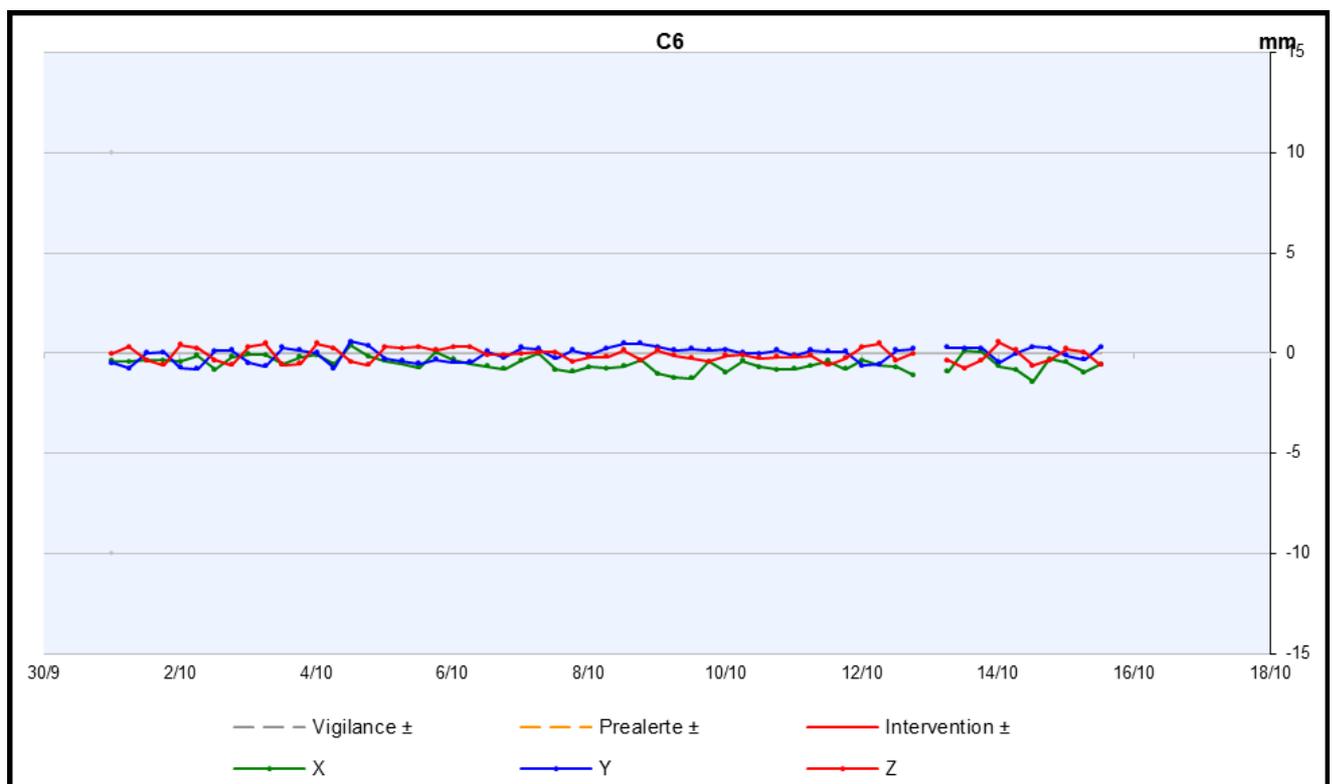
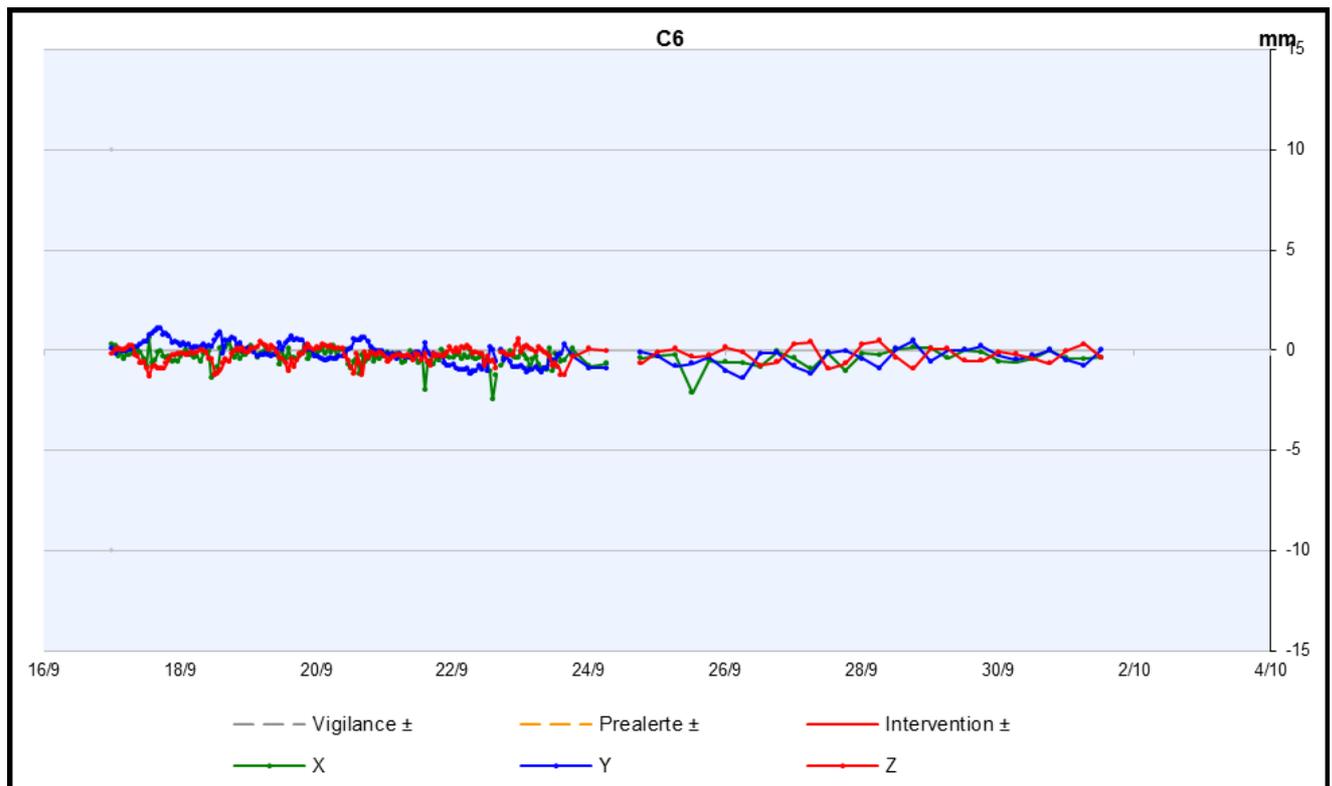






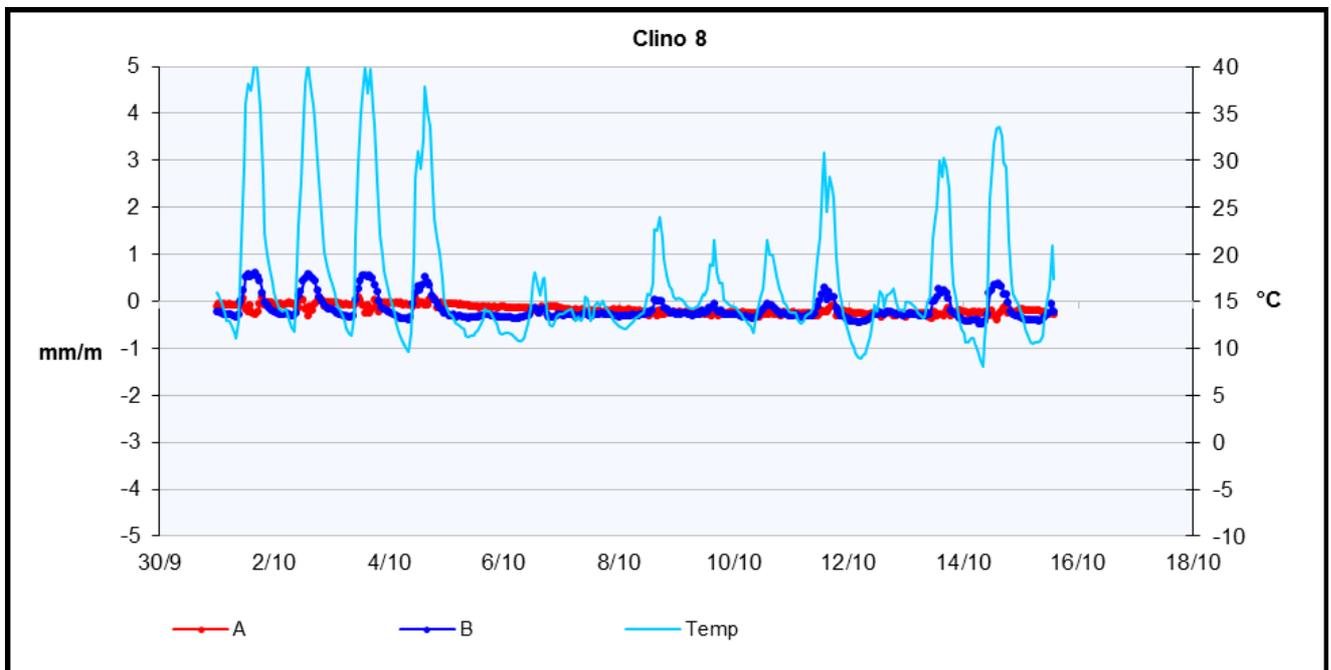
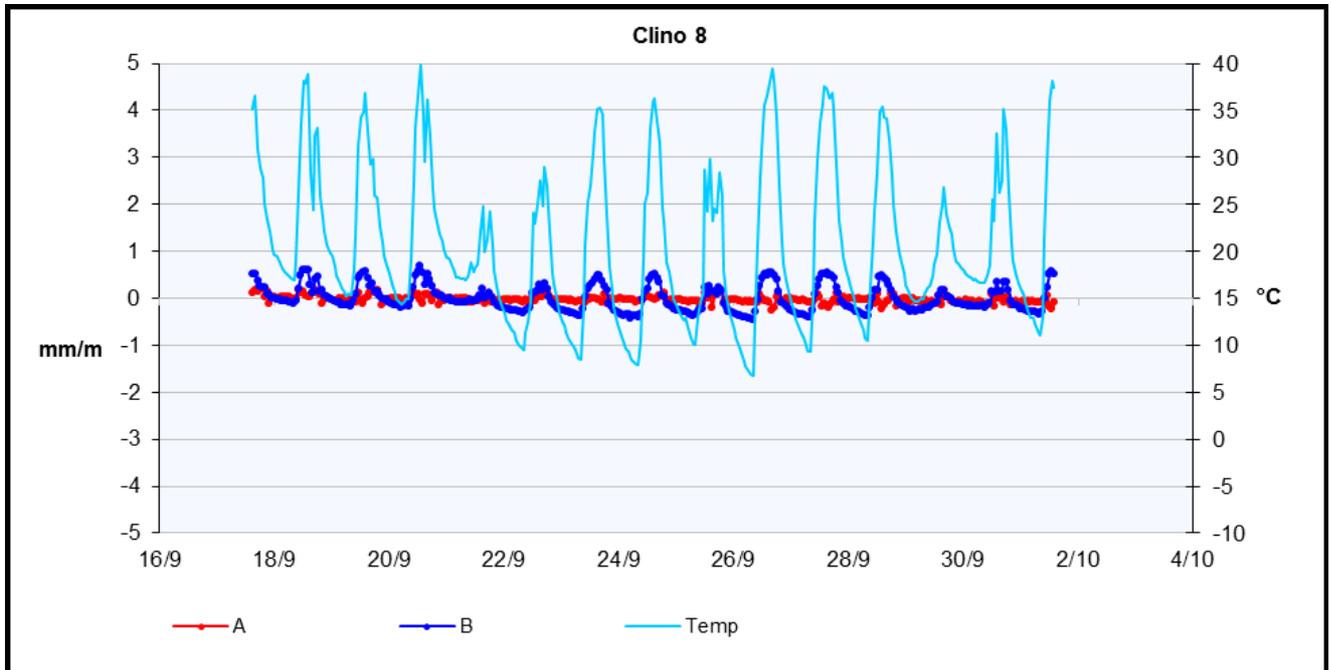


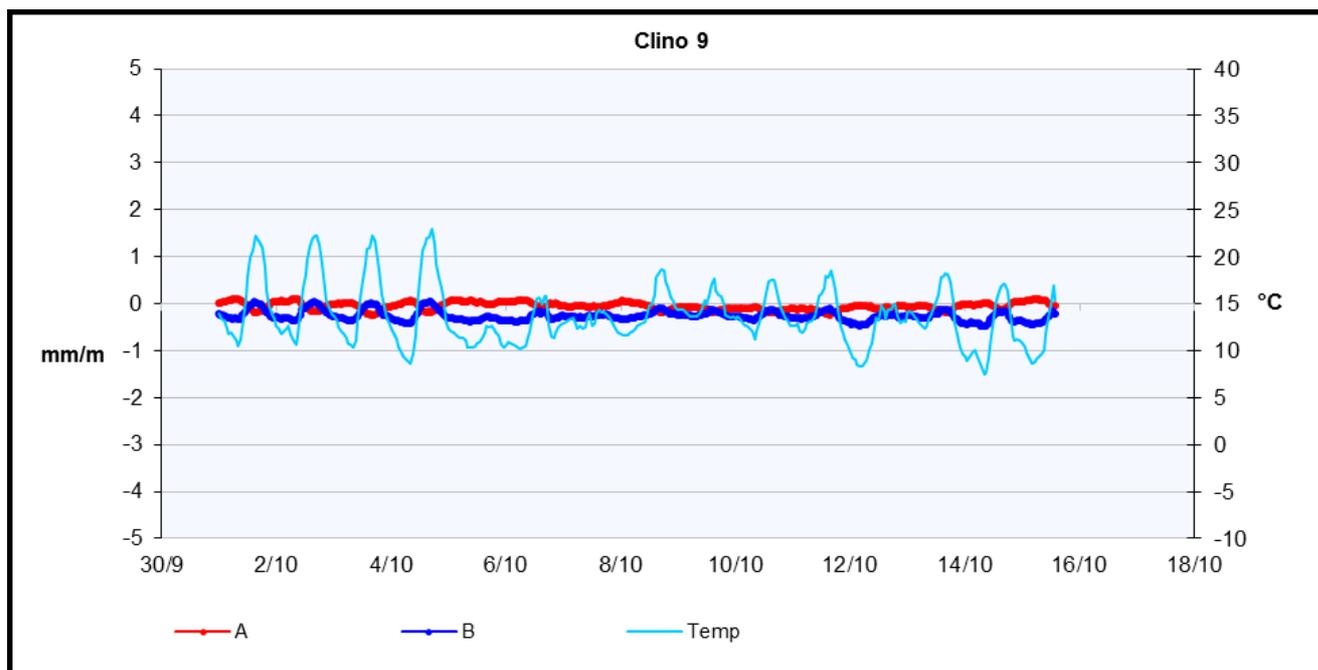
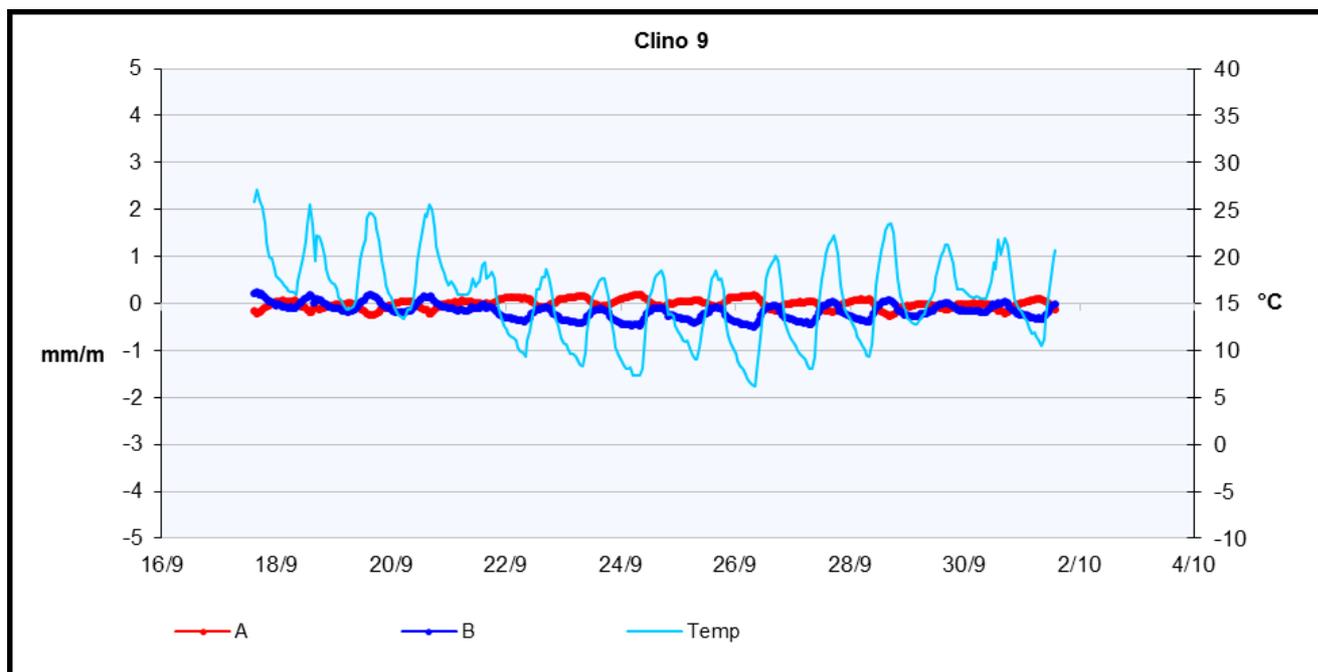


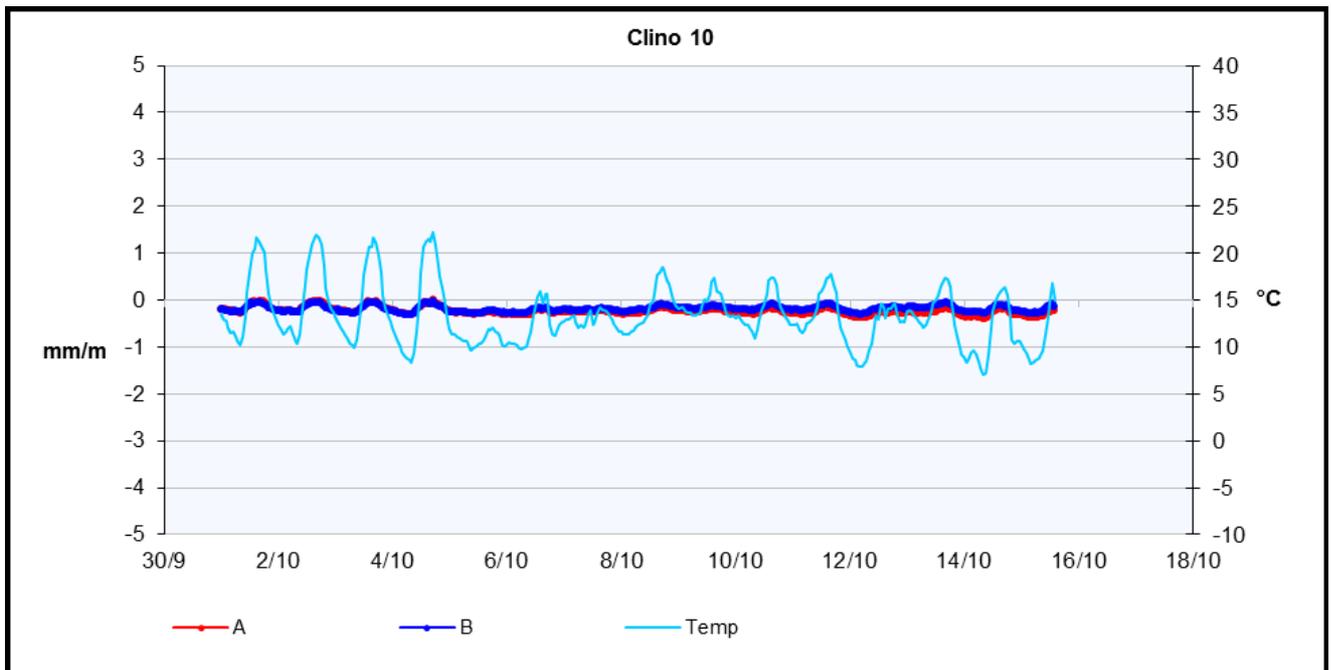
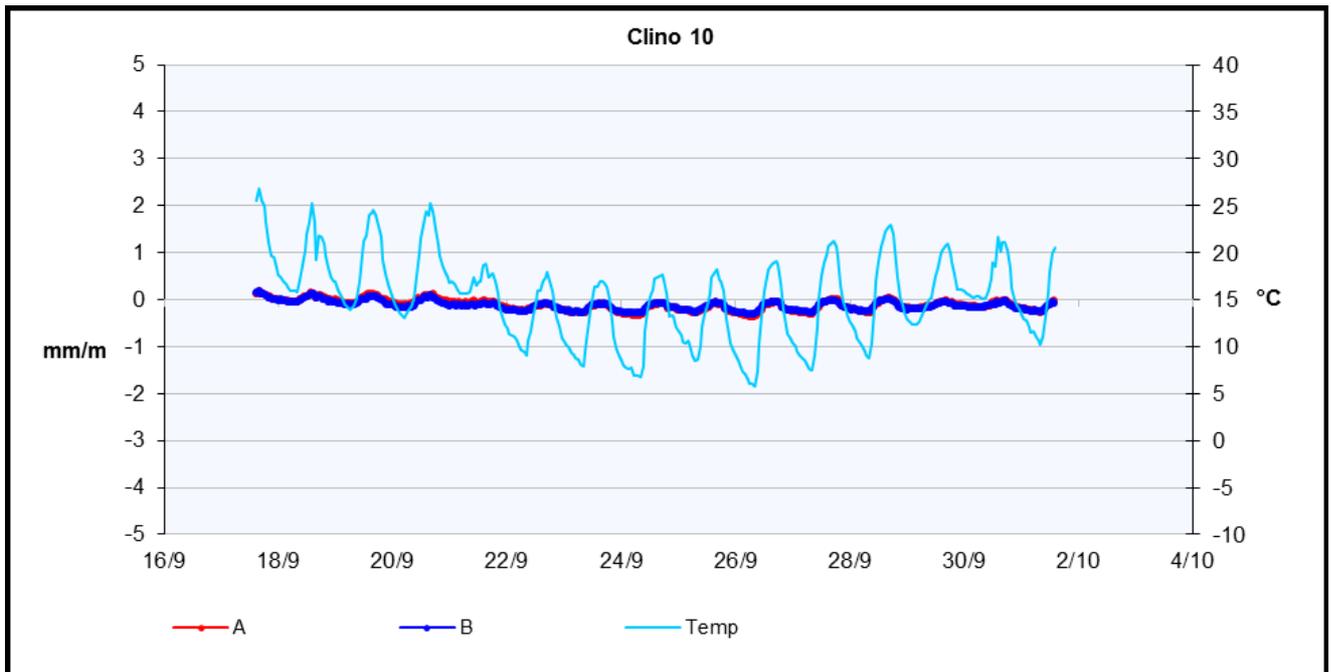


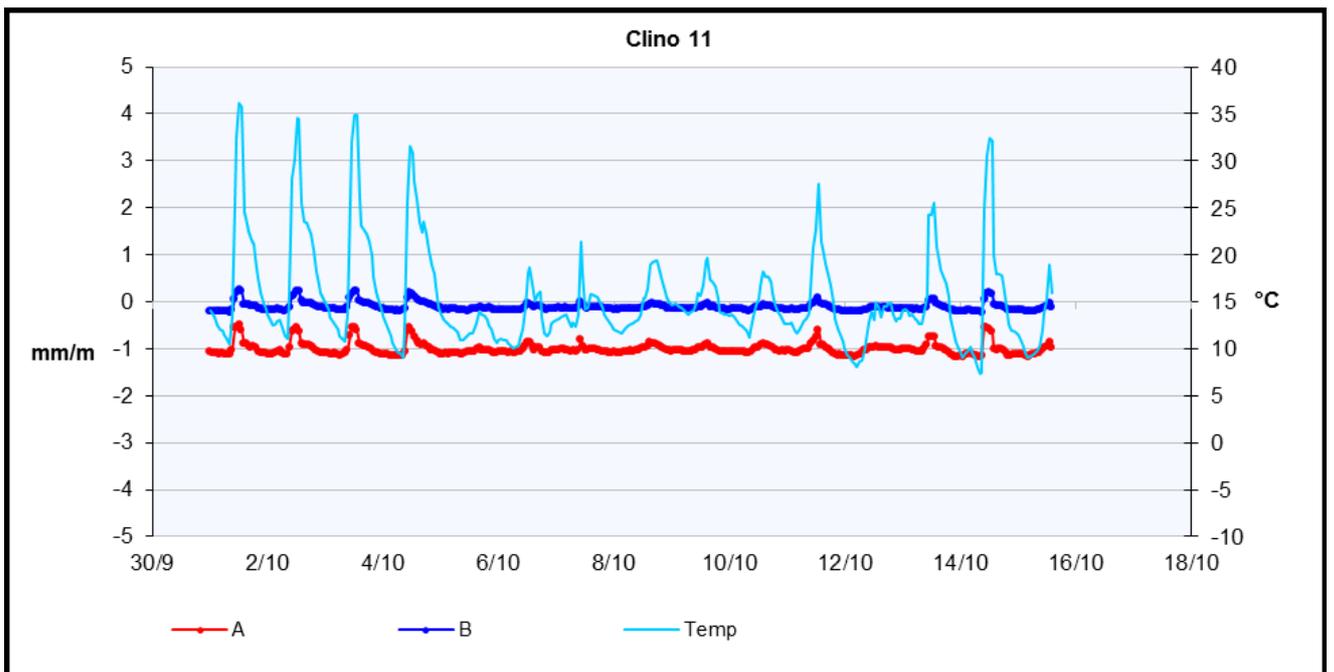
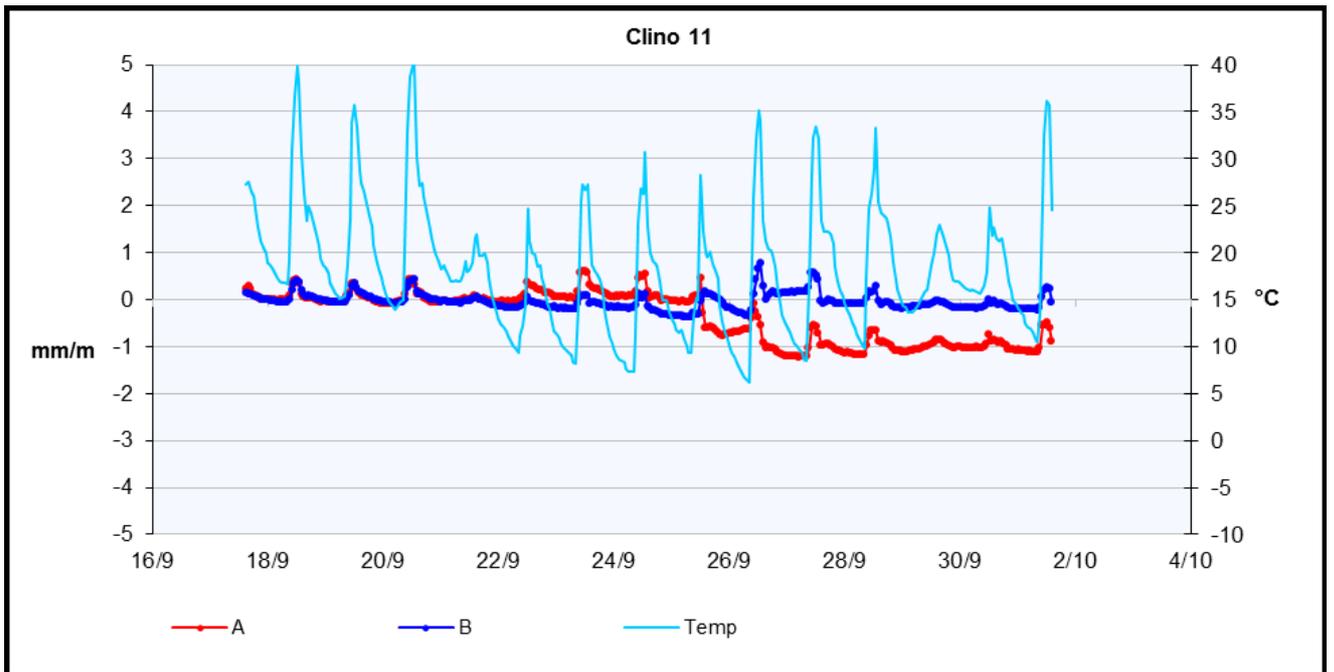
**Le fuseau des déplacements est de +/-3mm observés sur 30 jours  
HORMIS la cible 1 (théodolite « puits ») qui tend vers 5 mm.**

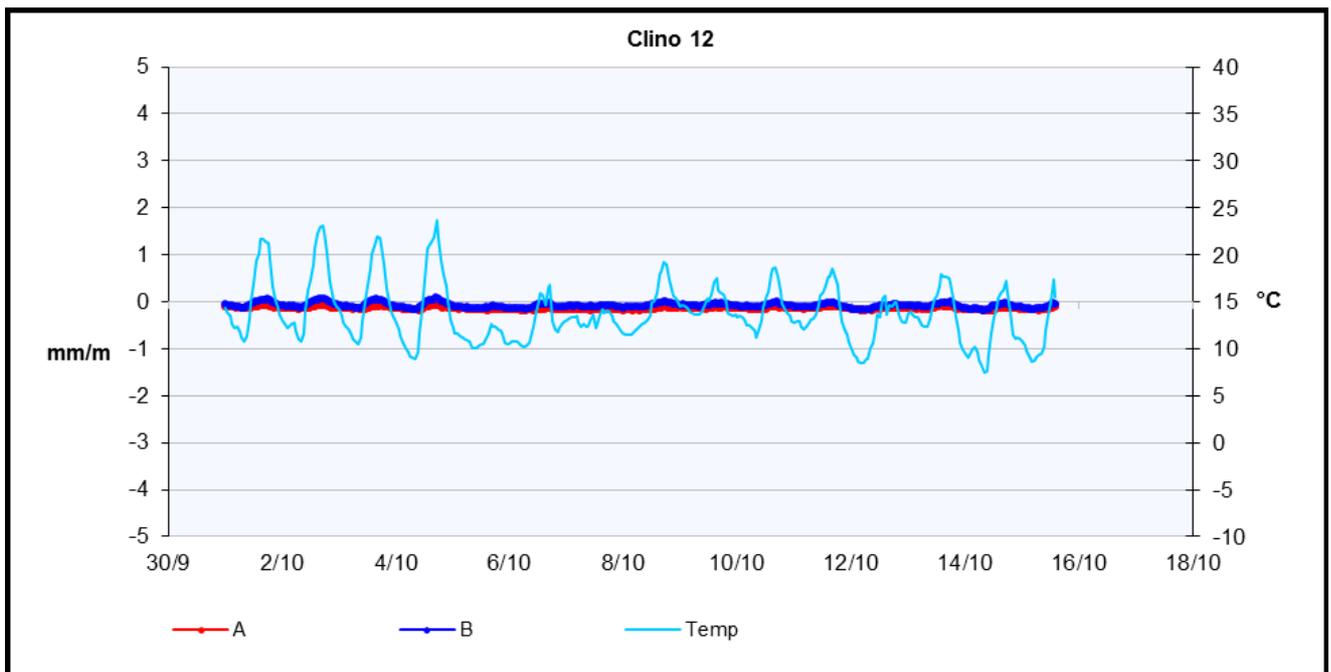
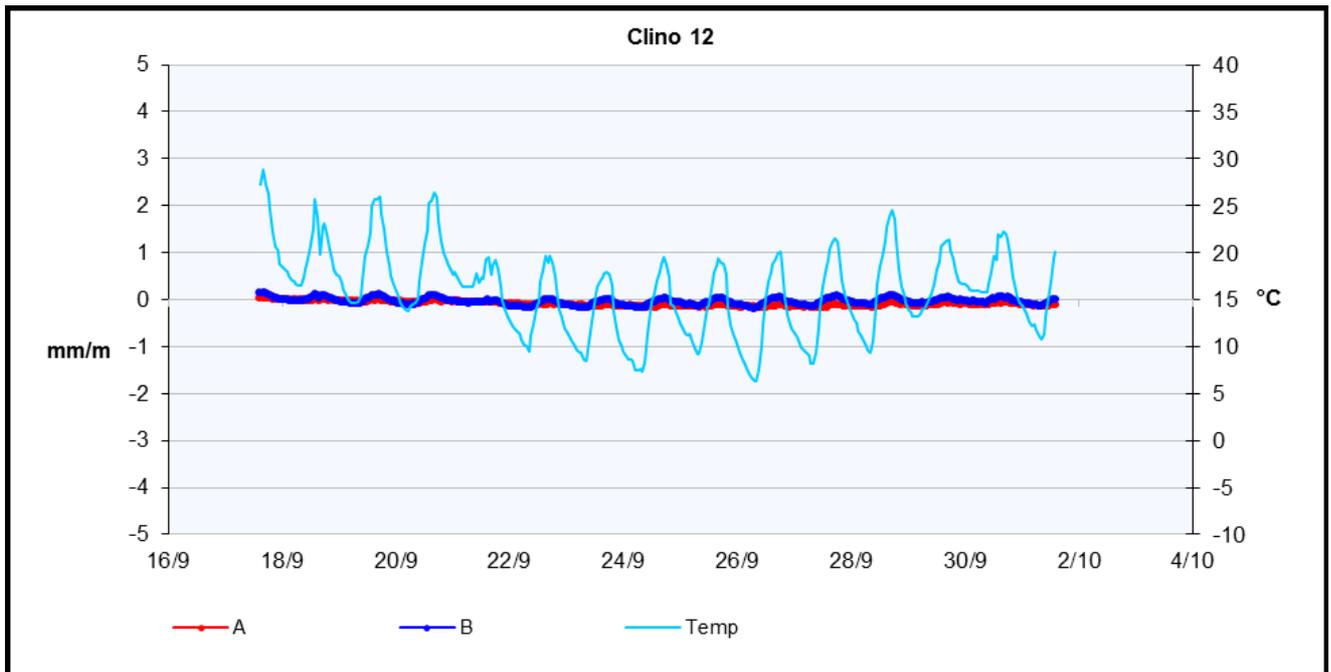
## Inclinomètres

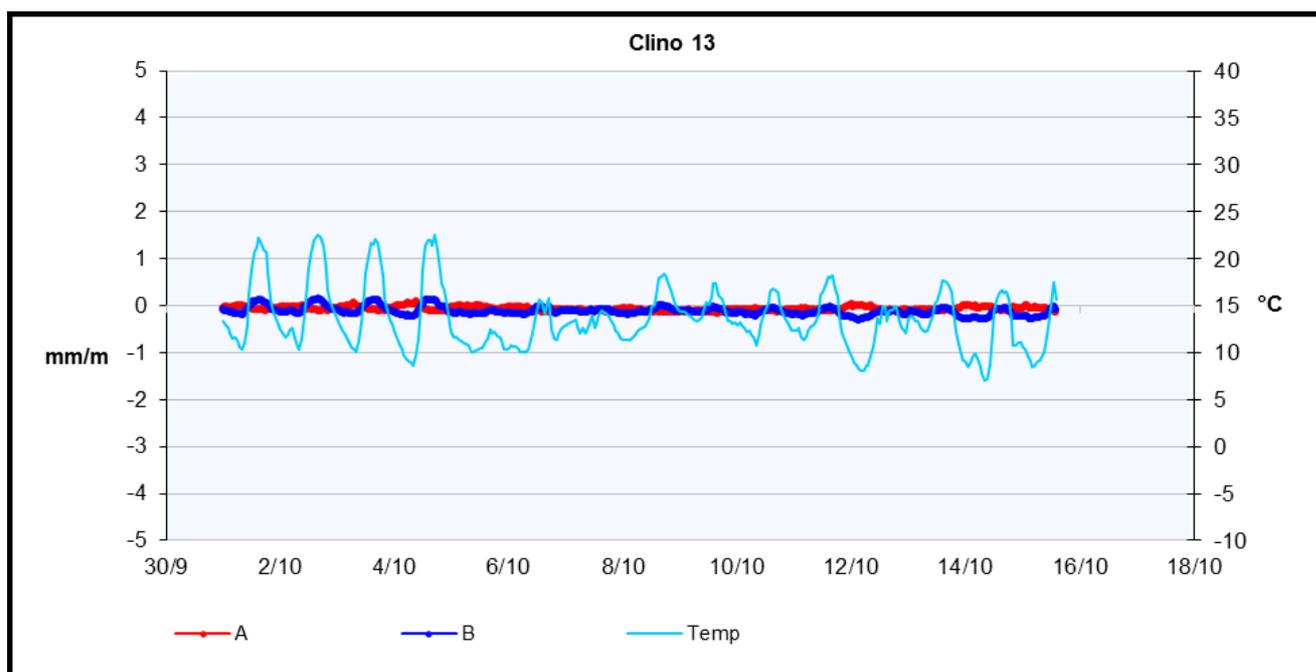
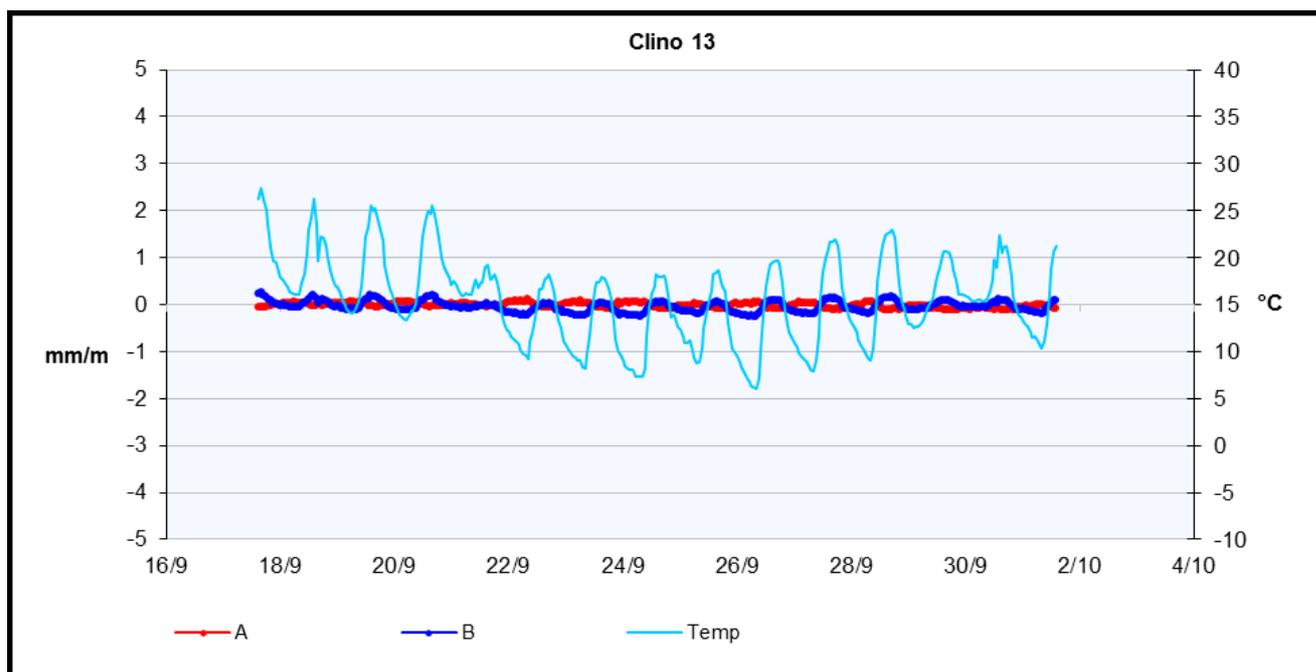


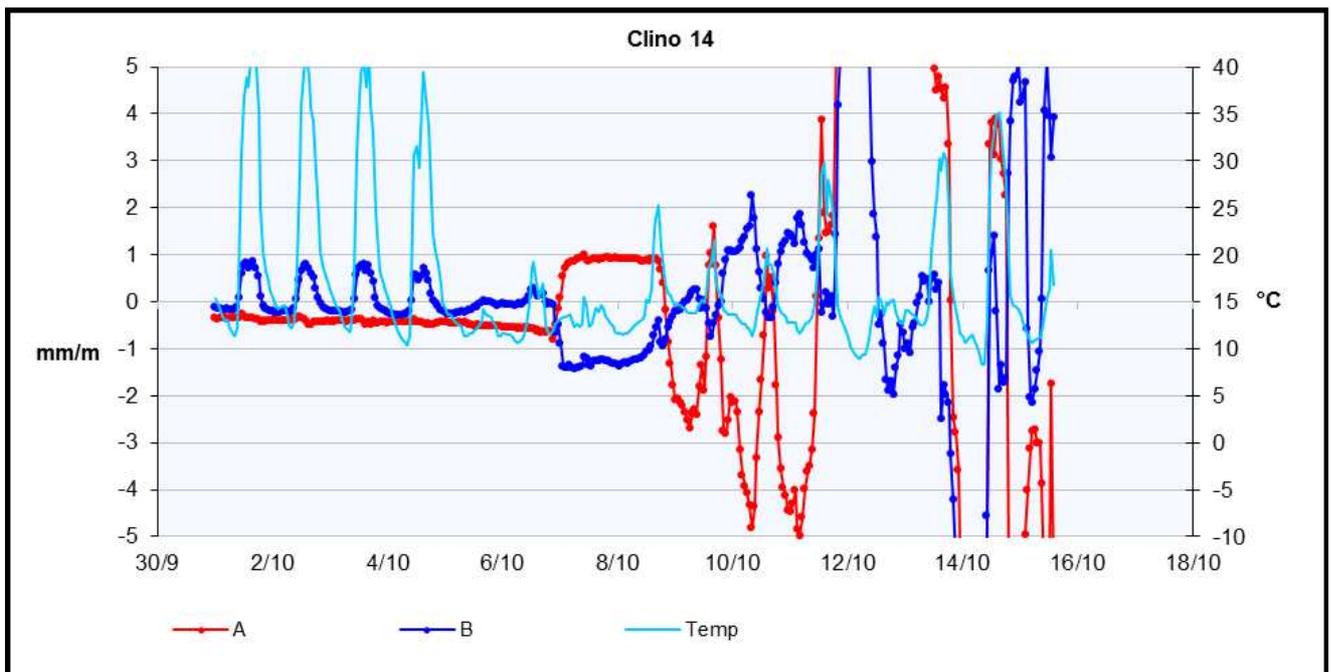
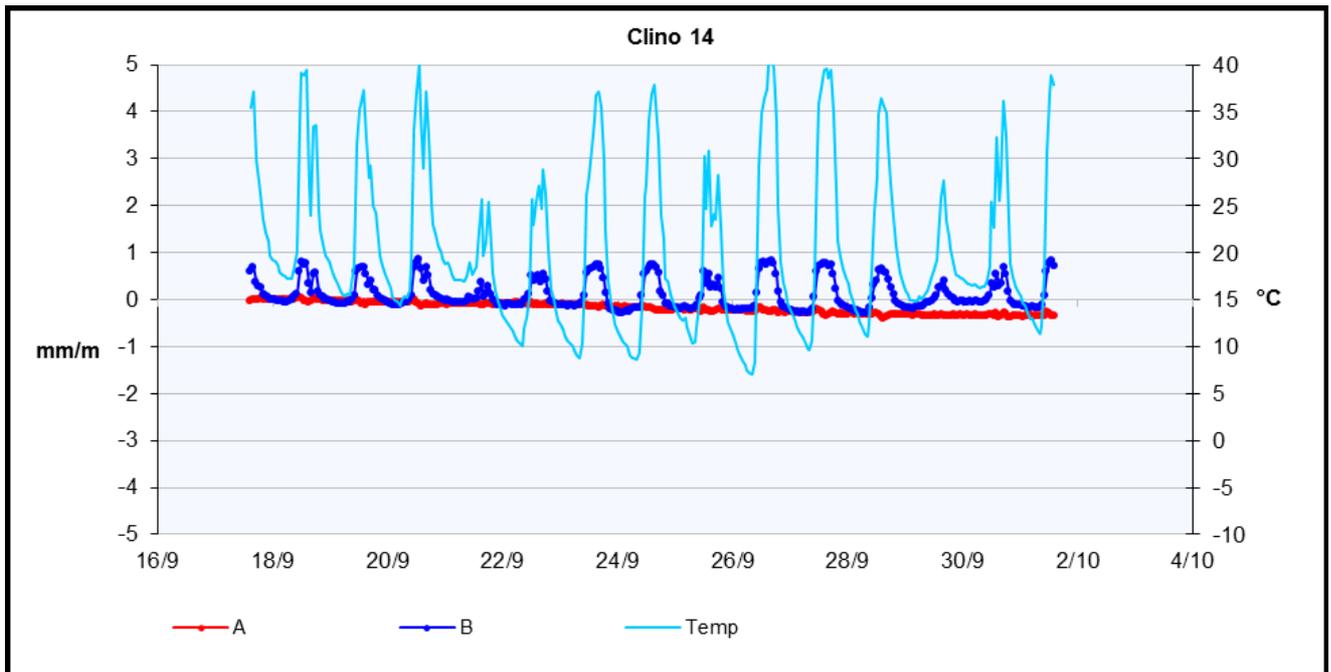


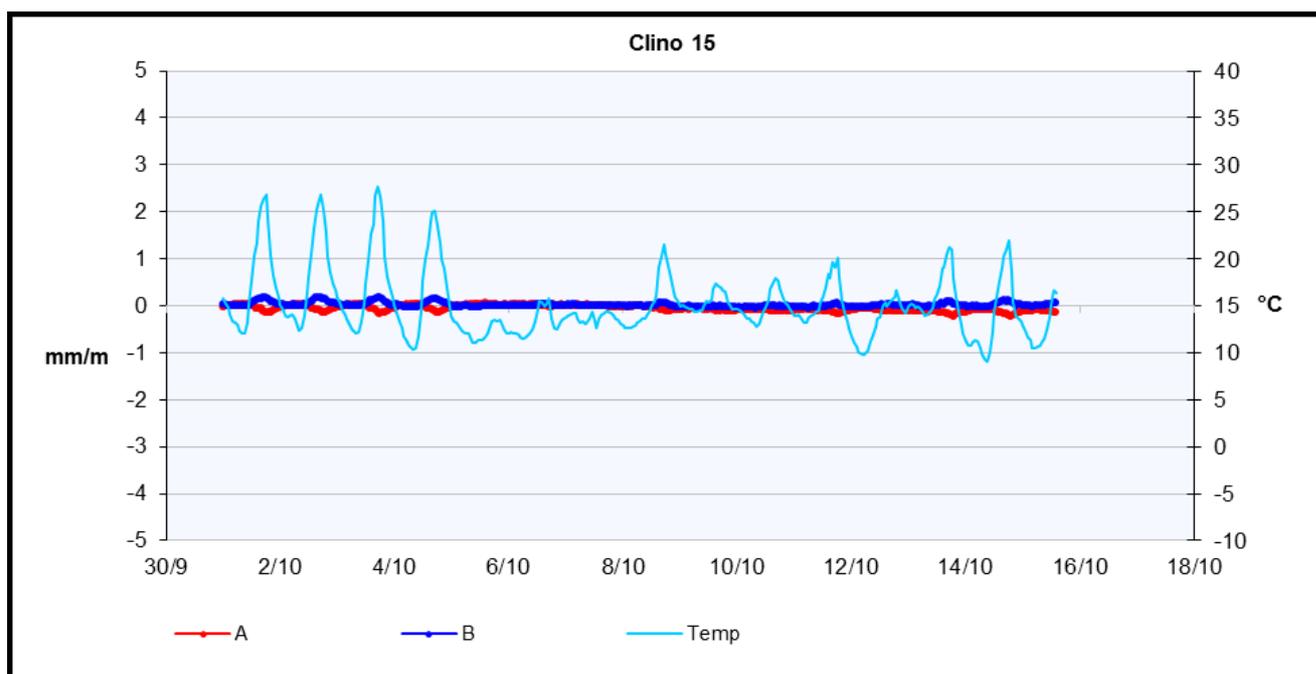
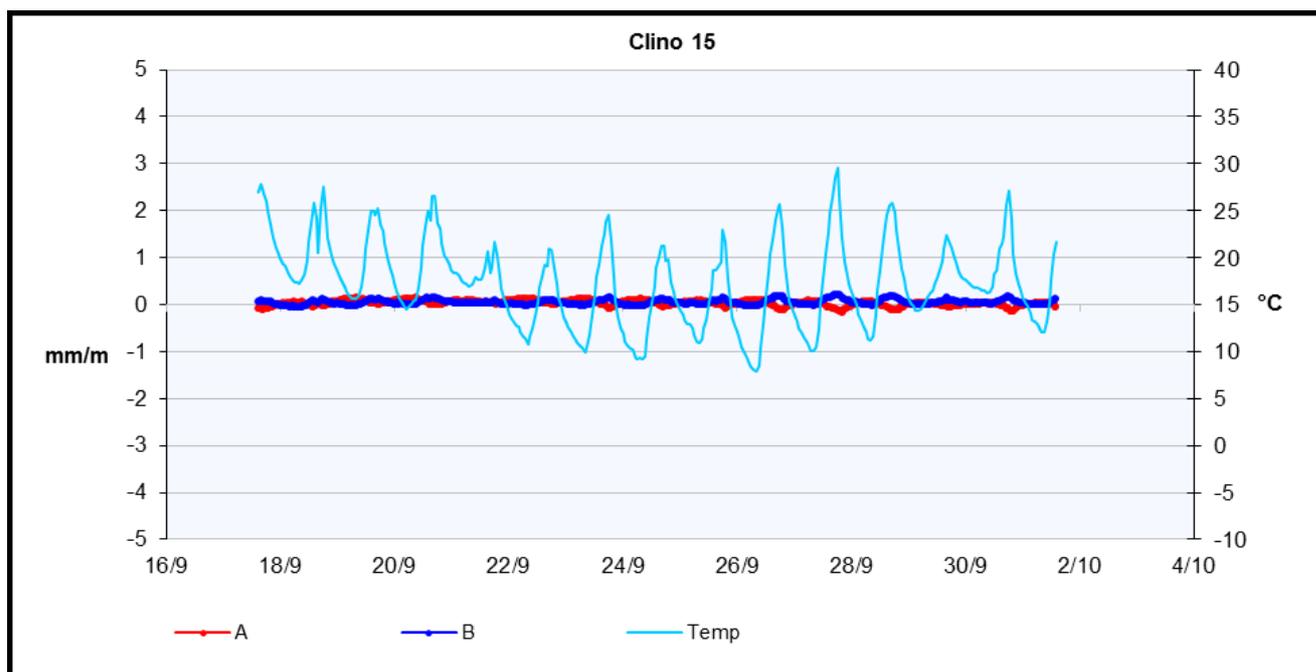












**Les inclinaisons restent inférieures à 1 mm/m observés sur 30 jours**

**HORMIS l'inclinomètre 11 qui dépasse légèrement les 1mm/m depuis le 27 septembre octobre 2014**

**NOTA : VERIFIER L'ETAT DE L'INCLINOMETRE 14.**

### **Fissuromètre**

Une très faible activité est observée depuis 30jours.

## 4. CONCLUSION

Les mesures réalisées à ce jour indiquent un comportement régulier des Unité 1 et 2 hormis quelque vérifications et recalages des capteurs désignés ci-après :

### **Cordes optiques :**

Durant cette période d'observation de plus de 90 jours de mesures continues on constate que les mouvements locaux de la structure sont aussi accompagnés de mouvements différentiels modérés et restant dans un fuseau assez stable.

- On note un comportement assez régulier de l'ouvrage avec des valeurs mesurées restant souvent sous des pics de 0.50 mm à 0.60 mm (cordes 4 et 5 en Unité 1 et 14 ; 16 et 17 en Unité 2)
- Pour l'Unité 1 les mouvements différentiels restent dans un fuseau d'amplitude +/- 0.25mm.
- Pour l'Unité 2 les mouvements différentiels restent dans un fuseau d'amplitude +/- 0.25mm.
- La corde 3 présente des anomalies (depuis le 04 septembre 2014) et nécessite une vérification du dispositif de mesure.

### **Théodolite :**

- Pour l'Unité 1 le fuseau des déplacements est de +/-3mm observés sur 30 jours.
- Pour l'Unité 2 le fuseau des déplacements est de +/-3mm observés sur 30 jours hormis la cible 1 (théodolite « puits ») qui tend vers 5 mm.

### **Inclinomètres:**

- Pour l'Unité 1 les inclinaisons restent inférieures à 1mm/m observés sur 30 jours hormis l'inclinomètre 5 qui a atteint 1mm/m depuis le 12 octobre et l'inclinomètre 3 qui atteint 1.5mm/m depuis le 10 octobre 2014.
- Pour l'Unité 2 les inclinaisons restent inférieures à 1 mm/m observés sur 30 jours hormis l'inclinomètre 11 qui dépasse légèrement les 1mm/m depuis le 27 septembre octobre 2014
- L'inclinomètre 14 présente à priori des dysfonctionnements depuis le 8 octobre 2014 et devra être vérifié et recalé en mesures.

### **Fissuromètre:**

On note pour les unités 1 et 2 une très faible activité observée depuis 30 jours.

**Au vu des éléments compilés ci-dessus et pour chaque type d'instrument de collecte et de mesure on note une stabilité dans un fuseau assez régulier pour chaque donnée à analyser (déformation locale ; déplacement global et inclinaison soit les 6 degrés de liberté du mouvement du bâtiment).**

**Cependant il est important de garder à l'esprit que l'ensemble de ces mesures sont faites dans l'optique de définir un seuil d'alerte compatible avec la réalité de l'ouvrage et permettant une intervention ponctuelle et ciblée dans les niveaux -1, RDC, R+1 et R+2. Or il se trouve que les plans d'interventions proposés sont trop ambitieux par rapport aux données collectées et qu'il conviendra d'en tenir compte dans la détermination des seuils d'alertes en fonction des fuseaux de déplacements récapitulés ci-dessus.**