

# Suivi des déplacements et déformations de bâtiments



## Marc Favre

Expert judiciaire près la Cour d'appel de Chambéry agréé par la Cour de cassation



## Philippe Scholtès

Ancien expert judiciaire près la Cour d'appel de Chambéry

*Dans cet article, Marc Favre et Philippe Scholtès proposent une méthodologie concernant l'étude du suivi des déplacements ou déformations constatés lors d'expertises réalisées sur des bâtiments. Ils décrivent notamment : la méthodologie permettant de procéder à des mesures planimétriques à l'aide d'un tachéomètre motorisé de haute précision ; la mise en œuvre d'une surveillance du bâtiment par auscultation topométrique ; des mesures réalisées permettant de visualiser la cinématique des déformations dans l'espace.*

DÉPLACEMENTS / DÉFORMATIONS / BÂTIMENT / MÉTHODOLOGIE DE SUIVI ET D'ANALYSES / MESURES MÉTROLOGIQUES / TACHÉOMÈTRE / AUSCULTATION TOPOMÉTRIQUE / CINÉMATIQUE / LOGICIEL "SERIES"- ST, B, 02, 00

*In this article, Marc Favre and Pierre Scholtes propose a methodology for studies that monitor movements or deformations found during expert reports on buildings. In particular, they describe: the methodology enabling planimetric measurements to be taken using a high-precision motorized tachymeter; the setting up of topometric auscultation for monitoring buildings; and the obtaining of measurements that enable the cinematic visualisation of deformations.*

## PRÉAMBULE

Les expertises réalisées sur des bâtiments amènent très souvent à devoir quantifier le caractère évolutif des déplacements ou déformations.

Dans ce contexte, les auteurs ont été amenés à collaborer pour mettre en œuvre une méthodologie de suivi et des analyses qui sont exposées ci-après.

## 1. MÉTHODOLOGIE ET ANALYSE DES MESURES PLANIMÉTRIQUES

Les mesures sont effectuées à l'aide d'un tachéomètre électronique motorisé de haute précision, TDA 5005, conçu pour les mesures métrologiques (voir image 1).

Ce tachéomètre est piloté par le logiciel « SERIES » qui place la lunette sur la cible à observer, valide les mesures au bout de



Image 1. Tachéomètre électronique TDA 5005

deux paires de séquences (2 visées décalées en cercle à droite et 2 visées décalées en cercle à gauche) en fonction des paramètres de précision introduits *a priori*. Dans le cas présenté, les précisions recherchées sont inférieures à  $\pm 0,5$  mm dans les sens longitudinal, transversal et vertical.

Si les mesures ne convergent pas vers la précision souhaitée, le logiciel oblige à reprendre des paires de séquences et si la précision n'est toujours pas atteinte, les mesures sont à refaire dans de meilleures conditions.

Les mesures acceptées sont réduites et corrigées des effets de la pression atmosphérique, de la température et de l'humidité.

La détermination de la position des cibles est réalisée par mesures surabondantes, minimum deux stations indépendantes par cible, l'ensemble des mesures validées fournit le modèle d'étude statistique. Le logiciel LTOP de SWISSTOPO est utilisé pour l'analyse fine des résultats de ce modèle. Ce logiciel fonctionne selon les grandes lignes suivantes :

- les paramètres de précision des appareils et accessoires sont introduits *a priori* ;
- des calculs dits « libres », sans contraintes de références fixes, sont réalisés de manière itérative jusqu'à élimination de toutes les fautes et jusqu'à convergence avec les critères de précision

calculés *a posteriori*. Le calcul libre permet de connaître la qualité intrinsèque des mesures ;

- l'étape suivante consiste à bloquer le calcul sur les points fixes pour permettre la comparaison avec la mesure d'origine. C'est une étape délicate durant laquelle il convient de bien analyser l'effet de points qui peuvent légèrement bouger ou qu'il convient d'éliminer ;
- une fois le calcul bloqué, le logiciel fournit les ellipses d'incertitude de détermination de la position des cibles et la fiabilité de cette détermination, c'est-à-dire la taille de la plus grosse faute qui pourrait ne pas être détectée.



Image 2. Chevilles inox scellées



Image 3. Prismes de type GC25

Un module de représentation automatique des vecteurs de déplacements a été développé sous autocad (voir figure 8). Il permet de montrer l'enchaînement et l'amplitude des déplacements ainsi que la précision et la fiabilité de la détermination des positions des cibles à surveiller.

Les points accessibles sont matérialisés par des chevilles inox scellées, dans lesquelles viennent se monter, en centrage forcé, des sphères à prisme orientable (voir image 2).

Les points inaccessibles sont matérialisés par des prismes de type GC25 à orientation fixe (voir image 3).

Un réseau de points fixes de référence, minimum 4 points, est installé sur les éléments stables environnants (immeubles, ouvrages bien ancrés, rochers, etc...). Ces points sont équipés de la même façon que les points à surveiller. En cas d'impossibilité de trouver des points stables à proximité de l'ouvrage à surveiller il est possible de coupler les mesures tachéométriques à des mesures GPS de haute précision post-traitées et d'aller rechercher des points fixes à plusieurs kilomètres. Des observations de qualité de deux fois douze heures permettent d'atteindre des précisions planimétriques de  $\pm 2$  mm.

## 2. APPLICATION AU SUIVI DE DÉFORMATIONS DE BÂTIMENTS

Suite à la réalisation de terrassements à proximité d'un bâtiment, des désordres sont apparus dans ce dernier, amenant au déclenchement d'une expertise judiciaire (voir image 4).



**Image 4.** Vue panoramique



**Image 5.** Position du problème

Dans ce cadre, l'expert a préconisé la mise en œuvre, entre autres, d'une surveillance du bâtiment par auscultation topométrique telle que décrite dans les paragraphes précédents.

La position du problème est montrée sur l'image 5. Les « désordres » à l'extérieur et à l'intérieur du bâtiment sont montrés sur les images 6 et 7.



**Image 6.** Désordres à l'extérieur des bâtiments



**Image 7.** Désordres à l'intérieur des bâtiments

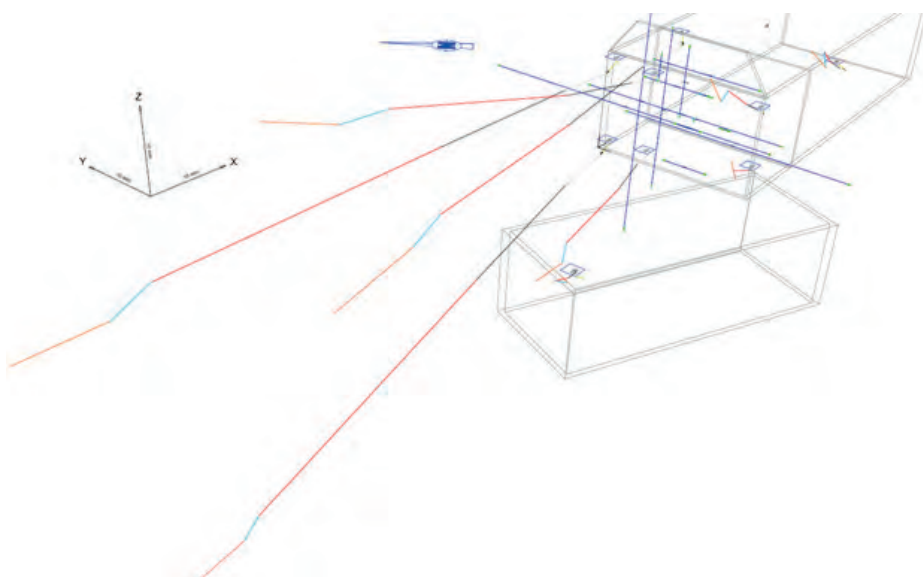


Image 8. Cinématique des déformations dans l'espace

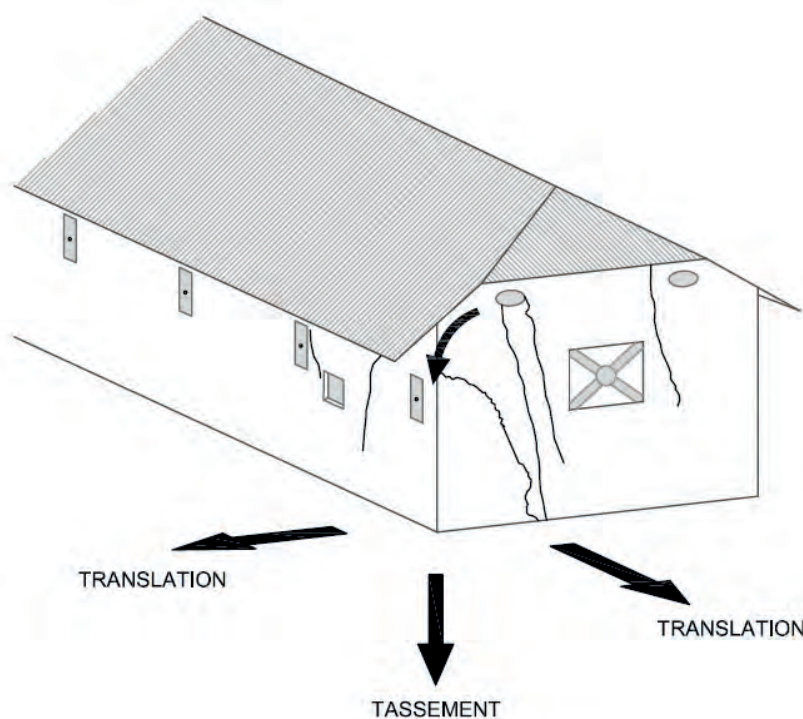


Image 9. Cinématique des déplacements & déformations

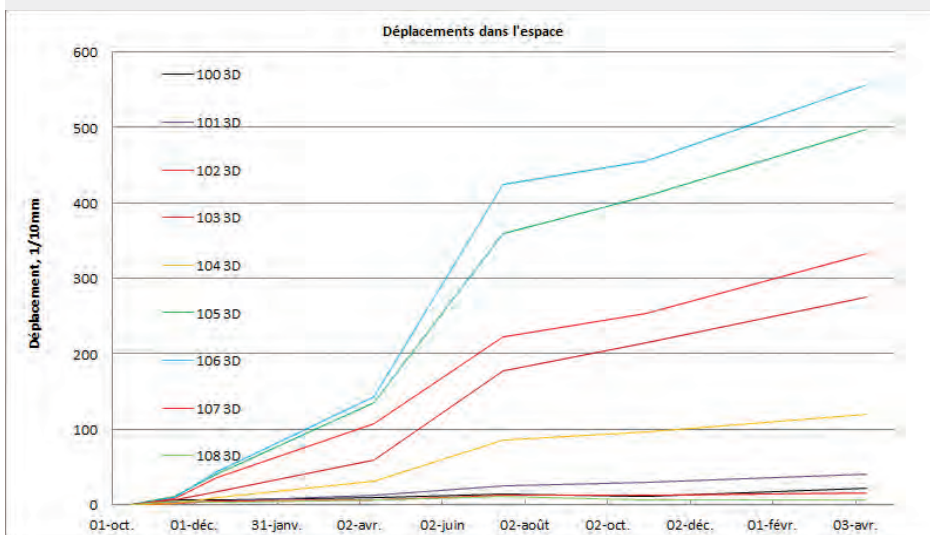


Image 10. Évolution des déformations en fonction du temps

Les mesures réalisées ont permis de visualiser la cinématique des déformations dans l'espace (voir images 8 et 9).

L'évolution des déformations en fonction du temps a permis de mettre en évidence le caractère évolutif et le fait que les déformations ne tendaient pas vers une stabilisation (voir image 10).

### CONCLUSION

La mise en œuvre du système d'auscultation pour le suivi de déplacements et de déformations s'avère être un outil particulièrement précieux pour comprendre la cinématique des déformations, déterminer éventuellement le caractère évolutif et recommander, le cas échéant, la mise en œuvre de mesures d'interdiction d'accès et de confortement.

La précision du système et des analyses ainsi que la fiabilité des résultats sont fondamentales pour décider des mesures exposées précédemment. ■