



Impact des mouvements de terrains sur les bâtis et les infrastructures

Marwan Alheib, Matthieu Caudron, Jean-Bernard Kazmierczak

► **To cite this version:**

Marwan Alheib, Matthieu Caudron, Jean-Bernard Kazmierczak. Impact des mouvements de terrains sur les bâtis et les infrastructures. Rapport Scientifique INERIS, 2009, 2008-2009, pp.95-97. ineris-01869257

HAL Id: ineris-01869257

<https://hal-ineris.archives-ouvertes.fr/ineris-01869257>

Submitted on 6 Sep 2018

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.

Impact des mouvements de terrains sur les bâtis et les infrastructures

{ M. Al Heib, M. Caudron, B. Hor, J.-B. Kazmierczak }

Les mouvements de terrains (retraits-gonflements, glissements, affaissements, effondrements localisés et généralisés, etc.) sont souvent dommageables pour les structures ou les infrastructures. Le niveau de dommage dépend de l'amplitude des mouvements et des caractéristiques des ouvrages en surface. L'évaluation de la vulnérabilité des structures ne tient pas toujours compte de l'interaction entre le sol et l'ouvrage. Des mesures de mouvements de terrains réalisées lors du creusement d'un tunnel à Londres ont montré clairement l'écart entre le modèle de prédiction sans tenir compte de l'interaction sol-structure et les mesures *in situ*. Elles ont montré que la courbe d'affaissement obtenue dépend de la rigidité de la structure affectée. Le nombre de structures exposées au risque de mouvements de terrains est très important. Il est primordial de proposer une évaluation précise et des solutions efficaces pour bien évaluer et réduire la vulnérabilité.

Problématique scientifique liée à l'évaluation des dommages

L'évaluation des dommages induits par les mouvements de terrains est généralement réalisée en deux étapes indépendantes : la première est l'évaluation de l'amplitude des mouvements et la deuxième est la sollicitation de la structure par ce mouvement sans tenir compte de l'interaction sol-structure qui peut très fortement modifier l'amplitude du mouvement et ses conséquences⁽¹⁾.

Il existe des connaissances permettant de prévoir relativement convenablement les mouvements verticaux de terrains provoqués par des cavités souterraines (mines et carrières), notamment en fonction de leur morphologie et de la nature du recouvrement. Pour déterminer la sollicitation de la structure et estimer la classe de dommages, la structure a souvent été modélisée par une poutre simple.

La prise en compte de l'interaction sol-structure s'est développée récemment. Les travaux les plus avancés concernent généralement le creusement de tunnels, caractérisé par une amplitude de mouvements généralement faible.

Le retour d'expérience met en évidence la nécessité de développer des connaissances scientifiques, afin de mieux appréhender la complexité des mécanismes mis en jeu lors du développement d'Interactions Sol-Structure.

La problématique se trouve donc à l'interface de deux domaines de compétence : la géologie de l'ingénieur, en ce qui concerne les mouvements du sol, et le génie civil, concernant les conséquences sur les ouvrages.

La démarche adoptée par l'INERIS est globale et permet d'apprécier et de déterminer le rôle de l'interaction sol-structure vis-à-vis des mouvements de nature à induire des dommages aux structures. L'approche scientifique est celle de la modélisation physique et numérique associée aux observations *in situ*.

RÉFÉRENCES

Al Heib M. Interaction sol-structure. Influence de la déformation horizontale (MVT) sur le bâti. Rôle d'une tranchée périphérique. Actes des Journées nationales de géotechnique et de géologie de l'ingénieur JNGG 2008, Nantes, p. 159-166.

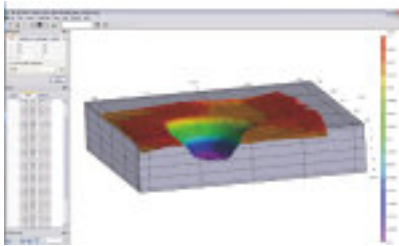
Caudron M., Al Heib M., 2009. Le simulateur de mouvements de terrain : un outil pour l'étude du comportement de structures soumises à des affaissements/effondrements. Conférence Géorisque, Montpellier. 3 février 2009.

Caudron M., Al Heib M., Emeriault F. Collapses of underground cavities and soil-structure interactions: influences of the position of the structure relative to the cavity. Int. Ass. for Comp. Meth. and Adv. in *Geomechanics* (IACMAG), Goa, INDIA, 30 sept - 5 octobre 2008.

Caudron M. Un modèle physique de grandes dimensions : un outil pour l'étude de l'interaction sol-structure. Conférence invitée aux JNGG'08, Nantes, juin 2008.

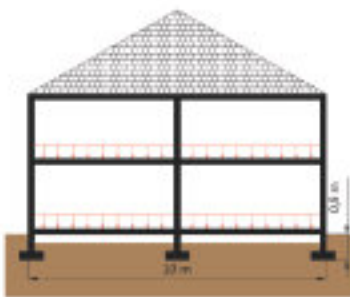
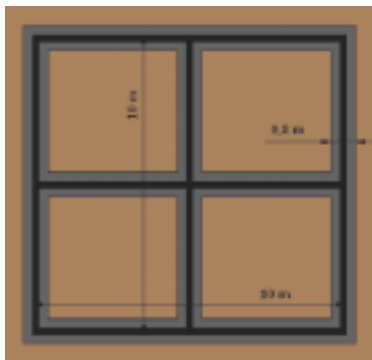
NOTE

(1) L'interaction sol-structure décrit le phénomène (d'action-réaction) qui se développe à l'interface entre un sol mis en mouvement et une structure (habitation, ouvrage) qui se déforme sous l'effet de la sollicitation.



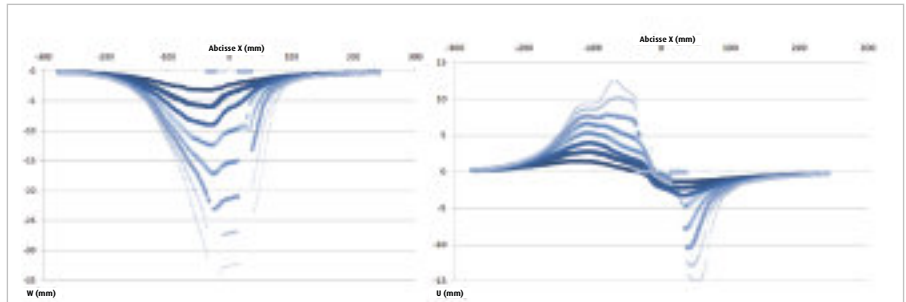
Modélisation physique des mouvements de terrain et leur impact sur les ouvrages en surface.

#1



Géométrie de la structure modélisée.

#3



Évolution de la cuvette d'affaissement et des déplacements horizontaux pour huit valeurs de déplacements du vérin, de 10 à 80 mm.

#2

Développement d'un modèle physique réduit

La modélisation physique réduite a d'abord été employée dans le cadre de la thèse de M. Caudron (2007), en partenariat avec l'INSA-Lyon. Un modèle réduit physique bidimensionnel fut développé permettant de représenter l'effondrement d'une cavité et l'apparition des mouvements de terrain en surface sollicitant une maquette de structure. Les résultats obtenus ont confirmé l'importance de l'interaction sol-structure. Toutefois, les caractéristiques et l'échelle du modèle ne permettent pas de reproduire les mécanismes réels d'interaction sol-structure.

L'INERIS a investi pour réaliser un modèle physique réduit tridimensionnel de dimensions importantes. Ce modèle physique a été conçu et fabriqué au sein des ateliers de l'INERIS (figure 1) (3 m de longueur, 2 m de largeur et 1 m d'hauteur). Il peut être équipé de 48 vérins (un seul dans son état actuel) permettant de reproduire dans le sol des sollicitations s'apparentant aux mouvements induits par l'effondrement d'une cavité.

Afin d'être capable, tout au long d'un essai, de mesurer les différentes composantes des déplacements en surface, un système d'imagerie numérique basé sur l'utilisation de deux caméras et d'un outil logiciel, Vic3D, est intégré au modèle. Il permet, après une phase initiale de calibration, de déterminer les champs de déplacements en tout point de la surface du massif de sol avec une précision de 0,05 mm.

Le modèle physique a été conçu en respectant les lois de similitude entre le prototype et la réalité grâce aux différents facteurs

d'échelle. Plusieurs grandeurs peuvent être modifiées pour simuler des configurations différentes générant des mouvements en surface (géométrie de la cavité et profondeur de celle-ci) : d'un fontis de petites dimensions à l'effondrement généralisé ou une cuvette d'affaissement de grande extension. Un essai sur le modèle physique est relativement rapide. Le traitement des images obtenues permet de modéliser la cuvette et les profils de déplacements verticaux, horizontaux ainsi que des déformations (figure 1). Grâce au traitement d'images, nous obtenons les caractéristiques de la cuvette d'affaissement :

déplacement vertical, déplacement horizontal, déformation du sol en fonction de l'évolution des dimensions de la cavité modélisée grâce au vérin se trouvant à la base du sol. La figure 2 présente un exemple de courbes d'affaissement sans présence d'une structure, pour différentes amplitudes de déplacement vertical de vérin.

La structure de l'étude actuelle correspond à une maison individuelle courante (figure 3) de base carrée (10 x 10 m), avec voiles en maçonnerie et planchers en béton armé, deux niveaux de superstructure, fondations sur semelles filantes sans sous-sol. La structure modélisée est beaucoup plus simple car elle correspond à une dalle. Celle-ci présente un comportement analogue à celui de la structure complexe et un niveau de chargement identique.

Des essais ont été conduits en présence de la structure, la figure 4 présente une comparaison entre la courbe du déplacement vertical obtenu en terrain vierge et celle obtenue en présence de la maquette de structure.

RÉFÉRENCES

Caudron M., 2008. Mouvements de terrain et déformations d'un bâtiment consécutif à un fontis : approche expérimentale et numérique. *Revue Européenne de Génie Civil*.

Hor B. Évaluation de l'impact des affaissements miniers et fontis sur les bâtiments en surface (Approche Expérimentale 3D). Rapport de Master de Recherche, INSA de Lyon 2008.

Pavier J. Évaluation de la vulnérabilité d'un bâtiment face à un risque d'affaissement de terrain. Rapport du stage 2a MRI - ENSI - Bourges 2008.

Prime N., Emeriault F., Caudron M., Al Heib M. Efficiency of mitigation measurements for structures subjected to ground movements. First International Symposium on Computational Geomechanics (ComGeo) 2009.






Type de structure					
Déformation horizontale transmise %	75	70	7	5	0,3

Tableau 1 : Pourcentage de transfert de la déformation horizontale du sol à la structure.

La perturbation des mouvements induits est indéniable. La présence de la structure en surface modifie la forme et l'amplitude des mouvements de terrain de manière croissante avec l'amplitude de celui-ci : pour l'ouverture de 10 mm, la perturbation est faible, alors que pour l'état final, associé à une ouverture de la cavité de 30 mm, la perturbation est très importante, allant jusqu'à un décollement entre la structure et le sol.

La modélisation numérique d'une structure simple (portique ou un mur plein) a montré que la présence d'une structure rigide réduit la déformation du sol jusqu'à 60 % et la déformation transmise à la structure est inférieure à 5 %. En revanche, en présence d'une structure souple la déformation transmise est égale pratiquement à la déformation du sol (tableau 1).

Conclusion et perspectives

La prise en compte de l'interaction sol-structure dans les études de mouvements de terrains a permis de mettre en évidence que les approches classiques ne sont satisfaisan-

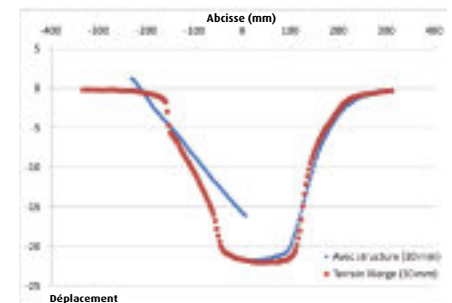
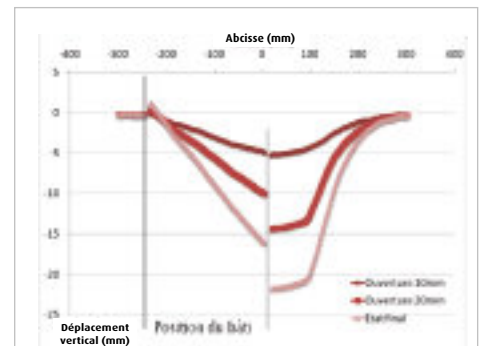
tes que pour des structures très peu rigides. Les résultats des approches conduites en laboratoire grâce à la modélisation physique et numérique montrent que les structures rigides subissent peu de déformation ce qui réduit leur endommagement. Néanmoins, il se pose alors la question de la fragilité de telle structure, dont la ruine peut être très rapidement obtenue dès que le seuil de résistance est dépassé, *a contrario* du comportement des structures souples.

L'évolution du modèle physique se poursuit, principalement au niveau du nombre de vérins utilisés, afin de permettre une reproduction de mouvements de terrain plus diversifiés qu'elle ne l'est actuellement. Par ailleurs, l'étude des structures et plus particulièrement de leur endommagement lorsque soumises à des mouvements de terrain doit permettre une meilleure compréhension de leur comportement afin d'optimiser au mieux le choix de solutions techniques de réduction de leur vulnérabilité.

ABSTRACT

The excavation and the collapse of underground cavities can induce the subsidence of the ground surface. The damages due to the subsidence may affect the structures and the infrastructures. The qualification of the level of potential damages is done without taking into account the soil-structure interaction. INERIS realizes today an important research program to study the effect of soil-structure interaction. Three research tools are adopted: *in situ* observation, physical and numerical modelling. INERIS has realized the concept and the construction of an important physical model for modelling the subsidence. A simple house was also constructed on the subsidence zone.

The first results of the physical modelling clearly show the influence of structures on the through subsidence shape. Thank to the numerical modelling, we know that the amplitude of the ground movement transmitted to the structure depends on their stiffness, it varies between 5 % and 100 % of the movement induced by underground cavities under greenfield conditions.



En haut : évolution de l'affaissement en présence de la structure en surface.
En bas : comparaison entre deux profils d'affaissement en terrain vierge et en présence de la structure.

#4