

Prise en compte du fluage dans l'interprétation des mesures de tassement

Le suivi du tassement des ouvrages, prévu généralement pour lever les incertitudes liées à ce problème, peut se révéler difficile à interpréter si l'ensemble des phénomènes n'est pas pris en compte. En intégrant l'équation propre au tassement secondaire, qui est fonction du logarithme du temps, dans les équations déjà reconnues pour retrouver le tassement primaire, le fluage est pris en compte et permet de mieux approcher la courbe théorique de déplacement en fonction du temps avec les mesures. Explications...

La déformation des sols fins sous les charges qu'on leur impose est un critère qui peut être dimensionnant pour les ouvrages. Le géotechnicien est, en effet, parfois amené à construire un remblai d'essai, voire l'ouvrage définitif, et à en mesurer les déplacements pour prédire quel sera le comportement du sol à long terme, incluant l'amplitude de tassement finale, et la durée nécessaire pour l'atteindre.

Consolidations primaire et secondaire

Recordon (1) expose et justifie une méthode d'extrapolation des déplacements de sols sous charge constante, à partir du modèle de Terzaghi.

En ne considérant que le premier terme de la série, le tassement a l'expression suivante :

$$\Delta H_p(t) = \Delta H_\infty \cdot (1 - B \cdot e^{-C \cdot t})$$

Où ΔH_∞ est l'amplitude de déplacement final de consolidation primaire, B caractérise l'origine du phénomène de consolidation et C caractérise la courbure de la courbe de consolidation.

L'expérience montre que dans certains cas, la courbe des mesures de tassements n'atteint pas un seuil asymptotique mais au contraire présente une variation linéaire en fonction du logarithme du temps. Ce phénomène est observable à partir d'une certaine date t_0 , qui est communément acceptée comme le point de départ de la consolidation secondaire du sol dite « fluage ». En notant ΔH_s l'amplitude des tassements de consolidation secondaire, on peut donc écrire :

$$\Delta H_s = D \cdot \log\left(\frac{t}{t_0}\right)_{|t>t_0}$$

Avec D le coefficient directeur de la droite approchant la courbe de consolidation secondaire en coordonnées $(\log(t), \Delta H)$.

Et pour des consolidations primaire et secondaire, nous partons de l'hypothèse communément admise par ailleurs que la consolidation du sol résulte de la superposition du phénomène de consolidation primaire et du phénomène de fluage, il devient : $\Delta H(t) = \Delta H_\infty \cdot (1 - B \cdot e^{-C \cdot t}) +$

$$D \cdot \log\left(\frac{t}{t_0}\right)_{|t>t_0}$$

Résolution du problème

Le problème consiste à déterminer les cinq coefficients A, B, C, D et t_0 qui ajusteront au mieux le modèle sur un ensemble de mesures $\{\Delta h_i\}$ par les moindres carrés.

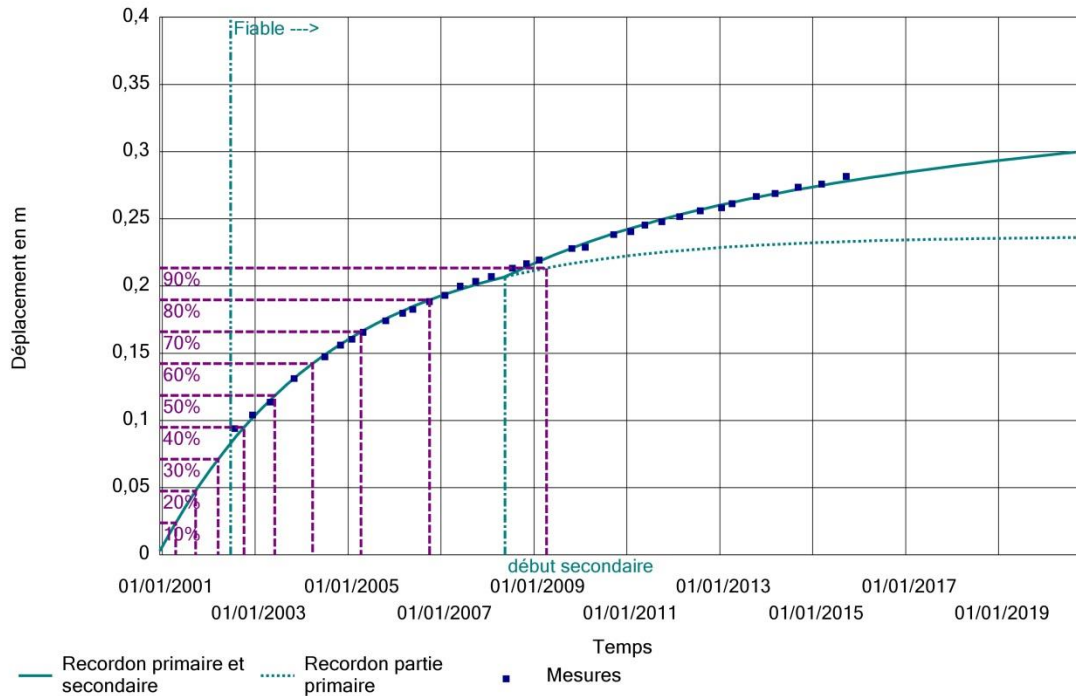
$$E = \text{Min} \sum [A \cdot (1 - B e^{-C \cdot t_i}) + D \cdot \log\left(\frac{t_i}{t_0}\right)_{|t>t_0} - \Delta h(t_i)]^2$$

L'inconnue principale est t_0 . La connaissance de ce paramètre permet de déterminer les intervalles de temps, et donc les points de mesure, sur lesquels les autres coefficients seront ajustés.

Applications de la méthodologie

Les modèles décrits précédemment ont été appliqués à différents cas exposés ci-après.

Application aux bâtiments : le dallage d'un bâtiment à usage commercial fondé sur sol compressible a fait l'objet de mesures semestrielles sur une période de plus de treize ans. La méthode exposée précédemment s'avère particulièrement adaptée au suivi du phénomène et met clairement en évidence la consolidation secondaire.



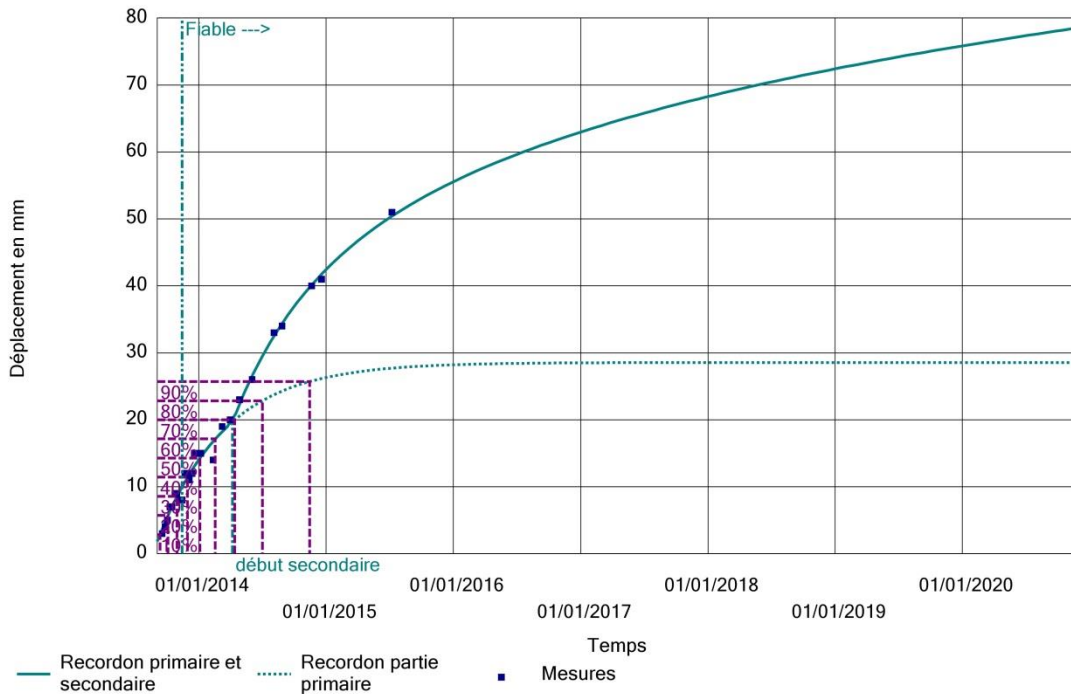
Application au suivi du dallage d'un centre commercial sur sol compressible.

Application aux ouvrages de transport : la construction d'une nouvelle ligne de tramway a nécessité la mise en œuvre d'un remblai de hauteur limitée mais de très grande largeur sur des sols de faible compressibilité mais sollicités jusqu'à une grande profondeur.



Suivi des tassements d'une plateforme de tramway fondée sur remblai.

Les tramways étant des systèmes sensibles aux tassements différentiels transversaux, le suivi de repères sur différents profils en travers a permis de prédire l'évolution du dévers des rails qui est un critère fondamental pour l'exploitation. Le suivi des tassements de la plateforme sur un repère est montré sur la figure ci-dessous et montre très clairement le phénomène de consolidation secondaire.



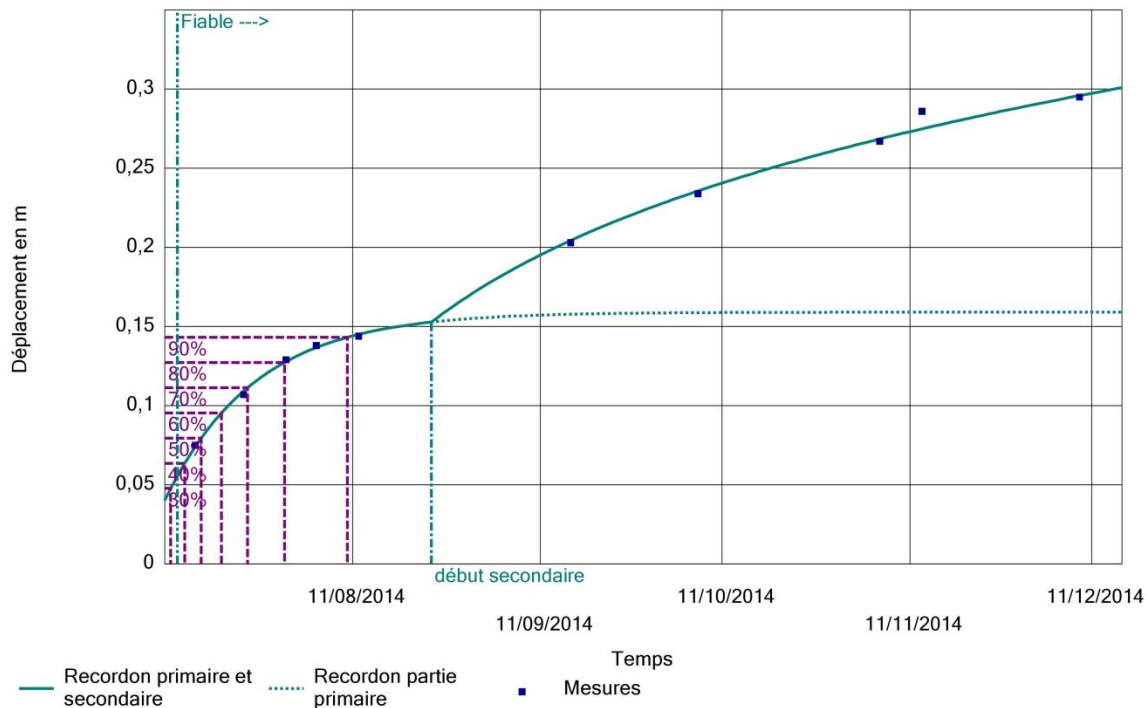
Evolution des tassements d'une plateforme de tramway fondé sur remblai.

Application à l'infrastructure linéaire :



Suivi des tassements d'un remblai de préchargement d'une plateforme autoroutière.

Le suivi des tassements du remblai de préchargement d'une plateforme autoroutière montré ci-dessous a permis de décider de la date d'arrêt du préchargement en fonction des critères de tassements résiduels admissibles et a mis en évidence le phénomène de consolidation secondaire.



Evolution des tassements d'un remblai de préchargement d'une plateforme autoroutière.

Pour autant que les chargements n'évoluent pas en fonction du temps et que les mesures ne reflètent que le comportement du sol, l'intégration du fluage dans l'estimation des tassements à partir des mesures in situ permet de retenir un modèle plus évolué, s'ajustant beaucoup mieux aux mesures de tassement d'ouvrages fondés sur des sols fins.

(1) Recordon, E. (1988) : Tassement des ouvrages au cours du temps - Méthode d'interprétation des mesures, Ingénieurs et Architectes Suisses n°7.

Marc Favre et Eric Vermoote,
Ingénieurs Conseils GEOS