



TECHNICAL NEWS

2005
Numéro 2

Editorial

Après une année 2005 bien remplie, nous profitons de la fin de l'année qui approche pour reconduire l'expérience du *Technical News*, petit fascicule nous permettant de vous présenter quatre projets, choisis parmi la trentaine de mandats que nous avons traités cette année. L'outil de prédilection de GeoMod reste encore et toujours la modélisation numérique de pointe, principalement à l'aide de Z_Soil 3D, alliée à notre expérience tant au niveau des lois de comportement des sols et des roches que de l'utilisation judicieuse de la méthode des éléments finis pour représenter au mieux l'interaction entre le sol et la structure.

Nous vérifions au quotidien l'intérêt de recourir à des approches numériques pour les Maîtres d'Ouvrage. D'une part, pour les structures complexes, la modélisation permet d'intégrer l'ensemble des composants du problème (interaction sol-structure, étapes de construction, eau, comportement transitoire, etc.) et peut ainsi servir d'outil de vérification global pour les projeteurs. Notre autre défi consiste à optimiser les projets, permettant parfois des économies non négligeables, comparativement à l'investissement supplémentaire en modélisation numérique.

Nous tenons enfin à remercier chaleureusement nos clients, partenaires et experts - les plus anciens comme ceux qui nous ont rejoints cette année - pour leur fidélité et leur confiance.



Excavation d'une halle en taupe

En collaboration avec edms SA, Carouge

Ce projet prévoit la construction d'une halle de tennis enterrée dans un terrain en pente sous une villa (Figure 1). La modélisation 3D de l'ouvrage par éléments finis a été entreprise en tenant compte des conditions hydrogéologiques, des étapes de construction et des différentes structures de soutènement. Un calcul auxiliaire d'une coupe 2D a également été mené.

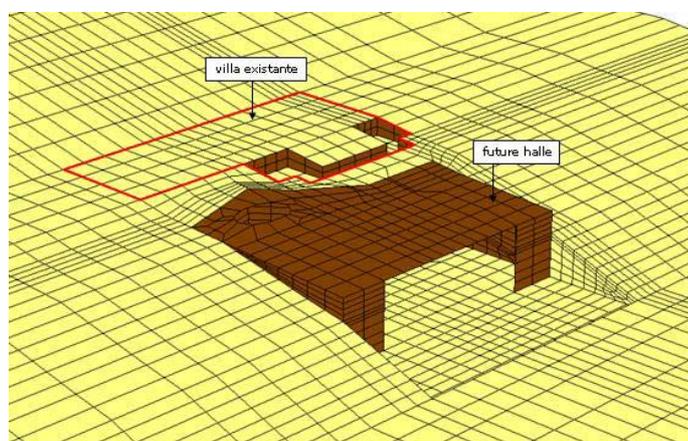


Figure 1. Maillage 3D

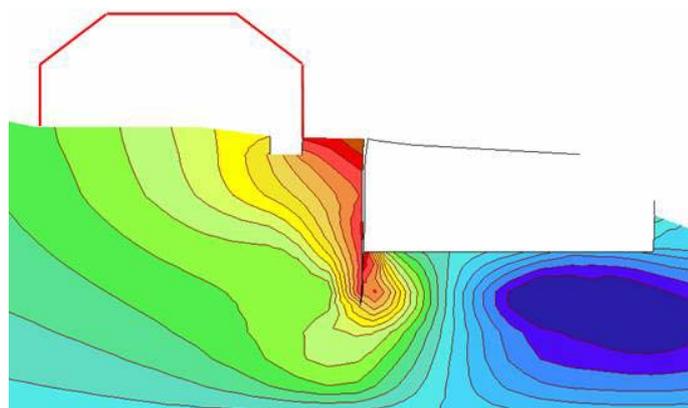


Figure 2. Déformations horizontales

La Figure 2 représente les déformations horizontales à la fin de l'excavation au droit d'une coupe transversale.

En 3D, l'analyse des efforts sur les premiers calculs a mis en évidence la présence d'efforts membranaires horizontaux de traction non négligeables dans les coques modélisant la paroi moulée, et plus particulièrement au niveau de l'angle ouvert de la paroi amont (Figure 3).

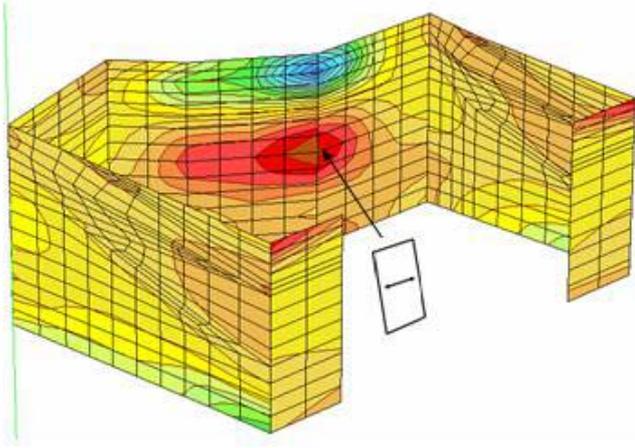


Figure 3. Illustration des zones de traction se développant en l'absence de joints

Suite à cette observation, une étude parallèle (2D et 3D) a été menée afin d'évaluer l'impact de la modélisation d'une paroi moulée à l'aide d'éléments coques continus sur la prédiction des efforts et déplacements pour différentes géométries de fouilles. Il en est ressorti globalement :

- qu'une approche avec des coques continues est suffisamment représentative pour des parois rectilignes
- que pour des parois non rectilignes, il est impératif d'introduire explicitement des joints dans les zones comportant des angles ouverts.

Aussi, le maillage EF a été modifié dans le cadre du projet: deux joints ne transmettant pas la traction ont été introduits au droit des joints de panneaux, afin de reproduire au mieux le comportement réel de la paroi (Figure 4).

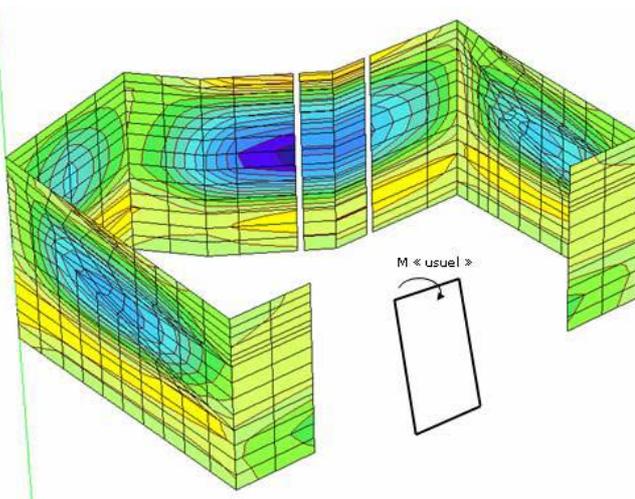


Figure 4. Moment de flexion usuel dans la paroi moulée

Dans ce projet, lors de la comparaison des efforts de flexion maximaux dans les modèles 2D et 3D (Figure 5), des différences importantes ont été relevées entre les deux modèles (facteur > 2). Ces dernières ont été analysées et elles proviennent essentiellement de :

- l'effet 3D global (fouille de longueur limitée)
- la prise en compte de la géométrie non rectiligne de la paroi en 3D
- la difficulté de modéliser la toiture en 2D (choix d'un appui fixe).

Cette comparaison montre ainsi tout l'intérêt d'une approche globale tridimensionnelle pour le dimensionnement.

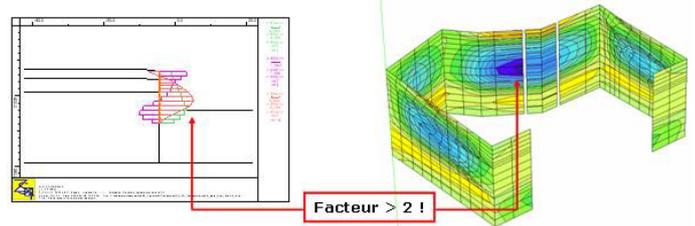


Figure 5. Comparaison des modèles 2D et 3D

Fondations profondes d'un complexe sportif

En collaboration avec Karakas et Français SA, Lausanne et Sancha SA, Yverdon

La modélisation d'un complexe sportif a été entreprise en tenant compte des conditions hydrogéologiques, des étapes de construction et de la présence ou non de pieux. Les dalles, radiers, voiles et murs sont modélisés à l'aide d'éléments de coque. Les rotules situées autour des bassins et à la jonction zone vestiaires - zone vestiaires sont introduites à l'aide d'éléments continus, ne transmettant pas la rotation (Figure 6).

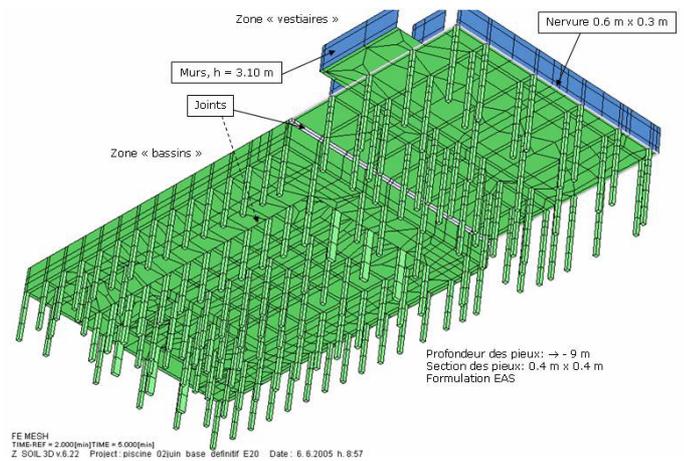


Figure 6. Maillage 3D. Structure sur pieux.

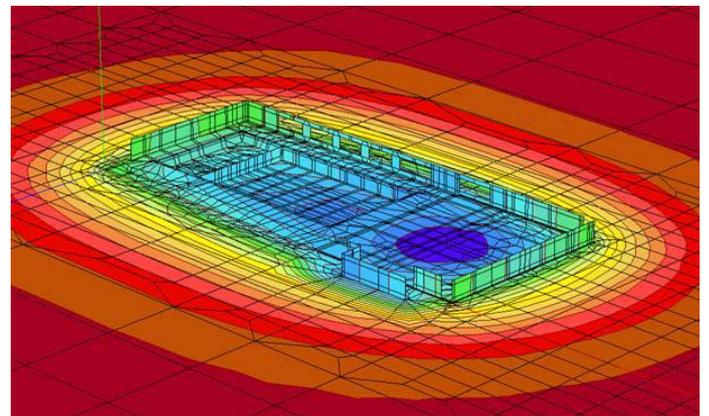


Figure 7. Tassements de la variante sur pieux.

La Figure 7 illustre la distribution des tassements sous charges permanentes de service. Le cas sans fondations profondes fournit une distribution spatiale similaire, mais le tassement maximal résultant est 2.5 fois plus élevé.

La modélisation permet également la lecture des moments de flexion dans les murs et dalles de la structure; la Figure 8 illustre les moments fléchissants m_{yy} dans la dalle de rez.

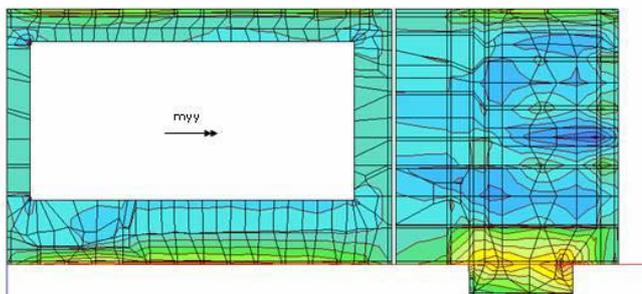


Figure 8. Moments fléchissants dans la dalle de rez

Tunnel ferroviaire sous un immeuble

En collaboration avec SGI ing. SA, Lausanne et Luxembourg

La construction d'un tunnel ferroviaire en milieu urbain nécessite de passer juste au dessous des fondations d'un immeuble de plusieurs étages. L'analyse numérique s'est d'abord concentrée sur une tranche représentative de 10 m de large sous l'immeuble (zone critique). Les semelles filantes de l'immeuble ont été modélisées explicitement. Une étude paramétrique sur les propriétés des sols étudiés, sur le taux de déconfinement et sur la reprise des charges de l'immeuble a été effectuée.

Dans un deuxième temps, la moitié de l'immeuble a été modélisée (Figure 9) afin de tenir compte de la complexité des étapes d'excavation en plan. L'influence de la présence de voiles répartiteurs entre les colonnes porteuses de l'immeuble sur les tassements se remarque en comparant les Figures 10 et 11.

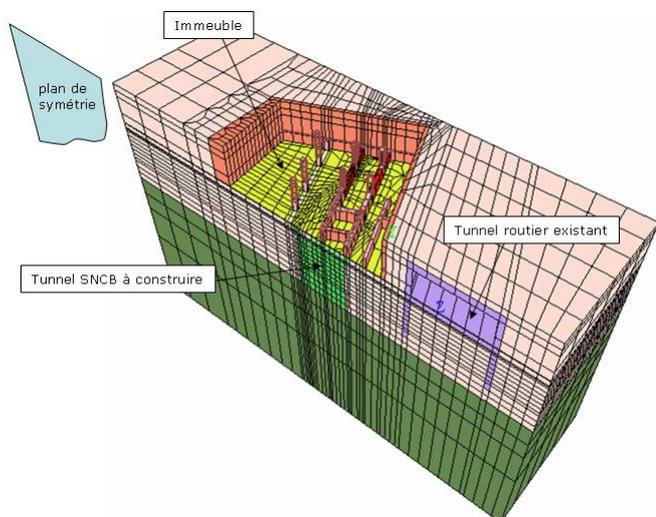


Figure 9. Maillage 3D

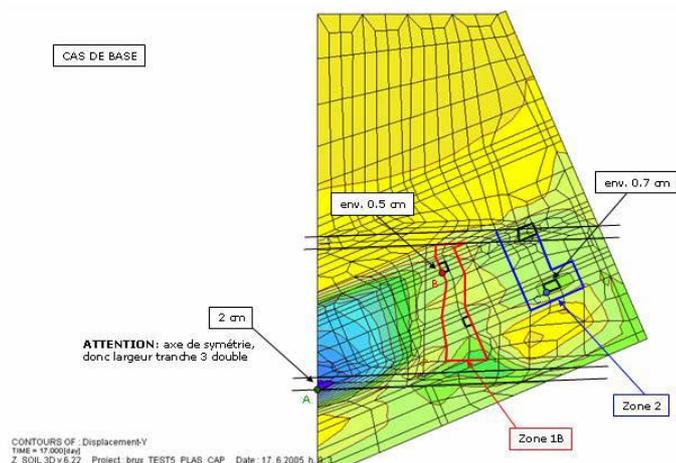


Figure 10. Déplacements verticaux vus en plan. Cas de base

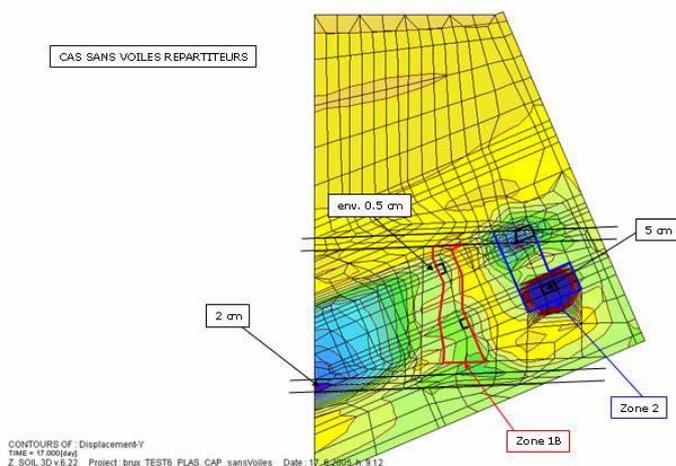


Figure 11. Déplacements verticaux vus en plan. Cas sans voiles

Vérification d'un pont en maçonnerie

En collaboration avec SD ingénierie SA, Lausanne

Le but de ce modèle est d'évaluer l'impact du passage des poids lourds 40 tonnes sur la sécurité structurale d'un pont (Figure 12).



Figure 12. Vue de l'ouvrage

Le maillage de la structure du pont est illustré en Figure 13. L'interaction entre les différents composants de la structure est modélisée par des éléments d'interface.

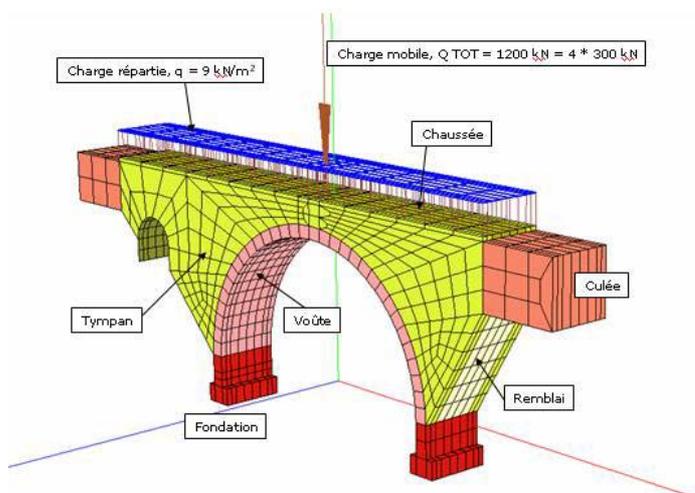


Figure 13. Maillage 3D (structure isolée)

Les Figures 14 et 15 illustrent les résultats principaux de l'étude, à savoir déplacements et contraintes dans la voûte.

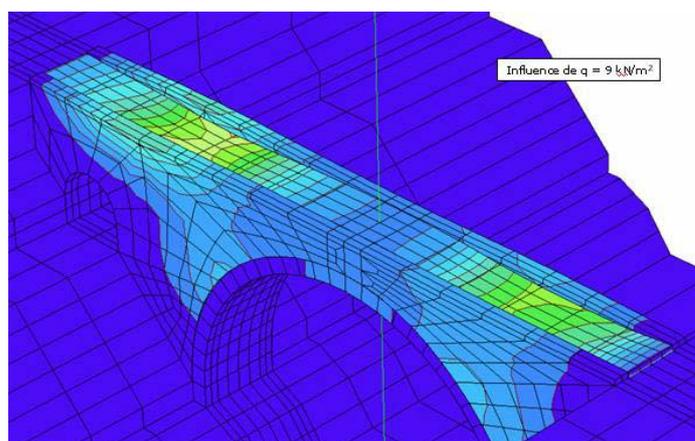


Figure 14. Champ de déplacements verticaux

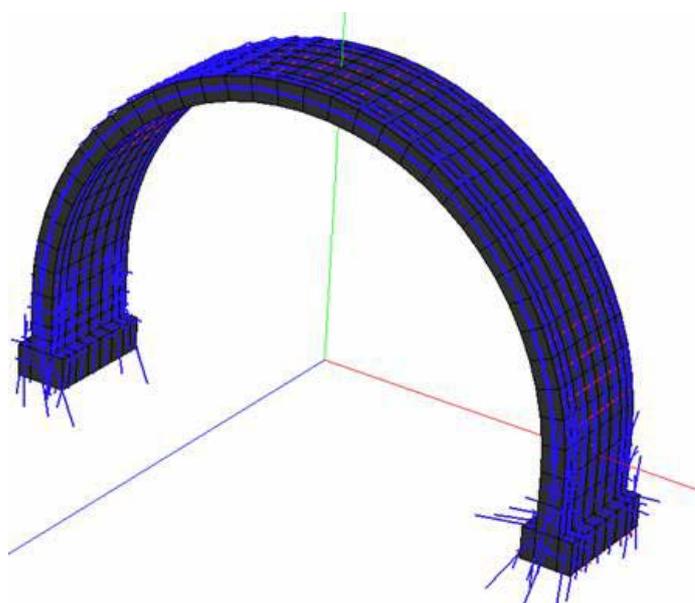


Figure 15. Distribution des contraintes dans la voûte

Un modèle 2D a également été étudié afin de quantifier l'influence de la présence ou non d'éléments d'interface entre chaque moellon composant la voûte porteuse du pont (Figure 16). En l'occurrence, au vu de la forte compression régnant dans la voûte, les différences entre les modèles avec et sans éléments d'interface entre chaque moellon sont relativement faibles. Par contre, les éléments de contact situés entre la voûte, les tympans et le remblai sont nécessaires à la bonne reproduction du comportement de l'ouvrage.

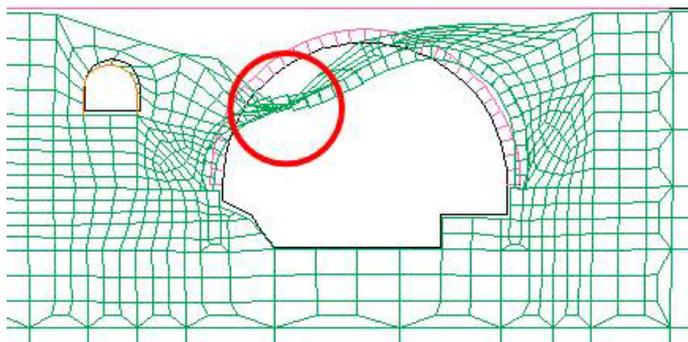


Figure 16. Vérification de la voûte avec éléments de contact entre chaque moellon (étude 2D)

Un rappel... toujours d'actualité !

L'équipe de GeoMod, composée de Françoise Geiser, Stéphane Commend et Axel Hauser, s'étoffera l'an prochain afin de répondre mieux encore à vos besoins.

- Au niveau recherche et développement, l'accent sera mis sur le domaine de la dynamique des structures (analyse sismique avec Z_Soil 3D, www.zace.com). Nous collaborons également au projet Européen « Mechanics of Unsaturated Soils for Engineering » (muse.dur.ac.uk).
- D'autres domaines du génie civil et environnemental sont susceptibles d'être abordés sous l'angle de modélisation numérique, comme les problèmes de transport (polluants, chaleur, eau, etc.)
- Nous sommes également à votre disposition pour vous former à l'utilisation de logiciels aux éléments finis, pour vous aider à réaliser une modélisation numérique dans vos locaux, ou pour organiser des mini séminaires sur l'utilisation des méthodes numériques dans le domaine du génie civil et environnemental, ou celui de la géotechnique.



GeoMod ingénieurs conseils SA
Av. des Jordils 5
CH-1006 Lausanne

T : +41 21 311 34 30
F : +41 21 311 34 29
www.geomod.ch
info@geomod.ch