



De nombreuses raisons motivent notre technique... Page 4

Renforcement des terrains de fondation – soulèvement
des bâtiments – stabilisation des fondations



Lucerne :
stabilisation
d'une maison
de la vieille ville
le long de la
Reuss

Page **2**



Vienne :
stabilisation
d'immeubles
du 18^e siècle

Page **7**



Pèrouse :
sauvetage
de la tour
de la ville
à l'aide d'une
technologie
par Deep
Injections®

Page **10**

Case history

Lucerne : stabilisation d'une maison de la vieille ville le long de la Reuss

La propriété se trouve au cœur de la vieille ville de Lucerne, majoritairement pédestre, juste à côté de la Reuss et à quelques minutes de la gare. Elle fait partie d'une rangée de maisons, faisant face au théâtre de Lucerne et à l'église des Jésuites.

Cette maison urbaine fut reconstruite, un incendie l'ayant endommagée vers 1833. Au nombre des rares parties originales préservées, on compte les arcades datant de 1596, l'objectif de la transformation étant de développer un espace habitable qui réponde à des exigences élevées. L'opération de stabilisation mène à une augmentation des charges exercées par l'immeuble ; aussi, il fut fait appel à Uretex (Suisse)

SA pour renforcer le sol de fondation afin de prévenir tout risque de tassement supplémentaire. Les travaux furent exécutés en octobre 2010, en partenariat avec Durrer + Partner AG, Ingenieurbüro Kerns, Eberli Generalunternehmung AG Sarnen ainsi que Bühler Iwan Arch.büro à Lucerne.

Au rez-de-chaussée, l'immeuble de sept étages s'appuie sur deux rangées d'arcades du côté de la Reuss. Sous ces

dernières se trouvent huit fondations individuelles (100 cm x 200 cm). Du côté de la Brandgässli, les fondations sont constituées de roche, s'inclinant vers le côté de la Reuss. Dans la zone des fondations des arcades, le sous-sol est sablonneux et a été remblayé à l'aide de pierres. Ce sous-sol doit être compacté, car la rangée de maisons familiales s'est affaissée vers l'extérieur/du côté de la Reuss d'env. 10 cm au fil des années. La semelle de fondation se trouve à une profondeur de -2,00 m par rapport au rebord supérieur des pavés dans le cas de la rangée intérieure, et de -3,00 m du côté extérieur. La roche



Des colonnes en pierre naturelle vieilles de 500 ans furent stabilisées sur cette façade.



Rapport d'expertise

Une série de mesures prises sur une durée d'env. 20 ans permit d'observer que le tassement de la fondation avait diminué d'env. 10 cm depuis bien longtemps. Des travaux de restauration (insonorisation) engendrèrent une compression supplémentaire des sols d'env. 20% sous les fondations individuelles, permettant de prévoir de nouveaux tassements.



Deux variantes de stabilisation furent discutées : d'une part l'enfoncement de micropieux, et d'autre part le renforcement du sol se trouvant sous les fondations. Préalables : les piliers en pierre naturelle âgés de plus de 500 ans ne devaient pas être altérés. Et comme le sol de la fondation se trouvait à plus de 2,0 m en dessous de la surface du terrain, le transfert des forces sur les micropieux aurait nécessité des efforts importants (par ex. insertion de poutrelles en acier).

Que décider ? Un entretien avec la maîtrise d'œuvre fit apparaître une préférence claire pour un renforcement des sols selon le système URETEK. Celle-ci avait pour avantage de nécessiter une faible hauteur de travail, et d'employer une installation mobile permettant de réaliser les travaux de façon relativement rapide et sans vibrations. L'ensemble fut ainsi exécuté dans les délais et à la satisfaction de tous les intéressés.

Durrer + Partner AG, Ingenieurbüro
6064 Kerns

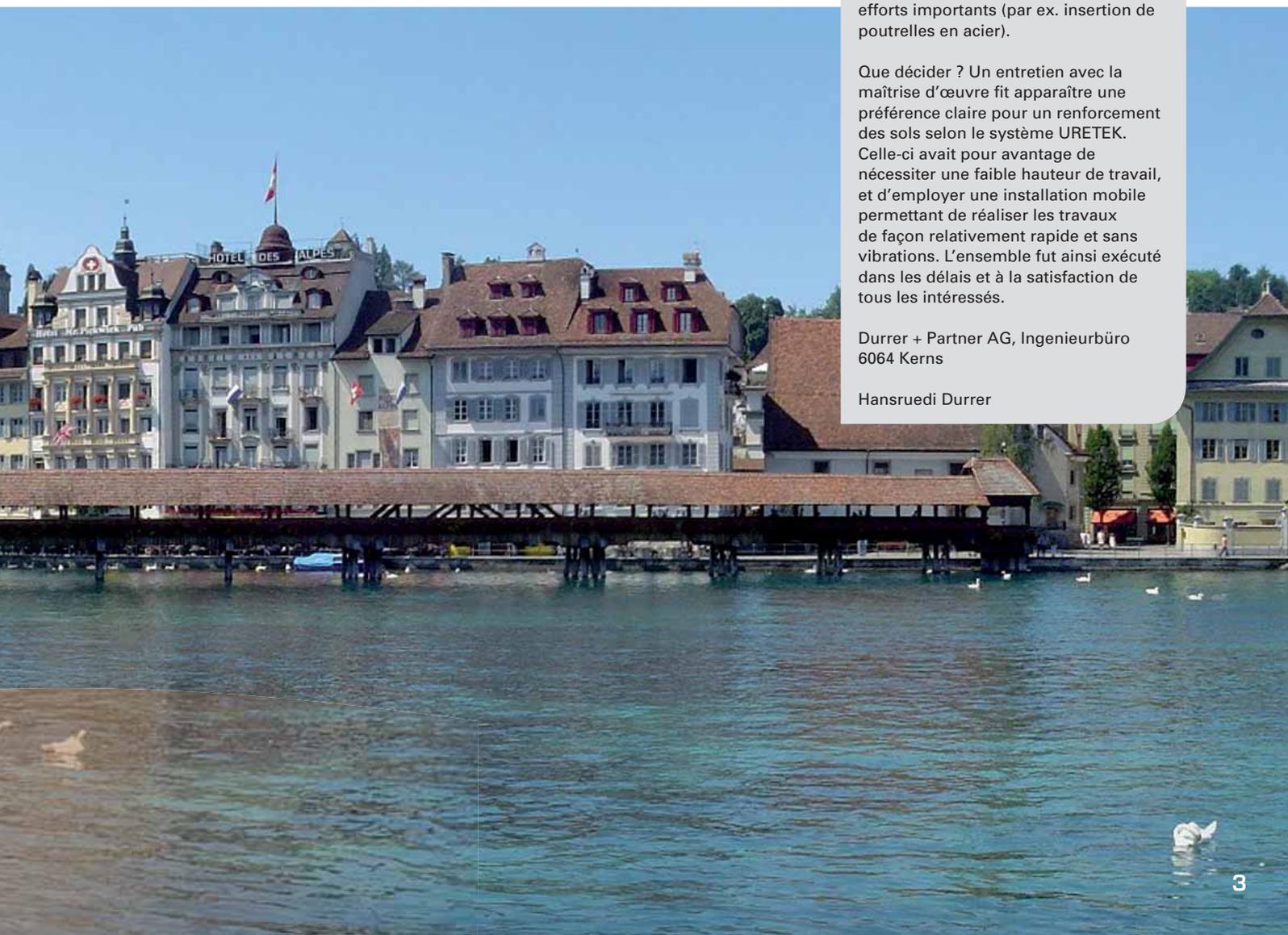
Hansruedi Durrer



est atteinte à une profondeur de -3,50 à -4,00 m dans le cas de la rangée intérieure, et de -4,70 à -5,20 m en ce qui concerne la rangée extérieure.

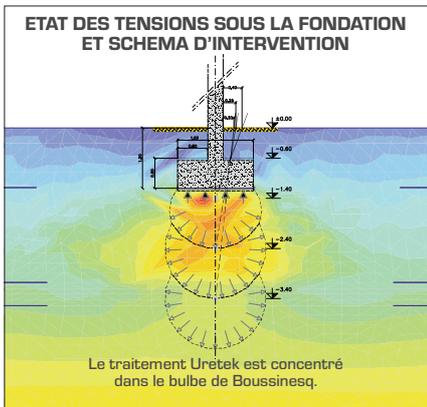
La résine synthétique Uretek fut injectée sous la fondation à trois niveaux de profondeur, en faisant usage de trous

de forage de 12-25 mm et en appliquant une pression contrôlée. Les cavités furent comblées et le sous-sol (dans la zone souffrant des contraintes les plus importantes) compacté et renforcé par une importante force d'expansion de 10'000 kPa (100 kg/cm²). La profondeur des lances d'injection était de -2,50 m, -3,00 m et -3,50 m pour la rangée intérieure, et de -3,50 m, -4,00 m, -5,00 m pour l'extérieur. Les rapports géomécaniques du sous-sol et des fondations furent améliorés, jusqu'à atteindre une réaction de levage d'env. 1 mm. Ceci démontre que la portance du sol de fondation est maintenant plus élevée que requis pour les parties de l'immeuble le recouvrant.



Force d'expansion de la résine synthétique

Plusieurs raisons motivent cette technologie



La technologie Deep Injections® d'URETEK fait usage de résines synthétiques expansives, dont l'injection est réalisée en fonction des rapports de charge et des conditions du sous-sol. Il est ainsi possible d'améliorer de façon durable des propriétés de sol inadéquates, puis de soulever des socles de fondation ou de stabiliser des fondations instables. Les propriétés géotechniques du sous-sol sont améliorées de façon considérable par l'injection de résines synthétiques Geoplus d'URETEK.

Les avantages de la méthode Deep Injections® d'URETEK

- Exécution simple, propre et rapide
- Effet immédiat
- Processus innovateur
- Applicable aussi dans des zones difficiles d'accès (par ex. cave, fondations intérieures)
- Economie de temps et d'argent
- Pas de chantier coûteux – de simples petits forages
- Force d'expansion jusqu'à 10'000 kPa

Case history

Stabilisation d'une maison urbaine

Maison Georges-Favon, Genève



Cet immeuble commercial de six étages repose sur des semelles filantes en béton. Les travaux d'excavation et de construction de l'immeuble voisin menèrent à une désagrégation du sous-sol et à des tassements importants. Des travaux de transformation de l'immeuble Georges-Favon engendrèrent des tassements supplémentaires, car l'ajout de nouvelles dalles de béton provoqua une augmentation de la charge d'env. 5-10%. Les tassements furent aussi causés par la diversité des matériaux

composant le sous-sol (la zone de tassement comprend des matériaux de remblai). De la résine expansive fut injectée à une profondeur de -3 m de la fondation UK à trois niveaux d'injection, jusqu'à obtenir une première réaction de levage légère, en employant la technique de Deep Injections®.

Renforcement des terrains de fondation

Rehaussement du bâtiment Centre Patronal, Paudex/VD



Le siège de l'organisation économique est composé de plusieurs complexes immobiliers de quatre ou d'un étage(s). Sous ce dernier se trouve un vaste garage souterrain. Deux étages supplémentaires furent ajoutés à un complexe d'immeubles d'un étage. L'augmentation de charge résultante nécessita un accroissement de la portance du sol de fondation dans le secteur du rehaussement. L'augmentation de portance requise fut calculée à l'aide d'essais au pénétromètre, puis

contrôlée. Uretek réalisa les travaux en deux étapes : avant le début des activités de transformation, et après érection du gros œuvre de rehaussement.



Case history

Soulèvement et stabilisation du chemin de roulement

Swissterminal, Frenkendorf



Le parc de conteneurs de Frenkendorf fut victime d'un curage des fines (effet de pumping) menant à la formation de cavités dans le sol de fondation. Les deux secteurs du chemin de roulement affectés par ce phénomène, 15 ml et 20 ml, se déplacèrent d'env. 2 cm et 3 cm. Lors de son passage, le dispositif de roulement se relevait sur les rails. Les cavités se trouvant sous les fondations furent comblées avec succès par Uretek (Suisse) SA grâce à la méthode de Deep Injections®, et le sous-sol fut compacté.

La piste de roulage recouvra ainsi sa stabilité originelle. Les injections de résine synthétique furent effectuées de nuit, sans interrompre l'exploitation du chemin de roulement.



Relèvement de dalles en béton

Arrêt de bus de Wyler, Berne



L'application de charges permanentes dues au passage de bus engendra des ruptures de pente pouvant atteindre 4 cm entre les dalles de béton individuelles. De plus, la pénétration de l'eau de pluie provoqua des effets de «pumping».

nivellement pour garantir la précision de l'opération de levage. Une fois les travaux conclus avec succès, il fut possible de circuler immédiatement sur l'arrêt de bus.

Cinq dalles de béton armé d'une épaisseur d'env. 20 cm et d'une surface individuelle de 16 m² chacune devaient être relevées jusqu'à leur hauteur originelle en l'espace d'une journée. Uretek emploie un appareil laser de



Soulèvement d'une maison de 55 cm

Chalet à Grindelwald



Cet immeuble d'appartements de trois étages comprend six unités d'habitation, et a été érigé en 1973. Il se trouve dans une zone dite de mouvements différentiels. L'immeuble repose sur un radier, et du côté de la vallée sur un garage en béton armé placé en amont.

tassement supplémentaire de 1 cm par an. Le soulèvement du chalet fut réalisé à l'aide de la méthode de Deep Injections®, il atteignit plus de 55 cm.

Les tassements apparaissant du côté de la pente/arrière au cours des 14 premiers jours suivant son érection atteignirent 38 cm, au cours des 20 années suivantes, l'ingénieur nota un



Case history

Étanchéification de l'excavation d'une nouvelle gaine d'ascenseur

Coop, Dielsdorf



Un nouvel ascenseur devait être ajouté à la structure en béton existante d'un centre commercial, durant sa phase de transformation de l'année 2010.

La gaine d'ascenseur, qui venait d'être déblayée, se remplit totalement d'eau souterraine.

Une injection ciblée autour de l'excavation permet de combler les cavités, et de compacter le sous-sol jusqu'à une profondeur de 2,50 m. Il fut

possible de réaliser l'étanchéification requise à relativement peu de frais, et d'exécuter immédiatement les travaux de bétonnage.



Stabilisation du plancher d'un entrepôt

Coca-Cola Beverages AG, Bolligen



En 2006, Coca-Cola érigeait un nouvel entrepôt. Les vibrations provoquées par le passage des chariots élévateurs engendrèrent la formation de cavités sous les dalles de béton, au niveau des jointoiments. De plus, des fissures se développèrent dans le sol autour des joints. Pour éviter l'amplification des dommages dus aux charges dynamiques provoquées par le déplacement des chariots élévateurs, le sous-sol se trouvant sous les dalles de béton, dans la zone des jointoiments

(47 ml), fut comblé et stabilisé. Des essais de déplacement des chariots furent effectués de façon régulière au cours de l'exécution des travaux, et les différences de charge contrôlées à l'aide d'un micromètre. Celles-ci ne dépassaient pas 0,03 mm après les injections.

Stabilisation des fondations d'une église

Eglise protestante, Chêne-Bougeries



Les périodes sèches et la déshydratation causée par les arbres provoquèrent des tassements et la formation de fissures dans l'église. Des sondages des fondations démontrèrent que la maçonnerie de fondation commençait elle aussi à s'affaïsser.

Un total de 72 ml du sol de fondation fut injecté en employant la méthode Deep Injections. Une résine peu gonflante fut injectée par Wallrestoring dans la maçonnerie de fondation, et se répartit

dans cette dernière afin de la renforcer. Les propriétés de cette résine sont similaires à celle du mortier.



Case history internationale

Vienne : stabilisation d'un immeuble du 18^e siècle.



Un défi passionnant au centre de Vienne : la rénovation de la façade d'un **immeuble du 18^e siècle**. Pour Uretek, une telle problématique implique un traitement du sous-sol. Il s'avéra nécessaire d'augmenter la pression théorique du sol, par rapport à la pression réelle. Cette reprise en sous-œuvre fut effectuée à l'aide du système de Deep Injections®. Cette opération consiste en un renforcement des fondations par **injection de la résine expansive Geoplus®**. Un tel processus est particulièrement approprié pour des immeubles historiques, comme elle permet d'intervenir directement dans la fondation, sans influencer le reste du patrimoine bâti de quelque façon que ce soit. La résine est injectée sous forme liquide – alors qu'elle se trouve déjà dans sa phase d'expansion – dans des orifices de moins de 3 cm. Geoplus multiplie alors son volume de 10 à 15 fois dans des délais minimaux, et développe une pression expansive pouvant atteindre 10'000 kPa, s'adaptant aux conditions de résistance rencontrées sur le site.

L'expansion de la résine dure jusqu'à ce que le sous-sol traité soit sursaturé, provoquant l'écoulement de la résine superflue par le haut et un risque de soulèvement de l'immeuble.

Pour éviter tout risque de dommages, l'injection est contrôlée à l'aide d'une sonde laser, provoquant l'arrêt immédiat du processus dès qu'un soulèvement du sol est noté. Dans le cas du bâtiment de Vienne, des fondations linéaires pré-existantes furent découvertes. Celles-ci étaient d'une largeur comprise entre 60 et 95 cm, et posées à une profondeur de 1,30 et 1,50 m. Le sous-sol était composé de couches de sable et de gravier. Le traitement engloba env. 259 m de fondations, impliquant l'injection d'un total de 10'176 kg de résine. Selon la nature du sol, ou la profondeur du gravier, les injections furent réalisées en 3, 4 ou 5 niveaux : 0,10, 1,10, 2,10, 3,10 et 4,10 m de la fondation UK. Il fut respecté une tolérance de soulèvement du sol < 1 mm.

Une observation globale permet de constater la présence de diverses fissures du côté de la façade. Cela démontrait l'absence de généralisation du tassement du terrain. La résine ne fut donc pas injectée de façon uniforme, mais en fonction de la composition du sol, avec pour objectif une harmonisation des différences de pression dans l'ensemble des fondations.

Case history internationale

Stabilisation d'une surface de 7000 m²

Uretek résout le problème sans interrompre les activités de production



La société Atelier Bretagne, située à la périphérie de Rennes (France), est une entreprise de sous-traitance du constructeur automobile PSA.

La production de cette entreprise est assurée sept jours sur sept, et 24 heures sur 24, au rythme de l'arrivée des commandes. Il fut observé que le sous-sol du plancher de l'entreprise Atelier Bretagne n'était pas en mesure de supporter les charges auxquelles il lui fallait résister, ni le trafic incessant des chariots élévateurs, ce qui provoquait un endommagement des radiers de fondation.

Les enquêtes d'Uretek conclurent à l'exercice d'une pression extrêmement élevée par les chariots élévateurs au niveau des joints de dilatation.

Pour les responsables de l'entreprise, il était totalement impensable d'interrompre les activités de production pour réparer les dégâts du plancher.

Les coûts d'une éventuelle interruption de la production auraient été supérieurs à ceux d'une rénovation complète du sol.

La solution de stabilisation proposée par Uretek fut considérée comme appropriée, car elle présentait l'important avantage de ne pas devoir interrompre l'exploitation. Les activités pouvaient être poursuivies de façon quasiment normale durant la réalisation des travaux de réparation.

Une surface au sol d'environ 7000 m² était concernée, nécessitant la mise en place d'env. 20 de résine expansive. Les responsables de l'intervention

Un radier de fondation peut être endommagé au fil du temps par le déplacement permanent de chariots élévateurs : le sous-sol en devient alors de moins en moins capable de supporter les charges auxquelles il doit résister.

Tel était le cas de la société Atelier Bretagne, une entreprise dont la production était assurée 24 h sur 24 h, sans interruption. C'est pourquoi il n'était pas question d'envisager un arrêt de la production pour des raisons de coûts.

Uretek offrait la solution idéale, comme l'exécution de l'intervention pouvait être planifiée et programmée en exerçant une influence minimale sur les activités de production de l'entreprise. 20 tonnes de résine expansive permirent de restaurer une surface de 7000 m² en compactant le sous-sol sans décollement du plancher.

planifièrent les travaux avec précision, et attribuèrent à chaque phase une plage de temps planifiée au préalable, de façon à assurer l'efficacité des opérations sans influencer sur les activités de production de l'entreprise.

Les travaux durèrent 35 jours. Il fallut percer une rangée de trous de forage de 12 mm de diamètre dans le plancher, par lesquels la résine Uretek fut injectée dans le sous-sol.

La trame prévoyait environ un trou de forage par mètre carré de plancher, en plus grande densité autour des joints de dilatation.

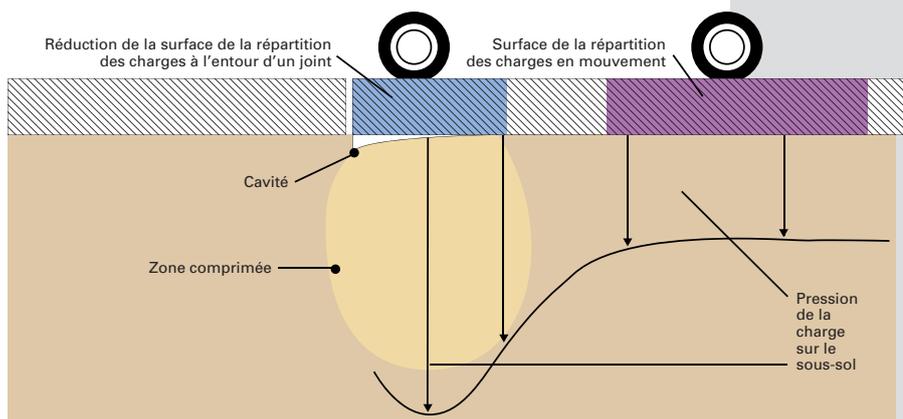
Durant l'injection de la résine expansive, il fut veillé à l'absence de soulèvement du plancher à l'aide d'un dispositif de contrôle laser.

Après chaque injection, le résultat fut contrôlé à l'aide d'un comparateur, tenant compte de décalages de 1/100^e de millimètre. Une vérification fut réalisée en déplaçant un chariot élévateur chargé sur chaque zone traitée.

Les résultats dépassèrent nettement les tolérances prévues à l'origine de 20/100^e de millimètre.



Contrôle des oscillations du sol lors du déplacement d'un chariot élévateur, à l'aide d'un comparateur.



La résine est injectée dans le sous-sol par tubes introduits dans des trous forés dans le plancher.



Pérouse : sauvetage de la tour de la ville



Le problème

La tour de la ville de Città di Castello (Italie) est inclinée d'env. 70 cm. Cette situation engendre des valeurs très proches de la valeur admissible maximale en ce qui concerne l'équilibre de la tour. A cela s'ajoute une aggravation de la situation provoquée par l'essaim de séismes du mois de mars 2007.

La solution

Une intervention plus volumineuse, et par bien des aspects plus délicate, était nécessaire.

La tour médiévale est située dans la vieille ville. L'ouvrage est haut de 40 mètres, et couvre une surface carrée d'environ 7 mètres de côté.

Pour pouvoir résoudre le problème à l'aide de **résine expansive (Deep Injections®)** les techniciens Uretek durent d'abord déterminer la méthode optimale après une analyse minutieuse : Les données de départ à transférer dans un modèle 3D d'éléments finis furent déterminées à l'aide du **système de calcul Uretek**. Divers calculs permirent d'évaluer le comportement du bâtiment durant les différentes phases d'injection prévues. La fondation en béton simple

de la tour est composée de mortier de ciment, comportant des fragments de calcarénite, de grès et de galets. Les fondations (larges de 1,4 mètre et profondes de 2,8 mètres) reposent sur une assise d'argile et de sable boueux. Suite à l'aggravation de la situation provoquée par l'essaim de séismes, la tour fut soumise à des tensions.

La saisie des données dans le système de calcul permet de chiffrer le degré d'amélioration des propriétés de l'ouvrage en injectant de la résine expansive, et en faisant usage d'une technique de Deep Injections®.

Le modèle se montra particulièrement utile pour déterminer la quantité de résine à injecter, ainsi que les séquences d'injection, la répartition du matériau et la profondeur d'application dans l'assise. L'intervention eut alors lieu : des **trous furent forés** jusqu'à 4,5 mètres sous la semelle de fondation, pour procéder à **l'injection de la résine** dans environ la moitié de la surface sur laquelle reposait la tour.

Le résultat

La résine injectée connut un phénomène d'expansion et **compacta l'assise** de

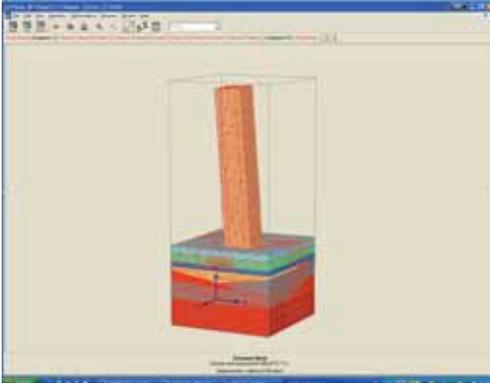
la tour, permettant ainsi de **réduire les risques d'un tassement supplémentaire**. Les résultats des études réalisées et des essais au pénétromètre permirent de confirmer le **succès de l'intervention**. Sécurité et résistance purent être améliorées de façon considérable.

Les résultats correspondent totalement aux calculs prévisionnels du projet.

Ci-après quelques schémas de l'analyse tridimensionnelle, dans le cadre des interventions de consolidation du sous-sol d'assise de la tour.

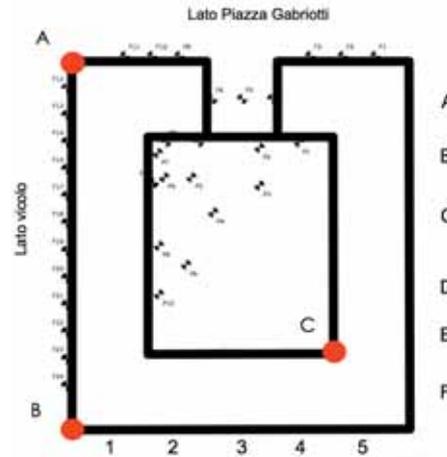
Analyses

Illustration représentant les données de départ sur lesquelles reposait le modèle de traitement des injections prescrites dans ce cas : stratification du terrain et inclinaison de la tour.



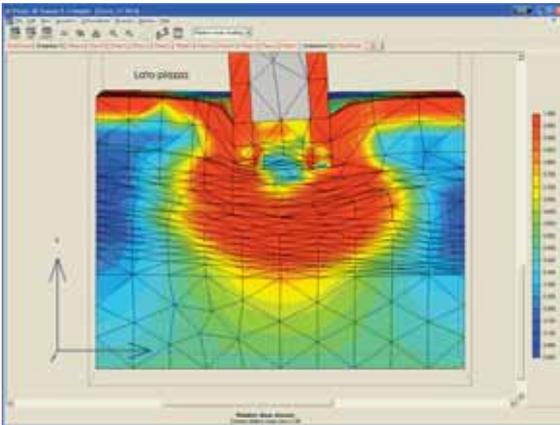
Intervention

Projection horizontale de la répartition des injections et des points de contrôle



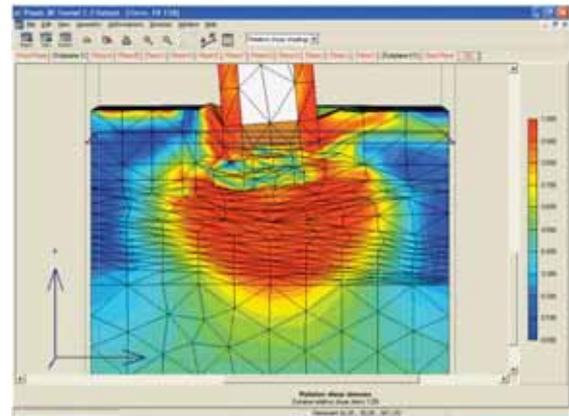
Avant l'intervention

Bulbe de pression, section longitudinale de la tour avant l'intervention.



Après l'intervention

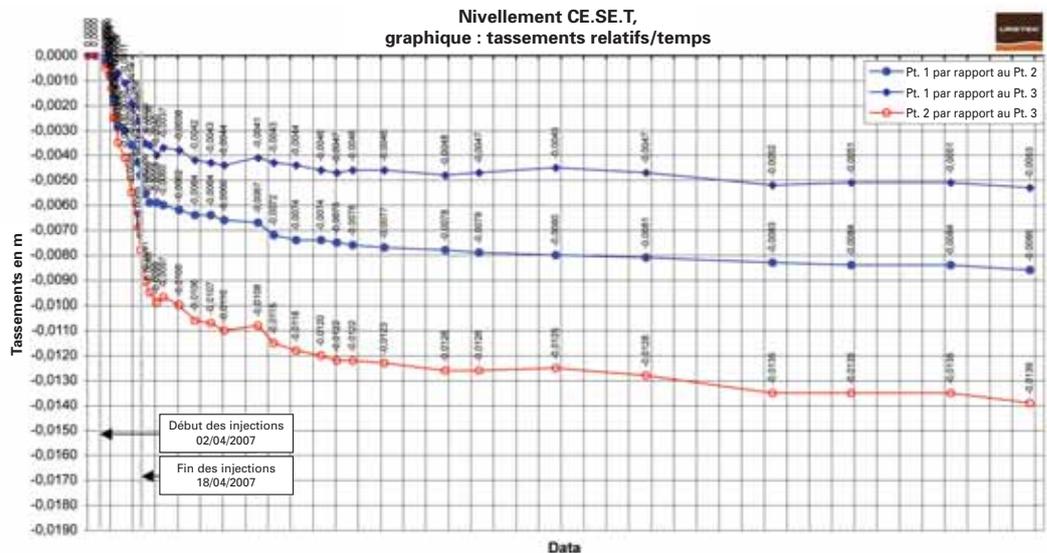
Bulbe de pression, section longitudinale de la tour après l'intervention.



(Il reste à déterminer si l'intervention a engendré une amélioration des facteurs de charge. La coupe relative de la variable de référence a connu une réduction d'env. 40% par rapport aux conditions avant l'intervention en question).

Résultat

Schéma des tassements par rapport au temps. Le schéma représente les tassements relatifs à partir d'une date précédant l'injection, et jusqu'au mois de mai 2008.



Pourquoi Geo.ACTION ?

Des innovations techniques et des informations pour le professionnel

Geo.ACTION – l'un des périodiques publiés de façon régulière par Urettek, offrant des rapports sur les innovations et développements techniques, et démontrant de quelle façon les technologies Urettek résolvent les problématiques actuelles.

Geo.ACTION est l'outil grâce auquel les innovations techniques sont rendues publiques et expliquées. La communication y joue un rôle fondamental. Une communication dont Urettek a toujours reconnu l'importance. Qu'il s'agisse de la découverte de la méthode de **Deep Injections®**, de l'introduction d'une nouvelle résine expansive telle que **Geoplus®** ou de technologies de rénovation des bâtiments telles que **Walls Restoring®**.

Ce n'est pas un hasard si la naissance de **Geo.ACTION** coïncide avec la présentation sur le marché de la **nouvelle méthode de calcul**. Il s'agit là d'une innovation exclusive dans le domaine du renforcement des sols à l'aide de résines expansives.

Les «Case Histories» publiées consistent en des études de cas réels, dans le cadre desquels il a été fait usage de la technologie Urettek. Les professionnels pourront y trouver des informations techniques précises, démontrant l'importance, voire la nécessité, de la mise en œuvre de mesures Urettek.

Geo.ACTION n'est pas seulement une publication interne à l'entreprise, mais aussi un moyen de communication de professionnel à professionnel.



Un nouveau site Internet

Navigation simple et compréhension immédiate



Une nouvelle conception du site Internet d'Urettek : sa nouvelle version est d'un **brun terreux** et dispose d'un **contenu élargi**.

Urettek mise sur une **communication moderne et interactive** à l'aide d'un graphisme clair et créatif. Le site est conçu de façon logique : les prestations sont illustrées, les paragraphes techniques munis d'animations explicatives, afin que chaque point puisse

être visualisé, ce qui en renforce la compréhension. Il souligne avec évidence, même pour le profane, la nécessité de la réalisation des travaux ou la nature de la méthode la plus pertinente, ainsi que les avantages en découlant.

Un site Internet introduisant donc ses thèmes de façon compréhensible, que ce soit pour le technicien professionnel ou le profane intéressé par le sujet.

WWW.URETEK.CH