

chantiers

N°3 • Avril 2020

49^e année - 577^e parution

M A G A Z I N E

Elément de transition

ATRIUM AIRPORT HOTEL, MEYRIN

Underworld

ESPACES SOUTERRAINS

SPECIAL INFRASTRUCTURES

Machines de chantier

C'EST DU LOURD!

CONEXPO-AGG, LAS VEGAS

Tour Roche B2, Bâle

BIEN FONDÉE POUR ALLER PLUS HAUT



Inaugurée en 2015, la tour B1, siège du groupe Roche, est le bâtiment le plus élevé de Suisse et culmine à 178 m de haut. La tour B2, un immeuble de bureaux qui culminera à 205 m, est en cours de construction.

Le groupe pharmaceutique Roche poursuit son ambitieux projet de développement et de densification de son siège. Au cours des prochaines années, son site de Bâle est appelé à faire peau neuve. Le projet phare est la tour B2 qui, avec ses 205 m de haut, deviendra la plus haute tour de Suisse. Les ingénieurs du bureau Gruner SA nous expliquent les défis géotechniques que ce bâtiment hors norme représente.

Inaugurée en 2015, la tour B1, siège du groupe Roche, est le bâtiment le plus élevé de Suisse et culmine à 178 m de haut. Le groupe investit actuellement au total près de 3 milliards de francs suisses dans le développement de son infrastructure de recherche et de bureaux, se donnant ainsi les moyens d'asseoir la pérennité et la réussite de l'entreprise dans l'avenir. Parmi les différents projets, certains vont redessiner le paysage urbain de la cité rhénane. La tour B2, un immeuble de bureaux culminant à 205 m, est en cours de construction. A l'heure actuelle,

les travaux de fondation de la deuxième tour sont achevés et les travaux de gros-œuvre battent leur plein. Dès 2022, le bâtiment qui comprendra 50 étages et 3 sous-sols, pourra accueillir jusqu'à 2400 collaborateurs. Le volume d'investissement prévu s'élève à 550 millions de francs suisses.

D'autres projets sont également en cours, tels que la construction du Centre pRed, un centre de recherche comprenant quatre bâtiments et dont la hauteur ne dépassera pas les 110 m.

La tour est 27 m plus haute que sa jumelle, a une emprise au sol inférieure et représente une charge totale caractéristique d'environ 1800 MN (180 000 tonnes).

« PLUS HAUTE TOUR DE SUISSE »

Pour bâtir les trois sous-sols d'une hauteur d'étage de 8,5 m maximum, une fouille de 20 m de profondeur comportant des

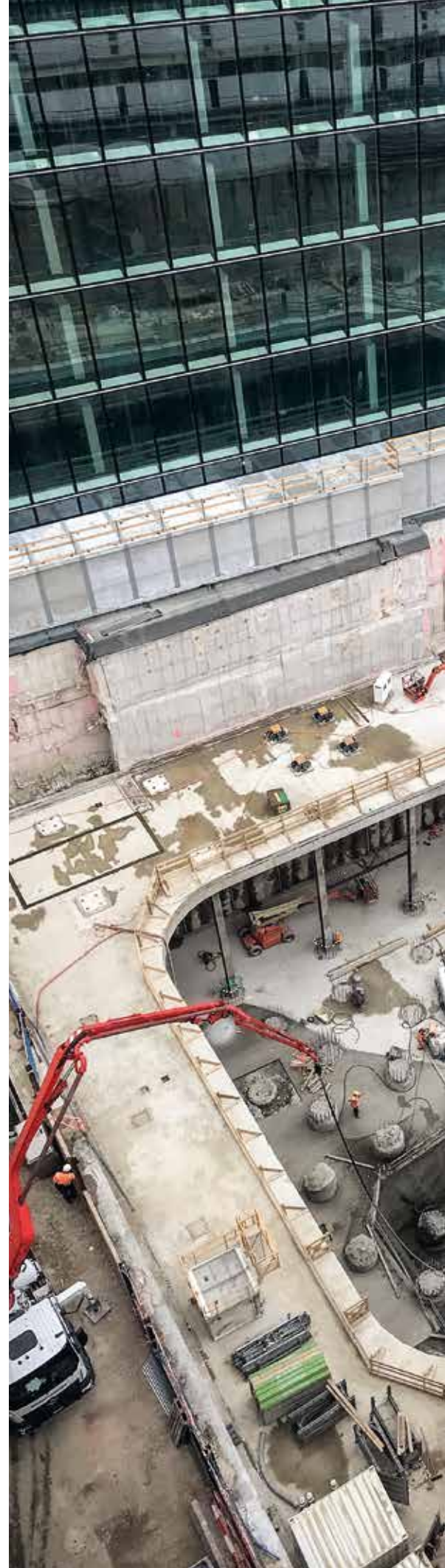
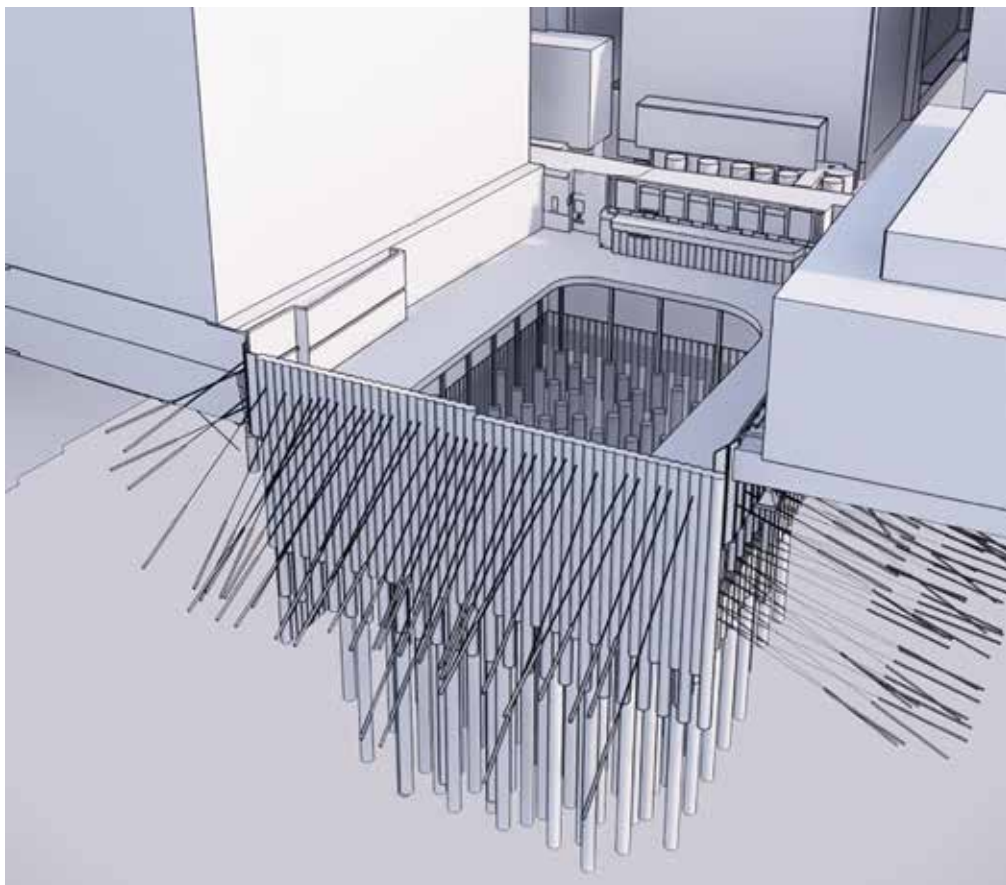
surprofondeurs allant jusqu'à 22,5 m a été nécessaire. La nouvelle tour se situe au milieu d'une zone déjà densément bâtie qui fait par conséquent l'objet d'une attention toute particulière. A l'ouest de la fouille, c'est notamment la proximité immédiate du centre de biotechnologie et de production (Bâtiment 95), sensible aux vibrations et aux tassements et comportant deux sous-sols et six étages, qui a posé un défi à la planification géotechnique.

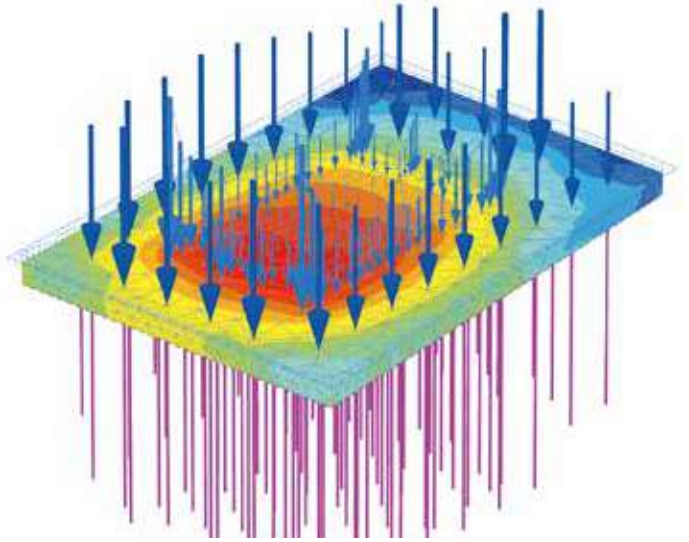
Fort des expériences positives et de la bonne collaboration qui ont caractérisé la réalisation de la 1^{re} tour, le maître d'ouvrage a décidé de confier la planification et la direction des travaux à la même équipe que celle de la 1^{re} tour.

NO GOOD VIBRATIONS

Le chantier de construction de la 2^e tour se trouve dans la vallée du Rhin. Les caractéristiques du sous-sol constituent ici un ensemble de défis (voir encadré).

Les défis auxquels a dû répondre la planification des travaux spéciaux ne relevaient





Le caractère unique de la construction, ainsi que la proximité de bâtiments et d'infrastructures sensibles impose des exigences élevées à la conception géotechnique et à l'exécution des travaux spéciaux.

Ci-dessus : un extrait du modèle de la modélisation numérique de la fondation combinée pieux-radier.

Géologie exigeante

Le contexte géologique est celui de la vallée du Rhin. A cet endroit, le Rhin s'est taillé un chemin dans le sous-sol molassique et a déposé des alluvions de graviers sableux de haute compacité («Niederterrassenschotter, NTS»). Les graviers se caractérisent généralement par une bonne portance et une faible sensibilité aux tassements.

De temps à autre, les graviers sur l'ensemble de la partie profonde comportent des bancs de graviers conglomérés en nagelflüh d'une épaisseur pouvant atteindre 2 m. L'expérience acquise lors de l'édification de la 1ère tour a montré que ces strates de conglomérats cimentés peuvent présenter, tant à la mise en œuvre des tirants qu'à celle des pieux forés, de sérieuses difficultés dues à leur grande compacité. A titre d'exemple, la traversée d'un banc de nagelflüh cimenté lors de la mise en œuvre de tirants peut provoquer des écarts de forage considérables susceptibles d'entraîner le coincement et, au pire, la rupture des tiges de forage ou des dégâts sur les constructions avoisinantes. Les couches de nagelflüh peuvent également poser problème lors de la mise en place de pieux de gros diamètre. Outre un forage moins performant, elles peuvent causer des difficultés à la sortie du tubage hors du terrain de fondation, comme en témoignent celles qui ont causé la perte d'un train de tubes lors de l'exécution de la fondation de la 2^e tour.

Sous les graviers, à environ 17 m de profondeur, se trouve un sous-sol molassique tertiaire composé de marne coquillière limono-argileuse (Cyrenenmergel) et de molasse alsacienne sableuse.

REPORTAGE

Comme pour la 1^{re} tour, la 2^e tour reposera sur une fondation combinée pieux radier. Selon ce concept de structure, une partie des charges verticales sera transmise par les pieux de fondation et l'autre partie par les contraintes au sol entre le radier et le sol qui le supporte.

pas uniquement de la géotechnique. Ils concernaient bien davantage le voisinage des bâtiments et des installations sensibles du Groupe Roche où tout dommage ou trouble au bon fonctionnement était susceptible d'entraîner de lourdes conséquences financières.

A titre d'exemple, le Bâtiment 95, sensible aux vibrations et aux déformations, se trouve à proximité immédiate du chantier. Celui-ci abrite un centre de production de produits pharmaceutiques où tout dysfonctionnement causerait des dommages indirects considérables. Autres éléments sensibles proches de l'enceinte du chantier: une sous-station



PUBLICITÉ

ancoTUBE® - Schubverstärkung für Rohreinlagen Renfort au cisaillement pour incorporés

Bemessungsprogramm
Logiciel de dimensionnement
nach / selon SIA 262!

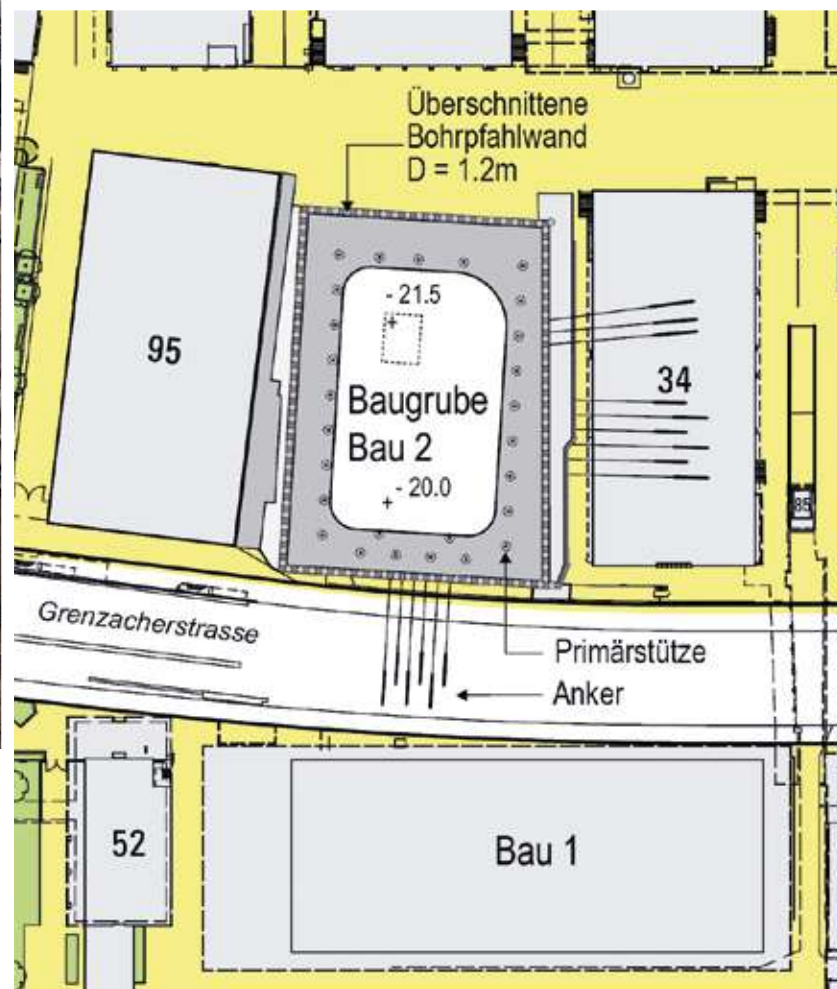
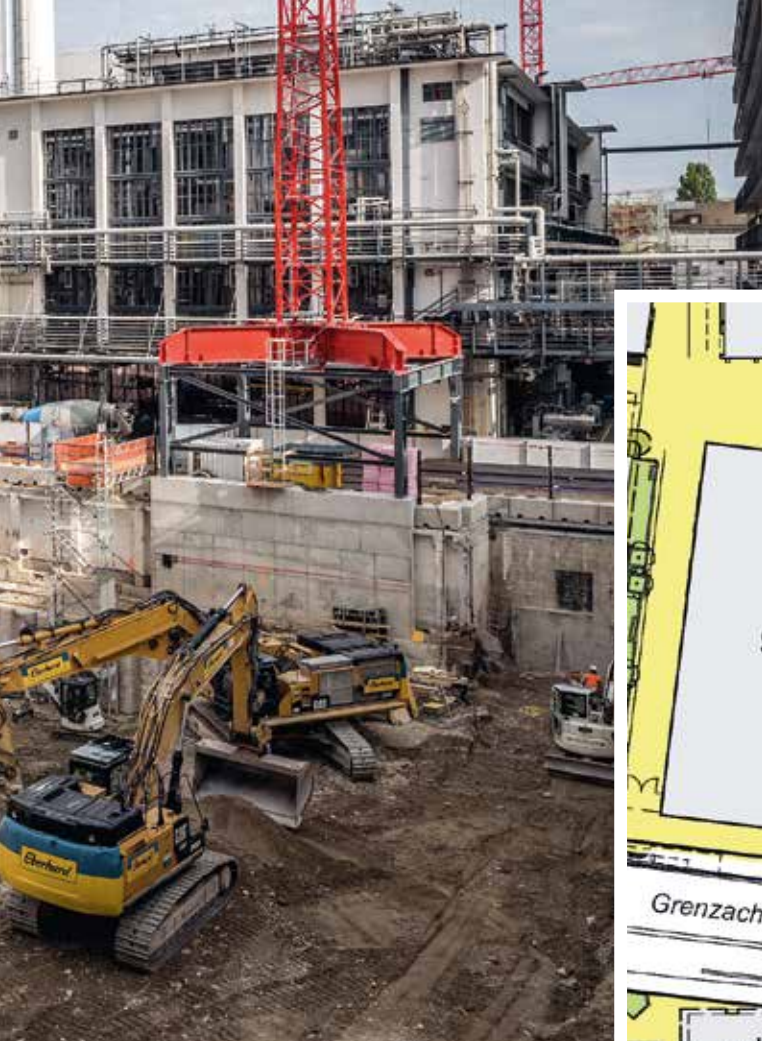
Gratis Download!
Téléchargement gratuit!
www.ancotech.ch

ancotech

ANCOTECH AG
Spezialbewehrungen
Industriestrasse 3
8157 Dielsdorf
Tel: 044 854 72 22
Fax: 044 854 72 29

ANCOTECH SA
Armatures spéciales
z.i. d'In Riaux 30
CH-1728 Rossens
Tél: 026 919 87 77
Fax: 026 919 87 79

eMail: info@ancotech.ch
Web: www.ancotech.ch



moyenne tension sensible aux vibrations, un canal de télécommunication et d'autres infrastructures techniques. A celles-ci s'ajoutent les exigences environnementales (réalisation d'un blindage de fouille étanche, le radier de fondation se situant au-dessous du niveau de la nappe phréatique; mise en place de puits filtrants horizontaux à travers les sous-sols du nouveau bâtiment en guise de protection des eaux; prise en compte des effets sismiques).

La fouille d'une profondeur de 20 m devait également répondre aux contraintes des constructions voisines à préserver. C'est la raison pour laquelle une paroi en pieux sécants dont la géométrie s'adapte parfaitement au bâti existant et qui, par ailleurs, fournit un blindage étanche et rigide a été réalisée. De plus, la mise en place d'une telle paroi ne produisant que des vibrations faibles, a permis de minimiser les effets sur le voisinage.

A l'ouest de la fouille, la priorité première était de réduire le plus possible les effets (tassements et vibrations) sur le bâtiment voisin réputé sensible, à savoir le Bâtiment 95. Par ailleurs, on ne voulait pas risquer de détruire les tirants mis en place en effectuant des forages ultérieurs qui devaient partir de

l'ouest, passer sous le Bâtiment 95 pour s'acheminer vers le fouille de la 2^e tour afin d'assurer l'ancrage du soutènement de fouille du nouveau centre de recherche pRed, également en cours de construction. Sur le côté sud de la fouille (vers la Grenzacherstrasse), la présence de puits filtrants horizontaux de la 1^{re} tour exigeait le respect d'un écart minimum par rapport aux tirants de la 2^e tour pour éviter d'endommager les puits filtrants et de les rendre inopérants. Au nord, il s'est révélé impossible de réaliser une fouille ancrée compte tenu du bâti existant aux abords immédiats de celle-ci.

De ces contraintes est née l'ambition de limiter au maximum le nombre d'ancrages à réaliser. Il en est ressorti une solution prévoyant un butonnage horizontal au moyen d'une dalle en béton évidée dans sa partie centrale à mi-hauteur de fouille. Ce type de dalle-buton, associée à une paroi de pieux forés renforcée (au moyen de profilés métalliques

insérés dans les pieux primaires), a permis de faire l'économie d'ancrages, tant au nord qu'à l'ouest. Côté sud, un rang d'ancrage a été disposé au-dessus de la dalle-buton pour soulager la paroi de pieux vu la différence de hauteur de plus de 8 m entre la dalle-buton et le terrain. A l'est, il a fallu prévoir, pour des raisons statiques, un ancrage double pour le blindage à parois décalées alliant paroi de pieux sécants et paroi berlinoise. Au total, 152 tirants ont été exécutés pour réaliser cette fouille (contre environ 490 pour la fouille de la 1^{re} tour, qui n'offrait pas une configuration géométrique adéquate pour une dalle-buton évidée).

Préalablement aux travaux d'excavation, une série de 13 tirants d'essai verticaux ont été mis en œuvre en partie dotés d'une chaussette géotextile dans les différentes couches du terrain de fondation avant de procéder à des essais. Comme pour la 1^{re} tour, la 2^e tour reposera sur une fondation combinée pieux radier. Selon ce

Le groupe investit actuellement au total près de 3 milliards de francs suisses dans le développement de son infrastructure de recherche et de bureaux.



Principaux intervenants

Maître d'ouvrage

→ F. Hoffmann-La Roche, Bâle

Architectes

→ Herzog & de Meuron, Bâle

Planification générale

→ Drees & Sommer, Bâle

Gestion de la construction

→ omniCon, Bâle

Planification fouille, fondation, environnement et monitoring

→ Gruner SA, Bâle

Direction des travaux

→ Gruner SA mandaté par omniCon

Démantèlement

→ Gruner Lüem, Bâle

Géologie

→ Pfirter, Nyfelder+Partner, MuttENZ

Conception de structures porteuses

→ WH-P Ingenieure, Bâle

Logistique de chantier, mensurations

→ Rapp Bâle

Planification de l'installation électrique

→ Selmoni Bâle

Génie civil / travaux spéciaux

→ Implenia, Bauer, Eberhard

Gros-œuvre

→ Marti SA, Bâle

concept de structure, une partie des charges verticales sera transmise par les pieux de fondation et l'autre partie par les contraintes au sol entre le radier et le sol qui le supporte.

Le dimensionnement de la fondation mixte combinée a été effectué à l'aide du couplage des deux modélisations par éléments finis au cours d'un processus itératif avec l'équipe chargée de la conception de structures porteuses pour la tour. Grâce aux résultats des essais de chargement statiques et dynamiques menés préalablement aux travaux de fondation de la 1^{re} tour et au monitoring de la fondation combinée (tassements mesurés de 2 à 3 cm), de précieuses données de mesure ont permis d'effectuer une rétro-analyse des paramètres du sol, ainsi que d'affiner et de calibrer la modélisation par éléments finis. Grâce à cette méthode, il a été possible de rapprocher la simulation au plus près des conditions réelles du terrain de fondation et de prévoir avec fiabilité les déformations auxquelles il fallait s'attendre dans le sous-sol, de même que les effets possibles sur la 2^e tour et ses environs. L'objectif pour la 2^e tour était d'atteindre une déformation verticale ne dépassant pas les 4 à 5 cm. Il a ainsi été possible de réaliser une configuration optimisée en termes de coûts et de délais pour la fondation combinée et le Groupe Roche a été à même de tirer parti du résultat des investissements qu'il avait effectués sur la 1^{re} tour.

Au total, 104 pieux de 1,5 m de diamètre et d'une longueur effective de 18 à 28 m dans la marne coquillière ont été exécutés. Le cas de charge sismique a été en général le facteur déterminant pour définir le nombre et la longueur des pieux. Ayant opté pour la méthode d'excavation partiellement en taube avec dalle-buton, il a fallu au préalable exécuter les pieux de fondation au-dessus de la nappe phréatique de sorte à effectuer 10 m de forage à vide par pieu, en plus de la longueur effective du pieu.

Pour réaliser les travaux d'excavation partiellement en taube, il a tout d'abord été nécessaire d'exécuter l'enceinte en pieux forés, ainsi que 27 piliers primaires métalliques fondés à l'intérieur de pieux de gros diamètre, lesquels piliers ont ensuite servi d'appuis à la dalle-buton. Comme ces piliers primaires devaient également servir de piliers mixtes acier-béton pour la structure définitive de la tour, il était primordial de respecter de strictes tolérances d'exécution pour les pieux et les piliers primaires. En appliquant des cadres d'ajustage couplés à des mesures géodésiques complexes lors de la mise en place des piliers primaires, des écarts minimes de 0,0 à 0,8 %, en moyenne 0,3 %, de déviation ont pu être atteints par rapport à la verticale.

Un large dispositif de surveillance avec cellules de mesure, inclinomètres, points de mesure

ESCALIER SACAC AVEC PNEUMATIT®

**LE BÉTON N'A
JAMAIS ÉTÉ
AUSSI BIEN-
FAISANT.**

PUBLICITE



géodésiques, capteurs d'inclinaison et capteurs de vibrations a été appliqué. Corroborant le pronostic et les calculs, le concept de fouille s'est avéré, une fois mis en œuvre, très robuste et peu propice aux déformations: celles relevées ont été faibles et n'ont pas dépassé un centimètre, tant dans l'enceinte de la fouille que dans les constructions voisines.

Compte tenu de la faiblesse des déformations enregistrées, il a été possible, sur le côté ouest de la fouille, de faire l'économie du niveau d'ancrage optionnel sous le Bâtiment 95 en appliquant la méthode observationnelle selon laquelle des mesures confortatives

supplémentaires ne s'imposent qu'en cas de déformations trop importantes.

D'après le calendrier des travaux, l'ossature de la tour devrait atteindre sa hauteur définitive vers la fin de l'année 2020. Le dispositif mis en place pour surveiller la fondation mixte combinée fournira de précieux renseignements pour la planification d'autres ouvrages de grande hauteur en sous-sol molassique. ©

Les auteurs: Laurent Pitteloud,
Ralf Hebecker, Jörg Meier, Iris
Lobecke, Gruner SA, Bâle



Les produits SACAC tant appréciés sont désormais disponibles avec Pneumatit®. L'adjuvant liquide Pneumatit® confère durablement au béton une belle activité biologique, pour un ressenti plus chaud et bienfaisant des espaces de vie. L'action positive est confirmée par des études scientifiques. Découvrez par vous-même les performances et la vitalité de ce béton novateur.

SACAC

Simplement élémentaire