

# Reprise en sous-œuvre par radier foncé

Autor(en): **Ott, Jean-Conrad**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **102 (1984)**

Heft 1/2

PDF erstellt am: **10.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-75395>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Reprise en sous-œuvre par radier foncé

Par Jean-Conrad Ott, Genève

Il arrive assez souvent que l'on ait à envisager la réparation d'anciennes constructions qui présentent des désordres avec des déformations et des fissurations évolutives graves auxquelles on voudrait remédier de façon définitive. Nous allons décrire les raisons qui nous ont amené, il y a quelques années, à proposer une reprise en sous-œuvre par radier foncé d'une ancienne demeure et indiquer les moyens employés qui, pensons-nous, sortent encore des techniques courantes tout en respectant les exigences de stricte économie. Nous dirons enfin dans quelles conditions une telle méthode est plus particulièrement indiquée.

## Diagnostic des causes de fissuration

La demeure que nous choisirons à titre d'exemple est une belle construction du début du siècle en pierre de Meillerie (fig. 1) avec d'épais murs en moellons. Elle est subdivisée en 2 corps de bâtiment disposés en équerre (fig. 2).

Depuis de nombreuses années (1947) le corps sud du bâtiment présentait des

désordres qui allaient en s'aggravant:

- fissuration des façades (fig. 3);
- fissuration des dallages sous les vérandas couvertes;
- écrasement des cloisons de refend;
- diminution de l'espace libre dans les caves, mise en évidence par le flambage des cloisons de séparation en lattes de bois (fig. 4).

Par contre le corps nord repris en sous-œuvre déjà en 1952 ne présentait pas de désordres importants.

Le diagnostic s'avérait assez difficile. Fallait-il mettre en cause:

- la qualité des murs?
- des effets thermiques?
- la structure des murs, des planchers?
- l'assise des fondations?
- les eaux souterraines du lac?

Une reconnaissance préliminaire s'imposait pour mieux connaître:

- la structure et la forme des fondations du corps sud;
- les caractéristiques du sol d'assise;
- le niveau piézométrique et ses variations.

On procéda alors à:

- des fouilles à l'intérieur des caves;
- de petits forages battus au mouton et



Fig. 1. Villa Champ-Brassus à Céligny

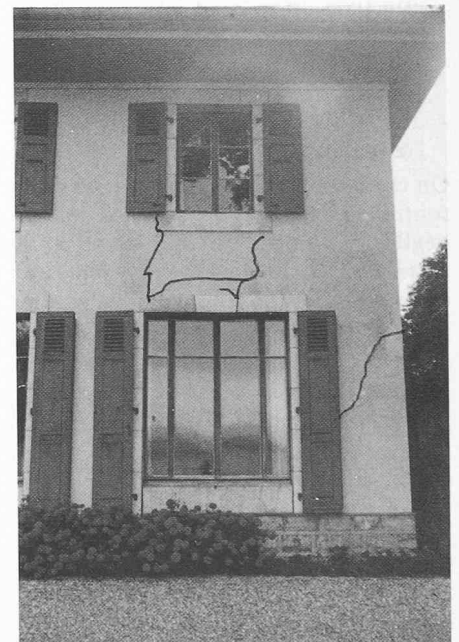


Fig. 3. Fissurations en façade du corps sud

Fig. 2. Plan de fondation

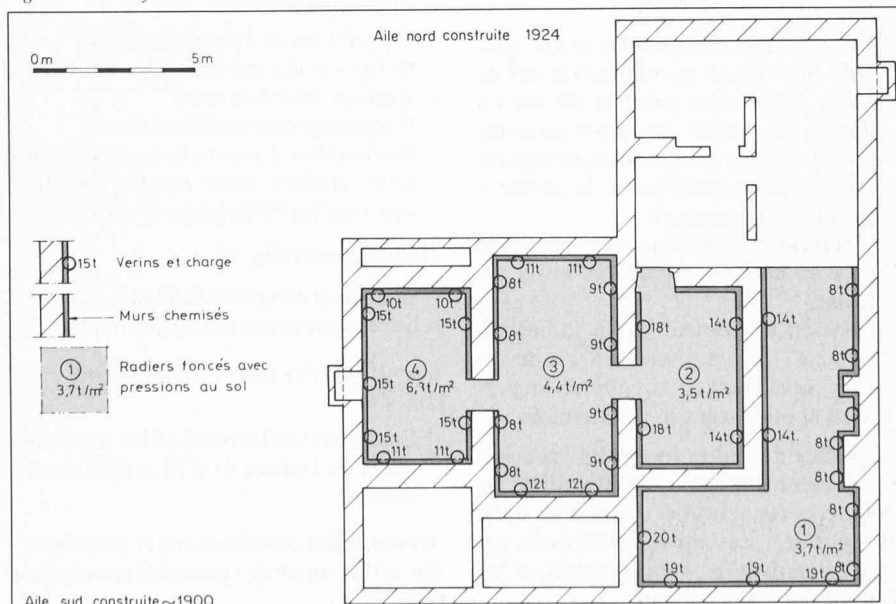


Fig. 4. Déformation des cloisons de séparation et fissuration au plafond d'une des caves



Tableau 1. Pressions effectives et pressions admissibles au sol

Largeur des murs de fondation [m]	1	0,7	0,7	0,7	0,7
Pression effective au sol [kg/cm <sup>2</sup> ]	1,3	1,8	2,1	1,5	1,3
Pression de poinçonnement sur la base des essais géotechniques [kg/cm <sup>2</sup> ]	1,4	1,4	1,4	2,8	1,4
Pression admissible sous murs selon Therzaghi avec sécurité 3 [kg/cm <sup>2</sup> ]	3,9	0,52	0,5	1,0	0,48
Murs fissurés Refolement observé	non	oui oui	oui oui	non	non

des prélèvements d'échantillons en dessous du plan d'eau;

- des fouilles pour dénuder le pied des murs qui appaurent dépourvus de semelles et reposant directement sur un limon argileux mou de notable épaisseur;
- au calcul des charges et des pressions effectives au sol sous les divers murs de fondations;
- à des essais au pénétromètre et au scissomètre «in situ» et sur carotte;
- un essai de compressibilité dans l'œdomètre.

On constata alors que les variations saisonnières dans les piézomètres étaient négligeables, mais que des filons aquifères se situaient à quelques décimètres en dessous des assises.

La comparaison entre les pressions admissibles au sol, calculées selon *Therzaghi*, et les pressions effectives calculées ressort du tableau 1.

Les causes des désordres dès lors apparurent clairement. Il s'agissait indiscutablement d'un *poinçonnement du sol* de fondation sous des charges trop fortes et inégales avec refolement plastique du sol vers l'intérieur de certaines caves.

### Choix de la méthode de reprise en sous-œuvre

Il convenait avant tout de diminuer la pression des fondations au sol de l'aile sud seule en cause et de ne pas toucher l'aile nord non fissurée, ni les fondations des parties allégées par les galeries extérieures non excavées.

Divers procédés furent envisagés:

- constitution de semelles élargies;
- report des charges en profondeur sur des pieux flottants;
- consolidation par injection.

Ces procédés présentaient, chacun à titre divers, *de graves inconvénients*:

- La création de *semelles* nécessitait de dégager le pourtour des murs par petites tranches, ce qui bouleversait le jardin ou surchargeait temporairement, de façon inadmissible les murs

adjacents déjà instables. La base des semelles aurait presque correspondu au niveau des eaux souterraines. Leur portance s'en serait encore trouvée réduite. Des essais de cisaillement comparatifs sur sol sec ou humidifié en avaient apporté la confirmation.

- La création de *pieux flottants* foncés de part et d'autres des murs aurait nécessité la construction de poutres en chapeau transversales aux murs et des renforcements de ces derniers. De plus, les données des premiers forages laissaient présumer une grande épaisseur de terrain mou qu'il aurait fallu sonder en profondeur par de nouveaux forages avant de pouvoir prendre une décision.

A moins de bander les nouvelles fondations au moyen de coins ou de vérins, on s'exposait à aggraver encore les fissurations durant les travaux. Enfin ces travaux auraient dû être effectués en partie en dessous du plan d'eau dans une surprofondeur assez importante des caves et, par conséquent, avec un avancement ralenti.

- La qualité des sols argileux trop peu perméables ne se prêtait pas à l'injection.

Nous avons alors proposé de procéder selon la *méthode suivante*:

- 1) Construction d'un radier armé, exécuté hors d'eau au niveau du sol de cave, c'est-à-dire environ 80 cm en dessus de l'assise des murs anciens, mais exécutés en 4 panneaux séparés (fig. 2) correspondant à la subdivision interne existante.
- 2) Chemisage intérieur des murs de cave en béton armé lié aux murs anciens.
- 3) Mise en précontrainte du radier général au moyen d'une batterie de vérins travaillant tous couplés et prenant appui sur les murs chemisés.

Le système du radier foncé illustré schématiquement (fig. 5) travaille en quelque sorte comme un piston dans son cylindre. Les murs forment le cylindre, le radier figurant le piston, et les vérins étant le propulseur.

### Détermination de la nouvelle répartition des charges au sol

Les critères suivants entrent en considération: la pression sous les murs ne doit pas dépasser la pression admissible au sol (selon tableau 1).

Une pression imposée sous radier, trop forte risque de soulever le bâtiment, conduit à un surdimensionnement du radier; trop faible, ne consolide pas suffisamment un terrain non chargé antérieurement. Le risque de tassements ultérieurs n'est pas éliminé dans des terrains argileux de faible perméabilité.

En définitive, nous avons admis de transférer 50% de la charge des murs sur le radier, ce qui conduisait à appliquer des pressions comprises entre 6,3 et 3,5 t/m<sup>2</sup> (voir figure 5). Elles ne peuvent pas être égales parce que l'on doit reprendre systématiquement les charges des murs de refend.

### Exécution du radier foncé par vérins

#### Qualification de l'entreprise

L'adoption d'un tel système était étroitement liée à la possibilité de trouver une entreprise spécialisée disposée à prendre les risques d'une telle opération, possédant un personnel bien rôlé et l'équipement adéquat. Il en existait une à Nyon qui avait déjà exécuté le rissage de maisons entières habitées ainsi que le passage de passages sous voie. Elle fut appelée à soumissionner. L'ensemble des travaux de renforcement des fondations lui fut adjudgé.

#### Ordre de l'exécution

##### Travaux préparatoires

- Démolition de l'ancien dallage.
- Réfection des canalisations EP-EU.
- Réglage du sol de cave.
- Repiquage des murs intérieurs.
- Perforation d'empochement dans les murs anciens pour assurer une liaison avec les chemisages (voir fig. 5).

##### Dalles armées (fig. 2)

- Epaisseur au centre 0,30 m.
- Surépaisseur sur les bords: 0,40 m.

##### Chemisage des murs en béton armé (fig. 2 et 5)

- Epaisseur uniforme 0,15 m avec chevilles de liaison Ø 0,22 à 0,30 m, armées.

##### Montage des canalisations et couplage des vérins au poste central de commande (fig. 7 et 8)

Les vérins ont été répartis par groupe de 3 requérant la même poussée. Ensuite chaque groupe a été relié à une des 13 sorties de la pompe centrale (fig. 8). La poussée sur 1 groupe était réglable depuis le tableau central.

*Mise en charge du système (fig. 10)*

Les poussées ont été appliquées par paliers successifs simultanément sur tous les vérins selon la cadence suivante:

11 avril 1975

40% puis 70% des poussées nominales indiquées fig. 5. Ensuite 100% dans la partie centrale du bâtiment.

14 avril 1975

Constaté pertes de poussée par suite enfoncement progressif du radier. Poussées rétablies à 70% et 100% dans la partie centrale.

16 avril 1975

Encore des pertes de poussée. Poussées rétablies à 120% et 130% dans la partie centrale.

21 avril 1975

Les pertes de poussée en 5 jours ne sont plus que les 10% de la poussée fixée. Il est décidé de claver le joint entre murs et radier.

*Contrôle des déformations (au 1/100 mm)*

- 10 comparateurs ont été placés sur le joint au pied des murs de cave pour observer comment il s'ouvre (voir fig. 6).

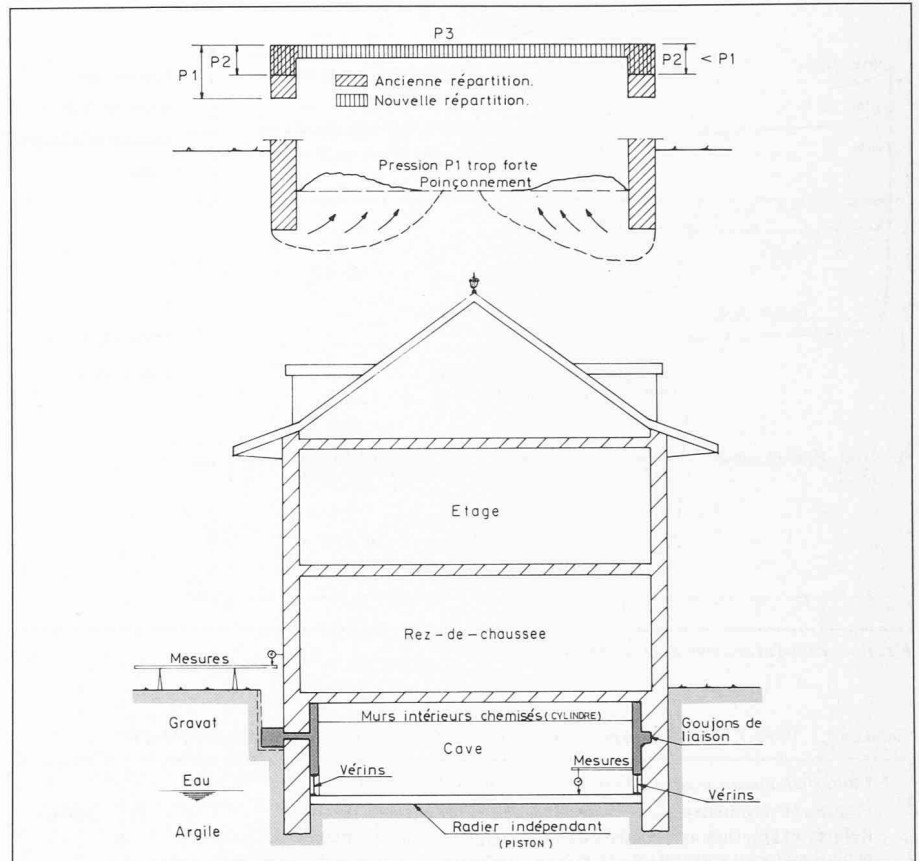


Fig. 5. Schéma illustrant le procédé de reprise en sous-œuvre par radier général foncé

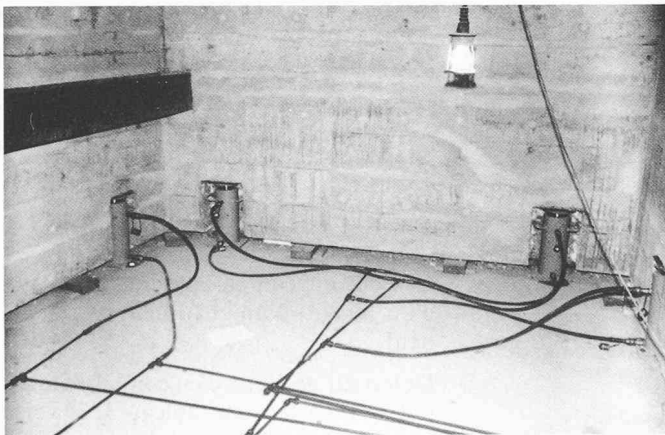


Fig. 6. Batterie de vérins couplés

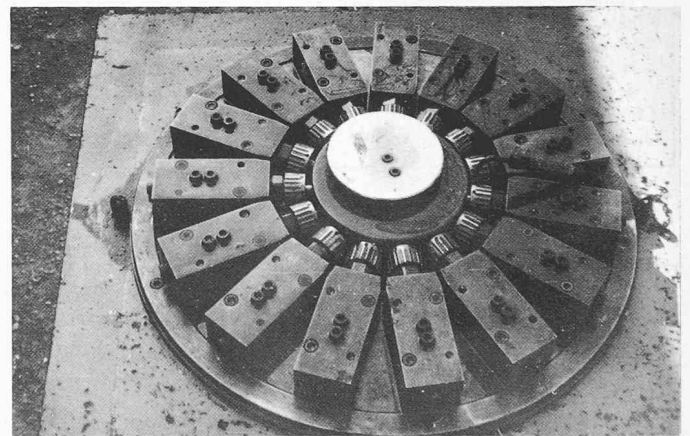


Fig. 7. Pompes multiples à volume constant, alimentant les vérins

Fig. 8. Tableau de contrôle centralisé pour la commande des vérins

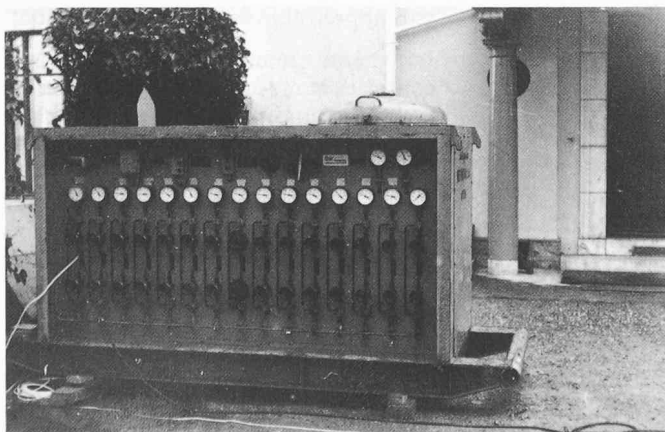
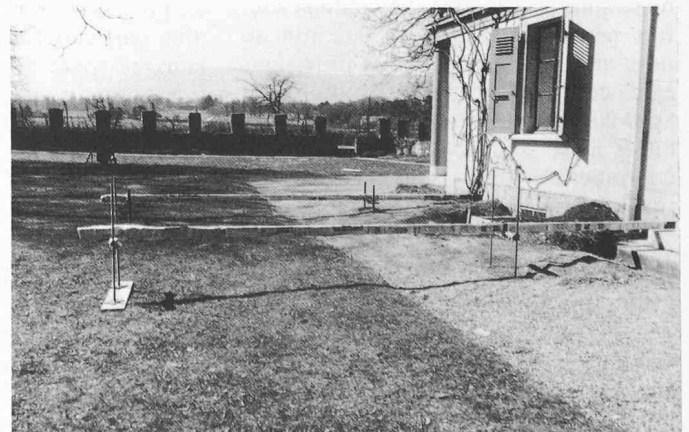


Fig. 9. Système de mesure des soulèvements de l'immeuble





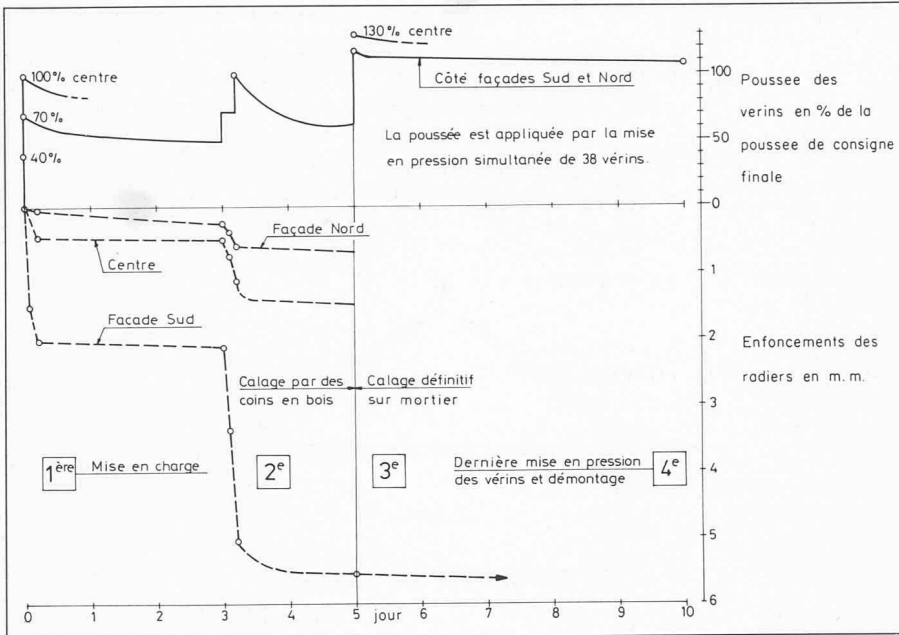


Fig. 10. Poussées de fonçage et tassements des radiers

Tableau 3. Villa «Champ-Brassus», Céligny. Coût de la reprise en sous-œuvre (Prix 1974-1975)

<b>1. Etude préliminaire pour établir les causes des désordres (1974)</b>	
- Fouilles de reconnaissance et visite des égoûts (Entreprise Carletti)	Fr. 3 000.-
- Relevé des déformations, analyse d'eau, essais géotechniques. Battage de pénétromètres et piézomètres. Relevés de niveau d'eau. Examen des fouilles de reconnaissance. Rapport géotechnique	Fr. 15 000.-
<b>2. Reprise en sous-œuvre (1975)</b>	
- Radiers - Murs - Fonçage (Entreprise Reymond SA)	Fr. 91 140.-
- Honoraires tarif A - Ingénieur civil, dont 73% pour surveillance générale et plans de béton armé; dont 27% pour assistance ingénieur-conseil, soit conception du projet et surveillance de la mise en tension	Fr. 24 500.-
- Honoraires tarif B - Ingénieur-conseil. Mise en place de l'appareillage, contrôles des déformations durant la mise en tension. Procès-verbaux des contrôles	Fr. 8 900.-
Coût total y compris honoraires, non compris installations électriques nouvelles	<u>Fr. 142 540.-</u>
<b>3. Aménagements extérieurs</b>	
	- néant -

Tableau 2. Villa «Champ-Brassus», Céligny. Données techniques

<b>Caractéristiques du bâtiment</b>	
Cube total	environ 3000 m <sup>3</sup>
Surface aile sud et aile nord	236 m <sup>2</sup>
Surface reprise en sous-œuvre	175 m <sup>2</sup>
Surface totale des radiers foncés	105 m <sup>2</sup>
Poids mort aile sud	912 t
Poids mort transféré sur les radiers	456 t
<b>Quantités mises en œuvre</b>	
Excavations	56 m <sup>3</sup>
Cube du béton armé: radiers	36,5 m <sup>3</sup>
murs	32,0 m <sup>3</sup>
Poids des armatures (106 kg/m <sup>3</sup> )	7,4 t
Surface de coffrage (2,74 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	188 m <sup>2</sup>
Empochements pour chevilles de liaison avec anciens murs (1/1,2 m <sup>2</sup> )	104 pces
Nombre de vérins	38 pces
<b>Coûts spécifiques de la reprise en sous-œuvre (1975)</b>	
Etude préliminaire + honoraires + travaux (voir tableau 3) rapportés au m <sup>2</sup> reprise en sous-œuvre	Fr. 142 540.- : 175 m <sup>2</sup> = 815.- Fr./m <sup>2</sup>
Durée des études préliminaires	3 mois
Durée des travaux	2 mois

**Maître d'œuvre:**  
Hoirie Hentsch - Genève  
**Bureaux d'ingénieurs:**  
En association, J.-C. Ott, ing. civil et géotechnique; R. De Chambrier, ing. civil, Genève.  
**Entrepreneur:**  
Reymond SA, Nyon.

- A l'extérieur six points de mesure sur les façades avec référence à distance selon le dispositif visible (fig. 9).

Lors de l'opération de fonçage des radiers aucun soulèvement de la construction n'a été constaté, ce qui est important, et a démontré la continuité entre les 2 ailes de la villa.

Les carrelages sur les parties contiguës ne se sont pas fissurés. Les radiers sont fort peu descendus entre 0,6 mm au nord et 5,5 mm au sud. Les prévisions calculées d'après les essais indiquaient approximativement le double. Les locataires ne se sont doutés de rien et ont continué à habiter la villa durant les travaux et le fonçage des radiers.

**Avantages du système choisi**

L'adoption de ce procédé requiert, il est vrai, des reconnaissances et études géotechniques préliminaires très complètes dont le prix ne doit pas être sous-estimé; il requiert également des entreprises

spécialisées capables de s'adapter à des situations très particulières.

Par contre les avantages de ce système sont nombreux:

- Sauvegarde totale des abords.
- Exécution sans importuner les habitants.
- Réparation durable des désordres.
- Création de locaux de cave nets.

Ce procédé de reprise en sous-œuvre est plus particulièrement indiqué lorsque la nappe souterraine est très proche des fonds de cave ou lorsque des assises peu compressibles n'existent qu'à grande profondeur.

**Coût de l'opération**

Le coût global de l'opération, tous frais et honoraires inclus, s'est élevé à l'époque à Fr. 142 540.- soit Fr. 815.- par mètre carré repris en sous-œuvre.

Ce coût est comparable à celui du m<sup>2</sup> d'un étage d'un bâtiment analogue neuf.

Le lecteur désireux d'en connaître le détail se reportera au tableau 3. Il verra que les frais d'étude et les reconnaissances préliminaires indispensables pour choisir le procédé de reprise en sous-œuvre le plus économique et établir un devis exact représentaient une part appréciable du coût de l'opération.

La même remarque s'applique aux contrôles et mesures de déformations et de tassements en cours de mise en charge du système. Ces contrôles sont à notre avis indispensables pour être à même de garantir au propriétaire une stabilisation durable du bâtiment sans provoquer de mouvements de la construction à sauvegarder.

Adresse de l'auteur: J.-C. Ott, S.A. Ingénieur civil et laboratoire de géotechnique. SIA/ASIC/SSMS, 8, ch. des Deux-Communes, 1226 Thonex-Genève.