

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Bauzeitung
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	82 (1964)
<b>Heft:</b>	7
<b>Artikel:</b>	Die Aluminium-Hütte der Schweizerischen Aluminium AG in Steg (Wallis): les fondations des constructions; Tassements calculés et tassements observés
<b>Autor:</b>	Bonnard, D.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-67443">https://doi.org/10.5169/seals-67443</a>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 23.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Die Aluminium-Hütte der Schweizerischen Aluminium AG in Steg (Wallis)

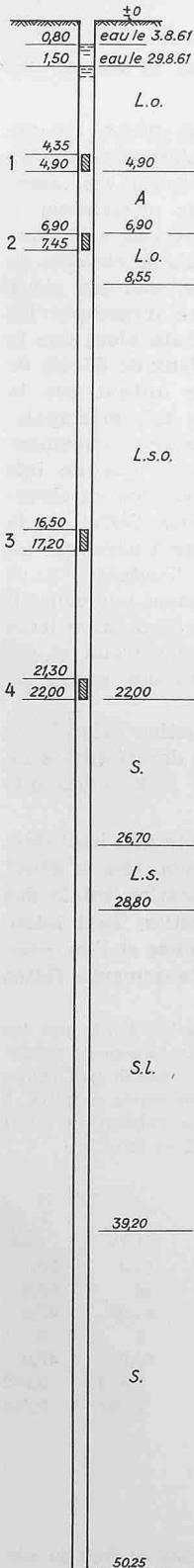
DK 669.713

Fortsetzung von S. 94

## Les fondations des constructions; Tassements calculés et tassements observés<sup>1)</sup>

Par D. Bonnard, Professeur à l'Ecole polytechnique de Lausanne, ingénieur-conseil, associé du bureau Bonnard et Gardel

### I. Nature des sols et type de fondation adopté



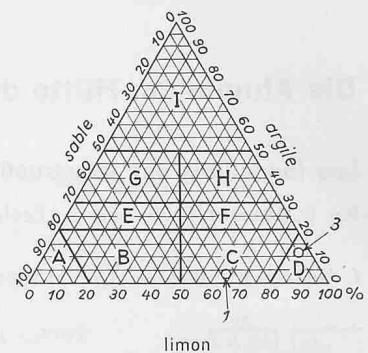
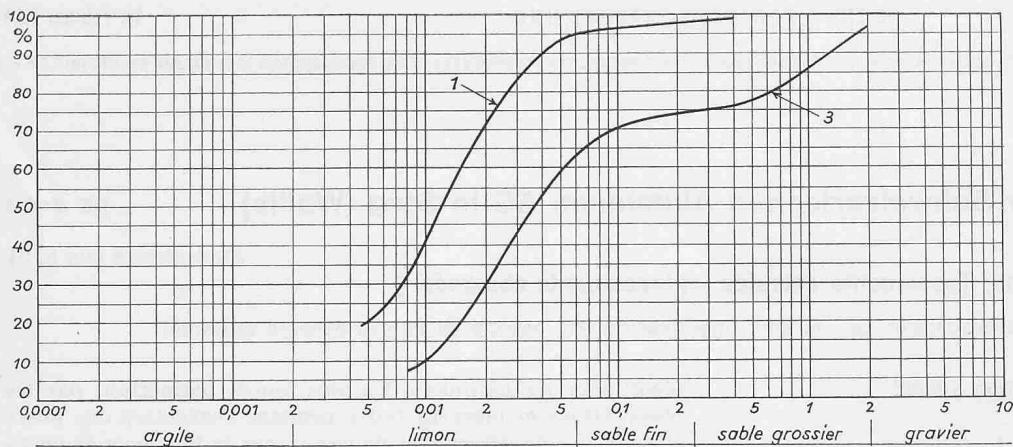


Fig. 2. Limite d'Atterberg, classification et courbes granulométriques des échantillons 1 et 3 prélevés dans le sondage exécuté au droit du silo.

#### Valeurs caractéristiques

	Echantillon	
	1	3
Limite de liquidité	27,2	29,4
Limite de plasticité	23,2	25,1
Indice de plasticité	4,0	4,3
Classification USCS	ML	ML
Classification PRA	A4	A4
Degré d'uniformité $\frac{D_{60}}{D_{10}}$	10	4,5
Courbure $\frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$	2,50	0,89

Certains des tassements survenus à Steg sont dus en outre à des surcharges constituées par les remblais de quelques mètres d'épaisseur qu'il a fallu disposer sur le terrain naturel pour créer, au droit des constructions et à l'intérieur de celles-ci, des aires de stationnement et de travail à niveau convenable. Les terres ainsi rapportées, s'étendant sur de très grandes surfaces, ont provoqué dans certains cas des tassements importants quoique la surcharge correspondante exprimée en  $t/m^2$  soit restée faible, ce supplément de surcharge s'étant en effet fait sentir jusqu'aux couches compressibles situées à une grande profondeur.

Les considérations qui précèdent laissaient prévoir, pour certains bâtiments de Steg, de fortes inégalités de tassements, une partie des éléments de ces constructions devant obligatoirement reposer sur pieux, alors que d'autres pouvaient, par raison d'économie et sans inconvénients, reporter leurs charges directement par dalles ou radier sur des sols superficiels naturels ou sur des sols rapportés.

Précisons enfin que, selon les dispositions prises, il ne devait apparaître à Steg aucun tassement dû à une surcharge exagérée de dalles ou pieux conduisant à une rupture du sol, à un refoulement latéral de celui-ci, phénomène connu sous le nom de «poinçonnement». Les constatations faites ont bien apporté la preuve de l'absence de tels tassements.

### III. Tassements prévus et tassements observés

#### A. Halle des fours

La halle des fours, aussi bien en ce qui concerne la charpente de la construction que les éléments lourds situés

à son intérieur, est entièrement fondée sur pieux, chaque pieu portant une charge de 70 t environ. L'espacement des pieux ne laissait pas prévoir, en ce qui concerne les tassements, un effet de groupe marqué. Pour déterminer à l'avance la longueur à donner aux pieux, on effectua, à l'époque des études et au début des travaux, des essais de charges de pieux du genre de ceux admis en définitive, soit des pieux Zeissl. Les figures 8 et 9 donnent à titre d'exemple les résultats essentiels d'un tel essai. L'on constata alors que la charge de 70 t pouvait être prise par des pieux de 55 cm de diamètre munis d'un bulbe inférieur, pour autant que la charge transmise au sol par ce dernier le soit principalement au sein des couches de sable et de gravier relativement plus résistantes. Les essais laissaient prévoir que de tels pieux, dont la longueur variait selon la disposition en élévation des couches de sable, accuseraient, sous l'effet de la charge de service de 70 t, un tassement propre à mobiliser les effets de frottement de l'ordre de 1 cm. Toutefois, à ce premier tassement devait s'ajouter un tassement par consolidation du même ordre de grandeur, dû à la diminution lente de la teneur en eau des sols au voisinage des pieux et qui n'était pas apparu de façon complète lors des essais de pieux de durée relativement courte<sup>2)</sup>.

Les nivelllements exécuté sur la construction achevée, le long de ses façades nord et sud, ont donné des résultats du genre de ceux de la figure 10, où ne sont mentionnés que quelques-uns des nombreux points nivélés.

Dans l'état actuel des choses, on constate que les tassements totaux sont compris entre 1,2 et 2,2 cm. Dès le début de 1963, soit environ six mois après l'application totale des charges, les mouvements deviennent très petits. Tout laisse donc supposer que la halle des fours se stabilise et l'on constate que, dans ce cas, les prévisions de tassements faites

2) Les conditions imposées à l'Entreprise stipulaient que les pieux seraient considérés comme satisfaisants si le tassement restait inférieur à 10 mm pour une charge de 75 t et ne dépassait pas 40 mm sous une charge de 150 t. Les pieux d'essais représentés aux fig. 8 et 9 ne satisfont pas à ces exigences; d'une façon générale il faut recourir à des pieux plus longs, compris entre 12 et 22 m.

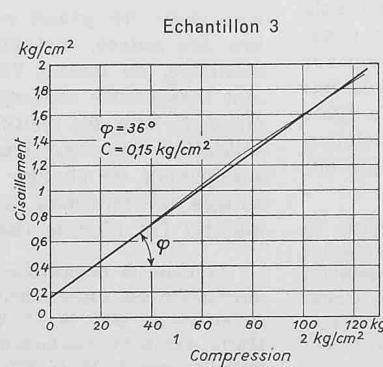
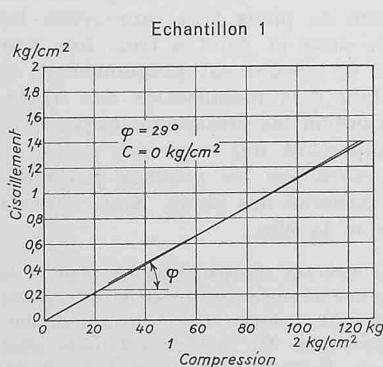
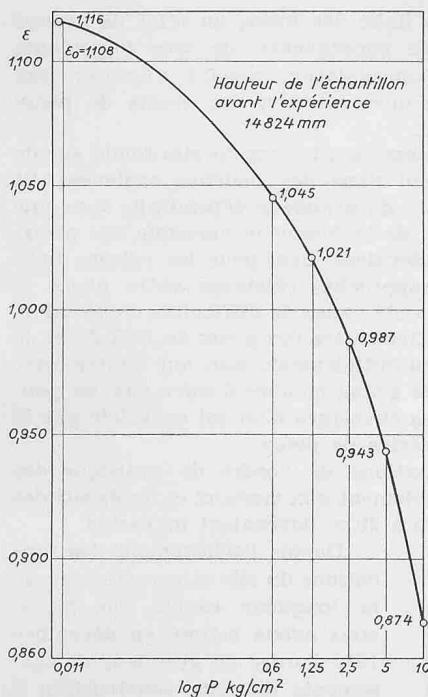


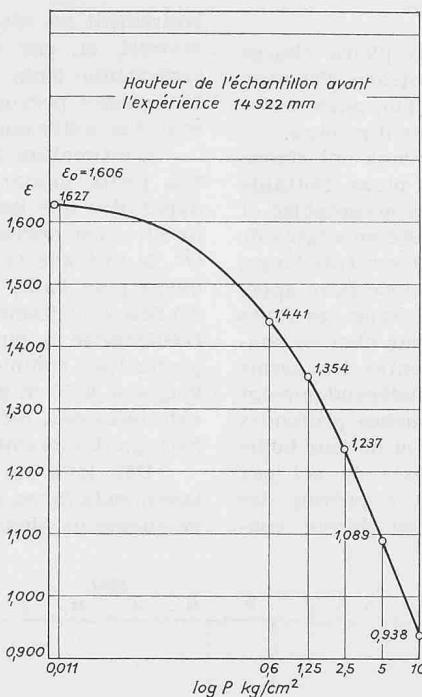
Fig. 3 et 4. Cohésion, angle de frottement interne et teneur en eau des échantillons Nos 1 et 3 prélevés dans le sondage exécuté au droit du silo.

	Echantillon	
	1	3
Densité apparente	γ h	1,78
Teneur en eau	w %	56,0
Volume des grains	vg %	39
Volume de l'eau	vw %	61,0
Volume des vides	va %	0
Pourcent de vides	n %	61,0
Indice de vide	ε	1,430
Poids spécifique γg	kg/cm³	2,761

Echantillon 1



Echantillon 2



Echantillon 3

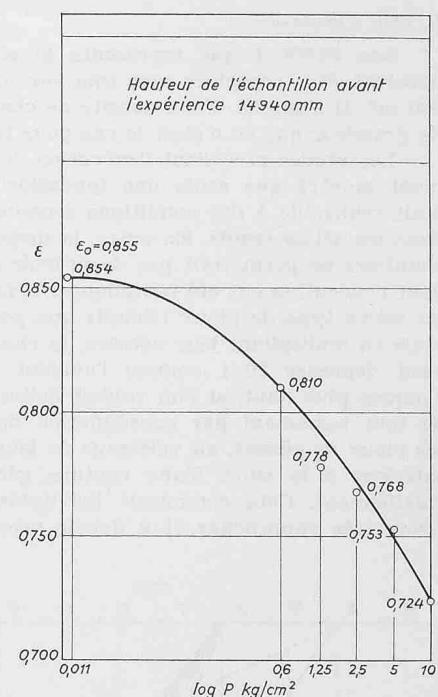
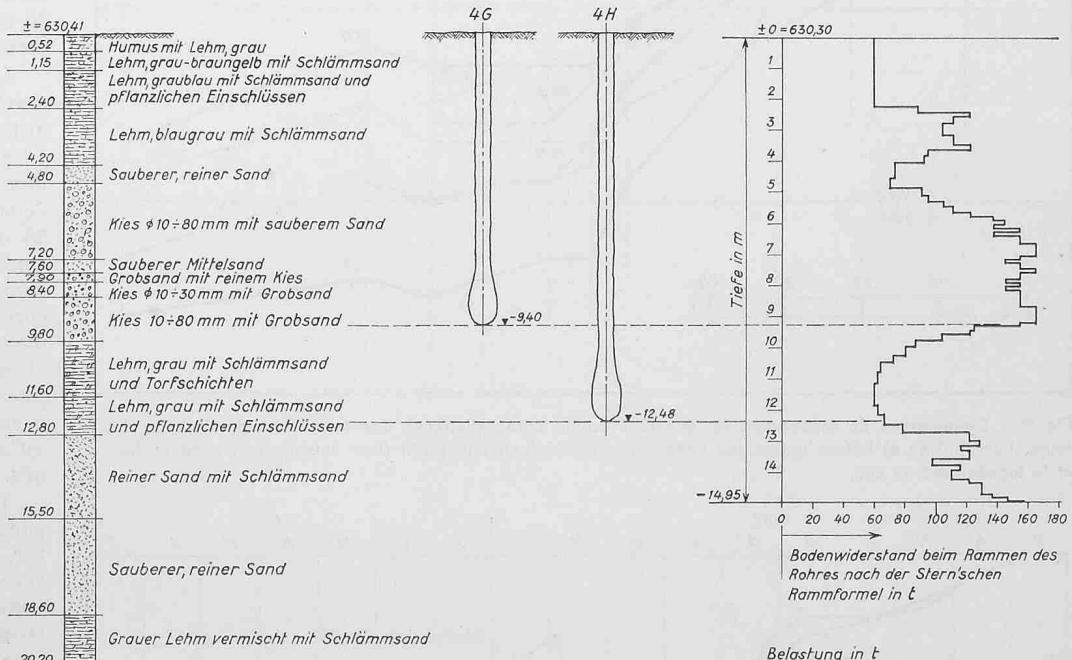


Fig. 5, 6 et 7. Compressibilité (diagramme œdométrique) des échantillons 1, 2 et 3 prélevés dans le sondage exécuté au droit du silo. Ce sont ces diagrammes ainsi que de nombreux autres du même type qui permirent d'estimer à l'avance l'ordre de grandeur des tassements des constructions de Steg.



## B. Silo d'alumine

Les 25 000 t que représente le silo en pleine charge devaient être reportées aux sols sur une surface d'environ 800 m<sup>2</sup>. Il s'agit là d'une densité de charge d'un autre ordre de grandeur que ce n'était le cas pour la halle des fours.

Les études précédant l'exécution des travaux ont clairement montré que seule une fondation sur pieux flottants était réalisable à des conditions économiques acceptables et dans les délais requis. En outre, la disponibilité en engins de chantiers ne permettait pas de prévoir des pieux très longs, dont l'exécution eut été compliquée. Il fallut donc faire appel au même type de pieux (Zeissl) que pour la halle des fours mais en multipliant leur nombre, la charge par pieu ne pouvant dépasser 70 t comme l'avaient démontré les essais évoqués plus haut, si l'on voulait éviter qu'indépendamment de tout tassement par consolidation des couches profondes les pieux ne cèdent, au voisinage de leur fût et de leur bulbe inférieur à la suite d'une rupture généralisée du sol par cisaillement. Cela conduisait inévitablement à prévoir des pieux très rapprochés et à devoir prendre en charge, con-

trairement au cas de la halle des fours, un effet de groupe marqué, et, par voie de conséquence, de très importants tassements lents par consolidation venant s'ajouter aux tassements prévus par interprétation des essais de pieux exécutés antérieurement.

L'estimation des tassements totaux du silo fondé sur de tels pieux prenant appui dans des couches sableuses fit apparaître que leur ordre de grandeur dépendrait, dans une mesure non négligeable, de la longueur moyenne des pieux. Or, le fait que ceux-ci devaient être, pour les raisons indiquées plus haut, très rapprochés (distance entre pieux  $\leq$  2,5 fois leur diamètre), a été cause de difficultés d'exécution. L'entreprise ne put en effet battre des pieux de 15 à 20 m de profondeur, comme prévu initialement, mais dut limiter cette longueur à 10 m pour un grand nombre d'entre eux, ne pouvant sans cela retirer les cuvelages d'un sol consolidé par le battage des premières séries de pieux.

Dès lors, les estimations de l'ordre de grandeur des tassements faites préalablement aux travaux et basées sur des longueurs de pieux de 15 à 20 m devenaient inexactes.

Depuis l'achèvement des fondations du silo et compte tenu de la longueur exacte des pieux, nous avons estimé en décembre 1962 l'ordre de grandeur de tassements de cette construction à 30 cm environ, étant entendu qu'il s'agissait là du chiffre déduit des essais de compressibilité du sol en laboratoire, diminué de 30 %, comme on le fait généralement dans de telles applications.

Les nivellages exécutés dès mars 1962, et encore en cours aujourd'hui, font apparaître à ce jour pour le silo de Steg un tassement moyen des différents points de sa fondation de l'ordre de 24 à 25 cm (voir figure 11). Il faut cependant remarquer que la surcharge totale de 15 000 t n'a encore jamais été appliquée, le maximum atteint étant 13 000 t, et que durant les six premiers mois de 1963 le silo n'a contenu presque de façon permanente qu'une dizaine de milliers de tonnes.

Dans ces conditions, nous pensons que lors des périodes à venir, durant lesquelles le silo sera entièrement plein, de nouveaux affaissements apparaîtront, comme semble le démontrer du reste l'allure des courbes de tassement dans la période de juin-juillet 1963. Il paraît donc très probable qu'en définitive, d'ici quelques mois ou quelques années, le silo aura tassé en tout cas de 30 cm confirmant ainsi les prévisions faites à l'époque des études préliminaires et lors de l'exécution des travaux.

Remarquons enfin que le tassement des fondations du silo est à peu de chose près égal sur tout son pourtour, les inégalités atteignant en deux points diamétralement opposés 4 cm au maximum, ce qui correspond à une inclinaison de la construction pratiquement négligeable et ne comportant aucun inconvénient. Il n'est pas exclu du

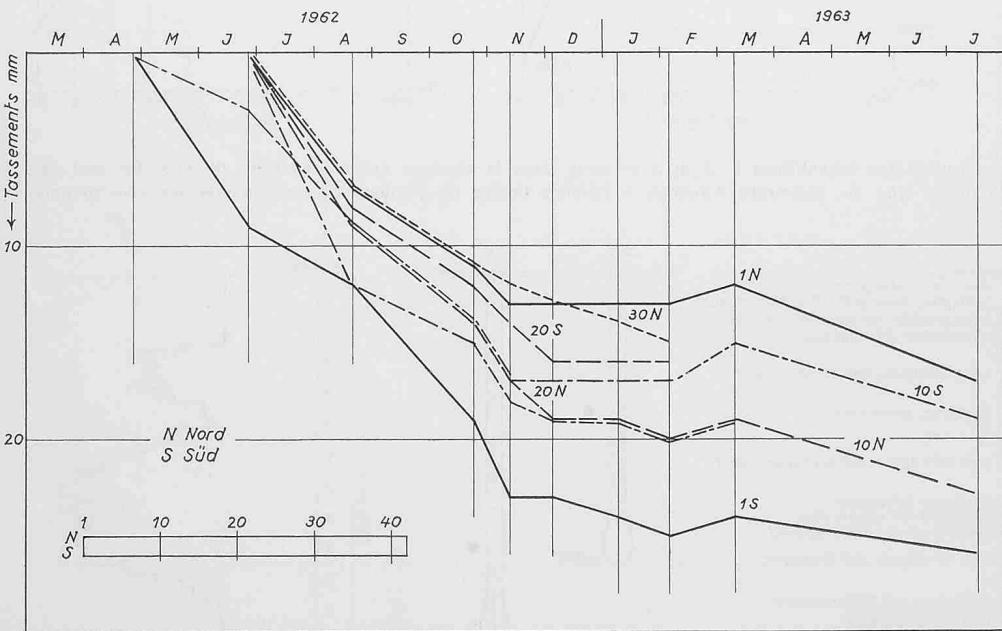


Fig. 10. Diagrammes de tassements de quelques points caractéristiques des fondations de la halle des fours. Les chiffres et lettres portés sur chaque courbe désignent le profil (voir schéma à gauche en bas) et la façade nord ou sud.

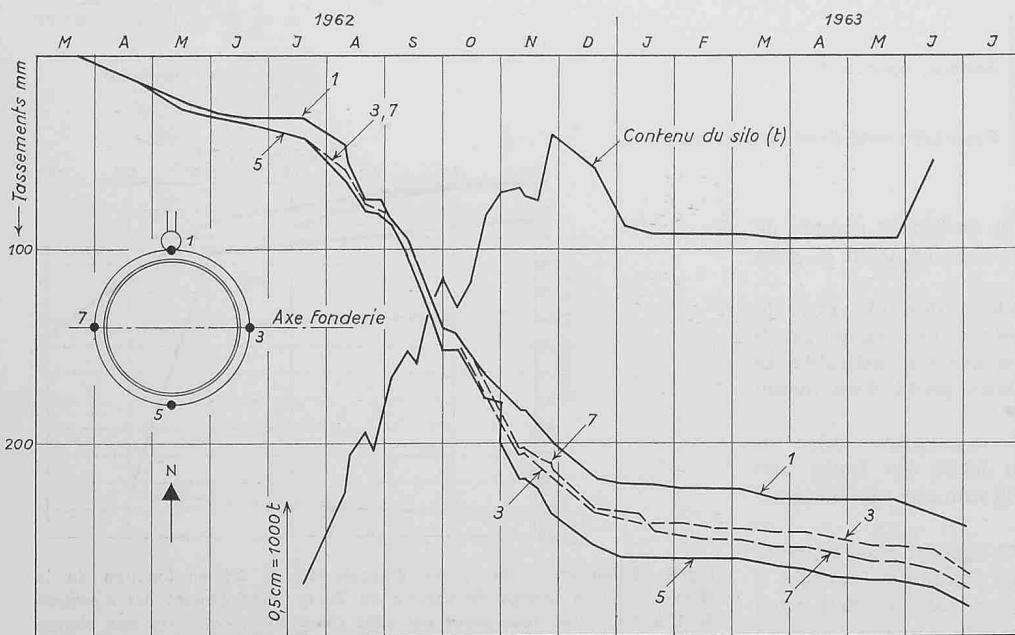


Fig. 11. Diagrammes de tassements des points nivelés sur les fondations du silo, en fonction du temps et de la surcharge (contenu du silo).

reste que cette dissymétrie soit due à des surcharges secondaires provenant des constructions voisines.

#### IV. Conclusions générales

Les études détaillées des sols de fondation des installations de Steg, études qui ont comporté de nombreux sondages, des essais sur échantillons en laboratoire, ainsi que des essais préliminaires de charge de pieux, ont permis de connaître, avant les travaux et de manière très complète, la nature des sols et la façon dont ceux-ci réagiraient sous l'effet des surcharges, quel que soit le mode de fondation adopté.

Ces études avaient entre autres montré, avant les travaux, que, quel que soit le mode de fondation choisi, l'on devait s'attendre à des tassements et qu'en particulier l'adoption de pieux ne permettait pas d'éliminer ceux-ci, étant donné l'importance des surcharges d'une part et le fait que la nature des sols conduisait à l'adoption de pieux flottants munis d'un bulbe d'autre part, pieux qui ne reposeraient en aucun cas, à leur base, sur des couches incompressibles.

Les études géotechniques avaient en outre laissé prévoir que les tassements s'étendraient sur plusieurs mois à partir de la mise en charge des sols, ceux-ci étant dans l'ensemble fins et à perméabilité moyenne. L'ordre de grandeur des tassements put être estimé sur la base d'essais de compressibilité exécutés sur échantillons en laboratoire.

Le problème du danger présenté par des tassements inégaux de diverses parties d'un même ouvrage avait motivé, lors des premières études, le choix d'une fondation sur pieux pour les constructions les plus chargées. Il en est résulté, pendant la phase d'exécution, la possibilité d'adapter la longueur des pieux à la nature des sols découverts en chaque point, en se basant principalement sur les diagrammes de battage des cuvelages. Cette manière de faire, connue des

entreprises spécialisées, fournit une documentation sûre à condition toutefois que l'interprétation soit préalablement vérifiée par quelques essais de charge de pieux, ce qui a été fait dans le cas des installations de Steg. En outre, en ce qui concerne la capacité portante des pieux comportant un bulbe inférieur, le volume de ce dernier et la façon dont il est constitué jouent un rôle déterminant. Les conclusions des nombreuses études préliminaires mentionnées ci-dessus n'auraient pu conduire à un résultat satisfaisant si par ailleurs, lors de l'exécution des pieux, il n'avait pas été procédé à un contrôle constant du volume de béton constituant le bulbe.

Toute la documentation fournie aujourd'hui par les importantes opérations de nivellages exécutées sur les constructions de Steg confirme les prévisions formulées à l'époque de l'établissement du projet, ainsi que le bien-fondé des dispositions prises ultérieurement au vu des premières expériences faites lors du début des travaux.

Au terme de cet article concernant la stabilité des constructions de Steg, nous nous plaisons à constater que l'importance que le maître de l'œuvre et ses mandataires ont su donner aux études préliminaires des sols, à la surveillance et à la direction des travaux, a permis d'éviter toute surprise, malgré des délais très courts, et de choisir des types de fondations parfaitement adaptés à la nature des sols.

Le fait que le maître de l'œuvre ait pris soin d'exécuter, durant une longue période, des nivellages détaillés des constructions a permis de tirer les conclusions formulées au présent mémoire. Ces conclusions, jointes à celles qui pourront, cas échéant, encore être tirées ces prochains mois, fournissent une base très sûre pour l'établissement des projets de nouvelles constructions à Steg et, dans une certaine mesure, pour d'autres usines à construire ailleurs.

Adresse de l'auteur: 10, Avenue de la gare, Lausanne.

## Der Unterbau der Ofenhalle

Von O. Flühmann, dipl. Ing. ETH, in Firma Fietz & Leuthold AG, Zürich

Im Mai des Jahres 1961 konnten die Bauarbeiten für den Unterbau der 23 m breiten und 513 m langen Ofenhalle auf dem Fabrikgelände in Angriff genommen werden. Die Bauleitung setzte sich als Ziel, anfangs Januar 1962, also schon 8 Monate nach Arbeitsbeginn, mit der Montage der Ofen in der neu erstellten Halle beginnen zu können. Das zu erreichen war bei der Grösse des Bauobjektes und beim heutigen Mangel an qualifizierten Arbeitskräften keine leichte Aufgabe. In der vorgeschriebenen Zeitspanne mussten von

einer mit 75 cm Kiessand aufzufüllenden Arbeitsplattform aus ungefähr 11 km Beton-Pfähle mit 50 cm Durchmesser in den Boden gerammt, der Unterbau aus Eisenbeton erstellt und darüber die Stahlkonstruktion errichtet werden. Dieses forcierte Bauprogramm und die grosse Zahl gleicher Beton-Elemente drängten von Anfang an eine Vorfabrikation des Unterbaues auf. Mit der üblichen Methode des Betonierens in Schalungen an Ort und Stelle waren diese knappen Termine nicht mehr einzuhalten.

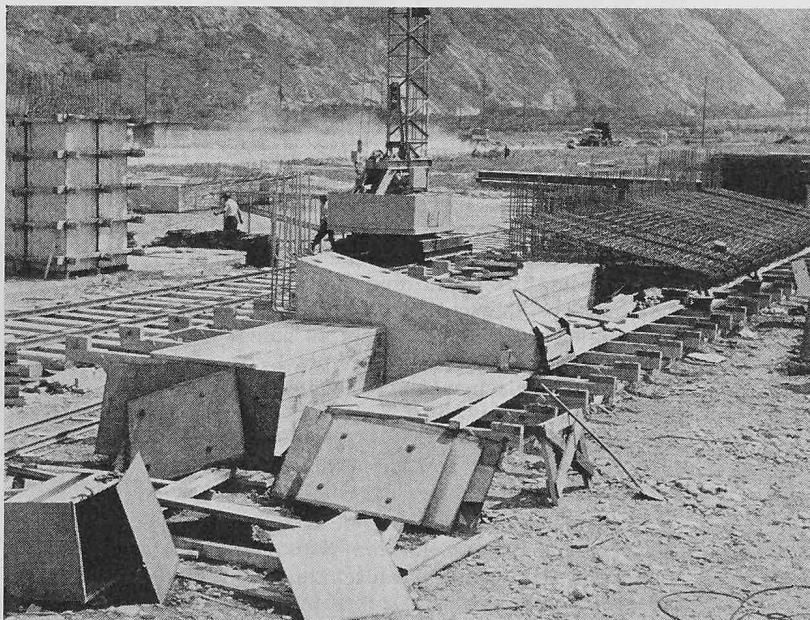


Bild 1. Betoniertisch zur Herstellung der Kathodenstützen

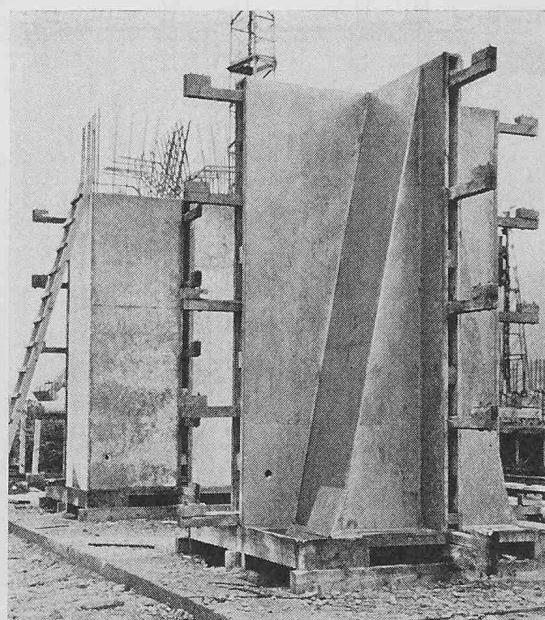


Bild 2. Schalelement für Wandstützen