

Les données géologiques dans quelques problèmes de fondations

Autor(en): **Lombard, Augustin**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **64 (1938)**

Heft 19

PDF erstellt am: **08.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-49228>

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.

Les données géologiques dans quelques problèmes de fondations,

par AUGUSTIN LOMBARD, Dr ès Sc. Privat-Docent à l'Université de Genève.

(Suite et fin).¹

Glissements de terrain.

Le géologue observe fréquemment ces masses de terre en mouvement sur le terrain. Il a l'occasion de les étudier dès leurs stades les plus embryonnaires jusque dans leurs effets ultimes. La littérature spécialisée est abondante à ce sujet.

Il est rare toutefois de savoir ce qui se passe en profondeur, notamment ce que devient le plan de glissement à l'aval de la niche d'arrachement. Aussi les forages que l'on fait dans les glissements de terrain apportent-ils des renseignements précieux. Ceux-ci sont, hélas, bien rares et ne se présentent que lorsque le glissement demande des études pour exécuter ensuite des travaux de consolidation ou de protection. Un exemple nous est donné par l'éboulement de Constantine, en Algérie.

Cette ville est connue pour sa situation si pittoresque, sur un rocher, face aux grandes plaines qui la séparent de la mer. La rivière Rhummel coule à travers de profondes gorges à l'aval desquelles elle longe les pentes du Bardo. On donne ce nom aux terrains sur lesquels continue à s'édifier la ville nouvelle. (Fig. 4 à 10.)

Il existait là, avant la fin du siècle dernier, des pentes herbeuses descendant vers la rivière suivant une pente

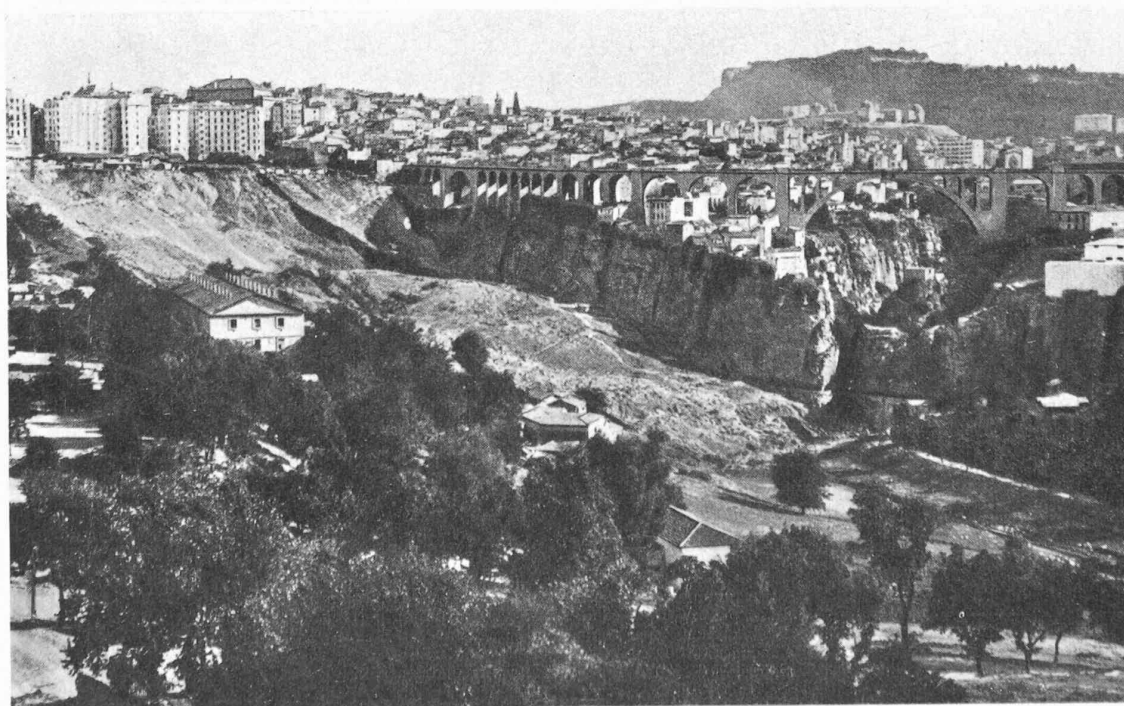
¹ Voir *Bulletin technique* du 27 août 1938, page 244.



Fig. 4. — Constantine vue du S. W., avant le glissement de terrain de 1935.

d'environ 20°. Elles étaient recouvertes de terre végétale et d'herbe. Le tout était en équilibre stable. Quelques sources y affleuraient, ainsi que des orifices d'égouts et de très anciennes canalisations (romaines probablement). Dès 1900, on commença à dégrader la colline du Coudiat, au SW de la ville, afin d'y faire de nouveaux quartiers. Les déblais furent versés sur le haut des pentes du Bardo. Ainsi se créa, peu à peu, une nouvelle plate-forme de déblais qui ne tarda pas à se consolider suffisamment pour qu'on l'utilise comme emplacement de construction. Dès 1913, elle se couronna d'immeubles.

En 1911, un premier éboulement se déclenche, laissant



Cliché S. E. C.

Fig. 5. — Constantine vue du S. W., après le glissement de terrain de 1935.

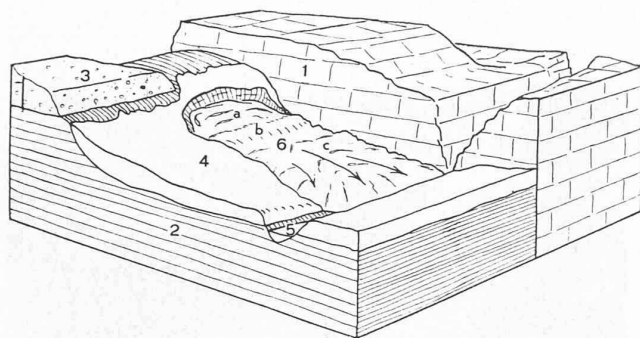


Fig. 6. — Bloc stéréogramme de l'éboulement de Constantine.
Vue prise du S. W.

1. Calcaires cénomaniens supportant la ville. — 2. Marnes et schistes géno-niens. — 3. Conglomérat aquitainien du Coudiat. — 4. Couverture de remblais des pentes du Bardo. — 5. Lac temporaire résultant du barrage du Rhummel par le front du glissement. — 6. Glissement de terrain : a) zone d'effondrement ; b) transvers ; c) zone de translation.

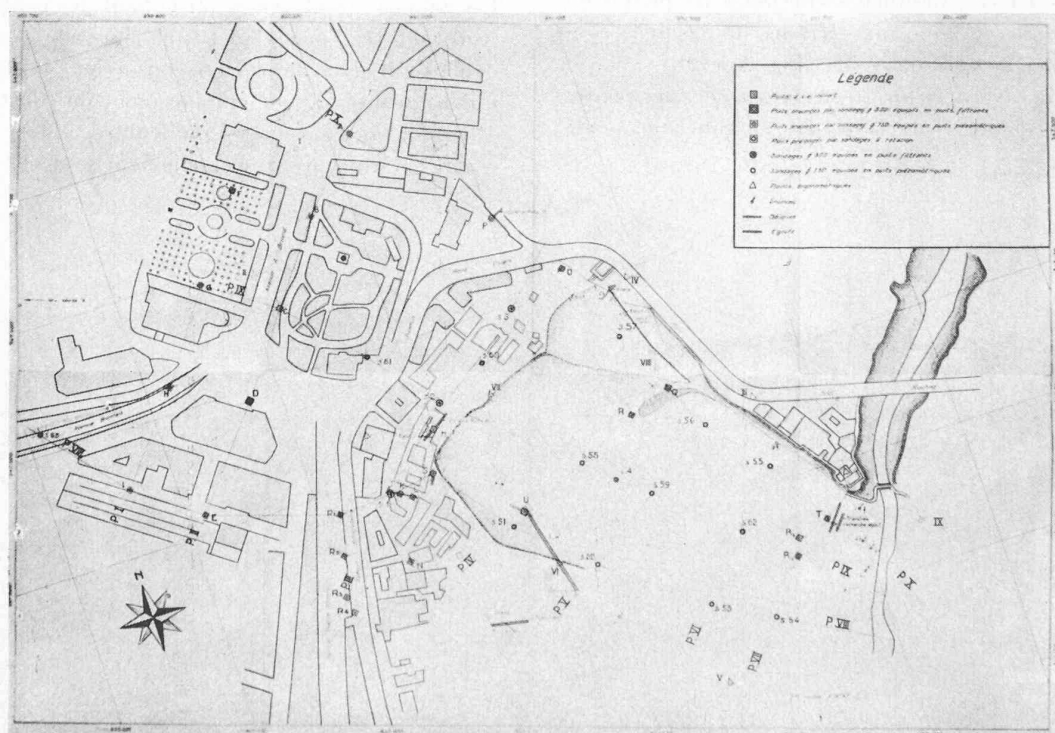
un vide que l'on comblera par de nouveaux déblais venant du Coudiat. L'ensemble se stabilise à nouveau, ou presque. Personne ne songe à s'en inquiéter lorsque, le 23 septembre 1935, un glissement de grande envergure se produit et une énorme masse de déblais part du haut des pentes, dévale vers le Rhummel, en laissant une niche

d'arrachement de 300 m de long, à quelques décimètres seulement du front des nouveaux immeubles. La rivière est barrée et un lac temporaire ne tarde pas à se former.

Les autorités, après avoir pris les mesures les plus urgentes, firent alors procéder à des études géologiques et géotechniques pour établir les causes du glissement, étudier son équilibre et les moyens de stabiliser la plateforme et le bas des pentes du Rhummel. Remonter aux causes de la catastrophe implique une connaissance complète du terrain au double point de vue géologique et hydrologique.

L'examen du terrain montre que Constantine s'étend sur trois régions géologiques distinctes : a) le rocher de Constantine, horst de calcaires cénomaniens et turoniens, recouvert de schistes turoniens partiellement enlevés par l'érosion et rarement visibles ; b) le plateau du Coudiat, en conglomérats d'âge aquitainien ; c) entre les deux, un ensellement de schistes sénoniens couvert par de la terre sur son versant du Rhummel ; ce sont les pentes du Bardo surchargées de déblais divers, avons-nous vu.

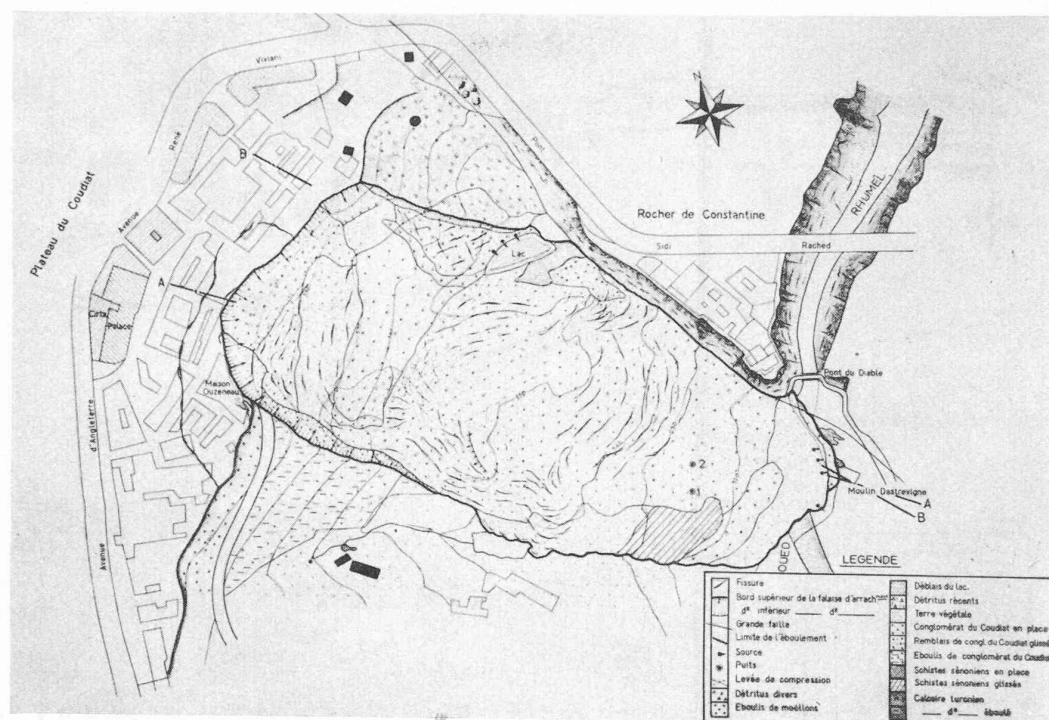
Une faille longe la base du horst calcaire. Son rejet est important, car les schistes sénoniens butent contre le calcaire cénomaniens. Le stéréogramme montrera d'une manière simplifiée les relations de ces trois régions. (Fig. 6.)



Cliché S. E. C.

Fig. 7. — Eboulement de Constantine. — Plan d'implantation des ouvrages de reconnaissance.

Texte de la légende : Puits à ciel ouvert.
Puits prolongés par sondages ① 300 équipés en puits filtrants.
Puits prolongés par sondages ① 130 équipés en puits piézométriques.
Puits prolongés par sondages à rotation.
Sondages ① 300 équipés en puits filtrants.
Sondages ① 130 équipés en puits piézométriques.
Points trigonométriques.
Sources.
Galerie.
Egouts.



Cliché S. E. C.

Fig. 8. — Eboulement de Constantine. — Carte géologique du glissement de terrain.

Le glissement est compliqué à analyser. Le mouvement de progression des terres a brassé le sol, bouleversant l'ordre primitif. Un copeau de schistes du soubassement a été arraché et mêlé à la terre glissée. Il affleure à la base du glissement.

La situation actuelle des chemins, maisons, arbres, etc., comparée à leur emplacement primitif a permis de mesurer exactement la trajectoire de nombreux points du terrain. Sa surface actuelle montre les faits classiques que l'on observe toujours sur les masses glissées. Nous introduisons ici une terminologie et des observations maintes fois vérifiées depuis.

Au sommet du glissement, la *zone d'effondrement* est limitée par la niche d'arrachement vers l'amont et sur les deux côtés. Elle est caractérisée par l'abaissement de

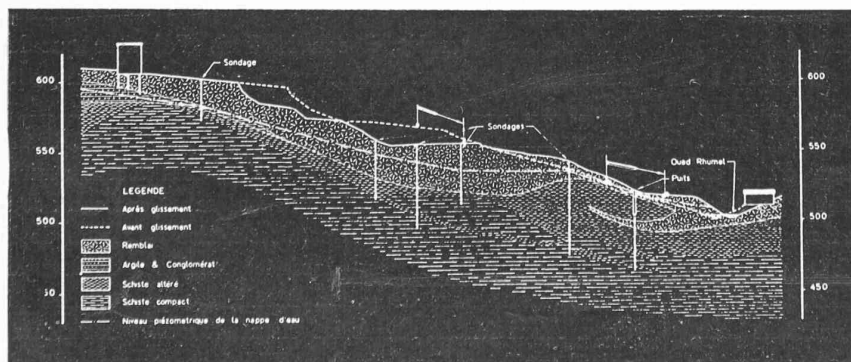
tous les points du sol, soit d'une fois soit en secteurs successifs, limités eux aussi par des fissures ouvertes.

Le *bombement transverse* est une ondulation formant une contrepente en arrière de laquelle se forment des lacs et des marais, où la plupart des fissures sont dues à des effets de compression et sont marquées par des levées de terre. Cette ondulation doit correspondre à un seuil souterrain par-dessus lequel coulent les terres en mouvement. Ce processus est semblable à celui d'une tranche d'eau s'écoulant par-dessus l'irrégularité d'un radier.

La *zone de translation* est celle où se marquent les effets de l'avance des terres. Elle est crevassée à la manière d'un glacier par des fissures ouvertes longitudinales, transversales et marginales.

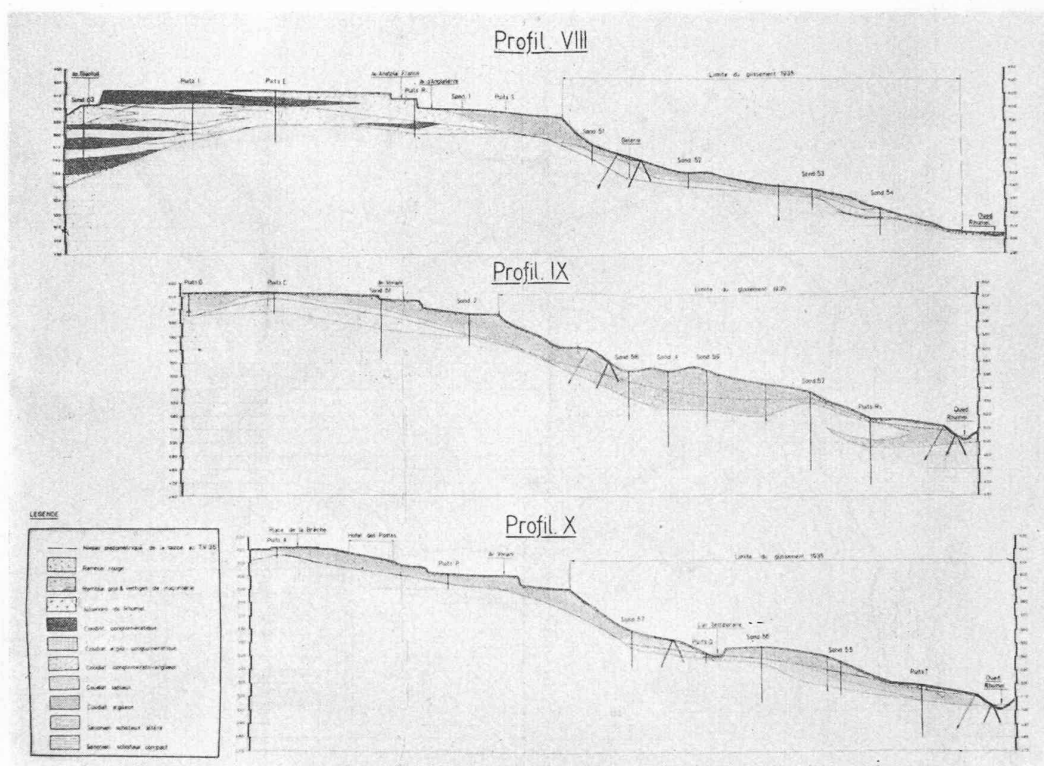
Le front de cette zone baigne dans les eaux du Rhumel qui l'érodent. Plusieurs sources ont fait leur apparition depuis le glissement. Par ailleurs, le terrain se vide de l'eau dont il était gorgé.

Le plan de glissement n'est visible nulle part. Sa localisation en profondeur s'est faite par des forages d'un type spécial. On parvint à extraire des « carottes » du sous-sol, dans un état de conservation si bon qu'il fut possible d'y observer le terrain glissé, le terrain en place et les stries de friction entre les deux. Cet échantillonnage de précision se fit à l'aide d'un matériel technique perfectionné. Nombre d'éprouvettes du sous-sol furent



Cliché S. E. C.

Fig. 9. — Eboulement de Constantine. — Coupe suivant l'axe du glissement.



Cliché S. E. C.

Fig. 10. — Eboulement de Constantine. — Quelques profils géologiques longitudinaux montrant l'allure du plan de glissement, et de la surface des schistes.

Texte de la légende : Niveau piézométrique de la nappe, au 7. V. 36.
Remblais rouges.
Remblais gris et vestige de maçonnerie.
Alluvions du Rhummel.
Coudiat conglomératique.
Coudiat argilo-conglomératique.
Coudiat conglomérato-argileux.
Coudiat sableux.
Coudiat argileux.
Sénonien schisteux altéré.
Sénonien schisteux compact.

ainsi extraites ; elles furent utilisées pour les essais normaux de laboratoire géotechnique.

Complétant ces données, un réseau de sondages de reconnaissance fut exécuté sur les bases d'un premier rapport géologique. Une synthèse des observations permit alors de se faire une idée des origines du glissement. Elles sont de deux ordres : l'un hydrologique, l'autre statique.

L'eau souterraine a joué un rôle déterminant. Elle a pour origine certains lacs qui se forment dans des vides du calcaire cénomaniens, après les grosses pluies. Ils se déversent ensuite dans le sol. Puis, on connaît, depuis les Romains, des sources thermales le long de la grande faille. Le conglomérat du Coudiat est un collecteur d'eau de provenance souvent lointaine. Il les rassemble puis les écoule vers les pentes du Bardo. Le plancher imperméable est représenté par des marnes à *Helix* situées à sa base et en discordance sur les schistes sénoniens. Enfin, plusieurs canalisations et égouts ont été recouverts et enfouis sous les déblais du Bardo. Toutes ces eaux se sont ramassées au niveau des schistes sénoniens qui sont le soubassement des déblais. Elles ont peu à peu imbibé ces déblais, les

alourdissant et les amollissant. Elles ont aussi lubrifié la surface des schistes qui est devenue plus tard la surface ou plan de glissement, ou tout au moins son amorce.

Du point de vue statique, les décharges accumulées au haut de la pente se sont ajoutées les unes aux autres. Il est arrivé un point où la cohésion du sol a été vaincue. Une rupture s'est produite dans l'équilibre, déclenchant le glissement.

Pour être complet, il conviendrait d'ajouter que les études furent poussées beaucoup plus loin que nous le citons ici, afin de répondre à la demande des autorités qui voulaient être renseignées sur l'équilibre des terres après la catastrophe. Les recherches complémentaires entreprises alors comprirent : l'écoulement des eaux souterraines et leur trajectoire (c'est-à-dire la forme de la surface imperméable sous-jacente), analyses de forages, levés géologiques de grand détail, analyses géotechniques. Ainsi furent réunis les éléments pour procéder au calcul mathématique de la stabilité des terres, prélude au projet de consolidation.

Cet exemple du glissement de Constantine montre le

concours des facteurs de l'étude géologique que complètent les expériences géotechniques. Ils aboutissent à l'élaboration technique des fondations. Barrage, bâtiments lourds, glissement de terrain : trois cas parmi tous ceux que nous offre la vie pratique, dans lesquels nous avons suivi le jeu des données géologiques dans des problèmes de fondations. Il me reste à conclure.

Je tenais à définir cet aspect d'une science naturelle qui s'applique à l'art de l'ingénieur. La géologie reste semblable à elle-même, qu'elle soit appliquée à la technique ou non. Vous aurez remarqué qu'elle conserve ses résultats qualitatifs, parfois décevants dans leur souplesse et leur imprécision. N'oubliez pas qu'elle reflète simplement la complexité de la nature telle qu'on l'observe sur le terrain. Elle laisse la place aux hypothèses, évite de conclure de manière trop rigide car elle doit prévoir la diversité des propriétés des roches et des phénomènes qui les conditionnent.

Et pourtant le problème est simple. Trois questions reviennent toujours : 1. Comment se déforme le terrain sous la charge ? 2. Le terrain tient-il la pression ? 3. Le terrain tient-il l'eau ? Ingénieurs et géologues s'appliquent à les résoudre. Leur collaboration sera féconde chaque fois qu'elle se fondera sur une notion bien claire des données respectives de leurs sciences.

Peut-être aurons-nous ce soir jeté un peu de lumière sur cette voie commune.

Nous l'espérons, car cette voie mène l'homme à de grandes réalisations où son esprit s'élève dans l'expression de son génie créateur et constructeur.

Halle métallique démontable.

La *Société du Comptoir Suisse*, à Lausanne, dont les locaux permanents sont insuffisants et qui ne peut disposer des terrains nécessaires à l'établissement de nouveaux bâtiments, est obligée de faire ériger chaque année, sur

la place de Beaulieu, une série de constructions provisoires, notamment une grande halle destinée à abriter l'exposition des machines agricoles.

Cette halle était, jusqu'à l'an dernier, constituée par une série de fermes en bois en arc avec pieds droits, type « Hetzer », distantes de 4 m et reliées par tout un système de pannes et chevrons sur lesquels venaient se fixer des bâches. Les montages et démontages successifs, ainsi que les intempéries, avaient assez gravement atteint le bois et devant la nécessité de faire l'acquisition d'une nouvelle construction, la Société du Comptoir Suisse se décida, en fin 1937, pour une charpente métallique légère, entièrement démontable, conforme aux études et projets établis par la maison *Zwahlen et Mayr* et sous la direction de M. *Ch. Braun*, architecte.

La nouvelle halle, qui couvre une surface de 160 m en longueur sur 30 m en largeur, est constituée par 21 fermes à 2 articulations, espacées de 8 m. Les appareils d'appui en tôles soudées, sur fondations en béton, sont logés dans des puits de 3-500 mm de diamètre, qui sont recouverts après l'enlèvement de la charpente et légèrement enterrés de manière à ne pas compromettre l'utilisation de la place (Fig. 1 à 3).

Les fermes sont reliées les unes aux autres par 5 pannes à treillis de 1000-1500 mm de hauteur, tenant lieu également de contreventement longitudinal.

Sur la halle centrale, ainsi constituée, viennent s'appuyer deux bas-côtés dont l'ossature est entièrement exécutée en fers I assemblés au moyen de tourillons.

La couverture est réalisée par des bâches reposant sur un chevronnage léger en bois, posé sur les pannes métalliques.

Tous les assemblages fixes ont été faits sans goussets, par soudure électrique des barres, les membrures des fermes elles-mêmes, du type en auge, sont formées de 2 cornières soudées.

Toute l'ossature a été spécialement étudiée en vue d'un montage, d'un démontage et d'un entreposage faciles. Les fermes comprennent chacune 4 éléments de

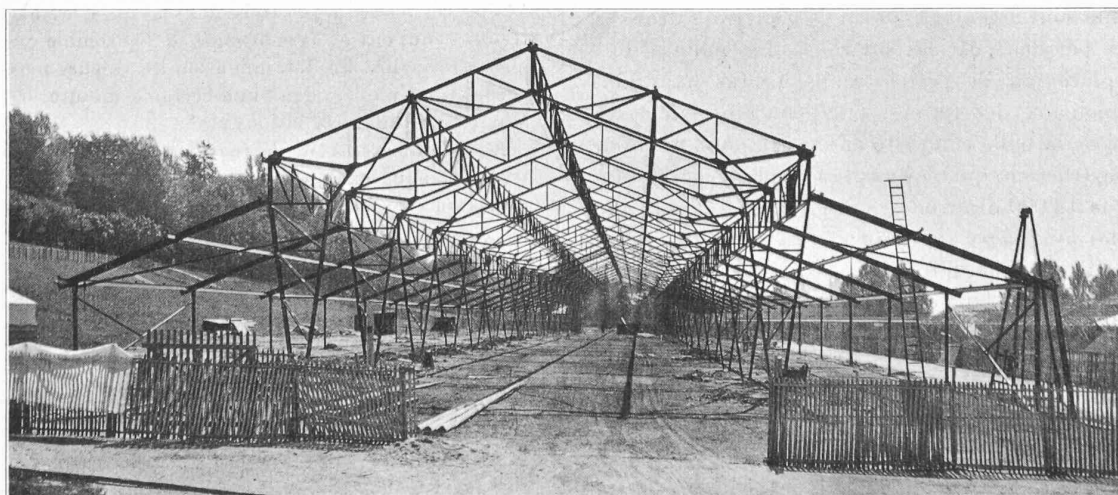


Fig. 1. — Vue de la halle centrale montrant le système constructif comprenant les fermes et les pannes à treillis. Les séparations des éléments sont marquées par les goussets d'attache aux membrures.