

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 64 (1938)  
**Heft:** 18

**Artikel:** Les données géologiques dans quelques problèmes de fondations  
**Autor:** Lombard, Augustin  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-49223>

#### 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:** 08.01.2026

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

longueurs fournit un coefficient de rectification qui, multiplié par les composantes de la base, donne les éléments définitifs à introduire à l'autographe.

*L'orientation absolue* du modèle nécessite la connaissance altimétrique de trois repères visibles sur les clichés. Ces trois points sont restitués sur la table à dessin et les hauteurs, lues à l'autographe, portées en regard des hauteurs données. Les discordances permettent de calculer facilement les deux angles de rotation du modèle. Si, après l'introduction des rotations à l'autographe, l'orientation du modèle n'est pas suffisante, on calculera et on introduira des rotations additionnelles.

En principe, le modèle devrait être maintenant parfaitement orienté. On en jugera en pointant les repères surabondants et en comparant les hauteurs lues avec les hauteurs données. Les discordances éventuelles seront le signe d'une déformation du modèle provenant d'une orientation réciproque trop peu poussée. Suivant la grandeur de ces écarts et la répartition des repères correspondants sur le stéréogramme, on en déduira empiriquement ou analytiquement les corrections à apporter aux éléments introduits à l'autographe. En fin de compte le modèle sera exempt de toute parallaxe verticale et les points restitués devront coïncider, en planimétrie et en altimétrie, avec les points donnés, tout en tenant compte des tolérances admises pour l'échelle considérée. La restitution est tracée sur une plaque de verre sur laquelle sont portés, au moyen d'un coordinatographe de précision, le réseau des coordonnées et les repères. On tire tout d'abord les courbes de niveau, puis la planimétrie, puis finalement on inscrit les cotations. (Fig. 10 à 12.)

Il est de toute importance que la restitution soit claire et complète, ce qui nécessite une étroite collaboration et une entente parfaite entre le photogrammétre-restituteur et le topographe surveillant la pointe traceuse. Ce même topographe, chargé déjà du travail d'identification, doit ensuite vérifier l'original sur le terrain. Ayant assisté à la restitution il est, de ce fait, le mieux placé pour en connaître les parties faibles et mettre ainsi au point l'original dans un minimum de temps. Son travail consiste, en outre, à doter l'original des noms locaux (toponymie) et à lever les limites politiques éventuelles.

A l'étranger, d'autres méthodes ont été développées et utilisées avec succès, spécialement celle des couples stéréoscopiques indépendants et celle des connexions de vues successives ; elles sont particulièrement intéressantes pour les régions où la densité des repères est très faible ou même nulle. En Suisse, par contre, ces méthodes n'ont été appliquées qu'à titre d'essais et n'offrent que peu d'intérêt pratique, car la signalisation nécessaire à la méthode en usage s'appuie sur le réseau très dense des points des triangulations fédérale et cantonales qui s'étend sur tout le territoire de la Suisse.

En résumé, la photogrammétrie aérienne, telle qu'elle est pratiquée au Service topographique fédéral, est parfaitement au point et les résultats obtenus donnent toute satisfaction au double point de vue de la précision et de

l'économie. L'aérophotogrammétrie a pris place au rang des méthodes précises modernes et apporte ainsi une contribution précieuse à l'établissement des nouvelles cartes nationales.

Berne, avril 1938.

## Les données géologiques dans quelques problèmes de fondations<sup>1</sup>,

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

(Suite<sup>1</sup>).

### Fondations sur pieux.

L'aspect géologique de ce type de fondations n'offre guère d'intérêt. Il s'agit, en général, de terrains non consolidés, traversés sur une faible hauteur. Seule intervient la notion de la résistance du sol, exprimée par son angle de frottement interne. Elle sera déterminée par des expériences géotechniques et interviendra dans les formules déterminant les dimensions des pieux. Bien souvent, le terrain est horizontal et homogène du haut en bas de la coupe. Il est aussi hétérogène, ce qui offre parfois un certain intérêt. Ainsi, le cas suivant a fait l'objet d'une étude géologique détaillée. Avant d'entreprendre les travaux de la future gare maritime d'Oran au môle J. Giraud, on fit le plan des fondations sur pieux en admettant l'existence d'un soubassement rocheux continu à la cote —10 m. D'anciennes données le signalaient et il était recouvert de divers déblais récents, débris de carrières, sable et tout-venant. Au cours de la confection des premiers pieux, dont la base devait reposer sur la couche rocheuse, on ne tarda pas à remarquer que cette couche n'était ni continue ni très épaisse. Elle se réduisait même à zéro par endroits. Au-dessous, on pénétrait dans une masse de marnes compactes d'épaisseur inconnue. Nulle part on ne retrouva la roche calcaire massive dont est formée la falaise dominant le port.

<sup>1</sup> Voir *Bulletin technique* du 30 juillet 1938, page 213.

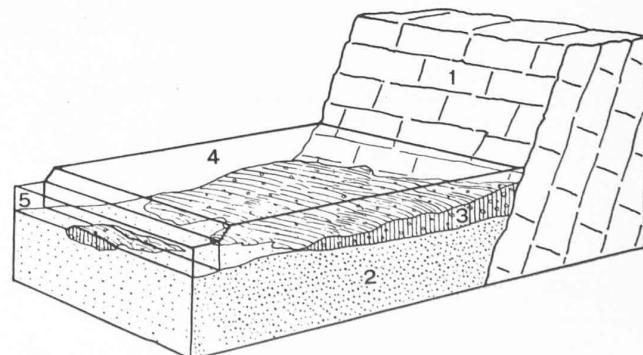


Fig. 2. — Bloc stéréogramme de l'emplacement du môle *Jules Giraud*, au port d'Oran.

1) La falaise de calcaires jurassiques dominant le port. — 2) Marne compacte. — 3) Banc conglomeratique s'adossant au rocher. Ce banc devait être destiné à supporter la base des pieux de fondations. Son épaisseur varie et augmente même vers le large. — 4) Remblais de provenances variées (supposés transparents). — 5) Mer.

Le problème qui se posait était le suivant : Peut-on compter, ou non, sur la couche rocheuse située entre la marne et les déblais ? A quoi sont dues les irrégularités de cette couche ?

L'étude géologique de la région et l'analyse de quelques sondages faits dans le môle ont permis de remonter à l'origine de la couche rocheuse et de résoudre l'éénigme. Le terrain est constitué comme suit, tout au moins dans ses grandes lignes : La falaise de calcaires jurassiques plonge très rapidement vers la mer. Contre elle s'appuient presque horizontalement (de haut en bas) :

1. Les déblais récents, supposés transparents sur notre stéréogramme. (Fig. 2.)

2. Le banc rocheux de grès, formation côtière conglomératique dans laquelle se retrouvent des fragments des calcaires de la falaise, mal consolidés, vacuolaires et irrégulièrement cimentés (ces renseignements furent apportés par les forages de pieux principalement).

3. La marne compacte dont la première strate est sableuse et délavée.

Ces résultats furent interprétés avec les données de la géographie physique et ce que l'on connaît des phénomènes côtiers en sédimentation. Par déduction, on pouvait alors affirmer que :

1. La couche rocheuse diminuerait d'épaisseur à mesure que l'on s'éloignerait de la côte, pouvant toutefois présenter des augmentations locales.

2. Sa structure serait toujours plus fine de la rive vers le large.

3. Son contour ne serait pas nécessairement découpé.

4. Le banc plongerait légèrement vers le large.

5. Des sondages sont à prévoir (suivait l'énumération et la liste des points d'implantation) pour déterminer le tracé du banc, son épaisseur, ainsi que sa surface utilisable.

La conclusion s'imposait clairement : il était impossible de compter, a priori, sur la couche rocheuse.

#### *Fondation sur radier.*

L'exemple concerne un gazomètre de l'Usine à gaz de Menton (A.-M.). Cet ouvrage, fondé sur une dalle de béton, donnait des signes d'affaissement et s'inclinait de manière anormale.

Une expertise géologique fut demandée pour fixer les points suivants : 1. les causes de l'affaissement ; 2. les chances que le tassement s'accélère ; 3. un rendu du sous-sol avec toutes les données voulues pour étudier une éventuelle reprise en sous-œuvre.

Nous résumons le rapport d'expertise. Celui-ci demanda une étude d'autant plus détaillée que le terrain était de petites dimensions. Le moindre détail prend de l'importance à cette échelle. Or, à Menton, ce n'était qu'une partie du sous-sol du gazomètre qui s'effondrait et non le tout. Et par ailleurs les bâtiments environnants, fours, autres gazomètres sont restés stables. Il s'agissait d'un accident très localisé.

Cherchons donc à établir pourquoi seul cet appareil a

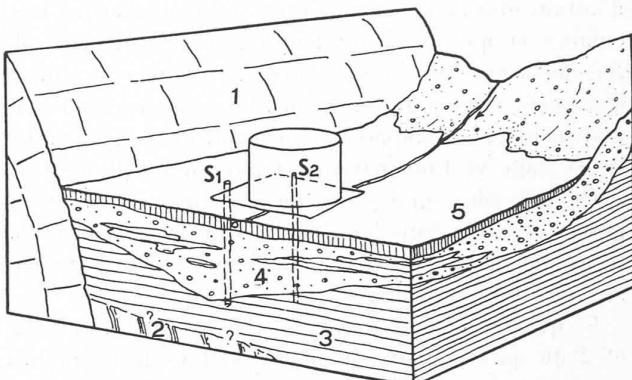


Fig. 3. — Bloc stéréogramme montrant la situation du gazomètre de la S. G. I. G., à Menton.

1) Jambage est de l'anticlinal de jurassique supérieur du cap Martin. — 2) Couverture de Crétacé (supposée). — 3) Marnes. — 4) Complexe de dépôts détritiques marins et torrentiels. — 5) Couche d'argile.  $S_1, S_2$  = Sondages.

bougé. Il repose sur une couche d'argile homogène, la même qui supporte les autres bâtiments. En dessous viennent des sables, presque au niveau de la mer. Le gazomètre se trouve dans l'axe du torrent de Cobbio. Ce petit cours d'eau a un débit temporaire parfois très élevé ; il descend des pentes du Mont Agel vers la mer. Ses alluvions pénètrent assez profondément dans le sous-sol et se mêlent aux sables cités ci-dessus. Elles s'adossent à l'ouest aux rochers de l'anticlinal de Jurassique supérieur du Cap Martin. L'étude géologique du terrain ne pouvait guère donner de plus amples renseignements. Aussi fallut-il faire forer deux sondages à côté du gazomètre pour connaître la structure de son terrain de fondations. Auparavant, on avait analysé avec soin les fissures du radier, leur sens d'arrachement et leur direction, afin de localiser la zone déficiente.

Les sondages ont montré que sous l'argile, il y a des alternances de graviers, des sables et des galets d'origine fluviatile, des sables à coquillages, ainsi que des argiles sableuses d'origine marine indiquant des apports successifs de matériaux du torrent et de la mer. Leurs limites sont confuses, leurs épaisseurs variables. Une nappe d'eau sous légère pression artésienne, occupe ces dépôts. A partir de 11 m de profondeur, on est dans de la marne compacte. Pas de roche en place. (Fig. 3.)

Il semble bien que les causes de l'affaissement soient dues à l'eau de la nappe.

Celle-ci est comprise entre deux couches imperméables. Elle est alimentée par l'impluvium du torrent de Cobbio en fonction des précipitations locales. Elle s'écoule vers la mer et le gazomètre est situé dans son axe. La nappe exerce des sous-pressions qui se transmettent à la couche d'argile superficielle. Entre les crues souterraines, la nappe s'abaisse et laisse à sec le sable et les alluvions qui diminuent de volume. A la crue suivante, la nappe monte et ils gonflent. Il en résulte une sorte de pulsation du terrain. Or le gazomètre exerce une pression constante sur ce sous-sol alternativement sec et humide. Il tassera

d'autant plus facilement qu'il est formé de couches lenticulaires et qu'une de ces lentilles réagit peut-être plus fortement que les autres. Cela créera une zone de moindre résistance, origine du tassement. Le radier travaille anormalement et les charges se déplacent, causant la rupture de la dalle et l'inclinaison du gazomètre. Il n'est pas exclu non plus qu'il y ait un certain entraînement de grains de sable dans les pores des graviers. Il accentue les changements de volume. Le tassement du gazomètre se poursuivra lentement.

Ce qui précède est, on le voit, la réponse aux points 1 et 2 du questionnaire du début. Il fournit les données pour répondre au point N° 3.

(A suivre.)

## Procédé graphique pour déterminer le régime d'une installation hydroélectrique en deux paliers avec bassins d'accumulation et un affluent intermédiaire

par M. CLOSUIT, ing. dipl. E. P. Z.

Posons d'abord les données de notre problème :

Soient deux centrales  $C_1$  et  $C_2$  situées sur le même cours d'eau et ayant chacune en amont leur bassin d'accumulation, que nous supposons bassins régulateurs journaliers. (Voiré épure ci-contre.)

L'eau arrive à la centrale  $C_1$  par tunnel ou canal, et enfin par la conduite forcée. Elle sort de la centrale  $C_1$ , utilise la rivière, pour atteindre plus bas le réservoir  $R_2$  alimenté également par un affluent intermédiaire  $A_2$ . L'eau passe ensuite à la centrale  $C_2$  et retourne à la rivière.

Supposons, pour simplifier, que le passage de l'eau d'un point à l'autre soit instantané, supposition qui ne change rien au principe, mais qui rendrait illusoire l'application de la méthode, à moins que ces distances ne soient si petites qu'on puisse négliger les temps. Supposons également que les deux affluents  $A_1$  et  $A_2$  aient un débit constant pour un jour déterminé. Notons aussi que  $A_1$  est la rivière à son entrée dans  $R_1$ , tandis que  $A_2$  est un affluent qui apporte ses eaux en  $R_2$ . Nous connaissons aussi les deux courbes de production de chaque centrale, que nous transformons en  $m^3$  absorbés, pour n'avoir pas à nous occuper du coefficient entre  $kW$  et  $m^3$ , qui varie forcément pour chaque centrale.

*Etant connu ce qui précède, il est très aisément déterminer, à chaque instant, le contenu des deux réservoirs.*

Pour plus de clarté, nous appellerons 10, 11, 12 ... les courbes qui se rapportent à la chute supérieure, et 20, 21, 22 ... celles qui se rapportent à l'inférieure.

Décrivons en quelques mots la méthode en question :

Soit un système de coordonnées; en abscisses écrivons les heures à partir d'un temps  $t_o$ , en ordonnées positives et négatives les  $m^3$ . Construisons les deux droites 10 et 20 de part et d'autre de l'axe des  $x$ ; elles représentent

respectivement les apports constants des 2 affluents  $A_1$  et  $A_2$  durant 24 heures, à partir de  $t_o$ .

A partir du  $o$ , portons en haut le contenu du réservoir  $R_1$  à l'instant  $t_o$  et menons par ce point la droite 11 parallèle à 10.

Portons en bas le contenu de  $R_2(t_o)$  et menons la parallèle 21 à 20. Nous connaissons les deux courbes 13 et 23 des  $m^3$  absorbés par les centrales à partir de  $t_o$ . Ces deux courbes peuvent être construites en accumulant heure par heure les consommations en  $m^3$  des deux centrales, ou aussi en prenant la production moyenne de  $a$  heures (par exemple  $a = 4$  heures, et en utilisant alors les polygones 15 et 25 et les courbes 13 et 23 en pointillé fin, qui coïncident avec celles en traits forts chaque 4 heures, si  $a = 4$ ). Ces polygones rappellent ce qu'en statique graphique on dénomme les polygones de forces et polygones funiculaires (voir un article de M. J. Calame au « Bulletin technique de la Suisse romande », août 1931).

*Les distances verticales entre la courbe 13 et la droite 11 nous donnent à chaque instant le contenu disponible du réservoir  $R_1$ .*

Si maintenant nous portons à partir de l'axe des  $x$  vers le bas les distances  $d$  entre 13 et 23, nous obtenons la courbe 23', et les distances verticales entre 21 et 23 nous donnent le contenu du réservoir  $R_2$  à chaque instant  $t$ .

Cette dernière courbe peut être aussi construite au moyen du polygone 25, dont les valeurs sont les différences des consommations des deux centrales aux temps corrélatifs.

Les distances verticales entre les droites 11 et 12, 21 et 22 étant le contenu total des réservoirs, l'espace compris entre elles représentera le jeu de ces derniers, lesquels seront vides ou pleins selon que les courbes 12 ou 22 seront tangentes à l'une ou l'autre des deux droites citées.

Le procédé ci-dessus repose sur les équations suivantes : Le contenu du réservoir  $R_1$  à l'instant  $t$  est :

$$(1) \quad R_1(t) = R_1(t_o) + \sum_{t_o}^t A_1 \Delta t - \sum_{t_o}^t C_1 \Delta t$$

Le contenu du réservoir  $R_2$  à l'instant  $t$  est donné par :

$$(2) \quad R_2(t) = R_2(t_o) + \sum_{t_o}^t A_2 \Delta t + \frac{\sum_{t_o}^t C_1 \Delta t - \sum_{t_o}^t C_2 \Delta t}{d}$$

où les lettres ont les significations suivantes :

$R_1, R_2$  = capacité ou contenu des réservoirs

$A_1, A_2$  = apports des affluents par seconde

$C_1, C_2$  = consommations des centrales en  $m^3$ .

Nous répétons que l'application du procédé exige l'introduction des temps  $\Delta T_1, \Delta T_2, \Delta T_3$  de l'eau pour parcourir les différents chemins qui séparent les réservoirs et les centrales, ce qui constitue non une difficulté, mais un point assez délicat.

Il pourrait être avantageux de travailler avec des  $kW$  et  $kWh$  au lieu de  $m^3$ : s et  $m^3$ , mais cela exigerait l'introduction d'un rendement  $m^3$ :  $kW$  qui varie pour chaque centrale.

Le procédé décrit permet d'établir d'avance avec assez