

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 64 (1938)  
**Heft:** 22

**Artikel:** Un nouveau procédé de congélation et ses possibilités d'application  
**Autor:** Daxelhofer, J.-P.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-49241>

### **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:** 11.01.2026

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

dans lequel le chauffage ne figure pas au jour de charge maximum, ce jour faisant partie de la saison clémente. Quant au nombre des consommateurs concomitants, il est lié à la relation suivante : le débit annuel ou journalier, en  $m^3$ , satisfait à l'expression :

$$n \cdot W_c \cdot T_c,$$

où  $T_c$  signifie la durée d'utilisation d'un consommateur, mesurée en heures par an, ou par jour, suivant la grandeur du débit en jeu.

Avec les valeurs :  $T_{ca} = \sim 2000$  h,  $W_{ca} = 188$   $m^3/h$ , et avec le débit de 15 698 000  $m^3$ , nous obtenons :

$$n_a = \frac{15\,698\,000}{2000 \cdot 188} = \sim 42.$$

D'autre part, avec :  $T'_{ca} = \sim 1100$  h,  $W'_{ca} = 188$   $m^3/h$ , et avec le débit de 6 310 000  $m^3$ , nous avons :

$$n'_a = \frac{6\,310\,000}{1100 \cdot 188} = \sim 30.$$

La justification des durées  $T_{ca}$  et  $T'_{ca}$  que nous avons admises arbitrairement n'est pas difficile, étant donnée la statistique de consommation. D'autre part, les valeurs si basses pour  $n_a$  et  $n'_a$ , que nos calculs ont fournies, exigent une explication, que voici : Les 38 000 consommateurs ménagers, constatés par la statistique, ne forment que peu de consommateurs effectifs entrant en ligne de compte, car seuls peuvent être comptés les consommateurs dont la phase temporaire de la consommation est assez différente. Or, pour la population surtout ouvrière, dont il s'agit, l'utilisation ménagère du gaz tombe toujours dans les mêmes heures ; ainsi :

$$\frac{38\,000}{30} = 1265$$

consommateurs individuels ne forment qu'un seul consommateur effectif, d'une puissance d'utilisation effective de :

$$W'_{ca} = 188 \text{ } m^3/h,$$

pour notre calcul.

D'autre part, les 10 consommateurs en gros, constatés par la statistique, diffèrent suffisamment, les uns des autres, pour que presque ou tout à fait chacun d'eux puisse compter comme un consommateur effectif dans le sens du calcul de la compensation de charge. Ainsi, les valeurs trouvées pour  $n_a$  et  $n'_a$ , nous semblent être bien expliquées.

Terminant notre étude, nous croyons avoir démontré que notre méthode d'analyse de la compensation de charge dans les installations centrales peut être appliquée aussi aux installations urbaines de gaz de ville.

## Un nouveau procédé de congélation et ses possibilités d'application,

par J.-P. DAXELHOFER, ingénieur-conseil à Paris,

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

C'est un travail analogue qui va être exécuté en juin, en Allemagne, avec le même procédé, par l'entreprise *Wayss & Freitag*, près de Kassel.

Il s'agit de réaliser les fondations d'un pont d'une autoroute traversant une voie ferrée.

Le procédé de fondation devait remplir les conditions suivantes :

1. ne pas troubler l'équilibre du remblai de chemin de fer, afin d'assurer le passage des trains, pendant toute la durée des travaux ;

2. permettre de descendre à 5 m environ sous la nappe phréatique, à travers des terrains vaseux, tourbeux, compressibles, afin d'asseoir la fondation sur une couche de schistes résistants ;

3. résister aux eaux nocives sulfatées dues à la présence de couches de gypse.

La congélation réalise parfaitement ce programme. Les pieux furent écartés à cause de la difficulté présumée de réaliser un bon encastrement dans les schistes, et du danger de poussées horizontales dues au tassement de la voie ; les palplanches, à cause du risque d'infiltrations au contact avec le rocher et du prix de l'acier en Allemagne.

Le coût de l'ensemble des travaux de fondation est estimé à 100 000 RM.

La figure 20 donne un plan et une coupe schématiques des installations et des travaux prévus.

### Nouvelles possibilités d'application.

Les applications possibles de la congélation, dans les travaux publics, sont très nombreuses. La congélation est un procédé qui s'applique surtout à la création d'ouvrages provisoires. Elle présente l'avantage d'être, à peu près, indépendante des terrains traversés. Les terrains qui s'y prêtent le mieux sont précisément ceux qui ont une mauvaise réputation : les sables bouillants, les boues, les limons, les argiles molles, etc. La congélation, par son action sur l'eau interstitielle, augmente considérablement la résistance des mauvais sols et les rend absolument étanches. C'est le seul procédé dont on dispose qui ne demande guère d'autre qualité au terrain à traiter que d'être aquifère. Elle permet d'agir sur les terrains les plus divers, que ce soient des roches fissurées ou des terrains en mouvement. Seule, elle a permis de descendre des puits de mines à plus de 600 m de profondeur sous l'eau et permettra certainement de résoudre d'une façon simple, nombre de problèmes, lorsque les ingénieurs ne considéreront plus ce procédé comme *a priori* exorbitant et qu'ils auront pris l'habitude d'en envisager l'utilisation.

Si les applications en sont encore si rares, cela tient vraisemblablement à ce que, basés sur une technique déjà ancienne, les procédés courants nécessitaient des installations trop coûteuses et trop compliquées.

Voici quelques exemples :

*La congélation permet de résoudre un problème assez délicat : le prélèvement d'échantillons de sable à l'état intact. Le seul procédé utilisé à ce jour consiste à injecter une émulsion de bitume dans le sol, afin de lui donner de la cohésion, puis à dissoudre le bitume. Malheureusement, cette dissolution du bitume est très lente par simple diffusion dans le sulfure de carbone et, si on veut l'activer par une circulation forcée de ce dernier, il y a danger de remaniement partiel.*

La congélation fournit une solution simple. Il est clair qu'ayant congelé une certaine masse de sable, il est facile, ensuite, de « carotter » un échantillon au moyen d'une sondeuse rotative, en utilisant, par exemple, une saumure refroidie comme eau de lavage.

<sup>1</sup> Voir *Bulletin technique* du 8 octobre 1938, page 281.

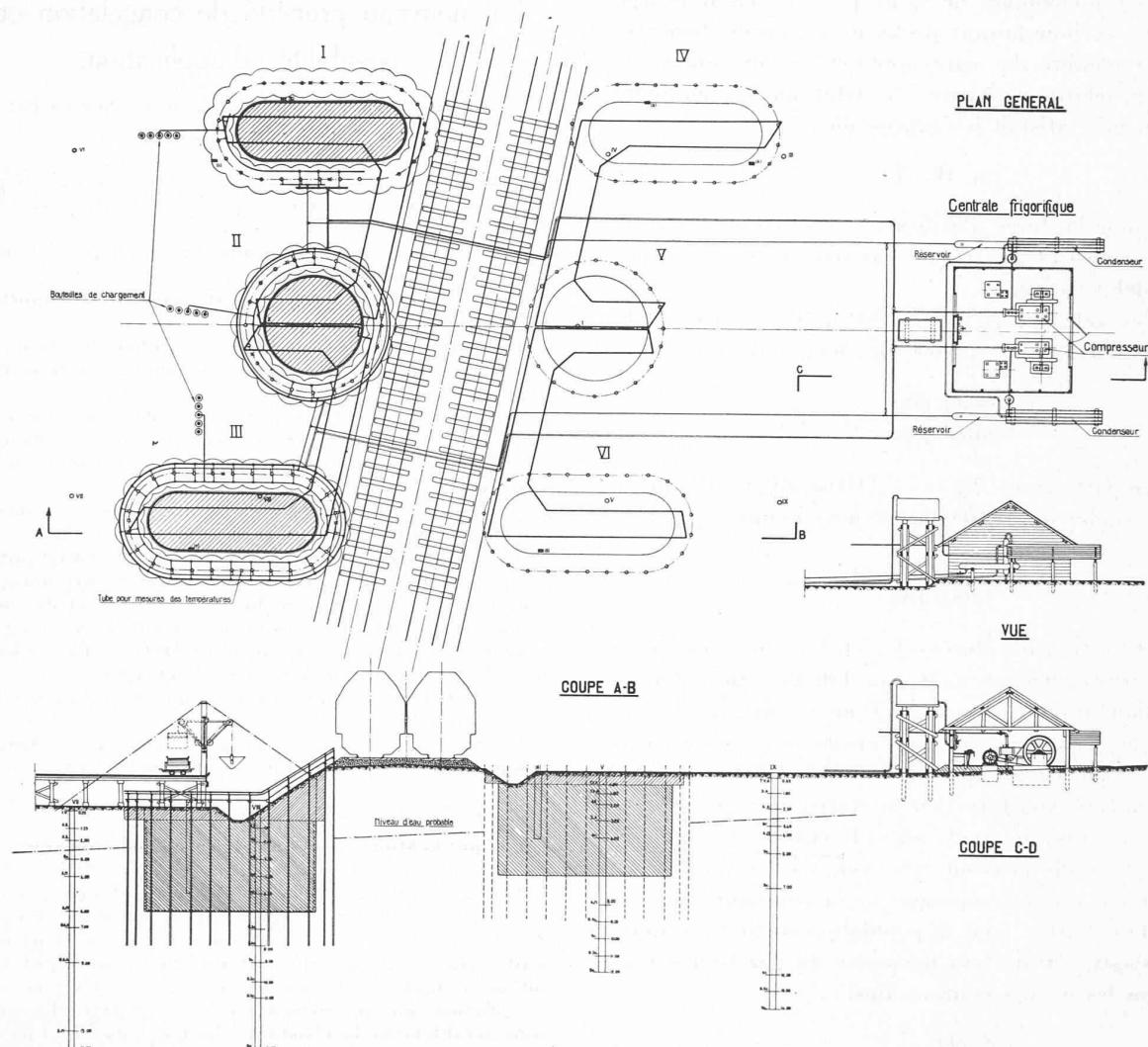


Fig. 20. — Fondation d'un pont par congélation. — Echelle 1 : 400.

**Reprises en sous-œuvre.** La congélation permet de créer des enceintes étanches et résistantes, aux formes les plus capricieuses, mais elle permet aussi de créer facilement des piliers à forte capacité portante. Il suffit, en effet, d'introduire dans le sol un tube de faible diamètre pour réaliser une colonne de 1 m de diamètre, par exemple, dont la résistance à la compression est comparable à celle d'un béton et cela sans troubler l'équilibre des terrains ni des ouvrages qu'ils supportent. L'inclinaison de ces piliers peut être pratiquement quelconque.

**Puits filtrants et galeries filtrantes.** Dans de nombreux cas, il s'agit de capter une nappe bien déterminée dans des sables très fins ou à granulométrie très variable et de l'isoler des nappes qui la surmontent. La congélation peut fournir une solution élégante de ce problème, surtout si l'on possède un fond étanche. L'enceinte congelée une fois réalisée et l'excavation exécutée, on possède une coupe très exacte du terrain. Il est possible alors d'établir un filtre à granulométrie variable, suivant les couches aquifères, ou composé de plusieurs couches concentriques. La paroi du puits peut être exécutée rapidement au moyen d'éléments à emboîtements moulés d'avance. La séparation des nappes peut s'effectuer d'une façon aussi soignée que possible et avec toute la précision désirable, après quoi il ne reste qu'à laisser dégeler l'enceinte de glace pour mettre le puits en exploitation. Ce procédé s'appliquerait, en

particulier, dans les sables très fins (type sable de Fontainebleau) dans lesquels il est difficile de creuser un puits par sondage sans emploi d'eau boueuse ou eau lourde qui tend à colmater les parois.

**Batardeau et voiles étanches.** La congélation se prête remarquablement à la réalisation de batardeaux. Il fut question de l'utiliser au barrage de Génissiat, au moment même où l'on réalisait, en Amérique, le petit barrage en arc destiné à arrêter un écoulement de boue dans les fouilles du barrage du Grand Coulee.

Pour créer des batardeaux proprement dits, il suffit d'élever au-dessus du fond de la rivière un massif de terre au travers duquel on établira un voile congelé. On assure, du même coup, l'étanchéité des alluvions, du contact avec le rocher et du joint entre le corps du batardeau et le terrain naturel. Un tel type d'ouvrage sera particulièrement indiqué dans un lit profond présentant des surplombs. Une paroi gelée étant très souple, elle s'appuie comme une membrane sur le massif de terrain situé à l'aval.

**Joints.** Grâce à la propriété qu'a la glace d'adhérer fortement au béton, aux maçonneries, aux métaux, la congélation fournit une solution intéressante pour la réalisation de joints sous l'eau entre éléments d'un même ouvrage, par exemple entre plusieurs caissons à air comprimé.

C'est un procédé qui aurait pu être appliqué pour appro-

fondir localement une paroi de palplanches à Lugano où, à cette époque, le problème fut résolu facilement au moyen d'injections de *gel Rodio*, mais où il n'aurait pas été nécessaire de créer des ouvrages définitifs.

**Puits.** Enfin, la congélation est naturellement tout indiquée pour construire des puits dans des terrains difficiles surtout dans les conditions suivantes :

Danger d'affaissements de constructions voisines importantes avec fondation superficielle, profondeur dépassant la limite pratique des caissons à l'air comprimé (au delà de 25 m) ou encore, lorsqu'il s'agit de traverser des couches très molles dans lesquelles un caisson risquerait de s'enfoncer brusquement. A ce sujet et comme indication, une étude récente a montré que l'on pouvait établir deux puits de 5 m de diamètre et 25 m de profondeur, destinés à raccorder une galerie sous-fluviale pour la somme d'environ 1 200 000 francs français, c'est-à-dire environ 150 000 francs suisses. Cela représente une dépense, par mètre courant de puits, d'environ 3000 francs.

### Conclusion.

Ces quelques exemples montrent que la congélation permet, seule, de résoudre certains problèmes de fondation et que, dans de nombreux autres cas, les avantages qu'elle présente pourraient justifier une dépense légèrement supérieure à celle d'une solution classique.

Il est souhaitable que l'on fasse des études nouvelles dans ce domaine où il y a encore beaucoup à faire non pas tant dans le domaine purement mécanique et frigorifique, mais sur le comportement des terrains et des matériaux de construction soumis à de basses températures. Les travaux effectués par congélation avec les procédés à saumure ont à leur actif de magnifiques réussites. Etant donné que les entrepreneurs possèdent maintenant un outil un peu plus maniable et d'un rendement meilleur, il est souhaitable que les applications se multiplient, parce que c'est un moyen commode de résoudre beaucoup de cas difficiles en particulier dans les villes.

### Bibliographie.

1. GUNNAR BESKOW *L'emploi de la géologie pour la construction des routes*. — Congrès des Mines, Métallurgie et Géologie appliquées, Paris 1935 (contient une importante bibliographie).
2. STEPHEN TABER *Frost heaving*. — *Journal of Geology*, n° 5 1929.  
*The mechanics of frost heaving*; ibidem n° 4 1930.
3. P. URBAIN *Introduction à l'étude des roches argileuses*, 1937.
4. P. URBAIN *Les sciences géologiques et la notion d'état colloïdal*, 1933.
5. M. DIDIER. *Structure interne des boues de forage*. — II<sup>me</sup> Congrès mondial du pétrole, tome I, 1937.
6. A. BILJS & F. CAMPUS. *Les effets des basses températures sur la prise et le durcissement des bétons*. — « Annales des Travaux Publics de Belgique », n° 1, 2, 3 1937.
7. M. BIQUET *Le forage des puits de mine en terrains aquifères*, 1934.
8. Prof. HEISE *Neue Versuche über das Verhalten von Tonschichten in Gefrierschichten*.
9. L.-E. GRUNER *Cours d'exploitation des mines*, tome II, 1930.
10. E.-L. QUINN & C.-L. JONES. *Carbon dioxide*, 1936.
11. A. STUCKY & BONNARD. *Géivité des sols*. « Bulletin technique de la Suisse romande », 1938.
12. HOGENTGLER *Engineering properties of soils*, 1937.
13. DENOËL *Les Cuvclages*, 1935.

## Locomotive diesel-électrique de 4400 ch pour les chemins de fer roumains.

*La note suivante est extraite d'une notice très détaillée, richement illustrée, rédigée par la S. A. Sulzer Frères, à Winterthur.*  
Réd.

### Généralités.

En automne 1936, la maison *Sulzer Frères*, Société anonyme, à Winterthur, reçut la commande d'une locomotive diesel-électrique destinée au service des trains rapides sur la ligne Bucarest-Brasov. Cette ligne parcourt, sur le tronçon Campina-Brasov, une région très accidentée. Les trains rapides internationaux, ainsi que la plupart des trains de marchandises doivent, en général, être remorqués par 3 ou même 4 locomotives à vapeur. La grande consommation de combustible, ainsi que le nombreux personnel et l'entretien des locomotives influencent très défavorablement les frais d'exploitation. Cette ligne, qui représente la liaison la plus importante entre la Transylvanie et l'Europe occidentale d'une part, et l'Ancienne Roumanie d'autre part, est en outre soumise à un trafic d'une telle importance qu'il est impossible, avec les moyens disponibles actuellement, de le rendre encore plus intense.

C'est pourquoi d'importantes études ont été faites en vue d'augmenter la capacité de circulation des trains tout en diminuant les frais d'exploitation. Les possibilités suivantes ont été envisagées : Doublage de la voie, utilisation d'autres routes, remplacement des locomotives à vapeur existantes par des unités plus puissantes, électrification, traction diesel.

Toutes ces études et les calculs s'y rapportant ont apporté des solutions techniques intéressantes ; toutefois, la solution avec locomotives diesel s'est nettement révélée comme étant économiquement la plus favorable. Il fut donc décidé d'expérimenter sur la ligne Bucarest-Brasov la traction diesel pour la possibilité d'emploi la plus intéressante, à savoir pour le service des trains rapides, et de faire, pour le moment, l'acquisition d'une locomotive diesel d'essai.

### Programme.

Le cahier des charges des C. F. R. prescrit que la locomotive doit remorquer sur la ligne Bucarest-Brasov un train composé de voitures de train direct à quatre essieux d'un poids de remorquage de 600 t. La figure 1 montre le profil en long de ce parcours. La pente moyenne du tronçon Campina-Brasov, long de 49 km, sur le versant sud, est de 13 ‰ ; celle du tronçon Brasov-Prédéal, long de 26 km, sur le versant nord, est de 17,5 ‰. Les courbes sont très nombreuses sur tout le parcours en rampe (les 45 % du trajet Campina-Brasov comportent des courbes). Le parcours Timisul de Sus—Prédéal d'une longueur de 10 km, avec une pente presque constante de 25 ‰, se trouve dans des courbes, dont la plupart ont un rayon de 275 m. Ces courbes ne sont pas compensées ; dans le calcul des efforts de traction, on doit donc ajouter leur résistance aux autres résistances à l'avancement.

Comme charge maximum admissible par essieu, l'Administration des chemins de fer a prescrit 20 t pour cette locomotive.

### Caractéristiques de la locomotive.

La maison *Sulzer Frères* s'est occupée de l'étude de la locomotive et de ses détails, et de la surveillance de son exécution.