Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 72 (1946)
Heft: 13

Artikel: Idées nouvelles sur la fondation et la constitution des chaussées
Autor: Perret, L.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-54629

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: 15.07.2025

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

L'eau aspirée par la lentille est sous tension[1]. Lorsque la résistance à la traction dépasse une certaine valeur, il y a rupture de la phase liquide, formation d'une phase gazeuse et donc de ménisques, et par suite arrêt dans la circulation de l'eau. La traction diminue instantanément puisqu'il n'y a plus de pertes de charges. Les essais effectués avec d'autres liquides que l'eau paraissent confirmer cette hypothèse.

Beskow arrive lui aussi à un résultat analogue. Toutefois pour lui ce n'est plus la résistance à traction du liquide qui intervient, mais la hauteur maximum d'ascension capillaire. Comme la notion d'ascension capillaire maximum est difficile à préciser, qu'il y a une hauteur d'ascension capillaire active, une autre passive, et donc indétermination, que d'autre part l'expérience ne peut facilement décider dans ce cas, il est fort possible qu'au fond l'explication soit identique.

Mais ce qui est moins satisfaisant, c'est l'explication de la naissance d'une lentille. On invoque la formation de germes de cristallisation, de discontinuités préexistantes dans le terrain, etc. Mais toutes ces explications n'indiquent la formation que *d'une* seule lentille et mal leur succession.

A notre avis, et nous basant pour cela sur nos observations personnelles, nous pensons que la formation d'une lentille est due à une modification de l'état thermique seul, pourvu que toutes les autres conditions soient également favorables.

Toutes les lentilles dont nous avons pu provoquer la formation et la croissance sont liées à une hausse de la température ou ce qui revient au même, à une modification essentielle du gradient thermique à la limite de la zone gelée.

La glace elle-même devient stratifiée si la température est soumise à des fluctuations (fig. 24).

Il serait de la plus grande importance de réunir des données plus précises sur le détail des manipulations subies par les échantillons cités dans la littérature et qui montrent de forts belles lentilles, afin de savoir s'il n'y a pas eu possibilité d'échauffement pendant les observations.

* * *

Conclusions.

Le type d'essai décrit précédemment avec tube congélateur central, nous semble susceptible de rendre d'utiles services pour l'étude de la gélivité des sols.

Nous avons pu par ce moyen et pour la première fois à notre connaissance, *provoquer la formation de lentilles de glace.*

La formation de lentilles successives semble dépendre de variations thermiques, qui entraînent le dégel à la limite de la zone gelée. Le dégel paraît faciliter la formation d'une discontinuité. Ce phénomène est probablement lié aux propriétés de la glace fondante.

L'alimentation en eau de la lentille de glace ne paraît pas devoir être attribuée à la présence des pellicules d'eau adsorbées autour des grains.

Quelques essais paraissent indiquer que des vibrations favorisent la formation de discontinuité et des essais systématiques sur ce point sont souhaitables étant donné sont importance pour les chaussées modernes.

Les résultats d'essais de ce genre contribuent aussi à une meilleure connaissance du comportement des sols en cas de congélation artificielle des terrains, en particulier pour le creusement de puits de mine.

Nous ne nous cachons pas le caractère fragmentaire et qualitatif de ces essais, mais nous avons pensé, en les rendant accessibles à chaque Laboratoire, qu'ils constitueraient une base utile pour des recherches ultérieures plus systématiques.

[1] Par rapport à la pression atmosphérique.

* * *

L'auteur du présent article remercie très vivement le directeur de l'Ecole polytechnique, M. *A. Stucky*, de lui avoir donné l'occasion et les moyens d'entreprendre des essais très intéressants, et d'avoir autoriser la publication de ces premiers résultats.

Il est particulièrement redevable à M. *D. Bonnard*, ingénieur, chargé de cours à l'Ecole polytechnique, directeur-adjoint des Laboratoires de géotechnique et d'hydraulique, de son aimable et persévérant appui, ainsi que des facilités de tous ordres qu'il lui a accordées dans son travail. Il remercie aussi M. *J. Bonjour*, ingénieur, ainsi que tous leurs collaborateurs.

Lausanne, mai-août 1945.

Idées nouvelles sur la fondation et la constitution des chaussées

par L. PERRET, ingénieur en chef, Lausanne[1].

Il est remarquable de constater que depuis près de cent trente ans, soit depuis l'époque où l'ingénieur anglais Mac Adam préconisa l'emploi de la pierre cassée pour la construction des chaussées, les méthodes utilisées pour la fondation et la constitution de celles-ci n'ont guère varié et pourtant les contraintes auxquelles elles sont soumises actuellement dépassent de beaucoup celles qui étaient provoquées par le trafic hippomobile d'autrefois. Mais si l'introduction de la traction mécanique a eu pour effet d'obliger les techniciens à rechercher des méthodes de protection de la surface supérieure des chaussées afin de les soustraire à l'usure rapide provoquée par ce nouveau mode de locomotion, on n'avait pas été amené jusqu'ici à apporter de changement à la constitution de leur corps proprement dit.

On sait que, d'une façon générale, la chaussée est constituée :

1° Par un empierrement, dit hérisson, formé de pierres de 15 à 20 cm d'épaisseur, posées à la main sur leur plus grande base afin de réaliser la meilleure assise possible. Selon la nature du sous-sol on interpose entre ce dernier et le hérisson une couche de sable ou de ballast tout-venant, qui a pour but d'assurer une meilleure répartition des charges et d'empêcher dans la mesure du possible le terrain de fondation de remonter entre les vides de l'empierrement.

2° Par une couche de gravier cassé de 12 à 15 cm d'épaisseur soigneusement cylindrée et que l'on désigne sous le nom de couche de support, du fait qu'elle sert de soutien au revêtement proprement dit de la chaussée.

Déformation des chaussées.

Abstraction faite des déformations dues à l'insuffisance du sol de fondation ainsi qu'au gel, l'action des charges roulantes sur une chaussée tend à la comprimer et par conséquent à réduire les vides qu'elle peut renfermer. Or, il est certain qu'une chaussée constituée comme nous l'avons

[1] Ce texte a paru au n° du 10 mai de la revue *La route et la circulation routière*. (Réd.).

indiqué ci-dessus et si bien cylindrée soit-elle, renferme encore des vides qui peuvent être de l'ordre de 20 % environ. Sous l'effet de la circulation, ces vides vont tendre à se combler et il se produira des phénomènes de consolidation qui vont se poursuivre longtemps après l'exécution des travaux. Ces phénomènes se produiront soit au contact hérisson-plate-forme, soit au contact hérisson-couche de support, soit dans la masse même de la chaussée. Ils ont pour effet de déformer à la longue les surfaces les mieux réglées et de donner des chaussées ondulées.

Ces défectuosités, si elles sont relativement peu sensibles pour des véhicules circulant à allure modérée, deviennent extrêmement désagréables lorsqu'on circule aux allures rapides de 80 et 100 km à l'heure qui sont en usage actuellement.

Au cours de notre pratique dans la construction des routes, nous avons été frappés à plusieurs reprises par ces déformations qui n'acquièrent souvent leur plein développement que quelques années après l'achèvement de la route ou de la nouvelle chaussée s'il s'agit simplement de la correction d'une route existante.

Nous avons cherché à les diminuer et nous y sommes parvenus dans une certaine mesure en réduisant au minimum l'épaisseur de la couche de gravier surmontant le hérisson et en soumettant pendant quelques mois la chaussée à la circulation des véhicules avant d'établir le revêtement définitif.

Une idée largement répandue chez les profanes, comme chez les techniciens de la route, veut qu'une chaussée ne présente pas de garantie de résistance suffisante si elle n'est pas fondée sur un empierrement en hérisson. Sans aucun doute le hérisson contribue pour sa part à la résistance d'une chaussée, mais en analysant d'un peu plus près les contraintes auxquelles il est soumis dans les chaussées modernes, on doit reconnaître qu'il n'est pas sans présenter de graves défauts pour la conservation de la régularité de l'aire de roulement.

Sous le titre « Les applications routières des sols cohérents », M. l'ingénieur des Ponts et Chaussées Jean-Louis Bonnenfant, dans une remarquable étude publiée par les *Annales des ponts et chaussées* (1944 et 1945), préconise une méthode nouvelle de construction des routes, que l'on peut qualifier de révolutionnaire car elle est en opposition complète avec celle qui est en usage aujourd'hui. C'est ainsi que l'auteur préconise la suppression complète du hérisson ainsi qu'une nouvelle technique de cylindrage des chaussées.

C'est dans l'espoir que les ingénieurs chargés de la construction des routes dans notre pays voudront bien s'y intéresser et procéder à des essais ainsi que nous l'avons fait nous-même avec succès, que nous résumerons succinctement les idées de M. l'ingénieur Bonnenfant sur la question.

Suppression du hérisson.

Un hérisson bien exécuté et dont les joints ont été soigneusement garnis par des éclats, arrive à une proportion de vides relativement faible, mais le fait important c'est que les vides y sont répartis très irrégulièrement. Le bourrage de la tête des moellons qui est orienté vers le bas est impossible à réaliser d'une manière satisfaisante et la proportion de vides est beaucoup plus grande au contact du sol sous-jacent qu'au contact de la couche de roulement. D'autre part, ces vides sont concentrés aux joints entre les moellons, lesquels ont une largeur supérieure à la largeur d'appui des jantes des véhicules. Il en résulte que les charges développées par le passage des cylindres et des véhicules se répartissent sur un nombre limité de moellons et à la face inférieure de ces derniers sur une aire relativement faible du sol de fondation.

C'est ce qui constitue le point délicat des fondations de cette espèce. Les charges s'y diffusent très irrégulièrement et les pressions à la base des moellons atteignent soit au moment du cylindrage, soit ultérieurement, des valeurs concentrées très élevées qui dépassent largement la résistance au poinçonnement du sous-sol. La surface d'appui se déforme par un double phénomène : les têtes des moellons pénètrent dans le terrain et le terrain reflue entre celles-ci dans un endroit où précisément les vides sont anormalement élevés. On constate ainsi, en dehors de la consolidation primitive du hérisson, qui tend à diminuer la proportion de ses propres vides, une consolidation secondaire de l'ensemble hérisson-sol où les éléments meubles du terrain ont tendance à combler les vides du hérisson. Cette dernière consolidation s'effectue très irrégulièrement.

Cette interpénétration conjuguée des moellons et de la plate-forme se constate très facilement lorsqu'on démolit d'anciennes chaussées pourvues d'un hérisson.

Pour supprimer la consolidation secondaire, l'auteur préconise comme moyen le plus efficace de constituer la base de la chaussée par un aggrégat comportant des vides de très petites dimensions, de sorte que les mouvements de reflux ascendant du terrain inférieur soient réduits au minimum. Il arrive ainsi logiquement à une conception exactement opposée à la conception classique. Au lieu de mettre les moellons au-dessous et les pierres cassées au-dessus, on doit placer les matériaux présentant les vides les plus fins au-dessous de la pierre cassée.

Il est évident, d'autre part, que les phénomènes d'interpénétration entre le terrain et le macadam seront d'autant plus réduits que le sol sous-jacent présentera une résistance au poinçonnement indépendante de son degré d'humidité : on évite ainsi les déformations plastiques qui entraînent la consolidation secondaire.

Il y a donc intérêt de choisir pour la partie supérieure de la plate-forme un sol qui présente des qualités routières élémentaires, soit : faible compressibilité, basse limite d'absorption d'eau, résistance suffisante à la compression sans contrainte latérale, résistance au gel.

Ce sont là des caractéristiques que les analyses géotechniques permettent de déterminer d'une façon précise dans chaque cas et l'ingénieur chargé de la construction ou de la réfection d'une route ne devra pas manquer, s'il veut s'éviter des mécomptes par la suite, de recourir aux services d'un laboratoire de géotechnique.

Si le terrain rencontré ne présente pas les qualités routières mentionnées ci-dessus, il ne faudra pas hésiter à l'enlever pour le remplacer par une couche de bons matériaux, soit essentiellement par des ballasts tout-venant formés de sable et gravier très peu argileux.

Il nous reste maintenant à définir la composition de la couche de matériaux fins destinée à remplacer le hérisson. On a montré précédemment que si l'on veut réduire au minimum les consolidations secondaires qui se produisent au contact de la plate-forme et de la première couche de l'empierrement, il faut que cette dernière soit exécutée avec des matériaux qui présentent après cylindrage des vides très petits. On emploiera donc en première couche des matériaux gradués entre deux anneaux assez écartés, par exemple des déchets de carrière ou des tout-venant de concassage gradués entre 10 et 60 mm.

Le choix des matériaux à employer pour la constitution

de la couche de fondation dépend essentiellement des conditions locales et l'on peut dire que n'importe quels matériaux peuvent convenir, à condition qu'ils ne soient pas boueux à l'arrosage et qu'ils ne soient pas gélifs.

Constitution de la couche de support.

Une pratique peu recommandable, mais qui est encore trop souvent en usage actuellement, consiste à répandre une couche assez forte de pierres cassées (15 cm d'épaisseur par exemple) pour obtenir après cylindrage l'épaisseur désirée (12 cm par exemple) et à cylindrer d'un seul coup la totalité des matériaux répandus.

Si la surface sous-jacente est déformée, on se contente aussi souvent de rattraper les inégalités de la surface en faisant varier l'épaisseur des matériaux répandus. Or ce mode de faire est illogique, car la couche à cylindrer n'ayant pas une épaisseur uniforme, la compression due au cylindre n'est pas la même partout et les imperfections de la surface inférieure se reproduiront sur l'aire de roulement.

D'autre part, l'expérience prouve que les empierrements cylindrés par couches successives de l'épaisseur d'un seul caillou, donnent des résultats bien meilleurs que les empierrements exécutés en cylindrant ensemble deux épaisseurs de cailloux. On constate en effet que pour les couches comprenant deux épaisseurs de cailloux, les cailloux inférieurs sont très difficiles à cylindrer et facilitent les déplacements tangentiels des cailloux supérieurs. A cylindrage égal, les couches de deux cailloux ont une proportion de vides de 10 à 15 % plus forte que les couches d'un seul caillou.

De plus, avec des couches plus épaisses, on ne peut, quelque soin qu'on prenne, éviter l'accumulation des matériaux en vagues perpendiculaires à l'axe de circulation des cylindres.

Il en résulte que les chaussées épaisses s'ondulent à la longue, lorsque se produit la consolidation de l'empierrement, alors que les chaussées minces subissent des consolidations égales et ne s'ondulent pas.

Nous avons résumé succinctement ici les pages essentielles que M. l'ingénieur Bonnenfant a consacrées plus spécialement aux chaussées macadamisées et nous engageons vivement les ingénieurs que la question intéresse à se reporter pour plus de détails à la publication mentionnée plus haut.

Conclusions.

1° L'accroissement de la vitesse des véhicules que le perfectionnement de la technique automobile a permis de réaliser au cours de ces dernières années, impose au constructeur des routes la nécessité d'établir des surfaces de roulement aussi unies que possible et qui soient de toute façon exemptes des ondulations que l'on y constate trop souvent.

2° Pour y parvenir, il y a lieu de modifier complètement la technique de fondation et de constitution des chaussées en usage jusqu'ici.

3° L'empierrement dit « hérisson » constitué par des moellons de grosses dimensions doit être supprimé et remplacé par une ou deux couches de déchets de carrière ou de tout-venant de concassage dont la granulation variera entre 10 et 60 mm et qui sera cylindrée par couches de 10 cm d'épaisseur au maximum. On veillera tout spécialement à ce que le sol sous-jacent présente les qualités routières essentielles mentionnées ci-dessus.

4° On arrive à supprimer presque complètement les ondulations qui se produisent sur les chaussées en macadam, en cylindrant les matériaux par couches homogènes successives ayant l'épaisseur d'un caillou, à condition que la forme sur laquelle on cylindre ait été préalablement réglée au gabarit de la chaussée finie et ait été rendue incompressible.

5° Loin d'engendrer des dépenses supplémentaires, les méthodes préconisées ci-dessus permettent au contraire de réaliser d'importantes économies dans la construction des chaussées et tout spécialement dans les régions pauvres en roche et où l'on trouve par contre souvent en abondance des matériaux constitués par des dépôts fluviatiles ou alluvionnaires.

SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

Groupe professionnel des architectes pour les relations internationales.

Communiqué.

Le Groupe des architectes pour les relations internationales, section suisse des « Réunions internationales d'Architectes », a tenu son assemblée générale à Lausanne, le 18 mai 1946, en présence de M. P. Vischer, président du « Comité permanent international des Architectes » (C. P. I. A.), de M. S. Giedion, secrétaire général des « Congrès internationaux d'Architecture moderne » (C. I. A. M.), de M. P. Vago, secrétaire général des « Réunions internationales d'Architectes » (R. I. A.) de M. Ed. Fatio, président central de la Fédération des architectes suisses (F. A. S.) et de diverses autres personnalités.

Après avoir constaté avec satisfaction que l'effectif des membres du Groupe a doublé depuis six mois à la suite de l'action entreprise dans ce sens, l'assemblée, saisie de propositions du comité tendant à établir des liens plus étroits avec les autres milieux d'architectes suisses entretenant des relations avec l'étranger, après avoir écouté d'intéressants rapports sur l'état général des relations internationales à l'heure actuelle et entendu les divers avis, parfaitement concordants, exprimés à ce sujet, a constaté la nécessité de faire de la Section suisse des R. I. A. un organe susceptible de représenter l'ensemble des architectes suisses. Elle a chargé le comité de prendre les contacts nécessaires avec le Comité central de la S. I. A., avec celui de la F. A. S., avec les membres suisses du C. P. I. A. et avec le groupe suisse des C. I. M. A. en vue de présenter prochainement des propositions dans le sens indiqué.

Après un déjeuner servi à Ouchy, auquel assistaient notamment M. A. Prothin, directeur général de l'Urbanisme du Ministère français de la reconstruction et son adjoint, M. Duval, ainsi que M. Jean Peitrequin, conseiller municipal à Lausanne, les membres du Groupe et leurs invités entendirent, de la bouche de M. Vago, un exposé clair, précis et parfaitement objectif de la situation actuelle de l'architecte et de l'urbaniste français en face des problèmes que posent ses nouvelles tâches. Les questions qui lui furent posées permirent ensuite à M. Vago de faire apprécier la sûreté de son information.

Abordant enfin le problème de la création d'un centre de documentation, introduit par M. P. Jacquet, secrétaire de la Haute ecole d'architecture de Genève, l'assemblée put se convaincre de l'importance de cette tâche. Elle décida de continuer les études entreprises et en donna mandat à une commission.

Lausanne, le 30 mai 1946.