

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 126 (2000)
Heft: 07

Artikel: Géogrilles pour le renforcement des voies de communication
Autor: Fonyo, Balazs / Känel, Hans-Rudolf von
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-81492>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.03.2025

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

Géogrilles pour le renforcement des voies de communication

(GÉNIE CIVIL)

Pour la construction routière et ferroviaire sur des terrains dont la portance laisse à désirer, la mise en œuvre de géogrilles constitue une solution de renforcement efficace. L'armature élastique de la superstructure au moyen de géogrilles à nœuds rigides réduit en effet les déformations plastiques résultant des actions dynamiques et statiques. Dans des terrains de portance médiocre à faible, il est ainsi possible d'intervenir d'une manière techniquement satisfaisante, en réduisant les quantités de matériaux de substitution nécessaires, tout en augmentant considérablement la durée de vie de l'ouvrage. Dans le cas de superstructures routières souples, la combinaison avec une grille de revêtement autoadhérente en fibres de verre amène un effet optimal.

Besoins actuels et futurs

Bien que notre pays soit parfaitement équipé en matière d'infrastructures, celles-ci n'en requièrent pas moins des efforts de maintenance qui solliciteront d'importantes réserves financières au cours des prochaines années. Dans le même temps, il faut bien voir que les ressources de première qualité iront en s'amenuisant: dans la mesure où nos surfaces bâties continuent à s'étendre, il sera en effet de plus en plus difficile d'éviter sciemment les zones défavorables pour le tracé de nouveaux axes routiers ou ferroviaires et le défi consistant à réaliser de manière économique des voies de communication sur des terrains de portance médiocre à

moyenne (classes S_0 , S_1 et S_2) - que ce soit dans des plaines sédimentaires ou dans des vallées de montagne -, se posera donc de plus en plus fréquemment.

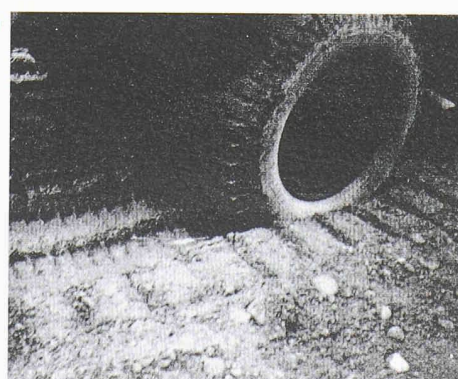
De plus, et notamment afin d'en abaisser les coûts d'entretien et de réfection, on s'efforce aujourd'hui de prolonger la durée de vie de nos routes et voies ferrées, alors même que la croissance du trafic se poursuit à un rythme soutenu et que la mobilité demeure un facteur d'avenir déterminant.

Objectifs

- Sur des terrains dont certaines couches épaisses ou proches de la surface présentent une portance médiocre à faible, la facilité de mise en œuvre et de compactage s'avère primordiale pour une réalisation sans grande substitution de matériaux (fig. 1a).
- En raison de son influence directe sur les coûts d'investissement, une gestion économique des matériaux de première catégorie, tels que graviers, bitumes et ciment, devrait être prise en compte dans la réalisation des infra- et superstructures.
- Grâce à une bonne portance de l'infrastructure, on peut éviter, respectivement retarder l'apparition d'ornières ou de fissures; or la stabilisation au moyen de géogrilles devrait permettre de classer le terrain et l'infrastructure dans une classe de portance supérieure (fig. 1b).
- Afin de poursuivre la réduction des frais d'entretien et de réfection, le prolongement de la durée de vie d'ouvrages de communication doit être considéré comme un impératif prioritaire pour la réalité des coûts à long terme (fig. 2).



1a



1b

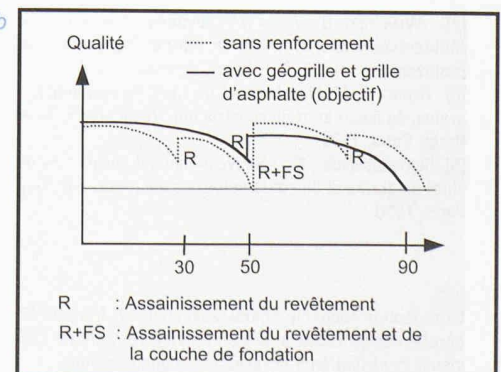


Fig. 1a: Remblai en terrain médiocre

Fig. 1b : Remblai avec stabilisation par géogridde

Fig. 2: Scénarii de durée de service exprimée en années

Fig. 3: Transfert des charges en présence de géogrilles impliquant un angle de répartition plus plat et une réduction des sollicitations ponctuelles

Fig. 4: Effet de la membrane tendue dans les systèmes rigide-rigide et rigide-souple

Fig. 5: Ornières en présence d'une géogridde (8) et sans géogridde dans la section de référence à l'arrière

- Dans la mesure où le trafic voyageurs représente la majeure partie du trafic total, sur la route comme par le rail, il importe que les déformations superficielles soient maintenues le plus longtemps possible dans un cadre compatible avec les besoins de confort.

Transfert des charges / Principe de fonctionnement

Les routes et les voies ferrées sont soumises à des actions statiques et dynamiques. Dues à des charges ponctuelles concentrées, dont les effets sont difficiles à cerner, les actions dynamiques sont essentiellement responsables des déformations différentielles qui se manifestent dans les terrains facilement compressibles.

Une sollicitation cyclique de l'infrastructure se caractérise par des pointes de charges appliquées pendant des fractions de seconde, qui se transmettent au milieu sous forme d'ondes à fort potentiel énergétique.

Quant à la répartition des contraintes dans le terrain, les charges dynamiques se distinguent des charges statiques par le fait que l'angle de dissipation des ondes de compression, de cisaillement et des ondes Rayleigh est plus plat que l'angle de répartition statique, par exemple selon Boussinesq, dans un milieu élastique. C'est pourquoi la composante horizontale d'une sollicitation cyclique verticale est plus importante que celle d'une charge statique.

La composante horizontale sous une charge concentrée, telle une charge de roue, est reprise par les géogrilles, qui se situent à faible profondeur (0,4 à 0,6 m) sous cette charge. Placées sous une route, respectivement une voie ferrée, les couches de géogrilles sont essentiellement soumises à des contraintes de traction cycliques sous forme de pulsations (fig. 3), les charges permanentes pouvant être négligées. Dans ce contexte, l'interaction sol-géogridde - qui dépend essentiellement, en raison de la sollicitation dynamique, des deux rigidités et de la résistance des nœuds de la géogridde -

joue un rôle prépondérant. Une condition primordiale d'une interaction sol-géogridde satisfaisante est réalisée lorsque les modules d'élasticité de la géogridde et de la superstructure présentent des valeurs voisines.

Si l'on considère les déformations très faibles, le comportement des géogrilles est encore plus manifeste. Pour en démontrer l'effet porteur lors de tassements minimes, on peut recourir au modèle d'une membrane tendue dans un environnement à deux phases.

Dans un système rigide-rigide, sollicité depuis le haut par une charge répartie, les géogrilles ne supportent aucune charge. En revanche, dans un système à caractère rigide-souple, elles se déforment selon le principe de la statique des câbles, en reprenant une partie de la charge verticale répartie et en la transmettant vers les côtés (fig. 4).

Dans le cas d'une stabilisation élastique de la superstructure, on peut partir du principe que, grâce à un angle de transmission des charges plus favorable, le terrain situé sous la route sera moins sollicité s'il est équipé de géogrilles que s'il en est dépourvu. Ainsi stabilisé, le terrain reçoit des sollicitations moins importantes et présente donc des déformations plus faibles.

Recherche

En collaboration avec un fabricant de géogrilles, l'Université technique de Milan, a analysé un grand échantillonnage de géoproduits, qui ont été posés sous la couche de fondation, sur un banc d'essai à l'échelle 1:1. Le sous-sol présentait des valeurs CBR¹ variant de 1% à 8%, correspondant aux classes de portance S₀, S₁ et S₂, selon la norme VSS SN 640 317b: «Dimensionnement; terrain et infrastructure».

Le tronçon d'essai a été testé au moyen d'un poids lourd normé représentant une charge équivalente à dix essieux EAL² de 80 kN selon l'AASHTO³ (fig. 5 et 6).

¹ California Bearing Ratio ² Equivalent Axial Load

³ American Association of State Highway and Transportation Officials

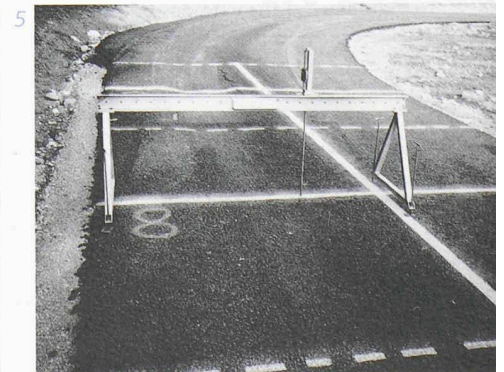
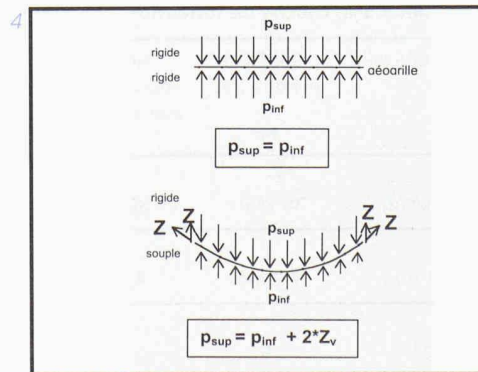
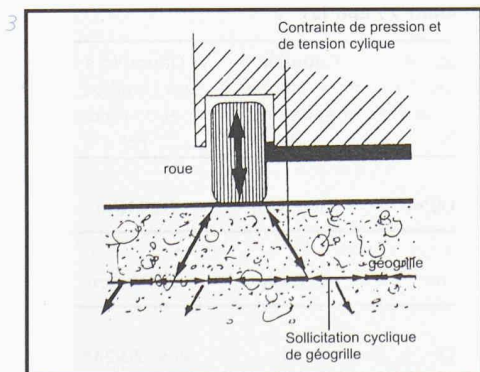


Fig. 6: Schéma typique de formation des ornières

Fig. 8: Section de référence sans géogrille (de 0 à 1000 cycles)

Fig. 9: Section de contrôle stabilisée par géogrille à 20 kN/m (de 0 à 1000 cycles)

Les résultats ont montré que chacun des produits entraîne une réduction des tassements, qui a été exprimée par un taux d'efficacité (tableau 7). Les meilleurs résultats ont été obtenus avec des géogrilles multicouches, à nœuds rigides en polypropylène, d'une résistance à la traction de 30 kN/m ou plus (fig. 8 et 9).

Pour ce type de produits, il n'est pas rare que les taux d'efficacité s'élèvent au-dessus de 10, dans des sols de la classe de portance S¹ (CBR = 3%) avec couche de fondation de 40 cm d'épaisseur. Cela signifie (règle de la puissance 4) qu'une structure munie de géogrilles supportera jusqu'à deux fois plus de trafic, avant de présenter les déformations qui seraient apparues en l'absence d'un tel dispositif.

Dimensionnement

Des essais en laboratoire ont été menés afin d'intégrer l'effet des géogrilles dans le dimensionnement des superstructures. Des géogrilles composées de deux couches à nœuds rigides et présentant une résistance à la traction de 20 kN/m dans le sens transversal ont été choisies comme armature. Le terrain a été modélisé au moyen d'un sable fin normé, tandis que la portance souhaitée, échelonnée entre des valeurs CBR allant de 1 à 18 %, a été contrôlée par le biais de la teneur en eau. Les superstructures avec et sans géogrilles, qui étaient constituées de 40 cm de gravier et de 8 cm de revêtement, ont été sollicitées verticalement de manière cyclique au moyen d'un tampon de charge.

L'effet de détérioration étant moins important en présence de géogrilles, la formule de la valeur de structure définie par l'AASHTO a été modifiée comme suit [1]:

$$SN = a_1 \cdot D_1 + \alpha_g \cdot a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3$$

SN: (Structural Number) valeur de structure

a_i: Coefficient de matériau (= 1,0 pour la grave ronde, par exemple)

D_i: épaisseur de la couche (en cm)

α_g: coefficient de la géogrille

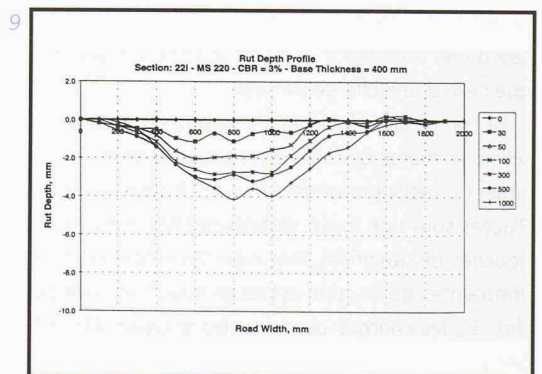
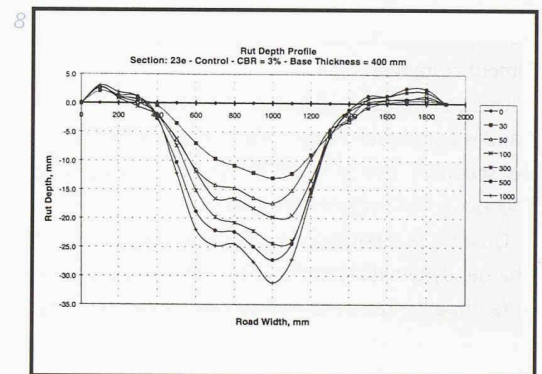
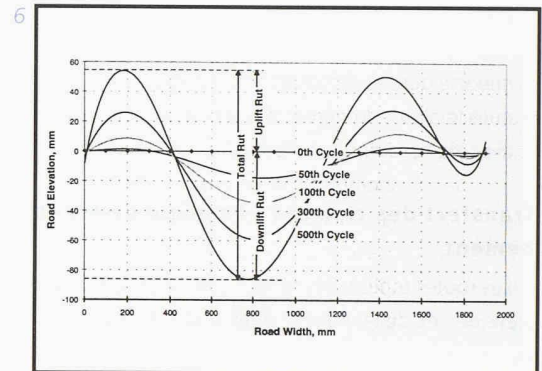


Tableau 7: Efficacité des géoproduits. Terrain CBR = 3%, couche de fondation 400 mm, revêtement 75 mm [2]

	Section de référence	Géonotissé	Géotissé bandelettes PP	Géogrille monocouche à nœuds souples PES	Géogrille monocouche à nœuds rigides PP	Géogrille à trois couches à nœuds rigides PP	Géogrille à cinq couches à nœuds rigides PP
Résistance à la traction transversale	-	30 kN/m	30 kN/m	30 kN/m	30 kN/m	30 kN/m	30 kN/m
Tassement après 2000 cycles	38,2 mm	18* mm	7,2 mm	4,0 mm	3,3 mm	2,7 mm	<2,0* mm
Taux d'efficacité	0	2*	5	9	11	14	env. 20-24*

Fig. 10 : Construction de la piste d'aviation d'Yverdon-les-bains en terrain médiocre

Fig. 11: Coefficient de matériau d'une géogrille bicouches à noeuds rigides

Fig. 12: Réfection de la Bernstrasse à Zollikofen

Fig. 13: Géogrille multicouche à noeuds rigides

Pour les sols des classes de portance S_1 et S_2 , le coefficient des géogrilles se situe entre 1,5 et 2,0 (fig. 11) et dans le domaine S_0 , où la valeur du CBR est inférieure à 3%, l'effet d'amélioration est encore plus marqué. En d'autres termes, on peut en déduire que l'utilisation de géogrilles peut permettre une économie comprise entre le tiers et la moitié de l'épaisseur de la couche de fondation, pour une formation d'ornières de profondeur identique. Il est donc possible, de nos jours, d'implémenter l'influence des géogrilles dans le dimensionnement à la portance.

Grille d'asphalte

La durée de vie d'un revêtement peut être augmentée d'un facteur 2 à 3, par l'adjonction d'un treillis d'armature en fibre de verre dans l'asphalte.

En l'état actuel des connaissances, le meilleur produit d'armature pour l'asphalte est un treillis en fibre de verre autoadhérent, enrobé de polymères modifiés, qui est posé à 4 ou 5 cm sous la couche de roulement.

Présentant des résistances élevées, de 100 à 200 kN/m, pour de faibles allongements sous charge maximale (moins de 5%), les treillis en fibres de verre préviennent la formation de fissures dans les revêtements et permettent de retarder l'apparition d'ornières (fig. 12).

Exemple d'application à l'aérodrome d'Yverdon-les-Bains

Pour la construction, sur un terrain médiocre (S_0), de la piste d'aviation en asphalte d'Yverdon-les-Bains (25 000 m²), deux variantes étaient en discussion. En raison de son excellent comportement à long terme, la solution faisant appel à une armature au moyen de géogrilles a finalement été jugée plus convaincante que celle prévoyant une stabilisation au ciment.

Après le dégrappage de la terre végétale, cinq couches de géogrilles à noeuds rigides ont été mises en place dans un but de renforcement, complétées par une couche de protection anticontaminante en nontissé. Une épaisseur de 30 à 45 cm de grave comme couche de fondation et un revêtement



hydrocarbonné de 8 cm d'épaisseur ont ensuite été posés sur cette structure.

Conclusions

Outre la résistance à la traction des géogrilles, les aspects suivants jouent un rôle important dans l'interaction sol/géogrilles pour la stabilisation de corps de chaussées et de structures ferroviaires:

- granulométrie de la couche de fondation s'imbriquant dans la géogrille;
- dispositif en polypropylène dont le module d'élasticité convient aux superstructures;
- liaisons rigides aux noeuds entre les fibres longitudinales et transversales; la rigidité est assurée lorsque la résistance au noeud atteint 90% de la résistance à la traction;
- multiplication des surfaces de contact par un nombre élevé de couches ($n = 5$, par exemple) (fig. 13).

Les valeurs présentées ci-dessus reflètent des tendances. Pour chaque projet, il s'agit d'estimer ou de calculer les déformations spécifiques, car celles-ci dépendent de la construction dans son ensemble (terrain, couche de fondation, HMF, couches de support et de roulement), respectivement des charges s'exerçant sur la structure.

Les résultats d'essais, tant en laboratoire que sur le terrain, ainsi que les expériences issues de la pratique, permettent d'affirmer qu'une superstructure stabilisée par une géogrille multicouches à noeuds rigides, mise en œuvre en combinaison avec un treillis d'asphalte autoadhérent dans le revêtement, constitue une solution optimale pour économiser les matières premières et assurer à l'ouvrage une durée de vie accrue d'un facteur 1,5 à 3.

Bibliographie

- [1] MONTANELLI, ZHAO, RIMOLDI: «Geosynthetic-Reinforced Pavement System: Testing & Design», *Geosynthetics* 1997
 [2] CANCELLI, MONTANELLI: «In-Ground Test for Geosynthetic Reinforced Flexible Paved Road», *Geosynthetics* 1999, Boston

