

LGV EST - RENFORCEMENT PAR GEOTEXTILE SUR CAVITES

RAILWAY LGV EST – GEOTEXTILE REINFORCEMENT OVER CAVITIES

Laurent EXBRAYAT ¹, Patrick GARCIN ²

¹ Bidim, Bezons, France

² Scetauroute DGM, Grenoble, France

RÉSUMÉ - La ligne LGV EST Européenne entre Paris et Vendenheim, tronçon E – Lot 32, comporte un déblai situé sur une arase calcaire fortement diaclasée. Deux solutions ont été mises en œuvre afin de supprimer les déformations de la plate forme ferroviaire : traitement de la partie supérieure des terrassements (PST) par liant hydraulique et mise en œuvre d'un géocomposite de renforcement. Le renforcement par géosynthétiques est placé à la base de la partie supérieure des terrassements, sur l'arase fracturée. Il a pour objectif, en cas d'affaissement au droit des diaclases, de limiter la déflexion en surface de la structure. Le principe d'un géosynthétique de renforcement sur cavité est justifié par la méthode RAFAEL.

Mots-clés : voie ferrée, cavité, renforcement, géosynthétique, RAFAEL

ABSTRACT – The present paper talks about the railway LGV EST between Paris and Vendenheim and in particular, piece E – parcel 32. The design of the embankment reinforcement with geosynthetics is presented. The geosynthetics is designed against a risk of cavities, caused by fractures in the limestone soil. The reinforced geotextile installed at the base of the embankment. His function is to prevent the accidents caused by sudden deformation of soil. The design uses the RAFAEL method.

Keywords : railway, cavity, reinforcement, geosynthetic, RAFAEL

1. Présentation

Les intervenants :

Maître d'ouvrage : RFF
Maître d'œuvre : SCETAUROUTE – EGIS RAIL
Entreprise : GTM / DECHIRON
Fournisseur Géotextile : BIDIM

Le secteur concerné est situé entre Verdun et Pont à Mousson (54), entre le pK 238.8 et le pK 239.3. Le profil en long géotechnique de cette portion du tracé est donné dans la figure ci-dessous.

2. Problématique

L'arase terrassement est constituée par un calcaire diaclasé. Cette fracturation située à l'extrados d'un anticlinal est d'origine tectonique. La largeur des diaclases observées est de l'ordre de 15 cm, voire 20cm localement (Photographies ci-dessous).

Sur cette arase, la structure est constituée par un remblai. Le Géosynthétique de renforcement est placé à la base, sur le calcaire fracturé. Il a pour objectif, en cas d'affaissement au droit des diaclases, de limiter la déflexion en surface de la structure en remblai.

3. Hypothèses de calcul

3.1 Géométrie de l'ouvrage

L'ouvrage considéré est une voie ferrée dont la section générale est en déblai. Une coupe type est donnée sur la figure 4.



Figure 1. LGV EST Tronçon E lot 32 – Renforcement par géosynthétique

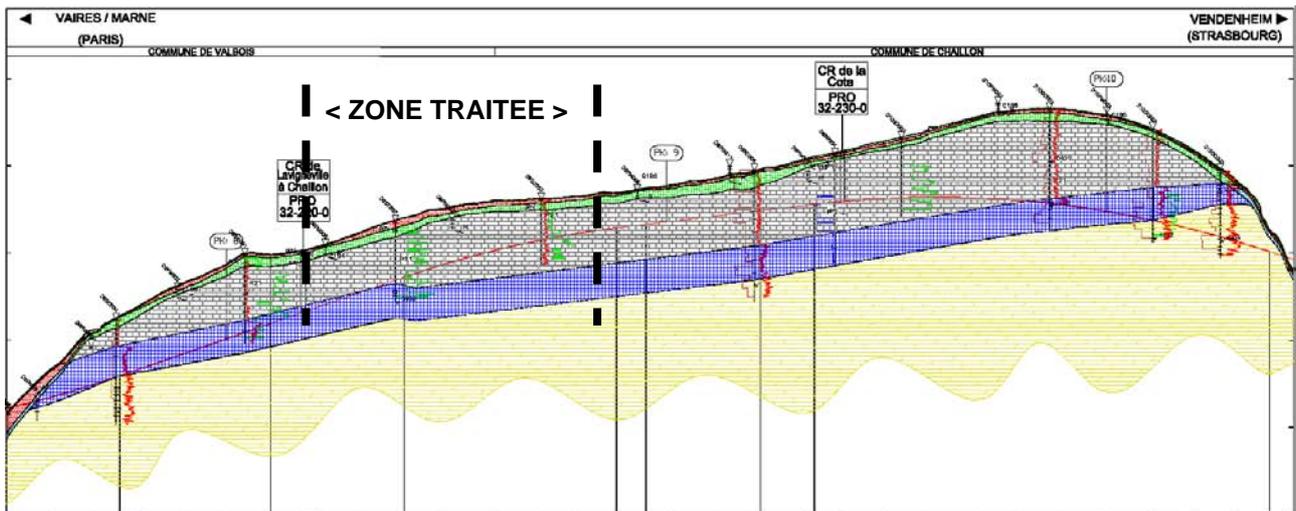


Figure 2. Profil en long du tracé



Figure 3. Photographies des diaclases observées en fond de forme

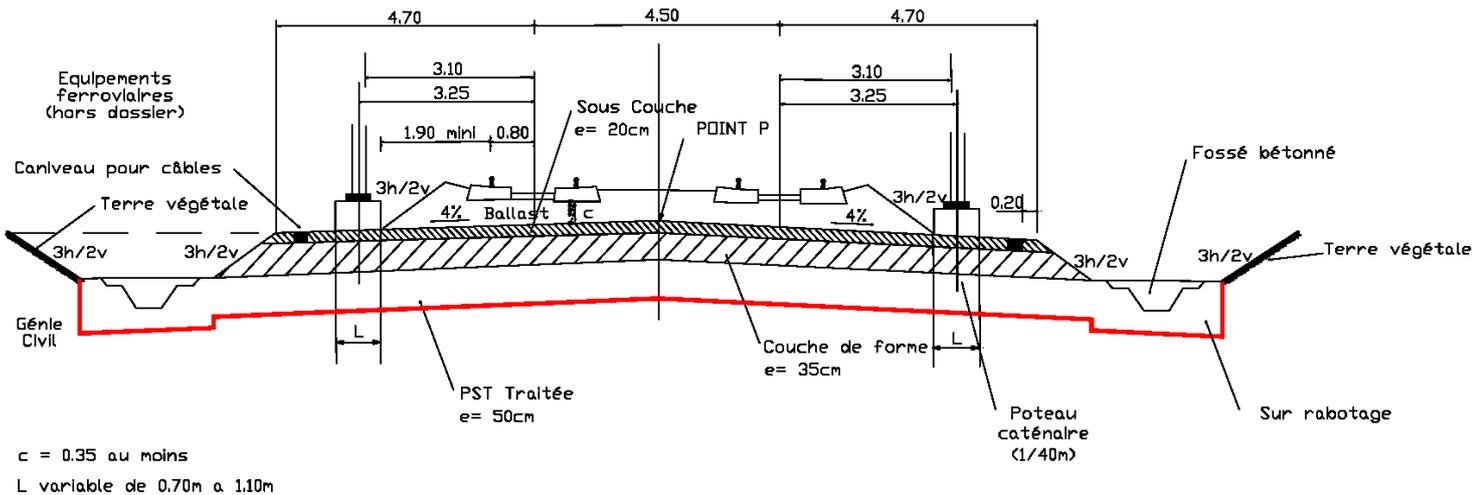


Figure 4. Coupe type

La géométrie de la structure est du haut vers le bas :

- | | |
|--|-------------------------|
| - Ballast | : épaisseur non définie |
| - Sous-couche en matériau granulaire | : 0,20 m |
| - Couche de forme granulaire | : 0,35 m |
| - PST : matériaux calcaire 0/60 traitée par un liant hydraulique dosé à 5% | : <u>0,50 m</u> |
| ⇒ épaisseur totale du remblai (hors ballast) | : 1,05 m |

3.2 Hypothèses géotechniques et dimensionnelles

Les hypothèses et les critères de résultats retenus sont :

- | | |
|----------------------------|---|
| - Remblai | : $\varphi = 35$ degrés - cohésion nulle - $\gamma_{\text{moyen}} = 20 \text{ kN/m}^3$ |
| - Sol support | : $\varphi = 35$ degrés |
| - Surcharge due au ballast | : 10 kPa |
| - Cavité prise en compte | : $\varnothing 50$ cm. Hypothèse d'une cavité circulaire équivalente, correspondant à l'intersection de 2 diaclases de 20 cm. |
| - Foisonnement moyen | : 3 % pour une épaisseur totale de 1,05 m. Hypothèse correspondant à un foisonnement de 6 % de la couche de matériaux granulaires et à un foisonnement nul de la couche traitée sous-jacente. |
| - Déflexion admissible | : 1 mm sous le ballast, pour 50 cm de diamètre de cavité. |

4. Justification

4.1 Méthode de calcul

La justification du géosynthétique est faite selon la méthode RAFAEL, aux états limites de service et aux états limites ultimes. Il s'agit d'une méthode analytique basée sur le fonctionnement du géotextile en membrane. Elle repose sur les hypothèses suivantes :

- comportement en membrane élastique linéaire,
- membrane soumise à des pressions uniformes.

On considère que les efforts verticaux transmis sont repris par le géosynthétique de renforcement en efforts horizontaux. Pour reprendre ces efforts, le géosynthétique se déforme. On suppose que la déformée est un arc de cercle.

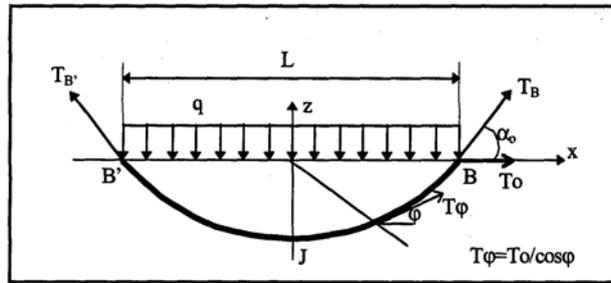


Figure 5. Déformée du géosynthétique en arc de cercle

Les résultats du projet RAFAEL montrent que la rupture du sol suit une forme cylindrique à la verticale des bords de la cavité et engendre une décompaction du sol.

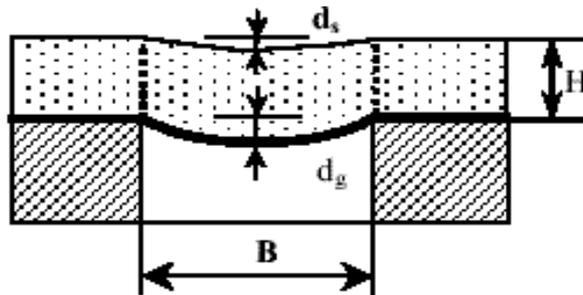


Figure 6. Méthode RAFAEL – rupture de type cylindrique

La déformée du géotextile est calculée en fonction du critère de déformation de surface. La flèche d_g au niveau du géotextile est fonction de la déformation en surface d_s , de l'épaisseur des matériaux de couverture H et du coefficient de foisonnement C_e . Sa valeur est donnée par la formule suivante :

$$d_g = d_s + 2H(C_e - 1) \quad (1)$$

La tension dans la nappe est fonction de la contrainte verticale q , du diamètre de la cavité B et de la déformée admise ε_{\max} . La tension de la nappe T_{\max} et l'allongement maximum ε_{\max} subit par le géotextile sont donnés par les formules suivantes.

$$T_{\max} = \frac{qB}{2} \sqrt{1 + \frac{1}{6\varepsilon_{\max}}} = J\varepsilon_{\max} \quad (2)$$

$$\varepsilon_{\max} = \frac{8}{3} \left(\frac{d_g}{B} \right) \quad (3)$$

4.2 Justification en service

La justification est faite de façon à respecter la flèche admissible pour un allongement de service maximal de 4,5%.

Diamètre de la cavité	0,50 m
Flèche admissible en surface	1 mm
⇒ Allongement calculé ε_{\max}	4,4 %
⇒ Résistance à la traction T à ε_{\max}	17,8 kN/m
⇒ Raideur $J = T / \varepsilon$	405 kN/m

4.3 Justification vis-à-vis de la rupture

Diamètre de la cavité	0,50 m
⇒ Allongement ε à la rupture (sens production)	25 %
⇒ Traction à la rupture	10,5 kN/m
⇒ Résistance à la traction nécessaire à la rupture avec un facteur de sécurité = 6,6	69,3 kN/m

5. Choix du géosynthétique

Le produit retenu est un Géosynthétique *bidim® Rock PPC 75/75* dont les caractéristiques sont supérieures à celles nécessaires :

- traction admissible pour un allongement de 4,4% : 21 kN/m
- traction admissible à la rupture : 75 kN/m

Il s'agit d'un géotextile de renforcement composite associant un géotextile support non tissé aiguilleté de filament continu 100 % polypropylène et des câbles de renforcement polypropylène haute ténacité.

5.1 Caractéristiques

Les caractéristiques du géosynthétique sont les suivantes :

Résistance à la traction (rupture)	NF EN ISO 10319	SP	75	kN/m
		ST	75	kN/m
Déformation à l'effort de traction maximale	NF EN ISO 10319	SP	25	%
		ST	20	%
Résistance à la traction à 2% de déformation	NF EN ISO 10319	SP / ST	10	kN/m
Résistance à la traction à 5% de déformation	NF EN ISO 10319	SP / ST	24	kN/m

SP sens production

ST sens travers

5.2 Résistance au milieu agressif

Le géosynthétique est placé à la base d'une couche de matériaux calcaires traités par un liant hydraulique, ce qui contribue à un environnement basique (pH = 10). Dans ce contexte, il a été retenu un géosynthétique à base de câbles en polypropylène, pérennes en milieu basique.

6. Dispositions constructives

6.1 Ancrage

Le coefficient de sécurité pris en compte sur la traction de service est de 1,5. L'ancrage minimum de chaque côté de la cavité, sous le poids dû à 1,05 m minimum de matériaux, est de 1,5 m plus la largeur de la cavité, soit de 2,0 m au minimum.

6.2 Mise en œuvre et recouvrement

Le géosynthétique est mis en œuvre dans le sens longitudinal de l'ouvrage. Le recouvrement latéral entre chaque nappe est de 0,50 m au minimum. Les engins de terrassement mettent en œuvre les matériaux de la PST et ne circulent pas sur les géosynthétiques.

7. Conclusion

La technique présentée concerne le renforcement d'une plate forme ferroviaire par Géosynthétiques ayant pour objectif, en cas d'apparition de cavités, de limiter la déflexion en surface de la structure. L'ouvrage est justifié par la méthode RAFAEL.

Il s'agit d'une solution de mise en sécurité et pontage des cavités, innovante sur des projets ferroviaires, dont on retient la facilité de mise en œuvre par rapport à d'autres solutions classiques de confortement.

8. Remerciements

Les auteurs remercient RFF pour avoir donné leur accord et leurs précisions sur la publication de cet article.

9. Illustrations



Figure 7. Déroulement du géosynthétique



Figure 8. Mise en œuvre de la PST sur le géosynthétique

10. Références bibliographiques

- Blivet J.C., Khay M, Villard P., Gourc J.P. (2000). Experiment and design of geosynthetic reinforcement to prevent localised sinkholes, *GeoEng2000, Int. Conf. on Geotechnical and Geological Engineering, Melbourne, Australia, November 2000, CD-ROM Conference Proceeding*.
- Blivet J.C., Khay, M., Gourc J.P., Giraud H. (2001). Design considerations of geosynthetic for reinforced embankments subjected to localized subsidence. *Proceedings of the Geosynthetics '2001 Conference, February 12-14, 2001, Portland, USA, 741-754*.
- Giraud H. (1997). Renforcement des zones d'effondrement localisé - Modélisations physique et numérique. *Thèse de doctorat de l'Université Joseph Fourier de Grenoble, octobre 1997, 79-100*.
- Gourc J.P., Villard P., Giraud H., Blivet J.C., Khay M., Imbert B., Morbois A., Delmas Ph. (1999). Sinkholes beneath a reinforced earthfill – a large scale motorway and railway experiment *Proc. of the Geosynthetics'99 Conference, April 28-30, 1999, Boston, Massachusetts, USA, 833-846*.
- Gourc J.P., Villard P.(2000). Reinforcement by membrane effect: Application to embankments on soil liable to subsidence. *Proc. of the 2nd Asian Geosynthetics Conference, Kuala Lumpur, Malaysia, 29-31 May 2000, Vol. 1, 55-72*.
- Villard P., Giraud H. (1998). Three-dimensional modelling of the behaviour of geotextile sheets as membrane *Textile Research Journal, Vol. 68, n° 11, November 1998, 797-806*.
- Villard P., Gourc J.P., Giraud H. (2000) A geosynthetic reinforcement solution to prevent the formation of localized sinkholes. *Canadian Geotechnical Journal, Vol. 37, n° 5, October 2000, 987-999*.