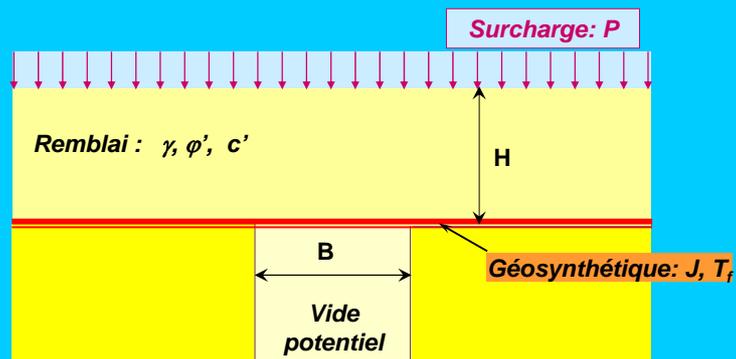


Renforcement par géosynthétique des plates-formes dans les zones où subsiste un risque d'effondrement

Dimensionnement du renforcement

1. Rappel du fonctionnement
2. Approche "RAFAEL"
3. Dimensionnement de Meaux

1. Fonctionnement général du renforcement

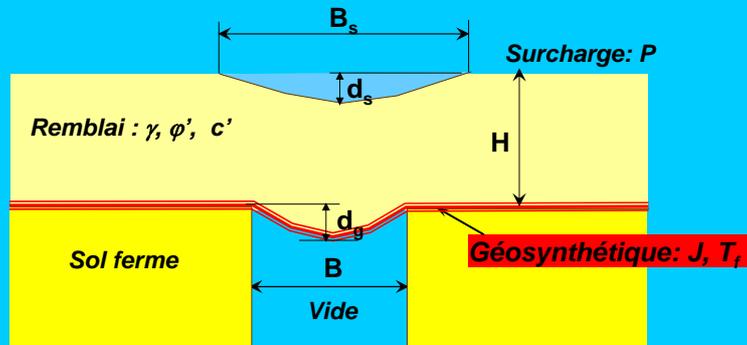


Vide : circulaire, diamètre B (conditions axisymétriques)
longueur infinie, largeur B (conditions de déformations planes)

Diamètre maximal B de l'effondrement ?

→ expérience régionale et analyse géologique (ex. 2 m; 4 m; ...)

L'effondrement se produit :

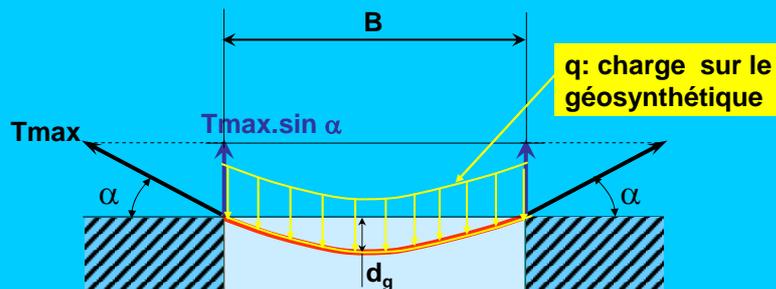


Déformation du géosynthétique comme une membrane (uniquement en tension)

Un équilibre est atteint :

- Flèche d_g de la membrane geosynthetic
- Déflexion d_s et diamètre B_s du sol en surface

La charge q sur le géosynthétique dépend du comportement du sol au-dessus du géosynthétique.



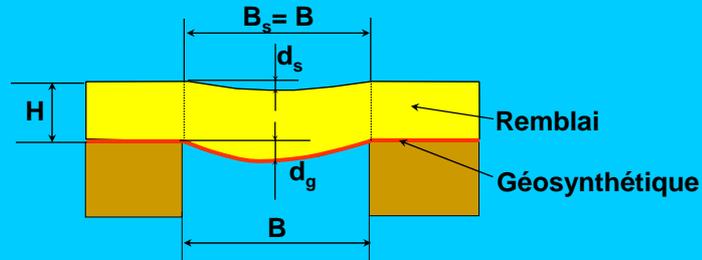
➔ Valeur de q ?

- $q = \sigma_v$: supposée verticale et uniforme (hypothèse en première approche)
➔ déformation de la membrane : parabolique

- q : autres répartitions

2. Approche "RAFAEL"

Évaluation du déplacement de la nappe géosynthétique

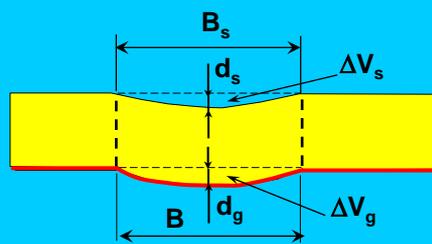


Les observations (expérimentations en vraie grandeur) :

- H/B élevé, arche stable, pas de tassement en surface ($d_s=0$)
- H/B faible, arche non stable, effondrement du sol

Possibilité de fixer une valeur limite de H/B, mais (précaution) effondrement : forme cylindrique, quel que soit le rapport H/B.

Liens entre les déplacements de surface et du géosynthétique



Effondrement en cylindre droit : **→** $B = B_s$

Si dilatance: $d_g > d_s$

Coefficient d'expansion : $C_e = V_{\text{sol exp.}} / V_{\text{sol init.}}$ (de 1 to 1.10)

→ $\Delta V_{\text{geo.}} - \Delta V_{\text{surf.}} = (C_e - 1) V_{\text{sol}}$

Remarque

L'étude numérique paramétrique en 3D (P.Villard, LIRIGM, université de Grenoble) a montré :

Avec un nombre équivalent de fibres, une nappe géosynthétique mono-directionnelle est équivalente à une nappe bi-directionnelle.

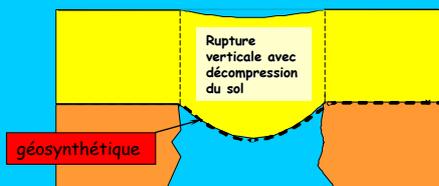
Résultat remarquable :

Le géosynthétique peut être un renforcement mono-directionnel

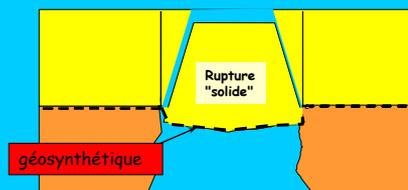
Ce résultat a été vérifié expérimentalement.

3. Dimensionnement de Meaux

"Rafael" (remblai = sol pulvérulent)



Meaux (remblai = sol traité)



Quelle est la répartition de la charge q sur la membrane ?

Géosynthétique proposé :

Bidim Rock HM 95B (Bi-module)

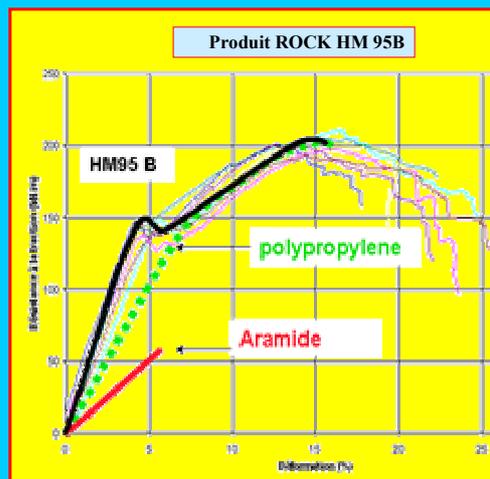
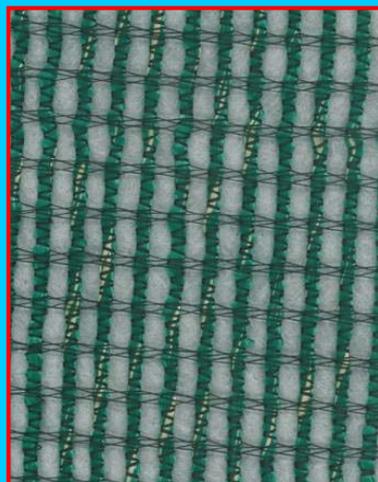
Raideur: $J = 2900 \text{ kN/m}$

Résistance en traction : $T_f = 150 \text{ kN/m}$ à $\varepsilon_f = 6\%$ *

$T_f = 200 \text{ kN/m}$ à $\varepsilon_f = 15\%$ **

* petites déformations $J=2900 \text{ kN/m}$ (fils d'aramide et de polypropylène)

** déformations grandes $J=1330 \text{ kN/m}$ (uniquement fils de polypropylène)



3.1 Méthode "RAFAEL"

$$d_g = 16,5 \text{ cm}$$

$$\varepsilon_{\max} = 1,8 \%$$

$$T_{\max} = 54 \text{ kN/m (Tension de service avec contrainte dans gtx : } q_1 = 17 \text{ kN/m}^2)$$

d_s déflexion en surface :

Coefficient d'expansion C_e	d_s cm
1.00 (0%)	16.5
1.01 (1%)	14.5
1.02 (2%)	12.5
1.03 (3%)	10.5

Critère de service : OK

$$T_{\max} = 87 \text{ kN/m (Tension de service avec contrainte dans gtx : } q_2 = 33 \text{ kN/m}^2 \text{ avec } J = 1330 \text{ kN/m (grandes déformations avec les fils de polypropylène seuls))}$$

q_1 : poids mort

q_2 : poids mort + surcharge

Coefficients de sécurité :

Coefficients partiels :

$$F_{\text{comp}} = 1.1 ; F_{\text{env}} = 1.05 ; F_{\text{geo}} = 1.2 ; F_{\text{flu}} = 1.54$$

$$\text{Coefficient global : } F = 1.1 \times 1.05 \times 1.2 \times 1.54 = \underline{2.13}$$

1. petites déformations (aramide et polypropylène, sans surcharge)

Résistance en traction / Tension de service :

$$150/54 = 2.78 > 2.13 \quad \underline{OK}$$

2. grandes déformations (polypropylène seul, avec surcharge)

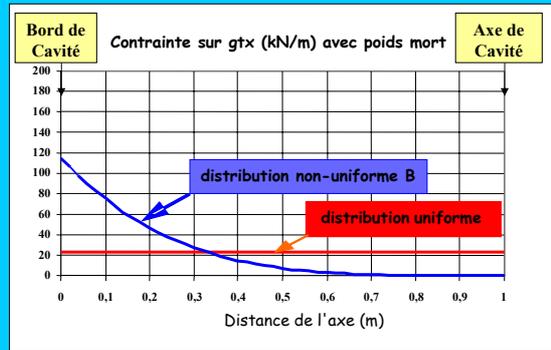
Résistance en traction / Tension de service :

$$200/87 = 2.3 > 2.13 \quad \underline{OK}$$

3.2 Autre approche (LIRIGM, université de Grenoble)

Méthode aux Éléments Finis, dans la nappe de géosynthétique, avec :

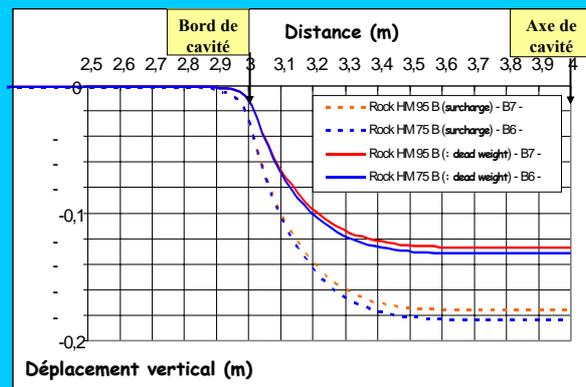
- contrainte non-uniforme sur le géosynthétique
- déformation dans la zone d'ancrage (avec frottement).



Cette proposition de distribution non-uniforme est due à l'effondrement en cylindre "solide" (sol traité à la chaux et au ciment) : Déformation comme un poinçonnement.

Résultats

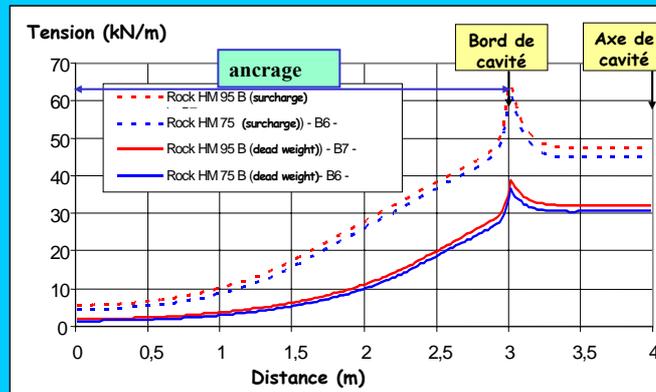
Déflexion Verticale : 13 cm (18 cm avec surcharge)



$d_g = d_s = 13 \text{ cm}$ → OK (critère de service)

Résultats

Tension de service : $T = 39 \text{ kN/m}$ (ou 65 kN/m avec surcharge)



Tension de service < tension de service à partir de "RAFAEL"

→ OK

Conclusions

Le géosynthétique :

- absorbe le poids du remblai et de la surcharge
- réduit le tassement en surface

Limitation des conséquences d'un effondrement de cavité

Les hypothèses sur la déformation du sol de la plate-forme et la distribution de la charge sur la membrane ont une grande influence sur le dimensionnement.

Le sous-sol peut contenir des cavités



"Marnière" (exploitation de craie en Normandie)



Zone minière (UK)

J C Blivet - Consultant

Déviation de Meaux - Dimensionnement du renforcement par géosynthétique

17

Comportement du géosynthétique (Première approche - Méthode analytique)

➤ Équilibre mécanique, tension:

$$T = \frac{qB}{2} \sqrt{1 + \frac{1}{6\varepsilon}} = \frac{qB}{2} \sqrt{1 + \left(\frac{B}{4dg}\right)^2}$$



Petite déflexion → grande tension

J C Blivet - Consultant

Déviation de Meaux - Dimensionnement du renforcement par géosynthétique

18

Évaluation des charges sur le géosynthétique

Frottement le long d'un cylindre :
(pb. de la trappe de Terzaghi, 1943)

$$q = \left[\frac{B \gamma - 2c}{2K \tan \phi} \right] \left[1 - e \left(-2K \tan \phi \frac{H}{B} \right) \right] + p e \left(-2K \tan \phi \frac{H}{B} \right)$$

Valeur limite (pas de frottement latéral) $q = \gamma.H + p$ (poids mort+surcharge)

Proposition : $c=0$; $K \tan \phi = 0.25$ ($K=K_0=0.5$, $\phi=26^\circ$)