

Renforcement en base de remblai sur sol compressible

Route nationale 1 au Congo

Tronçon Kinkala-Mindouli

Date 15 Mars 2018

Journée technique du CFG

Auteurs Sébastien Gastaud
Alexandre Plastre

Responsable Géosynthétiques
Directeur Technique

MACCAFERRI



Gruppo
Industriale
Maccaferri



1. Contexte : développement Axe Brazzaville – Pointe Noire

- Axe majeur entre les 3 plus grandes villes du Pays
- 8 ans de travaux : 2008 - 2016
- Financement : Partenariat stratégique Chine – Congo et Fond Européen de Développement
- 765 milliards de francs CFA soit environ 1,1 milliard d'Euro





1. Contexte : tronçon Kinkala-Mindouli

Entreprises attributaires : Groupement RAZEL Congo et DTP

Le lot en quelques chiffres :

- Longueur : 53,6 km
- Durée des travaux : 32 mois (2014 – 2016)
- 2 millions de m³ de terrassement
- 800 000 tonnes de granulats
- 60 000 tonnes d'enrobés
- 4 ouvrages d'art





1. Contexte : forêt équatoriale





2. Problématique rencontrée lors de l'exécution

Zones très peu portantes découvertes en EXE pouvant compromettre le chantier





2. Problématique rencontrée lors de l'exécution

Etude géotechnique AVP partielle : portance des sols mal caractérisée

La route traverse des zones de *bas-fonds* très humides :

- Sols vasards très compressibles et peu porteurs
- Purge non prévue de 1 à 4 m de profondeur sur 20 à 50 m de large
>> 70 000 m³ de matériau à purger et à substituer

Volume à purger fortement sous évalué en AVP :

- Equilibre économique du chantier compromis
- Délai d'exécution : risque de retard important

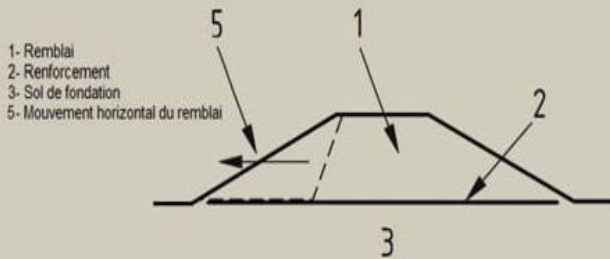
L'entreprise cherchait une solution alternative pour réaliser le chantier dans les meilleures conditions.



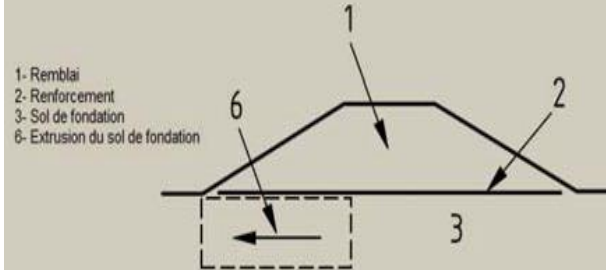
2. Problématique rencontrée lors de l'exécution

Trois modalités de rupture à craindre lors de l'exécution :

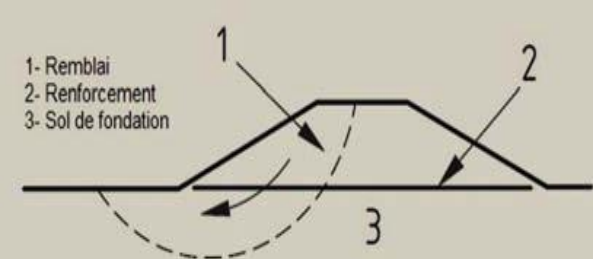
Rupture par glissement sur la base



Rupture par extrusion du sol de fondation



Rupture par glissement circulaire



Solution traditionnelle :

1. **Purge et substitution** : 70 000 m³ de matériau à déblayer et autant à approvisionner
2. **Phasage** : remblaiement par étapes selon temps de consolidation :
 - > Estimation réalisée : 4 phases (2 m) séparées de 4 mois avec drainage à la base

Solution Géosynthétique :

- > Installation d'une géogridde à haute résistance à la traction en base du remblai pour éviter toute forme de rupture du remblai



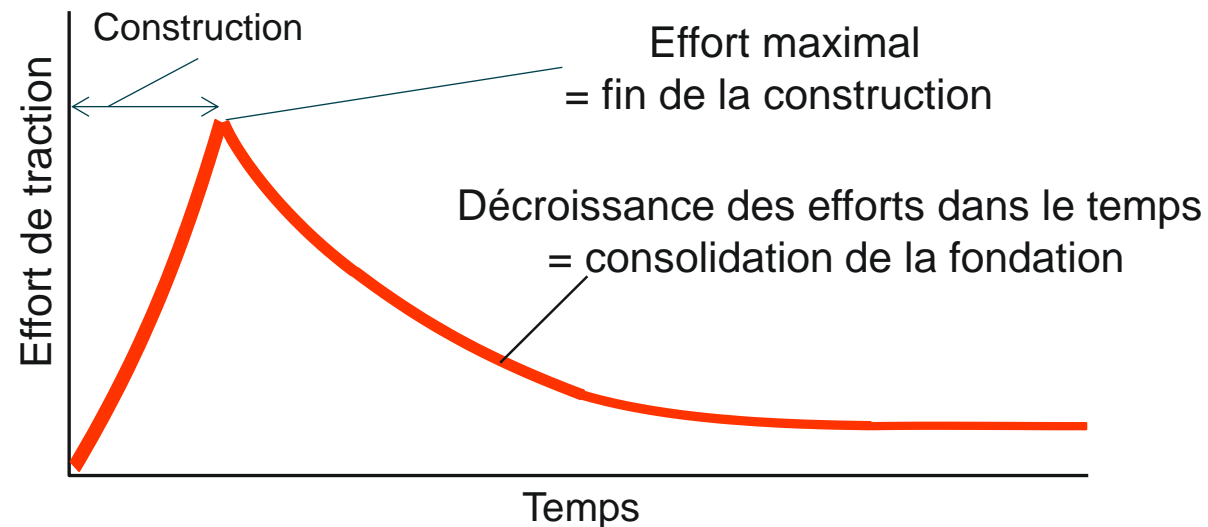
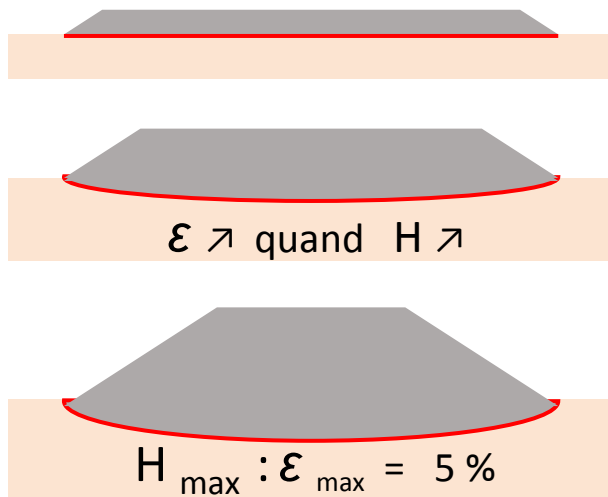
3. Solution GSY : Renforcement en base de Remblai

Installation d'une géogridde en base de remblai :

- Transfert des efforts transversaux du remblai vers le renfort GSY
- Diminution des efforts cisailants sur la fondation
- Répartition plus homogène de la descente de charge sur la fondation

Evolution des efforts dans le temps

- Déformation du renfort lors de la mise en place du remblai
- Relaxation lors de la consolidation





3. Solution GSY : Dimensionnement

- **Etape 1** : 2 calculs de stabilité selon la norme BS 8006 > efforts maximaux
 - Glissement latéral du remblai
 - Poinçonnement de la fondation
- **Etape 2** : Justification de la géogridde : résistance à long terme > efforts
- **Etape 3** : Vérification de la stabilité mixte face à une rupture circulaire du remblai, du renforcement et du sol de fondation avec logiciel interne

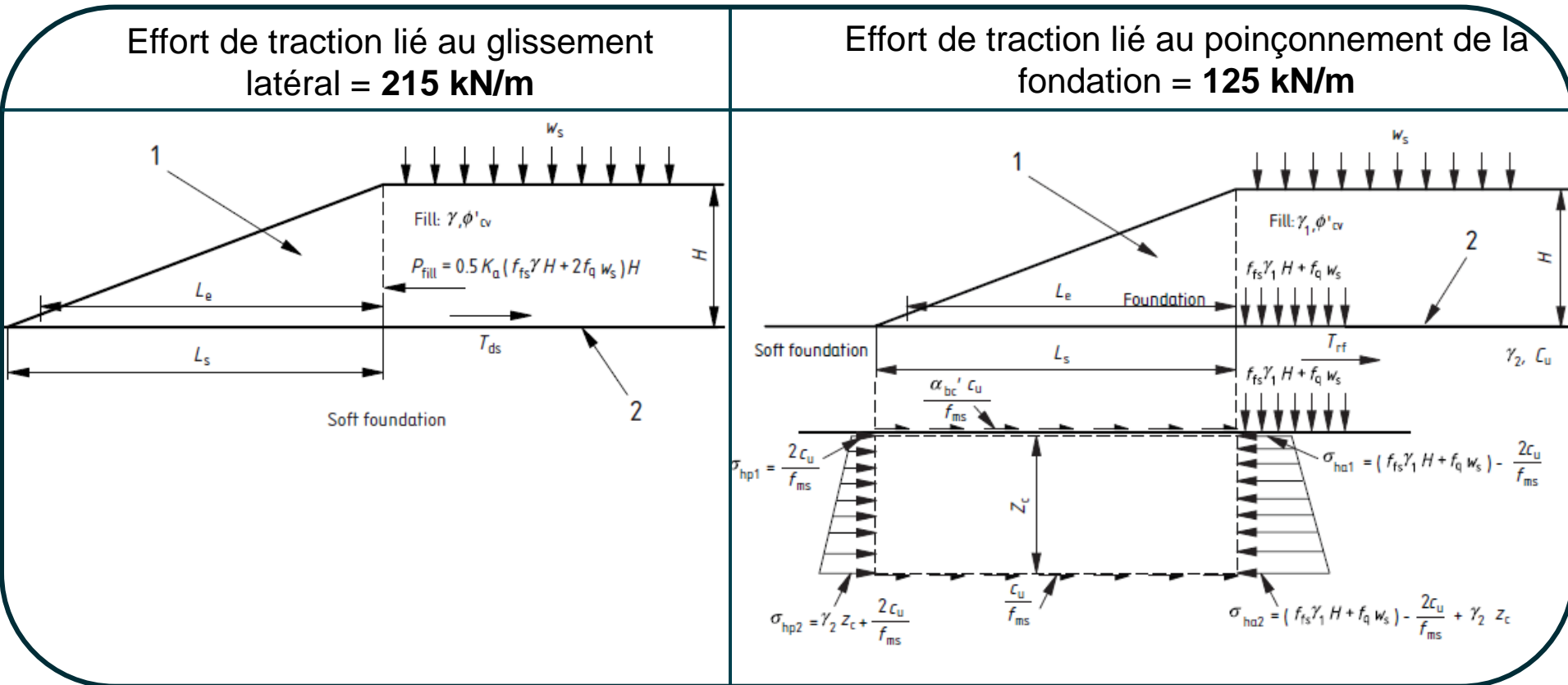
*Application des facteurs partiels des Eurocodes 7 sur les **actions** (efforts appliqués), les **matériaux** (remblai, sol de fondation, renforcement) et les **résistances** (sol)*

**Caractéristiques géo-
mécaniques à court terme**
= sans consolidation

Nature du Remblai	Sablo limoneux
Hauteurs considérées	4 m < H < 8 m
Poids volumique du remblai	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
Angle de frottement du remblai	$\phi = 25^\circ$
Cohésion du remblai	C = 10 kPa
Pente des talus	3H:2V
Cohésion non drainée du sol de fondation	C_u = 30 kPa

3. Solution GSY : Dimensionnement

Etape 1 : 2 vérifications selon BS 8006 avec facteurs partiels Eurocodes 7 : ex. H = 7,5 m



>> Efforts totaux perpendiculairement au remblai = 340 kN/m

>> La géogrille doit avoir une résistance à long terme > 340 kN/m



3. Solution GSY : Dimensionnement

Etape 2 : Justification de la géogridde proposée

- Géobandes assemblée en Géogridde par thermocollage : **REX > 40 ans**
- Fils de Polyester haute ténacité sans tissage, ni tressage : **module fils = module géogridde**
- Gaine PE extrudé: **protection du renfort** = Facteurs de réduction les plus faibles du marché

Certification BBA fait référence sur renfort GSY : mesure en labo indépendants des facteurs de réduction :

Facteurs de réduction 25°; 4<pH<9 ; 120 ans	Géogridde PET non testé Valeurs NF G38-064	Géogridde proposée certifiée BBA Valeurs mesurées
Endommagement mise en œuvre	2,50	1,25 (D ₅₀ = 75mm)
Dégradation chimique	1,30	1,08 <i>fs</i> R ₂ inclus
Fluage	3,00	1,38 <i>fs</i> R ₁ inclus
Facteur de réduction Global	9,75	1,86

- Effort calculé : **340 kN/m** = résistance à long terme minimale
- Coefficient de matériau Eurocodes : 340 x **1,25** = **425 kN/m**
- Calcul résistance nominale minimale: 425 x **1,86** = **791 kN/m**
- **Géogridde proposée : résistance nominale = 800 kN/m > 791 kN/m**

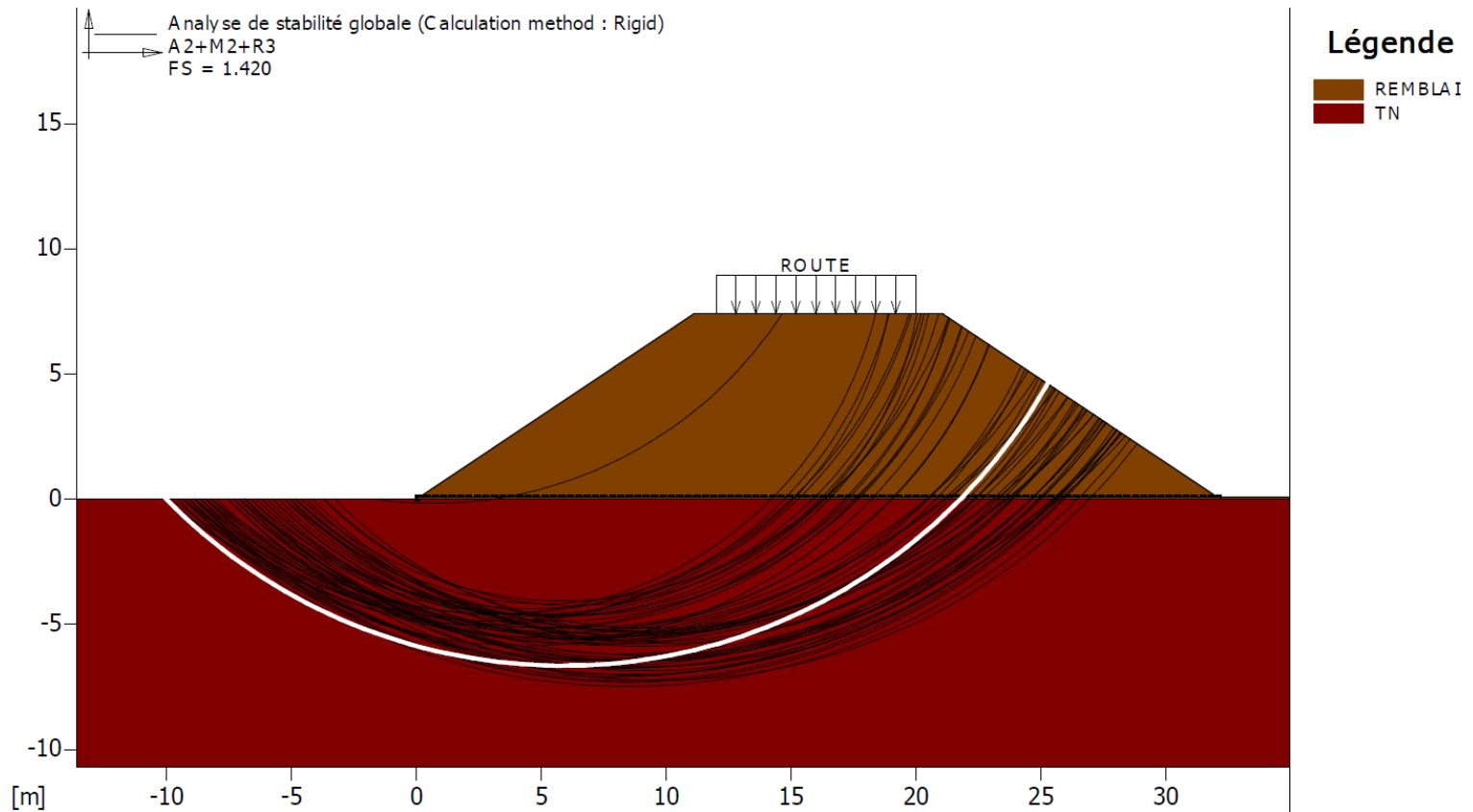


3. Solution GSY : Dimensionnement

Etape 3 : Logiciel interne MACSTARS :

Vérification de la stabilité face à une rupture circulaire du remblai, du renforcement et du sol de fondation
Ex. H = 7,5 m et Géogrille 800 kN/m à la base

- Facteur de sécurité global FS = 1,4





3. Solution GSY : Avantages

- **Gain de temps** : Remblaiement en 1 seule phase = délai EXE tenu
- **Gain écologique** : 50 000 m² de géogrille contre 70 000 m³ de matériaux à purger / substituer = facilité d'approvisionnement

1 conteneur 40' HC



=

1000 Rotations de Dumper A40



Gain économique : moins de temps, moins de travail, moins de matériaux



4. Travaux : décapage





4. Travaux : réglage arase de terrassement





4. Travaux : pose géotextile filtration / séparation





4. Travaux : sable limoneux en base





4. Travaux : préparation lit de pose





4. Travaux : pose de la géogrille

Rouleaux sur mesure : longueur = largeur de la base de remblai





4. Travaux : pose de la géogrille



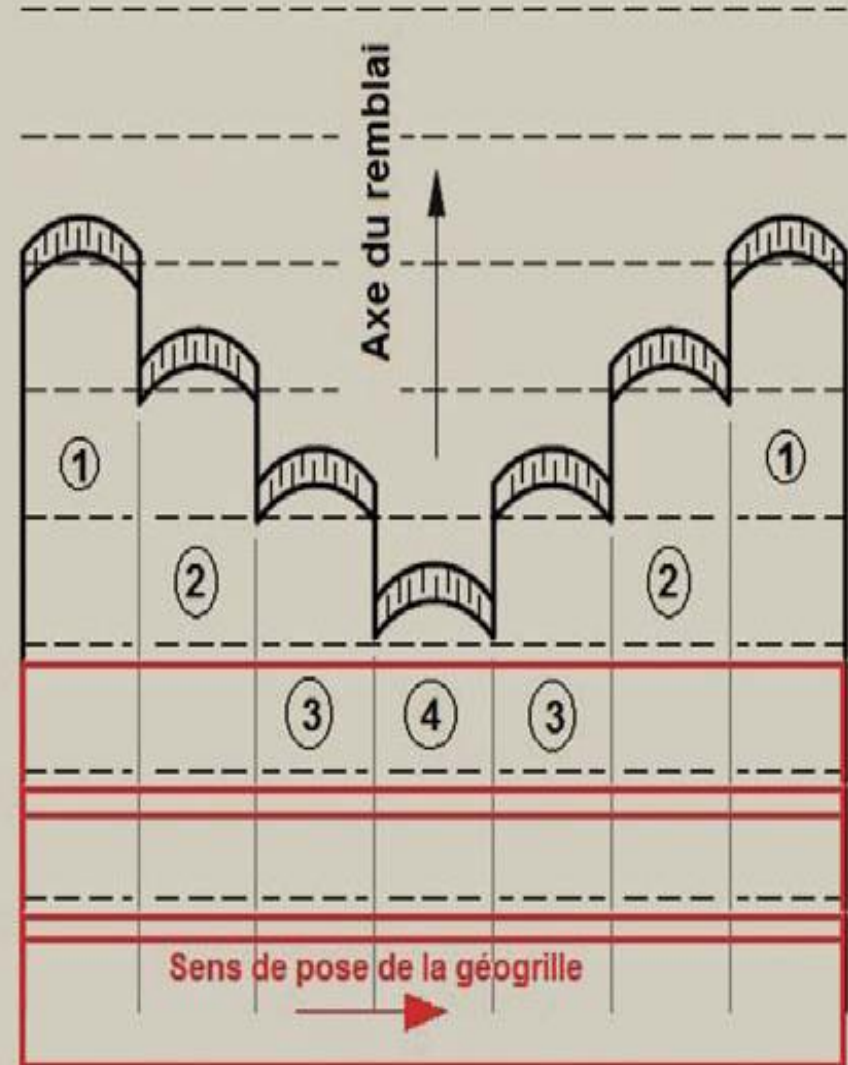


4. Travaux : remblaiement





4. Travaux : remblaiement





4. Travaux : dispositif complet



Matériau de remblai

Géogrille PET thermocollée

Lit de pose : sable limoneux

Géotextile de séparation

Arase



4. Conclusion

Un chantier d'ampleur : 50 km en foret humide....

...mauvaise reconnaissance géotechnique en AVP....

.... mauvaises surprises en EXE

Les solutions traditionnelles :

- Purge systématique et substitution total
- Phasage selon consolidation
- >> Délai et cout trop important

Solution alternative : renforcement par géogridde de la base du remblai

- Réduction voire suppression des purges
- Réduction des besoins en matériau de remblai
- Optimisation des ateliers mobiles
- Réduction des délais d'intervention
- Technique économiquement viable



Merci de votre attention

