

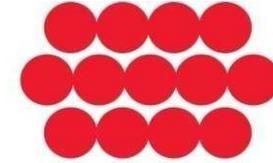
Laboratoire de Génie Civil et de l'Ingénierie Environnementale
(L.G.C.I.E.) INSA Lyon

Bât 304, 20 av. Einstein 69621 Villeurbanne Cedex, France



Terre Armée®

1 bis, rue du Petit Clamart - Bât. C - BP 135
78148 VELIZY-VILLACOUBLAY Cedex - FRANCE



Terre Armée

Sustainable Technology

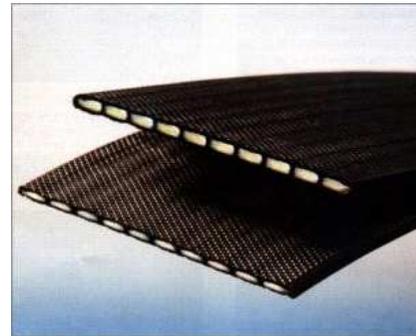
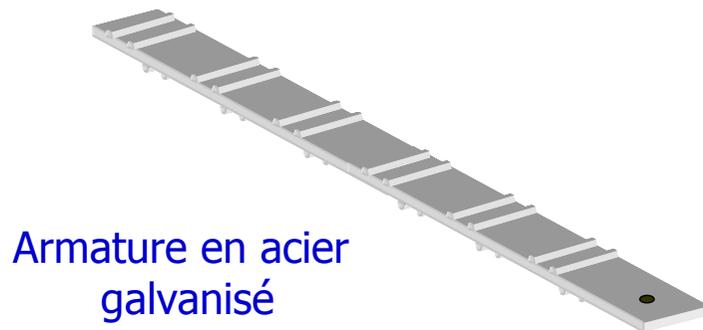
CARACTÉRISATION ET MODÉLISATION DE L'ADHÉRENCE ET DE L'EXTENSIBILITÉ DES ARMATURES SYNTHÉTIQUES

A. ABDELOUHAB
D. DIAS
N. FREITAG

INTRODUCTION

Les renforcements utilisés dans les structures en Terre Armée sont généralement en acier galvanisé.

Dans les environnements agressifs, on utilise des bandes géosynthétiques à base de matériaux non corrosifs mais qui présentent une élongation relative.



Polyester à haute ténacité protégé par une gaine en polyéthylène

Bande Géosynthétique

Différence de comportement →

Nouvelles lois d'ancrage

Nouveau système de connexion supprimant tout intermédiaire métallique →

Gamme de remblais plus large



Développer de nouveaux type de renforcements (+ adhérence)

Différents volets

Expérimental

- Réalisation d'essais d'extraction sur armatures acier et synthétiques (en laboratoire et in situ).
- Caractérisation des sols en place par des essais géotechniques.

Analytique

- Déduction de nouvelles lois d'ancrage sol/renforcement par une modélisation analytique.

Numérique (2D/3D)

- Utilisation des nouveaux paramètres (analytiques) pour une modélisation plus réaliste des ouvrages.
- Examen de la stabilité et de la sécurité des ouvrages (ELS, ELU).
- Influence des différents paramètres.

VOLET EXPÉRIMENTAL

Essais d'extraction en laboratoire

ESSAIS EFFECTUÉS

- Deux types de renforcement :

- renforcements synthétiques (1 bande et 2 bandes)
- renforcement métallique

- Deux types de sol :

- Sable fin (Hostun RF)
- Sol grossier 0-31.5

- Différentes contraintes de confinement (7 – 22 – 40 – 60 – 80 kPa)

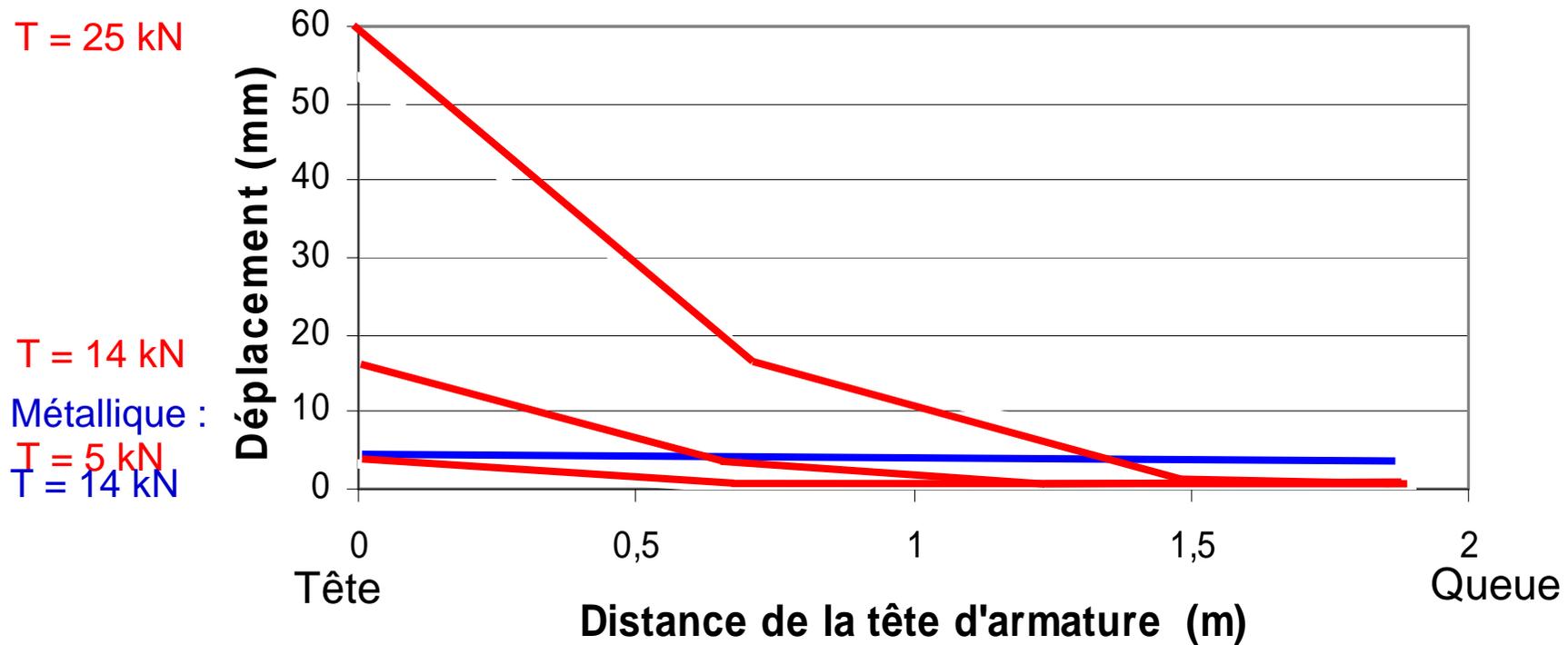
Simulation de différents niveaux de profondeurs



RÉSULTATS ET ANALYSE

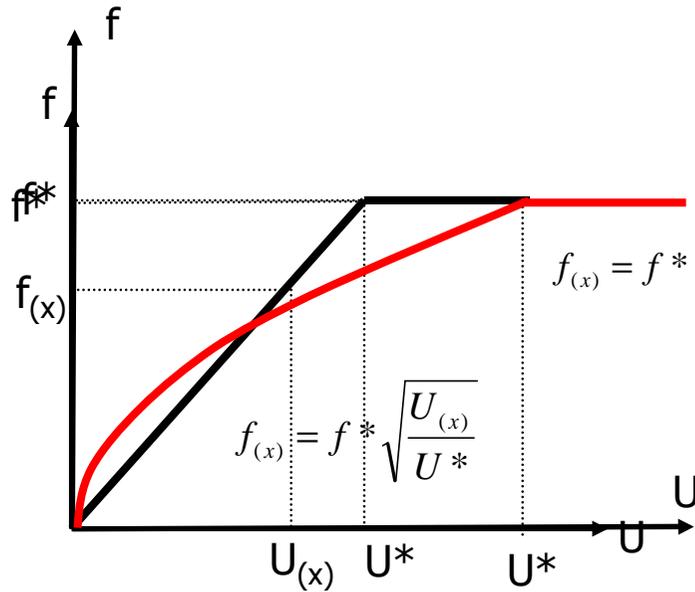
La mobilisation progressive de l'armature synthétique

Contrainte de confinement : 80 kPa



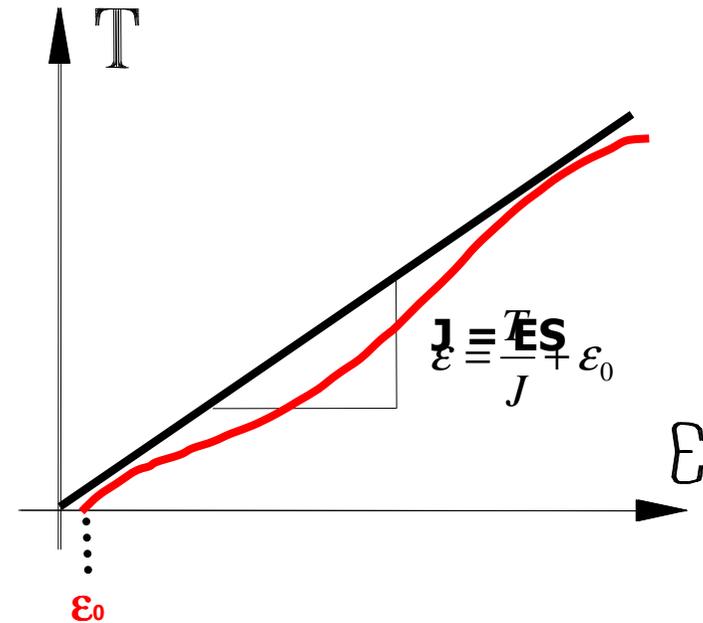
MODÉLISATION ANALYTIQUE

AMÉLIORATIONS CLASSIQUES



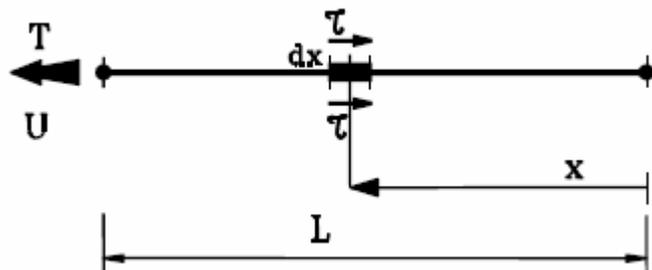
Loi de frottement classique (loi racine)

U : déplacement relatif sol/renforcement
 f : coefficient de frottement Apparent ($f = \tau/\sigma_v$)



Loi de traction classique modifiée

T : Traction
 ϵ : Déformation - J : module d'élongation



⇒ Equations différentielles plus complexes
 ⇒ résolution numérique (Matlab) donnant :
 - Déplacements et déformations
 - Efforts

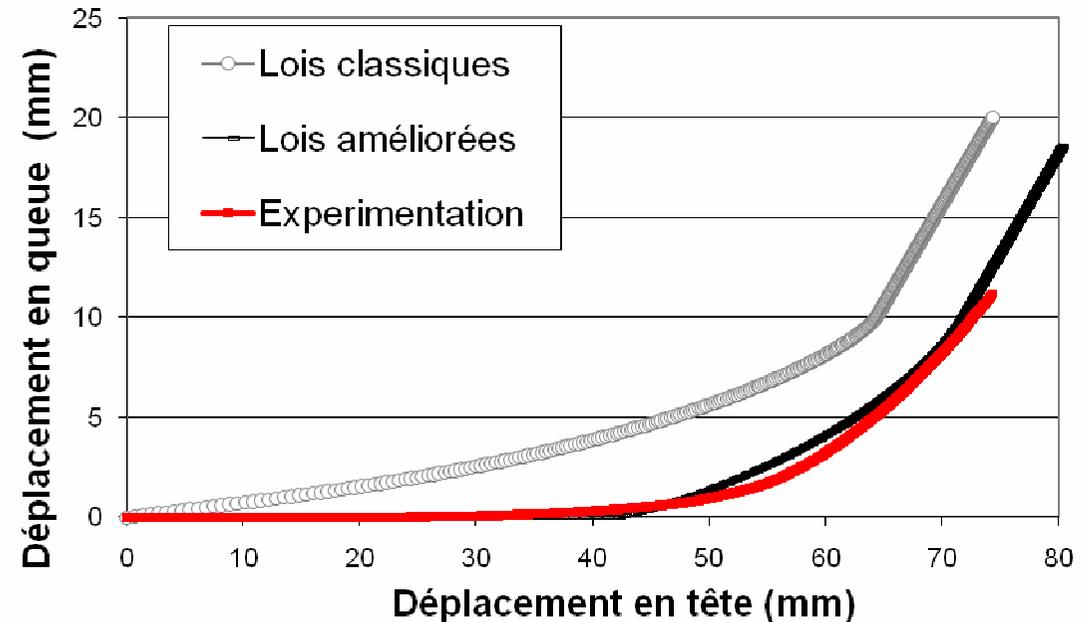
Confrontation lois classiques et modifiées

Extraction 2 bandes
Confinement : 80 kPa

F^* : 0.85

U^* : 10 mm

ε_0 : 0.6 %



Généralisation des paramètres des lois améliorées

$$f^* = f_0^* \times \frac{(120 - \sigma_v)}{120} + f_1^* \frac{\sigma_v}{120}$$

$$U^* = \alpha \sigma_v + \beta$$

$$0.3\% < \varepsilon_0 < 0.6\%$$

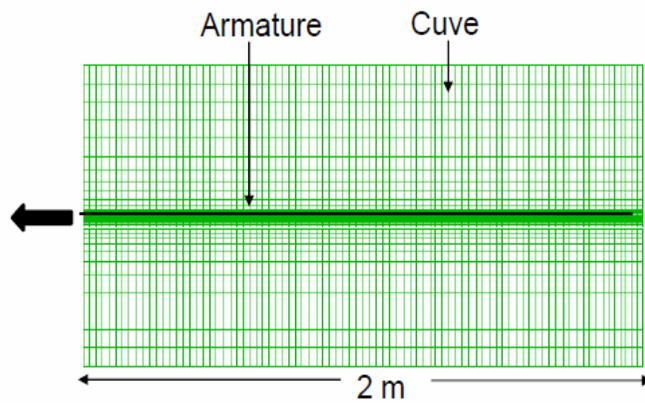
MODÉLISATION NUMÉRIQUE

MODÉLISATION 2D et 3D

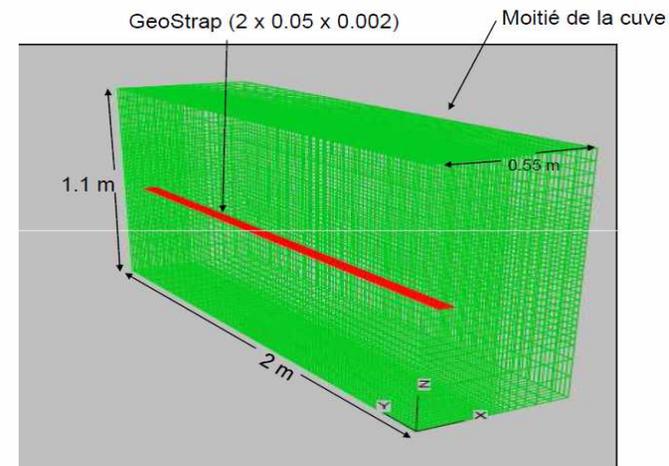
Modélisation numérique effectuée en milieu continu 2D et 3D (Flac, Itasca)

Modélisation 2D et 3D des essais d'extraction

Modèle 2D



Modèle 3D



Modélisation d'ouvrage renforcés

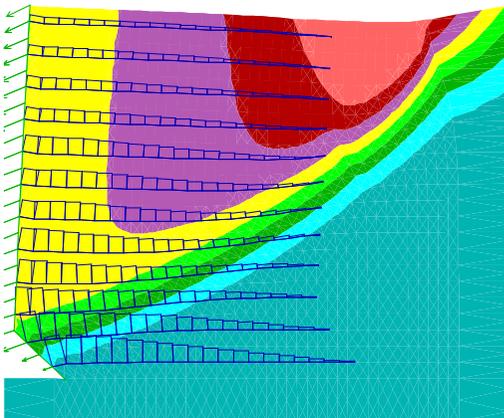
Étude de l'influence de différents paramètres :

- modèle de comportement du sol
- caractéristiques du sol
- interface sol/armature
- extensibilité du renforcement

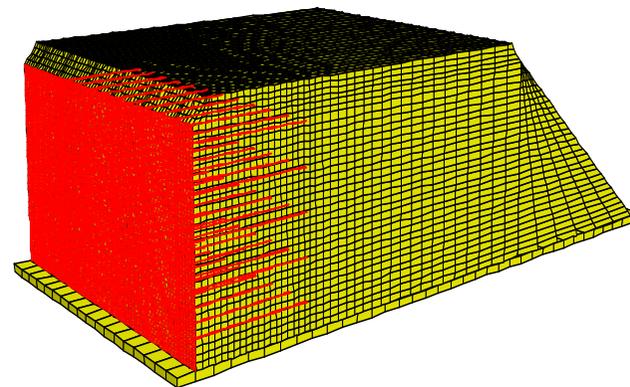
Confrontation du comportement : renforcements métalliques / synthétiques

Confrontation : modélisation 3D - mur expérimental du LCPC Rouen

Modèle 2D



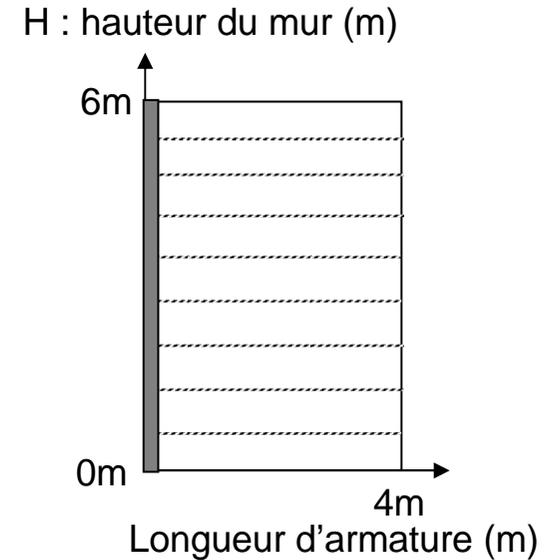
Modèle 3D



Modélisation 2D

Paramètres du modèle numérique:

- Mur de référence : 6m de hauteur
- Sol : **Modèle de comportement Mohr coulomb**
- Armatures : **Modèle de comportement élastique linéaire**
 - GeoStraps 50 kN
 - Armature métalliques HA
- Interface sol/armature : **Loi de frottement elasto-plastique**



Comparaison armatures souples et armatures métalliques

Sécurité (ELU) et déformation (ELS)

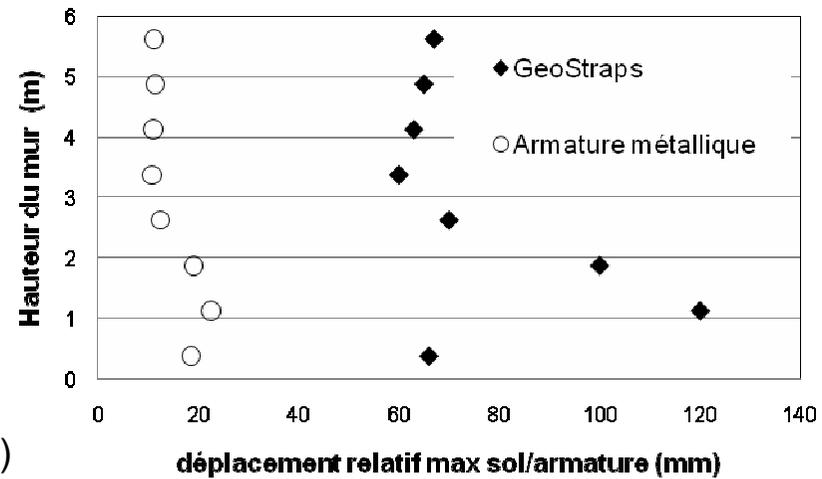
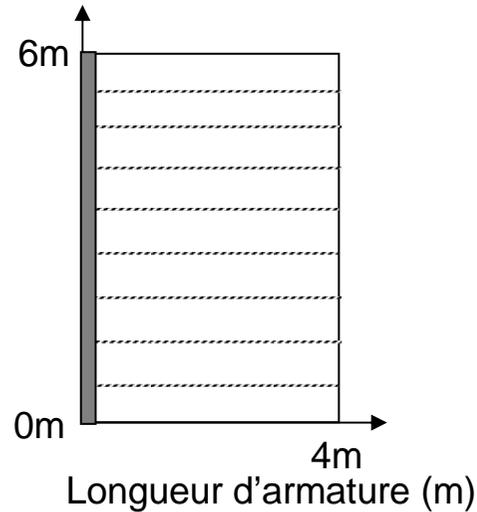
ARMATURES	Fs	U (mm)
Métalliques HA	1,44	15,38
Geostraps 50 kN	1,58	106,6

Fs : c et ϕ réduction

$$|U| = \sqrt{(U_x)^2 + (U_y)^2}$$

Mode de rupture

H : hauteur du mur (m)



CONCLUSIONS

Modélisation physique :

L'utilisation de deux bandes parallèles au lieu d'une seule bande, augmente sensiblement le frottement sol/armature.

Développement et validation de nouvelles bandes.

Modélisation analytique :

La prise en compte d'un seuil de déformation initial => simulation améliorée de la mobilisation progressive de l'armature .

L'utilisation d'une loi de frottement plus complexe, permet de mieux reproduire les tractions et les déplacements locaux.

Modélisation numérique

Armatures métalliques et synthétiques => Même mode de rupture.

Deux Geostraps = Capacité d'adhérence plus élevée.

Perspectives :

Intégrer les nouvelles lois dans les calculs numériques 2D et 3D pour aboutir à des simulations plus réalistes.

Etude de l'influence des paramètres avec les nouvelles lois.

Simulation d'un séisme.

MERCI DE VOTRE ATTENTION