

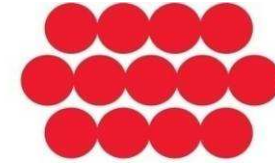
Laboratoire de Génie Civil et de l'Ingénierie Environnementale  
(L.G.C.I.E.) INSA Lyon

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

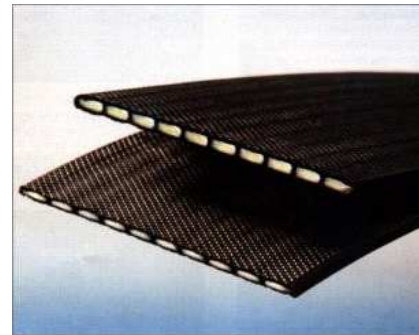
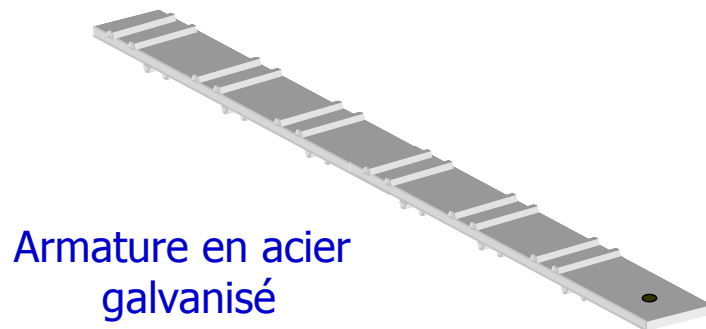
# CARACTÉRISATION ET MODÉLISATION DE L'ADHÉRENCE ET DE L'EXTENSIBILITÉ DES ARMATURES SYNTHÉTIQUES

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)

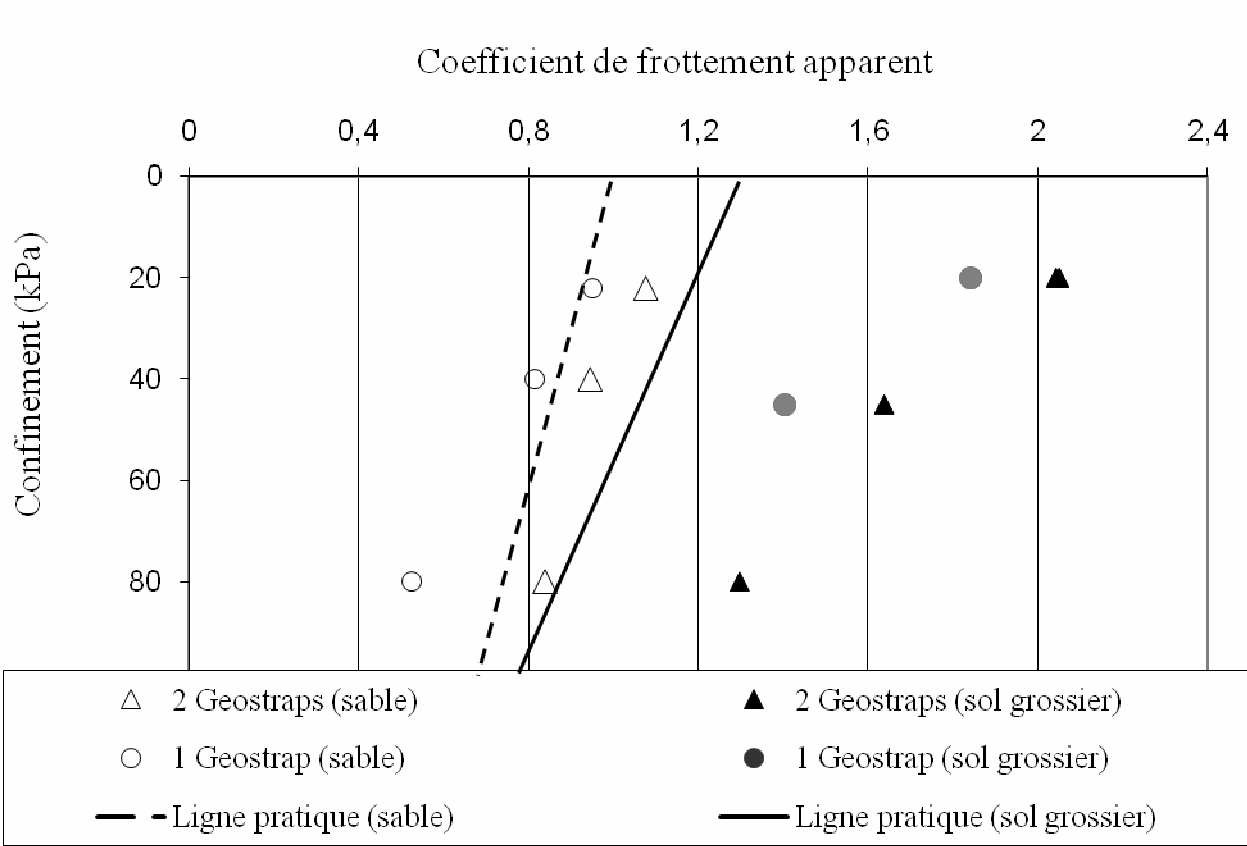
Simulation de différents niveaux de profondeurs



# RÉSULTATS ET ANALYSE

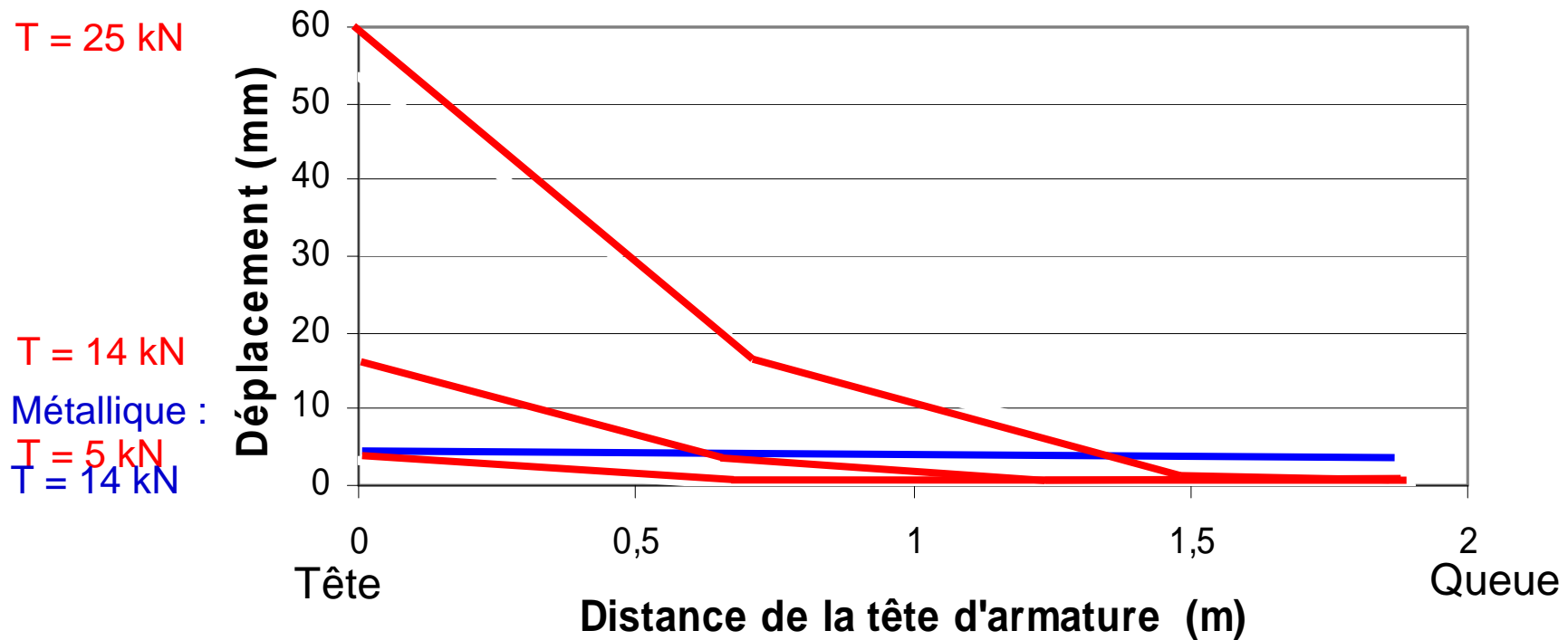
# Evolution du coefficient de frottement apparent maximum

$$f^* = \frac{\tau_{\max} : \text{Contrainte de cisaillement max (kPa)}}{\sigma_v : \text{contrainte de confinement initiale (kPa)}}$$



# La mobilisation progressive de l'armature synthétique

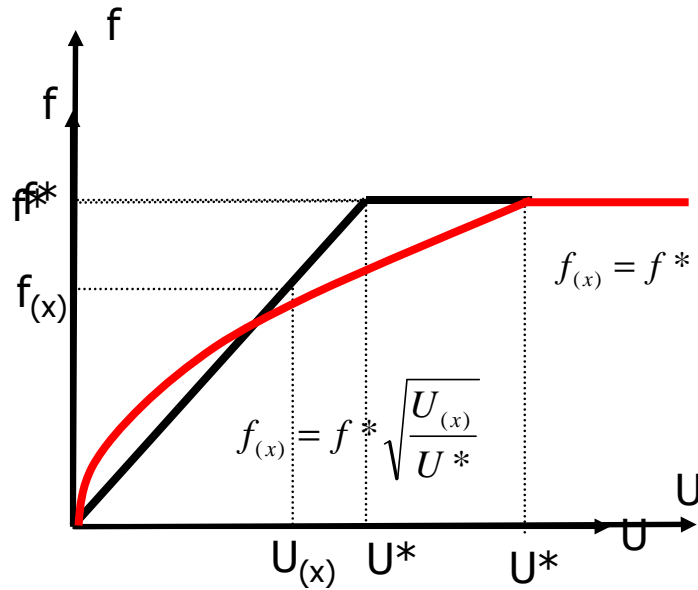
Contrainte de confinement : 80 kPa





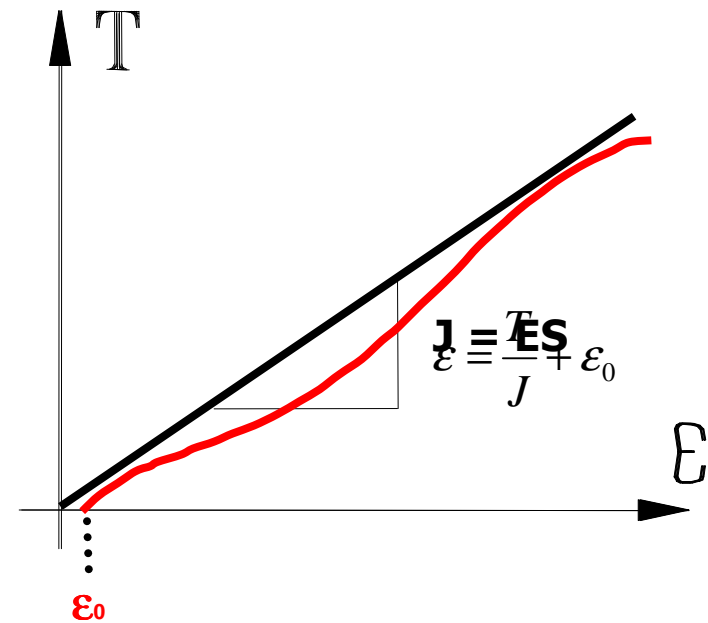
# MODÉLISATION ANALYTIQUE

# AMÉLIORATIONS CLASSIQUES



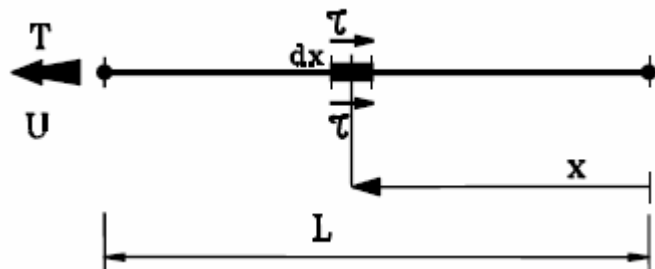
Loi de frottement classique (loi racine)

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



Loi de traction classique modifiée

$T$  : Traction  
 $\epsilon$  : Déformation -  $J$  : module d'élongation



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

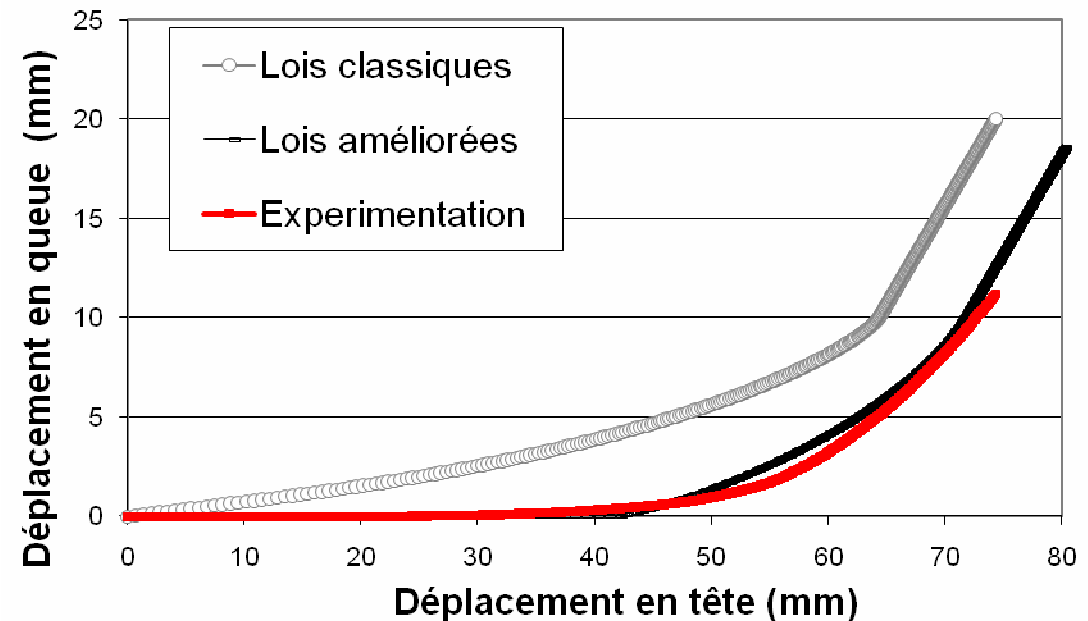
## Confrontation lois classiques et modifiées

Extraction 2 bandes  
Confinement : 80 kPa

$F^*$  : 0.85

$U^*$  : 10 mm

$\varepsilon_0$  : 0.6 %



## Généralisation des paramètres des lois améliorées

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

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

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

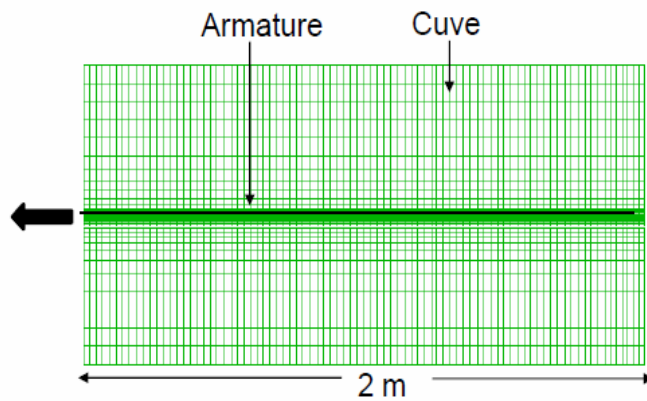
# MODÉLISATION NUMÉRIQUE

# MODÉLISATION 2D et 3D

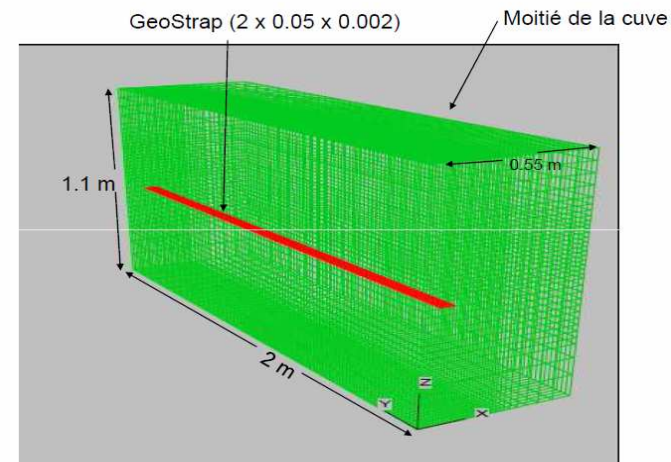
Modélisation numérique effectuée en milieu continu 2D et 3D (Flac, Itasca)

Modélisation 2D et 3D des essais d'extraction

Modèle 2D



Modèle 3D



# Modélisation d'ouvrage renforcés

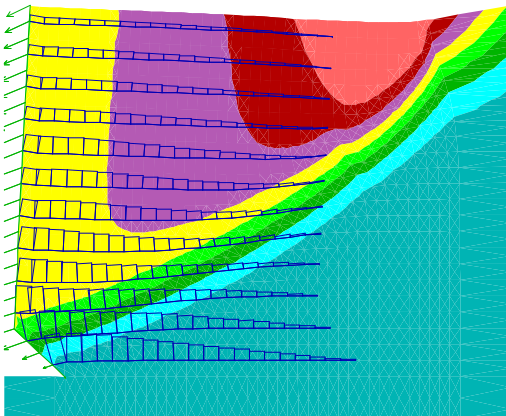
Étude de l'influence de différents paramètres :

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

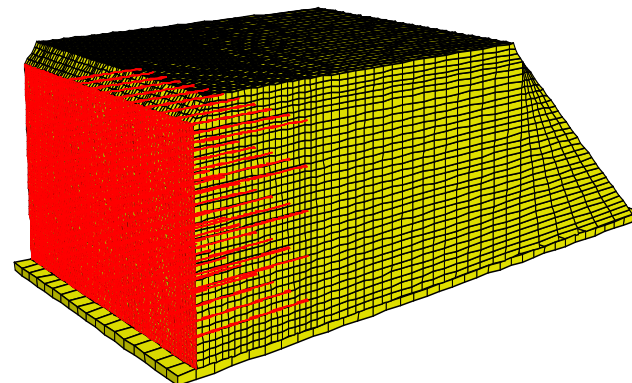
Confrontation du comportement : renforcements métalliques / synthétiques

Confrontation : modélisation 3D - mur expérimental du LCPC Rouen

Modèle 2D



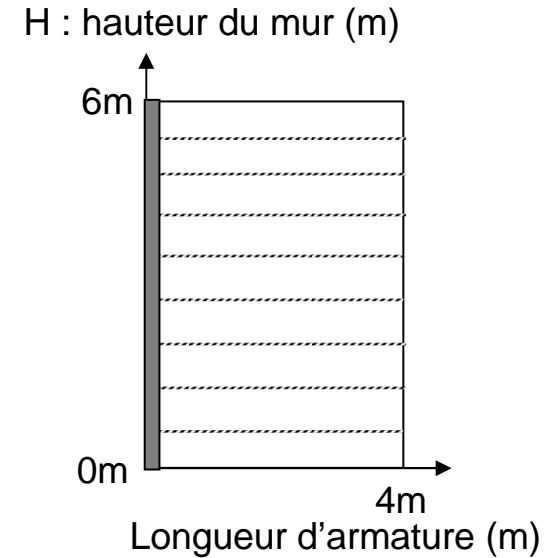
Modèle 3D



## 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)

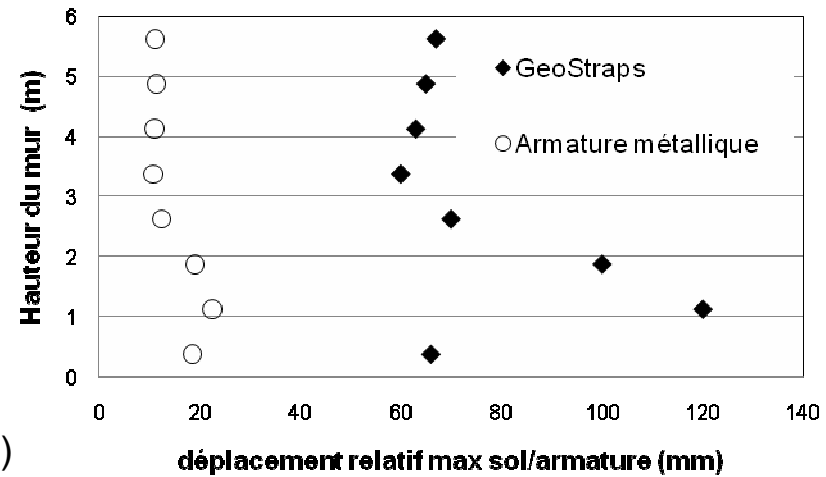
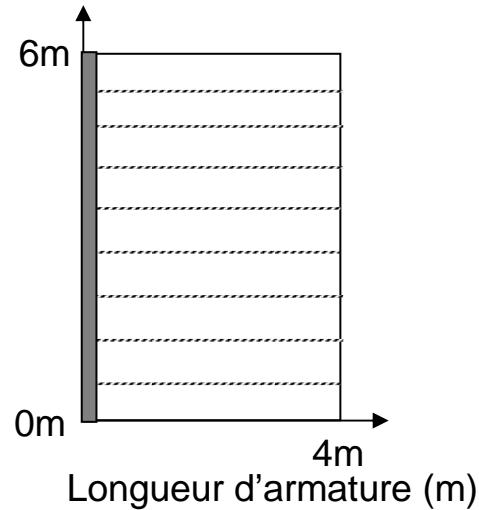
ARMATURES	Fs	U  (mm)
Métalliques HA	1,44	15,38
Geostraps 50 kN	1,58	106,6

Fs : c et  $\phi$  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**