

## Leçon n°7 – Poussée butée et introduction à la stabilité des ouvrages – Correction de l'exercice

### **Remarque introductive :**

Comme nous l'avons évoqué en cours, un sol ne peut reprendre de traction :

- un sol grenu (sable) soumis à la traction va se déformer et les grains vont se séparer ;
- dans un sol fin (ex : bloc d'argile) en traction, on assiste à une rupture fragile : des fissures se forment dans des plans perpendiculaires à l'axe de traction.

Par conséquent, les valeurs des contraintes dans un sol ne peuvent être négatives et sont minorées par  $\sigma'_h = 0$  (cas drainé) ou  $\sigma_h = 0$  (cas non-drainé) qui correspond à un état de rupture.

**Corollaire :** si la valeur calculée de la contrainte est négative, on la remplace par 0

### **1.a. Calcul des contraintes à court terme**

Les sols considérés sont des argiles, leur comportement à court terme est décrit par le critère de rupture de Tresca (en contraintes totales) :  $\sigma_h = \sigma_v - 2Cu$

#### Argile 1

Le calcul de la contrainte totale horizontale fournit :

- en surface  $\sigma_h = \sigma_v - 2Cu = 0 - 2*60 = -120 \text{ kPa}$
- à  $z = 2\text{m}$   $\sigma_h = \sigma_v - 2Cu = 2*19 - 2*60 = -82 \text{ kPa}$

Ces valeurs étant négatives, on remplace par 0 les contraintes horizontales sur toute la hauteur de la couche d'argile 1.

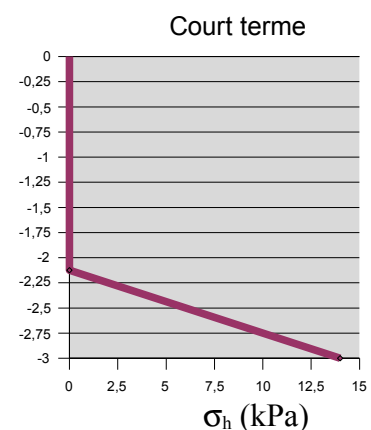
#### Argile 2

- à  $z = 2\text{m}$   $\sigma_h = \sigma_v - 2Cu = 2*19 - 2*20 = -2 \text{ kPa}$
- à  $z = 3\text{m}$   $\sigma_h = \sigma_v - 2Cu = 2*19 + 16 - 2*20 = 14 \text{ kPa}$

Dans la partie supérieure de la couche, les contraintes totales horizontales négatives sont remplacées par 0.

Les contraintes sont positives si

$$\sigma_h = \sigma_v - 2Cu = 2*19 + (z-2)*16 - 2*20 > 0 \quad \text{d'où} \quad z > 2,125 \text{ m}$$



### **1.b. Calcul des contraintes à long terme**

Le comportement à long terme des argiles obéit au critère de rupture de Mohr-Coulomb (en

contraintes effectives) :  $\sigma'_h = K_a \sigma'_v - 2c' \sqrt{K_a}$  avec  $K_a = \frac{1 - \sin \phi'}{1 + \sin \phi'}$

### Argile 1

Le calcul de la contrainte horizontale fournit :

- en surface  $\sigma'_h = K_a \sigma'_v - 2c' \sqrt{K_a} = -11,55 \text{ kPa}$
- à  $z = 2\text{m}$   $\sigma'_h = K_a \sigma'_v - 2c' \sqrt{K_a} = 1,12 \text{ kPa}$

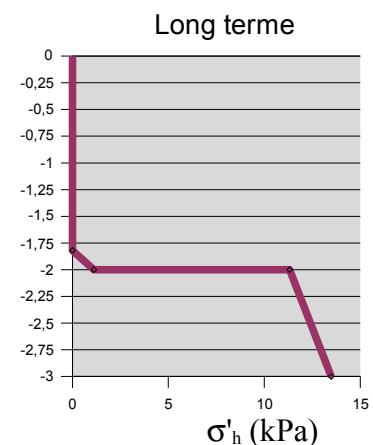
Dans la partie supérieure de la couche, les contraintes horizontales négatives sont remplacées par 0.

Les contraintes sont positives si  $\sigma'_h = K_a \sigma'_v - 2c' \sqrt{K_a} > 0 \text{ kPa}$  d'où  $z > 1,82 \text{ m}$

### Argile 2

- à  $z = 2\text{m}$   $\sigma'_h = K_a \sigma'_v - 2c' \sqrt{K_a} = 11,32 \text{ kPa}$
- à  $z = 3\text{m}$   $\sigma'_h = K_a \sigma'_v - 2c' \sqrt{K_a} = 13,48 \text{ kPa}$

Ces valeurs étant positives, elles sont prises en compte sans modification sur toute la hauteur de la couche d'argile 2.



## 2.a. Stabilité de la tranchée à court terme

Comme nous l'avons vu dans la question précédente, les contraintes horizontales le long de la paroi de la tranchée sont nulles jusqu'à une profondeur de 2,125m. En deçà de cette limite, les contraintes redeviennent positives : le sol « pousse » (état de poussée).

En l'absence de soutènement pour reprendre cette poussée, le bas de la fouille est instable.

## 2.b. Stabilité de la tranchée à long terme

A long terme par contre, les contraintes horizontales effectives sont positives dans toute la couche d'argile 2 et au bas de l'argile 1, ce qui est plus défavorable que dans le cas à court terme où les contraintes horizontales totales ne sont positives que dans la partie basse de la tranchée. Par conséquent, la fouille est moins stable à long terme qu'à court terme. Elle ne tiendra pas sans mise en place en bas de fouille d'un soutènement d'une longueur plus importante qu'à court terme.

Rq : Dans un sol fin, l'état le plus contraignant du point de vue de la stabilité est celui à long terme : une tranchée soutenue dans sa partie basse et stable à court terme peut devenir instable sur le long terme, lorsque le drainage a eu lieu. Ce phénomène a été observé sur les pentes bordant les lignes du métro londonien : stables lors de leur excavation (à court terme), les talus ont commencé à se rompre après drainage, plus de 100 ans après leur construction.

Rq2 : Comme le montrent les calculs, une tranchée dans un sol cohérent reste stable aux faibles profondeurs (tant que  $\sigma'_h < 0$ ). Mais des excavations plus profondes entraînent l'apparition de contraintes positives sur une partie plus importante de la paroi et provoquent l'instabilité. C'est la raison pour laquelle les règlements français interdisent les excavations non-soutenues au delà d'une certaine profondeur.