

**EVALUATION DES EFFORTS
PARASITES SUR LES PIEUX**

**Mr. EJJAOUANI
(LPEE)**

RESUME

Cet article rappelle l'importance des efforts horizontaux, dus à la présence des sols compressibles, et la méthode des déplacements utilisée pour leur évaluation. Il résume les difficultés de leur utilisation brute dans les cas des estuaires Marocains où l'épaisseur des vases dépasse les trente mètres.

Une instrumentation reste nécessaire pour avoir des résultats à des profondeurs aussi importantes, moyennant des tassomètres et des inclinomètres

INTRODUCTION

On entend par efforts parasites, les efforts supplémentaires exercés sur les pieux en cas de présence de sols compressibles et / ou mous. Ces efforts se distinguent en deux types:

- Les efforts horizontaux dus à un déplacement latéral du sol .
- Les efforts de frottement négatif dus à un déplacement vertical du sol

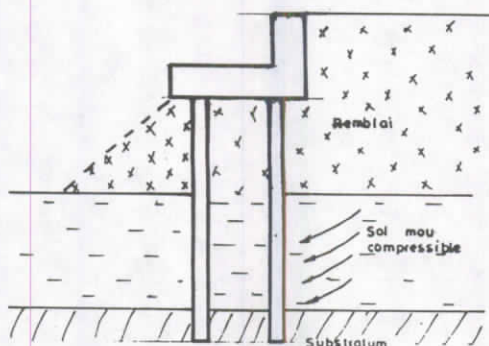
Ainsi donc dès qu'on a affaire à des fondations profondes traversant des sols mous, il faut s'attendre à des efforts parasites dont la négligence ou la sous estimation peut conduire à des désordres .

Au Maroc, ces cas, peu fréquents auparavant, se sont multipliés avec le projet de l'Autoroute Rabat - Tanger .

Les ouvrages importants intéressés sont les traversées de Boureg - Reg, de Sebou et de Loukkos, où on rencontre des épaisseurs importantes de vase pouvant atteindre 30m.

On ne s'intéresse dans cet article qu'aux efforts horizontaux .

Ces efforts nécessitent la présence de charges dissymétriques sur les sols mous, cas des culées des Ouvrages d'Art ou des murs de quais (7) .



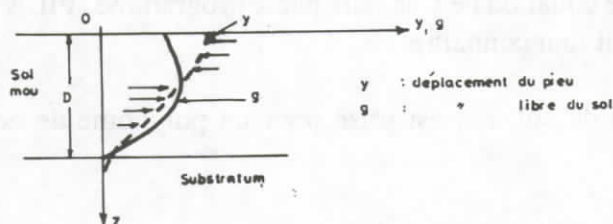
Sous l'effet des déplacements horizontaux au niveau de la couche molle, les pieux se trouvent donc soumis à des efforts de poussées exercées par le sol.

Longtemps l'évaluation de ces poussées a été faite à partir de la méthode de TCHEBOLARIOF (FOND. 72). Celle - ci donne l'effort sur le pieu indépendamment de sa déformée et de celle du sol .

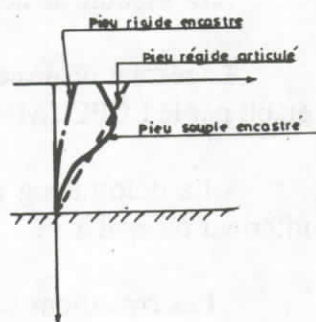
Ces deux dernières décennies, et grâce à l'instrumentation de plusieurs ouvrages, on a assisté au développement de méthodes basées sur les déplacements et qui tiennent compte de l'interaction sol - pieu .

II/ METHODE DE DIMENSIONNEMENT

La méthode au déplacement permet d'avoir la distribution des efforts le long du pieu ainsi que les déformations, en fonction des déplacements libres du sol .



Déformées du sol et du pieu (7)



Types de déformées des pieux (7)

Déformées du sol et du pieu (7)

Types de déformées des pieux (7)

Selon la rigidité des pieux, les conditions de son encastrement et la consolidation du sol, on peut avoir plusieurs types de déformés. Le sol peut jouer le rôle moteur ou résistant selon le déplacement relatif entre le pieu et le sol .

Le principe de la méthode de calcul est basée sur la théorie du module de réaction . L'effort en tout point est proportionnel à la différence de déplacement entre le pieu et le sol soit:

$$p = k (y (z) - g (z)) = k D y$$

L'équation d'équilibre s'écrit:

$$EI = d^4 y / dz^4 + KB$$

EI: rigidité des pieux

B: diamètre du pieu

KB: module de déformation qu'on remplace par ES .

La résolution de cette équation peut se faire par le programme "PILATE" établi par le LCPC . Mais il faut connaître:

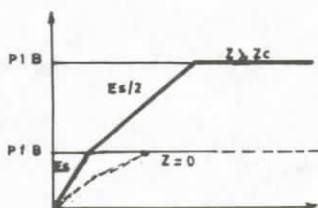
- La déformée $g (z)$ du sol, qui est prise pour un polynôme de degré inférieur ou égal à 3 .

- Les conditions en tête et en pieds .

- Les distributions de Es .

*** Module Es:**

Il est déterminé en général à partir des essais pressiométriques in-situ. On prend en compte la courbe suivante: (7) .



P_c : pression limite du sol

P_f : pression de fluage

* Conditions en tête et en pieds:

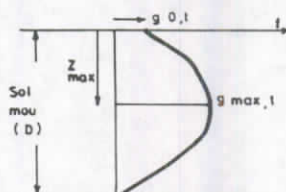
Les conditions en tête doivent tenir compte des liaisons entre pieux et semelle, et sont maîtrisables à l'avance,

Les conditions en pieds sont par contre difficiles à évaluer, et leur influence est variable selon la rigidité des pieux. Le programme "PILATE" permet de surmonter cette difficulté en prenant des lois de mobilisation entre les efforts et les déplacements .

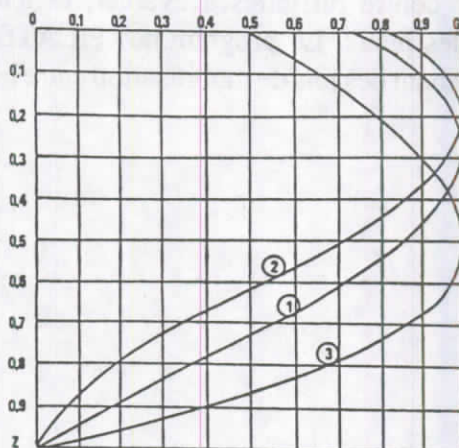
- Déformée $q(z)$ du sol à l'instant t :

$$g_t(z) = G(Z), g_{\max, t}$$

$$Z = z/D.$$



- $G(Z)$: Déformée déterminée soit à partir d'essais in-situ soit à partir de courbes types telles que celles avancées ci-dessous.



Les équations de chacune de ces déformées types sont les suivantes :

Courbe 1 :

$$G = 1,83 Z^3 - 4,69 Z^2 + 2,13 Z + 0,73$$

Courbe 2 :

$$G = 3,42 Z^3 - 6,37 Z^2 + 2,14 Z + 0,81$$

Courbe 3 :

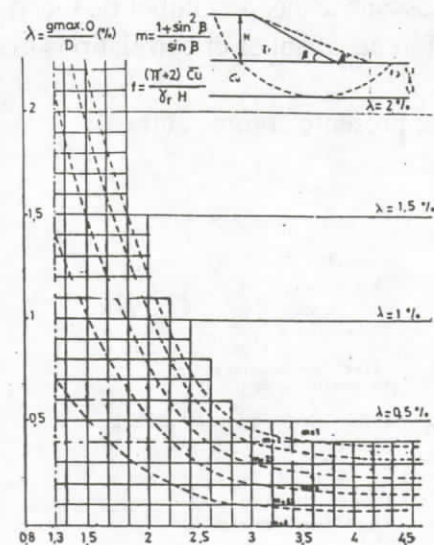
$$G = -2 Z^3 + 1,5 Z + 0,5$$

Déplacement du sol libre : déformées adimensionnelles $G(Z)$ types. (7)

- $g_{\max, t}$: cette déformée est composée de celle obtenue à la fin de l'édification du remblai et de celle qui est différée, soit

$$g_{\max, t} = g_{\max, 10} + g_{\max, t},$$

La première correspondant à la fin des remblais, est obtenue à l'aide d'abaque ci - dessous en fonction des paramètres du sol et du coefficient de sécurité au poinçonnement .



- Abaque de détermination de $\lambda = \frac{g_{max.0}}{D}$ en fonction de m et de t .(7)

Le seconde, différée est fonction du tassement(.St) et on a :
 $g_{max}, t = K.St$

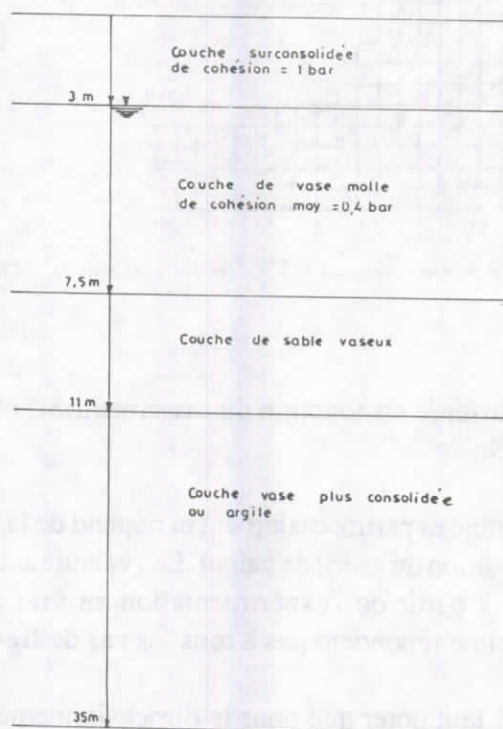
K étant déterminé expérimentalement et dépend de la pente adoptée pour le remblai et de la position du profil de calcul. Les valeurs actuellement trouvées pour ce paramètre, à partir de l'expérimentation en vrai grandeur, sont très limités en nombre et ne répondent pas à tous les cas de figures .

Par ailleurs, il faut noter que pour le dimensionnement des pieux on ne prendra en compte le déplacement qu'à partir de l'instant de leur réalisation T, soit : (g'_{max} , - g'_{max} , T)

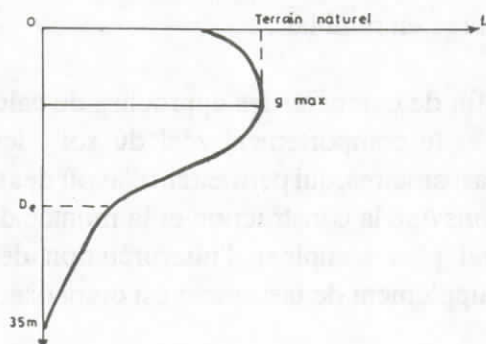
III/ DIFFICULTES D'APPLICATION AU CAS DE PONT SUR OUED SEBOU

Nous exposons ci - dessous le cas particulier de Oued Sebou et les limites d'utilisation des différents abaques et corrélations avancées .

La lithologie du sol se présente comme suit (6):



Cette coupe montre qu'on ne rencontre de vrai substratum qu'à partir de 35m, et par conséquent, théoriquement, il faut prendre toute la couche surmontant le substratum comme compressible mais avec des degrés de consolidation variables. Il y a donc à déterminer une épaisseur efficace (D_e) qu'il faut prendre en compte en tenant compte des passages surconsolidés.



On pourrait aussi déterminer cette courbe moyennant des superpositions avec des couches homogènes, mais la marge d'erreur sur les calculs deviendra de plus en plus importante.

Mais si on détermine la longueur de transfert, on peut remarquer que la partie la plus sollicitée reste limitée aux premiers 15 mètres ce qui montre qu'on ne comettait pas d'erreur significative si on se limite à cette tranche pour les prédimensionnements pieux.

La deuxième difficulté vient du mode d'édification du remblai. En effet compte - tenu des tassements excessifs prévus pour les remblais, il est prévu comme moyen de traitement un préchargement par une surhauteur en remblai. Ces remblais seront maintenus pour une période suffisante pour avoir une consolidation appréciable du sol, avant leur déchargement.

Aussi donc, les tassements et leur évolution dans le temps seront assez complexes, En effet si on se contente uniquement des tassements prépondérants à savoir:

- Le tassement de consolidation
- Le tassement de fluage .

Il faut au moment du déchargement du remblai tenir - compte d'un fluage résiduel dû à la surcharge en remblai .

Ainsi donc et, afin de comparer les approches de calcul effectués par la précédente méthode et le comportement réel du sol , les remblais ont été instrumentés par des tassomètres, qui permettent d'avoir des tassements à la base chaque jour . Rappelons que la construction et la montée du remblai n'est pas uniforme, ce qui rend plus complexe l'interprétation des résultats surtout lorsqu'on sait qu'un supplément de tassement est composé .

- d'une partie drainée immédiate
- d'une partie non drainée immédiate
- d'une partie drainée de consolidation .