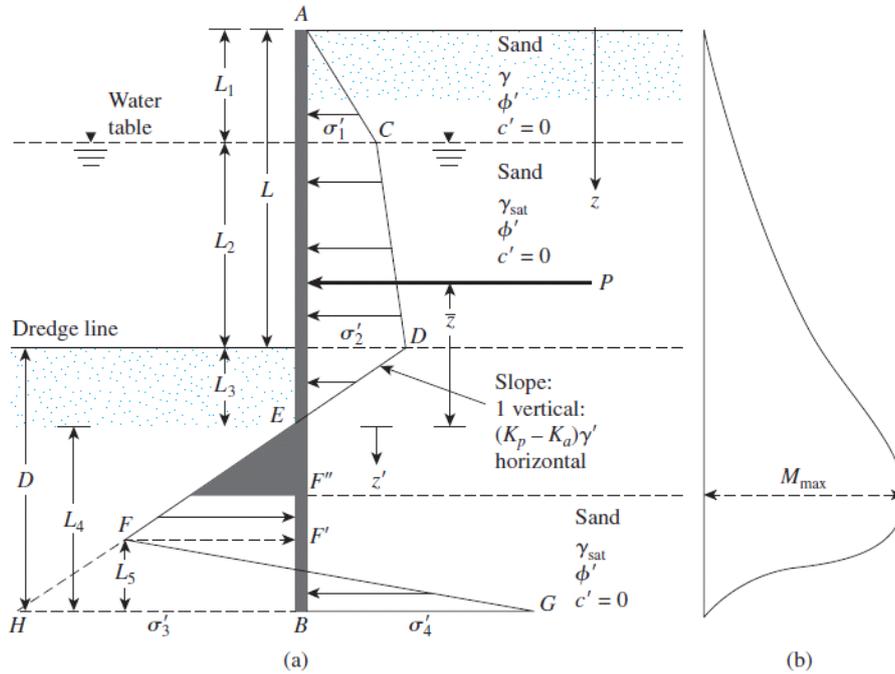


## A) Rideau non ancré en tête :

### 1. Palplanches encastrés dans le sable :

Pour déterminer la fiche d'un rideau de palplanche encastré dans le sable qui donne une sécurité suffisante, la distribution des contraintes suivent un diagramme triangulaire comme illustrer sur la figure suivante :



La contrainte :  $\sigma'_1 = \sigma'_{ha}$  contrainte horizontale à la limite de poussée

$$\sigma'_{ha} = \sigma'_v K_a - 2c'\sqrt{K_a}$$

Lorsque  $Z = L_1$

$$\sigma'_1 = \gamma L_1 K_a$$

Lorsque  $Z = L_1 + L_2$

$$\sigma'_2 = (\gamma L_1 + \gamma' L_2) K_a$$

Lorsque  $Z > L$  :

**On remarque** qu'on a une contrainte de poussée et de butée, dans ce cas on va déterminer la contrainte nette

La contrainte nette :  $\sigma' = \sigma'_{hp} - \sigma'_{ha}$

$$\sigma'_{ha} = K_a[\gamma L_1 + \gamma' L_2 + \gamma'(z - L_1 - L_2)] - 2c'\sqrt{K_a}$$

$$c' = 0 : \quad \sigma'_{ha} = K_a[\gamma L_1 + \gamma' L_2 + \gamma'(z - L_1 - L_2)]$$

$$\text{Et} \quad \sigma'_{hp} = K_p[\gamma'(z - L_1 - L_2)]$$

$$\text{Donc} \quad \sigma' = K_p[\gamma'(z - L_1 - L_2)] - K_a[\gamma L_1 + \gamma' L_2 + \gamma'(z - L_1 - L_2)]$$

$$\sigma' = \sigma'_2 - \gamma'(Z - L)(K_p - K_a)$$

On remarque que la contrainte nette s'annule lorsque  $Z - L = L_3$

$$\sigma'_2 - \gamma'(Z - L)(K_p - K_a) = 0$$

$$L_3 = \frac{\sigma'_2}{\gamma'(K_p - K_a)}$$

Pour déterminer  $\sigma'_3$ : on a

$$\frac{\sigma'_2}{\sigma'_3} = \frac{L_3}{L_4}$$

$$\sigma'_3 = \frac{\sigma'_2 \cdot L_4}{L_3} = \frac{\sigma'_2 \cdot L_4 \cdot \gamma'(K_p - K_a)}{\sigma'_2}$$

$$\sigma'_3 = L_4 \cdot \gamma'(K_p - K_a)$$

A la base du rideau :  $Z = L + D$  :

**On remarque** qu'on a une contrainte de poussée et de butée, dans ce cas on va déterminer la contrainte nette

$$\text{La contrainte nette : } \sigma' = \sigma'_{hp} - \sigma'_{ha} = \sigma'_4$$

$$\sigma'_{hp} = K_p[\gamma L_1 + \gamma' L_2 + \gamma' D]$$

$$\sigma'_{ha} = K_a \gamma' D$$

$$\text{Donc : } \sigma'_4 = K_p(\gamma L_1 + \gamma' L_2) + (K_p - K_a)\gamma' D \quad \text{avec } D = L_3 + L_4$$

$$\sigma'_4 = \underbrace{K_p(\gamma L_1 + \gamma' L_2) + (K_p - K_a)\gamma' L_3}_{\sigma'_5} + (K_p - K_a)\gamma' L_4$$

$$\sigma'_4 = \sigma'_5 + (K_p - K_a)\gamma' L_4$$

Pour calculer  $L_4$ , on doit satisfaire les conditions d'équilibres : C'est-à-dire :

$$\sum F_H = 0 \quad \text{et} \quad \sum M_B = 0$$

$$\sum F_H = \text{surface ACDE} - \text{surface EFHB} + \text{surface FHBG} = 0$$

Surface ACDE = P

$$P - \frac{1}{2} \sigma'_3 \cdot L_4 + \frac{1}{2} L_5 (\sigma'_3 + \sigma'_4) = 0$$

on obtient : 
$$L_5 = \frac{\sigma'_3 \cdot L_4 - 2P_1}{\sigma'_3 + \sigma'_4}$$

$$\sum M_{/B} = 0$$

$$P(L_4 + \bar{z}) - \left(\frac{1}{2} L_4 \sigma'_3\right) \left(\frac{L_4}{3}\right) + \frac{1}{2} L_5 (\sigma'_3 + \sigma'_4) \left(\frac{L_5}{3}\right) = 0$$

Si on combine les différentes équations, on obtient :

$$L_4^4 + A_1 L_4^3 - A_2 L_4^2 - A_3 L_4 - A_4 = 0$$

Avec :

$$A_1 = \frac{\sigma'_5}{\gamma' (K_p - K_a)}$$
$$A_2 = \frac{8P}{\gamma' (K_p - K_a)}$$
$$A_3 = \frac{6P[2\bar{z}\gamma' (K_p - K_a) + \sigma'_5]}{\gamma'^2 (K_p - K_a)^2}$$
$$A_4 = \frac{P(6\bar{z}\sigma'_5 + 4P)}{\gamma'^2 (K_p - K_a)^2}$$

Détermination de la fiche D :  $D = L_3 + L_4$

$$D_{\text{adoptée}} = 1,2 D$$

### Calcul du moment maximal et vérification :

Le moment max est situé les points E et F' ; pour les calculs, il faut déterminer le point où l'effort tranchant est nul.

L'effort tranchant est nul lorsque :

$$\text{La surface ACDE} = \text{La surface EFF'}$$

En utilisant un nouvel axe z' (voir figure ci-dessus) :

$$\frac{\sigma'_2}{L_3} = \frac{FF'}{z'}$$

$$FF' = \frac{\sigma'_2}{L_3} z' = (K_p - K_a) \gamma' \cdot z'$$

La force opposée du triangle EFF'

$$P = \frac{1}{2} \gamma' (K_p - K_a) \cdot z'^2$$

$$z' = \sqrt{\frac{2P}{\gamma' (K_p - K_a)}}$$

Le moment max est :

$$M_{\max} = P(\bar{z} + z') - \left[ \frac{1}{2} \gamma' z'^2 (K_p - K_a) \right] \left( \frac{1}{3} \right) z'$$

**Vérification:**

Il faut que la contrainte max dans une palplanche ne dépasse pas la contrainte admissible de l'acier :

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} \leq \sigma_{ad}$$

$\sigma_{ad}$ : Contrainte de flexion admissible  $\approx 0,666 \sigma_e$

W : module de résistance de la palplanche par unité de longueur

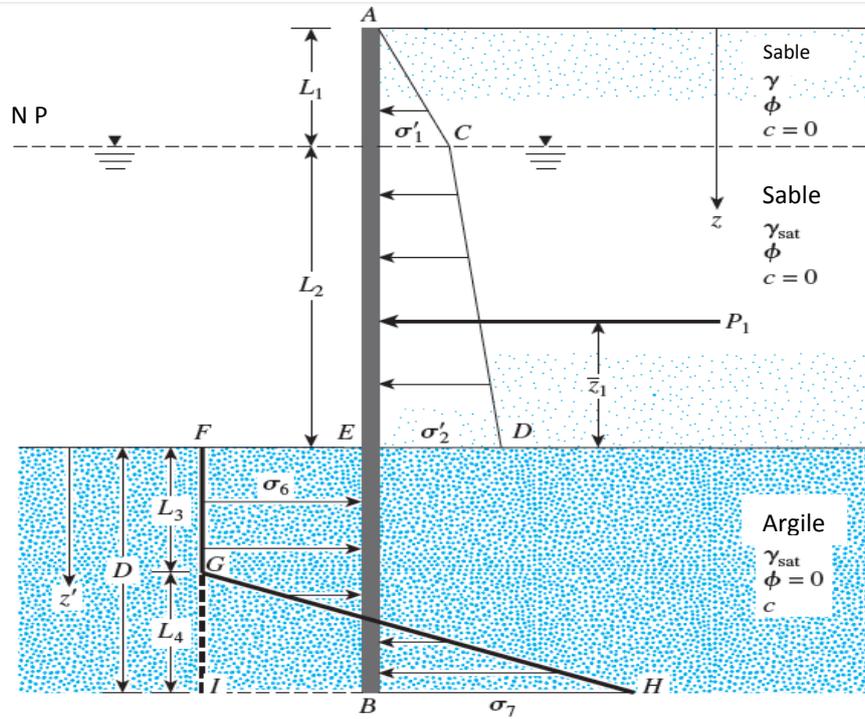
$$W = \frac{I}{b/2}$$

Il faut que :  $W \geq M_{\max} / \sigma_{ad}$



## 2. Palplanches encastrés dans l'argile :

Dans certains cas, le rideau de palplanches est encasté dans l'argile, le diagramme des pressions latérales est alors différent de celui obtenu dans le cas des sols pulvérulents. La figure ci-dessous représente la distribution des contraintes latérales cas de Palplanches encastrés dans l'argile



La contrainte  $\sigma'_1$  et  $\sigma'_2$  sont calculées de la même manière que pour les rideaux encastrés dans le sable.

➤ Lorsque  $Z > L$ : on a

La contrainte nette :  $\sigma' = \sigma'_{hp} - \sigma'_{ha}$

$$\sigma'_{ha} = K_a[\gamma L_1 + \gamma' L_2 + \gamma_{sat}(z - L_1 - L_2)] - 2c\sqrt{K_a}$$

$$\phi = 0, \text{ dans ce cas : } K_a = 1 \text{ et } K_p = 1$$

$$\sigma'_{hp} = K_p[\gamma_{sat}(z - L_1 - L_2)] + 2c\sqrt{K_p}$$

$$\text{Donc } \sigma' = \sigma'_6 = 4c - (\gamma L_1 + \gamma' L_2)$$

➤ A la base du rideau :  $Z = L + D$

$$\sigma'_{hp} = [\gamma L_1 + \gamma' L_2 + \gamma_{sat} \cdot D] + 2c$$

$$\sigma'_{ha} = [\gamma_{sat} \cdot D] - 2c$$

$$\sigma'_7 = 4c + (\gamma L_1 + \gamma' L_2)$$

Pour calculer  $L_4$ , on doit satisfaire les conditions d'équilibres :

$$\sum F_H = 0 \text{ et } \sum M_{/B} = 0$$

$$\sum F_H = \text{surface ACDE} - \text{surface FIBE} + \text{surface GIH}$$

$$P_1 - [4c - (\gamma L_1 + \gamma' L_2)]D + \frac{1}{2} L_4 [4c - (\gamma L_1 + \gamma' L_2) + 4c + (\gamma L_1 + \gamma' L_2)] = 0$$

$$\text{on obtient : } L_4 = \frac{[4c - (\gamma L_1 + \gamma' L_2)]D - P_1}{4c} \quad (1)$$

$$\sum M_B = 0$$

$$P_1 - (D + \bar{z}_1) - [4c - (\gamma L_1 + \gamma' L_2)] \frac{D^2}{2} + \frac{1}{2} L_4 (8c) \left( \frac{L_4}{3} \right) = 0 \quad (2)$$

Si on combine l'équation 1 et 2, on obtient :

$$D^2[4c - (\gamma L_1 + \gamma' L_2)] - 2DP_1 - \frac{P_1(P_1 + 12c\bar{z}_1)}{(\gamma L_1 + \gamma' L_2) + 2c} = 0$$

➤ **Calcul du moment maximal :**

Le moment max est situé entre  $L_1 + L_2 < z < L_1 + L_2 + L_3$

En utilisant un nouvel axe  $z'$  (voir figure ci-dessus) :

$$P_1 - \sigma_6 z' = 0$$

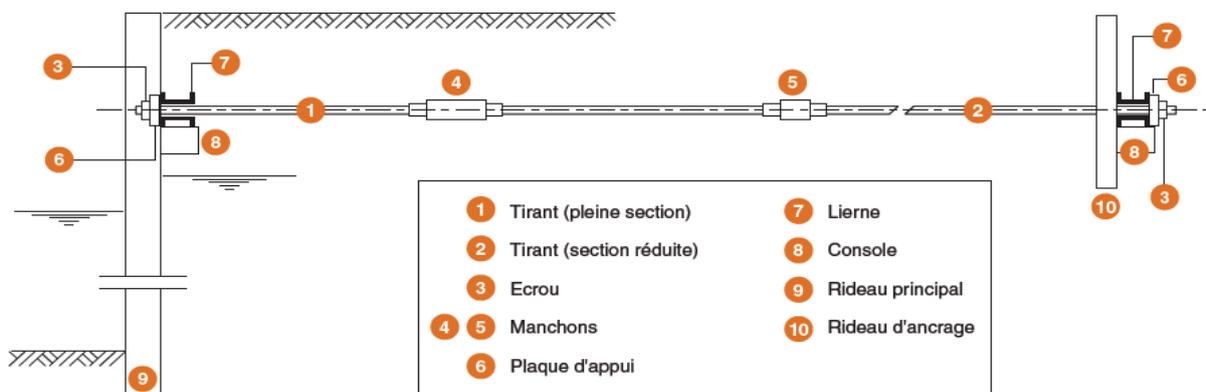
$$z' = \frac{P_1}{\sigma_6}$$

Le moment max est :

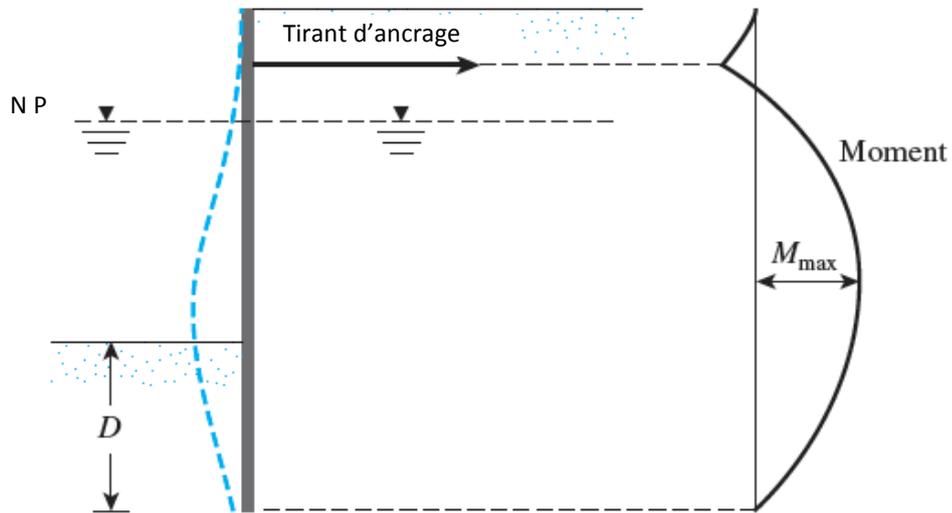
$$M_{\max} = P_1(z' + \bar{z}_1) - \frac{\sigma_6 z'^2}{2}$$

**B) Rideau ancré en tête :**

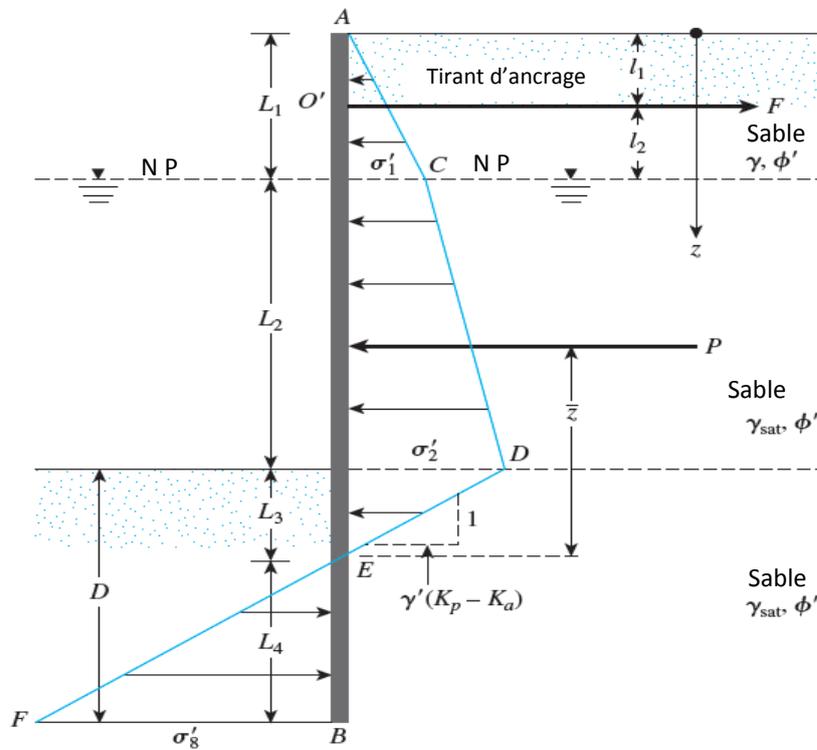
Dans le cas où la hauteur de matériau à excaver derrière le rideau dépasse les 6m, il est plus économique d'ajouter des tirants d'ancrages pour limiter les déplacements en tête et assurer la stabilité. Il s'agit alors de tirants qui permettent de renvoyer les efforts suffisamment loin en arrière du rideau (voir la figure ci-dessous).



**Tirant d'ancrage**



### 1. Palplanches encastrés dans le sable :



- Dans ce cas, le problème est de déterminer la fiche  $D$  du rideau et la force de traction  $F$  dans le tirant d'ancrage.

Lorsque  $Z = L_1$

$$\sigma'_1 = \gamma L_1 K_a$$

Lorsque  $Z = L_1 + L_2$

$$\sigma'_2 = (\gamma L_1 + \gamma' L_2) K_a$$

- Lorsque  $Z > L$ : on a

La contrainte nette :  $\sigma' = \sigma'_{hp} - \sigma'_{ha}$

$$\sigma'_{ha} = K_a[\gamma L_1 + \gamma' L_2 + \gamma_{sat}(z - L_1 - L_2)]$$

$$\sigma'_{hp} = K_p[\gamma'(z - L_1 - L_2)]$$

$$\text{Donc } \sigma' = \gamma'(z - L_1 - L_2)(K_p - K_a) - (\gamma L_1 + \gamma' L_2)K_a$$

Lorsque  $Z = L_1 + L_2 + L_3$  On a :  $\sigma' = 0$

$$L_3 = \frac{\sigma'_2}{\gamma'(K_p - K_a)}$$

Lorsque  $Z = L_1 + L_2 + L_3 + L_4$

$$\sigma'_8 = \gamma'(K_p - K_a) L_4$$

Pour déterminer la force de traction F, il faut que :

$$\sum F_H = 0$$

$$\sum F_H = \text{surface ACDE} - \text{surface EFB} - F = 0$$

$$P - \frac{1}{2} L_4 \sigma'_8 - F = 0$$

$$F = P - \frac{1}{2} L_4^2 \gamma'(K_p - K_a)$$

Et pour déterminer  $L_4$ , il faut que :

$$\sum M_{/O'} = 0$$

$$-P[(L_1 + L_2 + L_3) - (\bar{z} + l_1)] + \frac{1}{2} [\gamma'(K_p - K_a)] L_4^2 \left( l_2 + L_2 + L_3 + \frac{2}{3} L_4 \right) = 0$$

$$L_4^3 + 1.5 L_4^2 (l_2 + L_2 + L_3) - \frac{3P[(L_1 + L_2 + L_3) - (\bar{z} + l_1)]}{\gamma'(K_p - K_a)} = 0$$

**Pour calculer  $\bar{z}$** , il faut que moment (des efforts proviennent de la surface ACDE) au point E soit égal à zéro

Donc la fiche D est majorée de 30% à 40%

➤ **Calcul du moment maximal :**

Le moment max est situé entre  $L_1 < z < L_1 + L_2$

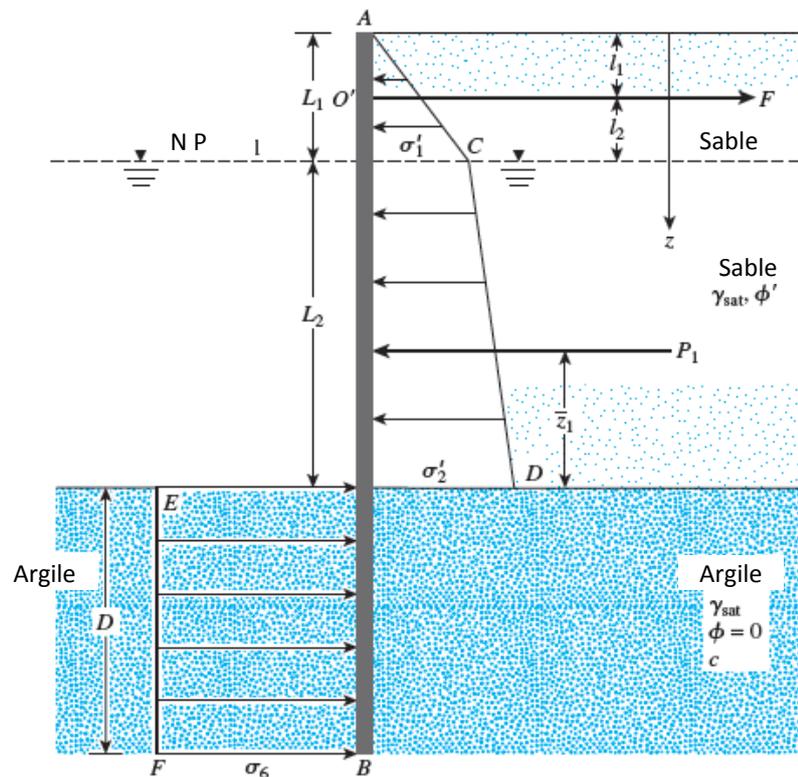
La profondeur z lorsque l'effort tranchant est nul est calculée par :

$$\frac{1}{2} \sigma'_1 L_1 - F + \sigma'_1 (z - L_1) + \frac{1}{2} K_a \gamma' (z - L_1)^2 = 0$$

Donc le moment max est :

$$M = -\frac{1}{2} \sigma'_1 L_1 \left( z - \frac{2}{3} L_1 \right) + F(z - L_1 + l_2) - \sigma'_1 (z - L_1) \left( \frac{z - L_1}{2} \right) - \frac{1}{2} K_a \gamma' (z - L_1)^2 \left( \frac{z - L_1}{3} \right)$$

## 2. Palplanches encastrés dans l'argile :



Lorsque  $Z = L_1$

$$\sigma'_1 = \gamma L_1 K_a$$

Lorsque  $Z = L_1 + L_2$

$$\sigma'_2 = (\gamma L_1 + \gamma' L_2) K_a$$

Lorsque  $Z = L_1 + L_2 + D$  On a :

$$\sigma_6 = 4c - (\gamma L_1 + \gamma' L_2)$$

Pour déterminer la force de traction F, il faut que :

$$\sum F_H = 0$$

$$P_1 - \sigma_6 D = F$$

Pour déterminer la fiche D, il faut que :

$$\sum M_{/O'} = 0$$

$$P_1(L_1 + L_2 - l_1 - \bar{z}_1) - \sigma_6 D \left( l_2 + L_2 + \frac{D}{2} \right)$$

Après simplification, on obtient :

$$\sigma_6 D^2 + 2\sigma_6 D(L_1 + L_2 - l_1) - 2P_1(L_1 + L_2 - l_1 - \bar{z}_1) = 0$$

Donc la fiche D est majorée de 30% à 40%

Le moment max est déterminé de la même façon que précédemment.