COURS BARRAGE – INFILTRATION

1- ETUDE DE L'INFILTRATION

L'infiltration à travers le corps d'un barrage en terre cause une perte d'eau dans la retenue et un risque d'instabilité dans la digue. L'étude de ce phénomène a pour buts de :

- déterminer la ligne de saturation,
- le gradient hydraulique maximal
- et le débit de fuite.

Le calcul du débit de fuite est basé sur la loi de Darcy, sur la figure 1 la ligne phréatique passe de h_1 à h_2 d'où les expressions suivantes:

$$q = k\frac{\Delta H}{\Delta L}\Delta S$$

La perte de charge: $\Delta H = h_1 - h_2$

La longueur de l'écoulement: $\Delta L = L$

La section moyenne: $\Delta S = \frac{h_1 + h_2}{2}$

Le débit de fuite: $q = k\frac{h_1^{\,2} - h_2^{\,2}}{2L}$

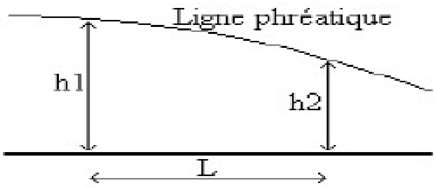


Figure 1 : Ecoulement dans un sol

2- INFILTRATION A TRAVERS UN BARRAGE HOMOGENE

Toutes digues de barrage en terre représentent un milieu poreux, pendant l'exploitation un certain débit d'eau s'infiltre, ceci est dû à la différence de pression de part et d'autre de la digue, ce qui va provoquer un courant de filtration se dirigeant de l'amont vers l'aval et il va se créer une zone dont tous les pores sont remplis d'eau. La surface délimitant cette zone s'appelle la surface de dépression (ou surface de saturation).

La première étape est de déterminer la ligne de saturation qui représente la limite supérieure de l'infiltration, et la longueur de décharge sur le talus aval. Ces deux longueurs limites AC et CO, illustrées sur figure 2, représente un longueur d'entrée composée de AB1

(courbe ajustée), B1B2 (tranche de la parabole de base) et B2C (courbe ajustée, plus une longueur de décharge sur le talus aval CO.

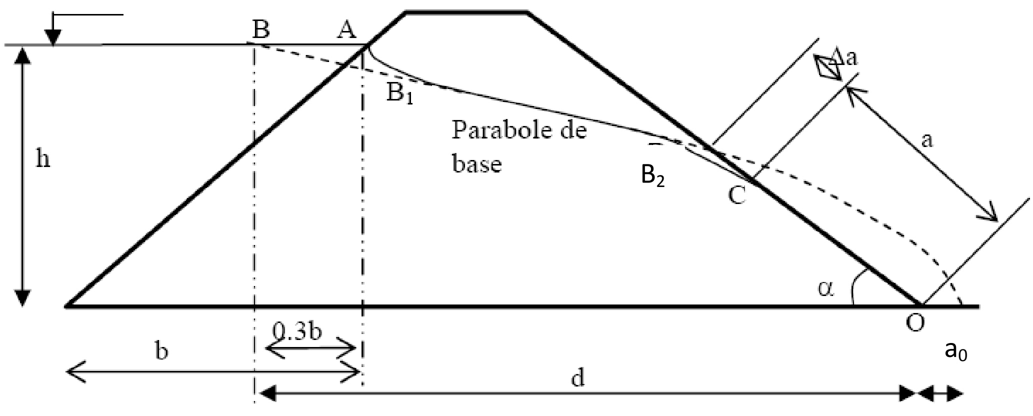


Figure 2: Tracé de la parabole de base présentant la ligne de saturation dans un barrage en terre homogène

3 - Parabole de base:

La parabole de base représente la limite supérieure de l'infiltration à l'intérieur du massif. Sa construction est dictée par Casagrande (1937). Selon la figure ci-dessous, on détermine les points A et B sur le plan d'eau amont et le point O sur le pied aval.

Les distances FG et BG seront divisées au même nombre de segments. Les points d'intersection sur la droite BG sont joignés avec le point O et les points d'intersection de ces droites avec leurs équivalents sur la droite FG forment les points de la parabole de base au milieu de la digue (figure 3). En amont, la partie AB_1 est tracée manuellement avec une courbe perpendiculaire au talus amont. En aval, la ligne de saturation coupe le talus aval au point C et reste tangente jusqu'au pied aval sur une distance « a ». Le diagramme présenté sur la figure 4 donne les valeurs de Δa pour corriger cette ligne à sa sortie avale.

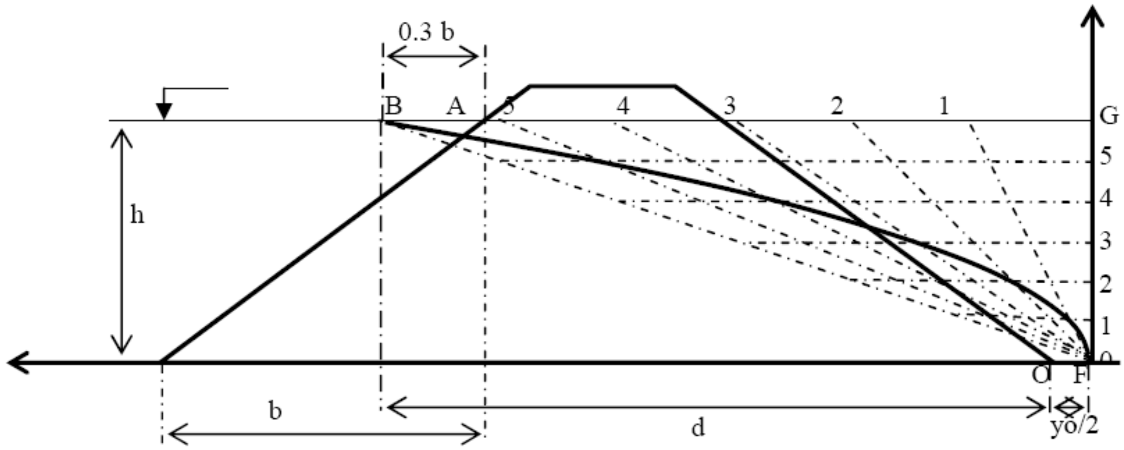


Figure 3 : Principe de construction de la ligne de saturation

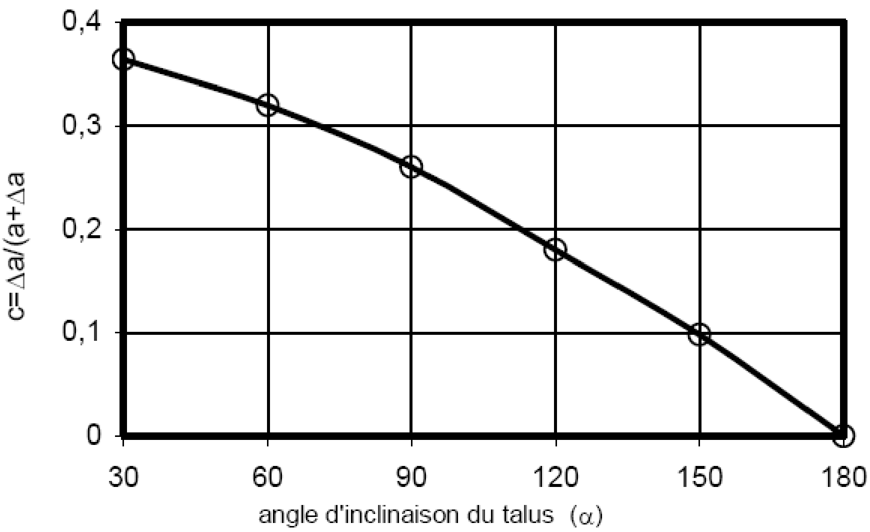


Figure 4 : Abaque de dimensionnement de la longueur de décharge en aval Δa

Les éléments de base pour tracer cette ligne d'infiltration et la déterminer le débit de fuite pour une unité de longueur de la digue sont déterminés selon différents auteurs.

Exemple :

KOZENY	$ao = \frac{yo}{2} = \frac{1}{2}\left(\sqrt{d^2 + h^2} - d\right)$ et $q = 2\,k\,ao = k\,yo$
A. CASAGRANDE	Détermine a +Δa par l'intersection de la parabole et le talus aval, et on déduit (a+Δa)/a du diagramme : $q = k\,a\,\sin^2(\alpha)$ ou $q = k\,yo = k\left(\sqrt{d^2 + h^2} - d\right)$

Méthode de Pavlovsky avec exemple :

Pour une infiltration avec une charge d'eau avale, Pavlovsky divise le massif en trois zones selon la figure 5. Il assume un écoulement horizontal en zone I, II et III avec l'application de la loi de Darcy dq=k i dS.

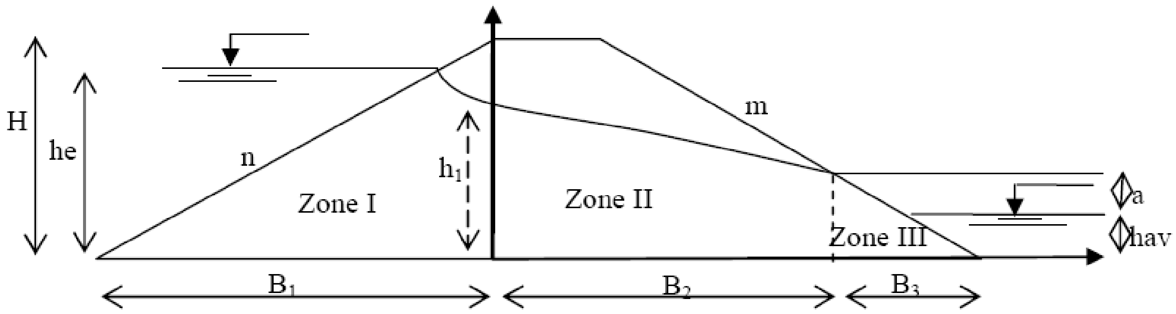


Figure 5: Schéma de partage en zones selon Pavlovsky

Après tout calcul les débits de fuites seront donnés par les formules suivantes :

ZONE I :

$$Q_1 = \frac{k(he - h_1)}{n} Ln\left(\frac{H}{H - h_1}\right)$$

ZONE II ::

$$Q_2 = \frac{k}{2} \frac{\left(h_1^{\ 2} - (hav + a)^2\right)}{B_2}$$

ZONE III:

$$Q_3 = k \frac{a}{m}\left[1 + Ln\left(\frac{hav + a}{a}\right)\right]$$

Exemple de calcul par la méthode de Pavlovsky :

Soit un barrage en terre homogène représenté sur la figure 6. Trouver le débit de fuite selon la procédure de Pavlovsky ainsi que la valeur de a.

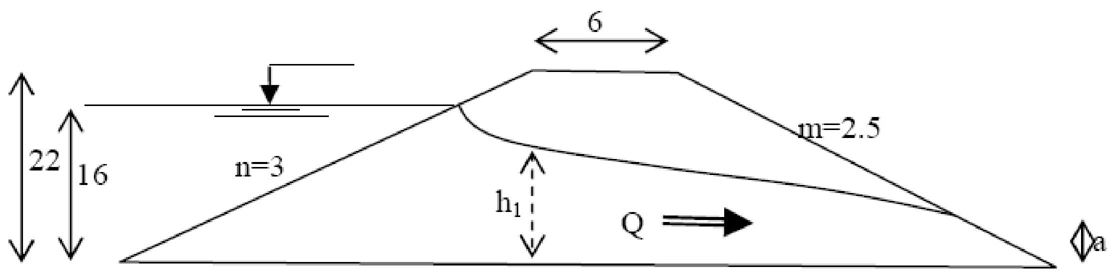


Figure 6 : Schéma du barrage sans drain et sans charge avale

H=22, he=16, n=3, m=2.5, les inconnus sont: h_1= ?, Q= ?, a= ?

B_1 = 3x22=66 m

B_2 = 6 + 2.5(22-a)

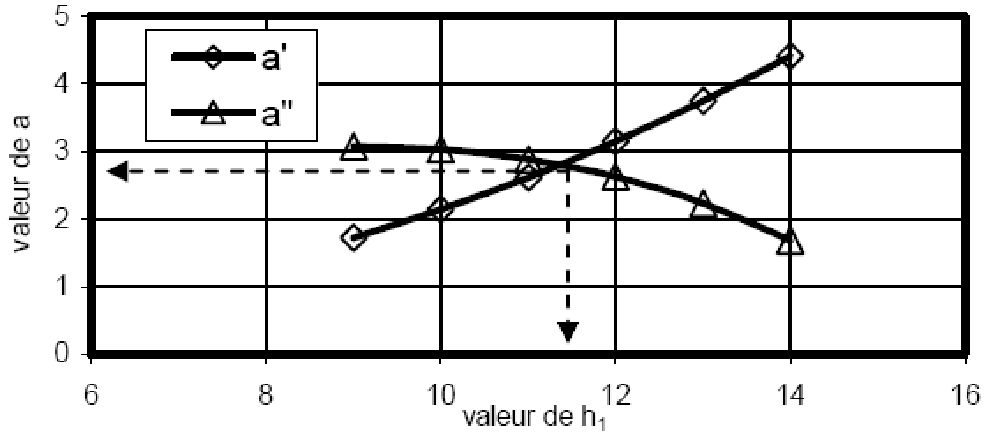
Solution :

zone amont : $Q_1 = \frac{k(he - h_1)}{n} Ln\left(\frac{H}{H - h_1}\right)$ zone médiane : $Q_2 = \frac{k}{2} \frac{(h_1^2 - a^2)}{b + m(H - a)}$ zone avale : $Q_3 = k \frac{a}{m}$ $Q_2 = Q_3 \Rightarrow a' = H + \frac{b}{m} - \sqrt{\left(H + \frac{b}{m}\right)^2 - h_1^2}$ $Q_1 = Q_3 \Rightarrow a'' = \frac{m}{n}(he - h_1) Ln\left(\frac{H}{H - h_1}\right)$	*Q1=Q2 et Q1=Q3* *RESOLUTION D'EQUATION SECOND ORDRE* *Et dans le tableau : Interpolation* deux points p_1 et p_2 de coordonnées respectives (x_1 et x_2, l'interpolation est donnée par la formule suivante : $y = p \cdot (x - x_1) + y_1$ avec la pente p qui s'exprime comme $p = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$.

Résultats de calcul du débit selon Pavlovsky

INTERPOLATION LINEAIRE ENTRE h1=11 et 12

H	h_1	he	a'	a"
22	14	16	4.4160	1.6860
22	13	16	3.7515	2.2345
22	12	16	3.1548	2.6282
22	11	16	2.6202	2.8881
22	10	16	2.1433	3.0307
22	9	16	1.7205	3.0689
22	**11.364**	**16**	**2.8079**	**2.8079**



Résolution graphique pour la détermination de la valeur « a »

Le débit de fuite :
$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 = 1.123$ k

NB : Vérifier les calculs