

LIGNE DE SATURATION ET DEBITS DE FUITE

1. Méthode de Kozeny

Le gros avantage de la méthode de Kozeny, c'est qu'elle permet de trouver les 3 paramètres hydrauliques sans être réellement obligé de connaître la répartition de toutes les lignes de courant. Il est juste important de respecter quelques règles de distribution des lignes :

- le parement amont est une équipotentielle
- la ligne de saturation est une ligne de courant
- la fondation est une ligne de courant (cas fondation imperméable)
- la pression hydraulique étant nulle sur la courbe de saturation, le potentiel en un point de cette ligne est dû uniquement à la cote de ce point.
- les équipotentiels sont perpendiculaires aux lignes de courant

Cette méthode apporte des résultats approchés, mais suffisants pour une étude et repose entièrement sur la bonne estimation de la ligne de saturation.

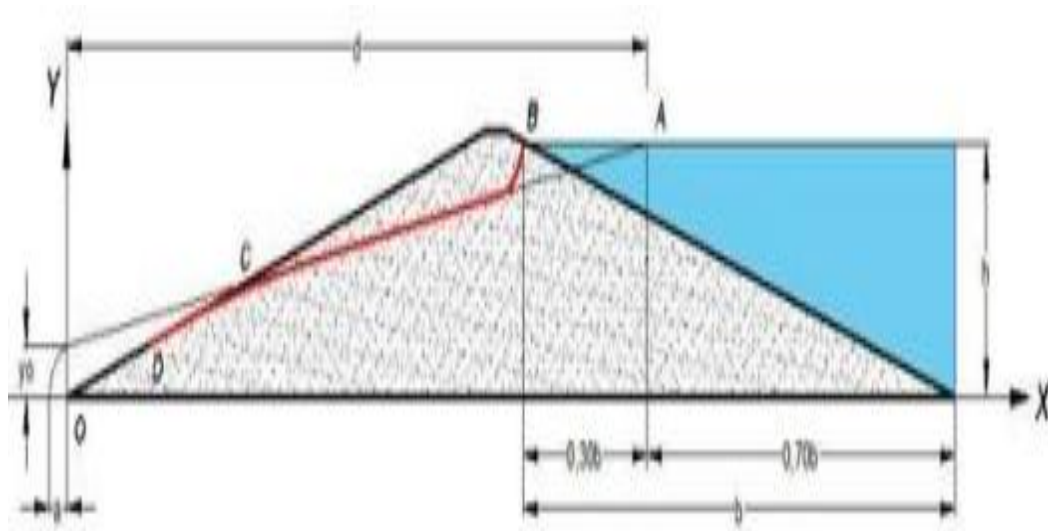


Fig.: Schéma utilisé pour la méthode de Kozeny pour déterminer la ligne de saturation.

NB : a représente la distance entre l'origine de la parabole et son foyer

Kozeny a montré que, dans un barrage en terre homogène non drainé, la ligne de saturation peut être assimilée dans sa partie médiane à une parabole d'axe horizontal dont le foyer O est situé au pied du parement aval du barrage. L'équation de cette parabole s'écrit :

$$y^2 - y_0^2 - 2xy_0 = 0$$

Avec en se rapportant à la fig.1 :

$$y_0 = \sqrt{h^2 + d^2} - d$$

d étant la largeur en base du barrage diminuée de 0,7b. Et b étant la projection horizontale de la partie mouillée du parement amont. La parabole coupe le plan d'eau amont en A situé à une distance horizontale de ce parement BA = 0,3b

Pour obtenir la ligne de saturation à partir de la parabole de Kozeny, on raccorde celle-ci au point B du plan d'eau amont par une courbe normale au parement amont en B et tangente à la parabole. En aval on fait aboutir la ligne de saturation en un point D sensiblement situé au 2/3 de OC, théoriquement tel que :

$$\frac{DC}{OC} = \frac{3}{8} \cos \frac{\alpha}{2} ; \alpha \text{ représente l'angle aval en A.}$$

On peut aussi trouver D avec la relation suivante :

$$OD = \sqrt{h^2 + d^2} - \sqrt{d^2 - h^2 \cdot \cot^2 \alpha}$$

NB :

Dans le cas d'un massif anisotrope de perméabilité verticale K_v et de perméabilité horizontale K_h , on applique la construction précédente à un massif fictif déduit du massif réel par une

affinité d'axe horizontal de rapport $\sqrt{\frac{K_h}{K_v}}$ pouvant varier entre 1 et 100.

Débit de fuite à travers un barrage en terre

En un point du barrage, la charge ou potentiel hydraulique H peut être exprimée par la somme du potentiel dû à la cote z du point et à la pression de l'eau en ce point exprimée en mètre de colonne d'eau (mce). L'écoulement des eaux dans le barrage suit la loi de Darcy :

$$V_D = -K \text{grad} H ; V \text{ la vitesse, } K \text{ la perméabilité du milieu, } \text{grad} H \text{ le gradient hydraulique}$$

Le débit de fuite sur une face de barrage est égal à la surface mouillée multipliée par la vitesse de Darcy.

$$q = Ky_0$$

2. Pressions interstitielles et Renards

La pression interstitielle p représente la pression existant entre deux points de même potentiel. Sa forme générale est :

$$p = \gamma(H - z)$$

H la charge hydraulique et z la cote d'un point du barrage.

ATTENTION : sur la surface libre $p = 0$, car $H = z$.

Cette pression doit être minimisée pour des raisons de stabilité. En effet, si cette pression est trop élevée, cela signifie qu'il y a beaucoup d'eau, il y a alors un risque de formation de renards : il faut un bon drainage du barrage, notamment dans la partie aval qui est en général la plus soumise à de forts gradients hydrauliques. Un bon drainage de la partie aval limitera fortement la création des renards en abaissant la charge.

Les renards surviennent quand le gradient hydraulique dépasse la valeur critique :

$$\frac{\gamma_i}{\gamma_w} = \frac{\text{poids_volumique_immergé_du_terrain}}{\text{poids_volumique_de_l'eau}}$$

Si le gradient dépasse cette valeur critique, cela signifie que ce gradient est ascendant et vertical, il s'oppose alors aux forces de pesanteur ; la résultante de ses deux forces est dirigée vers le haut, les grains en surface sont alors entraînés. Les grains situés en dessous ne supportant plus le poids des grains supérieurs, sont entraînés à leur tour. Il se forme un petit tunnel où la circulation des eaux est aisée. La distance de percolation à travers le terrain diminue, le gradient hydraulique augmente ce qui va accentuer l'effet de renard qui va alors déboucher dans la retenue aval. Une fuite brutale et énorme va alors être déclenchée et va amener à la destruction du barrage.

Pour éviter les renards, on applique la règle de LANE :

$$L_v + 1/3L_H \geq cH \text{ où } c = 3 \text{ pour de l'argile plastique}$$

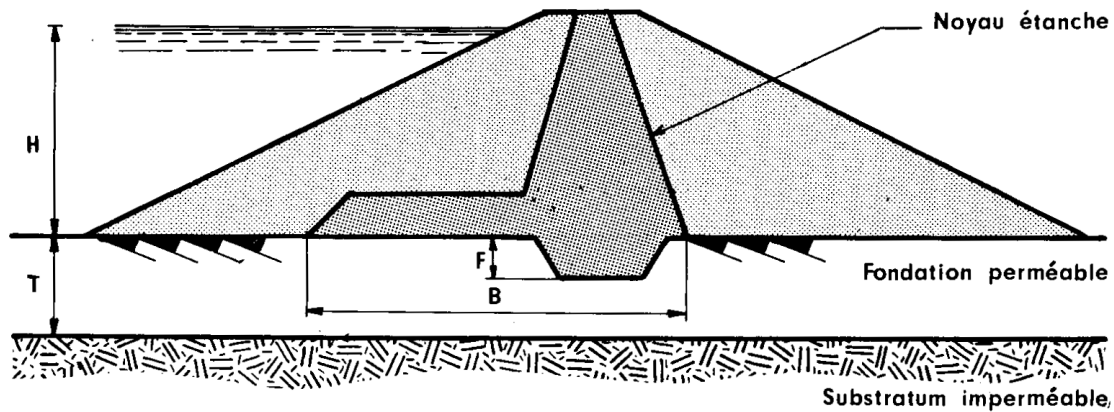
L_v représente la longueur de cheminement verticale et L_H la longueur de cheminement horizontale dans le barrage (ce sont des longueurs de filtration).

Pour éviter les renards, on place des filtres sur le dessus de la fondation pour éviter les accumulations d'eau et pour limiter les longueurs de cheminements. En effet, quand on augmente la perméabilité d'une zone, les lignes de courants sont comme aspirées vers cette zone ; les cheminements diminuent alors.

c étant un coefficient dont les valeurs minimales varient suivant le terrain.

Nature du Terrain	c
Sables fins et limons	8,5
Sables fins	7
Sables moyens	6
Gros sables	5
Petits graviers	4
Gros graviers	3
Mélange de graviers et de gros galets	2,5
Argile plastique	3
Argile consistante	2
Argile dure	1,8

3. Débit de fuite à travers une fondation perméable



$$q = S.K. \frac{H}{L} \text{ (K étant le coefficient de perméabilité de Darcy)}$$

Dans le cas d'une fondation relativement perméable, représenté à la fig. III.7, on admet que la longueur moyenne de la ligne de courant est celle de la ligne de contact du massif imperméable avec la fondation plus perméable. En se reportant à la figure III.7 on a :

$$L = B + 2F$$

$$q = (T - F) \cdot K \frac{H}{B + 2F}$$

La formule analytique ci-après donne une évaluation plus précise :

$$q = \frac{1}{2} KH \log \frac{\frac{2T}{B} + \sqrt{1 + 4 \frac{T^2}{B^2}}}{\frac{2F}{B} + \sqrt{1 + 4 \frac{F^2}{B^2}}}$$