

## Chapitre I

### **GENERALITES SUR LES CANAUX ET ECOULEMENT DANS LES CANAUX**

#### **I. Les canaux**

On appelle canal un système de transport dans lequel l'eau s'écoule et dont la surface libre est soumise à la pression atmosphérique.

L'étude hydraulique d'un canal se pose souvent aux ingénieurs sous la forme suivante : pour une pente longitudinale de fond, il faut évacuer un certain débit ; la forme et les dimensions du canal sont à déterminer.

#### **I.1. Type de canaux (Fig. 1.1)**

On distingue deux catégories de canaux :

- a. Les canaux naturels.
- b. Les canaux artificiels.

##### **I.1.1. Les canaux naturels**

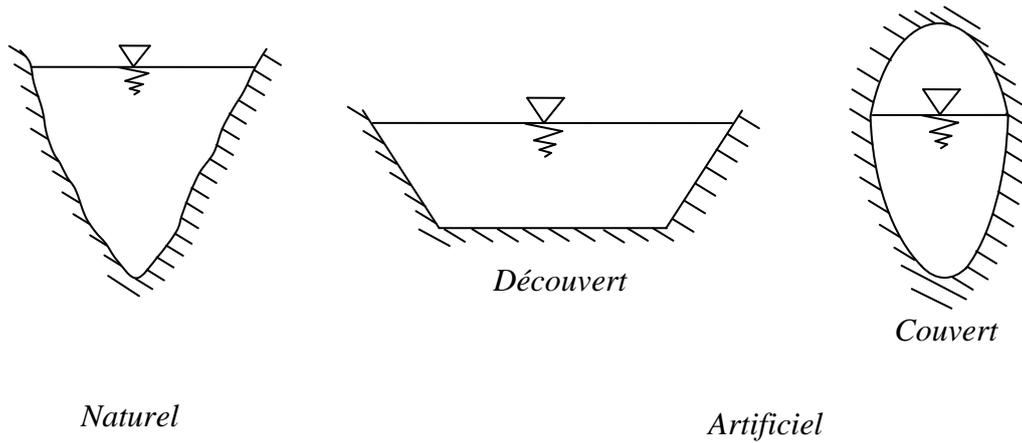
Les canaux naturels sont les cours d'eau qui existent naturellement sur (ou sous) terre, tels que les torrents, rivières, fleuves et oueds.

Les propriétés géométriques et hydrauliques des canaux naturels sont généralement assez irrégulières. L'application de la théorie hydraulique ne donne que des résultats approximatifs obtenus à partir d'hypothèses qui s'imposent.

##### **I.1.2. Les canaux artificiels**

Les canaux artificiels sont des cours d'eau réalisés par l'homme sur (ou sous) terre tels que : les canaux découverts construits presque au niveau du sol (canaux de navigation, d'évacuation, d'irrigation et de drainage) ou les canaux couverts dans lesquels les liquides ne remplissent pas toute la section (tunnels hydrauliques, drains, égouts).

Les propriétés hydrauliques des canaux artificiels sont généralement assez régulières. L'application de la théorie hydraulique donne souvent des résultats réalistes.

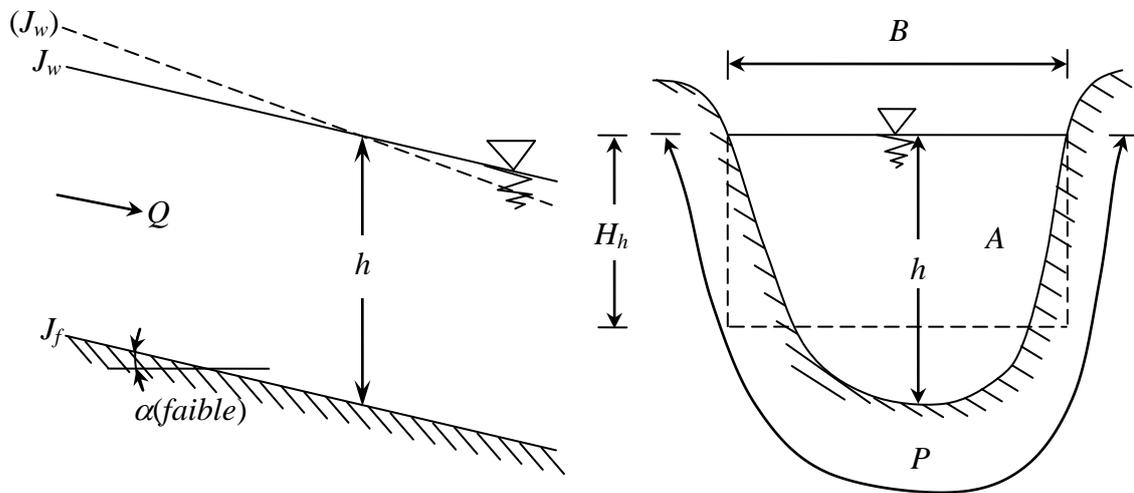


**Figure 1.1 :** Types de canaux.

## I.2. Géométrie des canaux (Fig. 1.2)

La section transversale d'un canal est une section plane normale à la direction de l'écoulement.

La section ou la surface mouillée,  $A$ , est la portion de la section occupée par le liquide.



**Figure 1.2 :** Eléments géométriques de la section.

Un canal dont la section ne varie pas et dont la pente longitudinale et la rugosité restent constantes – la hauteur d'eau peut cependant varier – est appelé canal prismatique ; sinon, on l'appelle canal non prismatique.

Les éléments géométriques d'une section, ou surface mouillée,  $A$ , sont les suivants :

- **Le périmètre mouillé  $P$  :**

Le périmètre mouillé,  $P$ , du canal, formé par la longueur de la ligne de contact entre la surface mouillée et le lit y compris les berges, mais ne comprenant pas la surface libre.

- **Le rayon hydraulique,  $R_h$  :**

Le rayon hydraulique,  $R_h$ , est donné par le quotient de la surface mouillée,  $A$ , et du périmètre mouillé,  $P$ , donc :

$$R_h = \frac{A}{P} \quad (1.1)$$

- **La largeur superficielle,  $B$ ,** du canal à sa surface libre.

- **La profondeur hydraulique,  $H_h$ ,** du canal définie par :

$$H_h = \frac{A}{B} \quad (1.2)$$

- **Le diamètre hydraulique,  $D_h$  :**

Le diamètre hydraulique,  $D_h$ , est donné par :

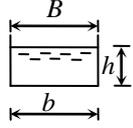
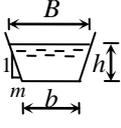
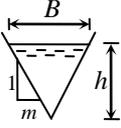
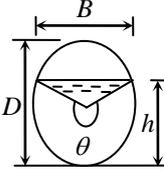
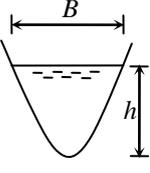
$$D_h = 4R_h = 4 \frac{A}{P} \quad (1.3)$$

- **La profondeur,  $h$  :**

La profondeur,  $h$ , ou hauteur d'eau est considérée comme la profondeur maximum.

Le tableau 1.1 donne les formules des éléments géométriques pour cinq (05) différents types de sections de canaux. Certains cours d'eau naturels ont une forme géométrique assez irrégulière, mais peuvent toutefois être approximés par des sections trapézoïdales ou paraboliques.

**Tableau 1.1** : Eléments géométriques pour différentes sections de canaux.

					
	Rectangle	Trapèze	Triangle	Cercle	Parabole
Surface $A$	$bh$	$(b + mh)h$	$mh^2$	$\frac{1}{8}(\theta - \sin\theta)D^2$	$\frac{2}{3}Bh$
Périmètre mouillé $P$	$b + 2h$	$b + 2h\sqrt{1 + m^2}$	$2h\sqrt{1 + m^2}$	$\frac{1}{2}\theta D$	$B + \frac{8h^2}{3}$ *
Rayon hydraulique $R_h$	$\frac{bh}{b + 2h}$	$\frac{(b + mh)h}{b + 2h\sqrt{1 + m^2}}$	$\frac{mh}{2\sqrt{1 + m^2}}$	$\frac{1}{4}\left[1 - \frac{\sin\theta}{\theta}\right]D$	$\frac{2B^2h}{3B^2 + 8h^2}$ *
Largeur $B$	$b$	$b + 2mh$	$2mh$	$\frac{(\sin\theta/2)D}{2\sqrt{h(D-h)}}$ ou $\frac{(\sin\theta/2)D}{2\sqrt{h(D-h)}}$	$\frac{3A}{2h}$
Profondeur hydraulique $H_h$	$h$	$\frac{(b + mh)h}{b + 2mh}$	$\frac{1}{2}h$	$\frac{[\theta - \sin\theta]D}{8 \sin\theta/2}$	$\frac{2}{3}h$

\* Valable pour  $0 < \xi \leq 1$ , avec  $\xi = 4h/B$ . Si  $\xi > 1$  :  $P = (B/2)[\sqrt{1 + \xi^2} + 1/\xi \ln(\xi + \sqrt{1 + \xi^2})]$ .

**Remarque :**

Le profil circulaire peut également être caractérisé par les relations suivantes (Fig. 1.3) :

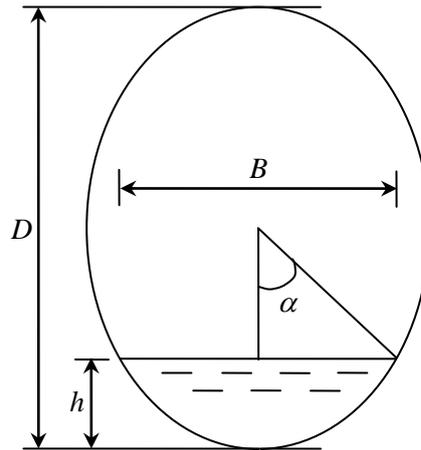
$$\text{Aire de la section mouillée : } A = \frac{D^2}{4}(\theta - \sin\theta\cos\theta).$$

$$\text{Périmètre mouillé : } P = \theta D.$$

$$\text{Le demi-angle au centre en radian : } \theta = \cos^{-1}\left(1 - 2\frac{h}{D}\right).$$

$$\text{La largeur au miroir (Superficielle) : } B = D\sin\theta.$$

$$\text{Le diamètre hydraulique : } D_h = \frac{D}{\theta}(\theta - \sin\theta\cos\theta).$$



**Figure 1.3 :** Profil circulaire.

## II. Écoulement dans les canaux

Les écoulements dans les canaux naturels et artificiels sont des écoulements à surface libre. La surface libre est la surface de séparation de l'air et de l'eau ; la pression y est égale à la pression atmosphérique.

L'écoulement à surface libre est dû à la différence de charge entre deux sections.

### II.1. Types d'écoulement

Les types d'écoulement qu'on rencontre en hydraulique fluviale peuvent être résumés comme suit :

- Écoulement permanent
  - Uniforme
  - Non uniforme
    - Graduel
    - Rapide
  
- Écoulement non permanent
  - Uniforme (rare)
  - Non uniforme
    - Graduel
    - Rapide

## II.2. Régimes d'écoulement

### II.2.1. Classification selon le nombre de *Reynolds*

Expression du nombre de *Reynolds* :  $R = \frac{VD_h}{\nu}$ . Avec :  $D_h$  est le diamètre hydraulique,  $V$  est la vitesse moyenne de l'écoulement et  $\nu$  est la viscosité cinématique du liquide en écoulement.

$$R = \frac{VD_h}{\nu} = 4 \frac{VR_h}{\nu}, \text{ on peut écrire : } R' = \frac{VR_h}{\nu}.$$

- Ecoulement laminaire :  $R' < 500$ .
- Ecoulement turbulent :  $R' > 2000$ .
- Transition :  $500 < R' < 2000$ .

Pour le régime turbulent on distingue :

- Le régime turbulent rugueux : effet de la rugosité relative  $\varepsilon/D_h$ . En effet, la rugosité relative  $\varepsilon/D_h$  est le seul paramètre qui intervient dans le calcul du coefficient de frottement  $\lambda$ .

La formule utilisée est celle de *Nikuradse* :

$$\lambda^{-1/2} = -2 \log \left( \frac{\varepsilon/D_h}{3,7} \right) \quad (1.4)$$

- Le régime pratiquement lisse ou hydrauliquement lisse ou bien encore turbulent lisse : effet de la viscosité cinématique qui se présente dans l'expression du nombre de *Reynolds* ( $R = \frac{VD_h}{\nu}$ ). En effet, la viscosité cinématique est le seul paramètre qui intervient dans le calcul de  $\lambda$ .

La formule utilisée est celle de *Von-karman* :

$$\lambda^{-1/2} = -2 \log \left( \frac{2,51}{R\sqrt{\lambda}} \right) \quad (1.5)$$

- Le régime de transition : effet de  $\varepsilon/D_h$  et  $R$  à la fois. En effet, les deux paramètres  $\varepsilon/D_h$  et  $R$  interviennent ensemble dans le calcul de  $\lambda$ .

On peut utiliser la formule de *Colebrook – White* :

$$\lambda^{-1/2} = -2 \log \left( \frac{\varepsilon/D_h}{3,7} + \frac{2,51}{R\sqrt{\lambda}} \right) \quad (1.6)$$

Ou bien celle de *Achour* :

$$\lambda^{-1/2} = -2 \log \left( \frac{\varepsilon/D_h}{3,7} + \frac{4,5}{R} \log \frac{R}{6,97} \right) \quad (1.7)$$

**II.2.2. Classification selon le nombre de *Froude***

Expression générale du nombre de *Froude* :

$$IF^2 = \frac{V^2}{gA} \frac{\partial A}{\partial h} \quad (1.8)$$

- Écoulement fluvial :  $IF < 1$ .
- Écoulement torrentiel :  $IF > 1$ .
- Écoulement critique :  $IF = 1$ .

Dans la pratique, on rencontre ces trois types d'écoulement.