Chapitre V : Les écoulements à surface libre

I Régime uniforme :

Les écoulements à surface libre, sont des écoulements dont la surface libre est en contact direct avec l'atmosphère, elles sont caractérisées comme les écoulments en charge qui peuvent être permanents ou non permanents. En réalité les ecoulements permanent n'éxistent pas, mais cette hypothèse est prise pour deux raisons principales:

- Dans certaines cas les conditions géométriques de l'écoulement varie lentement de telle sorte que les changements sont négligeables.
- La simplification pour l'ingénieur afin de pouvoir faire les études de réalisation et de réhabilitation.
- Finalement, un écoulement uniforme ou variant graduellement peut encore être caractérisé selon son régime : il peut être fluvial, critique ou torrentiel.

La figure (II.1) résume tout les types d'écoulements à surface libre soit uniforme ou non uniforme, et tous les régimes d'écoulement (fluvial, critiuqe et torrentiel).

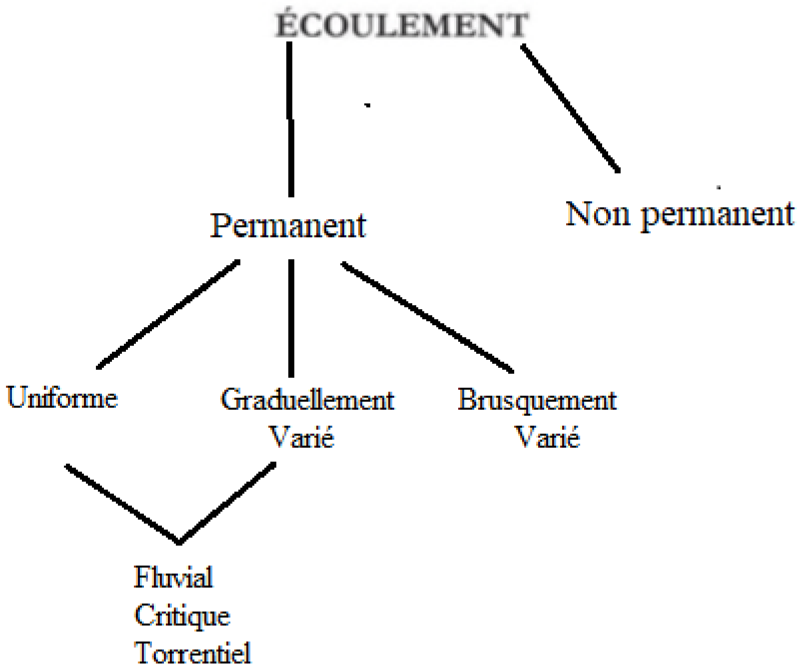


Figure 1. Classification des différent types d'écoulements

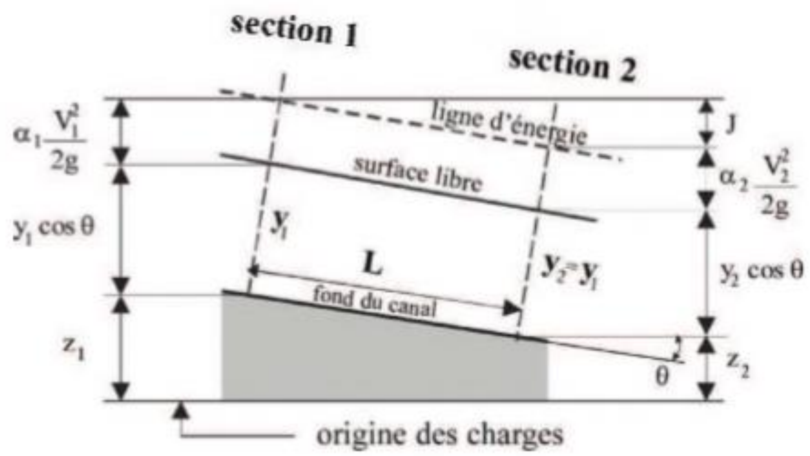
II. Formule générale de l’écoulement:

Partant du meme principe que les écoulements en charge, l’équation générale d’un écoulement à surface libre en régime uniforme s’écrit sous la forme suivante:

$$Z_1 + Y_1 + \alpha \frac{v_1^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \alpha \frac{v_2^2}{2g} + J$$

$\alpha = \alpha_1 = \alpha_2$: Coefficient de la non-uniformité de la répartition des vitesses, il est pris en général égal à 1 ;

$V_1 = V_2$; $Y_1 = Y_2$; $J = Z_1 - Z_2$ (Paramètres du régime uniforme).



II.2 Paramètres géométriques des canaux:

II.2.1 Les différents types de canaux:

a) Les canaux naturels:

Les canaux naturels, en général sont les cours d’eau qui existent au niveau des bassins versant et ils se présentent sous forme de: ruisselets, ruisseaux, torrents, ravins, rivières, fleuves et estuaires. Leurs section d’écoulement sont indéterminée. La coupe trnsversalle d’un cours d’eau est représentée dans la figure suivante:

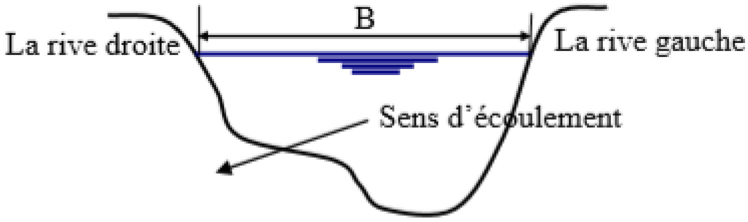


Figure .3 Coupe transversalle d'un cours d'eau

b) Les canaux artificiels:

Un canal est dit artificiel lorsque les paramètres de la section géométrique de l'écoulement sont déterminée. Les différentes formes géométriques qui se manifestent sont les formes trapèzes et rectangulaire. La figure (II.4) présente quelque forme de canaux artificiels.

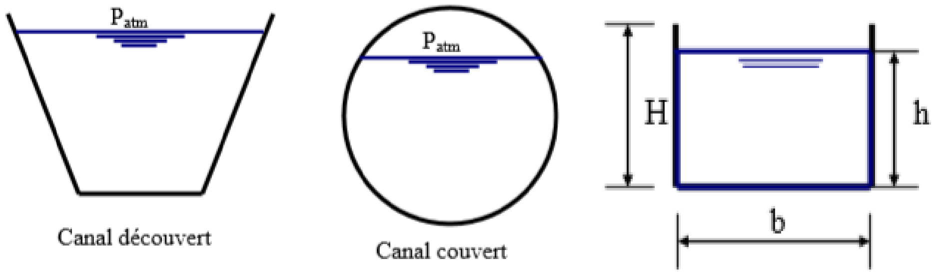


Figure .4 Coupe transversalle d'un cours d'eau

I.2.2 Section mouillé d'un canal :

La section mouillée (A) d'un canal est la section perpendiculaire au sens d'écoulement, elle est limitée par la surface libre et les parois du canal.

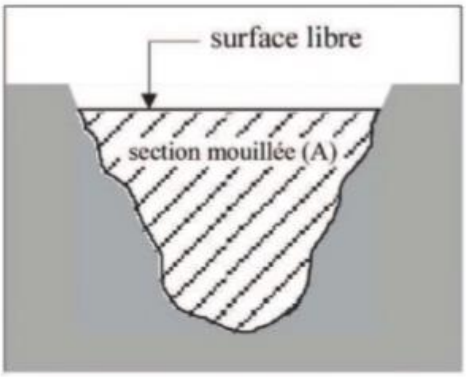


Figure .5 Section mouillée

I.2.3 Périmètre mouillée d'un canal :

Le périmètre mouillé (p) d'un canal comprend uniquement le contact entre l'eau et les parois du canal.

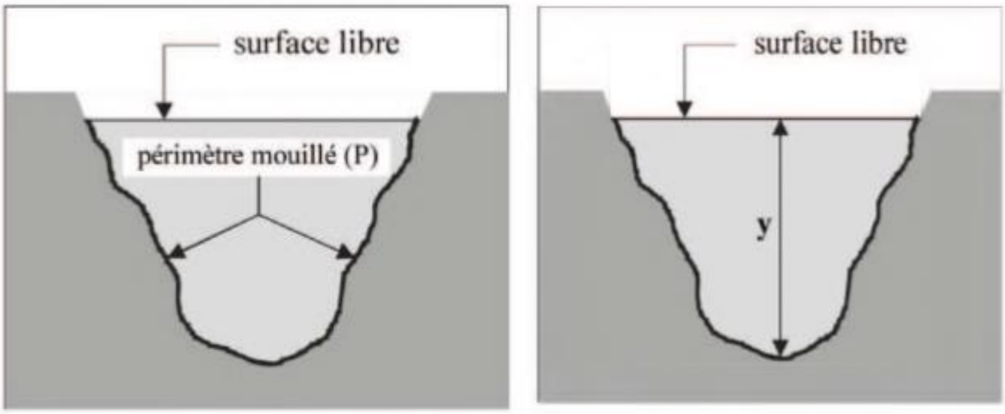


Figure 6. Périmètre mouillé et tirant d'eau

I.2.4 Rayon hydraulique d'un canal :

On appelle rayon hydraulique R_H le quotient de l'aire de la section mouillée A et du périmètre mouillé P :

$$R_H = A/P$$

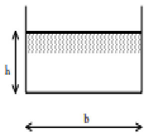
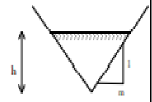
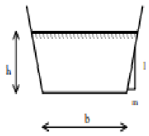
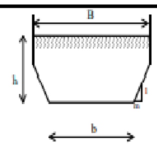
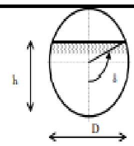
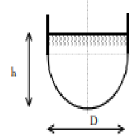
I.2.5 Profondeur ou tirant d'eau :

On appelle profondeur d'eau figure (II.6) la hauteur d'eau au dessus du point le plus bas de la section perpendiculaire à l'écoulement. On la dénote souvent par h ou y.

I.2.6 Canal prismatique:

Un canal est dit prismatique lorsque sa géométrie reste constante le lons de l'écoulement. Le tableau (II.1) présente la géométrie des canaux prismatiques.

Tableau 1. Propriétés géométriques des sections courantes

					 $h = R(1-\cos\delta)$	
Surface S		$S = m.h^2$	$S = bh + m.h^2$	$S = Bh - \frac{(B-b)^2}{4m}$	$S = \frac{D^2}{4}(\delta - \sin\delta\cos\delta)$	$S = Dh + D^2\left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{2}\right)$
Périmètre mouillé P		$P = 2h\sqrt{1+m^2}$	$P = b + 2h\sqrt{1+m^2}$	$P = 2h + b + \frac{(B-b)}{m}\left(\sqrt{1+m^2} - 1\right)$	$P = D\delta$	$P = 2h + D\left(\frac{\pi}{2} - 1\right)$
Rayon Hydraulique R_h		$Rh = \frac{mh}{2\sqrt{1+m^2}}$	$Rh = \frac{bh + mh^2}{b + 2h\sqrt{1+m^2}}$	$Rh = \frac{S}{P}$	$Rh = \frac{D}{4}\left(1 - \frac{\sin\delta\cos\delta}{\delta}\right)$	$Rh = \frac{S}{P}$
Largeur B		$B = 2mh$	$B = b + 2mh$	B	$B = D\sin\delta$	$B = D$
Profondeur hydraulique D_h		$Dh = \frac{h}{2}$	$Dh = \frac{bh + mh^2}{b + 2mh}$	$Dh = \frac{S}{B}$	$Dh = \frac{D(\delta - \sin\delta\cos\delta)}{4\sin\delta}$	$Dh = \frac{S}{B}$
$S.y_G$		$Sy_G = \frac{mh^3}{3}$	$Sy_G = \left(\frac{b}{2} + \frac{mh}{3}\right)h^2$	$Sy_G = \frac{Bh^2}{2} - \frac{h(B-b)^2}{4m} + \frac{(B-b)^3}{24m^2}$	$Sy_G = \frac{D^3}{8}\left(\sin\delta - \frac{\sin^3\delta}{3} - \delta\cos\delta\right)$	$Sy_G = \frac{D}{2}\left(h - \frac{D}{2}\right)^2 + \frac{\pi D^2}{8}\left(h - \frac{D}{2}\right) + \frac{D^3}{12}$

II.3 Vitesses d'écoulements:

a) Formule de Chezy :

la formule s'écrit sous la forme:

$V = C\sqrt{R_h\, I}$

R_h : Rayon hydraulique (m) ;

I : Pente longitudinal du canal (m/m) ;

C : Coefficient de Chezy ($m^{1/2}.s^{-1}$) ;

C est un coefficient donné par divers formules, dont les plus utiliées sont:

Tableau II.2. Coefficient de Chezy en fonction de Bazin et de Kutter

Bazin	Kutter
C = $\frac{87\sqrt{R}}{K_B+\sqrt{R}}$	C = $\frac{100\sqrt{R}}{K_K+\sqrt{R}}$

K_B et K_K respectivement coefficients de Bazin et de Kutter, elles dépendent de la rugosité des parois.

a) Formule de Maning-Strickler:

$V = K_S\,(R_H)^{2/3}(I)^{1/2}$

$K_s = \frac{1}{n} = \left(\frac{26}{d_{65}}\right)^{1/6}$

K_s : Coefficient de Sltrickler ($m^{1/3}.s^{-1}$) ;

d_{65} : Correspond au diamètre 65% du materiau

n : Coefficient de Manning