

الحمد لله وحده نحمده ونشكره ونستعين به ونستغفره ونعوذ بالله

من شرور أنفسنا

ومن سيئات أعمالنا

من يهده الله فلا مضل له ومن يضلل فلا هادي له

أشهد أن لا إله إلا الله وحده لا شريك له

وأشهد أن محمدا عبده ورسوله

صلى الله عليه وسلم وعلى آله وصحبه أجمعين

ومن تبعهم بالإحسان الى يوم الدين

ربنا لا علم لنا إلا ما علمتنا, إنك أنت العليم الخبير

ربنا لا فهم لنا إلا ما أفهمتنا, إنك أنت الجواد الكريم

ربي اشرح لي صدري ويسر لي أمري واحلل لي

...عقدة لساني يفقهوا قولي

أما بعد.

فإن أصدق الحديث كتاب الله تعالى وخير الهدي, هدي سيدنا

محمد صلى الله عليه وسلم تسليما

وشر الأمور محدثاتها وكل محدثة بدعة وكل بدعة ضلالة وكل

ضلالة في النار

فاللهم أجرنا وقنا عذابها برحمتك يا ارحم الراحمين

<http://enstp.web.officelive.com/>

Hydraulique

Rappels:

. Conservation d'énergie:

$$\Delta H = f \left(Re; \frac{L}{D} \right)$$

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H.$$

. Conservation de masse:

$$Q = V_1 S_1 = V_2 S_2.$$

. Force d'inertie

$$Re = \frac{f_i}{f_v} = \frac{VP}{\nu} = \text{force visqueuse}$$

. Equation de base:

. Considérons un canal de section "S" de pente "i"

. Considérons 2 sections S_1, S_2 de canal dont la vitesse est respectivement V_1, V_2 .

. Hypothèse de base:

1. Les forces visqueuses sont supposées négligeable devant les forces de gravité & d'inertie $f_v \ll f_i, f_g$
2. Le fluide est compressible.
3. Ecoulement permanent au bloc.

Conservation d'énergie:

En appliquant l'équation de Bernoulli entre les sections S_1, S_2 :

$$I = \frac{Z_1 - Z_2}{L} : \text{Pente géométrique.}$$

$$J = \frac{\Delta H}{L} : \text{Pente hydraulique.}$$

$$J = \frac{\Delta H}{L} = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} + \frac{Z_1 - Z_2}{L}$$

$$J = I + \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g}$$

En supposant que $V_1 = V_2 \Rightarrow J = I$

Définition:

Sous un écoulement uniforme les caractéristiques géométriques ne changent pas d'une section à une autre.

$$S_1 = S_2$$

$$V_1 = V_2$$

Formule de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} S$$

n = coefficient de Manning.

I : Pente géométrique

S : section du canal mouillée.

R : rayon hydraulique = $\frac{S}{P}$.

P : périmètre.

Formule de Chezy:

$$Q = C \sqrt{R \cdot I \cdot S}$$

C : coefficient de Chezy.

R : rayon hydraulique.

I : pente de canal.

S : section mouillée.

Exemple d'application:

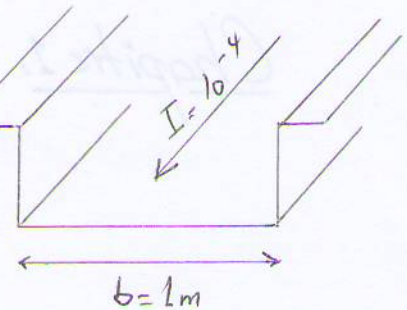
Déterminer la hauteur normale " h_n " avec: $b = 1\text{m}$, $I = 10^{-4}$
 $n = 0,015$, $Q = 1\text{m}^3/\text{s}$

Solution:

En appliquant la formule de Manning:

ing :

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} S$$



S = section rectangulaire = $b \cdot h_n$.

P = périmètre = $2h_n + b$.

$$R = \frac{S}{P} = \frac{b \cdot h_n}{2h_n + b} = \frac{h_n}{1 + \frac{2h_n}{b}}$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{h_n}{1 + \frac{2h_n}{b}} \right)^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot b \cdot h_n$$

$$\frac{Q_n}{I^{1/2} \cdot b} = \frac{h_n^{5/3}}{\left(1 + \frac{2h_n}{b}\right)^{2/3}} \Rightarrow h_n^{5/3} = \frac{Q_n}{b \cdot I^{1/2}} \cdot \left(1 + \frac{2h_n}{b}\right)^{2/3}$$

$$h_n = \left(\frac{Q_n}{b \cdot I^{1/2}} \right)^{3/5} \cdot \left(1 + \frac{2h_n}{b} \right)^{2/5}$$

Par itération:

$$h_{ni+1} = 1,27 (1 + 2 h_{ni})^{2/5}$$

$$h_{n_0} = 1 \Rightarrow h_{n_1} = 1,97 \text{ m} \Rightarrow h_{n_2} = 2,41 \Rightarrow h_{n_3} = 2,57$$

$$\Rightarrow h_{n_4} = 2,62 \Rightarrow h_{n_5} = 2,64 \Rightarrow h_{n_6} = 2,65 \Rightarrow h_{n_7} = 2,65$$

Ainsi:

$$h_n = 2,65 \text{ m.}$$

Chapitre 1:

Écoulement à surface libre.

- Equations fondamentales.
- Écoulement uniforme.
- Écoulement graduellement varié.

. Écoulement uniforme:

$$V_1 = V_2, h_1 = h_2.$$

$$\text{Formule de Manning: } Q = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot S.$$

$$\text{Formule de Chzy: } Q = C \sqrt{R \cdot I \cdot S}$$

. Écoulement graduellement varié:

Un écoulement graduellement varié lorsque les caractéristiques hydrauliques ne changent pas d'une section à une autre.

Remarque:

Écoulement graduellement varié diffère d'un écoulement non permanent dont les caractéristiques hydrauliques changent dans le temps.

Énergie cinétique est définie comme étant la somme d'énergie potentielle de pression et l'énergie cinétique.

$$E_s = h + \frac{v^2}{2g} \Rightarrow E = h + \frac{Q^2}{2gS^2}$$

$$E = h + \frac{Q^2}{2gS^2} \Rightarrow Q^2 [E, h] = (E - h) 2gS^2$$

Variation $E(h)$, $Q = \text{cte}$

$$E(h) = h + \frac{Q^2}{2gS^2(h)} \Rightarrow \frac{dE(h)}{dh} = 1 + \frac{Q^2}{2g} \frac{1}{dh} \cdot \frac{1}{S^2(h)}$$

$$\frac{d}{dh} \left(\frac{1}{S^2(h)} \right) = \frac{d \left(\frac{1}{S^2(h)} \right)}{dh} \frac{dS}{dS}$$

$$= \frac{d \left(\frac{1}{S^2(h)} \right)}{dS} \cdot \frac{dS}{dh}$$

$$= -2 \frac{1}{S^3} \cdot \frac{dS}{dh}$$

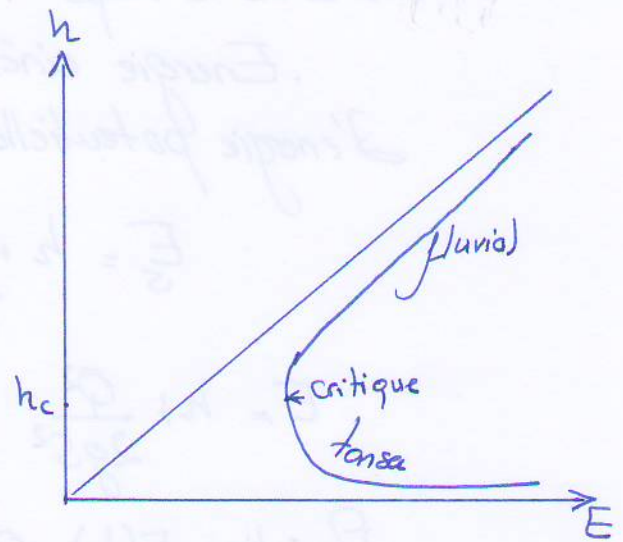
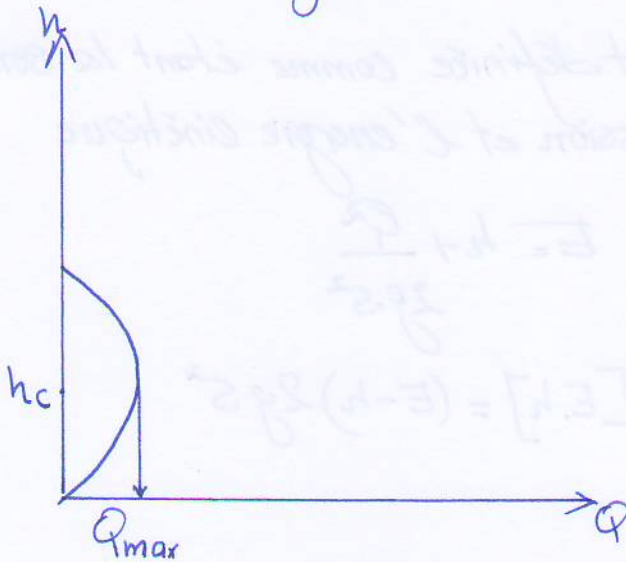
$$\frac{dE}{dh} = 1 - \frac{Q^2}{gS^3} \frac{dS}{dh}$$

Pour une hauteur critique " $h_c = \text{petite}$ " $\Leftrightarrow \frac{dE}{dh_c} = 0$.

Nombre de Froude: $Fr^2 = \frac{Q^2}{gS^3} \cdot \frac{dS}{dh}$; est un nombre adimensionnel traduisant le rapport de la force prépondérante (force d'inertie; gravité) lorsque $Fr^2 = 1 \Rightarrow$ Écoulement critique avec une hauteur critique.

Conclusion:

Dans un régime critique, le débit est max pour une énergie "E = cste".



Exemple d'application:

Calculer " h_c " pour un canal rectangulaire de largeur 1 m et $Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}$

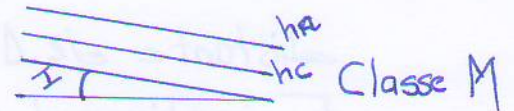
Solution:

Hauteur critique $\Rightarrow Fr^2 = 1 \Leftrightarrow \frac{Q^2}{gS^3} \frac{dS}{dh_c} = 1$ avec: $S = b \cdot h_c$

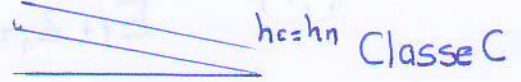
$$\frac{Q^2}{g \cdot b^3 \cdot h_c^3} \quad b = 1 \Rightarrow h_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b^2 \cdot g}} = \sqrt[3]{\frac{1}{10}} = 0.46 \text{ m.}$$

Les régimes d'écoulement:

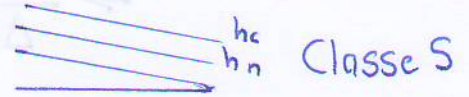
. $h_n > h_c$: Régime fluvial: $Fr < 1$.



. $h_n = h_c$: Régime critique: $Fr = 1$



. $h_n < h_c$: Régime torrentiel: $Fr > 1$



Equation différentielle de l'écoulement:

. Classe M: $h_n > h_c$

- $h > h_n \rightarrow M_1$: Régime fluvial.
- $h_c < h < h_n \rightarrow M_2$: Régime fluvial.
- $h < h_c \rightarrow M_3$: Régime torrentiel.

. Classe S: $h_n < h_c$

- $h > h_c \rightarrow S_1$: Régime fluvial.
- $h_n < h < h_c \rightarrow S_2$: Régime torrentiel.
- $h < h_n \rightarrow S_3$: Régime torrentiel.

. Classe C: $h_c = h_n$.

- $h > h_n \rightarrow C_1$: Régime fluvial.
- $h < h_n \rightarrow C_2$: Régime torrentiel.

Considérons un canal de pente I et deux sections ① et ②
 distante de ΔL suffisamment faible, $I = J$ est entre S_1 et S_2 .
 En appliquant l'équation de Bernoulli entre 1 et 2 :

$$E_1 + z_1 = E_2 + z_2 + \Delta H. \Rightarrow \frac{E_2 - E_1}{\Delta x} = \frac{z_1 - z_2}{\Delta x} - \frac{\Delta H}{\Delta x}$$

$$\Rightarrow \frac{E_2 - E_1}{\Delta x} = \frac{z_1 - z_2}{\Delta x} - \frac{\Delta H}{\Delta x}$$

$$= \frac{z_1 - z_2}{\Delta x} - \frac{\Delta H}{\Delta L} \cdot \frac{\Delta L}{\Delta x}$$

$$= \frac{z_1 - z_2}{\Delta x} - J \cdot \frac{\Delta L}{\Delta x}$$

$$= I - J \quad " \Delta L \simeq \Delta x "$$

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta E}{\Delta x} = I - J : \frac{dh}{dx} = \frac{dh}{dE} \cdot \frac{dE}{dx}$$

$$= \left(\frac{dE/dx}{dE/dh} \right)$$

Equation de Bernoulli différentielle de mouvement gradue.
 llement varie

$$\frac{dh}{dx} = \frac{I - J}{1 - Fr^2}$$

Pour un régime critique $Fr^2 = 1 : \frac{dE}{dh_c} = 0 \Leftrightarrow \frac{dE}{dh_c} = 1 - Fr^2$

Courbes de Remous:

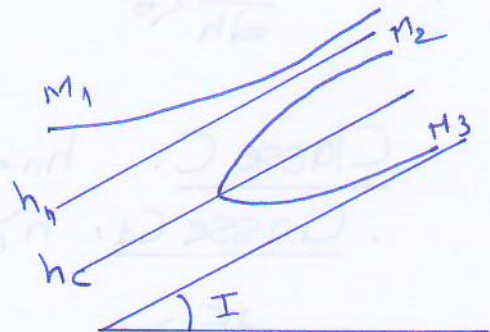
- Classe M: $h_n > h_c$

. Classe M₁: $h > h_n > h_c$

$$\frac{dE}{dx} > 0$$

$$\frac{dE}{dh} > 0$$

$$\Rightarrow \frac{dh}{dx} > 0$$



. Classe M₂: $h_n < h < h_c$

$$\frac{dE}{dh} > 0$$

$$\frac{dE}{dx} < 0 \Rightarrow \frac{dh}{dx} < 0$$

. Classe M₃: $h_c > h$

$$\frac{dE}{dx} < 0$$

$$\frac{dE}{dh} < 0$$

$$\Rightarrow \frac{dh}{dx} > 0$$

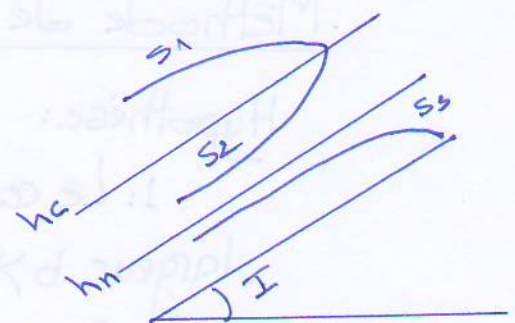
- Classe S: $h_c > h_n$

. Classe S₁: $h > h_c$

$$(\frac{dE}{dh}) > 0$$

$$(\frac{dE}{dx}) > 0$$

$$\Rightarrow \frac{dh}{dx} > 0$$



. Classe S₂: $h_c > h > h_n$

$$(\frac{dE}{dh}) < 0$$

$$(\frac{dE}{dx}) > 0$$

$$\Rightarrow \frac{dh}{dx} < 0$$

. Classe 3: $h_c > h_n > h$

$$\frac{dE}{dx} < 0$$

$$\frac{dE}{dh} < 0$$

$$\Rightarrow \frac{dh}{dx} > 0.$$

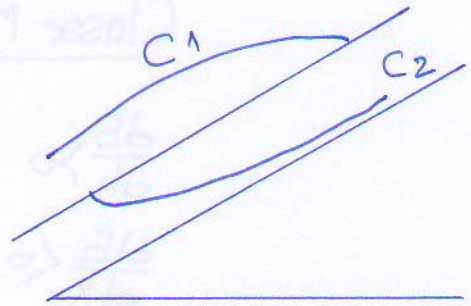
. Classe C: $h_n = h_c$

. Classe C1: $h > h_n$

$$\frac{dE}{dx} > 0$$

$$\frac{dE}{dh} > 0$$

$$\Rightarrow \frac{dh}{dx} > 0$$



. Classe C2: $h_n > h$.

$$\frac{dE}{dx} < 0$$

$$\frac{dE}{dh} < 0$$

$$\Rightarrow \frac{dh}{dx} > 0$$

. Méthode de BRESS:

Hypothèse:

1: Le canal considéré est un rectangle avec une largeur $b \gg h$.

2: Débit unitaire $q = Q/b$

$$h_c^3 = \frac{q^3}{g}$$

$$\frac{Q}{b} = \frac{u \cdot b \cdot h}{b} \Rightarrow q = v \cdot h$$

$$R = \frac{b \cdot h}{2h + b} = h \cdot \frac{1}{1 + \frac{2h}{b}} \Rightarrow R \approx h$$

$$v = C \sqrt{R \cdot J}$$

$$J = \frac{U^2}{C^2 R} = \frac{(g|h)^2}{C^2 \cdot h}$$

$$J = \frac{q^2}{C^2 \cdot h^2}$$

Pour: un régime uniforme:

$$U = C \cdot \sqrt{R \cdot I} \quad \text{avec:} \quad U = \frac{q}{h_n}, \quad R = h_n.$$

$$I = \frac{U^2}{C^2 R} \quad \cdot \quad I = \frac{q^2}{C^2 h_n^3}$$

$$Fr^2 = \frac{Q^2 \cdot b}{g(b \cdot h)^3} = \frac{q^2}{g h^3}$$

Un régime critique:

$$h_c^3 = \frac{q^2}{g} \Rightarrow Fr^2 = \left(\frac{h_c}{h} \right)^3$$

$$\frac{dh}{dx} = \frac{\frac{q^2}{C^2} \cdot \frac{1}{h_n^3} - \frac{q^2}{C^2 h^3}}{1 - \left(\frac{h_c}{h} \right)^3} = \frac{q^2}{C^2 h_n^3} \left(\frac{1 - (h_n/h)^3}{1 - (h_c/h)^3} \right)$$

$$\frac{dh}{dx} = I \left(\frac{1 - (h_n/h)^3}{1 - (h_c/h)^3} \right)$$

$$= I \left(\frac{h^3 - h_n^3}{h^3 - h_c^3} \right) = I \left(\frac{(h/h_n)^3 - 1}{(h/h_n)^3 - (h_c/h_n)^3} \right)$$

$$y = \frac{h}{h_n}$$

$$\frac{dh}{dx} = I \cdot \left(\frac{y^3 - 1}{y^3 - \alpha^3} \right) \quad \alpha = \frac{h_c}{h_n}$$

$$\frac{dx}{dh} = \frac{1}{I} \left(\frac{y^3 - \alpha^3}{y^3 - 1} \right)$$

$$\int_{x_0}^{x_1} dx = \frac{h_n}{I} \int_{y_0}^{y_1} \left(\frac{y^3 - \alpha^3}{y^3 - 1} \right) dy \quad \text{avec: } y_0 = \frac{h_0}{h_n}, y_1 = \frac{h_1}{h_n}$$

$dh = h_n dy$

$$(x_1 - x_0) = \frac{h_n}{I} \left[\int_{y_0}^{y_1} \left(\frac{y^3 - \alpha^3}{y^3 - 1} \right) dy \right]$$

$$= \frac{h_n}{I} \left[\int_{y_0}^{y_1} \left(\frac{y^3 - 1 + 1 - \alpha^3}{y^3 - 1} \right) dy \right]$$

$$I(x_1 - x_0) = h_n \left[\left(\frac{h}{h_n} - \frac{h_0}{h_n} \right) + (1 - \alpha^3) \int_{y_0}^{y_1} \frac{dy}{y^3 - 1} \right]$$

$$\sum(y) = \int \frac{dy}{1 - y^3} \Rightarrow \text{Tableau de Bress.}$$

$$I(x_1 - x_0) = (h_1 - h_0) + h_n \left(1 - \left(\frac{h_c}{h_n} \right)^3 \right) (\psi(y_0) - \psi(y_1))$$

Application:

$$Q = 6 \text{ m}^3/\text{s}, b = 10 \text{ m}, I = 10^{-4}, h = 0.02.$$

1. La hauteur normale.
2. La hauteur critique.
3. A quelle distance x_1 le niveau atteint 2m sachant que le point de référence $h_0 = 2 \text{ m}$.

Solution

1. Calcul de h_n :

$$Q = \frac{1}{n} \cdot I^{1/2} \cdot R^{2/3} \cdot S$$

$$h_n^{5/3} = \frac{nQ}{b \cdot I^{1/2}} \left(1 + 2 \frac{h_n}{b}\right)^{2/3}$$

$$h_n = \left(\frac{nQ}{b \cdot I^{1/2}}\right)^{3/5} \cdot \left(1 + \frac{2h_n}{b}\right)^{2/5}$$

$$= 1,11 \left(1 + 0,2 h_n\right)^{0,4} \Rightarrow h_{n1} = 1,2, h_{n2} = 1,21$$

$$\Rightarrow h_n = 1,21 \text{ m.}$$

2. Calcul de h_c :

Pour un régime critique : $Fr^2 = 1$.

$$Fr^2 = \frac{(Q/b)^2}{g h_c^3} \Rightarrow h_c = \sqrt[3]{\frac{(Q/b)^2}{g}}$$

$$h_c = 0,35 \text{ m.}$$

$$h_n > h_c \Rightarrow \text{Classe M.}$$

3. Pour la section de référence $h_n > h_0 > h_c \Rightarrow$ Régime de l'écoulement fluvial.

$$I(x - x_0) = (h_1 - h_0) + \left[1 - \left(\frac{h_c}{h_n}\right)^3\right] \left(\varphi\left(\frac{h_0}{h_n}\right) - \varphi\left(\frac{h_1}{h_n}\right)\right)$$

$$\frac{h_0}{h_n} = \frac{1}{1,21} = 0,82 \Rightarrow \varphi(y_0) = 0,387$$

$$\frac{h_c}{h_n} = 0,27 \Rightarrow \varphi(y_1) = -0,352$$

$$R = \frac{1}{I} \left[(h_1 - h_0) + \left(1 - \left(\frac{h_c}{h_n} \right)^3 \right) \right] \left(\varphi(y_0) - \varphi(y_1) \right)$$

$$R = 344 \text{ m.}$$

Chapitre 2:

Notion d'hydraulique

Exemple d'application:

Soit la moyenne annuelle de débit enregistrée dans la période entre 1970 et 1980 dans une station hydraulique.

Q(m³/h)	2000	1500	2500	3000	3200	3100	2800	4000	3700	2700
année	70	71	72	73	74	75	77	78	79	80

Quel est le débit moyen annuel qui possède une probabilité de dépassement de $P = 1/100000$. Dans ce cas la période de retour: $T = 100000$ ans.

Remarque:

Plus la période de retour grande, le risque diminue.

- Faire l'ajustement:
 - graphique
 - paramétrique.

$$P_d = \frac{1}{T} = \frac{1}{100000} \Rightarrow P_{nd} = 1 - P_d = 0,9999$$

La loi normale:

$$F(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-t^2/2} dt, \quad V = \frac{X - \bar{X}}{\sigma} \cdot T = \frac{Q - \bar{Q}}{\sqrt{Q}}$$

$$Q = \bar{Q} + tS$$

$$\bar{Q} = \frac{\sum Q}{n} = 2827,27 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$s^2 = S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{Q} - Q_i)^2 = 707,24 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{100000} = \bar{Q} + tS \Rightarrow \bar{Q} = 2827,27, S = 707,24 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$t(P_{nd}) = t(0,9999) \rightarrow \text{Tableau} \rightarrow t = 4,5$$

$$Q_{100000} = 8009,83 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{100} = \bar{Q} + t_{100} \cdot S$$

$$t_{100} = \frac{1}{100} = P_d; P_{nd} = 1 - \frac{1}{100} = 0,99$$

$$\text{Tableau: } t_{100} = 2,33 \Rightarrow Q_{100} = 2827,27 + 707,24(2,33)$$

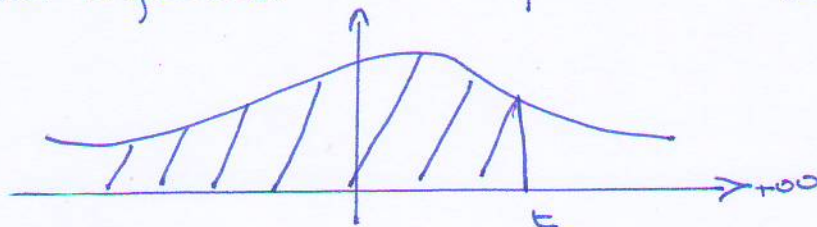
$$Q_{100} = 4475,14 \text{ m}^3/\text{h}$$

Rappel:

La loi normale: $F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-t^2/2} dt$: Probabilité de non dépassement d'un seul x $t = \frac{x - \bar{x}}{S}$ $x = \bar{x} + S \cdot t$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}, s^2 = \frac{\sum (\bar{x} - x_i)^2}{n}, S^2 = \frac{\sum (\bar{x} - x_i)^2}{n-1}$$

Une période de retour T n'est que un concepteur probabiliste qui représente la probabilité de dépassement $P_d = \frac{1}{T}$



Pour $T=10$: $P_d = \frac{1}{10} = 0,1 \Rightarrow P_{nd} = 1 - \frac{1}{10} = 0,9$

Pour $T=20$: $P_d = \frac{1}{20} = 0,05 \Rightarrow P_{nd} = 0,95$

$$t = \frac{Q - \bar{Q}}{S} \Rightarrow Q_{20} = \bar{Q} + S t_{20} = 2865,94 \text{ m}^3/\text{h}$$

$T_{100} = 1000$ $P_d = 0,01 \Rightarrow P_{nd} = 0,99$: $Q_{100} = 3078,57 \text{ m}^3/\text{h}$

T_{1000} : $P_d = 0,001 \Rightarrow P_{nd} = 0,999$ $t = 3,1$

$$Q_{1000} = 3319,33 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\bar{Q} = 2277,7, S = 226,54$$

$$Q_{20} = 2651,49 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{100} = 2798,74 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{1000} = 2980,04 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{1000} = 2980,04 \text{ m}^3/\text{h}$$

Problème:

La loi normale: $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n-1}$$

Une partie de retour T n'est que un concept probabiliste qui représente la probabilité de dépasser $P_d = \frac{1}{T}$



Chapitre 3

Réseau d'assainissement.

Méthode de dimensionnement

Estimation des apports:

Pour dimensionner un ouvrage d'assainissement est indispensable de prévoir des apports en eau correspondant à des débits de crue exceptionnelle avec une période de retour de 10 à 50 ans.

Méthode de Caquot

C'est une méthode empirique permettant la détermination du débit de pointe qui correspond à une période de retour T .

On considère l'effet de la capacité de stockage du réseau:

$$Q_T = K \cdot C^a \cdot I^b \cdot A^c \quad \text{avec:} \quad K = K(T) \cdot B.$$

Q : débit de pointe.

C : coefficient de ruissellement

A : surface de S.B.V en (ha).

I : pente moyenne de S.B.V.

Pour l'Algérie pour $T = 10$ ans: $Q = 0,52 \cdot I^{0,2} \cdot C^{1,11} \cdot A^{0,87} \cdot B.$

Pour $T > 10$ ans: $Q(T) = Q_p(10 \text{ ans}) \cdot F(T')$ avec:

$$F(T') = 2$$

$$F(T') = 1,6$$

$$F(T') = 1,25$$

$$F(T') = 0,4$$

$$T' = 100 \text{ ans.}$$

$$T' = 50 \text{ ans}$$

$$T' = 20 \text{ ans}$$

$$T' = 3 \text{ mois}$$

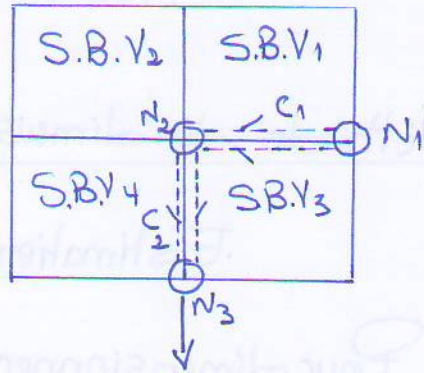
$$B = m = \left(\frac{M}{2}\right)^{-0,55}$$

$$M = \frac{L}{\sqrt{A}}$$

Exemple d'application:

S.B.V	A(ha)	I(%)	L(m)
S.B.V ₁	0,1	1,2	80
S.B.V ₂	0,25	1	60
S.B.V ₃	0,2	0,7	70

Conduite	I(%)	n	L(m)
C ₁	0,1	0,02	40
C ₂	0,1	0,02	40



Assemblage en parallèle :

$$C = \frac{\sum C_i A_i}{\sum A_i}$$

$$A = \sum A_i$$

$$I = \frac{\sum I_i Q_i}{\sum Q_i}$$

$$M = \frac{\max(L_i)}{\sqrt{E A_i}}$$

$$Q = \frac{1}{n} \sqrt{I} R^{2/3} S$$

$$S = \frac{\pi D^2}{4}, \quad P = 2\pi \frac{D}{2}$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot I^{1/2} \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} \cdot \frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow D = \left(\frac{4}{\pi}\right)^{3/8} \cdot \frac{Q n}{I^{1/2}}$$

$$D = 1,54 \left(\frac{n Q}{I^{1/2}}\right)^{3/8}$$

Assemblage en série:

$$A = \sum A_i, \quad L = \sum L_i.$$

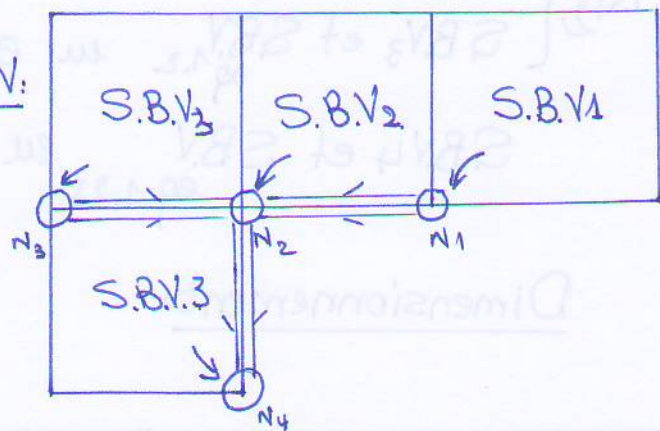
$$C = \frac{\sum A_i C_i}{\sum A_i}, \quad I = \left[\frac{\sum L_i}{\sum \left(\frac{L_i}{I_i^{1/2}} \right)} \right]^2$$

$$Q_{ps} = 0,51 \frac{I_c^{1/2}}{\eta} \phi^{8/3}$$

Exemple d'application:

T = loams.

Estimation des apports aux S.B.V:



S.B.V	C	I	A(ha)	L(m)	η	$Q(m^3/s)$
SBV1	0,9	0,01	1	100	1,27	0,23
SBV2	0,9	0,01	1	100	1,27	0,23
SBV3	0,9	0,01	1	100	1,27	0,23
SBV4	0,9	0,01	1	100	1,27	0,23

$$Q = 0,52 \cdot I^{0,2} \cdot C^{1,11} \cdot A^{0,87} \cdot \eta \quad \text{avec: } \eta = \left(\frac{M}{2}\right)^{-0,35}$$

Nœud	C	I	A (ha)	L (m)	η	Q (m³/s)
N1	0,9	0,01	1	100	1,27	0,23
N1.2	0,9	0,01	2	200	1,13	0,38
N3	0,9	0,01	1	100	1,27	0,23
N2	0,9	0,01	3	200	1,22	0,58
N4	0,9	0,01	4	300	1,11	0,68

$N_2 \left\{ \begin{array}{l} \text{S.B.V}_1 \text{ et S.B.V}_2 \text{ en série versent dans } N_2 \\ \text{S.B.V}_3 \text{ et S.B.V}_{\text{eq } 1.2} \text{ en parallèle versent dans } N_2. \end{array} \right.$
 S.B.V.4 et S.B.V._{eq 1,23} en série versent dans N4.

Dimensionnement:

Cond uite	I	η	L_e (m)	Q (m³/s)	Δ (mm)	ϕ (mm)	Q_{ps} m³/s	V_{ps} m/s	V_a	V_v	$V_{m/s}$	r_h	R_h (mm)
C1	0,01	0,015	100	0,23	435,7	450	0,25	2,83	0,92	1,1386	3,2	0,729	328
C2	0,01	0,015	100	0,23	435,7	450	0,25	2,83	0,92	1,1386	3,2	0,729	328
C3	0,01	0,015	100	0,58	616,4	450	0,66	1,96	0,88	1,131	2,214	0,757	492,2

$$D = 1,54 \left(\frac{\eta Q}{I_c^{112}} \right)^{3/8}, \quad Q_{ps} = 0,31 \frac{I_c^{112}}{\eta} \phi^{8/3}$$

$$Q_{ps} = V_{ps} \cdot S_{ps} \Rightarrow V_{ps} = \frac{Q_{ps}}{S_{ps}} = \frac{4}{\pi \phi^2} Q_{ps}$$

$$r_g = \frac{Q}{Q_{ps}} \quad D_v = f(R_v) = \frac{V}{V_{ps}} \Rightarrow V = R_v \cdot V_{ps}$$

$$r_h = \frac{h}{\phi} \Rightarrow h = r_h \cdot \phi$$

Méthode rationnelle:

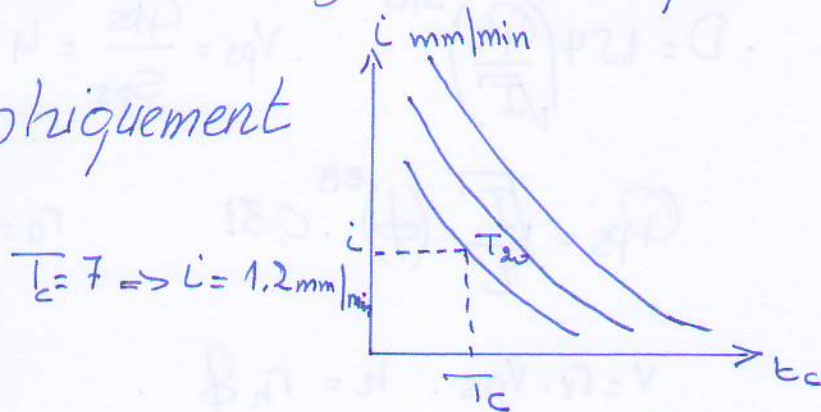
$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

$$i = a \cdot L_c^{-b}$$

$$t_c = \frac{1}{52} \cdot L^{0,77} \cdot I^{0,38}$$

formule de Kirpich.

i graphiquement



Le même exemple: méthode de equot:

SBV	C	I	A(ha)	L(m)	T_c (min)	i_{graph}	$Q(m^3/s)$
SBV ₁	0,9	0,01	1	100	7	1,2	0,3
SBV ₂	0,9	0,01	1	100	7	1,2	0,3
SBV ₃	0,9	0,01	1	100	7	1,2	0,3
SBV ₄	0,9	0,01	1	100	7	1,2	0,3

Nœud	C	I	A(ha)	L(m)	t_c	i	$Q(m^3/s)$
N ₁	0,9	0,01	1	100	7	1,2	0,3
N ₂	0,9	0,01	1	100	7	1,2	0,3
N ₃	0,9	0,01	2	200	12	0,83	0,42
N ₄	0,9	0,01	3	200	12	0,83	0,62
N ₄	0,9	0,02	4	300	12	0,83	0,83

• Assemblage en série :

$$t_c = \max(t_{c1}, t_{c2})$$

• Assemblage en parallèle :

$$t_c = \max\left(t_{c3} + \frac{L}{V} : t_{c1,2}\right)$$

$$D = 1,54 \left(\frac{Q_n}{\sqrt{I}} \right)^{3/8}$$

$$V_{ps} = \frac{Q_{ps}}{S_{ps}} = 4 \frac{Q_{ps}}{\pi \phi^2}$$

$$Q_{ps} = \frac{\sqrt{I}}{2} (\phi)^{8/3} \cdot 0,31$$

$$r_a = \frac{Q}{Q_{ps}}$$

$$V = r_v \cdot V_{ps} \quad h = r_h \phi$$

28V	C	I	A (m)	L (m)	T (m)	V_{ps} (m/s)	Q (m³/s)
28V	0,2	100	1	100	1	1,5	0,3
28V	0,2	100	1	100	1	1,5	0,3
28V	0,2	100	1	100	1	1,5	0,3
28V	0,2	100	1	100	1	1,5	0,3

28V	C	I	A (m)	L (m)	T (m)	V_{ps} (m/s)	Q (m³/s)
28V	0,2	100	1	100	1	1,5	0,3
28V	0,2	100	1	100	1	1,5	0,3
28V	0,2	100	1	100	1	1,5	0,3
28V	0,2	100	1	100	1	1,5	0,3