

Notes de cours sur le dimensionnement des canalisations par les abaques

Université Nationale des Sciences, Technologies, Ingénierie et
Mathématiques d'Abomey



PADONOU G. Tankpinou
Novembre 2023

Dimensionnement des canalisations par les abaques

La connaissance des débits à évacuer en chaque point, la pente des ouvrages et le type d'écoulement adopté conditionnent le choix des sections d'ouvrage.

I Ecoulement Uniforme (Formule de CHEZY)

Les ouvrages sont calculés suivant la formule d'écoulement de CHEZY : $V = C \sqrt{R I}$

V (Vitesse d'écoulement en m/s) - R (Rayon hydraulique) - I (Pente de l'ouvrage en m/m) et C (Coefficient de CHEZY) qui se calcule par l'expression par BAZIN

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \quad \text{Eq 1}$$

γ est le coefficient d'écoulement de BAZIN qui varie suivant la nature des matériaux utilisés et celle des eaux transportées

II Canalisations D'eaux Usées

Les conditions d'écoulement dans les ouvrages sont améliorées par la pellicule grasse qui se forme dans les ouvrages. Compte tenu des inégalités dans le réseau et d'éventuelles intrusions de sable ou de terre, le coefficient de Bazin peut être pris égal à 0,25 ce qui permet d'approcher approximativement C par l'expression :

$$C = 70 \times R^{\frac{1}{6}} \quad \text{Eq 2}$$

Il vient alors :

$$V = 70 \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \quad \text{Eq 3}$$

et le débit capable de l'ouvrage (Q_c)

$$Q_c = V \times S \quad \text{Eq 4}$$

Q_c en m³/s ; V en m/s et S en m²

II.1 Contraintes de calage des réseaux de canalisations d'eaux usées

Généralement de sections circulaires, les canalisations d'eaux usées doivent satisfaire aux exigences suivantes :

- le diamètre minimum de 200 mm, pour éviter les risques d'obstruction
- la pente minimum de 0,002 m/m, malgré cela le relèvement des eaux par pompage ne pourra dans certains cas être évité.
- la couverture minimale de 80 cm de la canalisation. En dessous de cette valeur, la canalisation sera protégée par une dalle de répartition en béton pour éviter son écrasement sous les charges roulantes.
- le regard de visite tous les 80 m au maximum pour permettre un hydro- curage des réseaux ou une visite par caméra. (la distance standard est de 50 m)
- l'implantation de regard à chaque changement de pente ou de direction
- la vitesse maximum ne doit pas être supérieure à 4 m/s afin d'éviter l'abrasion des tuyaux.

Sinon, il est nécessaire d'adopter un tuyau en matériau résistant tel que la fonte ou le polyéthylène à haute densité.

II.2 Conditions d'auto curage

- A pleine ou à demi-section, $V \geq 0,70 \text{ m/s}$ ou à l'extrême rigueur $0,50 \text{ m/s}$ (dans ce cas, le rapport des vitesses est égal à 1 donc on vérifiera que la vitesse pleine section est supérieure à $0,70 \text{ m/s}$)
- Pour une hauteur d'eau égale au $2/10$ du diamètre, $V \geq 0,30 \text{ m/s}$. (le rapport des vitesses étant égal à $0,6$ on vérifiera que $0,6 V_{PS} \geq 0,3 \text{ m/s}$)
- la hauteur d'eau doit être égale aux $2/10$ du diamètre, assuré par le débit moyen actuel. (le rapport des débits étant égal à $0,12$ on vérifiera que $(Q_{moyen} \geq 0,12 Q_{PS})$)

En pratique, on pourra considérer que l'auto-curage est respecté si $V \geq 0,30 \text{ m/s}$ pour le débit journalier moyen actuel.

III Canalisations d'eaux pluviales ou unitaires

De fait probable des dépôts dans les ouvrages, on considère que l'écoulement se fait sur des parois semi-rugueuses. Le coefficient de Bazin peut être pris à $0,46$. C sera alors approché approximativement par l'expression

$$C = 60 \times R^{\frac{1}{4}}. \quad \text{Eq 5}$$

La vitesse sera donnée par l'expression :

$$V = 60 \times R^{\frac{3}{4}} \times I^{\frac{1}{2}} \quad \text{Eq 6}$$

et le débit capable de l'ouvrage (Q_c)

$$Q_c = V \times S \quad \text{Eq 7}$$

Q_c en m^3/s ; V en m/s et S en m^2

III.1 Contraintes de calage des réseaux de canalisations d'eaux pluviales ou unitaires

Les contraintes de calage des canalisations d'eaux pluviales sont :

- le diamètre minimum de 300 mm pour éviter les risques d'obstruction.
- la pente minimum de $0,003 \text{ m/m}$. Le relèvement des eaux par pompage sera si possible évité car les débits d'eaux pluviales peuvent être importants.
- la couverture minimale de la canalisation doit être de 80 cm . En dessous de cette valeur, la canalisation sera protégée par une dalle de répartition pour éviter son écrasement sous les charges roulantes.
- un regard de visite tous les 80 m au maximum pour permettre un hydrocurage des réseaux ou une visite par caméra.
- Un regard à chaque changement de pente ou de direction.
- la vitesse maximum sera de 4 m/s afin d'éviter l'abrasion des tuyaux, sinon il est nécessaire d'adopter un tuyau en matériau résistant tel que la fonte ou le polyéthylène à haute densité.

Il est donc important de vérifier la vitesse de l'eau dans les canalisations pour le débit de pointe à évacuer.

III.2 Conditions d'auto-curage

- Pour 1/10 du débit à pleine section, on doit avoir, $V \geq 0,60 \text{ m/s}$.
- quand $r_Q = Q/Q_{PS} = 0,1$; $r_V = V/V_{PS} = 0,55$ donc on vérifiera que $V_{PS} \geq 1 \text{ m/s}$)
- Pour 1/100 du débit à pleine section, on doit avoir $V \geq 0,30 \text{ m/s}$

Ces limites sont respectées avec des vitesses à pleine section de 1 m/s dans les canalisations circulaires et 0,90 m/s dans les ovoïdes.

IV FORMULE DE MANNING-STRICKLER

Les expressions suivantes sont établies :

$$C = K \times R^{\frac{1}{6}} \quad \text{Eq 8}$$

$$V = K \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \quad \text{Eq 9}$$

$$Q_c = V \times S \quad \text{Eq 10}$$

K : Coefficient de Manning - Strickler

S : Section mouillée de l'ouvrage au m²

R : Rayon hydraulique de l'ouvrage en m

I : Pente longitudinale de l'ouvrage en m/m

V : Vitesse de l'eau dans l'ouvrage en m/s

Q_c : Débit capable de l'ouvrage en m³/s

En général, on adopte :

- $70 \leq K \leq 80$ pour les ouvrages en fonte, béton, grés, PVC, PEHD.
- $40 \leq K \leq 45$ pour les ouvrages métalliques en tôle ondulée.

Il est à remarquer que les coefficients annoncés par les fabricants (coefficients calculés en laboratoire sur une canalisation neuve sans dépôt) diffèrent des coefficients réels qui tiennent compte de la fixation de matières en suspension dans le fond des ouvrages.

V UTILISATION DES ABAQUES DE L'INSTRUCTION TECHNIQUE DE 1977

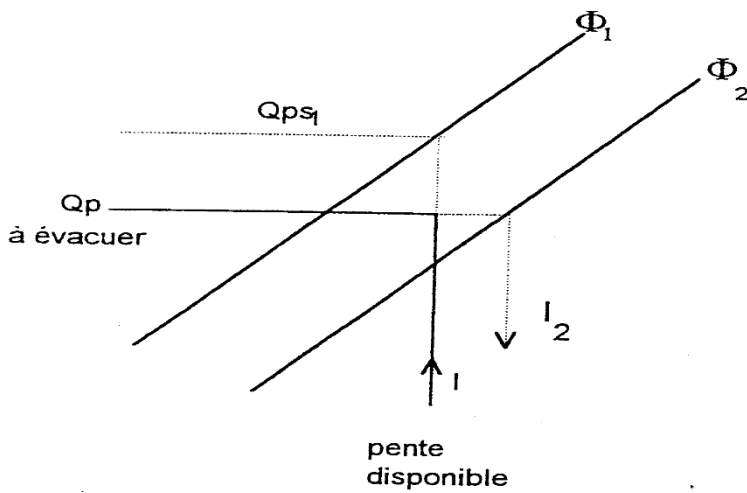
Les abaques représentent la relation de Chézy complétée par la formule de Bazin sous l'hypothèse d'un écoulement uniforme, avec :

- $\gamma = 0,25$ pour les eaux usées, on utilise l'abaque ab3
- $\gamma = 0,46$ pour les eaux pluviales ou unitaire, on utilise abaque ab4

Ces abaques sont construits pour le débit à pleine section avec :

V.1 Choix du diamètre

$$R_H = \frac{\varnothing}{4}$$

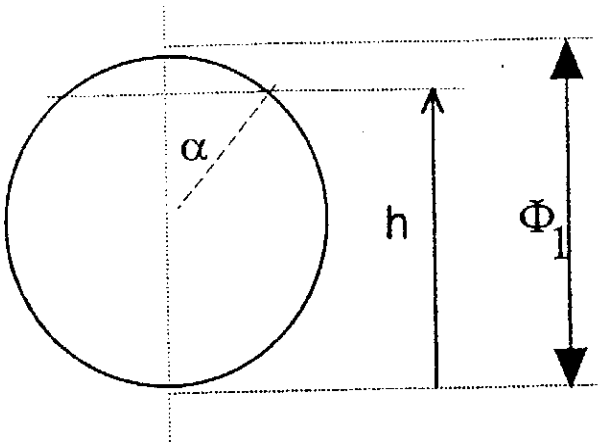


Le débit à pleine section est supérieur au débit de pointe Q_P à évacuer, donc le choix du diamètre Φ_1 est fait par excès. $Q_{PS1} > Q_P$.

Pour le choix par défaut du diamètre Φ_2 , la pente nécessaire à l'écoulement à surface libre I_2 est supérieure à la pente disponible. Il en résulte un risque de mise en charge du réseau, ce qui doit être évité (remontée des eaux chez les riverains).

V.2 Hauteur de remplissage - vitesse d'écoulement

Le choix du diamètre étant fait par excès, il peut être nécessaire de connaître la vitesse de l'écoulement ou la hauteur de remplissage h .



$$h = R(1 + \cos \alpha)$$

La section mouillée S est donnée par : $S(\alpha) = R^2(\pi - \alpha + \cos \alpha \sin \alpha)$

Le périmètre mouillé P est donné par : $P(\alpha) = 2R(\pi - \alpha)$

On en déduit le rayon hydraulique $R_H = \frac{S}{P}$ et la vitesse de l'écoulement $V(\alpha)$

L'angle α est obtenu par l'expression $Q(\alpha) = V \times S = Q_P$

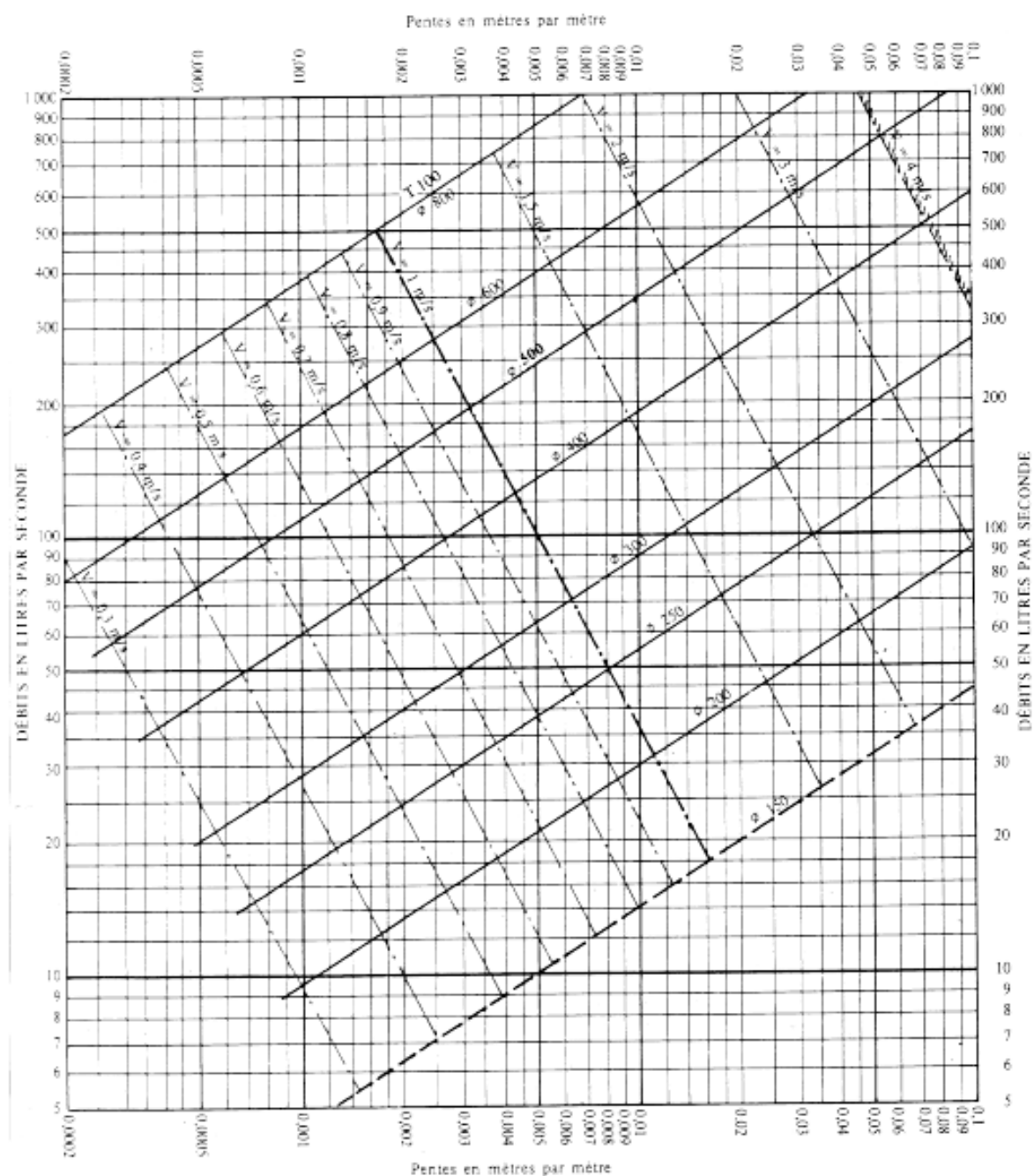
Il est plus commode d'utiliser l'abaque ab5 pour résoudre un tel problème que d'effectuer des calculs.

Q_{PS1} est le débit à pleine section

Q est le débit à évacuer

$$r_Q = \frac{Q}{Q_{PS1}} \quad r_V = \frac{V}{V_{PS1}} \quad \text{et} \quad r_H = \frac{h}{\Phi_1}$$

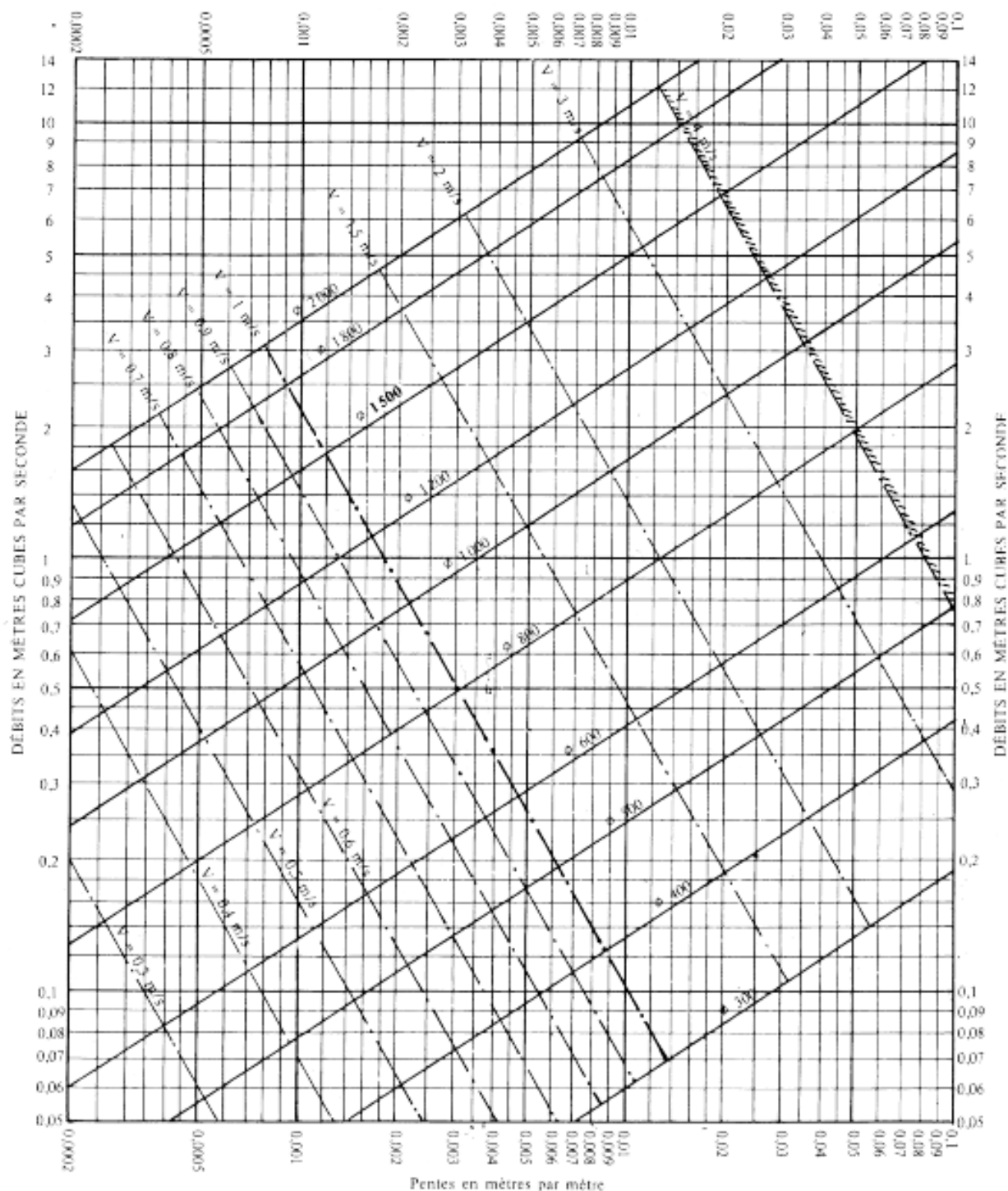
RÉSEAUX D'EAUX USÉES EN SYSTÈME SÉPARATIF



Nota : la valeur du coefficient de Bazin a été prise égale à 0,25. Lorsque la pose des canalisations aura été particulièrement soignée, et surtout si le réseau est bien entretenu, les débits pourront être majorés de 20% ($\gamma = 0,16$).

A débit égal, les pentes pourront être réduites d'un tiers.

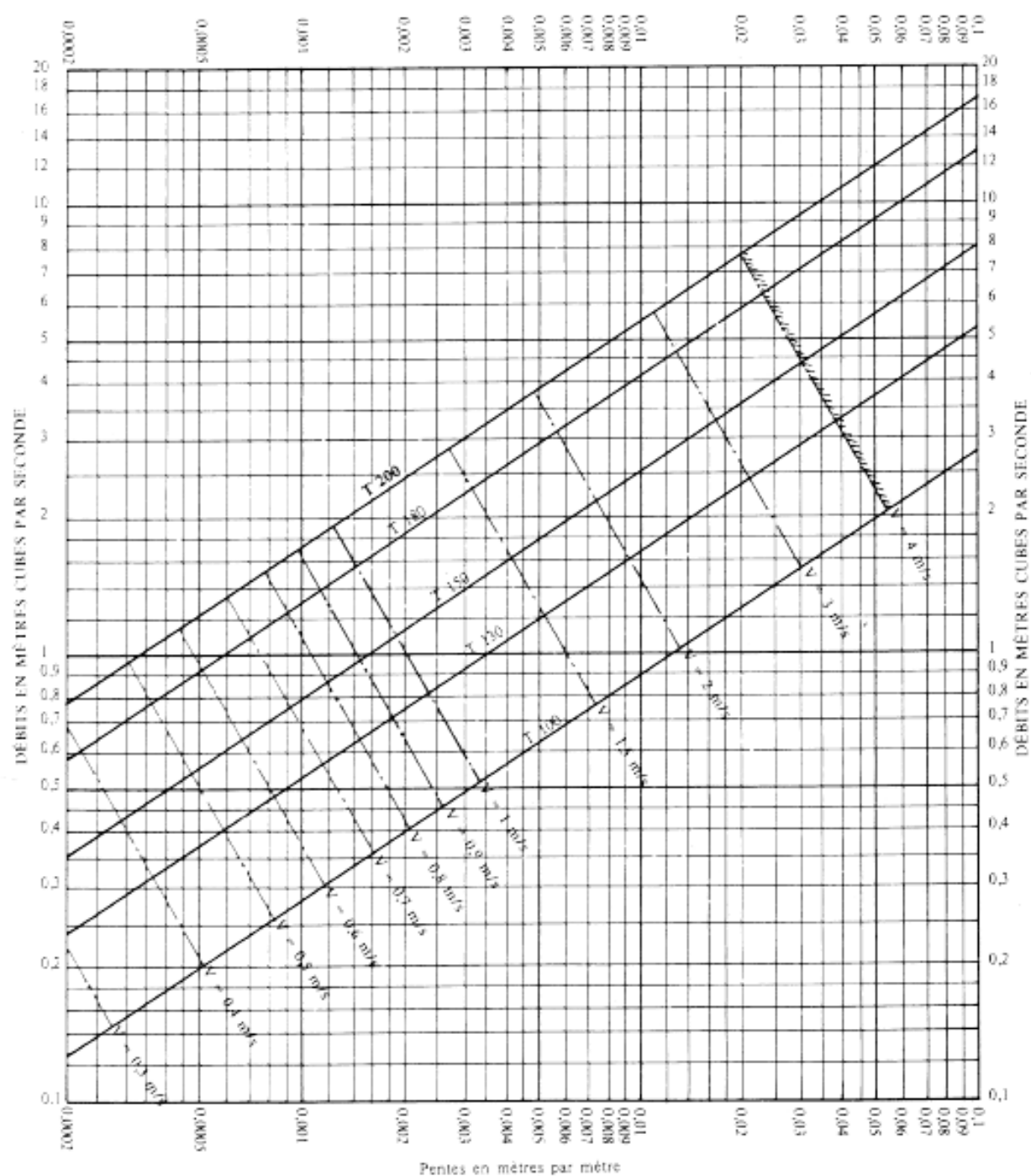
RÉSEAUX PLUVIAUX EN SYSTÈME UNITAIRE OU SÉPARATIF
(Canalisations circulaires)



Nota : la valeur du coefficient de Bazin a été prise égale à 0,46. Lorsque la pose des canalisations aura été particulièrement soignée, et surtout si le réseau est bien entretenu, les débits pourront être majorés de 20% ($\gamma = 0,30$).

A débit égal, les pentes pourront être réduites d'un tiers.

RÉSEAUX PLUVIAUX EN SYSTÈME UNITAIRE OU SÉPARATIF
(Canalisations ovoïdes)



Nota : la valeur du coefficient de Bazin a été prise égale à 0,46. Lorsque la pose des canalisations aura été particulièrement soignée, et surtout si le réseau est bien entretenu, les débits pourront être majorés de 20% ($\gamma = 0,30$).

A débit égal, les pentes pourront être réduites d'un tiers.

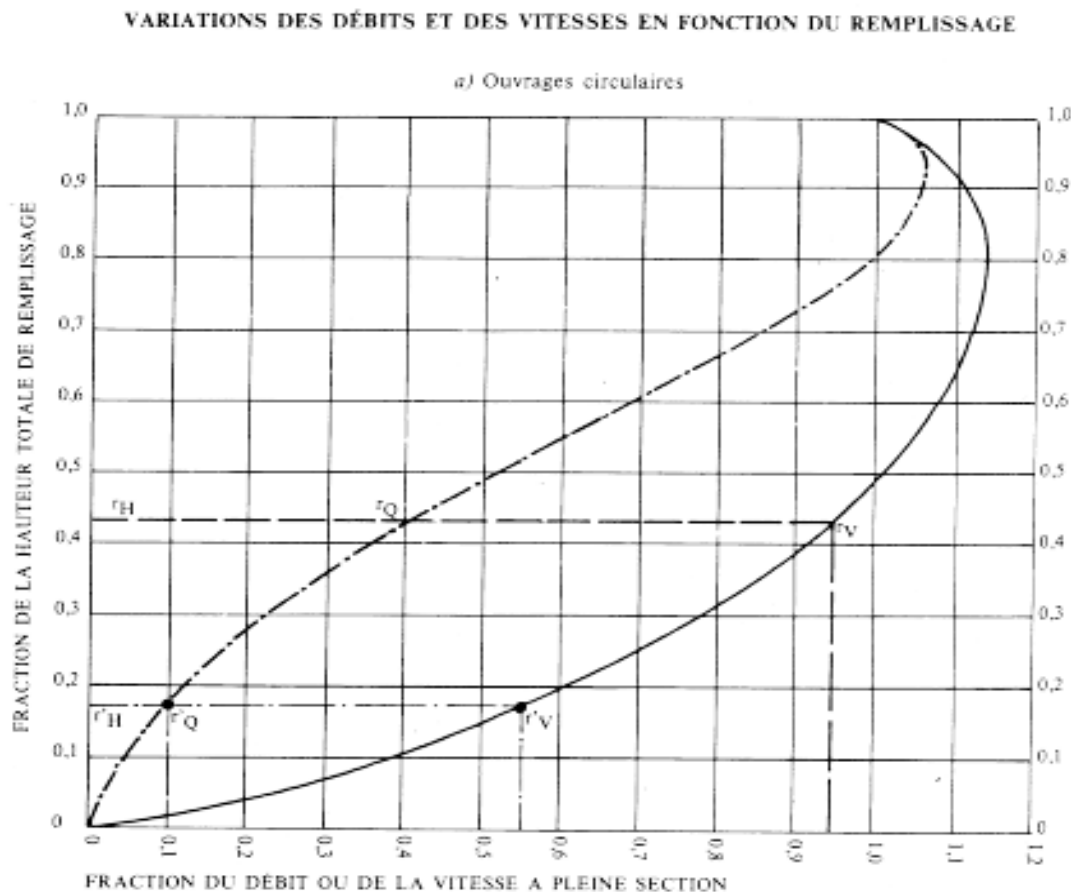
Mode d'emploi

Les abaques Ab.3 et Ab.4 (a et b) utilisés pour le choix des sections d'ouvrages compte tenu de la pente et du débit permettent d'évaluer la vitesse d'écoulement à pleine section.

Pour l'évaluation des caractéristiques capacitaires des conduites, ou pour apprécier les possibilités d'autocurage, le monogramme ci-dessus permet de connaître la vitesse atteinte en régime uniforme pour un d'bit inférieur à celui déterminé à pleine section.

Les correspondances s'établissent, soit en fonction de la fraction du débit à pleine section, soit en fonction de la hauteur de remplissage de l'ouvrage.

ABAQUE 5a : Section circulaire



Nota.

Pour un débit égal au débit à pleine section, la valeur du rapport $r_Q = 1,00$ est obtenue avec $r_H = 0,80$

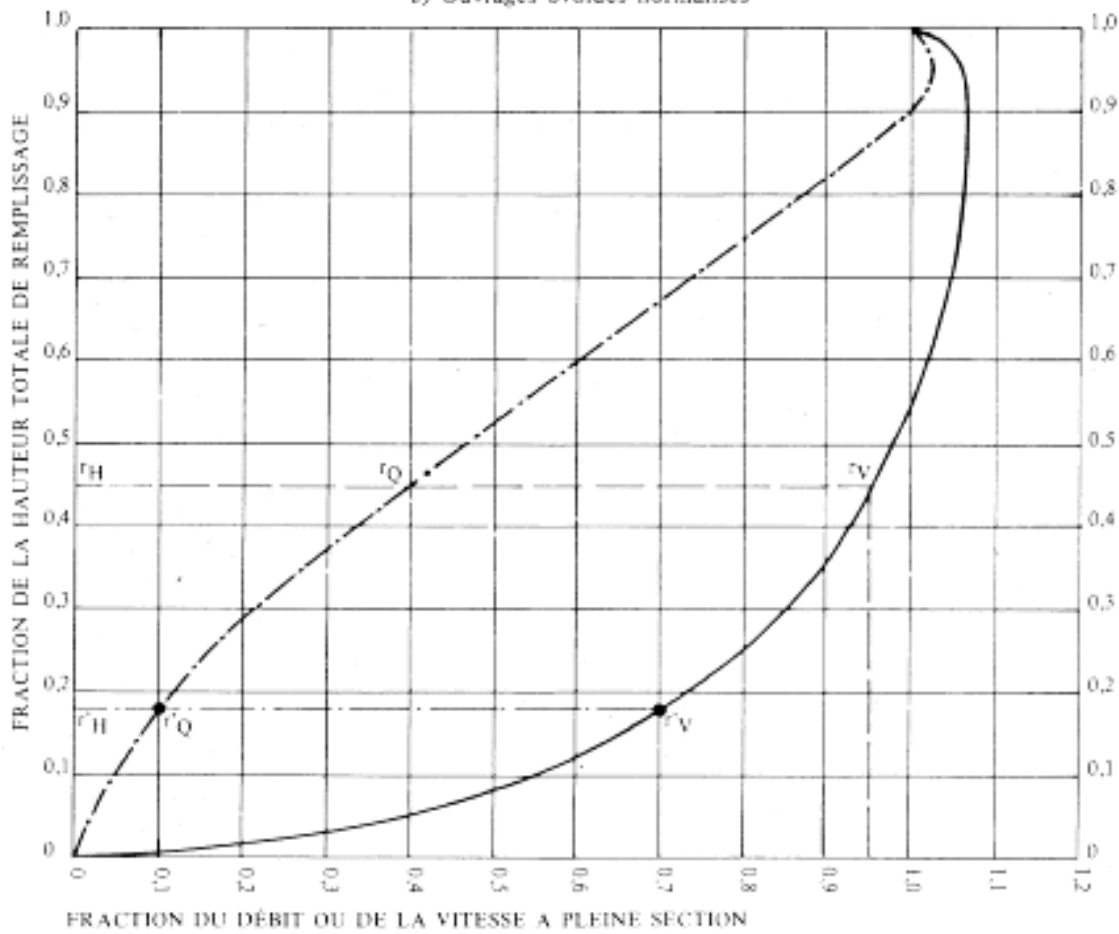
Le débit maximum ($r_Q = 1,07$) est obtenu avec $r_H = 0,95$

La vitesse maximum ($r_V = 1,14$) est obtenue avec $r_H = 0,83$

Ces dernières conditions d'écoulement à caractère assez théorique ne peuvent être obtenues que dans des conditions particulières d'expérimentation.

VARIATIONS DES DÉBITS ET DES VITESSES EN FONCTION DU REMPLISSAGE

b) Ouvrages ovoïdes normalisés



Nota.

Pour un débit égal au débit à pleine section, la valeur du rapport $r_Q = 1,00$ est obtenue avec $r_H = 0,90$

Le débit maximum ($r_Q = 1,03$) est obtenu avec $r_H = 0,95$

La vitesse maximum ($r_V = 1,07$) est obtenue avec $r_H = 0,90$

Ces dernières conditions d'écoulement à caractère assez théorique ne peuvent être obtenues que dans des conditions particulières d'expérimentation.