

INTRODUCTION

A partir du ou des réservoirs, l'eau est distribuée dans un réseau de canalisations sur lesquelles les branchements seront piqués en vue de l'alimentation des abonnés.

Les canalisations devront en conséquence présenter un diamètre suffisant, de façon à assurer le débit maximal avec une pression au sol compatible avec la hauteur des immeubles

L'eau est distribuée aux consommateurs par des réseaux de conduites locaux, à l'intérieur de la zone à alimenter. Les principaux éléments d'un réseau de distribution sont: les conduites, les branchements et les pièces spéciales (Coudes Tés, vannes, compteurs, Bouches d'incendie,...)

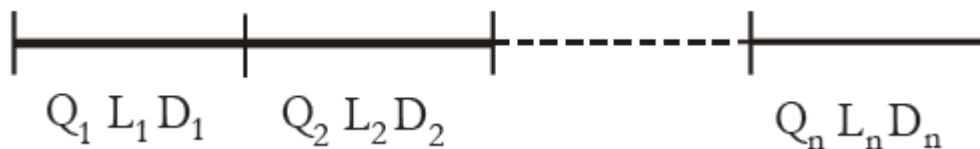
Les différentes fonctions que peut assurer une conduite :

- Une conduite peut véhiculer un débit constant d'une de ses extrémités à l'autre, c'est une conduite qui assure un débit d'extrémité
- Une conduite peut distribuer de l'eau le long de sa longueur, c'est une conduite qui assure un débit en route
- Une conduite peut assurer à la fois les deux fonctions suscitées, c'est une conduite qui assure un service mixte

Dans un réseau d'adduction ou de distribution, nous pouvons rencontrer des conduites placées en série et/ou des conduites placées en parallèle dans des configurations simples, ramifiées ou maillées

. Conduites en série:

Les conduites en série sont traversées par le même débit. La perte de charge totale étant la somme des pertes de charge linéaires et singulières



a) La perte de charge totale est égale à la somme des pertes de charge de chaque conduite :

$$h_T = h_1 + h_2 + \dots + h_j$$

b) Le débit est le même pour toutes les conduites :

$$Q_T = Q_1 = Q_2 = \dots = Q_j$$

c) La perte de charge est liée au débit par une relation du type :

$$h = R Q^n$$

où le coefficient R est la résistance de la conduite. Cette résistance ne dépend que des propriétés de la conduite c'est-à-dire la rugosité, le diamètre et la longueur.

Avec la formule de Darcy-Weisbach, on a :

$$R = \frac{8 f L}{\pi^2 g D^5} \text{ et } n = 2$$

Pour la formule de Hazen-Williams, on a :

$$R = \left(\frac{1}{C_{HW} \beta} \right)^{1,85} \frac{L}{D^{4,87}} \text{ et } n = 1,85$$

β est le coefficient d'unités ($\beta = 0,2785$ (S.I.), $\beta = 0,4322$ (S.A.)).

Donc pour des conduites en série, la résistance équivalente s'exprime comme la somme des résistances de chaque conduite :

$$R_e = \sum_{i=1}^j R_i$$

.Conduites en parallèle :

Les conduites en parallèles ont la même perte de charge. Le débit total traversant toutes les conduites est la somme des débits

a) Le débit total est égal à la somme des débits de chaque conduite:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_j$$

b) La perte de charge est la même pour toutes les conduites:

$$h_T = h_1 = h_2 = \dots = h_j$$

c) Le débit est lié au à la perte de charge par une relation du type:

$$Q = K h^m$$

où K est la conductance de la conduite. La conductance est liée à la résistance par la relation :

$$K = \frac{1}{R^m}$$

avec $m = 1/n$.

Donc pour des conduites en parallèle, la conductance équivalente s'exprime comme la somme des conductances de chaque conduite :

$$K_e = \sum_{i=1}^j K_i$$

Structure des réseaux

Selon la liaison entre les différents tronçons on distingue deux type de réseaux:.

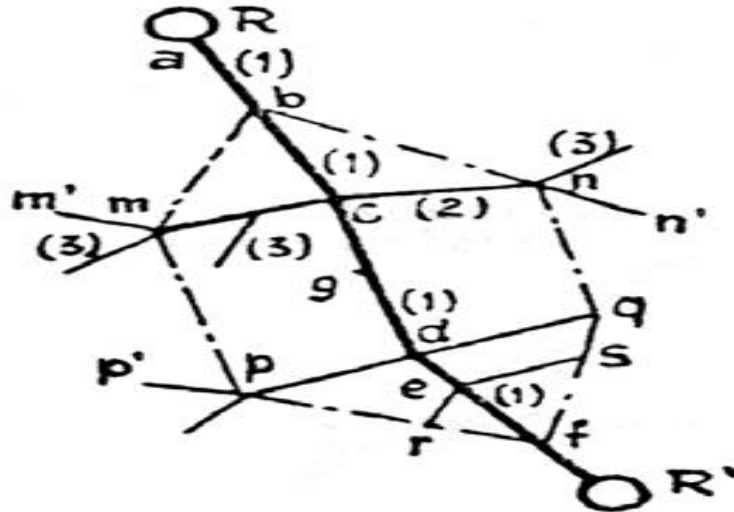
1-Réseau maillé :

Le réseau maillé dérive du réseau ramifié par connexion des extrémités des conduites (Généralement jusqu'au niveau des conduites tertiaires), permettant une alimentation de retour. Ainsi, chaque point du réseau peut être alimenté en eau de deux ou plusieurs côtés.

L'eau circule dans les tronçons dans un seul sens: des conduites principales vers les conduites secondaires

Avantage : économique

Inconvénient : Manque de sécurité (en cas de rupture d'une conduite principale tous les abonnés situés à l'aval seront privés d'eau)



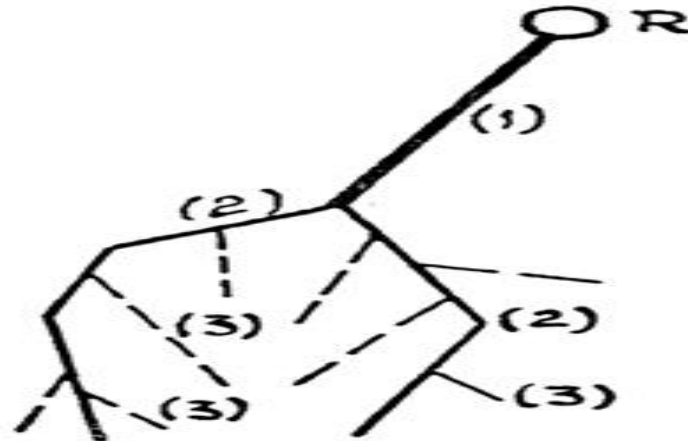
Réseau maillé

2-Réseau ramifié:

Dérive du réseau ramifié par la connexion des extrémités des conduites permettant une alimentation de retour.

Avantage: Plus de sécurité (en cas de rupture d'une conduite il suffit de l'isoler et tous les abonnés situés à l'aval seront alimentés par les autres tronçons) avec une répartition plus uniforme de pression et du débit.

Inconvénient: Plus coûteux et plus difficile à calculer.



Réseau ramifié

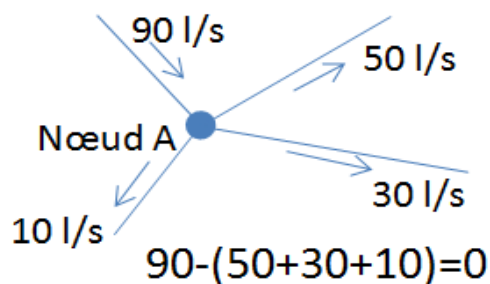
Méthode de calcul de Hardy - Cross

2 principes: principes d'équilibre des nœuds et des pertes de charges en chaque maille

1^{ère} loi: loi des nœuds

$$\Sigma Q_{\text{entrée}} = \Sigma Q_{\text{sortie}}$$

Exemple :

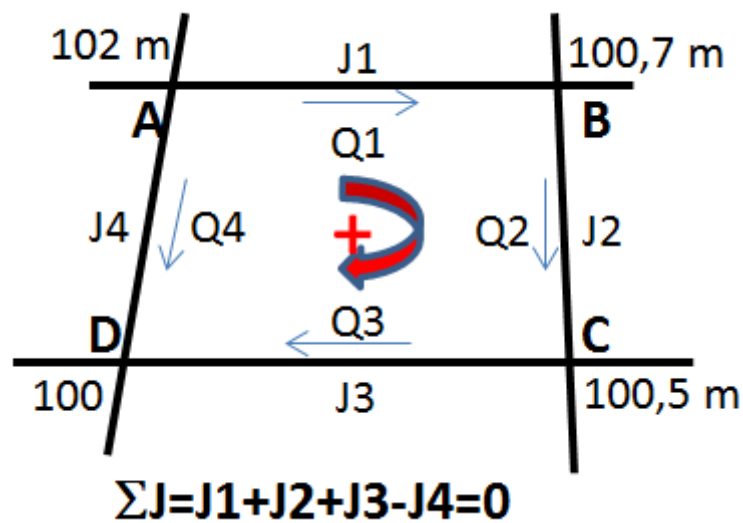


2^{ème} loi: loi des mailles

- ✓ on définit un **sens de parcours positif arbitraire** (sens des aiguilles d'une montre)
- ✓ se fixer dans chaque maille une **répartition supposée des débits** ainsi qu'un sens supposé d'écoulement tout en respectant la 1^{ère} loi. Un diamètre tout au moins

provisoire, des canalisations (avec des vitesses entre **0,6 et 1,2 m/s**) peut être choisi et l'on calcule les pertes de charges correspondantes.

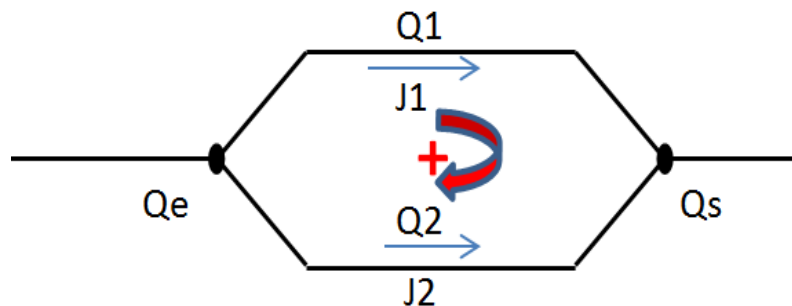
- ✓ Le résultat de calcul se traduit alors par **la connaissance des pressions à chaque nœud et des débits dans chaque branche et ceci pour le choix des diamètres définis initialement.**
- ✓ Si ces valeurs de pression et de débit sont incompatibles avec les valeurs à assurer, on corrige les diamètres des tronçons incriminés et on recommence le calcul.



Principe de Calcul d'une maille

- ✓ on se fixe arbitrairement la répartition de Q_e entre les 2 branches

$$\Sigma Q_{\text{entrée}} = Q_e = \Sigma Q_{\text{sortie}} = Q_1 + Q_2 = Q_s$$



- ✓ choisissant les deux diamètres permettant d'écouler les débits Q_1 et Q_2

- ✓ on calcule des pertes de charges correspondantes (attention aux signes des pertes charge compte tenu du sens de parcours):

$$\Sigma \Delta h = \Sigma J = J_1 - J_2 = R_1 Q_1^2 - R_2 Q_2^2 = 0$$

- ✓ La répartition de Q_e en Q_1 et Q_2 n'étant pas correcte, on corrige en ajoutant algébriquement une correction ΔQ_1

En conséquence:

$$\Sigma \Delta h = \Sigma J = J_1 - J_2 = R_1 (Q_1 + \Delta Q_1)^2 - R_2 (Q_2 - \Delta Q_1)^2 = 0$$

en négligeant les termes en ΔQ_1^2 , $2\Delta Q_1 (R_1 Q_1 - R_2 Q_2) = -R_1 Q_1^2 + R_2 Q_2^2$

$$\Rightarrow \Delta Q_1 = \frac{R_1 Q_1^2 + R_2 Q_2^2}{2(R_1 Q_1 - R_2 Q_2)}$$

Sachant que: $R_1 = \frac{J_1}{Q_1^2}$ et $R_2 = \frac{J_2}{Q_2^2}$, alors

$$\Delta Q_1 = -\frac{J_1 - J_2}{2\left(\frac{J_1}{Q_1} + \frac{J_2}{Q_2}\right)} = -\frac{(J_1 + J_2)}{2\left(\frac{J_1}{Q_1} + \frac{J_2}{Q_2}\right)}$$

si $J_1 + J_2 < 0$, Q_1 est insuffisant et il faut l'augmenter $\Rightarrow \Delta Q_1 > 0$

si $J_1 + J_2 > 0$, Q_1 est trop important et il faut le diminuer $\Rightarrow \Delta Q_1 < 0$

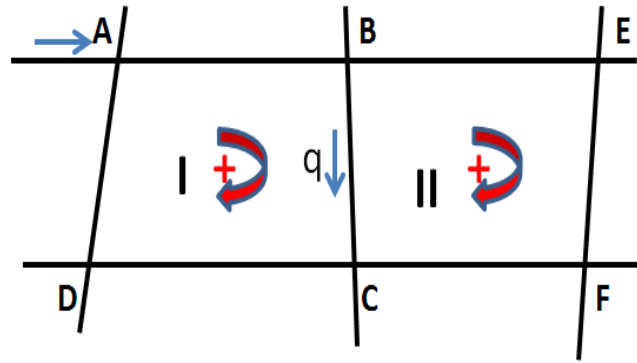
Pour n tronçons, on généralise:

$$\Delta Q_1 = -\frac{\Sigma J_i}{2\Sigma \left| \frac{J_i}{Q_i} \right|}$$

Si pour de nouveaux débits, la 2 ème loi n'est toujours pas satisfaite, corriger les débits d'une nouvelle valeur ΔQ_2 calculée de la façon précédente. Ainsi on se rapprochera de zéro pour la somme algébrique des pertes de charge du contour.

Principe de Calcul de 2 mailles

La conduite commune sera affectée par les deux corrections des débits calculées pour les deux mailles, affectées de leurs signes respectifs.



Examinons la conduite BC traversée par le débit q

- ✓ dans la maille I le débit q est $>0 \Rightarrow$ la correction est alors $+\Delta q(I)$
- ✓ dans la maille II le débit $q < 0 \Rightarrow$ la correction est $-\Delta q(II)$
- ✓ Ainsi pour la conduite BC: $\Delta q = +\Delta q(I) - \Delta q(II)$
- ✓ On arrête les itérations lorsque pour toutes les mailles:

$$|\Delta q| \leq 0,5 \text{ l/s} \quad \text{et} \quad |\Sigma J| \leq 0,2 \text{ m voir } 0,5 \text{ m}$$

à l'aide d'un programme de calcul, on peut aller plus loin dans la précision

Si la solution obtenue ne vérifie pas les conditions imposées (vitesses admises et /ou pressions suffisantes), on doit modifier le choix des diamètres de certains tronçons et refaire le calcul dès le début

Résumé pour le calcul d'un réseau maillé avec la méthode de Hardy-Cross:

- ✓ On se donne à priori les débits de la 1^{ère} approximation en chaque branche de manière à satisfaire la condition d'équilibre des nœuds.
- ✓ Pour chaque maille on calcule Δq .
- ✓ On corrige q_i .
- ✓ Répéter les mêmes opérations jusqu'à obtention de l'erreur voulue.

					1 ère itération					2 ème itération						
Maille	M.adjac.	N°trçon	l (m)	DN mm	q (l/s)	v (m/s)	j (m/m)	J (m)	J/q	Δq (l/s)	q (l/s)	v (m/s)	j (m/m)	J (m)	J/q	Δq (l/s)
I																
								$\sum J$	$\sum \left \frac{J_i}{Q_i} \right $	$\Delta Q_1 = -\frac{\sum J_i}{2\sum \left \frac{J_i}{Q_i} \right }$				$\sum J$	$\sum \left \frac{J_i}{Q_i} \right $	$\Delta Q_1 = -\frac{\sum J_i}{2\sum \left \frac{J_i}{Q_i} \right }$
II																
								$\sum J$	$\sum \left \frac{J_i}{Q_i} \right $	$\Delta Q_1 = -\frac{\sum J_i}{2\sum \left \frac{J_i}{Q_i} \right }$				$\sum J$	$\sum \left \frac{J_i}{Q_i} \right $	$\Delta Q_1 = -\frac{\sum J_i}{2\sum \left \frac{J_i}{Q_i} \right }$