Chapitre 7 Les réseaux

7.1 Introduction

Les réseaux de distribution constituent l'ensemble du circuit hydraulique qui permet de ramener l'eau, à partir du ou des réservoirs jusqu'aux consommateurs (abonnés). C'est-à-dire, fournir le débit maximal avec une pression au sol (ou charge) minimale compatible avec la hauteur des immeuble.

7.2 Structure des réseaux

Les principaux éléments d'un réseau de distribution sont :

- Les conduites.

- Les branchements.

- Les pièces spéciales (coudes, raccordements, vannes, compteurs, ….)

7.3 Types de réseaux

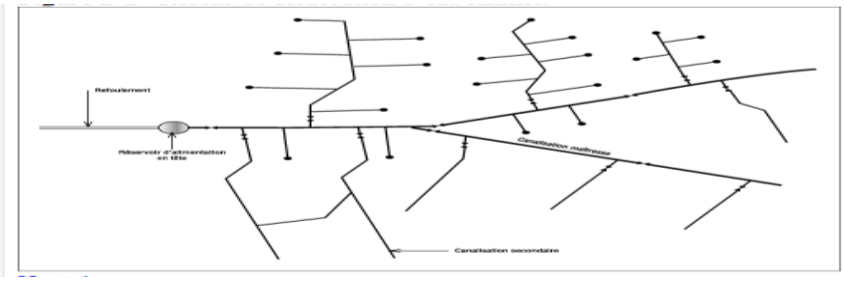
Selon la liaison entre les différents tronçons on distingue deux types de réseaux:

- Réseau ramifié;
- Réseau maillé
- Réseau mixte

7.3.1 Réseau ramifié

La géographie d'un réseau ramifié affecte la structure d'un arbre, celle-ci convient le plus souvent aux réseaux d'évacuation et aux réseaux d'alimentation intérieurs des bâtiments. Son principal inconvénient consiste en l'isolement des puisages d'aval en cas de problème intervenant sur une conduite.

Les réseaux ramifiés vérifient la première loi de Kirchhoff selon laquelle la somme des débits qui aboutissent à un nœud est égale à la somme des débits qui s'en éloignent.



Il se caractérise par :

-la circulation de l'eau dans un seul sens (des conduites principales vers les conduites secondaires, vers les conduites tertiaires…).

-chaque point du réseau n'est alimenté en eau que d'un seul coté.

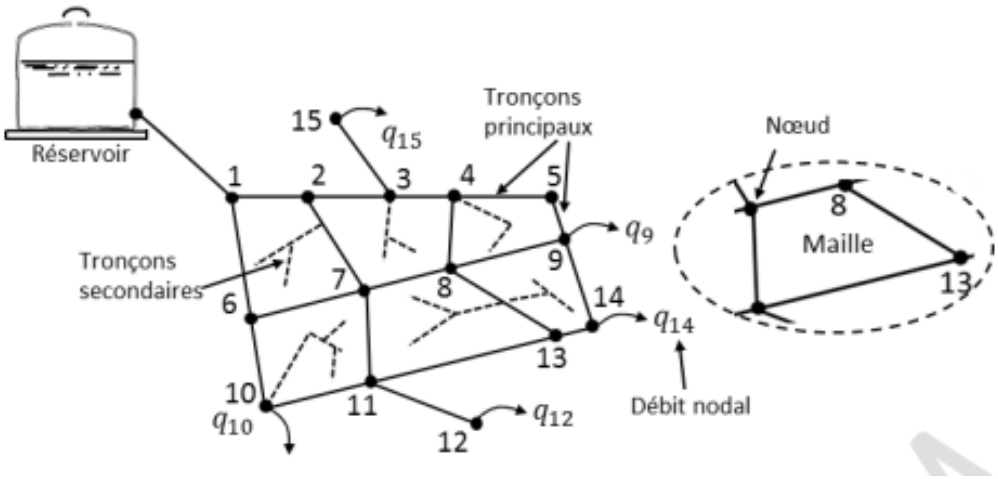
-Ce réseau présente l'avantage d'être économique.

Ses principaux inconvénients :

- alimentation sans retour dans les conduites,
- il manque de sécurité (en cas de rupture d'une conduite principale, tous les abonnés situés à l'aval seront privés d'eau.

7.3.2 Réseaux maillés

Ils sont composés de conduites suivant des contours fermés permettant une alimentation en retour. Les risques de perturbation de service sont ainsi réduits. Ainsi, chaque point du réseau peut être alimenté en eau de deux ou plusieurs cotés.



Ce type de réseau présente les avantages suivants : plus de sécurité dans l'alimentation (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 conduites) et une répartition plus uniformes des pressions et des débits dans tout le réseau.

Il est par contre plus couteux et plus difficile à calculer. Eventuellement, on peut utiliser d'autres types de réseaux :

- Réseau mixte : est un réseau maillé comportant en cas de besoin, quelques ramifications permettant d'alimenter quelques zones isolées de la ville.

- Réseau étagé : dans le cas où la topographie est très tourmentée - Réseau à alimentation distincte : réseau d'eau potable et réseau d'eau non potable.

En générale, on utilise un réseau maillé pour alimenter une zone urbaine et un réseau ramifié pour alimenter une zone rurale.

7.3.2.1 Définitions préliminaires

- Un endroit où sont branchés ensemble plusieurs conduites, pompes, réservoirs ou autres équipements s'appelle un nœud.
- Un circuit fermé composé d'éléments constitutifs d'un réseau est appelé maille.

Un réseau est en équilibre lorsque la somme algébrique des débits Q (y compris le débit de consommation) aux nœuds est nulle et que, simultanément, la somme algébrique des pertes de charge h autour d'une maille s'annule. Ceci définit la loi des nœuds et la loi des mailles

Loi des nœuds

$$\sum_{N=i,j,k,,,,} Q_N = 0$$

Cette relation exprime le principe de conservation de la masse.

Loi des mailles

$\sum_{M=i,j,k,,,,} h_M = 0$

Cette relation exprime le principe de conservation de l'énergie.

Le débit est relié à la perte de charge par une relation de type :

$$h = Q^n$$

ou inversement $Q=\frac{1}{R^{1/n}} h^{1/n} = Kh^m$

où R et n dépendant de la loi d'écoulement choisie (Darcy-Weisbach, Hazen-Williams...)

Considérons une maille à plusieurs troncons. On propose de débits q'_i dans chaque tronçon. En respectant le 1er principe

$h= R.q^n$ $\sum h_i=\sum R\, q^n = 0$

q= débit réel, q_1' diffère du débit réel q_1 d'une quantité « Δq ».

Δq : correction à apporter au débit q_1 ' pour satisfaire le 2eme principe.

$q1 = q_1' + \Delta q_1$ (algébrique).

$\sum R(q_1' + \Delta q)^n = 0$ ----------(1) {q' et Rq'^n ont le même signe] Puisque Δq est supposé très petit /q' en développant (1) et en négligeant les termes infiniment petit ordre supérieur ou égale à 2.

7.3.2.2 Méthode de HARDY-CROS

Puisque Δq est supposé très petit /q' en développant (1) et en négligeant les termes infiniment petit ordre supérieur ou égale à 2.

$$\Delta q = \frac{-\sum Rq'^n\,(algébrique)}{\sum nRq'^{n-1}(arithmétique)}$$

Si n=2

$$\Delta q = \frac{-\sum Rq'^2}{\sum 2Rq'}$$

Donc l'erreur = $\frac{\Delta q_{min}}{q_{min}}$.

Si l'erreur est inferieur à 5%, %, on arrête les corrections et on adopte les corrections des débits finaux. Si non, il faudra de nouveau corriger les débits d'une valeur de Δq calculée de la façon que nous venons de voir.

Calcul d'une maille

But : trouver la répartition des débits dans les différents itinéraires

(1) $h_R = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot S^2} = m \cdot Q^2$ (2) $\frac{h_R}{Q} = m \cdot Q$

Hyp. : Choix arbitraire des répartitions Q_a et Q_b

Répartition exacte : $Q_a' = Q_a + \Delta q$ $Q_b' = Q_b - \Delta q$

Avec cette répartion : $\sum h_R' = 0$

Alors : $m_a (Q_a + \Delta q)^2 - m_b (Q_b - \Delta q)^2 = 0$

$2 \cdot \Delta q (m_a \cdot Q_a + m_b \cdot Q_b)^2 + \underbrace{\Delta q^2 (\dots)}_{= 0 \text{ car au carré devient très petit}} = - m_a \cdot Q_a^2 + m_b \cdot Q_b^2$

Avec (1) : $\Delta q = - \frac{m_a \cdot Q_a^2 - m_b \cdot Q_b^2}{m_a \cdot Q_a + m_b \cdot Q_b} \cdot \frac{1}{2}$ Avec (2) : $\Delta q = - \frac{h_{Ra} - h_{Rb}}{\frac{h_{Ra}}{Q_a} + \frac{h_{Rb}}{Q_b}} \cdot \frac{1}{2}$

La formule : $\Delta q = - \frac{\sum h_{Ri}}{2 \cdot \sum \frac{h_{Ri}}{Q_i}}$