

Introduction aux réseaux

formation CTECB


13/04/2015

Jérôme Spieth



1/ Éléments théoriques et pratiques

2/ Eléments d'hydraulique

3/ les types de réseaux et leurs spécificités

4/ les éléments des réseaux

5/ notions de calcul de réseau, l'équilibrage



1/ Éléments théoriques et pratiques

1/a Les usages des réseaux :

Les réseaux permettent le transfert, l'alimentation, ou l'évacuation d'énergie ou de matière par le biais de canalisations, ou de câbles.

1/b Les principales règles :

Un réseau se doit :

- d'assurer une répartition adaptée des fluides selon l'usage,
- ne pas être le siège de fuite (s),
- résister aux modifications physiques des fluides,
- de transférer les fluides ou l'énergie contenue dans les fluides jusqu'au système qui utilisera leurs propriétés physiques,
- (éventuellement) d'évacuer.



2/ Eléments d'hydraulique

Les principales valeurs et relations :

Les pertes de charges (issu du site internet public iut en ligne) :

Nature physique des pertes de charge linéiques

La perte de charge linéique est la dissipation d'énergie du fluide lors de son écoulement. Elle est due à la résistance à l'écoulement issue de la viscosité du fluide d'une part, et aux frottements entre le fluide et la paroi d'autre part.

Sur le plan pratique elle concerne les pertes existant sur les parties rectilignes des réseaux constitués de canalisations.

Pertes de charge singulières

Il existe d'autres pertes de charge d'écoulement. Ce sont les pertes de charges "singulières" dont l'origine est due aux obstacles qui créent des variations géométriques d'écoulement.

Les changements brutaux de géométrie - coudes, tés de bifurcation, évasement ou rétrécissement de section de tube, robinet, vannes, obstacles divers - occasionnent des perturbations particulières vis-à-vis de l'écoulement.

Les mécanismes physiques de perte d'énergie ne sont plus alors seulement liés aux frottements, mais aussi aux transformations géométriques rencontrées par le fluide lors de son déplacement.

Définition : La formule de calcul

La perte de charge linéique d'un écoulement s'exprime à l'aide de la formule ci-dessous.

Elle est exprimée soit en Pa/m soit en m/m (système d'unités des hydrauliciens).

Selon le système international des unités...

$$\frac{\Delta E}{L} = \frac{\lambda}{D} \cdot E_{cin}$$

$\frac{\Delta E}{L}$: perte de charge linéique en Pa/m

λ : facteur de perte de charge s.u.

D : diamètre intérieur de la canalisation en m

E_{cin} : énergie cinétique volumique de l'écoulement en Pa

$$E_{cin} = \frac{\rho \cdot V^2}{2}$$

ρ : masse volumique en kg/m³

V : vitesse débitante en m/s



Selon le système d'unités des hydrauliciens, en m (mètre de colonne de fluide)...

$$j = \frac{\lambda}{D} \cdot H_{cin}$$

j : perte de charge linéique en m/m

λ : facteur de perte de charge s.u.

D : diamètre intérieur de la canalisation en m

H_{cin} : énergie cinétique volumique de l'écoulement en m

$$H_{cin} = \frac{V^2}{2g}$$

V : vitesse débitante en m/s

g : accélération due à la pesanteur en m/s^2

Conclusions

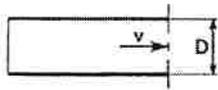
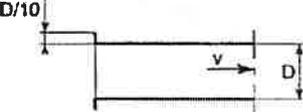
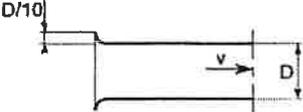
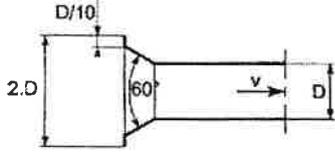
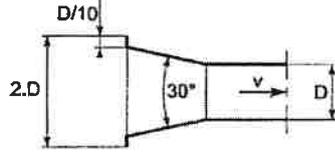
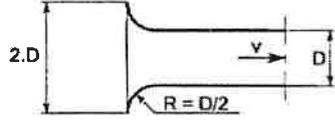
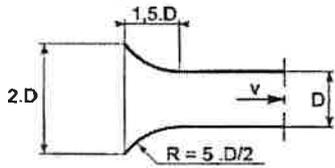
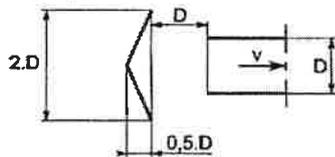
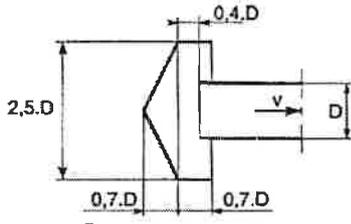
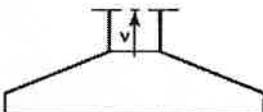
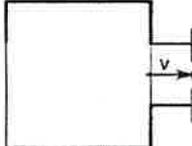
1. La perte de charge linéique est **proportionnelle à l'énergie cinétique**, donc au carré de la vitesse. Si la vitesse du fluide est multipliée par 2 alors la perte de charge linéique est multipliée par 4.
2. Elle est proportionnelle au **facteur de perte de charge λ** , dont la détermination reste la clé de la résolution des problèmes de calculs concernant les pertes de charge linéiques en écoulement en charge.
3. La formule de **Poiseuille** et la formule de **Colebrook** permettent de déterminer le facteur de perte de charge λ .



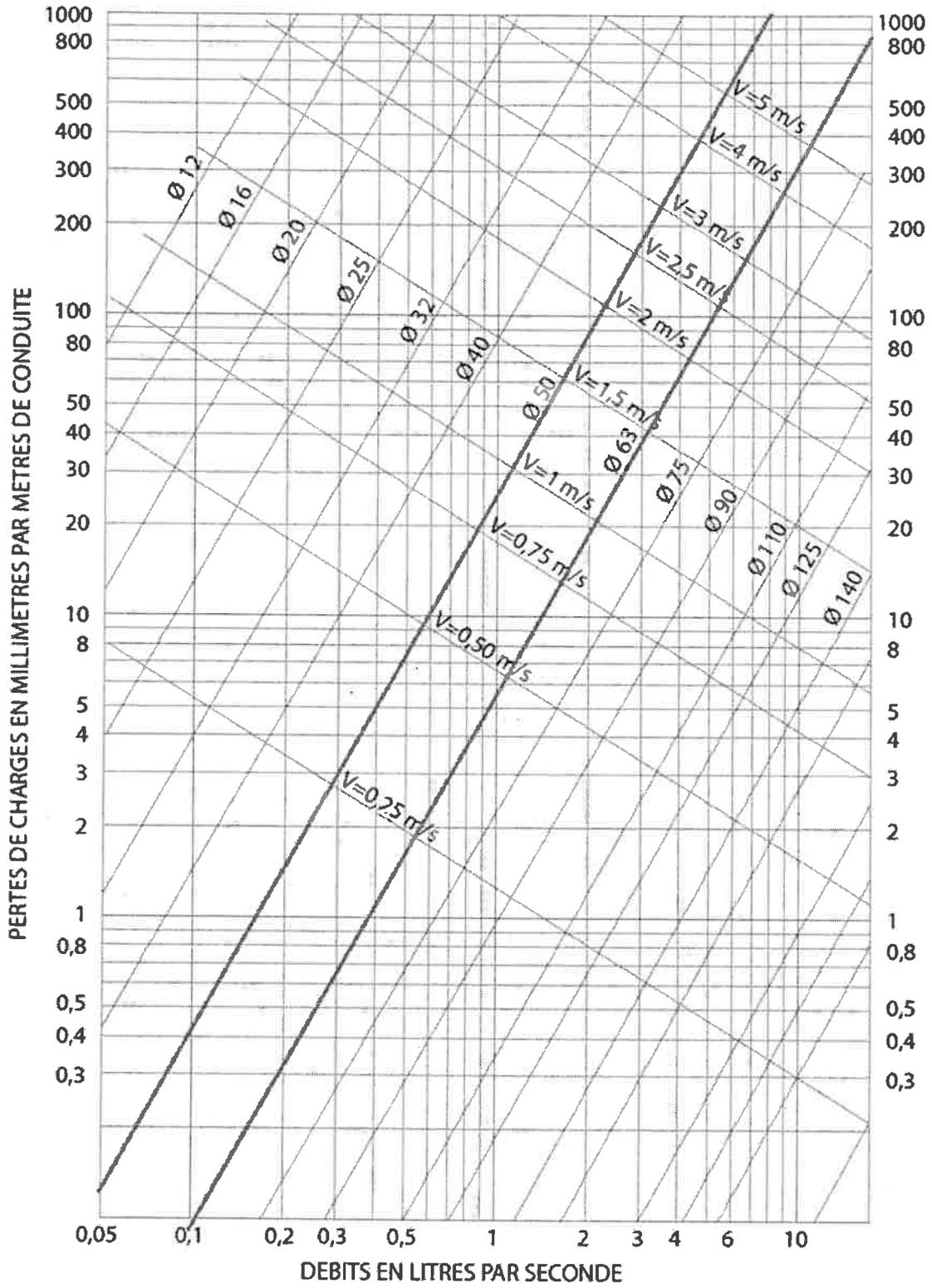
COEFFICIENTS DE PERTE DE CHARGE SINGULIERE
 ζ ENTREES D'UN FLUX D'AIR

$J_{\text{sing}} = \zeta \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}$ [Pa]

La flèche indique la vitesse sur laquelle s'applique le ζ

 <p>○ $\zeta = 0,8$ □ $\zeta = 1,2$</p>	 <p>○ $\zeta = 0,5$ □ $\zeta = 0,7$</p>	 <p>○ $\zeta = 0,35$ □ $\zeta = 0,5$</p>
 <p>○ $\zeta = 0,3$ □ $\zeta = 0,45$</p>	 <p>○ $\zeta = 0,2$ □ $\zeta = 0,3$</p>	 <p>○ $\zeta = 0,15$ □ $\zeta = 0,15$</p>
 <p>○ $\zeta = 0,05$ □ $\zeta = 0,05$</p>	 <p>○ $\zeta = 0,9$ □ $\zeta = 1,3$</p>	 <p>○ $\zeta = 2$ □ $\zeta = 3$</p>
 <p>Hotte $\zeta = 0,5$</p>		 <p>Cabine $\zeta = 0,5$</p>

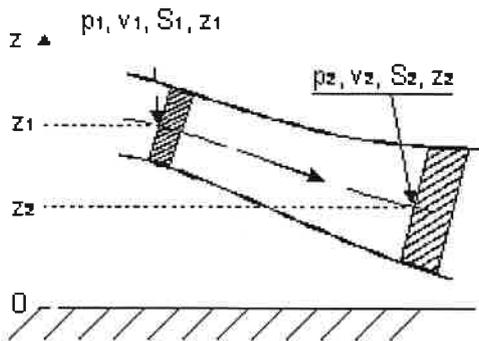




Les lois régissant l'écoulement des fluides (site de l'académie Nancy Metz) :

Equation de Bernoulli pour un fluide parfait :

Un *fluide parfait* est un fluide dont l'écoulement se fait *sans frottement*.



On considère un écoulement permanent isovolume d'un fluide parfait, entre les sections S_1 et S_2 , entre lesquelles il n'y a aucune machine hydraulique, (pas de pompe, ni de turbine).

Soit m la masse et V le volume du fluide qui passe à travers la section S_1 entre les instants t et $t+\Delta t$. Pendant ce temps la même masse et le même volume de fluide passe à travers la section S_2 . Tout se passe comme si ce fluide était passé de

la position (1) à la position (2).

En appliquant le théorème de l'énergie cinétique à ce fluide entre les instants t et $t+\Delta t$ (la variation d'énergie cinétique est égale à la somme des travaux des forces extérieures : poids et forces pressantes), on obtient :

$$\rho \frac{v^2}{2} + \rho g z + p = Cte$$

ρ est la pression statique, $\rho g z$ est la pression de pesanteur, $\rho \frac{v^2}{2}$ est la pression cinétique.

ρ : masse volumique / g : accélération de la pesanteur.



L'équation de Bernoulli généralisée :

Lors d'un écoulement d'un fluide réel entre les points (1) et (2) il peut y avoir des *échanges d'énergie* entre ce fluide et le milieu extérieur :

- par *travail* à travers une machine, pompe ou turbine ; la puissance échangée étant P
- par *pertes de charge* dues aux frottements du fluide sur les parois ou les accidents de parcours ; la différence de pression étant Δp

Le théorème de Bernoulli s'écrit alors sous la forme générale :

$$\frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) + \rho g (z_2 - z_1) + (p_2 - p_1) = \frac{\sum P}{q_v} - \Delta p$$

avec :

- ΣP : somme des puissances échangées entre le fluide et le milieu extérieur, à travers une machine, entre (1) et (2) :
P > 0 si le fluide reçoit de l'énergie de la machine (pompe),
P < 0 si le fluide fournit de l'énergie à la machine (turbine),
P = 0 s'il n'y a pas de machine entre (1) et (2).
- Δp : somme des pertes de charge entre (1) et (2) :

Les régimes d'écoulement : le nombre de Reynolds

Nature de l'écoulement

Sur le plan pratique des écoulements, le nombre de Reynolds est un indicateur de la nature de l'écoulement.

En effet, le nombre de Reynolds exprime le rapport des forces d'inertie aux forces de viscosité lors de l'écoulement.

Écoulement laminaire

Donc lorsque le nombre de Reynolds est petit, les forces d'inertie sont faibles par rapport aux forces de viscosité. Il se peut même qu'elles deviennent négligeables pour des valeurs très faibles de ce nombre.

Alors l'écoulement est dit "LAMINAIRE", et si le nombre de Reynolds est inférieur à 2000, cet écoulement est même réversible ; les forces d'inertie ne pouvant pas modifier la structure du fluide due aux forces de viscosité.

Pour un nombre de Reynolds compris entre 2000 et 3000 l'écoulement reste laminaire mais n'est plus réversible - si l'on inverse le sens du courant, les particules de fluide ne retrouvent pas leur position initiale.

Les fluides très visqueux et à faible vitesse occasionnent des écoulements laminaires - fioul, huile, sang dans les artères.

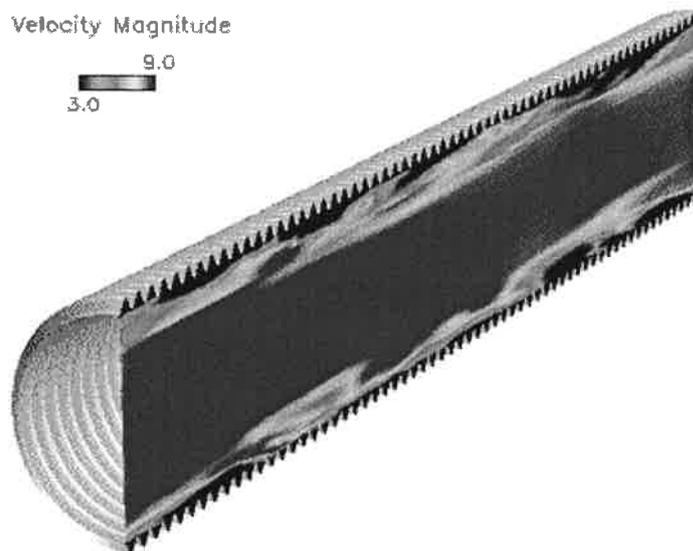


Écoulement turbulent

Pour des valeurs supérieures à 3000 l'écoulement du fluide est dit "TURBULENT".

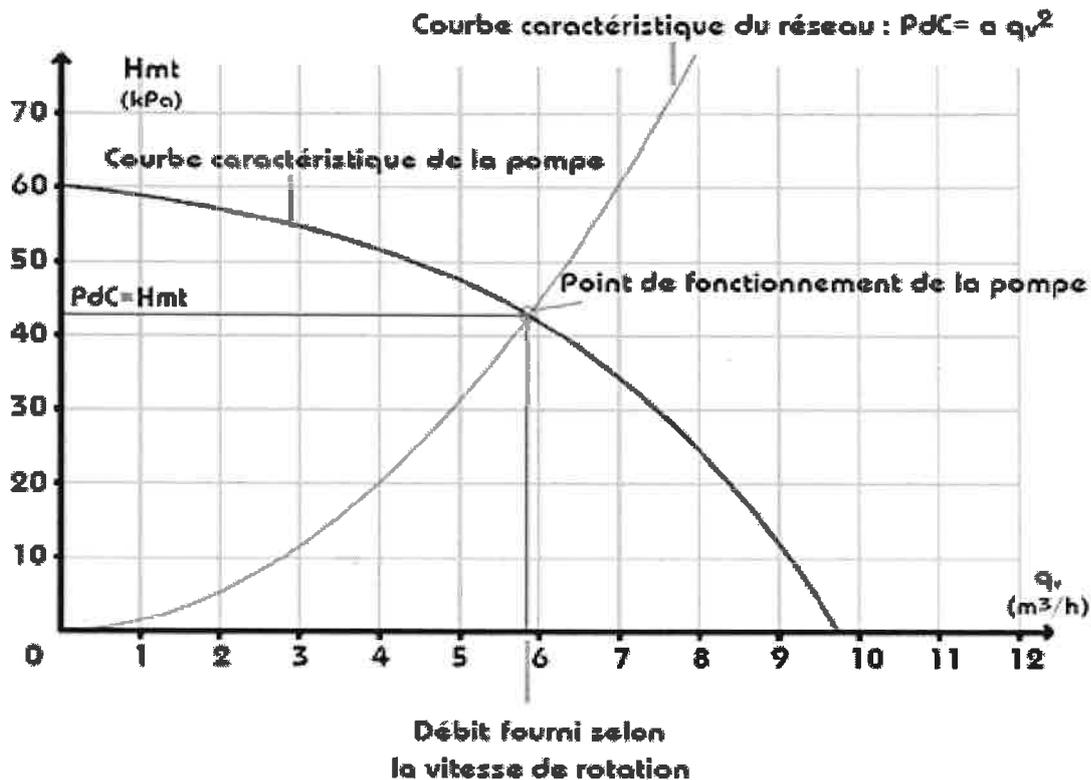
Les turbulences résultent des forces d'inerties qui deviennent plus importantes que les forces de viscosité et la structure du fluide tend à se transformer de manière irréversible et importante.

Les fluides peu visqueux et à vitesse élevée, occasionnent des écoulements turbulents - air dans les tunnels ventilés, eau dans les réseaux de chauffage ou d'eau froide, etc...



Le calcul d'une pompe, d'un ventilateur, la courbe de réseau :

Le choix d'une pompe ou d'un ventilateur se fait par l'utilisation de la courbe de fonctionnement du réseau :



Le calcul d'un radiateur :

Le calcul du débit de fluide associé à un radiateur (Q en $m^3 \cdot h^{-1}$) est déterminé par la formule suivante :

$$Q = P / (c * \Delta t)$$

P : puissance (en KW ou W)

c : capacité calorifique volumique du fluide (KWh/ $m^3 \cdot ^\circ K$ ou Wh/ $m^3 \cdot ^\circ K$ - pour l'eau : $c = 1,16$ Kwh/ $m^3 \cdot K$)

Δt : différence de température (entrée / sortie du radiateur) ou régime de fonctionnement en $^\circ K$.



3/ les types de réseaux et leurs spécificités (hors réseau électriques)

a/ l'alimentation en eau potable :

Le réseau d'alimentation en eau potable assure la desserte des projet en eau potable.

Ces principales contraintes :

- alimenter le projet avec une eau de qualité alimentaire,
- assurer une pression minimale dans le réseau (3 bars),
- ne pas présenter de fuites,
- être situé hors gel,
- disposer d'un dispositif de comptage.

Le réseau, avant le compteur d'eau, est à la charge du fermier.

Le réseau, après le compteur d'eau, est à la charge de l'abonné.

b/ l'évacuation des eaux usées :

Le réseau d'évacuation des eaux usées doit assurer la collecte de toutes les eaux usées vers un système de traitement.

- il permet un écoulement libre dans les canalisations,
- il assure l'"auto-curage" du réseau,
- il dispose de boitiers ou branchement de contrôles,
- il dispose (éventuellement) de poste de refoulement,
- il ne présente pas de fuites,
- il est séparatif et étanche aux arrivées d'eaux extérieures.

c/ l'évacuation des eaux pluviales :

Il assure l'évacuation des eaux pluviales ruisselées sur les parties imperméables du projet.

- il assure un lissage des débits à l'exutoire,
- il évite une saturation ou une mise en charge globale des installations,
- il empêche les inondations.



d/ l'eau chaude sanitaire :

On dissociera l'eau chaude sanitaire du réseau de chauffage.

Dans les deux cas,

- le réseau assure un transport des calories d'une production à une émission ou un point de puisage,
- il résiste aux variations d'état physiques du fluide,
- il assure un transport adapté énergétique,
- il ne comporte pas de fuites,
- il contient le moins de pertes de charges possibles,
- il dispose (pour le réseau de chauffage) d'un circulateur,
- il est isolé thermiquement,
- il résiste au gel.

e/ la ventilation :

Le réseau de ventilation assure le renouvellement et l'évacuation d'air dans l'habitation.

- il n'est pas bruyant,
- il assure une qualité sanitaire de l'air,
- il permet une évacuation des condensats,
- il permet de maintenir des débits adaptés aux bouches d'aérations,
- il est étanche,
- il possède un ventilateur adapté.

f/ la fumisterie :

L'évacuation des fumées constitue la fumisterie.

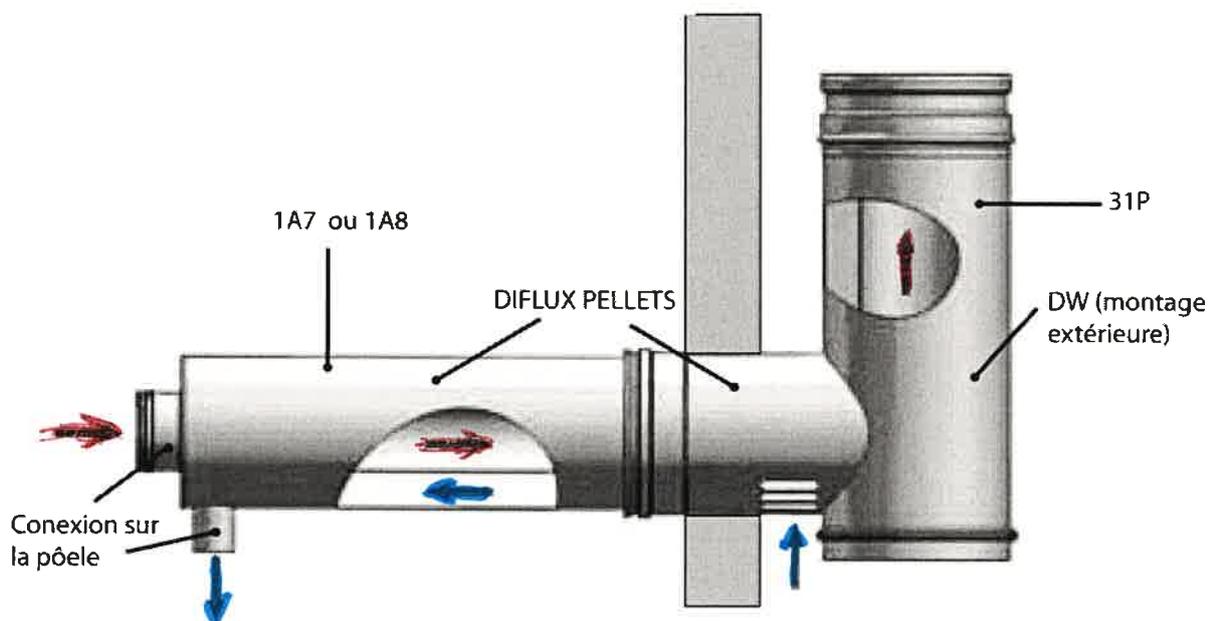
Le réseau de fumisterie :

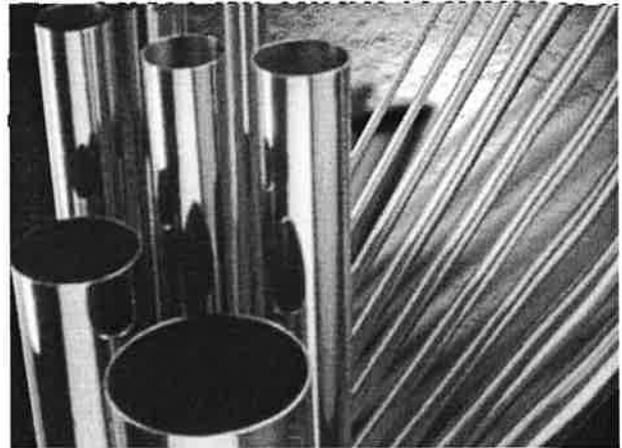
- assure une évacuation adaptée par tirage optimisé,
- empêche tout risque incendie,
- est accessible pour tout ramonage.



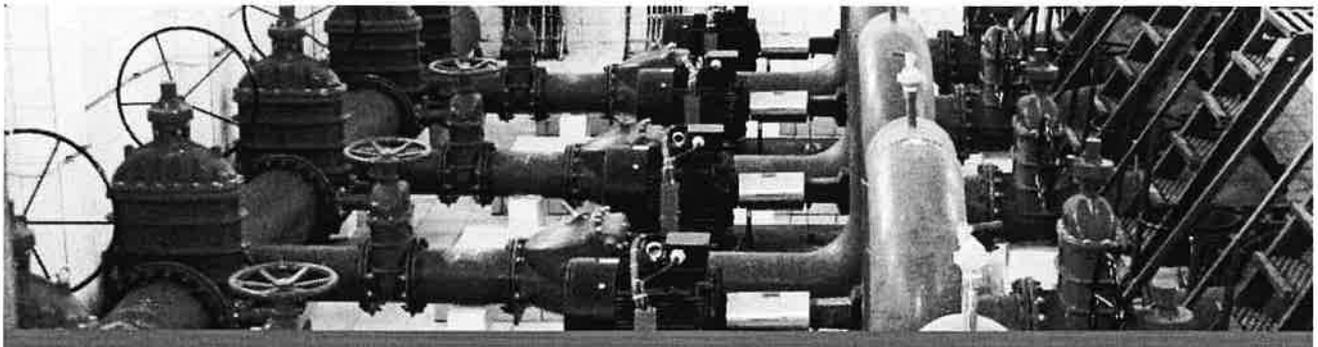
4/ les éléments des réseaux

Les gaines, les canalisations :





PER

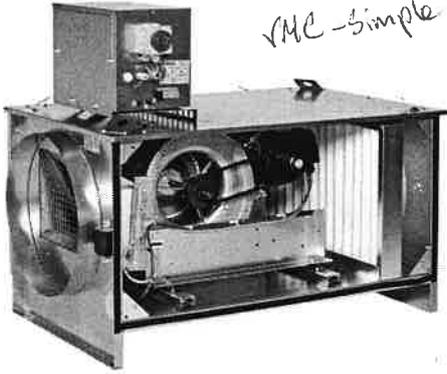


Formation : CTECB 2013
Module : UF3
S 326 : Introduction aux réseaux
Jérôme Spieth – 17 / 01 / 2013

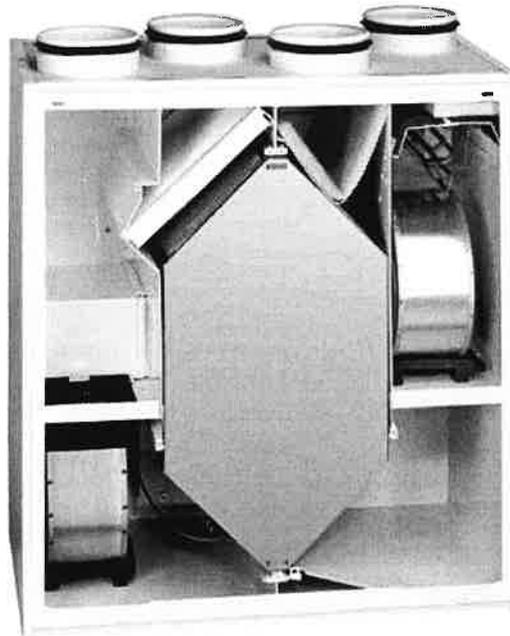
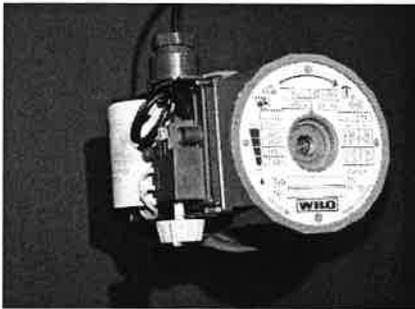
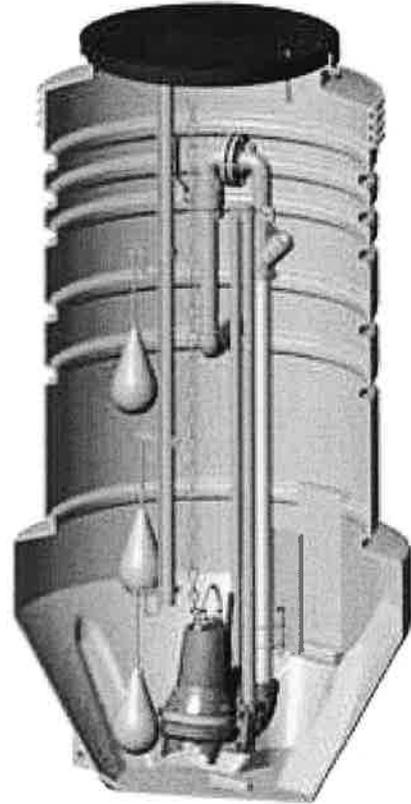
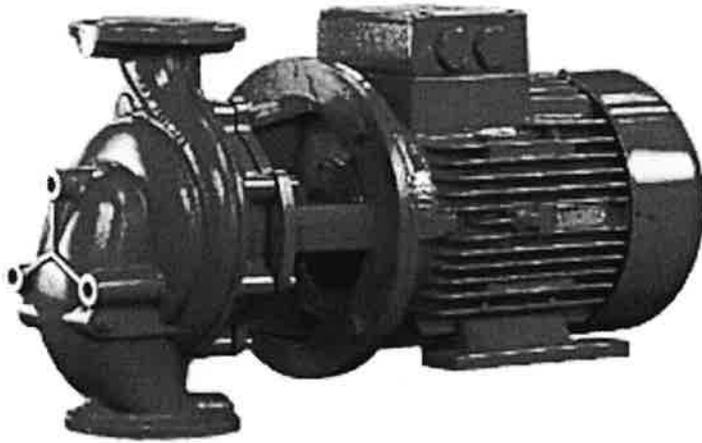


ventilateurs, pompes :

VMC - simple Flux



Pompe de relèvement



5/ notions de calcul de réseau, l'équilibrage

L'équilibrage hydraulique :

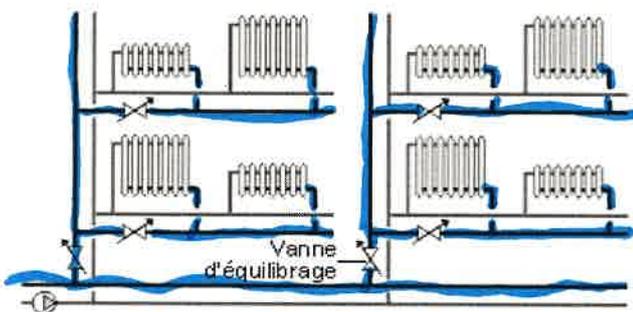
Le manque de débit dans un circuit est un signe de déséquilibre des pertes de charge entre circuits. Ce déséquilibre peut entraîner des surconsommations indirectes par la rehausse d'une courbe de chauffe. Donc, l'augmentation des débits ou une action quelconque sur la régulation est une mauvaise solution. En première approche, le placement de vanes thermostatiques sur les émetteurs améliore déjà la situation. L'idéal est de placer et d'effectuer un réglage correct des vanes d'équilibrage différentielles sur les pieds de colonne. Il est conseillé de faire appel à des spécialistes ou de posséder une solide expérience en matière d'équilibrage car cela est loin d'être aisé et demande pas mal de temps.

Placer et régler des vanes d'équilibrages

C'est le seul moyen de réaliser un véritable équilibrage.

Au retour des circuits

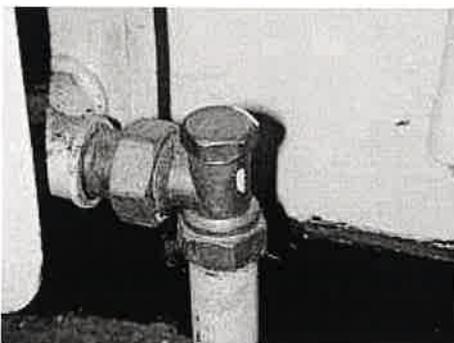
Pour ajuster la répartition du débit entre les différents circuits, il faut placer des vanes d'équilibrage, au pied de chaque colonne et au retour de chaque branche sur laquelle les radiateurs sont raccordés. Il est à noter que l'équilibrage au pied des colonnes, avant de s'attaquer aux émetteurs, apporte déjà de grandes améliorations du confort.



Placement de vanes d'équilibrage au pied des colonnes et au départ des circuits.

Sur les émetteurs

Il faut aussi répartir le débit entre les radiateurs d'une même branche du circuit. Pour cela, ceux-ci doivent être équipés de tés de réglage.



Formation : CTECB 2013

Module : UF3

S 326 : Introduction aux réseaux

Jérôme Spieth – 17 / 01 / 2013



Té de réglage du débit d'un radiateur.

Il existe également des corps de vanne thermostatique avec "té de réglage" incorporé : une bague de réglage permet de freiner de façon permanente le débit du radiateur, indépendamment de l'action de l'élément thermostatique.



Corps de vanne thermostatique avec pré-réglage du débit.

Faire équilibrer l'installation par des professionnels

Idéalement pour réaliser un équilibrage précis, il faut que les vannes, au minimum sur les colonnes et les branches du circuit, soit munies de prises de pression différentielle permettant de mesurer le débit.



Vanne d'équilibrage à placer sur un circuit de distribution. En mesurant et en réglant la perte de charge de la vanne, on ajuste le débit irriguant le circuit à sa juste valeur.

Le placement de vannes automatiques (ou régulateurs de pression différentielle) qui permettent le maintien d'une différence de pression constante au pied de chaque colonne facilite également l'équilibrage car le réglage correct de la vanne n'est plus influencé par le réglage des circuits voisins, ce qui est le cas avec les vannes à réglage fixe. Le surcoût de ces vannes est ainsi compensé par la facilité de réglage.

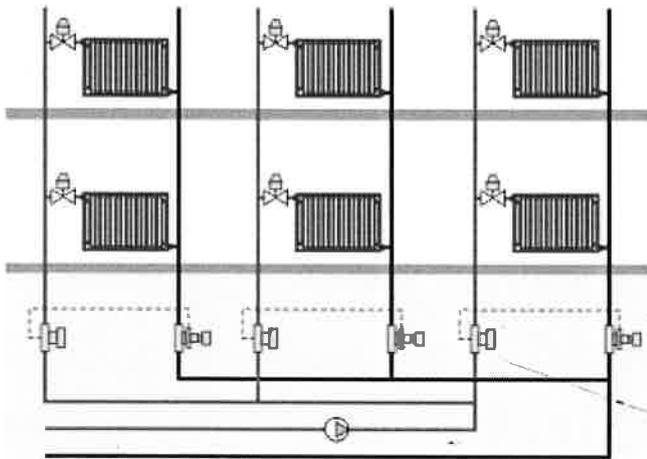
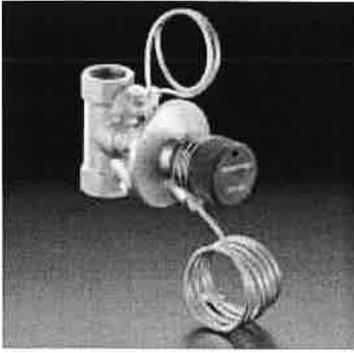
Formation : CTECB 2013

Module : UF3

S 326 : Introduction aux réseaux

Jérôme Spieth – 17 / 01 / 2013





action gestion de la pression.

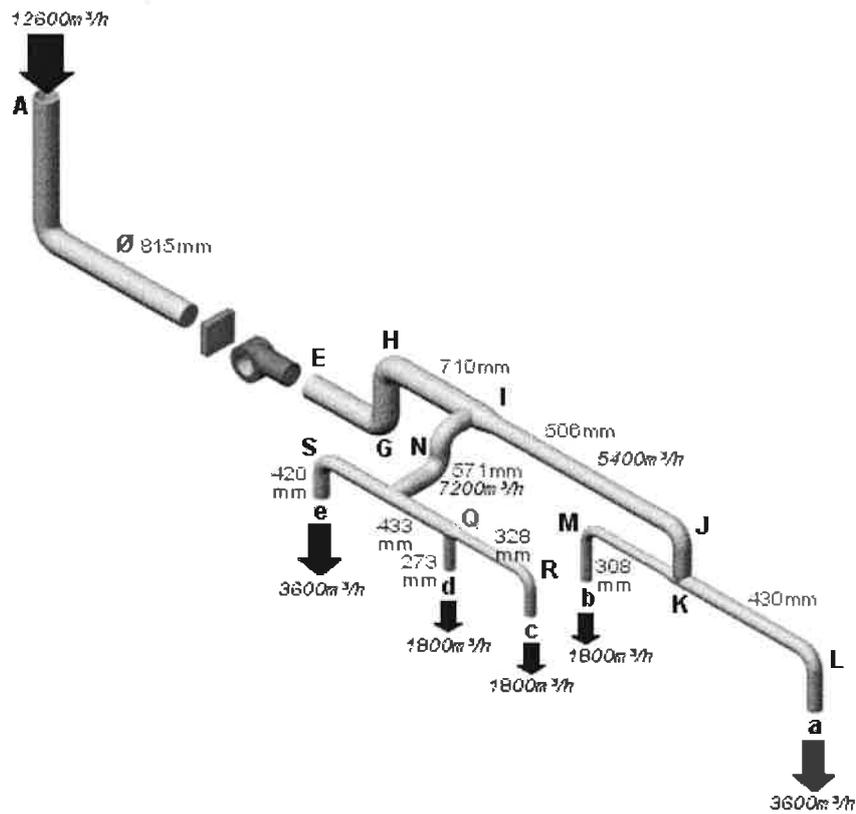
mesure de Pression.

Equilibrage au moyen de régulateurs de pression différentielle. Une vanne est placée sur la conduite de départ et la conduite de retour. La vanne automatique mesure la différence de pression entre le départ et le retour de chaque colonne et règle son ouverture pour maintenir cette dernière constante.

Il faut cependant être conscient que le placement de toutes ces vannes demande un investissement important et que l'appel à des spécialistes confirmés sera presque toujours nécessaire et indispensable étant donné la complexité de l'opération. Il faut aussi connaître les débits nominaux calculés lors de la conception.



L'équilibrage aéraulique :



Cette méthode consiste à fixer la perte de charge linéaire dans la branche du réseau la plus résistante (a priori, la plus longue). Ensuite, en partant de la bouche la plus défavorisée, on égalise la perte de charge de chacune des branches parallèles, ce qui permet d'en déterminer le diamètre. On obtient ainsi en final un réseau directement équilibré.

Suivant des tables reprises dans la littérature, les accidents de parcours (coudes, changements de section, tés, bifurcations, ...) sont assimilés à une longueur de conduite équivalente, c'est-à-dire ayant la même perte de charge.

