

# Les vitesses d'écoulement dans les canalisations en cuivre

## ■ DÉFINITIONS RELATIVES À L'ÉCOULEMENT DES FLUIDES

L'utilisation d'un débit d'eau froide ou chaude dans une installation sanitaire ou de chauffage implique que l'eau transportée se déplace à une certaine vitesse dans le tube utilisé. Pour un débit donné, cette vitesse dépend uniquement de la section intérieure du tube de cuivre choisi et, par conséquent, de son diamètre intérieur. Elle est donnée par la formule :

$$V = D/S = 4 D/\pi d^2$$

où V est la vitesse en m/s, D est le débit en m<sup>3</sup>/s et S la section du tube en m<sup>2</sup>, elle-même fonction du diamètre intérieur en mètre ( $S = \pi d^2/4$ ).

On distingue deux types d'écoulements :

- l'écoulement laminaire caractérise des filets de fluide se déplaçant parallèlement à l'axe du tube. Il concerne le domaine des vitesses faibles ;
- l'écoulement turbulent est, au contraire, désordonné et est le fait de vitesses plus élevées.

La limite de vitesse à partir de laquelle l'écoulement est dit turbulent est donnée par un nombre sans dimension appelé nombre de Reynolds. Cette grandeur dépend de la vitesse (ou du débit), du diamètre intérieur, de la viscosité et de la masse volumique du fluide transporté et, par conséquent aussi, de la température :

$$R_e = \rho \cdot V \cdot d / \eta$$

où

$\rho$  = masse volumique de l'eau en kg/m<sup>3</sup>

$V$  = vitesse de l'eau en m/s

$d$  = diamètre intérieur du tube de cuivre en m

$\eta$  = viscosité de l'eau en kg/(m.s) ou en Pa.s

On utilise souvent la viscosité cinématique  $\nu = \eta/\rho$  (exprimée en m<sup>2</sup>/s) pour simplifier l'expression de  $R_e$  qui devient alors  $R_e = Vd/\nu$ .

La limite de la valeur du nombre de Reynolds à partir de laquelle l'écoulement est turbulent est de 2 000. On peut ainsi calculer la vitesse ou le débit à partir desquels l'écoulement devient turbulent :

Exemple pour de l'eau à 20° C et un tube de 14 x 1 :

$$R_e = 2\,000$$

$$d = 12 \text{ mm} = 0,012 \text{ m}$$

$$\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$$

$$\eta = 0,001 \text{ kg/(m.s)}$$

Le calcul donne  $V = 0,17 \text{ m/s}$ , soit un débit de 69 l/h

Pour une eau à 80° C ayant une viscosité trois fois plus faible ( $\eta = 0,36 \cdot 10^{-3} \text{ kg/(m.s)}$ ), l'écoulement turbulent correspondant à ce même nombre de Reynolds sera atteint avec une vitesse trois fois moindre (0,06 m/s) correspondant à un débit de 24 l/h.

## ■ LES PERTES DE CHARGE

Le nombre de Reynolds qui définit le degré de turbulence d'un écoulement intervient également dans le chiffrage des frottements du fluide sur les parois du tube, c'est-à-dire dans le calcul des pertes de charge. Cela constitue une première raison justifiant la modération de la vitesse du fluide.

Les pertes de charge, qu'elles soient par frottement ou singulières, sont par ailleurs proportionnelles au carré de la vitesse de circulation : cela constitue une raison supplémentaire pour choisir des diamètres de canalisations suffisamment grands, c'est-à-dire des vitesses suffisamment faibles pour un débit donné, pour minimiser ces pertes de charge.

Une vitesse excessive engendre ainsi des pertes de charge plus importantes qui vont elles-mêmes nécessiter une pompe d'une puissance supérieure et, par conséquent, des coûts d'exploitation plus élevés. En outre, le surdimensionnement de la pompe risque d'être la source d'une usure prématurée et inutile des organes de réglage. On a ainsi toujours intérêt à rechercher des pertes de charge minimales.

## ■ LES VITESSES DITES "SILENCIEUSES"

La plupart des débits calculés pour satisfaire les besoins d'une installation sanitaire, de chauffage central ou de plancher chauffant sont compris entre 50 et 250 l/h. Ces valeurs pour les diamètres considérés correspondent à des régimes d'écoulement turbulent. Plus la vitesse d'écoulement est grande et plus les turbulences sont grandes et génèrent inévitablement du bruit dans les installations.

Faute de loi physique permettant de traduire la transformation de l'énergie mécanique du fluide en énergie sonore, les thermiciens ont construit des lois empiriques rendant compte imparfaitement de la réalité mais qui suffisent dans la pratique. Ces formules sont exprimées en général avec les unités d'usage plutôt qu'avec les unités du système SI.

La formule empirique de Croquelois définit une "vitesse silencieuse" en fonction du diamètre utilisé :

$$V = \sqrt{d/50}$$

où V est la vitesse du fluide exprimée en m/s et d le diamètre intérieur exprimé en mm. Ainsi, la vitesse silencieuse d'un fluide circulant dans un tube de 14 x 1 (diamètre intérieur 12 mm) est de 0,5 m/s, ce qui correspond à un débit de 200 l/h. Pour un tube de 25 x 0,8, la vitesse silencieuse est de 0,7 m/s, soit un débit de 1 000 l/h.

Il existe aussi une autre formule empirique qui donne le diamètre intérieur en fonction du débit :

$$d = 22,9 \cdot D^{0,4}$$

où d est le diamètre intérieur exprimé en mm et D le débit en m<sup>3</sup>/h. On voit que, pour 200 l/h, on trouve un diamètre de 12 mm et pour 1 000 l/h un diamètre de 22,9 mm, c'est-à-dire des résultats voisins de ceux donnés par la formule de Croquelois.

## ■ LES RISQUES DE CORROSION-ÉROSION

Il s'agit d'un type particulier de corrosion lié à la fois à la vitesse de circulation et à la nature de l'eau. Une trop grande vitesse du fluide, ajoutée à la présence de bulles d'air, tend à générer dans le réseau des tourbillons qui produisent un phénomène de cavitation. Il se traduit par la désintégration des bulles de gaz dissous qui provoque un martelage et une usure de la surface du métal. Ce phénomène est amplifié par l'action mécanique de particules abrasives comme la silice dont la présence dans l'eau circulant à vitesse élevée provoque l'abrasion des couches passives protectrices des parois internes des tubes de cuivre.

Les spécialistes reconnaissent bien cette forme particulière de corrosion qui laisse des traces sur le tube en forme de "sabot de cheval". C'est le résultat de l'entraînement des particules de cuivre qui viennent s'accumuler dans un endroit préférentiel.

Parfois, des obstacles, dont la présence est anormale, sont la cause d'une augmentation de la vitesse à un endroit du circuit ;

ainsi, un raccord mal exécuté, provoquant un rétrécissement de la canalisation, va engendrer localement une augmentation de la vitesse et des remous qui peuvent être à l'origine de ce type de corrosion. Ce phénomène est exceptionnel en chauffage et se rencontre parfois en eau chaude sanitaire sur les canalisations de retour des circuits en boucle des grosses installations.

## ■ LES LIMITES DE VITESSE

D'une façon générale, la vitesse de l'eau dans les tubes doit être comprise entre 0,3 et 1,5 m/s.

- 0,3 m/s est la vitesse considérée comme minimale pour éviter d'éventuels dépôts sur les parties inférieures des tubes susceptibles d'entraîner des phénomènes d'aération différentielle.
- 1,5 m/s est la limite haute pour ce qui concerne essentiellement le facteur de corrosion-érosion qui dépend directement de la vitesse.

Il faut cependant abaisser sensiblement cette limite supérieure de base pour tenir compte des phénomènes de bruit.

On trouvera dans le tableau ci-dessous les valeurs de vitesse limite qui résultent des formules empiriques définissant la vitesse silencieuse.

Désignation mm	Diamètre intérieur mm	Vitesse (1) maximale m/s	Débit (2) maximal m <sup>3</sup> /h
12 x 1	10	0,45	0,127
14 x 1	12	0,50	0,204
15 x 1	13	0,51	0,244
16 x 1	14	0,53	0,294
18 x 1	16	0,57	0,412
22 x 1	20	0,63	0,713
25 x 1	23	0,68	1,020
28 x 1	26	0,72	1,377
35 x 1	33	0,81	2,772
40 x 1	38	0,87	3,458
42 x 1	40	0,89	4,025
54 x 1	52	1,02	7,797

(1). Calculée d'après la formule empirique de Croquelois

(2). 1 m<sup>3</sup>/h = 16,67 l/mn = 0,278 l/s

Il est évident que ces vitesses sont trop contraignantes et pas tellement nécessaires pour le sanitaire et doivent être retenues essentiellement pour le chauffage.



Centre d'Information du Cuivre  
Laiton et Alliage