

Hauteur et ligne piézométriques - Charge et ligne de charge

Les notations ci-dessus étant conservées*, si, dans l'écoulement d'un liquide, on fait correspondre à chaque position d'une particule liquide un point P placé à sa verticale, à une cote augmentée algébriquement de $\frac{p}{\rho g}$, la cote du point P est appelée **hauteur piézométrique** ; le lieu des points P quand la particule se déplace est la **ligne piézométrique****.

Une nouvelle augmentation de cote, faite à partir du point P, et égale à $\frac{V^2}{2g}$, donne un point C, dont la cote est la **charge** au point considéré du liquide ; le lieu des points C est la **ligne de charge** de l'écoulement.

Le théorème de Bernoulli, qui s'applique au cas d'un écoulement parfait, montre que, dans un tel écoulement, la cote du point C est constante et la ligne de charge se trouve dans un plan horizontal. Dans les écoulements réels, au contraire, les frottements ont pour effet de donner à cette ligne une allure descendante ; la différence des cotes de la ligne de charge entre deux points du liquide est appelée **perte de charge** entre ces deux points.

Pertes de charge singulières dans les conduites de liquides à section circulaire

Dans tous les cas ci-après, il résulte du passage du liquide au point singulier une perte de charge donnée par la formule :

$$\Delta h = k \frac{V^2}{2g}$$

dans laquelle

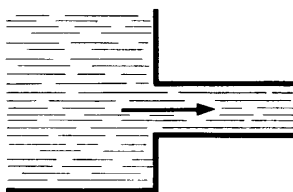
- Δh est la perte de charge en mètres de liquide,
 - V la vitesse moyenne du liquide dans la section considérée, en mètres par seconde***,
 - g l'accélération de la pesanteur en mètres par seconde par seconde et
 - k un coefficient sans dimension dépendant de la nature du point singulier dont il s'agit.
- k est donné ci-après pour les divers cas les plus courants.

RACCORDEMENT D'UNE CONDUITE AVEC UN GRAND RÉSERVOIR

Remarque : Toutes les formules ci-dessous sont également valables pour les conduites et ajutages à axe vertical partant du fond horizontal du réservoir ou y aboutissant.

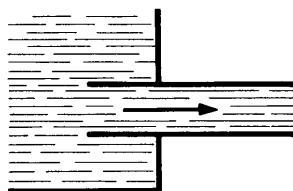
1) DÉPART

a) Sans saillie à l'intérieur du réservoir, avec raccordement à angles vifs



$$k = 0,5 ; \quad \Delta h = 0,5 \frac{V^2}{2g}$$

b) Avec saillie à l'intérieur du réservoir



$$k = 1**** ; \quad \Delta h = \frac{V^2}{2g}$$

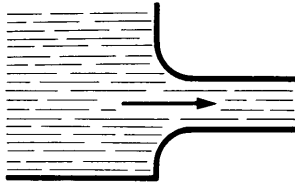
* Voir *Théorème de Bernoulli*, page précédente.

** La pression représentée par p est généralement la pression relative (pression absolue diminuée de la pression atmosphérique) ; dans ces conditions, la hauteur piézométrique correspond au niveau qu'atteindrait le liquide dans un tube de pression statique partant de la particule liquide et ouvert à l'atmosphère à son extrémité supérieure.

*** Le cas échéant, il sera précisé dans quelle partie de la conduite cette section est située.

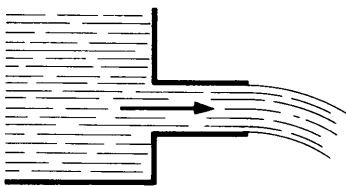
**** Pour une saillie dont la longueur est comprise entre 1 et 2 fois le diamètre.

c) Sans saillie à l'intérieur du réservoir, avec raccordement de profil arrondi



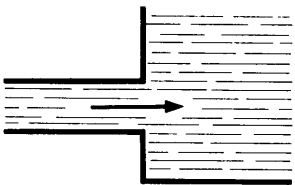
$$k = 0,05^* ; \quad \Delta h = 0,05 \frac{V^2}{2g}$$

d) Sans saillie à l'intérieur du réservoir, avec raccordement à angles vifs, ajutage débitant à gueule bée



$$k = 1 ; \quad \Delta h = \frac{V^2}{2g}$$

2) ARRIVÉE



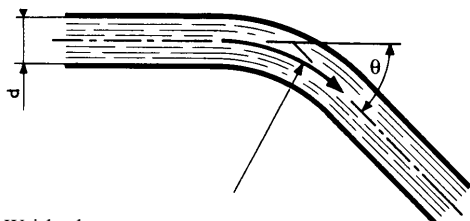
$$k = 1 ; \quad \Delta h = \frac{V^2}{2g}$$

Cette formule est valable pour le cas de la figure, mais peut s'appliquer aussi quand la conduite fait saillie à l'intérieur du réservoir ou que le raccordement présente un profil arrondi.

* Cette valeur est une moyenne ; k dépend du profil de l'arrondi.

COUDES

1) ARRONDI



k : voir ci-après ; $\Delta h = k \frac{V^2}{2g}$

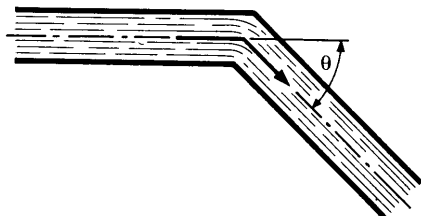
k est donné par le tableau suivant, en fonction de
 r = rayon de courbure du coude en mètres ;
 d = diamètre intérieur du tuyau en mètres ;
 θ = déviation en degrés.

d'après la formule de Weisbach, on a :

$$k = \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{d}{2r} \right)^{3,5} \right] \frac{\theta}{90}$$

θ (°) \ $\frac{r}{d}$	1	1,5	2	2,5
11° 25	0,037	0,021	0,018	0,017
22° 5	0,074	0,043	0,036	0,034
30°	0,098	0,057	0,048	0,046
45°	0,147	0,085	0,073	0,069
90°	0,294	0,170	0,145	0,138
180°	0,588	0,341	0,291	0,275

2) BRUSQUE



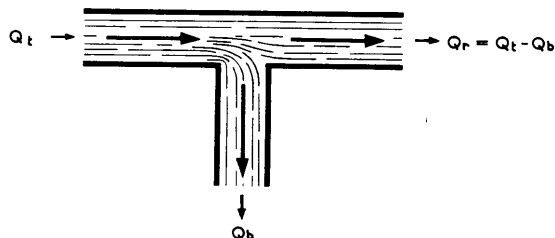
k : voir ci-après ; $\Delta h = k \frac{V^2}{2g}$

k est donné par le tableau ci-après, en fonction de
 θ = déviation en degrés.

θ (°)	22,5	30	45	60	90
k	0,07	0,11	0,24	0,47	1,13

TÉS (branchement à 90° de même diamètre que la conduite rectiligne, raccordement à angles vifs)

1) BRANCHEMENT DE PRISE



k : voir ci-après ; $\Delta h = k \frac{V_t^2}{2g}$

Les informations contenues dans ce document sont données à titre indicatif. SAINT-GOBAIN PAM ne saurait être tenue pour responsable des éventuelles erreurs contenues dans ce document .

k et Δh prennent chacun deux valeurs suivant que l'on considère le tuyau rectiligne de départ (k_r et Δh_r) ou le branchement (k_b et Δh_b) ;

V_t est la vitesse du courant d'arrivée en mètre par seconde.

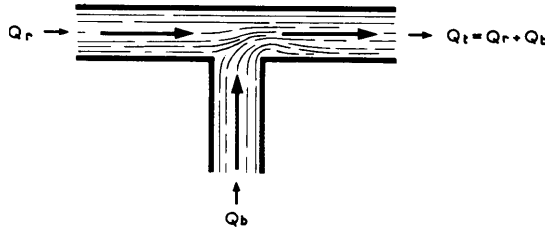
k_r et k_b sont donnés par le tableau ci-après, en fonction de

Q_t = débit total (débit d'arrivée) en mètres cubes par seconde ;

Q_b = débit dans le branchement (débit de prise latérale) en mètres cube par seconde.

$\frac{Q_b}{Q_t}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
k_r	0,04	-0,08	-0,05	0,07	0,21	0,35*
k_b	0,95*	0,88	0,89	0,95	1,10	1,28

2) BRANCHEMENT D'AMENÉE



k : voir ci-après ; $\Delta h = k \frac{V_t^2}{2g}$

k et Δh prennent chacun deux valeurs, suivant que l'on considère le tuyau rectiligne de départ (k_r et Δh_r) ou le branchement (k_b et Δh_b) ;

V_t est la vitesse du courant d'arrivée en mètre par seconde.

k_r et k_b sont donnés par le tableau ci-après, en fonction de

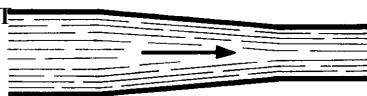
Q_b = débit dans le branchement (débit d'amenée latérale) en mètres cube par seconde ;

Q_t = débit total (débit de départ) en mètres cubes par secondes.

$\frac{Q_b}{Q_t}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
k_r	0,04	0,17	0,30	0,41	0,51	0,60*
k_b	-1,12*	-0,40	0,08	0,47	0,72	0,91

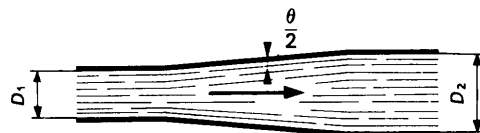
CONES

1) CONVERGENT



La perte de charge est négligeable.

2) DIVERGENT



a) Angle d'ouverture inférieur ou égal à 10°

k : voir ci-après $\Delta h = k \frac{V_t^2}{2g}$

* Ces valeurs sont celles vers lesquelles tendent k_r ou k_b , quand le rapport $\frac{Q_b}{Q_t}$ tend respectivement vers 1 (débit nul dans le tuyau rectiligne après le branchement) ou vers 0 (débit nul dans le branchement).

Les informations contenues dans ce document sont données à titre indicatif. SAINT-GOBAIN PAM ne saurait être tenue pour responsable des éventuelles erreurs contenues dans ce document .

V_1 étant la vitesse moyenne avant élargissement, en mètre par seconde.

$$K = 3,2 \left(\operatorname{tg} \frac{\theta}{2} \right)^{1,25} \cdot \left[1 - \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 \right]^2$$

avec D_1 = diamètre intérieur de la conduite avant élargissement, en mètres ;

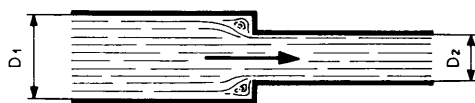
D_2 = diamètre intérieur de la conduite après élargissement, en mètres.

b) Angle d'ouverture supérieur à 10°

La perte de charge est donnée par la formule ci-dessous relative aux élargissements brusques.*

CHANGEMENT BRUSQUE DE DIAMÈTRE

1) RÉTRÉCISSEMENT



k : voir ci-après ; $\Delta h = k \frac{V_2^2}{2g}$

V_2 étant la vitesse moyenne après rétrécissement, en mètres par seconde.

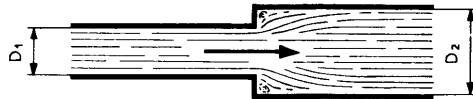
$$k = 0,5 \left[1 - \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2 \right]$$

k est donné par le tableau suivant, en fonction de

D_1 = diamètre intérieur de la conduite avant rétrécissement, en mètres ;

D_2 = diamètre intérieur de la conduite après rétrécissement, en mètres.

2) ÉLARGISSEMENT



k : voir ci-après ; $\Delta h = k \frac{V_1^2}{2g}$

V_1 étant la vitesse moyenne après rétrécissement, en mètres par seconde.

$$k = \left[1 - \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 \right]^2$$

avec D_1 = diamètre intérieur de la conduite avant élargissement, en mètres ;

D_2 = diamètre intérieur de la conduite après élargissement, en mètres.

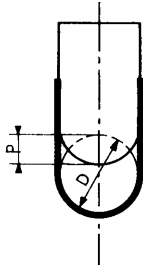
* En effet, il y a décollement des veines liquides et le phénomène devient semblable à celui qu'on observe en cas d'élargissement brusque.

Pour l'angle d'ouverture de 10° – transition entre les champs d'application des deux formules –, on peut remarquer que celles-ci donnent bien le même résultat lorsque le rapport $\frac{D_2}{D_1}$ est voisin de 1,25, valeur très courante.

Les informations contenues dans ce document sont données à titre indicatif. SAINT-GOBAIN PAM ne saurait être tenue pour responsable des éventuelles erreurs contenues dans ce document.

APPAREILS DE ROBINETTERIE

1) ROBINETS-VANNES



k : voir ci-après ; $\Delta h = k \frac{V^2}{2g}$

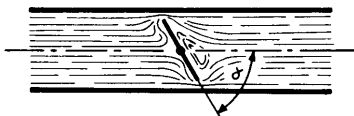
Le tableau suivant donne des valeurs expérimentales moyennes de k , en fonction de

p = distance de pénétration de l'obturateur dans la section, supposée circulaire, offerte par le robinet-vanne au passage du liquide, exprimée en mètres ;

D = diamètre de cette section (diamètre intérieur du robinet-vanne), en mètres.

$\frac{p}{D}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{2}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{4}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{6}{8}$	$\frac{7}{8}$
k	0,07	0,26	0,81	2,1	5,5	17	98

2) ROBINETS A PAPILLON



k : voir ci-après ; $\Delta h = k \frac{V^2}{2g}$

Le tableau suivant donne des valeurs expérimentales moyennes de k , en fonction de α = angle formé par le papillon et l'axe de la conduite, en degrés.

α	5	10	15	20	30	40	45	50	60	70
k	0,24	0,52	0,90	1,5	3,9	11	19	33	120	750

3) ROBINETS A TOURNANT



k : voir ci-après ; $\Delta h = k \frac{V^2}{2g}$

Le tableau suivant donne des valeurs expérimentales moyennes de k , en fonction de

α = angle formé par l'axe de lumière du boisseau – supposée à section circulaire et de même diamètre que l'intérieur du robinet – et l'axe de la conduite, en degrés.

α	5	10	15	25	35	45	55	65
k	0,05	0,29	0,75	3,1	9,7	31	110	490