

## EXEMPLES DE CALCULS DE LA HAUTEUR DE CHARGE TOTALE, DE N.P.S.H. ET AUTRES CALCULS

Jacques Chaurette ing., Fluide Design Inc.  
Juin 2003

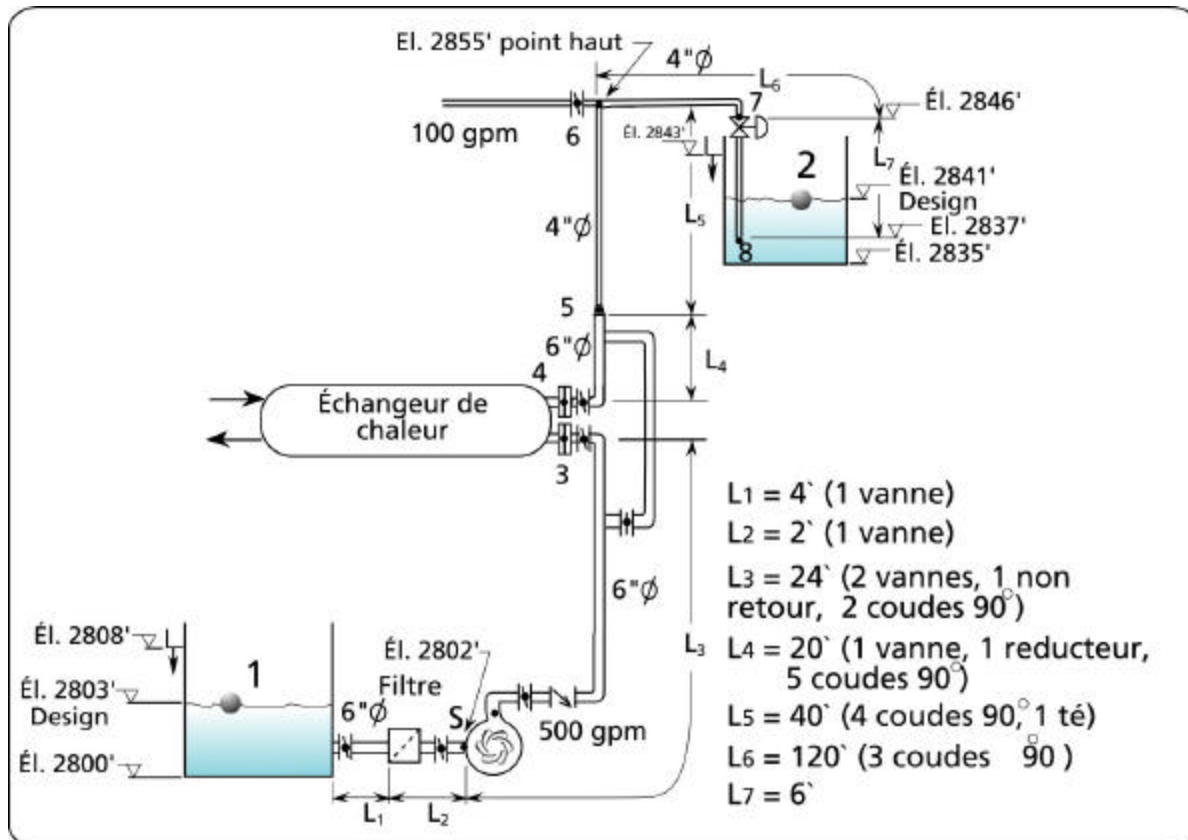


Figure 1 Schéma d'écoulement utiliser pour l'exemple de calcul.

### Situation

De l'eau à 150 °F doit être transféré d'un réservoir qui est localisé au sous-sol (élévation 2800' au-dessus du niveau de la mer). Les réservoirs d'aspiration et de décharge ont une section carrée de dimension (6'L x 6'P x 10' H), les deux réservoirs ont un trop plein situés à 8' du fond. Le débit à travers la pompe est 500 galUS/min et la pompe est au niveau du sous-sol. Il y a un filtre sur la conduite d'aspiration et un échangeur de chaleur sur celle de décharge. Le manufacturier du filtre spécifie que la perte de charge est 3 psi à un débit de 500 gpm. Le manufacturier de l'échangeur de chaleur spécifie que la perte de charge est 5 psi au débit de 500 gpm. Il y a un

embranchement sur la conduite de décharge qui requière 100 gpm. La perte de charge pour la vanne de contrôle sera fixée à 10 pieds de fluide pour les besoins de ce calcul. Le matériel de la tuyauterie est de l'acier inoxydable, de type ID (diamètre interne). Les vannes manuelles sont de type papillon à pleine ouverture.

*Notes et instructions: ignorez la perte de charge due au réducteur. Ce calcul est long et n'ajoute pas de façon significative à l'exercice. Pour la perte de charge de la vanne de non retour utilisez le coefficient CV donné dans la figure 5 et non le coefficient de la charte du Hydraulic Institute à la figure 9. La hauteur de charge totale de la pompe dépend du trajet des particules fluides qui requiert le plus d'énergie. Il a été établi que ce trajet est entre les points 1 et 2. Pour calculer la perte de charge due au frottement dans la tuyauterie, vous pouvez utiliser les Tables de perte de charge de Cameron pour la tuyauterie nouvelle en acier inclut dans cet exemple ou vous pouvez calculer ces pertes avec l'équation de Darcy-Weisbach avec le diagramme de Moody ou l'équation de Colebrook ou l'équation de Swamee-Jain.*

Votre tâche est de :

1. Calculez la hauteur de charge totale et sélectionnez la pompe.
2. Calculez le NPSH disponible et vérifiez contre le N.P.S.H. requis de la pompe sélectionnée.
3. Calculez le vitesse spécifique et prédisez le rendement de la pompe. Calculez la vitesse spécifique à l'aspiration, le paramètre de cavitation de Thoma qui aide à prédire la cavitation.
4. Calculez l'augmentation de la température du liquide dans la pompe et comparez ce résultat avec l'augmentation maximale recommandée.
5. Calculez la hauteur de charge de pression à l'entrée de la vanne de contrôle en utilisant la méthode 1 qui utilise les données d'écoulement entre le point 1 et la vanne de contrôle point 7 (voir la figure 3) et la méthode 2 qui utilise les données d'écoulement entre le point 2 et la vanne de contrôle point 7 (voir la figure 3).

## CALCULS

### 1. Calculez la hauteur de charge totale et sélectionnez la pompe

La hauteur de charge totale est donnée par l'équation [1]. Pour savoir le sens de ces variables, voir la table 20, nomenclature des variables. Si vous voulez en savoir plus long sur la dérivation de cette équation voir le livre écrit par J. Chaurette intitulé "Analyse des systèmes de pompage et sélection des pompes centrifuges" disponible au site web [www.fluidedesign.com](http://www.fluidedesign.com) (voir la référence 1).

$$\Delta H_p (\text{pi fluide}) = (\Delta H_{F1-2} + \Delta H_{EQ1-2}) + \frac{1}{2g} (v_2^2 - v_1^2) + z_2 + H_2 - (z_1 + H_1) \quad [1]$$

Perte de charge due à la tuyauterie

La vitesse dans le tuyau est donnée par la formule [2].

$$v(\text{pi} / \text{s}) = 0.4085 \times \frac{Q(\text{gal.US} / \text{min})}{D^2 (\text{po})^2} \quad [2]$$

La perte de charge due au frottement dans les tuyaux est donnée dans un extrait du Cameron Hydraulic data (voir les figures 5 et 6). Pour les buts de cet exercice, utilisez un tuyau de cédule 40. La perte de charge due au frottement dans les tuyaux est typiquement donnée en termes de pieds de fluide par 100 pieds de tuyau parcouru par le liquide.

$$\frac{\Delta H_{FP}}{L} \left( \frac{\text{pi fluide}}{100 \text{ pi tuyaux}} \right) = \text{voir table de Cameron}$$

Ou utilisez l'équation de Darcy-Weisbach avec le diagramme de Moody (voir la figure 15) ou l'équation de Colebrook ou de Swamee-Jain.

L'équation de Darcy-Weisbach

$$\frac{\Delta H_{FP}}{L} \left( \frac{\text{pi fluide}}{100 \text{ pi de tuyau}} \right) = 1200 f \frac{(v(\text{pi} / \text{s}))^2}{D (\text{po}) \times 2g (\text{pi} / \text{s}^2)}$$

L'équation de Colebrook

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left( \frac{e}{3.7 D} + \frac{2.51}{R_e \sqrt{f}} \right)$$

L'équation de Swamee-Jain

$$f = \frac{0.25}{\left( \log_{10} \left( \frac{e}{3.7 D} + \frac{5.74}{R_e^{0.9}} \right) \right)^2}$$

SECTION	DÉBIT (galUS/min)	DIA (po)	VITESSE (pi/s)	DH <sub>FP</sub> /L (pi/100 pi tuyau)	L (pi)	DH <sub>FP</sub> (pi fluide)
L <sub>1</sub>						
L <sub>2</sub>						
L <sub>3</sub>						
L <sub>4</sub>						
L <sub>5</sub>						
L <sub>6</sub>						
Sous-total ΔH <sub>FP1-7</sub>						
L <sub>7</sub>						
Total ΔH <sub>FP1-2</sub>						

Table 1 Perte de charge due au frottement dans la tuyauterie.

## Exemple de calcul pour le segment de tuyau L<sub>1</sub>

La perte de charge en pieds de fluide pour 100 pieds de tuyau de la table dans la figure 6 est 1.64. La perte de charge est donc:

$$\Delta H_{FP} (\text{pi fluide}) = 1.64 \times \frac{4}{100} = 0.06$$

## Perte de charge due aux raccords

La perte de charge due aux raccords est donnée par la formule [3].

$$\Delta H_{FF} (\text{pi fluide}) = K \frac{v^2 (\text{pi / s})^2}{2g (\text{pi / s}^2)} \text{ pour } K \text{ voir table} \quad [3]$$

Les facteurs K pour les différents types de raccords sont donnés sous forme de graphique (voir les figures 8 et 9) qui sont des extraits du Hydraulic Engineering Standards book, [www.pumps.org](http://www.pumps.org). Utilisez ces valeurs pour le facteur K dans l'équation [3] pour les raccords et les vannes manuelles.

SECTION	DÉBIT (galUS/min)	TYPE	QTÉ	DIA (po)	VITESSE (pi/s)	v <sup>2</sup> /2g (pi fluide)	K	DH <sub>FF</sub> (pi fluide)
L <sub>1</sub>								
L <sub>1</sub>								
L <sub>2</sub>								
L <sub>3</sub>								
L <sub>3</sub>								
L <sub>4</sub>								
L <sub>4</sub>								
L <sub>5</sub>								
L <sub>5</sub>								
L <sub>6</sub>								
Sous-total ΔH <sub>FF1-7</sub>								
L <sub>7</sub>								
Total ΔH <sub>FF1-2</sub>								

Table 2 Perte de charge due au frottement dans les raccords.

## Exemple de calcul pour le segment de tuyau L<sub>1</sub>

La valeur du facteur K pour la perte de charge due à l'entrée est 1. La perte de charge est donc:

$$\Delta H_{FF}(\text{pi fluide}) = 1 \times \frac{5.67^2 (\text{pi} / \text{s})^2}{2 \times 32.17 (\text{pi} / \text{s}^2)} = 0.5$$

## Perte de charge due à l'équipement

$$H(\text{pi fluide}) = 2.31 \frac{P(\text{psi})}{GS} \quad [4]$$

La perte de pression à travers le filtre est donnée par le fabricant et a une valeur de 3 psi à 500 gpm. On peut calculer la perte de charge due à la perte de pression en utilisant l'équation [4]. La valeur de la gravité spécifique GS est très proche de 1, pour l'eau cette valeur change avec la température tel que montré à la figure 12. Une approche semblable est utilisée pour l'échangeur de chaleur qui a une perte de pression de 5 psi.

Pour la vanne de contrôle on adopte une autre approche, si le système est à l'étape de la conception on peut assumer une perte de charge de 10 pieds d'eau. C'est une valeur typique utilisée par les consultants. En utilisant cette perte de charge au débit donné on pourra sélectionner une grosseur de vanne raisonnable avec un bon contrôle. Si c'est un système existant, on devra consulter les données du fabricant pour déterminer la perte de charge de la vanne en opération.

SECTION	DÉBIT (USgal/min)	TYPE	QTÉ	Dp (psi)	GS	Dp (pi fluide)	DH <sub>EQ</sub> (pi fluide)
L <sub>2</sub>							
L <sub>3</sub>							
L <sub>7</sub>							
Total ΔH <sub>EQ1-2</sub>							

Table 3. Perte de charge due aux équipements.

À noter, le Δp de la vanne de contrôle est fixé à 10 pieds de fluide.