

Volume tampon mini d'une bache d'aspiration et formule de Valibouse

1 - Objet

La bache d'aspiration permet de stocker un volume tampon d'eau lors de fonctionnement intermittent des pompes. Cette note a pour objet de calculer le volume tampon mini (V_o) de la bache entre 2 démarrages de pompe à vitesse fixe, notamment dans le cas de l'assainissement.

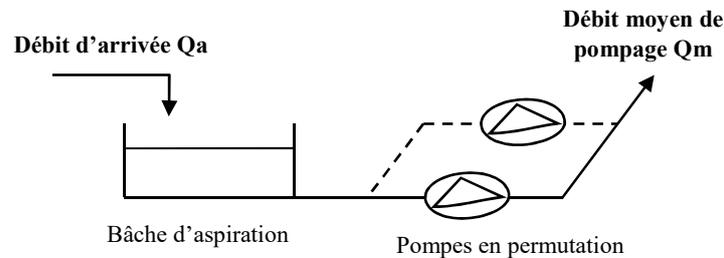


Figure 1 : Schéma de principe

On note

- Q_m : Débit moyen de pompage (en m^3/h)
- Q_a : Débit d'arrivée dans la bache (en m^3/h)
- n : Nombre de pompes en permutation circulaire
- T_o : Temps entre deux démarrages consécutifs de pompe (en h)
- T_r : Temps de remplissage de la bache (en h)
- T_v : Temps de vidange de la bache (en h)
- V : Volume tampon d'eau dans la bache (en m^3)
- V_o : Volume tampon mini de la bache (en m^3)
- z : Fréquence de démarrage horaire de chacune des pompes

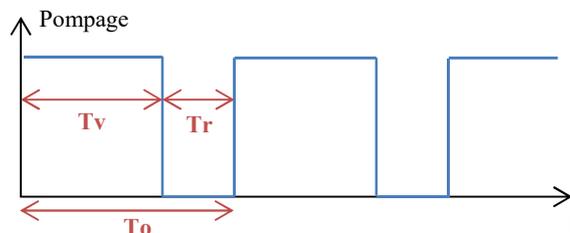


Figure 2 : Durée d'un cycle remplissage/vidange

2 - Calcul de V_o (avec une seule pompe)

Cas d'une seule pompe de fréquence de démarrage z

Sachant que $T_o = 1/z = T_r + T_v$

avec : $T_r = V/Q_a$ et $T_v = V/(Q_m - Q_a)$

alors $V = - (T_o/Q_m) \cdot Q_a^2 + T_o \cdot Q_a$

Il s'agit de l'équation d'une parabole

Son maximum est atteint pour $Q_a = Q_m/2$

Le volume utile V_o de la bache est alors de

$$V_o = Q_m \cdot T_o / 4 = Q_m / (4 \cdot z)$$

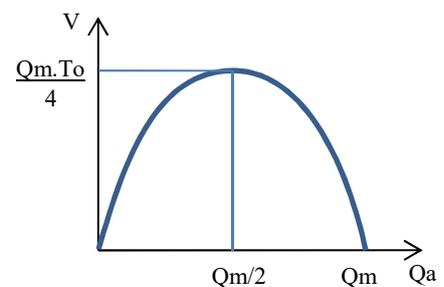


Figure 3 : Volume tampon V en fonction de Q_a

A.N. :

$z = 6$ démarrages/heure, $Q_m = 48 m^3/h$, alors $V_o = 2 m^3$.

3 - Calcul de Vo (avec plusieurs pompes)

La permutation des pompes permet d'augmenter la fréquence des cycles remplissage/vidange. Plus il y a de pompe en permutation, plus le temps entre deux démarrages consécutifs de pompe est petit, ainsi $T_o = 1/(n.z)$

Le volume tampon mini Vo est alors $V_o = Q_m/(4.n.z)$

Ce volume mini doit prendre en compte le cas d'une pompe en panne. Ainsi, si "n" représente le nombre total de pompes de l'installation (pompe de secours comprise), le dimensionnement se fait avec (n-1) pompes, soit :

$$V_o = \frac{Q_m}{4(n-1)z}$$

A.N. :

$z = 6$ démarrages/heure, $Q_m = 48$ m³/h, 3 pompes en permutation circulaire y compris la pompe de secours, alors $V_o = 1$ m³.

4 - Calcul du débit moyen Qm

On note :

Q_e : Débit d'enclenchement (début du pompage) (en m³/h)

Q_d : Débit de déclenchement (fin du pompage) (en m³/h)

H_e : Hauteur manométrique à l'enclenchement (en mCE)

H_d : Hauteur manométrique au déclenchement (en mCE)

Q_{ml} : Débit moyen linéaire de la pompe (en m³/h)

Q_{mp} : Débit moyen parabolique de la pompe (en m³/h)

Le débit moyen Q_m est obtenu en calculant la moyenne de la fonction Q sur l'intervalle $[H_e; H_d]$, soit par définition de la valeur moyenne¹ :

$$Q_m = \frac{1}{H_d - H_e} \int_{H_e}^{H_d} Q(H) dH$$

Moyenne dite « linéaire » (Q_{ml})

La courbe de pompe est approximée à une droite sur l'intervalle $[Q_d; Q_e]$, soit :

$$Q_{ml} = \frac{Q_d + Q_e}{2}$$

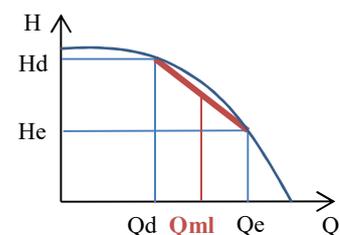


Figure 4 : Débit moyen linéaire

Moyenne dite « parabolique » (Q_{mp})

La courbe de pompe est approximée à une parabole d'équation $H(Q) = a.Q^2 + b$ sur l'intervalle $[Q_d; Q_e]$, soit $Q(H) = ((H-b)/a)^{1/2}$, avec $a = (H_d - H_e)/(Q_d^2 - Q_e^2)$ et $b = H_e - a.Q_e^2$.

Soit, après développement :

$$Q_{mp} = \frac{2(Q_d^2 + Q_e Q_d + Q_e^2)}{3(Q_d + Q_e)}$$

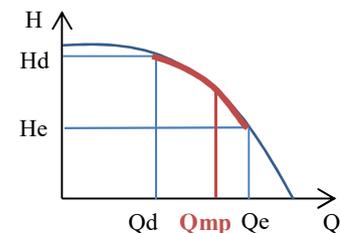


Figure 5 : Débit moyen parabolique

Formule dite de Valibouse

¹ La valeur moyenne m d'une fonction continue f sur un intervalle $[p; q]$ est définie comme $m = \frac{1}{q-p} \int_p^q f(x) dx$

5 - Méthode simplifiée pour le calcul du débit moyen Qmp

L'ordre de grandeur du débit moyen parabolique Qmp peut être obtenu en appliquant un coefficient fonction de Qe/Qd, sur le calcul du débit moyen linéaire Qml :

$$Q_{mp} = A \cdot Q_{ml}$$

Tableau 1 : Calcul du coefficient A=Qmp/Qml

Qe/Qd	2	3	4	5	6	8	10
A	1,04	1,08	1,12	1,15	1,17	1,20	1,22

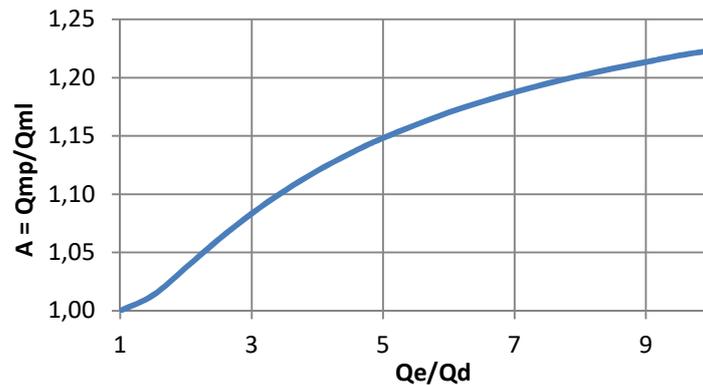


Figure 6 : Courbe représentant A=f(Qe/Qd)

6 – Conclusion

Volume tampon mini de la bache d'aspiration (cas de pompes à vitesse fixe)

$$V_0 = \frac{Q_m}{4(n-1)z}$$

avec :

Vo : Volume tampon mini de la bache d'aspiration (en m3)

n : nombre de pompe effectif en permutation (pompe de secours comprise)

z : fréquence de démarrage horaire propre à chaque pompe

Qm = Qmp (moyenne parabolique) = A.Qml (moyenne linéaire) (en m3/h)
(voir tableau ci-dessus pour valeur de A).

Une valeur majorante de ce coefficient A est : 1,25 (pour Qe/Qd < 15).

La formule pratique devient avec $Q_{ml} = (Q_d + Q_e)/2$

$$V_0 = \frac{1,25 \cdot Q_{ml}}{4(n-1)z}$$

Nota :

Le volume tampon mini de la bache d'aspiration n'a rien à voir avec le volume du ballon de régulation qui s'installe en aval des pompes. Le volume tampon mini Vo est dimensionné en fonction des arrivées d'eau dans la bache, alors que le volume de régulation est dimensionné en fonction des appels de débit en aval pour maintenir une charge dans la conduite.

Observation 1

L'utilisation de vitesse variable permet de réduire le volume tampon de 3 à 5 fois. Toutefois l'approche la plus sécuritaire et recommandée est de considérer la situation des variateurs en panne et donc un dimensionnement comme pour la vitesse fixe. Pour les eaux chargées, il est prudent de ne pas descendre dans des gammes de faibles vitesses de rotation en raison des risques de colmatage des conduites.

Observation 2

Les formules indiquées ont été établies dans le cas de fonctionnement en parallèle de pompes identiques. Dans le cas de pompes différentes assurant des débits différents, il convient de réaliser une étude détaillée.

Observation 3

Le volume tampon mini est un volume de marnage. Le dimensionnement de la bêche d'aspiration et de son volume doit en outre respecter des exigences, telles que :

- Conditions d'installation pour éviter des entrainements d'air
Ex. : Hauteur de submergence, émulsion air/eau,
Voir le Guide de bonnes pratiques du SNECOREP - "*Entrée/sortie d'air des conduites*".
- Stockage temporaire pour intervention
Ex. : Remplacement d'une pompe, maintenance sur l'anti-bélier, ...
- Temps de réponse des automatismes et seuils de déclenchement des pompes.
- Temps de fonctionnement suffisant pour atteindre les conditions d'auto-curage.
- Temps de renouvellement de l'eau dans la conduite (contrainte H₂S).
- La prise en compte d'un coefficient de sécurité est à prévoir.

Le 6 Août 2019
CFr / BDe

EauServiceProjet

www.eauserviceprojet.fr
8, rue Pdt Kruger
69008 LYON - France
06 07 37 40 25
claudefrangin@gmail.com