

Le diamètre économique en canalisation de refoulement. Economic pipe diameter.

By Daniel KRIER on 21 mars 2011

Je m'intéresse à ce problème depuis longtemps, et j'ai pu remarquer qu'il est très difficile de trouver des informations sur le sujet.

Récemment, j'ai encore trouvé dans un rapport de stage l'utilisation de la formule de BRESSE ($D = 1,5 Q^{0,5}$ en USI) .

Chacun sait qu'il s'agit d'un problème économique entre l'investissement (tuyau installé) et le fonctionnement (incidence sur les pertes de charge).

Or, BRESSE, professeur à Polytechnique, est mort en 1883 ! (la vitesse obtenue avec cette formule s'établit à 0,56 m/s, ce qui est nettement insuffisant aujourd'hui).

La formule de VIBERT qui fait plus référence aujourd'hui date quand même de 1948.

$D = 1,547 (n.e/24f)^{0,154} Q^{0,46}$ avec n = durée du pompage en h/jour
 e = prix du kWh
 f = prix du kg de fonte.

Je n'ai jamais trouvé le détail des travaux de Vibert. Quel est le prix du kg de fonte à prendre en compte ? A l'époque, il s'agissait sans doute de fonte grise non revêtue. Est-ce le prix de la fonte brute sortie usine, du kg de tuyau en fonte, de la canalisation posée ? Quelle est la durée d'amortissement prise en compte, le taux d'intérêt ?...

J'ai donc éprouvé le besoin de retravailler le sujet, ce qui nous donnera l'influence réelle des différents paramètres :

Etablissement de l'équation du coût - d'investissement :

Données : - R_{cd} : rapport du coût du m linéaire de conduite posée par le diamètre en €/m.

Ce rapport est certainement le plus difficile à obtenir. Il est de l'ordre de 1000 à 1300 €/m de diamètre / m linéaire (plus fort pour les petits diamètres).

- a : rapport annuité / investissement. Si i est le taux d'intérêt et na le nombre d'annuités :

$$a = i / (1 - (1 + i)^{-na}) \quad a = 0,05478 \text{ pour } i = 5\% \text{ et } na = 50 \text{ ans.}$$

a

- **D** : notre diamètre économique recherché en m.

Le coût annuel d'un m linéaire s'établit à : **a R_{cd} D**

- de fonctionnement :

Données : - **e** : prix du kWh en € (0,0612 € aujourd'hui en tarif industriel, moyenne sur 16 h entre tarif HP et HC)

- **n** : nombre d'heures de fonctionnement de la pompe par jour. (exemple: 16)
- **η** : rendement du groupe motopompe.
- **C** : coefficient de la formule **de Hazen – Williams**

A. pertes de charge (pour 1 m) par la formule de Lechapt et Calmon :

$$\Delta H = 1,1 \cdot 10^{-3} Q^{1,89} D^{-5}$$

La puissance pour les vaincre s'établit à :

$$Pu = 9810 Q \cdot 1,1 \cdot 10^{-3} Q^{1,89} D^{-5} \eta^{-1} \text{ en W}$$

La consommation annuelle en kWh : $9810 Q \cdot 1,1 \cdot 10^{-3} Q^{1,89} D^{-5} \eta^{-1} \cdot 365,22 n / 1000$

Et donc le coût : **3,5828 . 1,1 Q^{2,89} D⁻⁵ η⁻¹ n e**

Coût total annuel : a R_{cd} D + 3,5828 . 1,1 Q^{2,89} D⁻⁵ η⁻¹ n e

Le coût minimum s'obtient en écrivant que la dérivée de la fonction = 0 :

$$a R_{cd} + 3,5828 \cdot 1,1 Q^{2,89} (-5) D^{-6} \eta^{-1} n e = 0$$

soit $D^6 = 17,914 \cdot 1,1 Q^{2,89} n e / a R_{cd} \eta$, donc **avec la formule de Lechapt et Calmon**, on obtient :

$$D_{\text{éco}} = 1,643 (n e / a R_{cd} \eta)^{1/6} Q^{0,482}$$

(D. Krier 2011)

Exemple : R_{cd} = 1100 €/m , a = 0,05478 , n = 16 h/j , e = 0,0612 €/kWh , η = 0,65

On obtient $D = 0,89 Q^{0,482}$

B. Avec la formule de Hazen – Williams,

$$\Delta H = 10,674 C^{-1,852} Q^{-1,852} D^{-4,871} L$$

On retrouve le coefficient de Lechapt et Calmon avec $C = 142$ (tuyaux lisses).

on obtient de la même manière :

$$D_{\text{éco}} = 7,90 (n e / a R_{\text{cd}} \eta)^{0,170} C^{-0,315} Q^{0,486}$$

(D. Krier 2011)

Rappel des données, unités et exemple :

R_{cd} : rapport du coût du m linéaire de conduite posée par le diamètre en €/m = 1100 €/m

a : rapport annuité / investissement (5% sur 50 ans) = 0,05478

e : prix du kWh en € = 0,0612 €/kWh

n : nombre d'heures de fonctionnement de la pompe par jour = 16 h/j

η : rendement du groupe motopompe = 0,65

C : coefficient de la formule de Hazen – Williams = 140

Q : débit en m³/s

D : Diamètre en m

On obtient $D_{\text{éco}} = 0,89 Q^{0,486}$

La vitesse obtenue est de l'ordre de 1,5 m/s.

Et en plus, on sait pourquoi !...