

## Détermination de la capacité en eau incendie disponible à une prise d'eau d'un réseau de distribution

### NOTE TECHNIQUE

Juin 2007

La présente note technique propose une méthode de calcul simple pour déterminer le débit minimal disponible à une prise d'eau (bouche ou poteau d'incendie) avec la pression minimale prescrite par la réglementation en vigueur, sans connaissance détaillée du réseau de distribution. Souvent, lorsque l'on ne possède pas de données en quantité suffisante, le calcul détaillé est impossible et le recours à l'analyse sommaire devient une nécessité.

Cette méthode se base sur le fait que pour un point de repère donné, l'ensemble d'un réseau de distribution ramifié ou maillé, exempt de toute station de réduction ou d'augmentation de la pression de service (fig. 1), se comporte comme une canalisation *équivalente* avec des caractéristiques hydrauliques fictives ( $d_i$ ,  $l_i$ ,  $k_i$ ) (fig. 2). Le calcul des pertes de charges dans le réseau réel se réduit ainsi à la formule simplifiée  $\Delta p = c_i \cdot Q^2$ , avec  $c_i = (4^{10/3} \cdot l_i) \div (k_{s,i}^2 \cdot d_i^{16/3} \cdot \pi^2)$  [Darcy-Weisbach, Strickler].

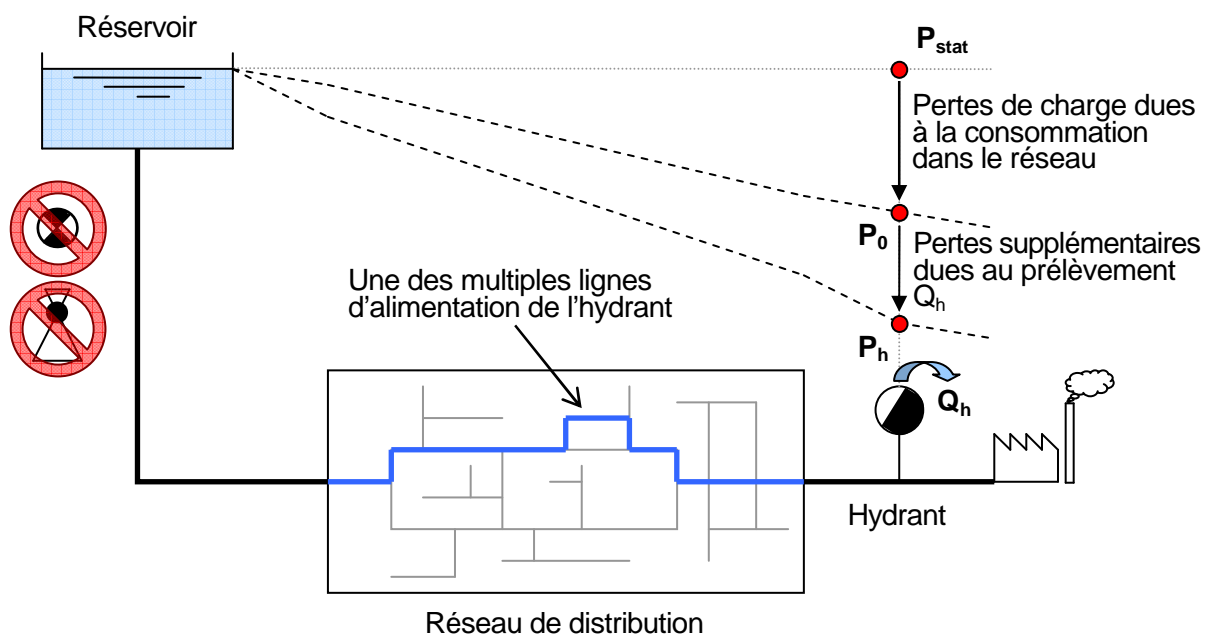


fig. 1

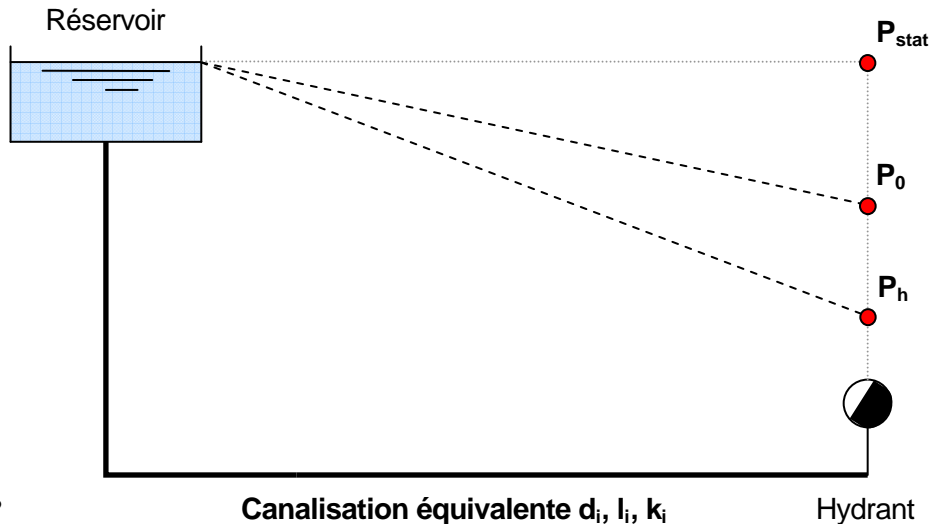


fig. 2

Notons que le système réservoir (avec son plan d'eau qui conditionne la pression dans le réseau)-réseau (avec ses caractéristiques hydrauliques  $d_n, l_n, k_n$ )-hydrant (avec son emplacement par rapport au corps du réseau) constitue un ensemble fixe dont tout changement (modification du chemin d'écoulement dans le réseau, choix d'un autre point de repère) invalide les conclusions basées sur le présent calcul.

En premier lieu, il faut lever la cote de l'hydrant pour déterminer la pression statique  $P_{stat}$  exercée au droit de la prise d'eau par le plan d'eau du réservoir. Le calcul proposé ci-après se base ensuite sur deux séries de mesures de pression réalisées in situ, sur la prise d'eau en cause :

La première série consiste en au moins 5 mesures de la pression dynamique au droit de l'hydrant. La suite montrera qu'il est important que ces mesures soient faites pendant une période de *consommation constante* dans le réseau :

- $P_0'$  pour  $Q = 0 \text{ m}^3/\text{h}$
- $P_1$  pour  $Q = Q_1$
- $P_2$  pour  $Q = Q_2$
- $P_3$  pour  $Q = Q_3$
- .....
- $P_0''$  pour  $Q = 0 \text{ m}^3/\text{h}$

Les pressions de service  $P_0'$  et  $P_0''$ , mesurées sans que de l'eau ne soit prélevée sur l'hydrant, renseigneront sur les pertes de charges engendrées par les consommations particulières dans le réseau au moment de cette campagne. D'autre part, les valeurs  $P_1$  à  $P_h$  permettront de déterminer les pertes de charge *supplémentaires* engendrées dans le réseau par le prélèvement d'eau sur l'hydrant.

Sachant que le réseau se comporte comme une canalisation équivalente avec une relation parabolique entre le débit et les pertes de charge résultantes, ces mesures permettront de déterminer un polynôme d'ajustement du second degré décrivant la relation entre la pression dynamique au droit de l'hydrant et le débit de l'eau prélevée sur le réseau (fig. 3) :

$$(1) \quad P = C - A \cdot Q^2 - B \cdot Q$$

- avec :
- $C = P_0 = (P_0' + P_0'') \div 2$
  - A et B deux paramètres pouvant être ajustées par la méthode des moindres carrés [algèbre]

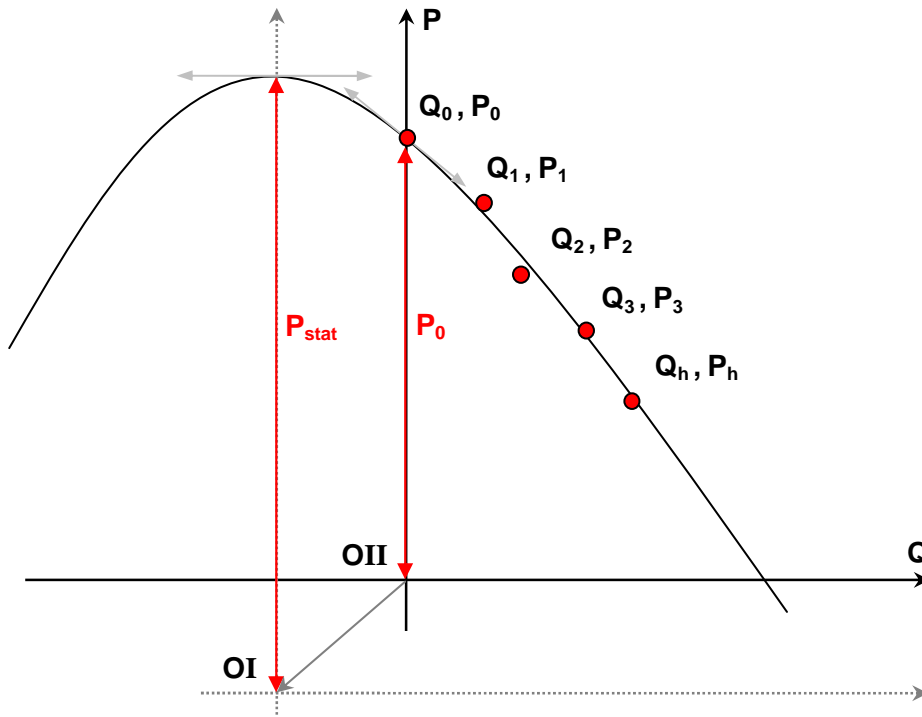


fig. 3

Le développement théorique de ce raisonnement aboutit aux propriétés suivantes :

- A est une *constante* déterminée par les caractéristiques hydrauliques du réseau sur la ligne d'alimentation de la prise d'eau (paramètres  $d_n$ ,  $l_n$ ,  $k_n$  des différents tronçons), indépendante de la consommation particulière dans le réseau. Tout changement de cet ensemble (modification du chemin d'écoulement dans le réseau, choix d'une autre prise d'eau) modifiera également la valeur du paramètre A et invalidera les conclusions basées sur le présent calcul. La théorie de l'algèbre montre d'ailleurs que le paramètre A conditionne la forme de la courbe représentative du polynôme qui restera donc fixe pour un ensemble réseau/hydrant donné.
- B est une fonction *linéaire* des volumes d'eau  $Q_n$  acheminés à travers les différents tronçons de la ligne d'alimentation de la prise d'eau. B changera donc en fonction des conditions de consommation particulière qui règnent dans le réseau.
- C est égal à la pression *dynamique* au droit de la prise d'eau, sans que de l'eau n'en soit prélevée.

En vertu de la démonstration théorique, nous pouvons écrire de façon simplifiée que :

$$P = \underbrace{P_{\text{stat}} - \sum(c_n \cdot Q_n^2)}_C - \underbrace{f(c_n)}_{A=c_i} \cdot Q^2 - \underbrace{2 \cdot f(c_n, Q_n)}_B \cdot Q$$

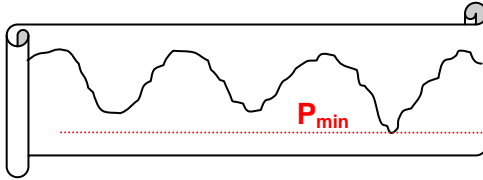
Le terme  $\sum(c_n \cdot Q_n^2)$  correspond à la somme des pertes de charge sur une des multiples lignes d'alimentation de la prise d'eau (fig. 1). La différence  $P_{\text{stat}} - \sum(c_n \cdot Q_n^2)$  donne donc la pression dynamique au droit de cette prise d'eau.

Il s'ensuit également que, transcrit pour le cas d'une consommation nulle dans le réseau (cas « nuit »), le polynôme (1) s'écrit comme suit, B, fonction linéaire des débits  $Q_n$ , étant égal à 0 :

$$P = P_{\text{stat}} - c_i \cdot Q^2$$

En fait, comme l'illustre la fig. 3, le polynôme (1) est simplement transposé du système de coordonnées avec comme origine OII dans le système basé sur l'origine OI, la courbe ayant une forme fixe car A étant constant.

Par la suite, la campagne de mesure est complétée par une mesure de longue durée avec un enregistreur des pressions monté sur la prise d'eau. Ces mesures permettront de déterminer la pression dynamique minimale  $P_{\min}$  à la prise d'eau au moment des pointes de consommation exceptionnelles dans le réseau :



En vue de ce qui précède, la journée de pointe exceptionnelle correspond à la parabole suivante :

$$P' = C' - A' \cdot Q^2 - B' \cdot Q$$

- avec :
- $C'$  étant égal à la pression dynamique au droit de la prise d'eau =  $P_{\min}$
  - $A' = A$ , étant donnée que ce paramètre est une constante indépendante de la consommation particulière dans le réseau
  - $B' = ?$

Afin de déterminer la valeur du paramètre  $B'$ , nous supposons qu'en période de consommation exceptionnelle, le pourcentage de la répartition des différentes consommations particulières est identique à celui qui prévalait au cours de la campagne des mesures de courte durée. Cette hypothèse est également appliquée par la société E.ON Ruhrgas lors du calcul hydraulique des réseaux de distribution. Alors, il peut être démontré que les volumes d'eau  $Q_n$  acheminés à travers les différents tronçons ont également augmenté de façon proportionnelle, c. à d. que  $Q_n' = k \cdot Q_n$ . Sachant que le paramètre  $B$  est une fonction linéaire des volumes d'eau acheminés à travers les différents tronçons de la ligne d'alimentation de la prise d'eau, il s'ensuit que :

$$(2) \quad \bullet B' = k \cdot B$$

Le développement théorique de ce raisonnement montre que le coefficient  $k$  est une fonction de  $P_{\text{stat}}$ , de  $P_0$  et de  $P_{\min}$ . En effet :

$$k^2 = (P_{\text{stat}} - P_{\min}) \div (P_{\text{stat}} - P_0)$$

On remarque que si la valeur de  $P_0$  s'approche de celle de  $P_{\text{stat}}$ ,  $k$  tend vers l'infini. L'expérience montre que les dénominateurs proches de zéro rendent approximatives ou, pire, invalident les conclusions tirées de tels calculs. Il en résulte comme consigne de profiter de périodes à fortes consommations particulières et donc à fortes pertes de charges pour réaliser la campagne des mesures de courte durée.

Finalement, on pourra calculer la disponibilité d'eau pour le combat d'incendie avec une pression minimale de 15 mCE à la prise d'eau en résolvant l'équation du second degré suivante :

$$-A \cdot Q^2 - B \cdot \sqrt{(P_{\text{stat}} - P_{\min}) \div (P_{\text{stat}} - P_0)} \cdot Q + P_{\min} = 15$$

Comme le montre la fig. 4 de la page suivante, l'origine OII se déplace sur une courbe vectorielle  $[k \cdot x_{k=1}, k^2 \cdot y_{k=1}]$  dont la forme est déterminée par le pourcentage (*supposé fixe*) de la répartition des différentes consommations particulières dans le réseau. Tout changement *significatif* de cette répartition (raccordement ou déplacement d'un grand consommateur) invalidera les conclusions basées sur le présent calcul.

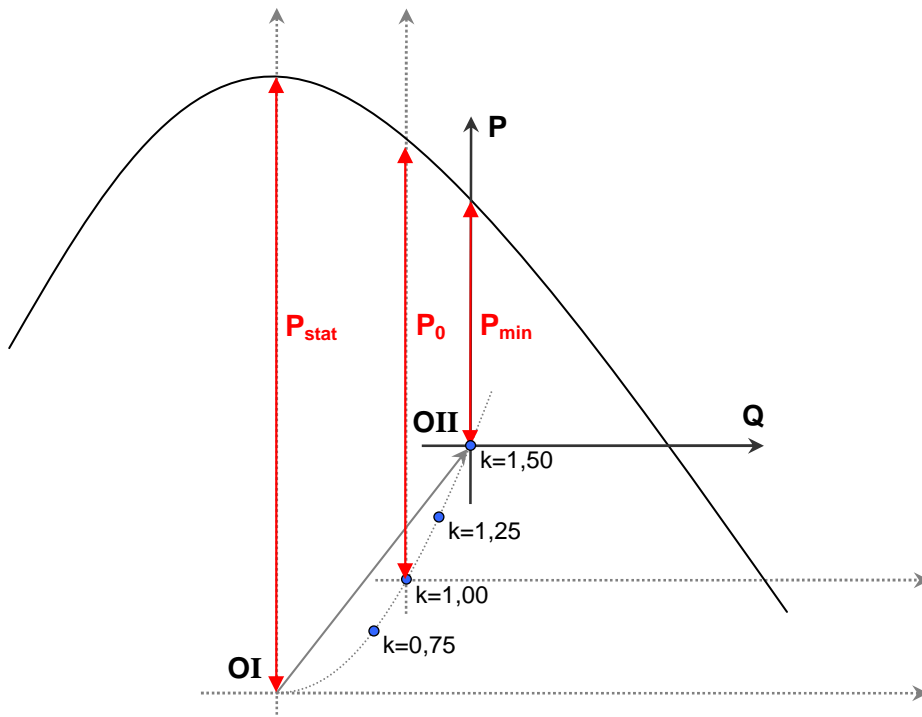
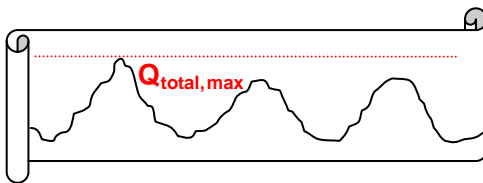


fig. 4

Alternativement à la campagne de mesure de longue durée et à la détermination de la pression dynamique minimale  $P_{min}$ , le coefficient  $k$  pourra également être déterminé sur base des débits mesurés à la sortie du réservoir qui alimente le réseau de distribution. En effet, dans la logique du raisonnement qui conduit à la formule (2), nous pouvons écrire que :

$$k = Q_{total,max} \div Q_{total}$$

- avec :
- $Q_{total}$  étant égale à la consommation horaire dans le réseau pendant la campagne de mesure de la pression dynamique
  - $Q_{total,max}$  étant égale à la pointe de consommation horaire dans le réseau extraite du relevé du compteur à la sortie du réservoir



De nouveau, on pourra calculer la disponibilité d'eau pour le combat d'incendie en résolvant l'équation du second degré suivante :

$$-A \cdot Q^2 - B \cdot (Q_{hmax} \div Q_h) \cdot Q + P_{min} = 15$$

Remarques finales :

L'eau prélevée sur l'hydrant lors de la campagne de mesure s'ajoute aux prélèvements déjà effectués par les consommateurs particuliers et induit donc des pertes de charges supplémentaires dans le réseau. Par conséquent, la pente de la courbe d'ajustement au point d'intersection avec l'axe des ordonnées ( $P$ ) doit nécessairement être négative. En effet, la valeur de la pente du polynôme en ce point est égale à  $\delta P / \delta Q = -2 \cdot A \cdot Q - B = -B < 0$  pour  $Q = 0$  (se référer à la fig. 5 de la page suivante).

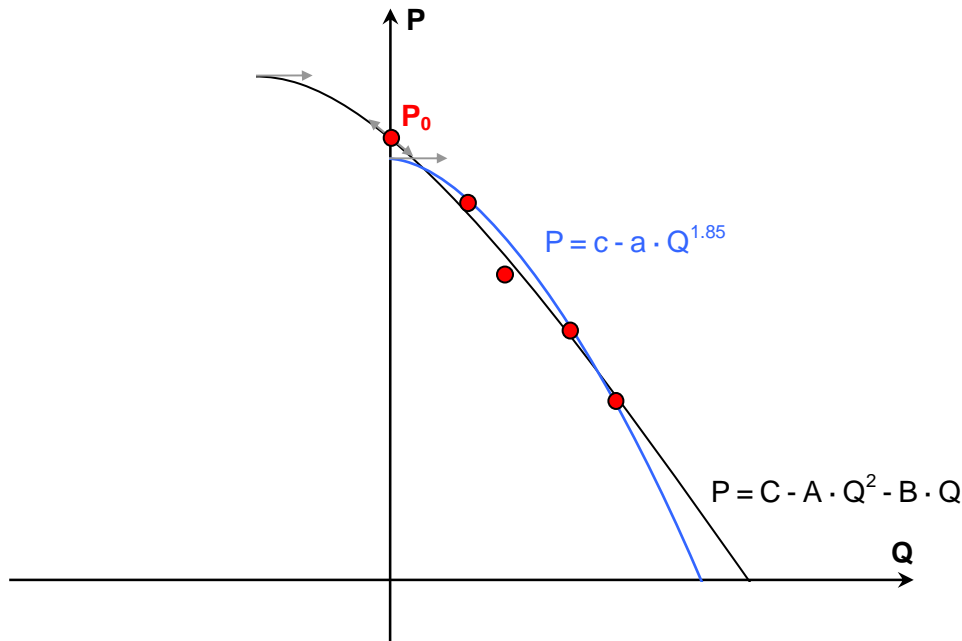


fig. 5

En revanche, la formule  $P = c - a \cdot Q^{1.85}$  [Hazen-Williams], fréquemment utilisée dans les pays anglophones pour modéliser le comportement des réseaux d'irrigation ou d'extinction d'incendie et qui est des fois reprise pour le calcul des pressions résiduelles dans les réseaux de distribution, présente une pente nulle au point d'intersection avec l'axe des ordonnées (fig. 5). En effet,  $\delta P / \delta Q = -1.85 \cdot a \cdot Q^{0.85} = 0$  pour  $Q = 0$ .

En conclusion, l'ajustement polynomial reproduit le mieux les propriétés des données mesurées. Comme exposé dans la présente note technique, le polynôme a en outre l'avantage de pouvoir être transcrit pour la pointe de consommation dans le réseau.

A noter également que la présente note technique a été déduite de façon théorique de réseaux de conduites ramifiées. Son application pour les réseaux maillés de même que pour les réseaux approvisionnés de façon conjointe par deux réservoirs a été validée par simulation de réseaux réels et fictifs sur ordinateur.

Philippe Colbach

[philippe.colbach \[at\] eau.etat.lu](mailto:philippe.colbach@eau.etat.lu)

[eauxpotables.canalblog.com](http://eauxpotables.canalblog.com)

Luxembourg, le 25 juin 2007