

Auteur : Philip Holoch, ingénieur principal en développement de capteurs pour BELIMO Automation AG, Hinwil, Suisse

Surmonter la complexité de la mesure du glycol

Le glycol est couramment utilisé pour empêcher le gel des fluides caloporteurs au sein de systèmes de chauffage, refroidissement et conditionnement d'air. On le retrouve souvent dans les systèmes dont les canalisations sont exposées à l'environnement extérieur, telles que les climatiseurs en toiture, les systèmes à refroidissement naturel et les tours de refroidissement, ainsi que dans des installations exploitant des énergies renouvelables, telles que des collecteurs thermiques solaires. Le glycol peut également être utilisé dans des systèmes de refroidissement urbains, tels que des immeubles de grande hauteur, et des réseaux énergétiques basse température desservant un certain nombre de clients. Pourtant, l'ajout de glycol dans un système peut entraîner des erreurs de mesure d'énergie thermique importantes, en cas d'utilisation d'un compteur destiné au comptage d'eau uniquement. Un capteur de débit en ligne innovant pouvant automatiquement détecter et compenser les changements de composition des fluides a été lancé sur le marché. Il permet la prise de mesures de débit volumétrique et d'énergie thermique dans les installations fonctionnant à l'eau de même de celles contenant du glycol. Le présent article répertorie certains concepts et perspectives techniques relatifs à ce produit unique en son genre.

Avantages et inconvénients

Les fluides caloporteurs modernes sont des mélanges complexes contenant près de 60 à 75 pourcent d'eau déminéralisée, 25 à 40 pourcent de monoéthylène ou propylène glycol, ainsi que, en général, des adjuvants, tels que des stabilisateurs, des inhibiteurs de corrosion, des absorbeurs d'oxygène et des agents actifs antisalissures. Le principal avantage de l'utilisation des mélanges glycol-eau comme fluides caloporteurs, plutôt que de l'eau uniquement, est qu'ils permettent aux systèmes de fonctionner à des températures inférieures à zéro. Cependant, l'utilisation de ces mélanges s'accompagne d'un certain nombre de problèmes. Ils sont considérablement plus coûteux que l'eau et présentent une capacité thermique inférieure, nécessitant des débits supérieurs (jusqu'à 30 pour cent) pour obtenir un niveau de transport d'énergie identique. En outre, à basses températures, les mélanges glycol-eau deviennent plutôt visqueux, nécessitant alors entre 50 et 100 pour cent d'énergie de pompage supplémentaire pour atteindre le niveau de transfert calorifique de l'eau à elle seule. Autre complication, les éthylèneglycols sont toxiques et les propylèneglycols – tout comme de nombreux adjuvants – sont nocifs pour l'environnement, de sorte qu'ils doivent être éliminés de la façon appropriée par des professionnels une fois leur durée de vie utile terminée.

La Bonne Recette

Il existe des variations importantes dans les compositions des glycols pré-mélangés de nombreux fabricants sur le marché. Chaque fournisseur offre, en effet, diverses compositions adaptées à des conditions spécifiques. La composition précise de ces glycols prémélangés peut également changer périodiquement à des fins de rentabilité ou en raison de nouvelles lois relatives aux ingrédients, souvent sans que les fabricants n'en informent les clients. Par ailleurs, bien qu'il soit courant en Europe d'acheter des glycols prémélangés, en Amérique du Nord, le mélange de fluides caloporteurs peut également être réalisé sur place. Le problème est compliqué par le fait que la composition des fluides et, par là même, leurs propriétés physiques, peuvent se modifier de manière imprévisible au fil du temps, pour les raisons suivantes :

- une dégradation provoquée par la floculation du fluide, en raison notamment d'une surexposition thermique dans des installations à l'énergie solaire ;
- l'ajout d'eau pour compenser les pertes de pression dans le système, entraînant la dilution de la concentration en glycol (réduction ou, potentiellement, élimination de la protection antigel) ;
- variation de la concentration des adjuvants suite à l'imprécision du mélange effectué sur place.

La complexité de la mesure du glycol

Toute modification de la composition d'un fluide caloporteur, telle que celles mentionnées ci-dessus, aura des conséquences sur sa densité, sa capacité thermique et sa viscosité, ce qui affectera, à son tour, la mesure de l'énergie thermique (Q, voir équation ci-après) et le débit volumétrique mesuré.

Un changement de viscosité affectera le profil d'écoulement ou la distribution des vitesses d'écoulement dans le tuyau. En conséquence, en cas d'utilisation d'un compteur d'énergie thermique conçu pour mesurer l'eau est utilisé pour un mélange glycol-eau, toute modification des propriétés de ces fluides risque d'entraîner une erreur de mesure thermique cumulée pouvant atteindre 40 pour cent. Cependant, si les bons paramètres des fluides sont connus, il est possible de compenser ce problème.

L'énergie thermique Q est définie par la formule suivante :

$$Q = \int \dot{V} \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T \cdot dt$$

\dot{V} = débit volumétrique

ρ = densité

c_p = capacité thermique

ΔT = température différentielle (alimentation – retour)

Mesure du débit fiable

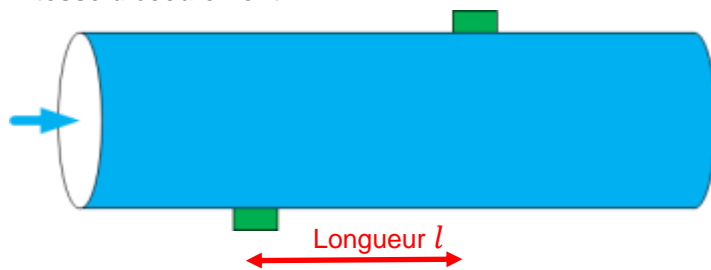
Bien que ce problème soit largement reconnu et compris depuis de nombreuses années, jusqu'à présent, les seules options étaient d'accepter ce potentiel d'erreur de mesure, d'éviter l'utilisation de glycol dans les systèmes où le transfert thermique doit être mesuré - en Europe, son utilisation est ainsi très limitée dans les réseaux de chauffage urbain, lorsque la prise de mesures précises est essentielle pour garantir la bonne facturation aux clients - ou d'investir dans des appareils de mesure coûteux permettant la compensation manuelle de toute modification des propriétés des fluides. Cependant, un capteur de débit en ligne innovant (Belimo) a depuis été développé. Il permet la mesure automatique et continue du glycol, ainsi que sa compensation, pour garantir le rendement optimal des systèmes de CVCA. Basée sur une technologie de calcul des temps de transit par ultrasons, cette approche s'impose comme une méthode de mesure d'énergie thermique insensible aux problèmes liés à la magnétite, contrairement aux capteurs de débit

électromagnétiques. Sa durée de vie utile est supérieure à celle de la technologie des turbines et elle peut être utilisée pour une large gamme de fluides caloporteurs à diverses concentrations de glycol.

Fonctionnement

Le nouveau débitmètre à ultrasons est doté de deux transducteurs de compensation (figure 1) pour déterminer la vitesse d'écoulement en mesurant la vitesse du son dans le fluide caloporteur. Le temps de transit vers l'aval est mesuré par l'envoi d'une impulsion à ultrasons du transducteur inférieur au transducteur supérieur. Le processus est ensuite inversé pour le calcul du temps de transit vers l'amont. Ces temps de transit diffèrent en fonction du débit du fluide à travers le tube du capteur : l'impulsion vers le bas est accélérée par le débit, tandis que l'impulsion vers le haut est entravée et ralentie. Les temps de transit de ces impulsions à ultrasons peuvent servir à déterminer la vitesse mesurée (v_{meas}).

Vitesse d'écoulement



$$v_{meas} = c \cdot \frac{l}{2} \cdot \left(\frac{1}{tt_{down}} - \frac{1}{tt_{up}} \right)$$

v_{meas} = vitesse d'écoulement mesurée

c = constant

l = longueur

tt = temps de transit

Figure 1 : Mesure du débit volumétrique par ultrasons.

Ces données, ainsi que la température du fluide, peuvent ensuite être utilisées pour calculer la viscosité cinématique (η) et déterminer le débit volumétrique. Cependant, dans la mesure où le débit volumétrique est calculé à partir de la moyenne des vitesses d'écoulement sur tout le diamètre du tuyau, non pas sur une voie unique, le résultat est affecté par des profils de débit divers (figure 2). En cas de flux laminaire (gris), la vitesse est supérieure au centre du tuyau et inférieure le long de sa paroi. Par contraste, dans un flux turbulent (bleu), la vitesse d'écoulement est pratiquement la même sur tout le diamètre du tuyau. Cet effet est généralement compensé pendant la production par l'utilisation de courbes de correction pour le calibrage du capteur de débit. Cependant, sachant que le profil d'écoulement est influencé par la viscosité du fluide, la présence de glycol dans le système peut entraîner des erreurs de mesure importantes.

Débit volumétrique

$$\dot{V} = \int v \cdot dA = A \cdot \bar{v}$$

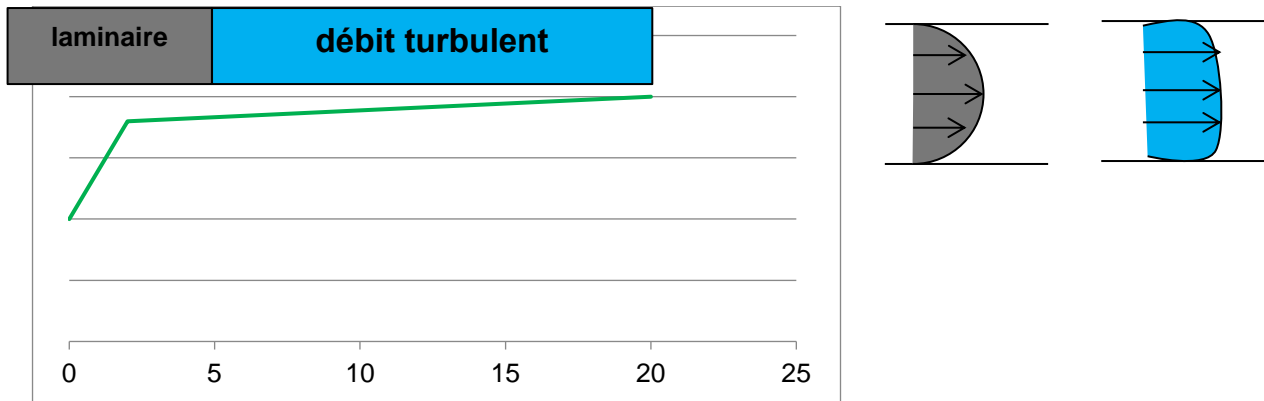


Figure 2 : calcul de la vitesse d'écoulement moyenne.

Une autre approche pourrait consister à utiliser le nombre de Reynolds (Re) plutôt que la vitesse d'écoulement.

$$Re = \frac{v \cdot D}{\eta}$$

v = vitesse d'écoulement

D = diamètre

η = viscosité cinématique

Dans la pratique, ce rapport signifie que la distribution de la vitesse d'écoulement est similaire pour un nombre de Reynolds et une géométrie donnés. En conséquence, le facteur de correction (k) – utilisé pour lier le débit volumétrique à la vitesse moyenne sur toute la section transversale du tuyau – représenté sous forme de fonction du nombre de Reynolds ne dépend pas de la viscosité du fluide. Les courbes de calibrage de l'eau et du mélange glycol-eau qui en découlent se superposent. Cela signifie que le capteur peut être calibré avec de l'eau, tout en restant capable de mesurer avec précision tout autre fluide à la viscosité connue. Le processus est résumé à la Figure 3.

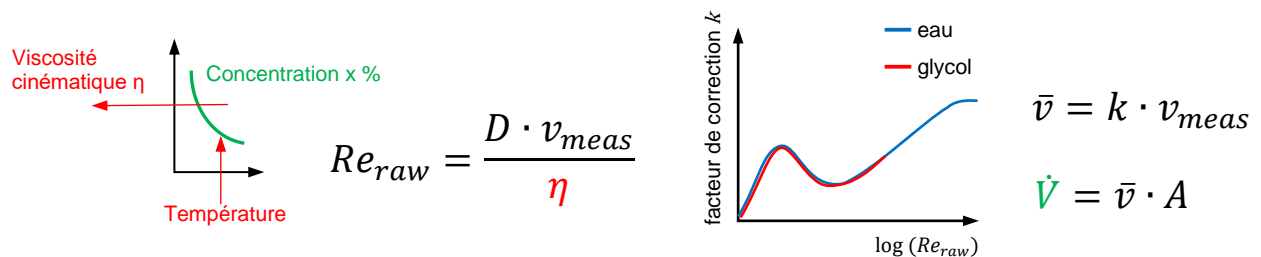


Figure 3 : Résumé de l'algorithme de compensation automatique du glycol.

Les nombres de Reynolds ont été utilisés pour développer un algorithme de compensation du glycol automatique breveté, capable de sélectionner les propriétés des fluides à utiliser pour le calcul du débit et de l'énergie. Il peut s'appliquer à une large gamme de fluides caloporteurs et garantit des mesures précises et reproductibles au sein de n'importe quelle installation de CVCA.

Des résultats précis sans dérive

L'avantage de la compensation du glycol est clairement démontrée dans les figures 4 et 5. Sans compensation (figure 4), les mesures de débit volumétrique peuvent présenter des erreurs importantes (jusqu'à 30 pour cent) ; l'application de la compensation de glycol automatique (figure 5) minimise les dérives et réduit considérablement la marge d'erreur de mesure.

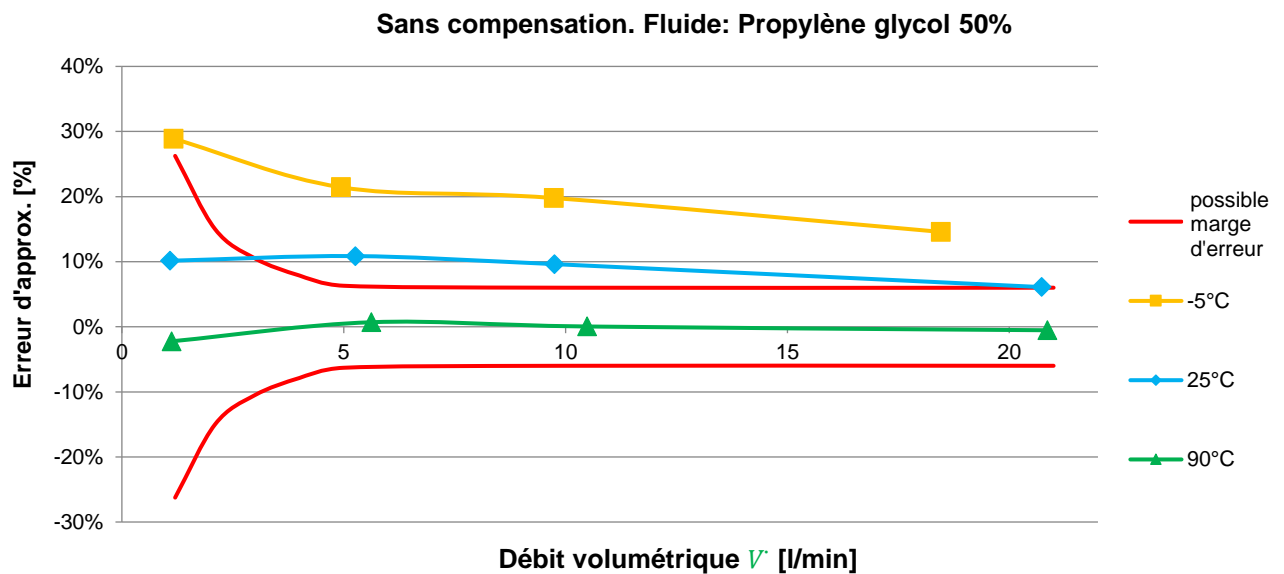


Figure 4 : Incidence du glycol sur la mesure de débit volumétrique sans compensation de viscosité.

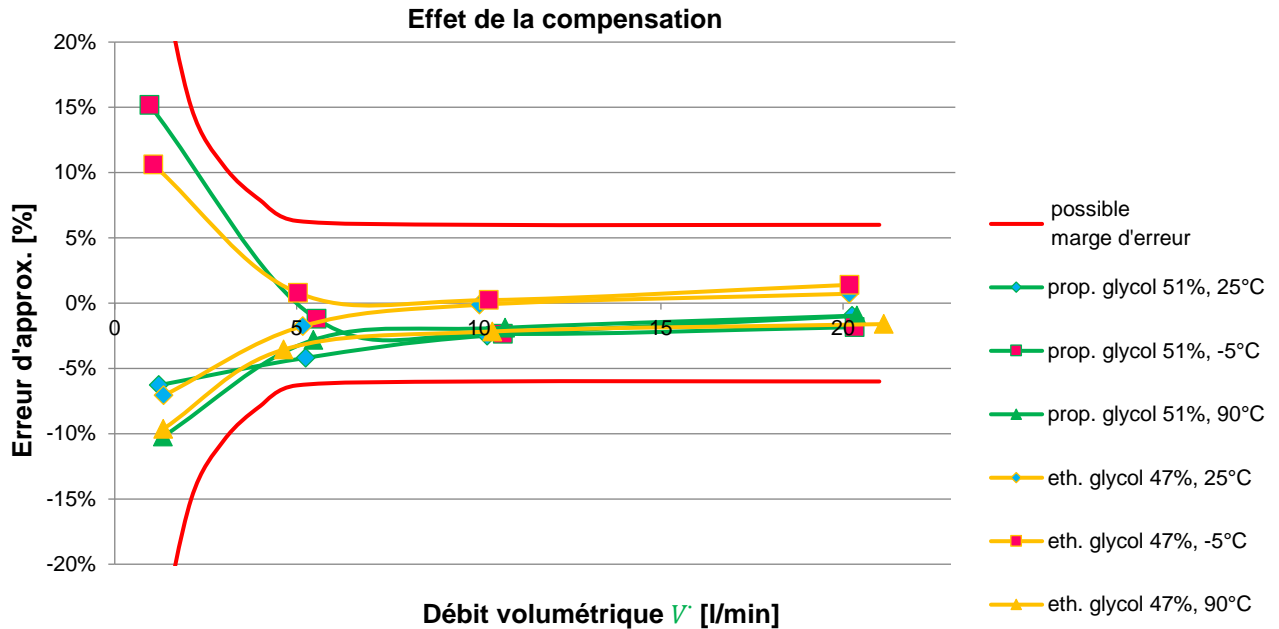


Figure 5 : Effet de la compensation du glycol sur la mesure du débit volumétrique.

Conclusion

Le développement d'un capteur de débit en ligne doté de la technologie de temps de transit par ultrasons pour mesurer et compenser automatiquement la concentration de glycol représente un progrès énorme dans la mesure de l'énergie thermique. Un simple capteur de débit « sitôt installé, sitôt oublié » suffit à compenser les viscosités variables et changeantes, ainsi les capacités thermiques des fluides caloporteurs. Ne comportant aucune pièce mobile, le capteur est extrêmement robuste et ne nécessite aucun calibrage. Il apporte à l'utilisateur la certitude de l'exactitude de la mesure du débit. Il est ainsi essentiel pour la prise de mesures fiable et reproductibles, et améliore, en outre, la commande et l'efficacité des systèmes de CVCA.