

NOM :

Prénom :

Date :

SYNTHESE DE TEXTE 2018 (45 min)

Pour répondre aux questions, on se limitera strictement à l'argumentaire exposé dans l'article

1/ Quels sont les enjeux liés à l'équilibrage des réseaux ? (4 pts)

2/Pour quels types de réseaux l'auto-équilibrage est-il le plus intéressant ? (2 pts)

3/ Qu'est-ce qui rend l'équilibrage des réseaux de chaleur difficile ? (2pts)

4/ Présenter de façon synthétique sur le verso de cette page, les technologies d'équilibrage de sous-stations, leur principe de fonctionnement, leurs avantages et inconvénients (12pts)

Equilibrage des réseaux de chaleur et de froid

Régulateur automoteur de pression différentielle

Vanne indépendante de la pression différentielle

Par Tanguy Boutry responsable service technique et marketing et Yoann Biajoux chargé de produits / Samson Régulation

La gestion des réseaux de chauffage ou de froid urbains, c'est avant tout le challenge de contrôler la répartition des débits calorifiques ou frigorifiques produits par la centrale ou les centrales de production entre tous les consommateurs en réduisant les pertes énergétiques. Les contraintes très particulières que l'on rencontre dans ce domaine font de l'équilibrage des réseaux un sujet complexe et stratégique.

Sans équilibrage, les sous-stations les plus proches de la centrale de production prennent naturellement la priorité sur les sous-stations en aval dans le réseau. Si les dernières sous-stations n'ont plus assez de calories pour fournir la puissance souscrite, le contrat passé avec le client n'est plus honoré surtout en période de forte demande. Sans ana-

lyse, la réponse serait d'augmenter la puissance en agissant sur la pression, la température de départ ou le débit, avec un impact financier et une baisse de rendement global. Il est donc préférable de travailler sur l'efficacité énergétique du réseau. Elle peut être définie par la réduction de la consommation d'une activité sans dégrader le service offert. Dans le

domaine des réseaux de chaleur ou de froid, cela consiste à fournir la quantité d'énergie optimale aux besoins de chaque sous-station et donc à équilibrer les réseaux (> **Figure 1**).

Cet équilibrage se fait au niveau des sous-stations en maîtrisant l'équilibrage des pressions du réseau hydraulique. Cela consiste :

- à répartir la capacité de puissance entre les sous-stations de façon à ce que chacune puisse disposer en permanence du débit maximum de fluide caloporteur ou frigoroporteur avec le programme thermique pour lequel elle a été dimensionnée ;
- à garantir une autorité élevée des vannes de régulation des sous-stations,

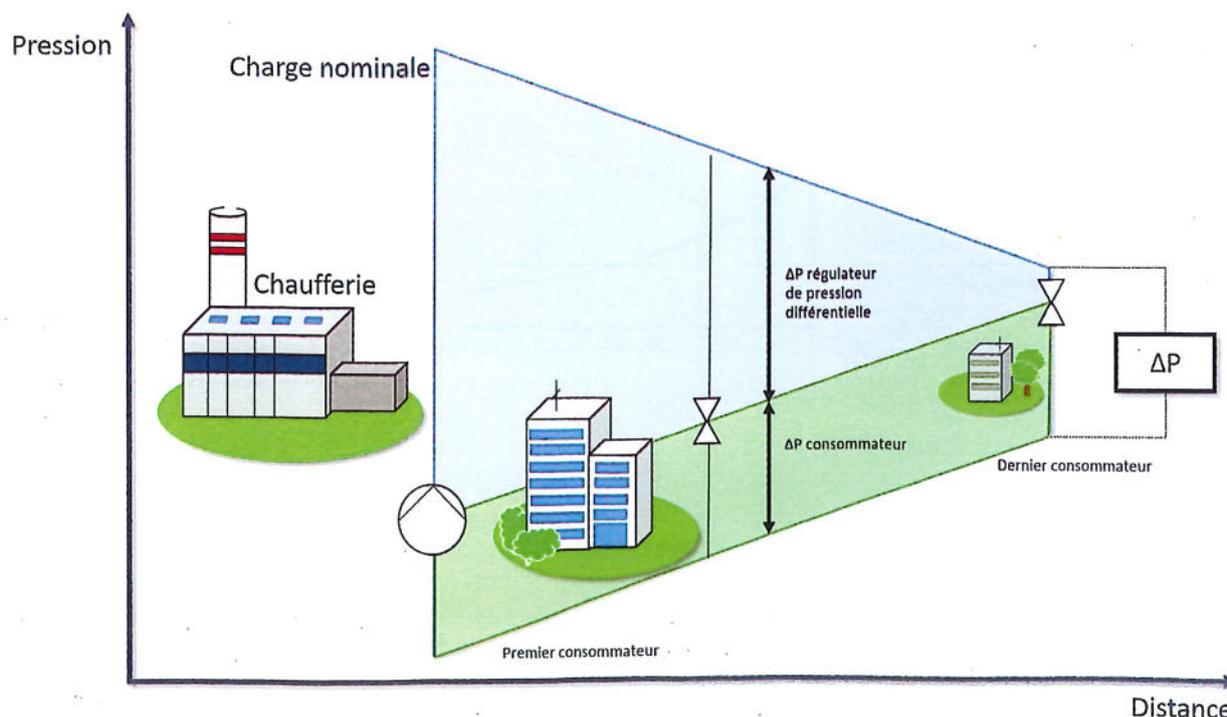


Figure 1 Diagramme pression-distance

ceci afin d'assurer une bonne régulation de température (autorité, marge de réglage, précision, stabilité, etc.) quel que soit le régime de fonctionnement et malgré les variations de pression sur le circuit primaire.

Qu'est-ce que l'autorité d'une vanne de régulation ?

L'autorité d'une vanne de régulation est définie par sa capacité à faire évoluer le débit de l'installation en fonction de son ouverture. Elle s'exprime usuellement comme le rapport de la perte de charge de la vanne aux conditions de débit maximum par rapport à celle d'une vanne fermée : $A = \Delta P_{\text{vanne } 100\%} / \Delta P_{\text{vanne } 0\%}$. Une vanne avec une autorité faible et sollicitée sur une grande plage de débit peut conduire à un mauvais fonctionnement en régulation, caractérisé par une instabilité à faible charge et une mauvaise réactivité à pleine charge. Une solution simple pour augmenter l'autorité d'une vanne de régulation sur une sous-station est d'augmenter la pression différentielle à ses bornes : le problème est que cela

pénalise le réseau et dégrade la performance énergétique. Pour une vanne de régulation, une autorité entre 0,3 et 0,6 est généralement le compromis utilisé. Pour augmenter d'avantage l'autorité d'une vanne de régulation sans pénaliser le réseau en termes de ΔP , il faut contrôler la pression différentielle aux bornes de la vanne afin de la maintenir constante. Cela permet d'obtenir une autorité de 1 tout en maintenant une faible ΔP aux bornes de la sous-station. Cela peut être réalisé via un régulateur automoteur de pression différentielle ou bien en un seul appareil par une vanne PICV (Pressure Independent Control Valve).

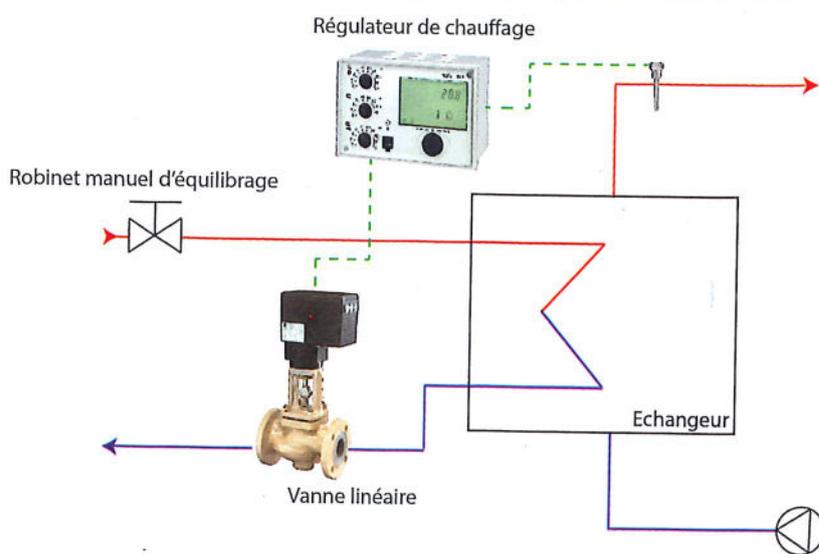


Figure 2 Sous-station équilibrage manuel

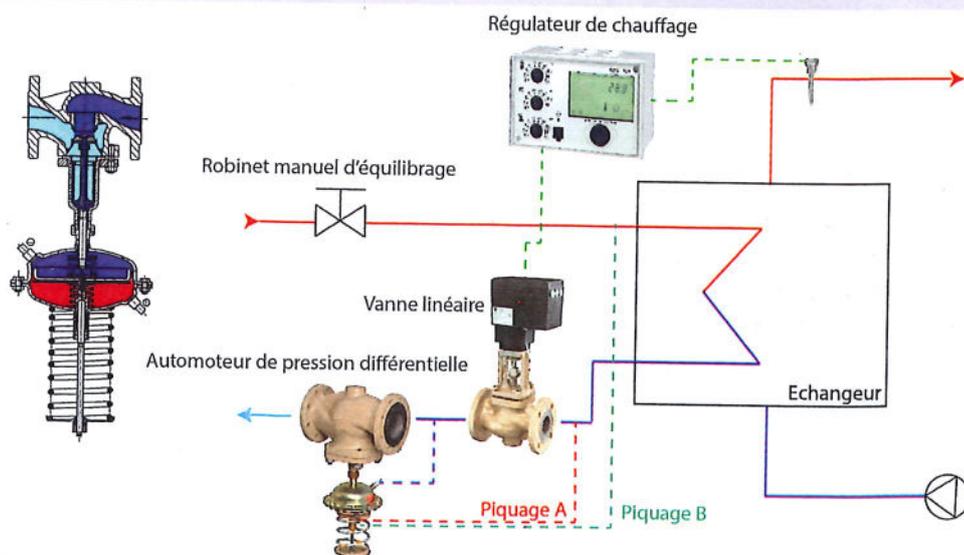


Figure 3 Sous-station auto-équilibrée par régulateur automoteur de pression différentielle

Schémas de régulation de sous-stations, avantages et inconvénients

La première solution pour réaliser un équilibrage simple est de créer une perte de charge par le biais d'un robinet limitant le débit et par conséquent la consommation de la sous-station. L'inconvénient des équilibrages manuels est qu'ils ne sont optimaux que pour un seul point de fonctionnement et perdent très vite leur efficacité si les conditions de service changent en fonction de l'heure de la journée ou de la saison. Cette solution doit être réservée à une utilisation sur de petits réseaux, composés de peu de sous-stations avec de faibles

variations de consommation. Elle exige de plus des conditions de service parfaitement connues et figées : connaissance de la puissance appelée, des régimes été/hiver, de la topologie des sous-stations (> Figure 2).

Sous-station auto-équilibrée par régulateur automoteur de pression différentielle

L'utilisation d'un automoteur de pression différentielle permet de contrôler la pression entre ses deux prises de pression, indépendamment des variations de pression du réseau. Il existe deux solutions en ce qui concerne l'emplacement des piquages (> Figure 3).

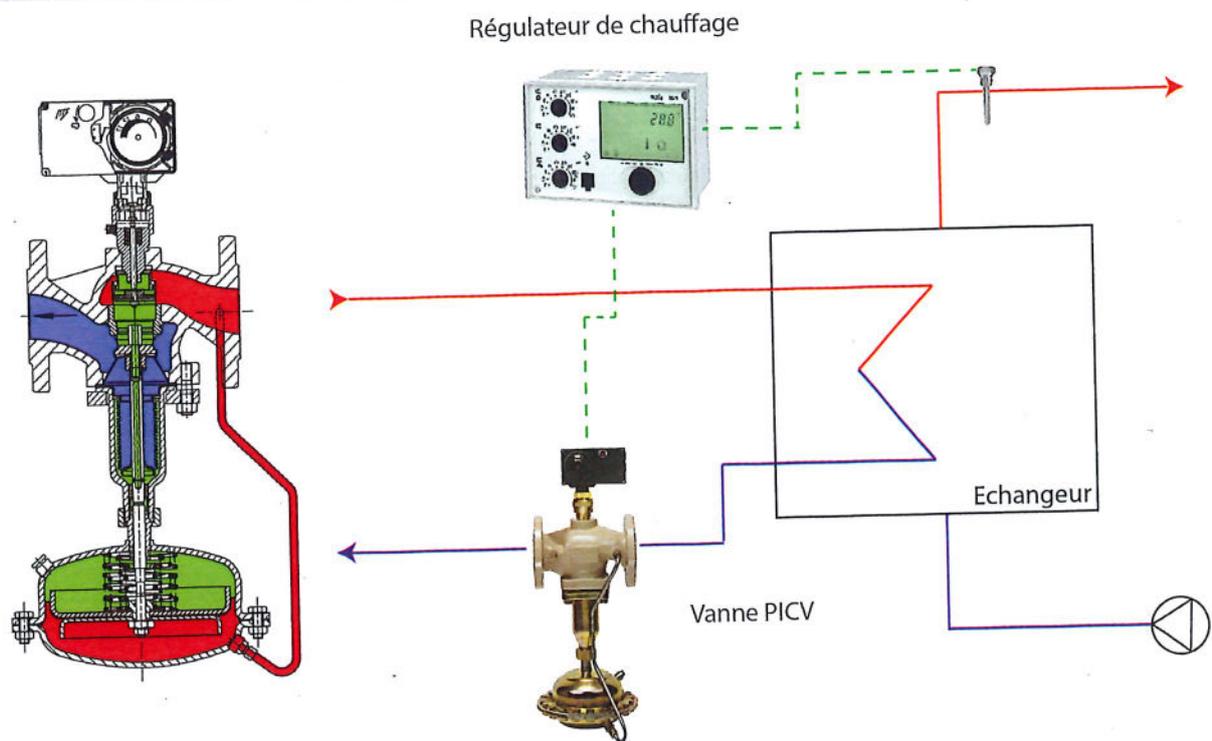


Figure 4 Sous-station auto-équilibrée par vanne indépendante de la pression différentielle (PICV)

Le piquage « A » permet d'avoir une autorité maximum (autorité de 1) de la vanne de régulation de puissance et donc un contrôle parfait du débit à tous les régimes de fonctionnement. Il s'avère cependant un peu plus coûteux que le piquage B, car une consigne de ΔP faible impose un plus gros servomoteur pour piloter le régulateur automateur.

Le piquage B, en intégrant l'échangeur, offrira une autorité de la vanne de puissance autour de 0,5 et sera donc moins stable au niveau du contrôle et moins précis au niveau de la limitation de débit, comparé au piquage A. Il permet un raisonnement en pression différentielle sur toute la sous-station tout en étant, comme évoqué ci-dessus, souvent moins coûteux. Nous retrouvons ce type de sous-station sur le réseau de chaleur ou de froid urbain de grandes villes comme Paris (plusieurs centaines de sous-stations et plus d'un millier de vannes installées), Lisbonne, Londres, sur le réseau d'eau glacée de Disneyland Paris, etc.

Sous-station auto-équilibrée par vanne indépendante de la pression différentielle (PICV)

La solution alternative à l'automoteur de

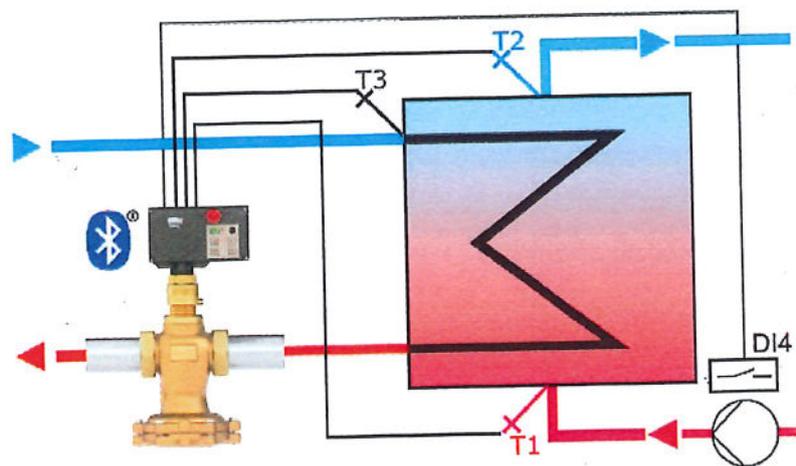


Figure 5 Sous-station low power cooling

pression différentielle est la vanne PICV. Cette vanne, possédant deux clapets, permet de remplir la fonction d'équilibrage et la fonction régulation de puissance en un seul appareil. Le clapet supérieur contrôlé par un servomoteur électrique assure la fonction vanne de puissance. La course de ce clapet peut être réduite par une vis de restriction manuelle afin de limiter précisément le débit pour l'ajuster à la puissance souscrite. Le clapet inférieur contrôlé par le servomoteur

à membrane assure la fonction d'équilibrage en maintenant la pression différentielle constante aux bornes du clapet de puissance. L'utilisation de cette vanne permet une bonne régulation de la température du circuit secondaire sur une grande plage de fonctionnement, tout en équilibrant le réseau par limitation du débit dans la sous-station. Les avantages de cette solution sont l'autorité de vanne optimale, le contrôle direct du débit et un coût réduit par l'utilisation d'une seule

vanne. Nous retrouvons entre autres ce type de sous-station sur le réseau de froid urbain de la Ville de Paris : Climespace, sur le réseau de Vénissieux (69), sur le réseau Elvya de Lyon (69), sur le réseau d'eau surchauffée de Meudon (92), sur le réseau de Bayonne (64), sur le réseau de Montbéliard (25) (> **Figure 4**).

Innovation

Il est maintenant possible d'optimiser encore le coût et la compacité d'une sous-station en « **Intégrant le régulateur de température dans le servomoteur électrique de la vanne PICV** ». Cela permet de réduire les frais de câblage et un gain également sur l'armoire électrique. Ces servomoteurs intelligents permettent d'utiliser un ou deux régulateurs internes pour remplir des fonctions de régulation complexes, telle que régulation de température moyenne entre deux sondes, régulation à consigne variable en fonction de la température extérieure, régulation de limitation... (> **Figure 5**).

La vanne (PICV) « multifonctions » permet, en plus de son intérêt économique, d'avoir un gain de matière et surtout un gain de place non négligeable au regard de la solution classique. Un premier prototype a été installé sur le réseau de froid urbain de la Ville de Paris (Climespace) afin de répondre à la demande de la ville de raccorder les surfaces commerciales de pied d'immeuble soumises à de fortes contraintes architecturales, environnementales ainsi que de voisinage (> **Figure 6**).

Les sous-stations à équilibrer en priorité sont celles qui se trouvent les plus proches de la centrale de production afin de ne pas pénaliser les sous-stations en aval du réseau. A terme, plus les réseaux sont étendus, plus les sous-stations ont besoin d'être auto-équilibrées, surtout si le réseau est maillé entre plusieurs centrales. La gestion d'un réseau représente un challenge en termes de performance énergétique, d'adaptation aux variations des conditions de service tout en faisant travailler les équipements dans leurs plages optimums afin d'augmenter leur fiabilité et leur durée de vie et d'obtenir une bonne qualité de régula-



Figure 6 Vanne indépendante de la pression différentielle (PICV) équipée d'un servomoteur avec régulateur intégré Samson type 5724-8 installée sur un skid échangeur eau glacée basse puissance.

tion. Travailler avec des sous-stations auto-équilibrées permet d'obtenir en permanence un fonctionnement optimum des installations tout en répondant aux contraintes de la gestion d'un réseau de

chauffage /froid urbain et de son ou ses extension(s) à venir. ■

Bibliographie :

① District heating and cooling -Svend FREDERIKSEN, Sven VERNER - Studentlitteratur AB Lund 2013