

Equilibrage hydraulique des installations de chauffage dans le cadre d'une rénovation

Note technique du facilitateur URE tertiaire

janvier 2021



Institut de Conseil et d'Études en Développement Durable asbl

Boulevard Frère Orban 4
B-5000 NAMUR
00 32 81 25 04 80
www.icedd.be
icedd@icedd.be

N° registre de commerce : sans objet
N° TVA : BE0407.573.214
Représenté par : Gauthier Keutgen, Secrétaire Général
N° de compte bancaire : BE59 5230 4208 3426 / BIC TRIOBEBB

1. Contexte

La rénovation du bâti existant en Région wallonne constitue un des piliers de la transition énergétique d'ici 2050. Cette rénovation est naturellement couplée à celle du système de chauffage qui devra s'adapter pour les raisons suivantes :

- Vu la réduction drastique des besoins de chaleur par l'isolation des bâtiments, le surdimensionnement à tous les niveaux de l'installation (production, distribution, émission et régulation) sera défavorable au confort, à l'énergie et à la pérennité des équipements ;
- La technologie des installations s'est fortement développée et améliorée (chaudière à condensation, circulateur à vitesse variable, équipements connectés (Smart Building), équilibrage dynamique, émetteurs réactifs, ...) afin de permettre d'ajuster au mieux la fourniture de chaleur aux besoins. En effet, les besoins sont, pour les bâtiments bien isolés, devenus fortement dépendants des apports solaires et internes. Les installations doivent dès lors être plus réactives que jamais et fournir la juste quantité de chaleur au bon endroit et au bon moment.

La démarche sera la même dans le cas d'une rénovation simple de chaufferie. Coup classique : l'installation menace de rendre l'âme. Faut-il la remplacer à l'identique ? Quelles adaptations réaliser en cas de remplacement partiel de l'installation ? ... Des questions récurrentes et très actuelles ! Enfin, dans la vie d'un bâtiment tertiaire, les usages changent, les dérives de régulation s'installent, ... Comment corriger le tir ? Encore des questions auxquelles on tentera de répondre ici.

2. Introduction

L'objectif d'une installation de chauffage est de couvrir les déperditions du bâtiment en délivrant une **quantité de chaleur** (flux thermique) suffisante pour assurer un confort constant dans les locaux pendant la période d'occupation.

La quantité de chaleur émise par le système de chauffage pour couvrir les besoins thermiques est liée principalement aux écarts de température entre le fluide caloporteur et les espaces à chauffer ainsi qu'aux débits du fluide caloporteur qui circule dans l'ensemble des circuits hydrauliques ; raison pour laquelle les deux possibilités courantes de distribuer une quantité de chaleur dans un circuit et/ou un émetteur sont d'agir sur une variation de débit ou une variation de température.

Tout déplacement du fluide caloporteur dans des conduites, selon un certain débit, génère des pertes de charge (dus à la longueur des conduites, leur rugosité interne, aux obstacles de parcours comme les coudes, les vannes, les tés, les échangeurs, ...). Le couple **débit/pertes de charge** va inévitablement conditionner la répartition du flux de chaleur entre les différents circuits. Sans prendre attention à cette notion de base, des désordres hydrauliques, à coup sûr, vont se manifester.

Le fonctionnement correct d'une installation hydraulique passe donc par la maîtrise, quels que soient les besoins, des pressions et des débits en tout point de l'installation. Dans le jargon des spécialistes, on parle **d'équilibrage hydraulique statique et dynamique**. D'un point de vue énergétique, l'équilibrage hydraulique tant statique que dynamique joue un rôle primordial.

La venue sur le marché d'équipements novateurs comme, par exemple les circulateurs à vitesse variable, les vannes d'équilibrage auto-régulantes, ... permettent d'envisager la modernisation des installations de chauffage tout en tenant compte de l'équilibrage hydraulique et de l'aspect énergétique tant au niveau du combustible que de la consommation électrique nécessaire pour faire circuler le fluide caloporteur. Cependant, pour obtenir une installation performante, l'association ou l'addition de ces équipements sans une réflexion de conception hydraulique pertinente et globale serait, dans la plupart des cas, une erreur difficile à corriger par la suite.

Dans un projet d'optimisation du confort et/ou énergétique, sous forme de rénovation légère ou lourde, il conviendra de veiller :

- À éviter le remplacement à l'identique sachant que les besoins de chaleurs ont diminué par exemple suite au remplacement de fenêtres ou autres interventions sur l'isolation de l'enveloppe des bâtiments ;
- À dimensionner correctement les équipements ;
- À réaliser un choix judicieux des organes de régulation ;
- À éviter le « Plug & Play » des équipements sans l'appui méthodologie rigoureux d'un spécialiste de l'équilibrage pour leur mise au point correcte ;

Dans ces conditions, les objectifs d'optimisation du confort et des performances énergétiques et de maîtrise des coûts pourront plus facilement être remplis.

Un dernier point important, en particulier lors du remplacement de chaudière, est la qualité des eaux, surtout en rénovation ! En effet, les fabricants de chaudières deviennent de plus en plus pointilleux quant à la qualité de l'eau de chauffage, au point, dans certains cas, d'exiger le placement d'un échangeur de chaleur entre la nouvelle chaudière et l'installation existante. Cette exigence modifie assez fondamentalement les caractéristiques hydrauliques de l'installation initiale. Il est donc important d'effectuer une analyse de l'eau de chauffage avant d'entamer des travaux de rénovation.

3. Equilibrage hydraulique des circuits secondaires

3.1. Equilibrage statique

3.1.1. Constats en pratique

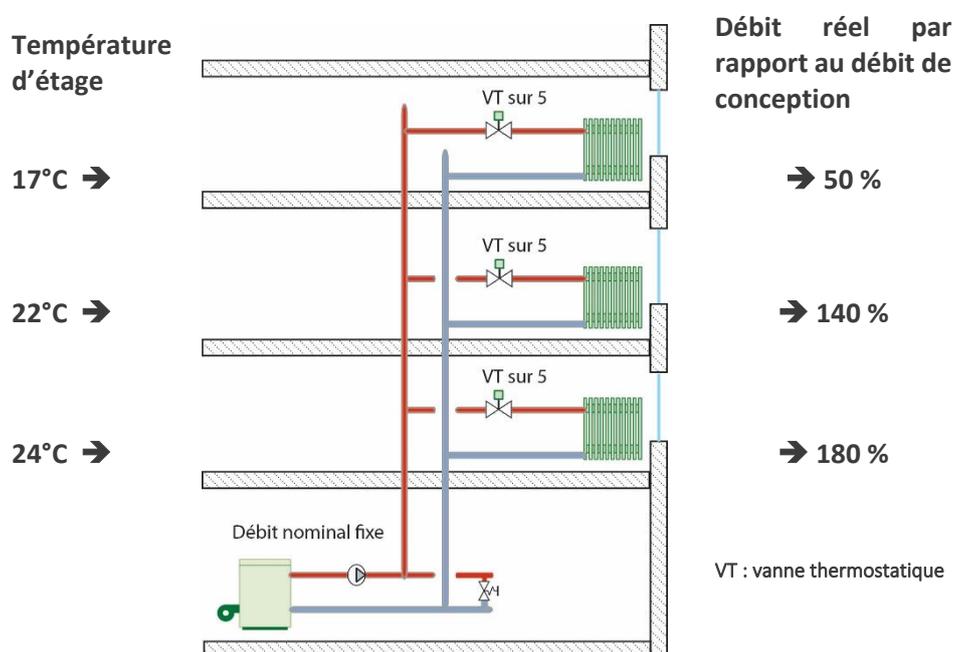


Figure 1 : Déséquilibre hydraulique statique

FAQ :

« Je gère un immeuble de bureau rez plus trois avec des plateaux identiques en termes de besoins de chaleur entre le rez-de-chaussée et le troisième étage. La chaudière se situe en cave. Chaque radiateur est équipé d'une vanne thermostatique qui est en permanence sur 5.

J'ai un problème de différence de confort entre le rez-de-chaussée et le second plateau : au rez-de-chaussée, globalement, les locaux sont en surchauffe alors que progressivement du premier au second étage, j'ai de plus en plus de difficultés à atteindre la température de consigne par plateau. Je peux avoir au dernier étage des températures de 17°C en hiver avec certains radiateurs, plutôt ceux situés à l'opposé de la chaudière, tièdes en permanence.

Cette constatation est courante dans les immeubles où les radiateurs sont équipés d'une vanne thermostatique « abandonnée sur 5 ». Le phénomène est le même si chaque radiateur est équipé d'une vanne manuelle classique sur les vieilles installations de chauffage

3.1.2. Principe

Pour obtenir un confort défini dans chaque local d'un bâtiment, le principe de départ dans la conception d'une installation de chauffage est de délivrer les bons débits à tous les niveaux de l'installation hydraulique, depuis la production de chaleur jusqu'aux émetteurs. Vu que les locaux à chauffer se situent les uns par rapport aux autres à des distances et des niveaux différents, les pertes de charge dans les conduites de distribution, inévitablement, seront différentes. En général, les circuits de distribution et les émetteurs les plus éloignés de la chaudière ou les circuits comportant beaucoup de pertes de charge (sections de conduite faibles, beaucoup de coudes, ...), seront, en termes de débit, défavorisés. A l'inverse, les débits dans les circuits ou émetteurs proches ou bénéficiant de pertes de charge limitées seront irrigués par des débits supérieurs aux débits nominaux calculés. Raisons pour lesquelles l'équilibrage statique est nécessaire. Si cet équilibrage est réalisé au moyen de vannes spécifiques, celles-ci vont être dimensionnées de manière à freiner les débits des circuits et émetteurs favorisés au bénéfice de ceux qui ne le sont pas. La notion de « partage » ici est bien présente !

Attention que les vannes d'équilibrage statique ne permettront qu'un réglage des débits nominaux. A régime variable, les influences hydrauliques entre

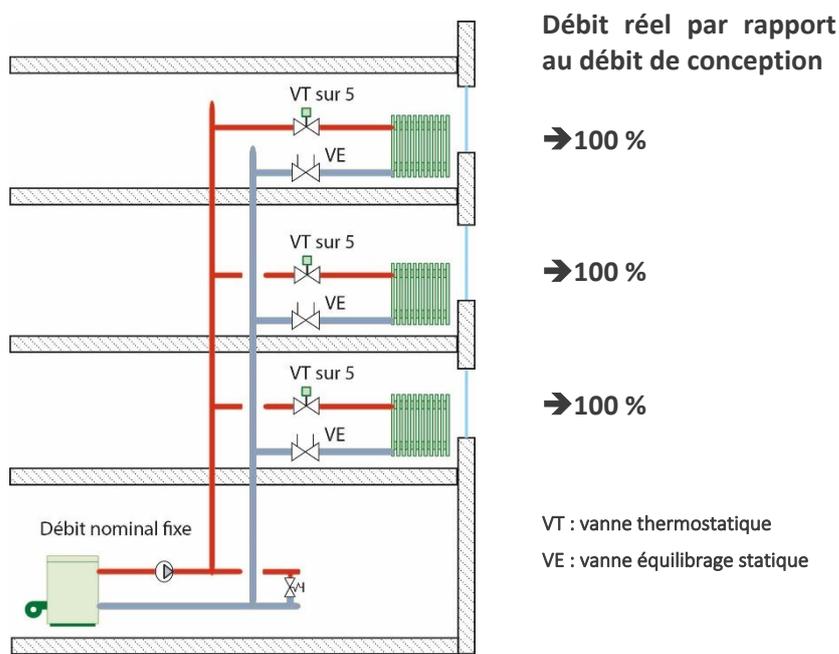


Figure 2: principe d'équilibrage statique



Figure 3 : vanne de réglage statique (source : <https://www.imi-hydronic.com/>)

circuits seront inévitables. Il faudra prévoir, comme on le verra ci-après des organes d'équilibrage dynamiques.

3.1.3. Améliorations en fonction de situations couramment rencontrées

Sachant que l'équilibrage hydraulique est très complexe, toutes les améliorations décrites ci-dessous doivent être réalisées par des spécialistes tant au niveau du calcul et du dimensionnement que du choix, du placement, de la mise au point et de la mise en exploitation.

Attention que les améliorations décrites ci-dessous ne proposent que des solutions pour l'équilibrage statique à débit nominal. Il va de soi que certains équipements peuvent réaliser à la fois l'équilibrage statique ET dynamique. Si seul l'équilibrage statique est considéré (budget limité par exemple), pour éviter les problèmes en cas de régime partiel (voir équilibrage dynamique), il sera nécessaire de prévoir de travailler avec des **circulateurs à vitesse variable**.

A. Installation sans vanne d'équilibrage

Certains bâtiments ne sont pas équipés de vannes d'équilibrage tant au niveau des pieds de colonne que des débuts de palier.

Une solution couramment proposée est la suivante :

- Si présent, réglage du débit via les Té de sortie de radiateurs ;
- Placement d'une vanne thermostatique à pré-réglage par radiateur (au moins sur les radiateurs des locaux « faciles » à chauffer) ;
- Placement et réglage d'une vanne d'équilibrage sur le retour de chaque dérivation palière ;
- Placement et réglage d'une vanne d'équilibrage sur le retour de chaque colonne.



Figure 4 : Té de réglage (source : Comap)



Figure 5 : Corps robinet thermostatique réglable (source : Danfoss)

B. Installation avec vanne d'équilibrage

Les bâtiments d'un certain âge subissent souvent, au fil du temps, des adaptations comme, par exemple, l'isolation de l'enveloppe du bâtiment, le changement d'usage des locaux, la diminution des apports internes par le remplacement de luminaires énergivores, ... Les besoins thermiques des locaux changeant, les débits par dérivation palière, par colonne, ... ne sont plus les mêmes. Les radiateurs sont équipés de vannes thermostatiques « normales » (donc sans bridage possible du débit).

En constatant des inconforts naissants éventuels, il y a lieu de procéder à un rééquilibrage hydraulique.

Une solution couramment proposée est la suivante :

- Rééquilibrage de chaque radiateur en agissant sur les tés de réglage ou en plaçant des vannes thermostatiques à pré-réglage ;
- Rééquilibrage des vannes d'équilibrage en pied de colonne, par exemple.

3.1.4. Méthodologie d'équilibrage statique

A. Simulation hydraulique des installations

Des logiciels de simulation du comportement hydraulique des installations existent sur le marché. Ce sont des outils en général très complets mais assez coûteux. Ils conviennent pour des nouveaux projets ou des rénovations de grande ampleur. Ils permettent entre autres, de dimensionner des équipements

d'équilibrage et d'évaluer le comportement hydraulique d'installations complexes. Les résultats de la simulation permettent aussi fournir aux entreprises spécialisées toutes les valeurs de réglage des vannes d'équilibrage¹.

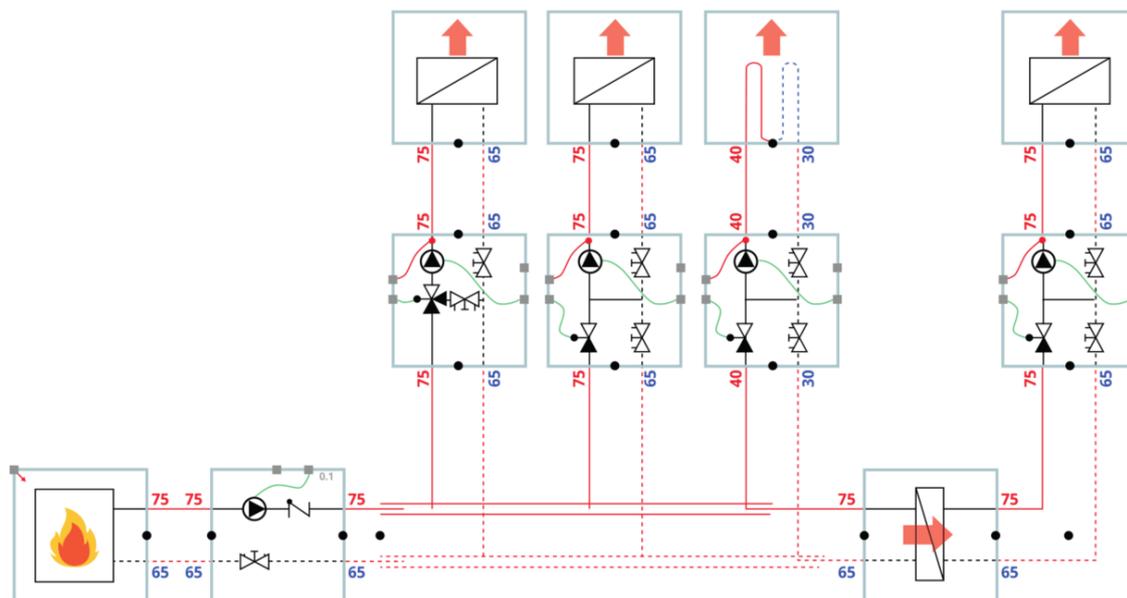


Figure 6 : exemple de simulation informatique de réseau hydraulique (source : Hysopt)

B. Par mesure de la perte de charge

Les vannes d'équilibrage dites « volumétriques » permettent aux spécialistes de mesurer directement les débits aux prises de pression de la vanne. Au niveau des projets d'installations neuves, sur base des résultats de calculs des logiciels de simulation, les débits nominaux de chaque circuit peuvent être mesurés et réglés de manière précise. Dans le cas de diagnostics de grandes installations déséquilibrées, si les vannes d'équilibrage sont présentes aux bons endroits, une mesure peut être refaite sans gros problème. Les déséquilibres hydrauliques surviennent souvent dans des vieux bâtiments qui ont subi des modifications hydrauliques successives et anarchiques.

L'équilibrage ou le rééquilibrage en tout point d'une installation s'effectue naturellement à débit nominal, à savoir, pour un circuit palier d'un immeuble équipé de radiateurs par exemple, avec chaque vanne thermostatique de radiateur ouverte en grand.

Le réglage des débits nécessite un appareillage spécialisé traduisant la mesure de la perte de charge de la vanne d'équilibrage en débit.



Figure 7 : équipement de mesure (source : www.oventrop.com)

¹ Dont par exemple leur valeur Kv

C. Par égalisation des températures de retour (ou méthode par tâtonnement)

Cette méthodologie consiste à uniformiser, pour une température de départ identique pour chaque circuit, les températures de retour de ces circuits par le réglage des vannes d'équilibrage. La méthodologie est assez simple à mettre en œuvre et éprouvée mais prend du temps sachant qu'il faut attendre, à chaque réglage, que les températures se stabilisent. Cependant, pour le réglage d'une installation existante, la technique d'égalisation des températures de retour est probablement la plus rapide et la plus efficace sachant que la méthode de simulation nécessite un repérage pointu sur site, un calcul de déperdition des parois du bâtiment, une modélisation des circuits hydrauliques et du bâtiment, la simulation proprement dite, et enfin, du réglage des organes d'équilibrage en fonction des résultats de la simulation.

3.1.5. Equipements d'équilibrage statique

A. Vanne d'équilibrage statique

L'ajustement de la répartition des débits entre différents circuits passe par le placement d'une vanne d'équilibrage sur le retour du circuit considéré.

La valeur Kv calculée pour chaque circuit représente la caractéristique la plus importante de la vanne d'équilibrage et correspond à la perte de charge nécessaire pour ajuster le débit du circuit à sa valeur nominale. L'abaque fourni avec la vanne permet de faire correspondre la valeur Kv à un chiffre (de 0 à 5.0 en général) en tournant d'un certain nombre de tours le volant de réglage. Certains logiciels de dimensionnement ou de simulation donnent directement le chiffre à obtenir sur le volant. Deux prises de pressions permettent de mesurer directement, grâce à un appareil spécifique, la valeur du débit.



Figure 8 : types de vanne d'équilibrage statique

B. Vanne thermostatique à pré réglage

Les robinets thermostatiques à pré réglage sont équipés d'un organe interne permettant, tout comme les vannes d'équilibrage, la sélection de la valeur Kv ou de la perte de charge nécessaire à son intégration dans un circuit équilibré. La vanne thermostatique à pré réglage pourrait être qualifiée d'organe d'équilibrage dynamique sachant que le système de pré réglage effectue l'équilibrage statique et la tête thermostatique l'équilibrage dynamique. L'organe interne remplace avantageusement le té de réglage de par la précision du réglage.



Figure 9 : vanne thermostatique à pré réglage

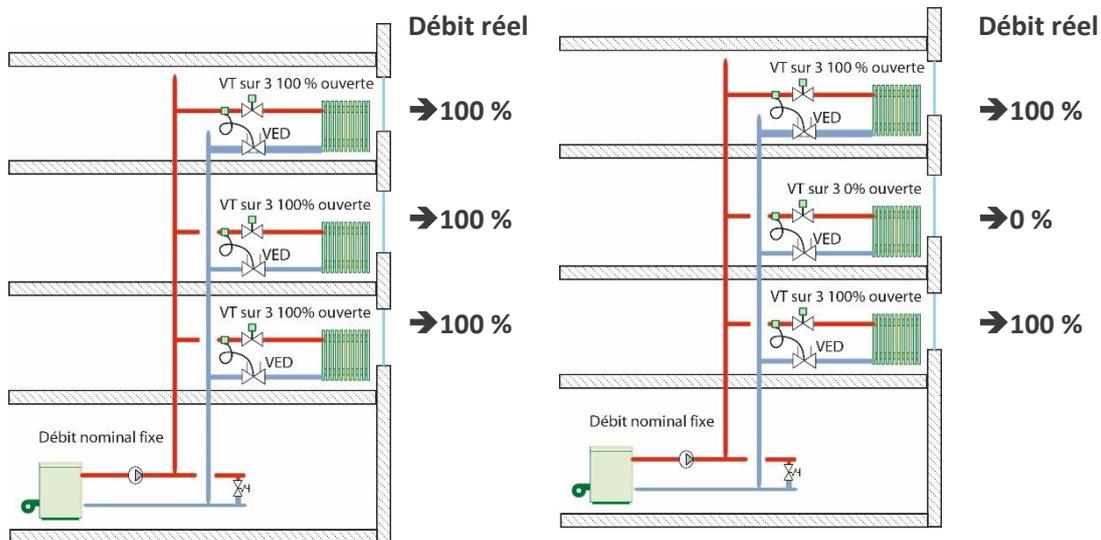


Figure 11 : Principe d'équilibrage hydraulique dynamique (VED= vanne d'équilibrage dynamique)

Une autre manière pratico-pratique d'exprimer l'équilibrage dynamique est le maintien d'une pression différentielle A-B constante (dans l'exemple 10 kPa ou 10 kPascal) dans les schémas ci-dessous :

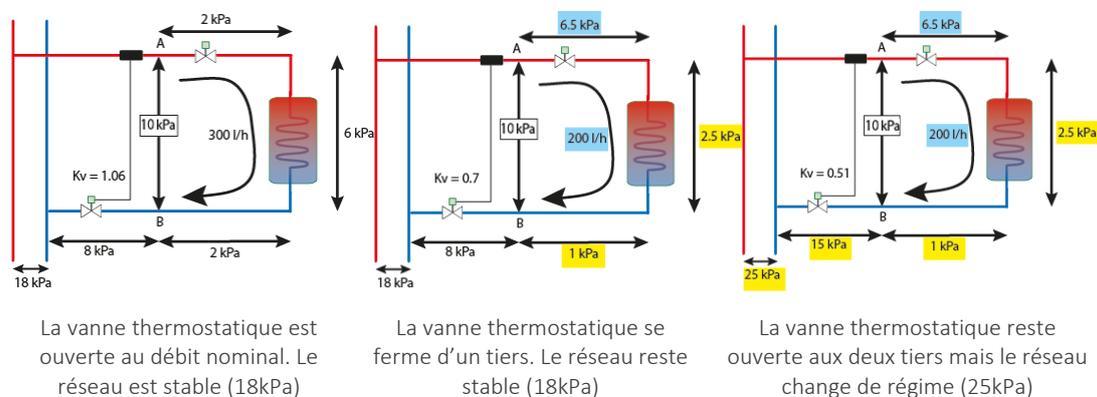


Figure 12 : Principe d'équilibrage dynamique (delta de pression constant entre A et B)

Pour maintenir cette pression différentielle constante à ce niveau, la vanne d'équilibrage statique n'est pas suffisante. Il est nécessaire de lui adjoindre un organe de régulation automatique de pression différentielle permettant d'adapter la perte de charge tout en maintenant le débit. Une prise de pression au point A permet de régler en permanence la perte de charge de la vanne d'équilibrage.

Actuellement, deux stratégies se développent et se distinguent afin de garantir l'équilibrage dynamique :

- L'équilibrage hydraulique par l'introduction dans les circuits d'une perte de charge variable et auto-adaptative ;
- L'équilibrage grâce aux circulateurs à vitesse variable.

Difficile de s'y retrouver pour un néophyte ou même pour certains professionnels. Ces deux lignées d'équipements sont-elles antagonistes ou complémentaires ?

Un raccourci rapide serait de dire que :

- Les vannes ou robinets auto-adaptatifs sont capables de réaliser un équilibrage hydraulique dynamique en présence de circulateurs ou pompes de circulation à **débit fixe** ;
- A partir du moment où l'installation est équipée de circulateurs ou pompes de circulation à vitesse variable, ceux-ci sont capables, sous certaines conditions, de réaliser seuls le boulot d'équilibrage hydraulique dynamique à partir du moment où des vannes d'équilibrage statique sont présentes aux endroits stratégiques comme au niveau des retours de pied de colonne ou de dérivation palière.

3.2.3. Améliorations en fonction de situations couramment rencontrées

A. Installation sans vanne d'équilibrage

En cas de problèmes d'équilibrage quand les vannes d'équilibrage sont inexistantes, il faut recommander le remplacement des circulateurs à vitesse fixe par des circulateurs à vitesse variable : les circulateurs à vitesse variable peuvent travailler à Δp constant. En effet, ils sont capables, en fonction de la typologie de l'installation, de maintenir une pression constante en fonction du débit par variation de vitesse. Un gros avantage réside dans la réduction drastique des consommations d'électricité du circulateur. Dans la plupart des cas, la combinaison des circulateurs à vitesse variable avec des vannes d'équilibrage statique est réaliste. S'il y a déjà un circulateur à vitesse variable piloté à différence de pression constante, il faudra vraisemblablement prévoir le placement de vannes de réglage, en pied de colonne/palier et/ou au niveau des radiateurs.

B. Installation avec vannes d'équilibrage statique déjà présentes

La solution à recommander est le remplacement des circulateurs à vitesse fixe par des circulateurs à vitesse variable : si les vannes d'équilibrage statique sont récentes et en bon état, on a intérêt à rééquilibrer le circuit de manière statique avec les vannes existantes et d'assurer l'équilibrage dynamique au moyen des circulateurs par l'utilisation, par exemple, d'un mode de régulation en Δp constant.

3.2.4. Méthodologie d'équilibrage dynamique

En principe, dans la plupart des cas, la vanne d'équilibrage dynamique doit être dimensionnée, choisie et réglée selon la même méthodologie que la vanne statique. Vu que les modèles de vannes d'équilibrage dynamique sont auto-adaptatives, selon les fabricants, il ne faut rien faire de plus !

3.2.5. Equipement d'équilibrage dynamique

A. Vanne d'équilibrage et de maintien de pression différentielle

Ce type de vanne, via le tube capillaire, mesure en permanence, le Δp entre le départ et le retour de la dérivation palière ou du pied de colonne et tente de maintenir en permanence cet écart de pression (écart entre A et B dans les illustrations précédentes).



Figure 13 : vanne d'équilibrage par maintien de pression différentielle (source : Caleffi)

B. Vanne d'équilibrage auto-adaptative

Certains fabricants proposent une vanne d'équilibrage auto-adaptative en lieu et place de la vanne d'équilibrage statique sur le retour des dérivations palières ou des pieds de colonne. Par l'élaboration interne complexe d'une bague spécifique, la vanne est capable dans sa plage de fonctionnement de maintenir un débit constant en auto-adaptant sa perte de charge. Attention que ce genre de vanne est très sensible à la qualité de l'eau. En fonction de l'état de corrosion, de dépôt de calcaire, ... le spécialiste jugera s'il peut opter ou pas pour ce genre de vanne d'auto-équilibrage. Il est un fait certain que la vanne auto-adaptative facilite grandement l'équilibrage dynamique des installations de chauffage. En cas de doute par rapport à la qualité de l'eau de l'installation, il est impératif de faire réaliser une analyse poussée de l'eau. C'est d'autant plus vrai que les fabricants de chaudières l'exigent de plus en plus souvent lorsqu'il est question de remplacer une ancienne chaudière par une plus moderne.



Figure 14 : vanne dynamique auto-adaptative (source Caleffi)

C. Circulateur à vitesse variable

La nouvelle génération de circulateur à vitesse variable connaît un franc succès. En effet, la technologie semble suffisamment mature pour réaliser un équilibrage hydraulique dynamique satisfaisant. Ce type de circulateur est doté d'un algorithme qui permet de fonctionner avec un delta p constant, proportionnel ou auto-adaptatif, ou encore, un delta t constant. Il est aussi capable de fixer un débit nominal à ne pas dépasser. Enfin, outre l'aspect hydraulique des choses, ce circulateur peut aussi, par l'adjonction d'une sonde de température externe placée sur le retour du circuit considéré, devenir un compteur de chaleur.

Dans des installations de complexité moyenne, ce circulateur, combiné avec des vannes d'équilibrage statique, pourrait être suffisant pour réaliser un équilibrage hydraulique dynamique correct.



Figure 15 : circulateur à vitesse variable (source : Grundfos)

4. Optimisation du confort et de la performance énergétique

4.1. Par vanne d'équilibrage

On a vu que l'optimisation du confort passait par l'équilibrage hydraulique tant statique que dynamique de manière à maintenir les débits demandés dans les différents circuits sans favoritisme pour les circuits proches de la chaufferie et sans laisser pour compte les circuits éloignés.

Le déséquilibre hydraulique entraîne aussi des destructions d'énergie directes et indirectes en considérant qu'une partie de bâtiment en surchauffe crée une augmentation des déperditions d'une part, mais aussi augmente fortement le risque que les occupants ouvrent les fenêtres pour évacuer la surchauffe.

Enfin, comme déterminé ci-avant, globalement, une installation déséquilibrée est en sur-débit ; ce qui signifie que les retours d'eau de chauffage au niveau des chaudières seront plus chauds. Dans le cas précis des chaudières à condensation, un retour chaud (au-dessus de 55°C pour le gaz et 48°C pour le mazout) empêche la chaudière de condenser et, par conséquent, d'optimiser son rendement.

Une réduction des consommations énergétiques de l'ordre de 30 % a déjà été observée grâce à l'équilibrage hydraulique des circuits.

4.2. Par circulateur à vitesse variable

La plupart des circulateurs des chaufferies existantes sont à vitesse fixe. En réalité, ils disposent souvent de 3 vitesses fixes (petite, moyenne et grande). Sans intervention manuelle, le circulateur garde sa vitesse et suit une courbe caractéristique (débit Q , hauteur manométrique H). Comme le montre l'exemple suivant, une vanne thermostatique règle le débit de chaque radiateur en fonction du besoin de chaleur local. Suivant l'ouverture de chaque vanne, le circulateur à vitesse fixe voit son point d'équilibre se déplacer sur la courbe caractéristique (Q , H), par exemple, A4 (toutes les vannes ouvertes à 100 %) à A1 (une seule vanne ouverte).

D'un point de vue énergétique, les consommations électriques des circulateurs sont proportionnelles au produit du débit et de la hauteur manométrique. Autrement dit, les surfaces de couleur sont l'image de la consommation électrique du circulateur :

- Orange, lorsque les 4 vannes sont ouvertes ;
- Verte, lorsque 3 vannes sur 4 sont fermées.

Remarque : quand les 4 vannes sont fermées, le moteur électrique se met à chauffer ; raison pour laquelle on place souvent une vanne réglable à delta de pression en bout de circuit ou en bout de collecteur.

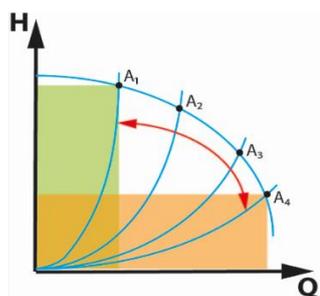
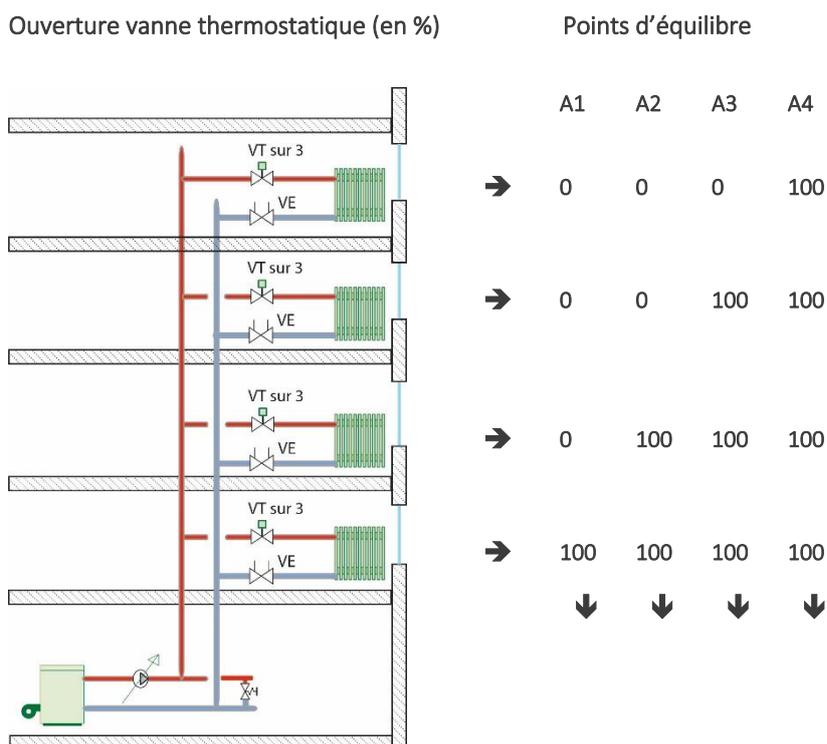


Figure 16 : Effet de la fermeture des vannes thermostatiques avec un circulateur à débit fixe

Le remplacement du circulateur à vitesse fixe par un circulateur compatible à vitesse variable doté d'un algorithme de variation de vitesse de type Δp constant, Δp proportionnel, Δt constant, ... permet souvent de réduire drastiquement les consommations d'énergie électrique. Les figures qui suivent montrent, qu'effectivement, les surfaces vertes sont nettement plus petites que les oranges.

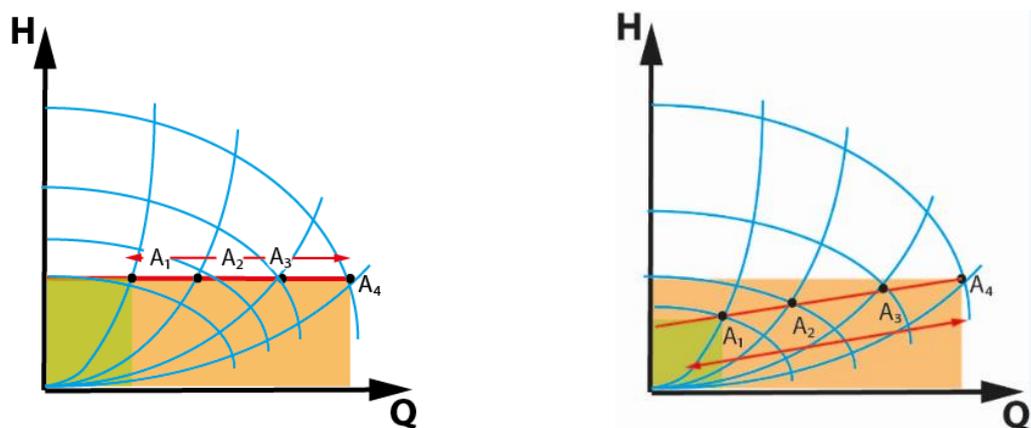


Figure 17 : régulation de la vitesse du circulateur en pression constante (à gauche) et pression proportionnelle (à droite) (source Grundfos)

5. Conclusion

Comme vous pouvez le constater, l'équilibrage hydraulique est essentiel tant d'un point de vue du confort que de l'énergie. La plupart du temps, la rénovation d'une installation de chauffage ne se résume pas au remplacement de la chaudière. Elle doit s'accompagner :

- De l'analyse de la qualité de l'eau pour évaluer le niveau de corrosion de l'installation ;
- De l'équilibrage du réseau secondaire si un déséquilibre est identifié ;
- Du placement de circulateurs à vitesse variable favorable à l'équilibrage et à la réduction des consommations électriques.



Institut de Conseil et d'Etudes en Développement Durable asbl

Boulevard Frère Orban 4
B-5000 NAMUR
00 32 81 25 04 80
www.icedd.be
icedd@icedd.be

N° registre de commerce : sans objet
N° TVA : BE0407.573.214
Représenté par : Gauthier Keutgen, Secrétaire Général
N° de compte bancaire : BE59 5230 4208 3426 / BIC TRIOBEBB