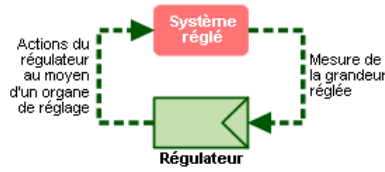




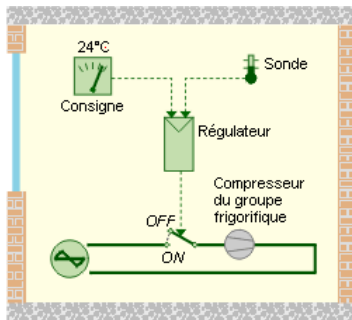
Les principes de régulation (P - PI - PID)



- La régulation par "tout ou rien" ou "On-Off"
- La régulation Proportionnelle (P)
- La régulation Proportionnelle - Intégrale (PI)
- La régulation Proportionnelle - Intégrale - Dérivée (PID)

La régulation par "tout ou rien" ou "On-Off"

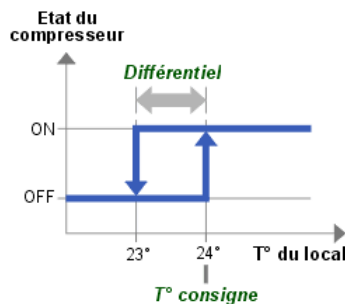
Chaque fois qu'il y a "régulation", il y a adaptation de la fourniture de chaleur aux besoins réels du bâtiment. L'existence d'une sonde, d'un capteur d'ambiance permet d'avoir le feedback de la situation et de fournir l'intensité voulue. Il y a comparaison entre la consigne attendue et la valeur atteinte et de cet écart naît une action correctrice.



Prenons l'exemple d'une régulation de la température ambiante par un groupe frigorifique. Supposons une consigne placée à 24°C.
 Si la température ambiante dépasse la valeur de consigne (24,05°C), le régulateur le détecte et ferme l'interrupteur.
 Le compresseur est enclenché à 100 % et la température du local redescend.

Si une température de 23,95°C suffisait pour arrêter le groupe frigorifique, un risque de "pompage" apparaîtrait : le compresseur passerait de "marche" à "arrêt", puis à "marche", ... avec une telle fréquence que le matériel en souffrirait. On prévoit dès lors le placement d'un différentiel, dont la valeur est réglable par le technicien.

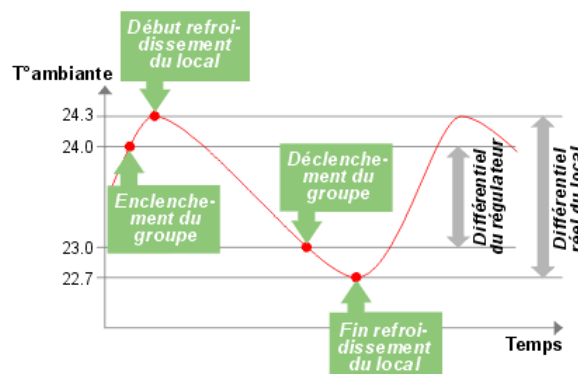
Par exemple : le compresseur s'enclenche à 24°C et s'arrête à 23°C.



Ceci se repère sur le schéma de régulation par les flèches montante (enclenchement) et descendante (déclenchement).

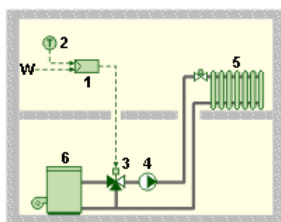
Plus le différentiel est élevé plus la machine travaillera dans de bonnes conditions (longues plages de travail propices à un bon rendement du compresseur), mais plus la température oscillera dans le local ... Ceci diminue le confort et généralement augmente la consommation (ici, la vraie température moyenne de consigne est de 23,5°).

Et ce phénomène est amplifié par l'inertie du local : le local a un temps de repos tel que le différentiel réel est peut être de 1,6°C (22,7 à 24,3°C, par exemple).



Ce différentiel dépend du type d'application. Ainsi, la régulation d'une résistance chauffante électrique peut se concevoir avec un différentiel beaucoup plus court : une résistance acceptée sans dommage une alimentation très "hachée", avec un enclenchement à 20,9° et un déclenchement à 21,1°, par exemple, pour une consigne à 21°.

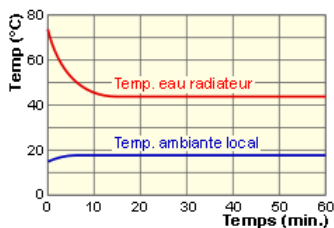
La régulation Proportionnelle (P)



Imaginons un meilleur système : une vanne 3 voies mélangeuse qui modulerait la température d'alimentation d'un radiateur pour que celui-ci reçoive la température d'eau juste nécessaire, telle que l'émission de chaleur du radiateur soit justement égale aux déperditions de la pièce. C'est dans ce cas que la température d'ambiance serait stable.

- 1 : régulateur
- 2 : sonde de température d'ambiance
- 3 : vanne 3 voies mélangeuse
- 4 : pompe de circulation
- 5 : radiateur
- 6 : chaudière

Soit une consigne fixée à 20°C. Supposons au départ une température ambiante inférieure à la consigne, il faut chauffer.



Supposons que la vanne soit toute ouverte pour 17°C (écart de 3° par rapport à la consigne). De l'eau très chaude arrive, la température ambiante monte et arrive à 18,5°. L'écart est alors de 1,5°C et la vanne n'est plus ouverte qu'à 50 %.

Hélas, arrivée à 19°C, plus rien ne bouge : la température du local est stabilisée et l'ouverture de la vanne aussi : elle est ouverte au tiers de sa valeur maximale.

Pourquoi ?

Avec une ouverture au tiers, elle fournit de l'eau à une température telle que l'émission du radiateur compense exactement les pertes du local. La température reste à 19°C, l'écart reste de 1°C par rapport à la consigne, et cet écart entraîne 33 % d'ouverture ! Tout est stable et le restera.

Il est d'ailleurs impossible que l'on atteigne les 20°C souhaités ! Si c'était le cas, l'écart serait nul, la vanne serait fermée, le local se refroidirait puisque les déperditions continuent, . donc l'écart ne resterait pas nul !

C'est le problème d'une régulation proportionnelle à l'écart par rapport à la consigne : puisqu'il faut du chauffage, il faut que la vanne soit ouverte, il faut donc qu'un écart subsiste. La température se stabilisera sur 19°C, au lieu des 20°C demandés.

Ne pourrait-on "tricher" sur la consigne ?

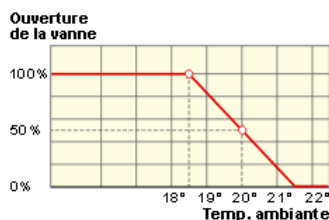
Pourquoi ne pas indiquer 19° sur le régulateur au lieu de 20°C ? Hélas non : imaginons qu'il fasse - 10°C à l'extérieur, le chauffage aura besoin de toute la puissance de chauffe, la vanne devra être ouverte à 100 %. la température ambiante va donc se stabiliser sur 17°C . Il faudrait donc adapter l'indication du régulateur en fonction de la température extérieure, ce qui est impossible.



On comprend pourquoi les constructeurs de vannes thermostatiques n'indiquent pas la température de consigne mais bien des chiffres 1-2-3-4-5 : le fonctionnement d'une vanne thermostatique répond à une régulation proportionnelle.

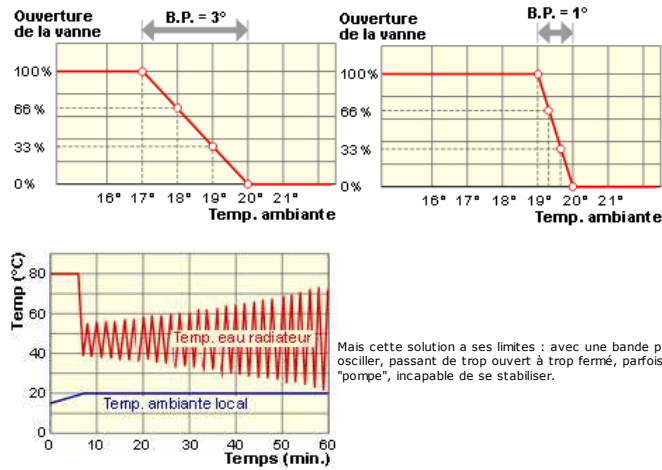
Si l'il fait froid, si la température de consigne n'est pas atteinte, la poche de gel de la vanne va se contracter et de l'eau alimentera le radiateur. Puisque le local perd de la chaleur, la vanne devra rester ouverte en permanence.

De combien devra-t-elle être ouverte ? Le constructeur ne pourrait le dire puisqu'elle dépend de l'importance des déperditions et donc de la température extérieure. Il a seulement pu intelligemment améliorer quelque peu la régulation proportionnelle en plaçant la consigne au milieu de la page d'ouverture : la valeur de la consigne est réglée pour une ouverture est de 50 %. L'écart à la consigne est ainsi diminué en moyenne.



Nouvelle idée : ne pourrait-on pas diminuer la plage de température qui génère l'ouverture de la vanne ?

En reprenant la situation de la page précédente, si la vanne était 100 % ouverte en dessous de 19°C, elle se stabiliserait à 33 % de sa valeur pour une température ambiante de 19, 66°C. C'est effectivement une possibilité : on dit que l'on réduit **la bande proportionnelle** de 3 à 1°C.



Mais cette solution a ses limites : avec une bande proportionnelle trop courte, le système va se mettre à osciller, passant de trop ouvert à trop fermé, parfois sans pouvoir se stabiliser. On dit que le système "pompe", incapable de se stabiliser.

Calculs Pour vous convaincre de tout ceci, utilisez le [petit logiciel établi sur Excell](#) et testez diverses valeurs pour vous familiariser avec cette régulation proportionnelle présente dans tout le monde de la technique.

Même une chasse de WC est un régulateur proportionnel : le débit d'eau est admis lorsque le flotteur descend, lorsqu'un écart existe par rapport à la consigne de niveau d'eau.

Chance : sauf une fuite permanente, les pertes du système sont nulles la plupart du temps car le flotteur se stabilise sur le niveau demandé !

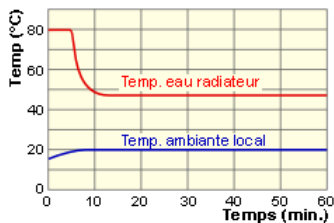
La régulation Proportionnelle - Intégrale (PI)

En agissant avec une force proportionnelle à l'écart entre l'ambiance et la consigne, un écart subsiste en permanence. On décide dès lors que la force d'intervention aura deux composantes. La première, c'est la force proportionnelle à l'écart, comme dans la première solution ci-dessus. Mais une deuxième force la complète : une force proportionnelle à l'intégration de l'écart dans le temps, c'est-à-dire proportionnelle à la somme de tous les écarts mesurés en permanence.

Si la température se stabilise à 19°C, de par la composante proportionnelle, un écart de 1°C subsiste. Tous les "pas de temps", le régulateur va mesurer cet écart et l'additionner à la valeur d'une case "mémoire". L'ouverture de la vanne sera donnée par la somme des 2 composantes. Tant que la consigne ne sera pas atteinte, la composante Intégrale augmentera, la vanne s'ouvrira un peu plus, jusqu'à atteindre cette fois la consigne.

Une fois celle-ci atteinte, l'écart est nul et la composante intégrale n'est plus modifiée (puisqu'elle additionne une valeur "0"). Si la consigne est dépassée, l'écart sera négatif et la composante intégrale diminuera.

Dans le fond, cette composante intégrale ne pourrait-elle travailler seule ? Non, elle est trop lente pour réagir efficacement à des variations de la demande thermique. Il faudrait diminuer son pas de temps (diminuer le "temps d'intégration") mais alors à nouveau le système devient instable.



C'est bien le mariage des 2 actions (P et I) qui est le plus adéquat pour répondre à la demande : la composante P fait le gros du travail, puis la composante I affine dans le temps. C'est le mode de régulation souvent rencontré dans les systèmes thermiques à eau.

A nouveau le logiciel peut vous permettre de tester la régulation I et PI avec diverses valeurs des paramètres de réglage.

La régulation Proportionnelle - Intégrale - Dérivée (PID)

Dans les installations de conditionnement d'air, le fluide à réguler peut être de l'air. Or, n'ayant que peu de capacité thermique, l'air verra sa température varier très rapidement en fonction de la position de la vanne de réglage. Il faut donc ajouter une 3ème composante à la grandeur de réglage : une force dont la valeur est d'autant plus grande que l'écart varie rapidement, c'est-à-dire d'autant plus grande que la "dérivée" de l'écart par rapport au temps est élevée.

La valeur de la "grandeur réglée", la température de l'eau de radiateur (ou ici l'ouverture de la vanne) sera le résultat d'une addition de 3 grandeurs : une composante proportionnelle à l'écart existant (P), une composante proportionnelle à l'intégrale de l'écart dans le temps (I) et une composante proportionnelle à la dérivée de l'écart (D).

Reste à affiner les bandes proportionnelles, temps d'intégration et temps de dérivation pour adapter l'importance respective de ces 3 composantes. C'est le travail du "metteur au point" de l'installation de régulation qui affine les valeurs de base réglées d'usine.

DGO4 · Architecture et Climat · Avertissements et copyrights · Une remarque ?