

Introduction à la « Technologie de Mesure, de Commande et de Régulation »

Classification de la Technique MCT

L'abréviation MCT a été utilisée par les spécialistes de la technologie de commande et de régulation pendant des décennies, bien avant l'ère de l'ordinateur. MCT a désormais pris une nouvelle signification avec le développement de l'automatisation du bâtiment à l'aide de la technique de commande et de régulation numérique (DDC). Les systèmes d'automatisation des bâtiments sans DDC faisaient partie auparavant du domaine de responsabilité du planificateur en électricité, alors que la technologie de mesure et de régulation appartenait à la technologie de chauffage et de climatisation.

A l'état de développement et au potentiel de marché actuels de la technique de contrôle des bâtiments, un domaine de planification indépendant et interdisciplinaire pour la technique de mesure, de commande, de régulation et de contrôle s'impose. De plus en plus de planificateurs en MCT offrent leurs services pour la planification de la commande, la régulation, la gestion, et l'optimisation de la consommation d'énergie de toutes les installations du bâtiment.

Que signifie mesurer ?

Mesurer signifie relever une quantité physique (telle que la température, l'humidité, la pression, etc.) à l'aide d'un appareil de mesure approprié et l'indiquer comme une grandeur connue et comparable ou la convertir en un signal standard DC 0...10 V, 0...20 mA. Un tel signal standard peut être enregistré comme une valeur de mesure sur un enregistreur de valeur de mesure, indiqué sur un indicateur à distance, ou lu dans un système d'enregistrement de données de mesure (fig. 8-1).

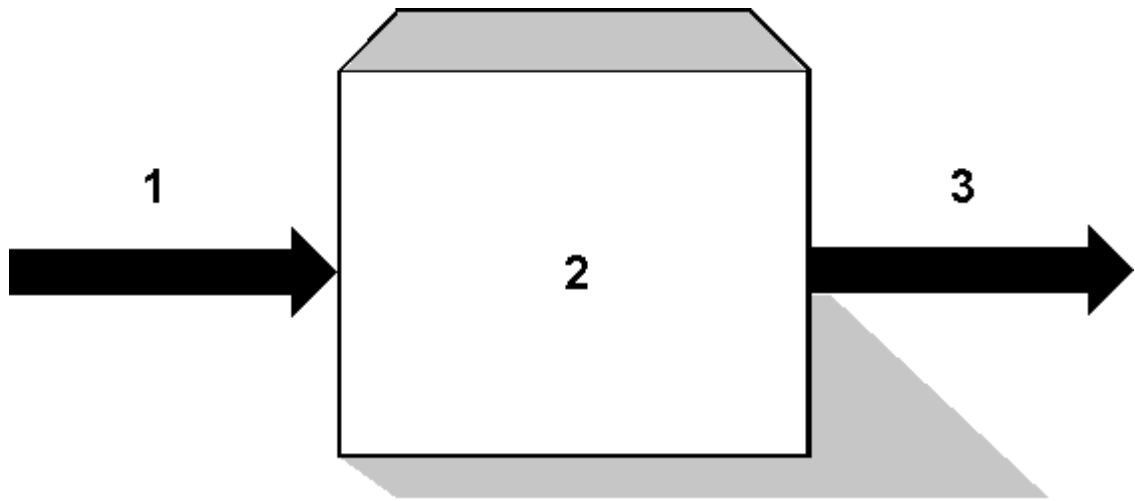


Fig. 1 Processus de principe de la mesure

Qu'est-ce que la commande ?

Si dans une pièce, un appareil de chauffage électrique muni par exemple d'un relais à trois étages est commuté sur la position 1, alors une certaine température ambiante en résultera. Si l'appareil de chauffage est commuté sur la position 2 ou 3, alors on obtient une autre température correspondante plus élevée, conditions momentanées de l'environnement. Plus la température extérieure est froide, plus le rendement de l'appareil de chauffage doit être élevé, pièce suffisamment chaude.

Si la pièce est chauffée par un système de chauffage à eau chaude, par ex. chauffée par des radiateurs, la température du radiateur doit être d'autant plus élevée que la température extérieure est basse. Une commande automatique peut assumer la tâche d'ouvrir ou de fermer la vanne du radiateur selon la température (Fig 8-2).

L'appareil de commande 2 devrait dans ce cas calculer le réglage de la vanne à l'aide de la valeur de mesure 1 de la température extérieure et envoyer la commande correspondant au servomoteur 3 de la vanne du radiateur.

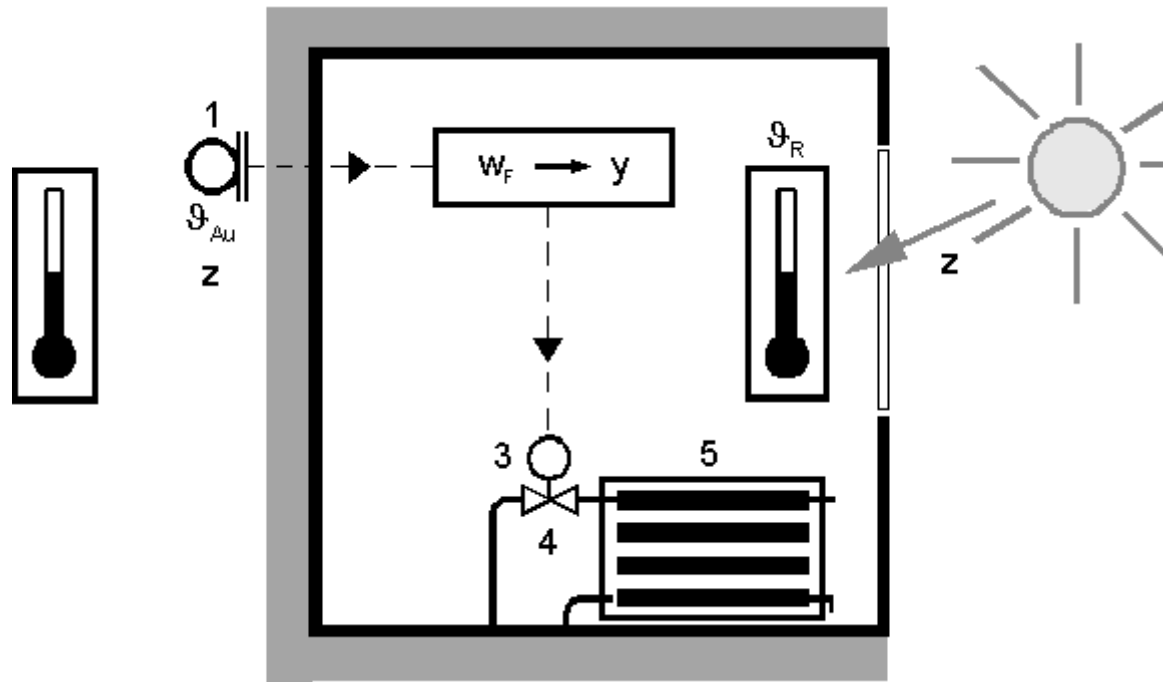


Fig.8-2 Exemple de commande automatique

- 1 Sonde de température extérieure
- 2 Appareil de commande
- 3 Vanne du radiateur
- 4 Radiateur

L'unité de commande ne se règle que sur la température extérieure et ne reçoit aucun message de retour de la température ambiante actuelle. Ainsi, si la température ambiante, la vanne du radiateur sera réglée exactement de la même façon, indépendamment du fait que le soleil donne dans la pièce ou non, qu'il y a beaucoup ou peu de personnes séjournant là. Cette commande ne permet donc pas de maintenir la température ambiante à une valeur constante, mais seulement à une certaine plage.

Qu'est-ce qu'une régulation ?

Les processus de régulation n'apparaissent pas seulement en technologie, mais aussi dans la nature et dans notre vie de tous les jours. Le point de départ est toujours un certain état souhaité ou cible que l'on compare avec l'état actuel. S'il n'y a pas de différence entre ces deux valeurs, alors la situation est satisfaisante et il n'y a pas de raison de changer l'état actuel. Si cependant il y a une différence, alors nous cherchons des moyens de la supprimer.

Exemple :

Une personne se trouvant dans une pièce (Fig. 3) désire une température ambiante de 20°C. A l'aide d'un thermomètre, la personne constate que la température ambiante actuelle est de 24°C.

Le problème se situe donc dans la différence entre la température actuelle ($x = 24^\circ\text{C}$) et la température souhaitée ou cible ($w = 20^\circ\text{C}$). Dans ce cas, la différence s'élève à $x - w = 24 - 20 = +4$ Kelvin. Afin de pouvoir corriger la température trop élevée à la valeur désirée de 20 °C, la personne a besoin de savoir réduire l'émission de chaleur du radiateur à l'aide d'une vanne manuelle, et aussi de savoir si la vanne doit être ouverte ou fermée. Après qu'elle a tourné quelque peu la vanne, elle observe le thermomètre de nouveau. Elle règle la vanne du radiateur jusqu'à ce que la température souhaitée de 20°C soit atteinte.

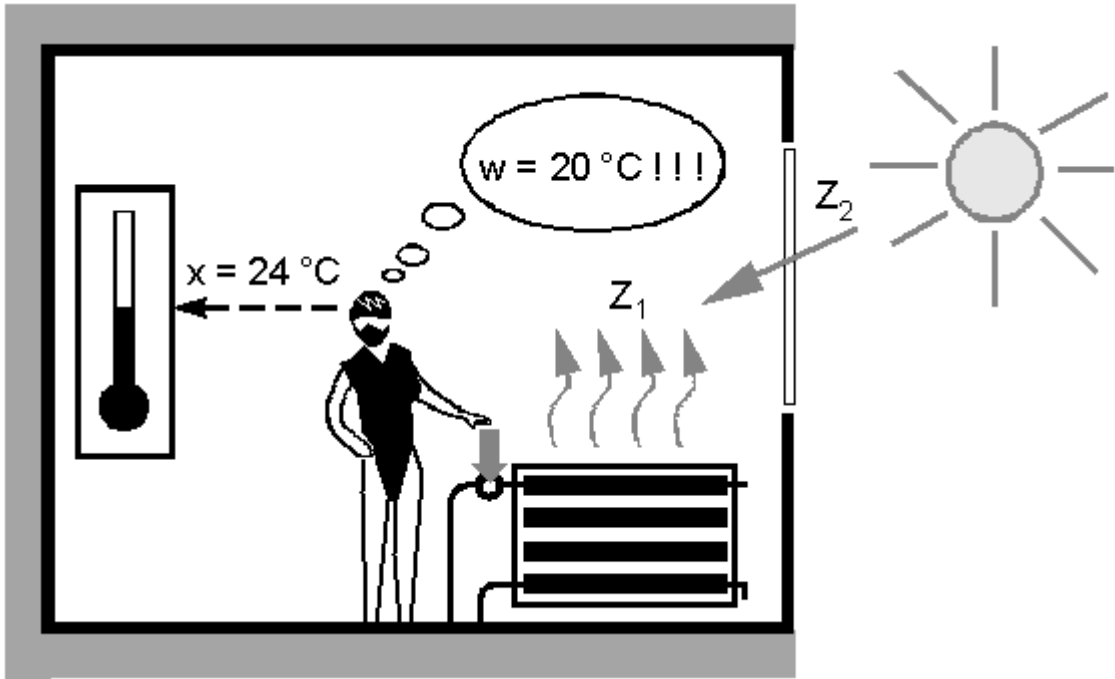


Fig. 8-3 Exemple de régulation manuelle

W Température souhaitée

x Température ambiante

Z Rayonnement solaire

Ce processus de régulation exécuté par une personne représente un circuit fermé : la personne lit la température ambiante x sur le thermomètre, la compare avec la valeur souhaitée w stockée dans sa tête, détermine la différence et pense à la façon de la corriger. Elle effectue ensuite la correction sur la position de la vanne, la température ambiante change et peut être lue de nouveau.

Dans le cas d'une régulation automatique (fig. 8-4), les tâches de mesure, comparaison et correction sont effectuées par un appareil de commande. Une sonde 1 mesure la température ambiante x et transmet l'information à l'appareil de commande 2. Cet appareil de commande compare la valeur de mesure avec la valeur de consigne w et envoie le signal de commande correspondant à la vanne du radiateur. Le nouveau réglage de la vanne provoque un changement de la température ambiante, qui est de nouveau détecté par la sonde et le processus se répète. Le circuit est ainsi fermé.

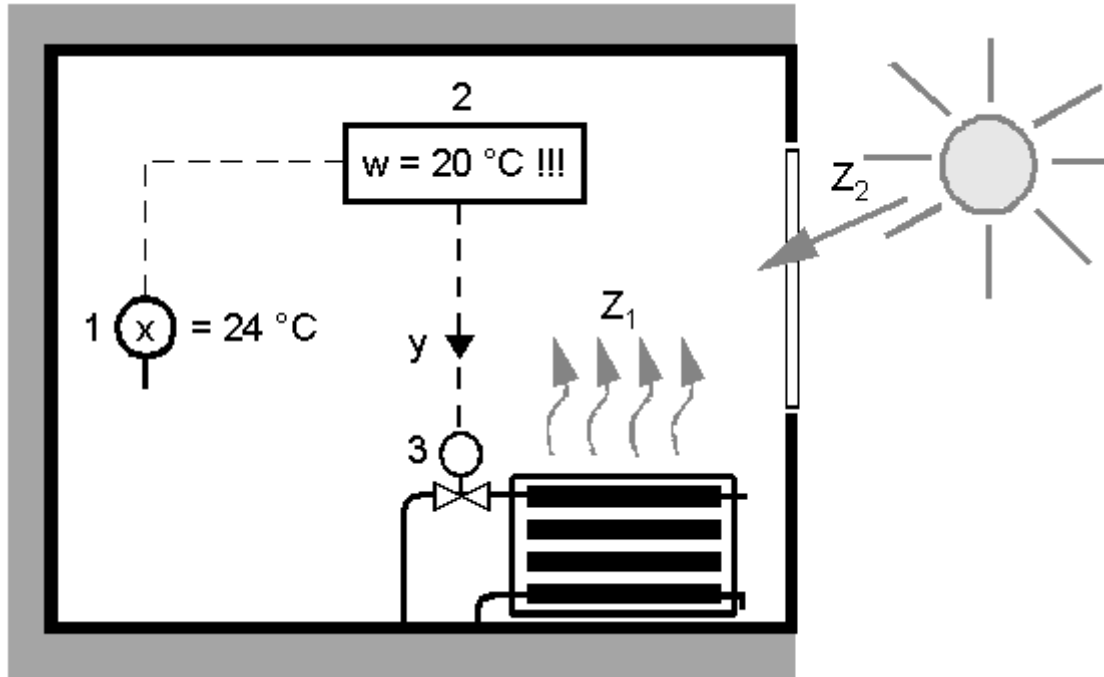


Fig. 8-4 Exemple de commande automatique

1 Sonde de température ambiante

2 Appareil de commande

3 Vanne du radiateur

Z Rayonnement solaire

Dans le circuit de commande, chaque variation de réglage est détectée par la sonde de la température ambiante. Si la température ambiante augmente à cause de « grandeurs perturbatrices » (Z) comme le rayonnement solaire, les appareils électroménagers ou des personnes supplémentaires, la vanne de chaud est fermée jusqu'à ce que la température de la valeur de consigne souhaitée soit de nouveau atteinte.

Comparaison commande et régulation

La différence principale entre la commande et la régulation peut être illustrée à l'aide d'un exemple de mélange d'air extérieur / air repris. La Fig. 8-5 montre la commande de l'air extérieur à l'aide de la température de l'air extérieur. Chaque température de l'air extérieur mesurée par la sonde 1 correspond à une certaine position du clapet commandée par l'appareil de commande 2. La température de l'air de mélange se règle proportionnellement, mais n'est pas re-communicuée à l'appareil de commande. C'est un circuit ouvert.

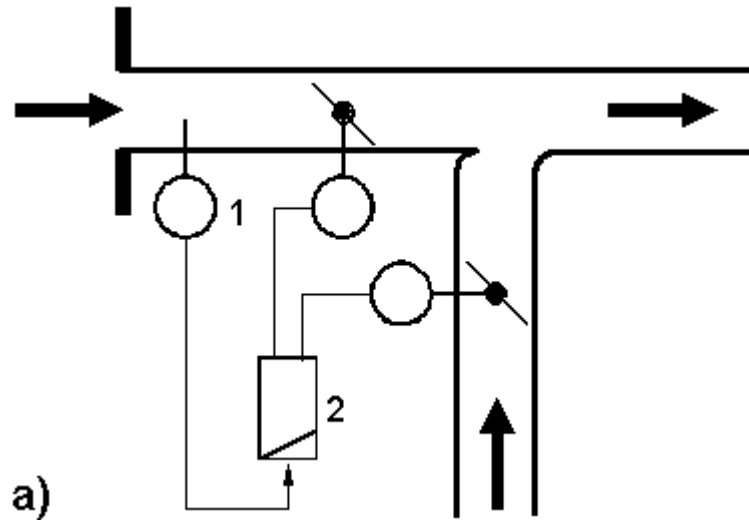


Fig.8-5 Commande de la température d'air de mélange

- 1 Sonde de température extérieure
- 2 Appareil de commande

La Fig 8-6 montre la même configuration air extérieur / air repris qu'en Fig 8-5, mais en tant que circuit de régulation. La valeur de consigne w de la température d'air de mélange est réglée sur le régulateur 4. La valeur de mesure de la sonde 3 est comparée avec la valeur de consigne à l'entrée du régulateur. S'il y a une différence, le réglage du clapet est modifié par le régulateur jusqu'à ce que la température de l'air de mélange corresponde à la valeur de consigne réglée. C'est un circuit fermé.

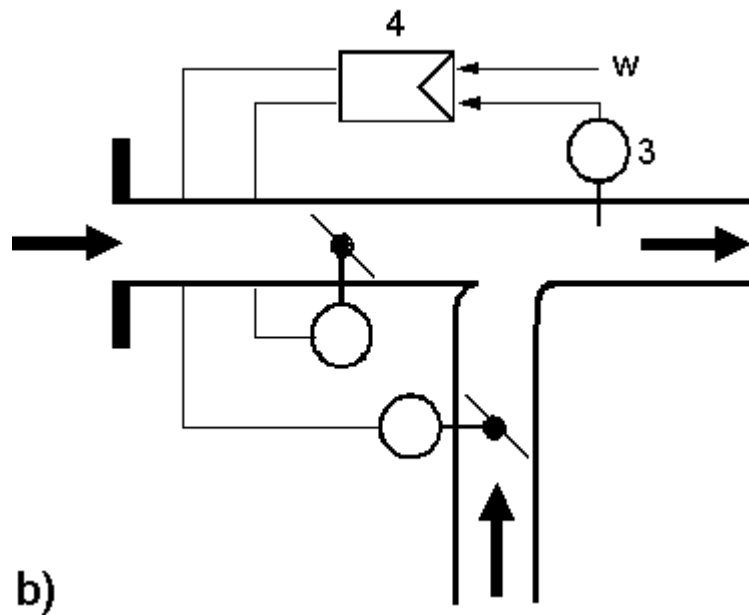


fig. 8-6 Régulation de la température d'air de mélange

- 3 Sonde de température de mélange
- 4 Régulateur

w Valeur de consigne de température de mélange

Exemple : Commande et Régulation d'une installation de chauffage

L'installation de régulation du chauffage la plus utilisée dans la construction de logements est la régulation de la température de départ selon la température extérieure. Il s'agit d'une combinaison de commande et de régulation. La fig. 8-7 montre le schéma de cette combinaison.

Commande

Dans la fig. 8-7, la sonde de température extérieure 1 envoie son signal de mesure à l'appareil de commande 2. A l'aide d'une courbe de chauffage programmée, il calcule la température de départ de l'eau chaude requise pour atteindre une température ambiante minimale de par exemple 20°C pour la température extérieure momentanée donnée. Il envoie ensuite la valeur de consigne correspondante au régulateur 3 de la température de départ. Une température ambiante d'au moins 20°C est ensuite réglée qui n'est plus mesurée par aucune sonde et qui n'est plus corrigée par aucun régulateur. La température ambiante peut donc changer à partir de la valeur calculée par l'appareil de commande, elle peut par exemple augmenter à cause du rayonnement solaire, des appareils électriques ou de personnes supplémentaires présentes dans la pièce ou diminuer quand une fenêtre est ouverte. C'est une commande de la température ambiante en circuit ouvert.

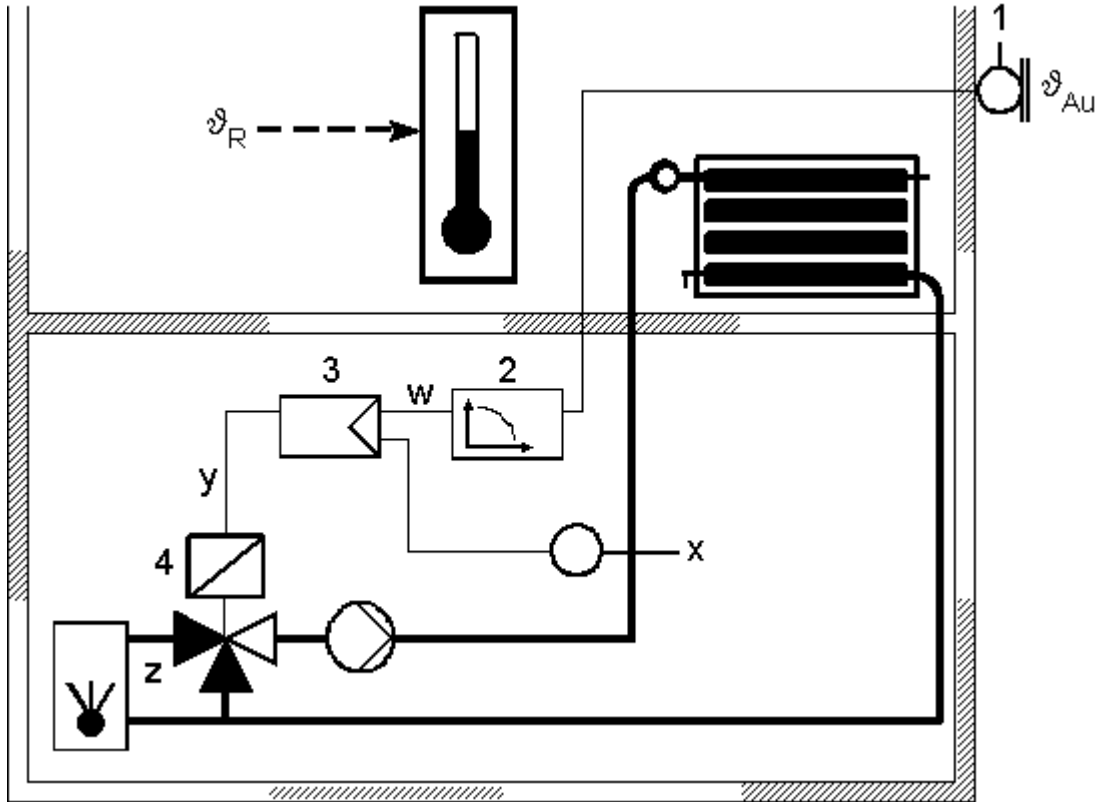


fig. 8-7 Régulation de la température de départ selon la température extérieure

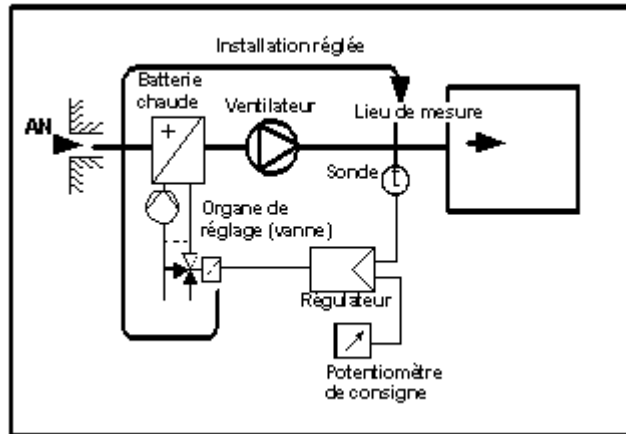
- 1 Sonde de température extérieure
- 2 Appareil de commande avec courbe de chauffage
- 3 Régulateur
- 4 Vanne mélangeuse
- 5 Sonde de température de départ

La situation est différente pour la régulation. Comme nous l'avons déjà expliqué, l'appareil de commande 2 calcule la valeur de consigne w pour le régulateur de la température de départ 3. Le régulateur compare la valeur actuelle mesurée x de la sonde de température de départ 5 avec la valeur de consigne w . Il calcule ensuite le signal de réglage y sur base de la différence $(x-w)$. Le servomoteur 4 règle la vanne mélangeuse de manière à ce que la température de départ corresponde à la valeur de consigne. Comme la température de départ est mesurée en permanence et que la valeur de mesure est renvoyée au régulateur, il s'agit d'un circuit fermé et donc d'une régulation de la température de départ.

Régulation

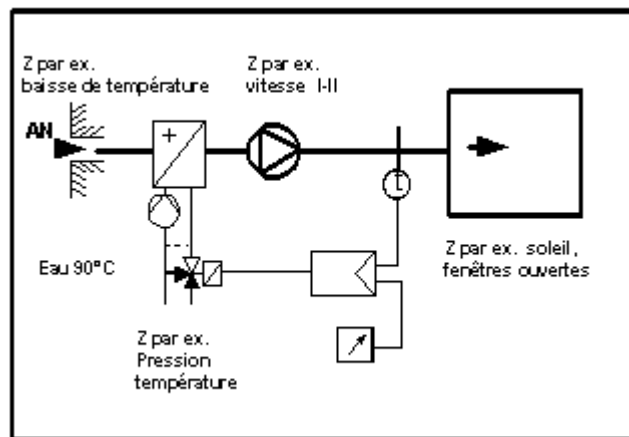
La régulation est un procédé au cours duquel une grandeur physique déterminée, la grandeur de réglage x , est relevée en permanence et, par comparaison avec une autre grandeur, la consigne x_w est réglée pour se rapprocher de cette grandeur. Le processus nécessaire s'effectue en boucle fermée, la [boucle de réglage](#).

L'[installation réglée](#) est la partie de la boucle de réglage dans laquelle la grandeur réglée est influencée. Elle commence à l'endroit de réglage où l'organe de réglage intervient et se termine à l'endroit de mesure où la grandeur réglée est mesurée.



[Le système de réglage](#) se compose de la sonde, du régulateur et de l'organe de réglage. Il est la partie de la boucle de réglage qui agit sur l'installation.

[Les grandeurs perturbatrices z](#) sont des grandeurs de l'extérieur agissant sur la boucle de réglage, dans la mesure où elles modifient la régulation prévue.



[La grandeur de référence W](#) est une grandeur apportée de l'extérieur à la boucle de réglage. Elle détermine dans le système de réglage la consigne à respecter de la grandeur réglée et peut être constante ou bien avoir une valeur dépendante du temps ou d'autres grandeurs (consigne de jour/nuit). La grandeur de référence et la grandeur perturbatrice agissent ainsi de l'extérieur sur la boucle de réglage.

[La grandeur de réglage X](#) est la grandeur dans l'installation réglée qui est relevée pour le réglage et est amenée à l'installation réglée. Elle est aussi la grandeur de sortie de la boucle de réglage.

[La consigne Xs](#) est la valeur que doit avoir une grandeur dans une période considérée dans des conditions déterminées.

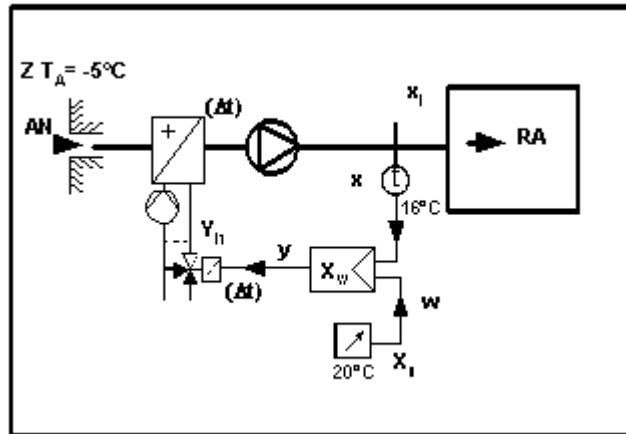
[La valeur réelle Xi](#) est la valeur qu'une grandeur a effectivement dans une période considérée.

[La différence de réglage Xw](#) est la différence entre la consigne Xs et la valeur réelle Xi.

[La grandeur de réglage Y](#) est la grandeur de sortie du système de réglage et aussi la grandeur d'entrée de l'installation réglée.

[La plage de réglage Yh](#) est la plage à l'intérieur de laquelle la grandeur de réglage est réglable.

Le schéma de principe suivant d'une "simple" installation d'air soufflé éclaircit la signification de ces termes:



L'air extérieur froid de température Z est aspiré par le ventilateur dans la gaine, il traverse la batterie d'eau chaude commandée par la vanne, se réchauffe de la différence de température Δt et parvient dans le local avec la température X_i . La valeur réelle X_i relevée par la sonde de gaine et la consigne X_s réglée au potentiomètre donnent les informations d'entrée pour le régulateur. Le signal de sortie Y du régulateur détermine alors la position de la vanne

Les grandeurs réglées:

Grandeur de référence	W
Grandeur perturbatrice	Z
Grandeur réglée	X
Consigne	X_s
Valeur réelle	X_i
Écart de réglage	X_w
Grandeur de réglage	Y
Plage de réglage	Y_h
Différence de température	Δt

Technique de gestion des bâtiments

La Gestion du Bâtiment est la gestion, la surveillance et l'optimisation de la technique du bâtiment à l'aide d'un système d'automatisation du bâtiment supporté par un ordinateur. De tels systèmes d'automatisation du bâtiment sont installés dans de grands bâtiments de bureaux, des centres commerciaux, des hôpitaux, des halls de gare, des aéroports, etc. Dans ces systèmes, les installations de technique du bâtiment s'influencent l'une l'autre et offrent donc des possibilités pour l'optimisation du fonctionnement et de l'énergie.

Des systèmes modernes de gestion interviennent dans la technologie de mesure, de commande et de régulation de ces installations, où sont effectuées des fonctions complexes de commande et de régulation à l'aide d'une technologie numérique que l'on peut programmer librement (DDC = Direct Digital Control).

Le matériel d'un système d'automatisation des bâtiments est structuré hiérarchiquement (Fig 8-8) sur trois niveaux minimum: gestion, automatisation, terrain :

Le niveau de gestion

Le niveau de gestion comprend un ordinateur central et les appareils d'entrée et de sortie requis pour le fonctionnement et la surveillance, tels que les terminaux à écran couleur pour les images actualisées de l'installation et les imprimantes de rapport et imprimantes graphiques. Ce niveau commande, surveille et coordonne les niveaux hiérarchiques inférieurs et assume ainsi des fonctions comme :

- la commutation de groupes d'installations selon le programme horaire
- la production des messages de service, de dysfonctionnement et d'alarme
- l'optimisation de la consommation d'énergie

- l'analyse et la visualisation des données de mesure et de fonctionnement.

Ce traitement des données donne par exemple des données de consommation d'énergie, des statistiques de dysfonctionnements ou des informations requises pour la gestion de la maintenance.

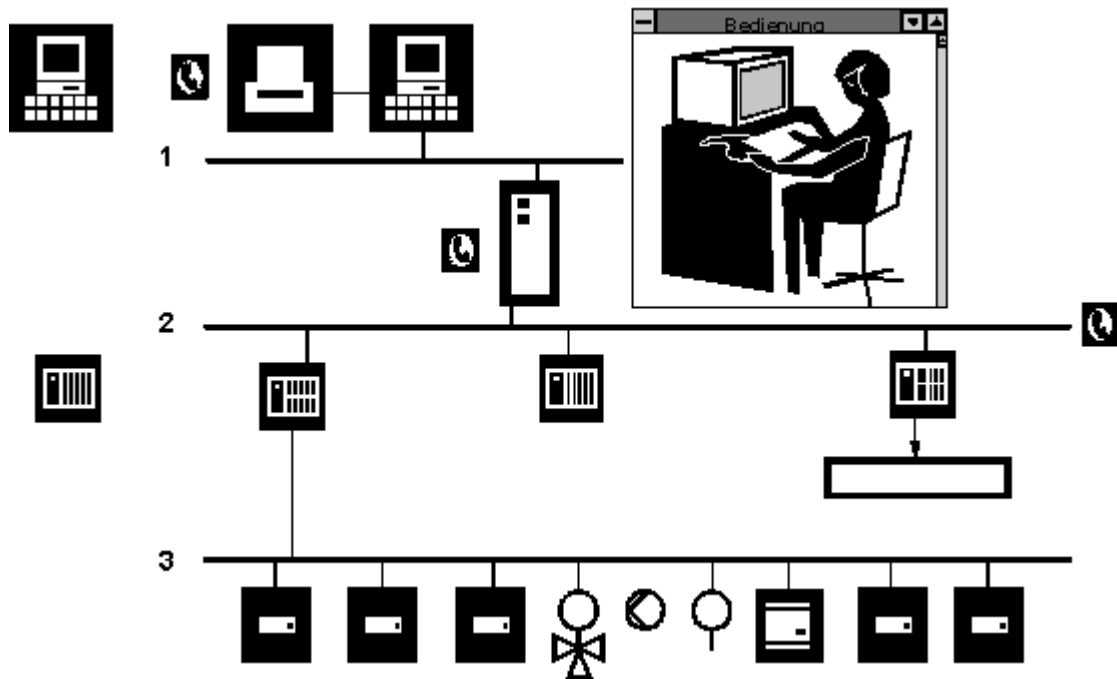


fig. 8-8 Structure hiérarchique d'un système d'automatisation du bâtiment

Le niveau d'automatisation

Le deuxième niveau, le niveau d'automatisation, commande, régule et surveille des installations techniques du bâtiment ou de la maison. Ces dernières fonctionnent de façon autonome dans une large mesure de manière à ce qu'en cas de dysfonctionnement du niveau de gestion, les installations puissent continuer à fonctionner sans perturbations.

Les fonctions d'optimisation du système ne sont plus efficaces dans un tel cas. Le matériel du niveau d'automatisation est généralement situé dans une armoire de commande de l'installation concernée et dispose d'éléments de commande manuelle plus ou moins confortables. Les appareils modulaires d'entrée/sortie (modules I/O) forment l'interface de communication entre les ordinateurs du processus du niveau d'automatisation et les appareils de mesure, de réglage et de signalisation des installations. Les signaux d'entrée/sortie (I/O) sont traités par les ordinateurs et sont seulement transmis au niveau de gestion en cas de besoin. Les signaux binaires (ex. : entrée/sortie, haut/bas) peuvent être directement traités, les signaux analogiques (ex. : résistance électrique, tension, courant ou pression) doivent d'abord être convertis en signaux numériques à l'aide de convertisseurs analogique-numérique (A/D).

Le niveau du terrain

Le troisième niveau, le niveau du terrain, comprend les appareils de mesure, de réglage, de commutation et de signalisation dans les installations techniques du bâtiment comme dans les circuits de régulation d'une pièce individuelle ou d'une zone. Dans les installations techniques du bâtiment, les états actuels de fonctionnement sont relevés par des sondes et sont modifiés par des servomoteurs. Concrètement, cela implique :

- l'enregistrement de valeurs de mesure comme la température, la pression, les flux volumiques, l'humidité ou les impulsions de comptage (sondes)
- la commutation des moteurs et des registres de chauffage électriques (servomoteurs)
- le message de retour des réglages de commutation des appareils de surveillance (sondes)
- le réglage des vannes et des servomoteurs rotatifs (servomoteurs).

Le niveau du terrain comprend aussi les installations techniques de la maison dans les pièces où les températures des pièces individuelles ou des zones sont réglées par un accès de réglage direct des régulateurs aux vannes des radiateurs, aux vannes d'eau chaude ou froide dans les ventilo-convecteurs ou les éjecto-convecteurs, les régulateurs de flux volumique dans les systèmes VVS ou les registres de mélange dans des boîtes de mélange à deux canalisations. Le système de gestion du bâtiment peut régler à distance les valeurs de consigne de centaines de circuits de régulation ou interroger des grandeurs de réglage et à partir de cela – afin de conduire la charge du générateur de chaud et de froid – transmettre l'état général de la charge des

installations HVAC.

L'échange de données au sein du système de gestion s'effectue par un bus de données spécifique au système. Selon la taille du système, la vitesse de transmission requise, l'extensibilité, ou la sécurité de fonctionnement, différentes structures peuvent être sélectionnées, comme la structure en ligne, en étoile, en anneau ou en arbre. Les principes suivants s'appliquent à l'échange de données :

- L'échange de données peut s'effectuer horizontalement (au sein du niveau) ou verticalement (entre les niveaux).
- Chaque niveau traite les données qui lui sont attribuées.
- Les données qui doivent être transmises à des niveaux supérieurs devraient d'abord être réduites ou comprimées à l'essentiel.

Le respect permanent de ces principes garantit qu'aucun niveau ne soit surchargé avec des données d'un autre niveau.

Une telle surcharge entraînerait inévitablement des temps de traitement et de réaction

Le système de réglage

Le système de réglage est composé de sondes, régulateurs et organes de réglage

Sondes

Les sondes relèvent l'état de la grandeur réglée ou de la grandeur perturbatrice (température, pression, humidité, concentrations de gaz, luminosité, rayonnement de chaleur, niveau de bruit, etc.) et transmettent un signal correspondant au régulateur. Une vue d'ensemble des types de sondes de température est donnée ci-dessous. On peut également consulter les ouvrages spécialisés pour les autres types de sonde.

Sondes de température : types

Les sondes de température mécaniques font partie d'un thermostat ou d'un régulateur progressif (p ex robinet thermostatique). Elles utilisent une des propriétés physiques des variations de température, à savoir la dilatation d'un matériau qui peut être:

- un tube métallique (thermostat à tube invar)
- un bilame (thermostat à bilame)
- un système rempli de gaz, de liquide ou de "pâte" (robinet thermostatique, thermostat à tube capillaire, vanne d'expansion d'un cycle frigorifique, régulation pneumatique).

L'élément de mesure ferme un contact électronique ou exerce une force pour actionner l'organe de réglage ou l'amplificateur de mesure. Les sondes électriques de température font partie d'un système de réglage électrique.

- Sonde de température à résistance: un fil en nickel ou en platine modifie sa résistance électrique en fonction de la température
- Sondes à thermistance réalisées à partir de matériaux semi-conducteurs: on distingue les résistances à coefficient de température négative (CTN) et positives (CTP).
- Thermocouples: deux fils composés de métaux différents, soudés entre eux produisent une tension électrique dépendante de la température.

Nous décrivons maintenant de façon plus détaillée les sondes électriques de température courantes dans la technique de chauffage.

Sonde de température ambiante

Une sonde d'ambiance relève la température dans un local pilote, représentatif des locaux chauffés de l'immeuble

Sonde extérieure

Une sonde extérieure relève la température de l'air extérieure et partiellement les influences de la température des parois, du vent et de l'ensoleillement. Attention : si l'on couvre le couvercle d'une autre couleur, on modifie la proportion de l'influence du

soleil!. On peut utiliser volontairement cet effet.

Sonde de température de gaine

Il existe des sondes à plongeur, qui se montent dans un tube de protection soudé, appelé aussi "doigt de gant", ainsi que des sondes d'applique qui peuvent être placées sans soudage et qui mesurent la température de la surface du tube.

Bien placer les sondes d'ambiance et extérieure

La sonde d'ambiance est montée à un endroit adéquat à environ 1,5 m au-dessus du sol.

Les endroits suivants ne conviennent pas

- à côté d'un appareil de chauffage
- près d'une cheminée
- sur un mur extérieur
- à côté d'une fenêtre
- au-dessus de grands meubles
- recouvert par des meubles ou des rideaux
- exposé à un ensoleillement direct.

L'emplacement de la ou des sondes extérieures dépend du nombre de circuits de chauffage, de la nature des robinets de radiateurs et du système de chauffage. En général, la ou les sondes doivent être montées à hauteur moyenne pour des bâtiments élevés, à au moins 2,5 ... 3 m au-dessus du sol pour des bâtiments peu élevés. Il faut contrôler périodiquement que les sondes avec une exposition au soleil ou au vent ne soient pas recouvertes ou ombragées par des plantes ou des arbres, auquel cas il faut les déplacer.

Régulateurs

Le régulateur reçoit les signaux de la sonde de mesure, les compare à la grandeur de référence et retransmet les signaux pour la grandeur de réglage à l'organe de réglage. L'ensemble du système de réglage - sonde, régulateur et servomoteur - est rassemblé en une unité et est également appelé régulateur dans le langage courant.

Division du système de réglage

Selon la grandeur de réglage: il y a des régulateurs de température, de pression, de débit, d'humidité et de niveau d'eau.

Selon l'énergie utilisée pour le positionnement:

- les régulateurs sans énergie auxiliaire tirent l'énergie pour actionner l'organe de réglage de l'installation réglée (p.ex. vannes thermostatiques)
- les systèmes de réglage avec énergie auxiliaire utilisent une source d'énergie extérieure pour actionner l'organe de réglage.

Il existe :

- a) des systèmes de réglage électriques
- b) des systèmes de réglage pneumatiques avec air comprimé comme énergie auxiliaire.
- c) des systèmes de réglage électro-pneumatiques mesurant électriquement la grandeur réglée, amplifiant électroniquement la valeur de mesure et actionnant pneumatiquement l'organe de réglage des systèmes de réglage électro-hydrauliques utilisant de l'huile hydraulique pour actionner l'organe de réglage, des systèmes de réglage électromagnétiques, électromoteurs ou électro-thermiques.

Selon le comportement de réglage:

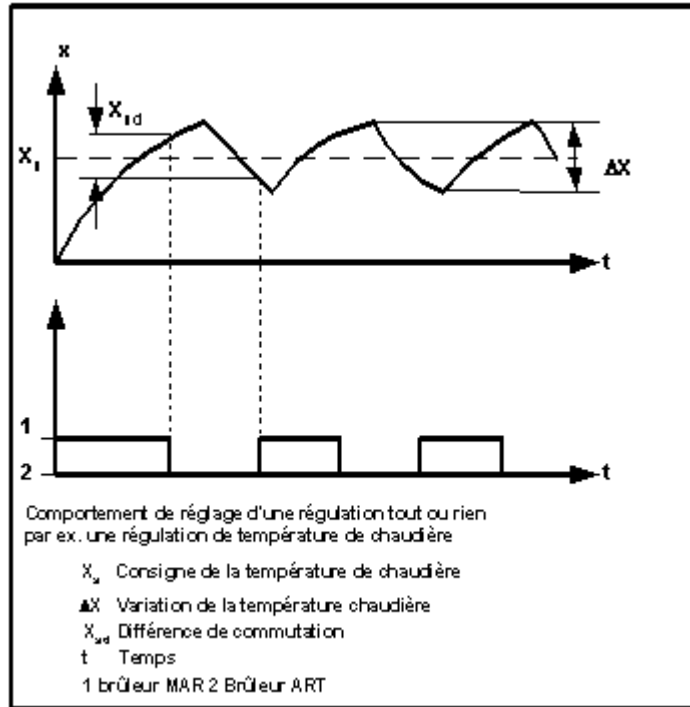
- des régulateurs non progressifs, pour lesquels la grandeur de réglage ne peut prendre que certaines valeurs, p.ex. : régulateurs

tout ou rien

- des régulateurs progressifs, pour lesquels la grandeur de réglage y varie constamment en fonction de l'écart de réglage $x-y$.

Régulateur tout ou rien

Le régulateur tout ou rien ne transmet que deux signaux, p.ex. OUVERT-FERME ou MARCHÉ-ARRÊT, à l'organe de réglage ou à un commutateur électrique- Une position intermédiaire n'est pas possible.



Exemple pour l'application de régulateurs tout ou rien:

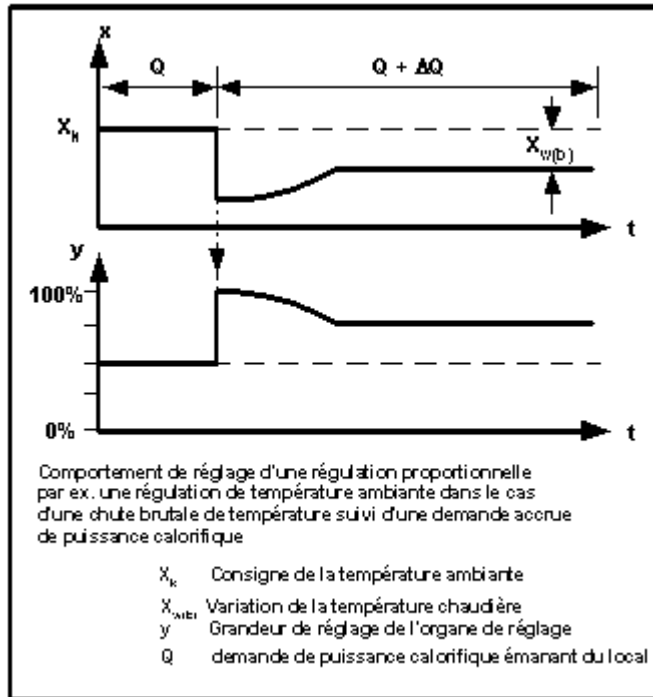
régulation de température de chaudière ; régulation de température ambiante ; régulation de pression

thermostats ; pressostats.

Régulateur proportionnel (régulateur P)

Le régulateur proportionnel agit de telle façon sur le servomoteur qu'il modifie la position de l'organe de réglage proportionnellement à la grandeur de la différence de réglage. Ainsi, plus l'écart de réglage est grand, plus le mouvement de l'organe de réglage sera grand. Une grandeur de réglage déterminée est attribuée à chaque valeur.

Exemple : Le régulateur d'une régulation de température ambiante est réglé de telle façon que la vanne est entièrement ouverte à 18°C et entièrement fermée à 22 °C. La consigne doit être réglée à 20 °C. Si la température ambiante est de 20 °C, la vanne se trouve alors en position moyenne. Si l'on ouvre une fenêtre, la température ambiante baisse et la vanne s'ouvre en conséquence, ce qui fait remonter la température ambiante Si, p ex, la puissance de chauffage est suffisante avec une ouverture de vanne de 75%, afin de maintenir une température ambiante de 19°C avec les fenêtres ouvertes, la position de la vanne ne se modifie plus. La température ambiante a un écart de réglage permanent de 1 K (K = Kelvin = unité de la différence de température).



Ceci est l'inconvénient principal d'un système de réglage proportionnel. Il est dépendant de la charge, c'est-à-dire qu'il ne règle exactement la consigne que pour un état de charge bien déterminé. Dans tous les autres états de charge il subsiste un écart de réglage.

L'avantage est une régulation très stable

Exemples: pour l'utilisation de régulateurs proportionnels vannes thermostatiques, vannes à deux voies pour le chargement de ballons d'eau chaude, vannes de mélange, régulateurs de pression différentielle, régulateurs de débit.

[Le bon régulateur pour l'installation réglée](#)

Régulateur tout ou rien

- Température de fonctionnement pour chaudière
- Ballon ECS
- Accumulateur de chaleur
- Pompes de chaleur

Régulateurs proportionnels

- Locaux
- Limitation de la température de retour pour les chaudières
- Brûleurs modulants

Régulateurs PI

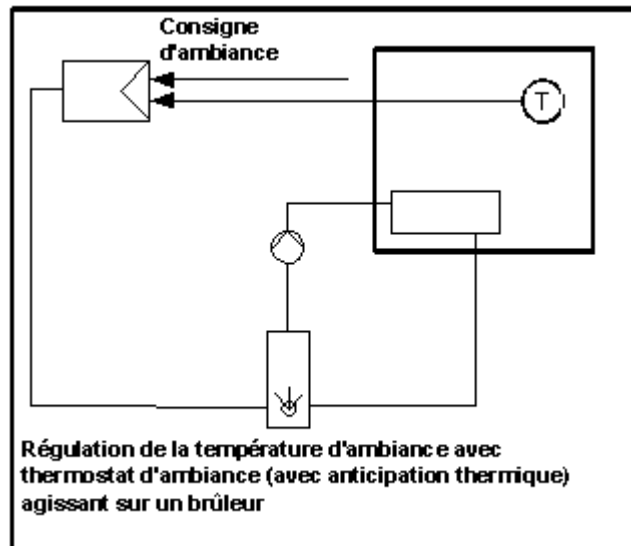
- Température de départ
- Échangeurs ECS instantané

[Exemples d'application de différents régulateurs](#)

Régulation tout ou rien

La régulation de température ambiante est la forme la plus ancienne de la régulation de chauffage. L'émission de chaleur pour tout le bâtiment est réglée sur la base de la température d'une seule pièce. Cette méthode est valable aussi longtemps que la pièce indique un comportement de température identique à la majorité des autres pièces. Cela est par exemple le cas pour les maisons individuelles parce que la température de la salle de séjour peut être prise généralement comme grandeur de référence.

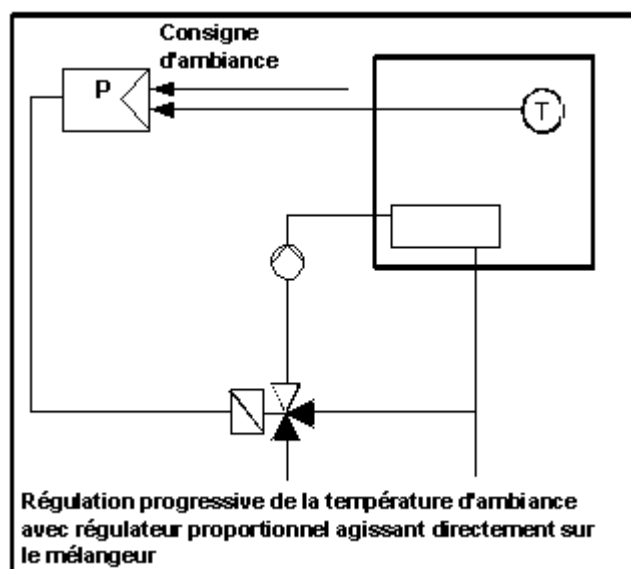
La sortie tout ou rien d'un régulateur agit soit directement sur le brûleur soit sur un mélangeur avec un moteur thermique très lent. La qualité de régulation à obtenir est plutôt modeste dans les deux cas. La température ambiante est soumise à d'assez grandes variations et l'écart de réglage permanent est relativement grand



Régulation proportionnelle

Régulateur progressif de température ambiante agissant directement sur le mélangeur : il s'agit le plus souvent d'un régulateur proportionnel. Une régulation progressive de mélange permet de réduire les variations de température ambiante et la bande proportionnelle peut être sélectionnée de manière à ce que l'écart de réglage permanent ne soit pas trop grand. Cependant, de fortes variations de la température d'eau de la chaudière, survenant rapidement, ce qu'on appelle des perturbations d'approvisionnement, ne peuvent pratiquement pas être régulées: la perturbation disparaît effectivement avant que la sonde de température ambiante ait eu le temps de la détecter et la correction du mélangeur est beaucoup trop importante ce qui entraîne après quelque temps un nouvel écart de la température ambiante - cette fois dans l'autre sens .

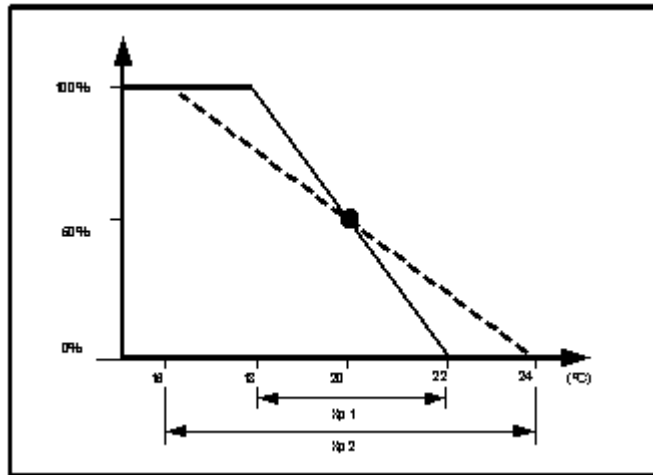
De telles perturbations de distribution apparaissent lors de variations subites des charges, quand p ex. le ballon d'ECS est chargé.



La bande proportionnelle d'un régulateur proportionnel.

Exemple: régulation de température ambiante

La bande proportionnelle X_p , est l'écart de réglage, à l'intérieur duquel la grandeur de réglage parcourt toute la plage de réglage. Elle est réglable pour certains régulateurs. Ci- dessous $X_{p1} = 4K$ et $X_{p2} = 8K$.



Le régulateur P travaille d'autant plus précisément (c'est-à-dire que l'écart de réglage est d'autant plus faible, voir texte ci-contre) que la bande proportionnelle est choisie étroite.

Mais si la bande proportionnelle est trop étroite, la régulation devient instable - *elle oscille* ! On peut se le représenter ainsi : lors d'une faible diminution de la température, la vanne s'ouvre tout de suite en grand, et la puissance calorifique agrandie conduit à un "dépassement" de la température ambiante. Là dessus la vanne se referme entièrement, la température ambiante baisse - et ainsi de suite. Il en résulte une oscillation permanente autour de la consigne.

Une régulation oscillante gaspille de l'énergie, conduit à une usure prématurée de l'organe de réglage et a des répercussions négatives sur le confort thermique !

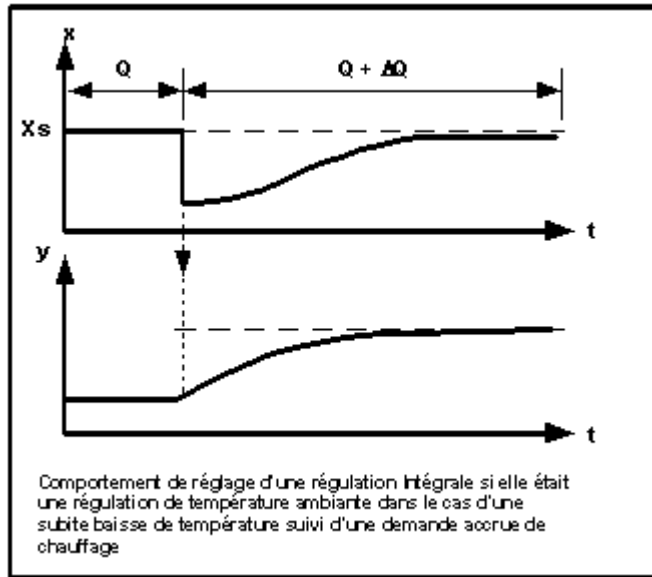
Sur les robinets thermostatiques, la bande proportionnelle est réglée de façon fixe entre 3 et 6 K. La consigne peut être modifiée par la tête du robinet.

Régulation intégrale

A la différence du régulateur proportionnel, le régulateur intégral ne modifie pas la grandeur de réglage, mais la vitesse de positionnement proportionnellement à l'écart de réglage.

Plus l'écart par rapport à la grandeur de référence est élevé, plus l'organe de réglage se positionne rapidement dans le sens de la correction nécessaire. De grands écarts par rapport à la grandeur de référence peuvent être corrigés rapidement, mais les petits par contre très lentement, Il ne subsiste à la fin aucune différence de réglage comme pour la régulation proportionnelle, tout est réglé, mais lentement.

Le régulateur intégral a une importance secondaire dans la technique de bâtiment. Il fait partie du régulateur proportionnel intégral, dont nous allons maintenant parler.

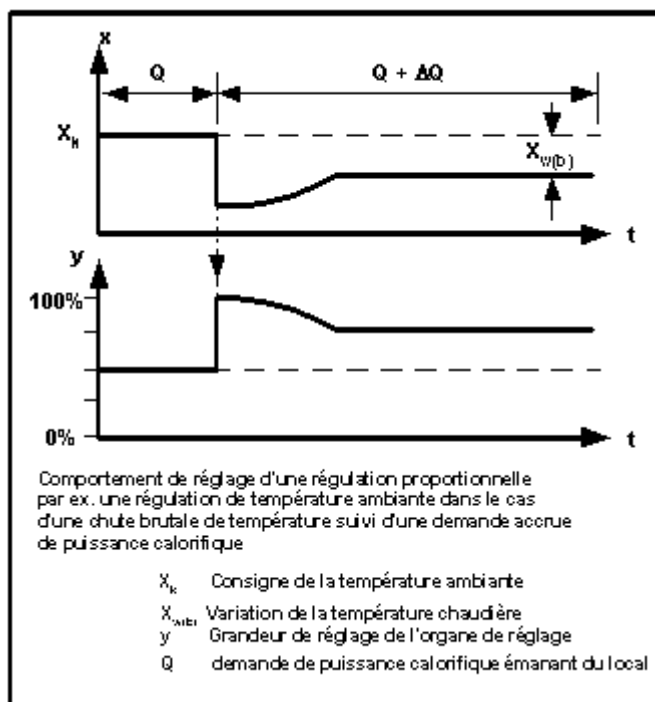


Régulation proportionnelle intégrale

Ce type de régulateur associe l'avantage du régulateur proportionnel (stabilité) à celui du régulateur intégral (précision).

La partie proportionnelle provoque une modification immédiate de la grandeur de réglage. La partie intégrale se charge de la régulation de l'écart de réglage qui subsiste.

Les régulateurs proportionnels intégraux sont utilisés lorsque les exigences en régulation sont élevées (p ex, pour les installations de climatisation).



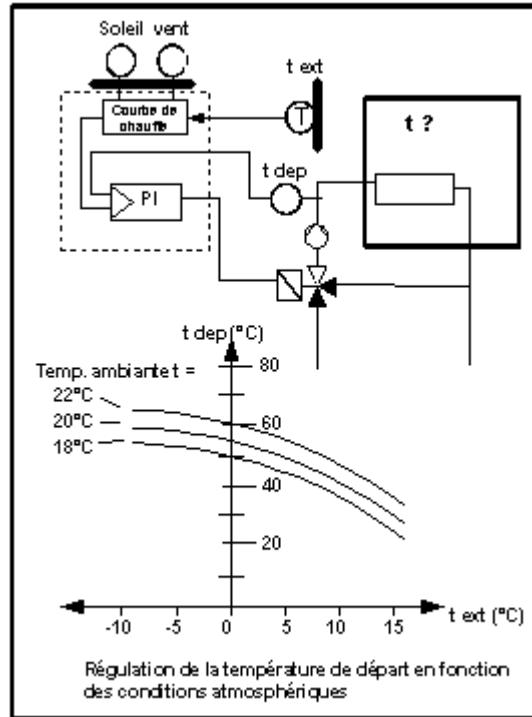
Régulation proportionnelle intégrale (exemple chauffage)

La régulation de la température de départ effectuée en fonction des conditions atmosphériques est de nos jours la forme de régulation la plus répandue. Elle doit cette "suprématie" au fait qu'il n'est pas nécessaire de monter une sonde de température ambiante. C'est la grandeur perturbatrice générale, la température extérieure, qui est mesurée. La sonde utilisée à cet effet est généralement appelée sonde extérieure ; outre la température extérieure, elle permet de tenir compte aussi, dans une plus faible

mesure, du soleil et du vent.

Le rapport entre la température extérieure (ou les conditions atmosphériques) et la température ambiante est obtenu par la température de départ : plus la température extérieure est basse, plus la température de départ doit être élevée afin d'assurer la température ambiante désirée. Une deuxième sonde est encore nécessaire : la [sonde de température de départ](#)

La [courbe de chauffe](#) définit la température par rapport à la température extérieure. La régulation de départ effectuée en fonction des conditions atmosphériques est effectivement une régulation en ce qui concerne la température de départ, mais elle est une commande pour ce qui est de la température ambiante.

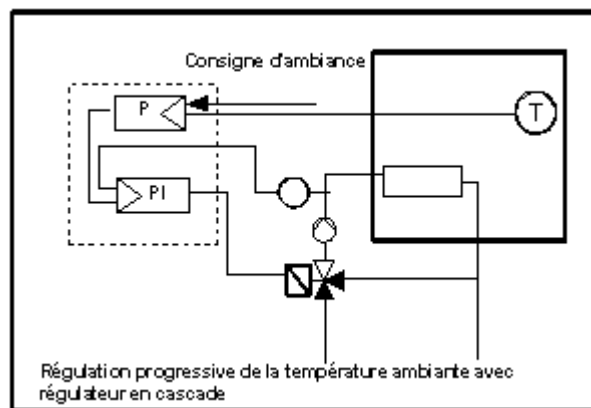


[Régulation proportionnelle / proportionnelle intégrale:](#)

ou régulateur en cascade : on obtient une amélioration considérable du rapport de réglage avec un régulateur en cascade. Celui-ci permet de diviser une régulation en deux systèmes réglés : un système réglé lent de température ambiante et un système réglé rapide de température de départ. Le régulateur principal (de caractéristique proportionnelle) est adapté au système réglé de température ambiante et le régulateur auxiliaire plus rapide (de caractéristique proportionnelle intégrale) au système réglé de température de départ. Les deux boucles de réglage sont superposées ainsi :

- Le régulateur proportionnel (régulateur principal) relève l'écart de réglage de la température ambiante et fournit la grandeur de référence pour la boucle de réglage auxiliaire.

- Le régulateur PI (régulateur auxiliaire) règle la température de départ à la valeur souhaitée par la boucle de réglage et action sur la vanne 3 voies.



Organes de réglage

Types

Il existe trois types d'organes de réglage hydrauliques pour la régulation d'installations techniques du bâtiment :

Vannes papillons

Les clapets ne conviennent pas à une régulation progressive. Ils sont surtout utilisés pour les fonctions OUVERT/FERME. La perte de charge en position ouverte est très faible, ce qui est bien sûr souhaité pour les utilisations OUVERT/FERME afin d'éviter des résistances supplémentaires inutiles.

Les fuites dépendent de la construction

- elles sont relativement élevées pour la vanne papillon dont l'étanchéité est assurée par un joint métallique
- elles sont minimales ou même nulles pour les clapets à joints en Téflon ou en caoutchouc.

Seules ces dernières sont utilisées pour les cascades de chaudière avec une grande pression différentielle sur le clapet.

La construction simple des clapets explique leur prix peu élevé.

Vannes à secteur

Celles-ci sont employées principalement comme vannes à trois voies pour la régulation de mélange d'installations de chauffage. Leurs faibles pertes de charge autorisent également leur emploi comme organes d'inversion dans les installations d'énergie alternative. Il faut cependant considérer le fait que les vannes à trois voies présentent des fuites assez importantes et qu'elles ne conviennent pas par conséquent à de nombreuses utilisations. Les vannes à trois voies sont bien moins chères que les vannes à siège

Vannes à siège

Ces vannes conviennent tout à fait à la régulation progressive et aux fonctions de commutation et OUVERT/FERME réclamant une parfaite étanchéité. En ce qui concerne les problèmes d'encrassement, les vannes sont plus pratiques que les vannes papillons et à secteur. Ces avantages se répercutent sur le prix, plus élevé, des vannes à siège.

Les vannes à deux voies ont une entrée et une sortie. En règle générale, il faut suivre une direction prescrite d'écoulement. Les domaines d'application sont la régulation du débit dans les circuits à débit variable ainsi que les fonctions OUVERT/FERME avec des exigences élevées en matière d'étanchéité

Les vannes à trois voies ont soit deux entrées et une sortie (= vannes mélangeuses) ou une entrée et deux sorties (= vanne diviseuse). La désignation des raccords se fait par lettres, chiffres romains ou signes de sens d'écoulement, Ces sens d'écoulement doivent être suivis,

Les circuits hydrauliques de base

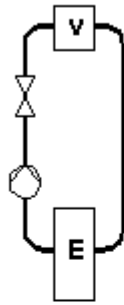
Le circuit à débit variable est utilisé pour la commande de déchargement de l'accumulateur ou dans les postes de raccordement de réseaux de chauffage à distance.

Les circuits de mélange sont des circuits habituels pour les petites ou les grandes installations

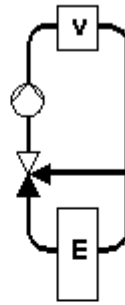
Le circuit de répartition n'a que quelques applications. On peut citer comme exemple la régulation de batterie chaude d'air repris.

Le circuit à injection est un circuit couramment utilisé dans les grandes installations dotées de dispositifs aérauliques.

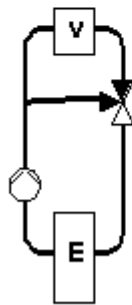
Circuit à débit variable



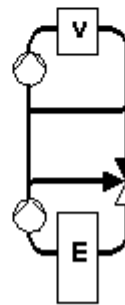
Circuit de mélange



Circuit de répartition



Circuit à injection



E = préparateur d'énergie = producteur
v = répartition d'énergie = consommateur