

Comprendre la régulation

L'occupant d'un bâtiment ne perçoit généralement de la régulation d'un système de chauffage qu'un seul équipement : la [vanne thermostatique](#). Elle est accusée de bien des maux et subit parfois des agressions physiques si elle ne peut délivrer la chaleur attendue !

Et pourtant, seule, elle ne peut agir correctement et doit donc être associée à une régulation plus complète.

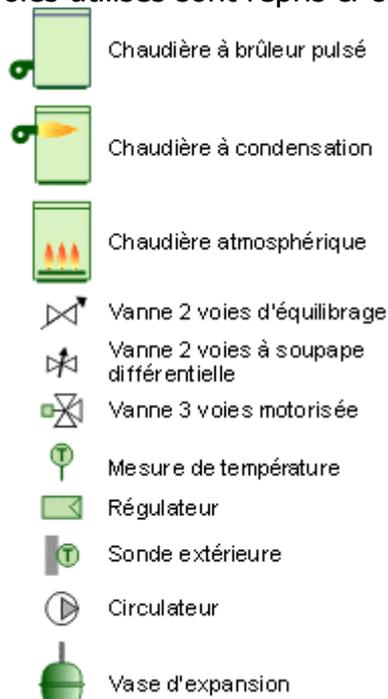
Voici quelques schémas qui permettent de comprendre l'utilité et le principe de cette dernière. Ceux-ci sont purement illustratifs et ne doivent pas être considérés comme des situations universelles, chaque bâtiment pouvant faire l'objet d'une étude particulière.

- [Les symboles graphiques](#)
- [Dimensionnement pour une situation extrême](#)
- [Problème 1 : en mi-saison](#)
- [Problème 2 : la température varie en permanence](#)
- [Problème 3 : et s'il y a plusieurs locaux à chauffer ?](#)
- [Types de régulateur : analogique et digital](#)
- [La "GTC"](#)

Les symboles graphiques



Le fonctionnement des installations de chauffage est représenté par des schémas de principe. Les différents symboles utilisés sont repris ci-contre.

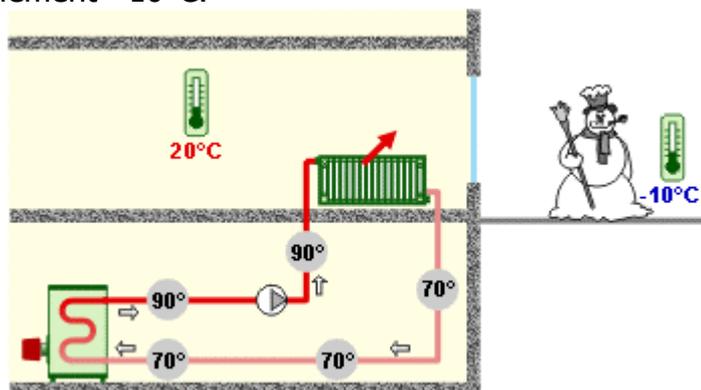


Dimensionnement pour une situation extrême



Partons d'une situation de grand froid hivernal...

La chaudière est dimensionnée pour vaincre les températures les plus froides en hiver, soit généralement -10°C .

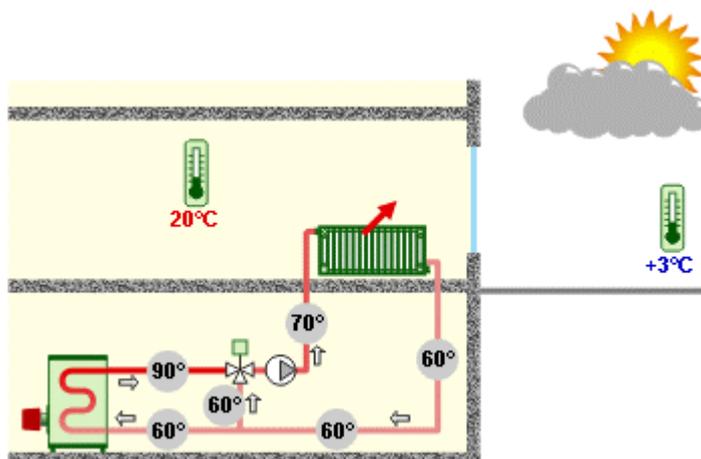


Une eau à 90°C alimente le radiateur qui émet une chaleur maximale pour vaincre les déperditions (les pertes de chaleur du local vers l'extérieur).

Problème 1 : en mi-saison

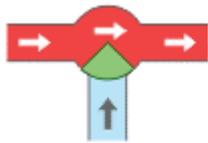


En mi-saison, la température extérieure est plus douce; l'apport de chaleur doit être adapté.

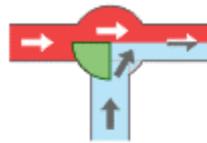


Pour alimenter le radiateur avec de l'eau à température "mitigée" (70°), on réalise un mélange entre l'eau chaude qui arrive de la chaudière (90°) et l'eau tiède qui sort du radiateur (50°).

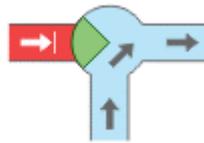
C'est le rôle de la vanne, appelée "vanne trois vannes mélangeuse", placée entre l'aller et le retour de l'installation. Son principe de fonctionnement est basé sur la rotation d'un secteur entre les 3 voies d'eau :



La vanne est 100% ouverte.



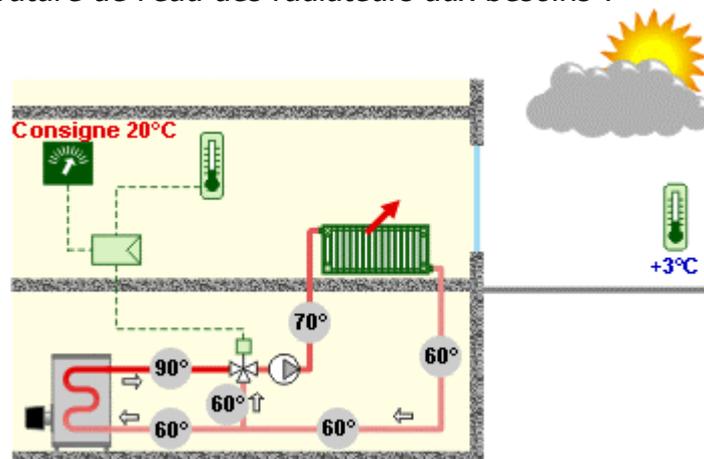
La vanne mélange 50% du débit de la chaudière et 50% du débit de retour des radiateurs.



La vanne est fermée ; l'eau des radiateurs tourne sur elle-même et se refroidit.

Problème 2 : la température varie en permanence

Problème : la température extérieure varie en permanence. Comment dès lors adapter la température de l'eau des radiateurs aux besoins ?

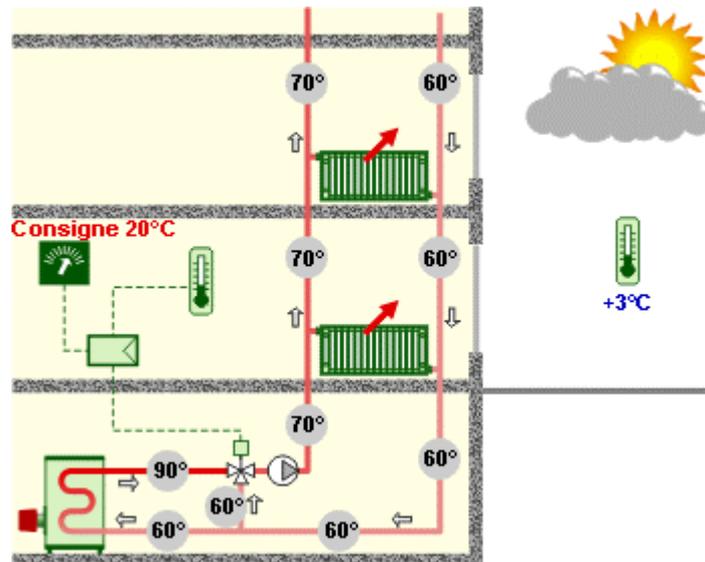


Un régulateur va relever la température existante dans le local, va comparer celle-ci à la température de consigne, et en fonction de l'écart existant, ouvrira ou fermera la vanne trois voies mélangeuse.

Problème 3 : et s'il y a plusieurs locaux à chauffer ?

➤ Solution 1 : tous les locaux ont des besoins identiques (par exemple, l'ensemble des locaux administratifs d'une école).

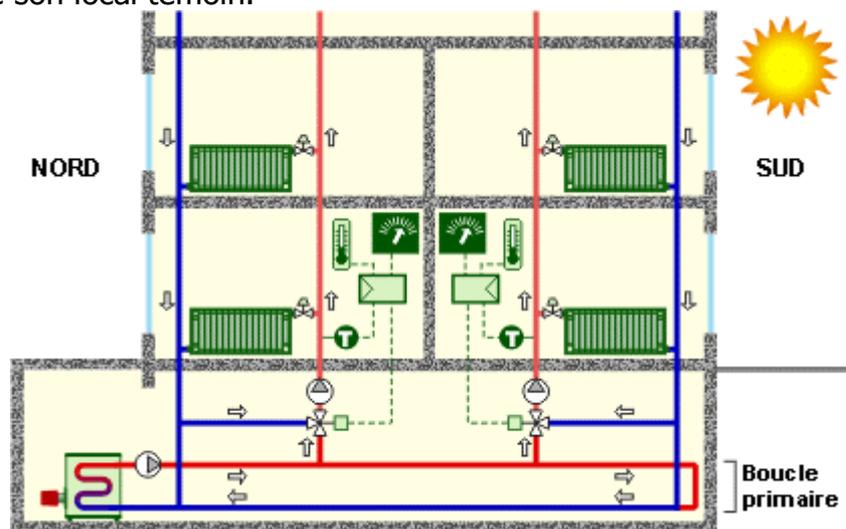
On choisira un local témoin, fidèle des besoins en température des autres locaux.



Ici, tous les locaux superposés seront régulés en fonction de la température demandée dans le local témoin au rez-de-chaussée.

➤ Solution 2 : les locaux peuvent se subdiviser en zones ayant des besoins similaires (par exemple, les locaux situés au sud et les locaux situés au nord).

On réalisera deux circuits indépendants, régulés de façon autonome, chacun disposant de son local témoin.



On constate qu'il a fallu créer une boucle "primaire", alimentée par la chaudière, nourricière des différents départs de circuits, dits "secondaires". Chaque circuit greffé sur la boucle primaire est indépendant des autres dans son fonctionnement.

➤ Solution 3 : tout est raccordé sur un seul circuit, les locaux ont des besoins différents mais il est trop coûteux de créer des zones différentes.

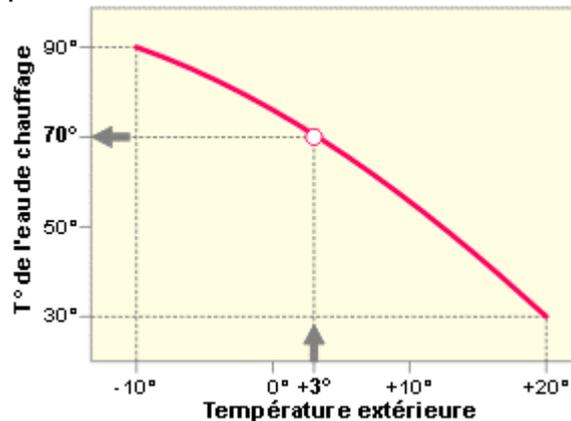
Hydrauliquement, il n'est pas possible de créer des circuits distincts.

Par exemple dans une école : au premier étage, c'est le réfectoire, au deuxième, c'est une classe et au troisième c'est la bibliothèque !

Des horaires et des températures de consigne bien différents ! Impossible de créer un local "témoin".

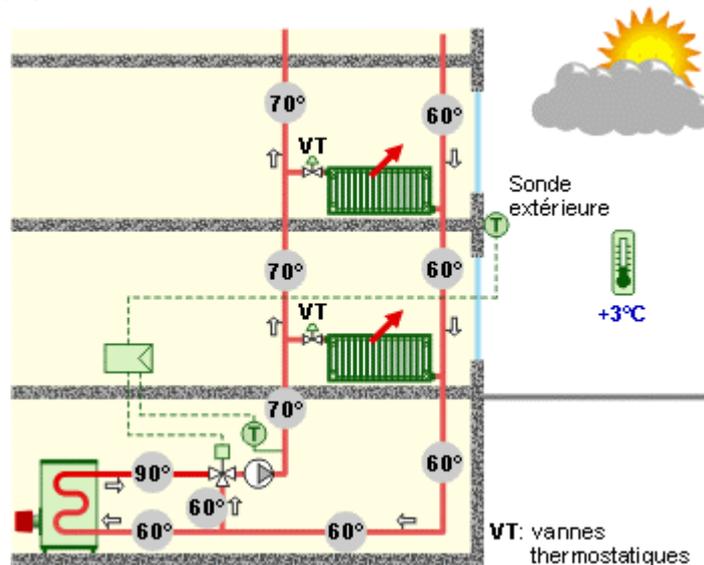
On va dès lors se fier sur la seule variable que l'on connaît et qui est commune à tous le bâtiment : la température extérieure. Plus il fait froid dehors, plus la

température de l'eau dans les radiateurs doit être chaude. On parle de "**régulation en température glissante**" en fonction de la température extérieure. La loi appliquée est appelée "**la courbe de chauffe**".



Si la température extérieure est de 3°C, on demandera au circuit une alimentation par de l'eau à 70°C.

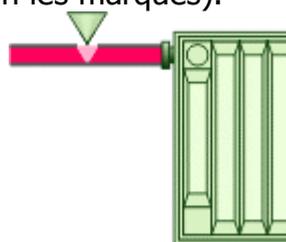
Le schéma devient :



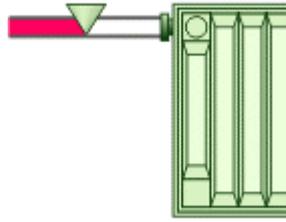
La température d'alimentation est donc identique pour tous les radiateurs du circuit. Or les besoins de chaque pièce sont différents ... Que faire ? en plaçant des vannes thermostatiques sur chaque radiateur, on va adapter le débit d'eau chaude cette fois, en fonction des besoins.

En effet, une vanne thermostatique est un régulateur à elle toute seule.

Si elle est réglée sur 3, cela veut dire que l'on demande 20°C dans la pièce (approximativement : 1 = 16°C, 2 = 18°C, 3 = 20°C, 4 = 22°C, 5 = 24°C , mais cette correspondance varie selon les marques).



S'il fait 19°C dans le local, la vanne sera ouverte, le pointeur intérieur laissant passer un maximum de débit.



S'il fait 21°C, la vanne sera fermée, le pointeur bloquant le débit d'alimentation du radiateur.

Exemple.

Dans une école, application à la classe du 2^{ème} étage :

7h30 : il fait 17° dans la classe, le radiateur est alimenté au débit maximum avec l'eau préparée à 55°.

8h15 : il fait 20°, les cours commencent.

9h00 : la chaleur dissipée par les 20 élèves représentent 2 000 Watts soit l'équivalent d'un gros radiateur. La température atteint 21°, la vanne thermostatique se ferme.

Pendant ce temps au 3^{ème} étage, la bibliothèque reste chauffée par le radiateur dont la vanne thermostatique reste ouverte. Simplement, vers midi, la température extérieure étant remontée à 10°, l'eau de chauffage est réglée à 43° via la courbe de chauffe du régulateur.

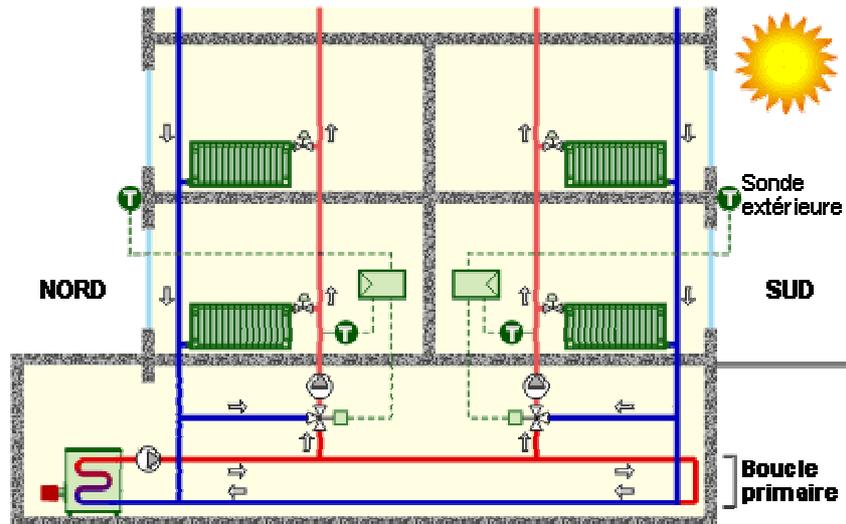
On constate deux niveaux de régulation :

- le réglage de base réalisé par la vanne trois voies au départ du circuit : réglage de la température de l'eau,
- le réglage plus fin, réalisé par la vanne thermostatique dans chaque local : réglage du débit d'eau.



Solution 4 : le bâtiment dispose de circuits différents, mais comprenant chacun des locaux avec des besoins variables (par exemple, un circuit Nord et un circuit Sud, mais avec des occupations de locaux très variées).

A problème mixte, solution mixte : on associera les possibilités des solutions 2 et 3.



La chaudière prépare de l'eau chaude à haute température. Deux sondes extérieures, l'une au Nord, l'autre au Sud, permettront le réglage des températures au départ des deux circuits :

- une température d'eau pour le circuit Nord,
- une température d'eau pour le circuit Sud.

Mieux, la sonde au Sud sera complétée par une sonde d'ensoleillement qui "trompera" le régulateur : par exemple, s'il fait + 5° et qu'il y a plein soleil, la sonde dira au régulateur qu'il fait + 12° ! "Trompée", la vanne mélangeuse enverra de l'eau moins chaude au circuit Sud.

De plus, des vannes thermostatiques placées dans chaque local corrigeront la température, si nécessaire (si des occupants ou des ordinateurs fournissent de la chaleur, par exemple).

La vanne thermostatique ne constitue donc que le dernier maillon correcteur d'un ensemble d'équipements de régulation cherchant à apporter la chaleur au bon endroit, au bon moment, avec le bon niveau de température.

Types de régulateur : analogique et digital



Régulateur numérique et régulateur analogique.

Pour appliquer ces différents principes, il existe deux types de régulateurs sur le marché : des régulateurs analogiques (traditionnels) et des régulateurs numériques (encore appelée régulation digitale ou DDC, Direct Digital Control).

Toutes deux sont basées sur du matériel électronique. Mais la régulation analogique traite un signal électrique alors que la régulation numérique traite des signaux numériques, comme un ordinateur.

Vous avez dit "analogique" ?

Prenons un exemple : il existe un écart entre la demande d'une consigne (20°) et la mesure de la sonde de température (19°). Les deux valeurs sont introduites dans un comparateur électronique et l'écart en ressort sous forme d'un signal électrique. Il sera amplifié, limité par une valeur haute ou basse, puis envoyé vers le moteur de la vanne trois voies pour augmenter son degré d'ouverture. Un schéma de câblage bien précis correspondra à ce dispositif de régulation.

Vous avez dit "numérique" (ou "digitale") ?

Le même problème, version numérique, entraînerait l'existence d'un bus de communication où toutes les sondes (input) seraient raccordées mais aussi la commande du moteur de la vanne trois voies (output). toutes les 30 secondes les informations des inputs sont relevées et envoyées vers le régulateur. Le microprocesseur de celui-ci renferme un programme de calcul qui établit le mode de réponse en fonction d'une loi mathématique donnée et renvoie vers le bus un message d'ouverture adressé à la vanne trois voies. Dans cette vision "communicante" de la régulation, régulateur de chaudière et régulateurs de vannes trois voies se parlent et synchronisent leurs actions.

Quelles différences ?

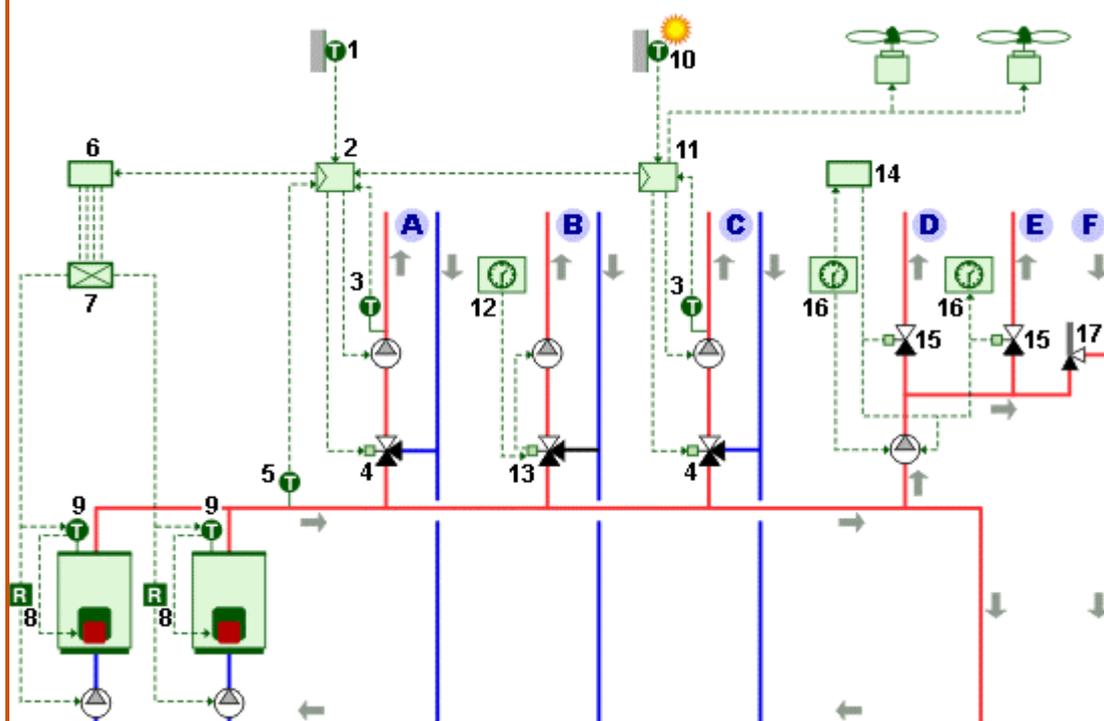
Le prix, diraient les mauvaises langues, fatigués de devoir toujours installer un matériel plus sophistiqué, plus performant bien sûr mais plus cher à l'achat et à l'exploitation, toute réparation devant se faire à l'extérieur. La situation est similaire à celle de l'informatique, toujours plus performante également : pourrait-on refuser cette évolution ?

Il est certain qu'avec une installation digitale, une modification de programmation est toujours possible sans modifier le câblage : ajouter une sonde de présence pour réguler l'installation en fonction de la présence effective des occupants, c'est simplement insérer sur le bus un nouvel input et modifier la programmation pour en tenir compte. Tout est possible puisqu'il s'agit de modifier la logique du programme. Il suffit de voir tous les paramètres accessibles sur un régulateur digital pour se rendre compte de ses possibilités (jusqu'à la limitation de la vitesse de remonte lors de la relance pour éviter les bruits de dilatation des tuyauteries, ou commutation automatique de l'heure d'été à l'heure d'hiver !) en régulation analogique, le circuit est figé une fois pour toute par le câblage et le mode de programmation est unique pour le régulateur sélectionné.

Exemple.

en numérique, par exemple, des régulateurs complémentaires peuvent être installés pour améliorer la gestion d'une zone (disposant de son propre circuit). Par exemple, dans une école, un nouveau régulateur, communiquant avec les autres, peut se placer dans l'aile des primaires. La directrice pourra modifier la consigne de +/- 4°, sélectionner le type de fonctionnement (automatique, continu jour, continu arrêt), relancer le chauffage pour 2 ou 4 heures, le temps d'organiser la réunion de parents du soir.

Exemple : régulation analogique



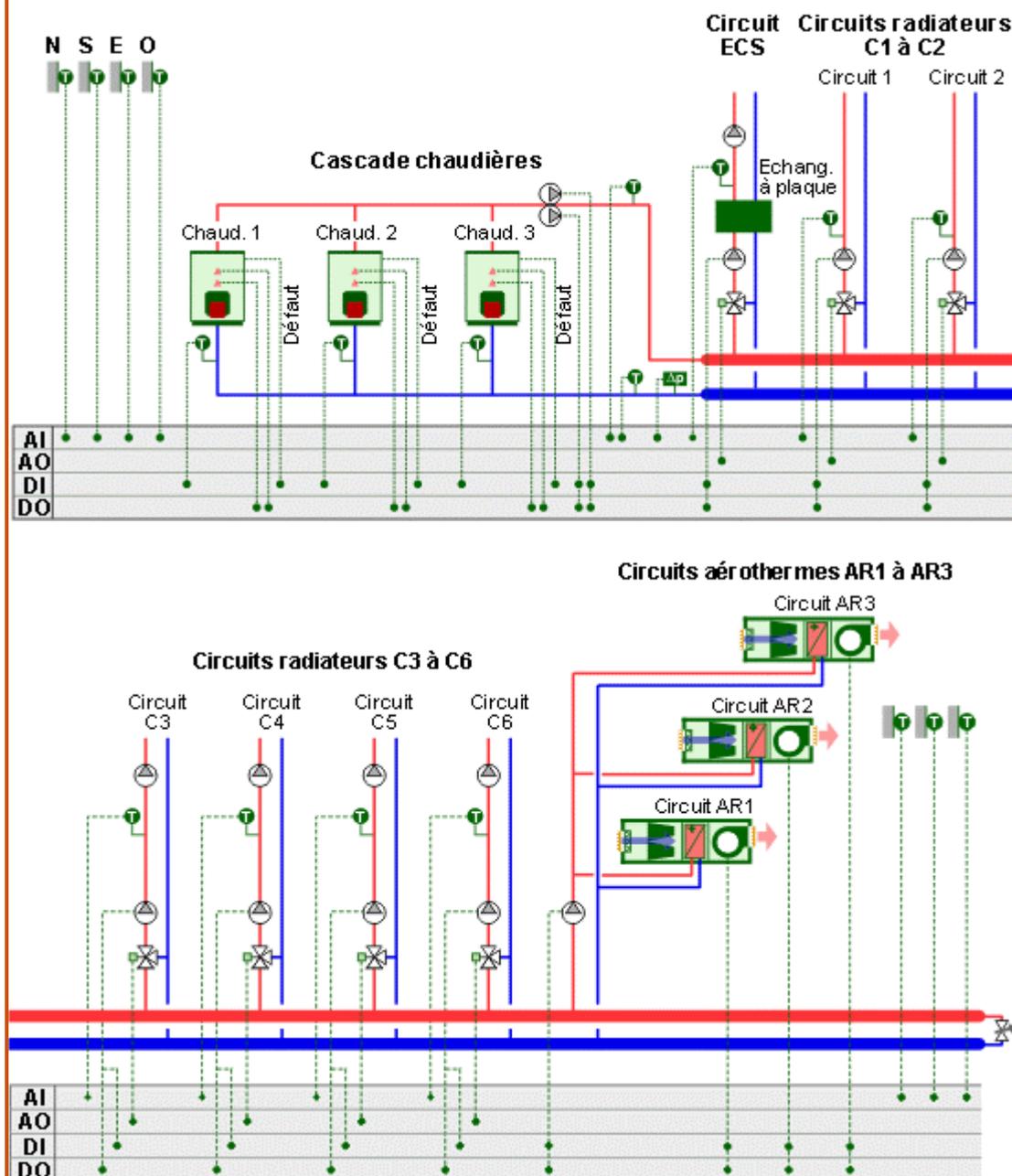
On reconnaît :

- Un régulateur de cascade de chaudière (6), agissant sur les chaudières et sur leurs circulateurs propres, en synchronisme avec les régulateurs de départ des circuits secondaires. C'est d'ailleurs ceux-ci qui définissent la température de sortie de chaudière, en fonction de leurs besoins !
- Un régulateur optimiseur pour les classes de la façade Nord (2).
- Un thermostat d'ambiance pour la bibliothèque (12), disposant de sa propre programmation, puisqu'il dispose de son propre circuit.
- Un régulateur optimiseur pour les classes de la façade Sud (11), qui dispose de sa sonde solaire en complément de la température extérieure communiquée par le régulateur au Nord. Un contact est utilisé pour la coupure de deux ventilateurs d'extraction situés dans la salle de sports située au Sud également.
- Une vanne de zone deux voies (15D), commandée par un thermostat d'ambiance et par une horloge pour le réfectoire (usage limité).
- Une vanne de zone deux voies (15E) pour les locaux administratifs, commandée par une simple horloge, étant entendu que la température de départ est réglée dès la sortie de chaudière. Des vannes thermostatiques sont présentes dans les locaux pour une régulation complémentaire. A noter qu'une soupape différentielle stabilise la pression des réseaux D et E et que le circulateur est coupé si les deux vannes de zone sont fermées.

Cette régulation paraît très adéquate aux besoins et très économique puisque deux vannes mélangeuses ont pu être évitées.

Deux améliorations possibles : un thermostat dans les locaux administratifs pour surveiller tout risque de gel (entre Noël et Nouvel An !), ainsi que le choix de circulateurs à vitesse variable sur les départs des circuits secondaires équipés de vannes thermostatiques.

Exemple : régulation numérique



Voici un deuxième exemple qui montre l'évolution de la régulation allant vers

la mise en place d'un bus de communication où circulent les informations :

- **AI** : Analogic Input, les entrées qui varient de façon continue (la sortie d'un capteur de température, par exemple).
- **AO** : les sorties qui varient de façon continue (le signal pour attaquer le moteur d'une vanne trois voies, par exemple).
- **DI** : Digital Input, les entrées qui ne prennent que les valeurs 1 ou 0 (l'état on/off du thermique d'un circulateur, par exemple).
- **DO** : Digital Output, les sorties qui ne prennent que les valeurs 1 ou 0 (la commande marche/arrêt du premier étage de la chaudière, par exemple)

La régulation ne peut être comprise que par la description de la programmation du régulateur faite par le constructeur (reprise ci-dessous). Cette programmation peut être adaptée à la carte suivant les attentes du client.

Régulation Cascade chaudières

La production d'eau chaude est assurée par mise en cascade de 3 chaudières à deux allures. Cette mise en et hors service des allures de chauffe se réalise en séquence temporisable et en fonction des températures de départ/retour collecteur primaire et température extérieure et demande réelles des consommateurs secondaires(ECS, radiateurs, groupes de pulsion, ...).

Chaque chaudière est équipée d'origine de ses organes de sécurités et de commandes.

Un contrôleur de débit placé dans le départ de chaque chaudière empêchera son fonctionnement si l'irrigation n'est pas suffisante. Un pressostat manque d'eau vérifiera la présence suffisante d'eau dans l'installation et sera placé sur le collecteur primaire général. Ces points seront contrôlés par la régulation DDC , de même qu'un défaut de fonctionnement brûleur par chaudière. La pompe primaire est une pompe jumelée qui sera commandée par la régulation DDC qui en assurera également la permutation automatique.

Régulation Circuit ECS

La production d'eau chaude sanitaire est produite par charge de ballons d'eau chaude au moyen d'eau chaude venant du collecteur primaire et au travers d'un échangeur à plaques piloté par une vanne à 3 voies et d'un circulateur.

La température de l'eau chaude au secondaire de l'échangeur est mesurée par une sonde à plongeur avec doigt de gant en inox. En fonction de celle-ci, la régulation DDC agit sur le fonctionnement de la vanne à 3 voies motorisée primaire et du circulateur associé.

La demande d'eau chaude sanitaire est prioritaire sur le fonctionnement de la cascade des chaudières et est régie par un programme horaire au sein du régulateur DDC.

Régulation Circuits Radiateurs 1 à 6 :

Les radiateurs sont alimentés en eau chaude à partir de 6 circuits depuis le

collecteur primaire. Chaque circuit est équipé d'une vanne à 3 voies motorisée et d'un circulateur commandés par le régulateur DDC. Ce dernier reçoit les informations d'une sonde extérieure et d'une sonde à plongeur placée sur le départ du circuit.

Les radiateurs sont équipés de vannes thermostatiques et ne comportent donc pas de régulation secondaire liée au régulateur DDC.

Les sondes de température extérieure seront au nombre de 4 afin de couvrir l'orientation des zones desservies. Cependant, chaque circuit sera réglé de manière indépendante (régime horaire, courbe de chauffe).

Régulation Circuit Aérothermes - salles de sports et réfectoire :

Les aérothermes des salles de sports et réfectoire (ARI/AR2/AR3) sont alimentés en eau chaude en direct à partir du collecteur primaire. Une pompe placée sur le départ du circuit permet d'acheminer l'eau chaude vers les aérothermes.

Une sonde de température ambiante par zone permet, via la régulation DDC, la mise en et hors service des ventilateurs des aérothermes et ce de manière individuelle.

La "GTC" ^

GTC ? ... pour **G**estion **T**echnique **C**entralisée.

On parle aussi de "télégestion".

La régulation de l'installation de chaque installation de chauffage repose sur les régulateurs locaux qui travaillent en autonomie et possèdent toute l'intelligence nécessaire à la conduite de l'installation. Par exemple, ce sont bien les régulateurs qui modifient la température de l'eau de chauffage en fonction de la température extérieure, qui commandent l'arrêt des circulateurs à partir d'une certaine température extérieure ou encore qui gèrent le [ralenti nocturne](#) par optimisation,

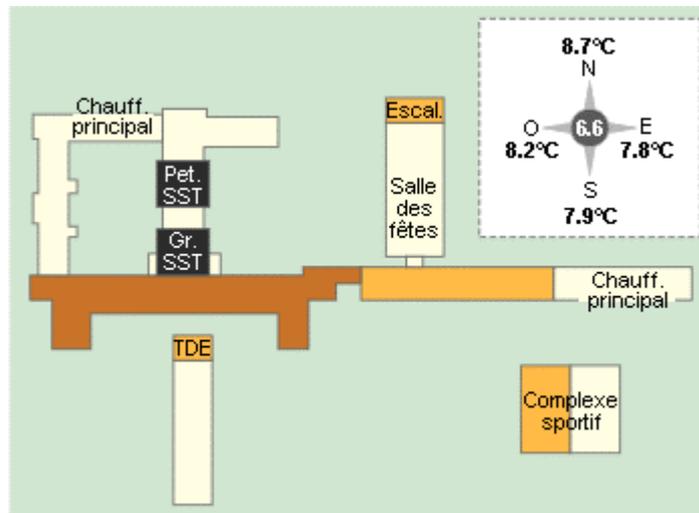
Les régulateurs doivent être des [régulateurs "digitaux" \(DDC\)](#). Tout au long de leur fonctionnement, ils stockent des informations provenant des différents équipements (températures ambiantes, températures extérieures, ...). Si leur mémoire est insuffisante (régulateurs moins récents), elle sera transférée vers un ordinateur qui capitalisera ainsi les différentes données.

Notons que les régulateurs DDC peuvent aussi être interconnectés entre eux par bus, communiquer directement et s'échanger des données utiles à leur fonctionnement. Ils sont paramétrables indépendamment de la GTC, au moyen de leur boîtier de dialogue propre (qui diffère d'une marque à l'autre). Leur réglage peut évidemment aussi être modifié via la gestion centrale, mais une panne de cette dernière ne doit pas perturber le bon fonctionnement des équipements.

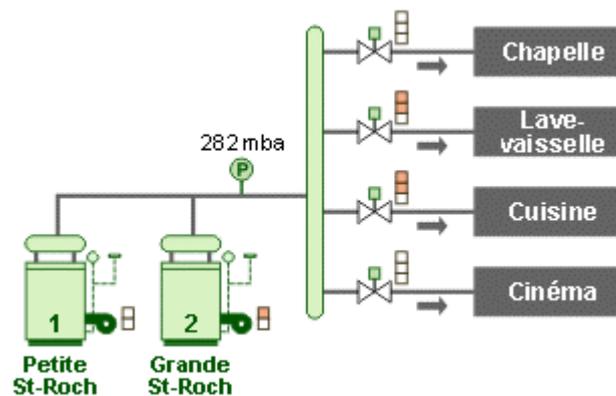
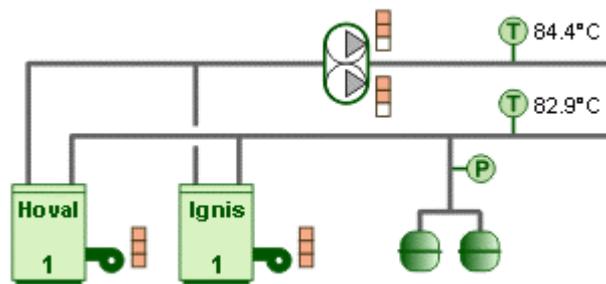
Un superviseur exploite les données des différentes mémoires (via modem, bus de communication ou ligne téléphonique fixe) et communique de façon conviviale avec l'utilisateur. Celui-ci peut ainsi visualiser à distance les différents paramètres de fonctionnement de l'installation, les modifier, relevé des alarmes, Il est également possible d'établir des historiques de fonctionnement (courbe de température d'eau, de température ambiante, ...), ce qui permet de repérer très rapidement un dysfonctionnement de l'installation (par exemple un mauvais

fonctionnement d'un optimiseur, la détérioration d'une sonde, une mise en dérogation oubliée, ...).

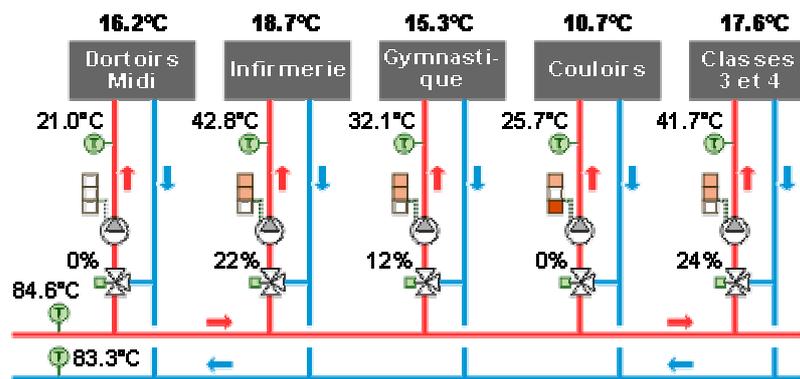
Exemple d'écrans de dialogue d'une GTC.



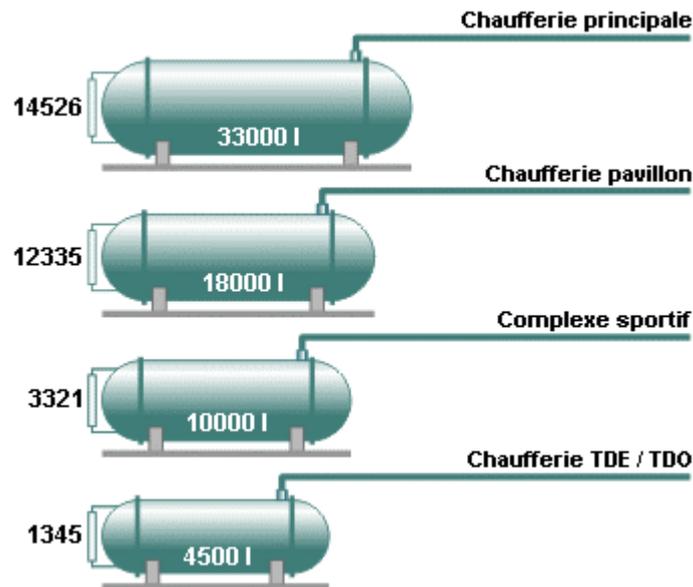
Menu d'accueil : vue en plan du site.



Fonctionnement des chaudières.



Fonctionnement des circuits secondaires.



Suivi des consommations.

En résumé, il existe deux types de systèmes de GTC :

1. Les systèmes dits "propriétaires" où tous les équipements (sondes, régulateurs, bus de communication) et protocole de communication doivent être de la même marque pour pouvoir communiquer entre eux. Chaque extension doit être de la marque choisie au départ et demande le plus souvent l'intervention de cette dernière pour reparamétrer le système.
2. Les systèmes plus ouverts qui se basent sur ce qui devient petit à petit des "standards" de communication. Ces systèmes permettent l'intégration d'un nombre plus important de points de contrôle autres que du chauffage ou de la climatisation (éclairage,

contrôle d'accès, relevé de compteurs électriques, gestion de la pointe 1/4 horaire, ...). Ils s'adaptent ainsi plus facilement à des bâtiments importants dont on veut faire une gestion globale. Ils permettent aussi de changer de marque de régulateur avec un minimum de reprogrammation, pour peu que le nouveau matériel respecte les mêmes standards.

Exemple de configuration d'une GTC utilisant des "standards" de communication.

Il est possible de raccorder ensemble :

- Des équipements communicant suivant le [standard LON](#) ou le [standard KONNEX](#) (ex EIB, Batibus et EHS). Par exemple, la commande de l'éclairage, des stores, ...
- Des équipements gérés par un système propriétaire clairement liés à une marque de matériel. Par exemple, l'ensemble des équipements de chauffage.
- Des régulateurs de chauffage compatibles ON ou KONNEX peuvent aussi être directement raccordés au réseau de communication.

Cela demande l'utilisation d'interface de communication et une programmation au niveau d'un système de supervision pour rendre l'ensemble compatible. Il y a encore peu de temps, cela semblait encore relativement ardu à mettre en oeuvre, mais une standardisation semble petit à petit se développer via les standards "BACnet" ou "OPC".

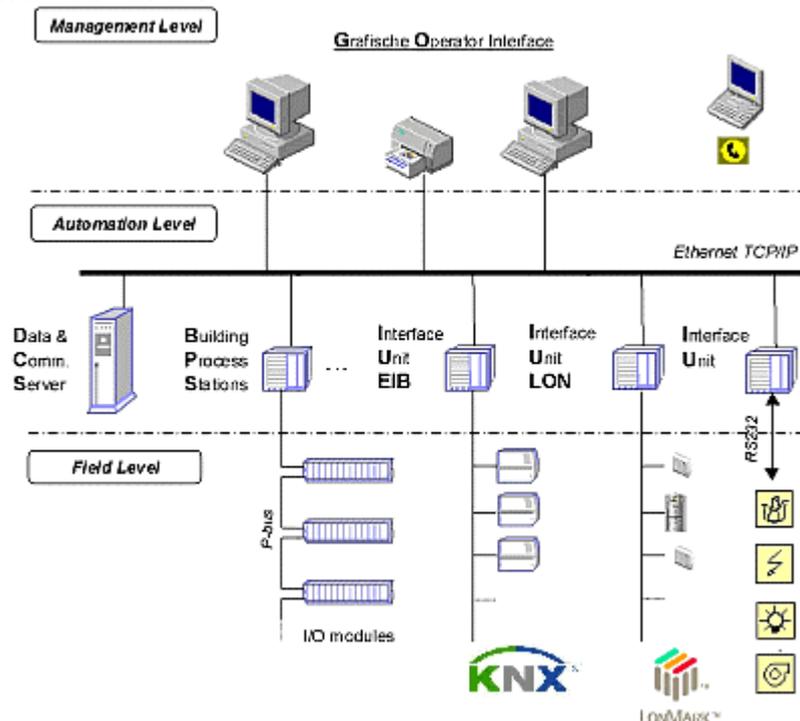


Schéma d'intégration de différents protocoles de communication au sein d'un système de gestion complet du bâtiment.