

R. W. SHOEMAKER
TRADUIT PAR J. FLITZ

LE CHAUFFAGE
par
RAYONNEMENT



Eyrolles
ÉDITEUR. PARIS



LE CHAUFFAGE PAR RAYONNEMENT

par

R.-W. SHOEMAKER

Membre de l'A.I.E.E. ; Membre de l'A.S.M.E. et de l'A.S.H.V.E. ; Ingénieur Conseil en chauffage par rayonnement et en aménagement hydroélectrique, Oakland, Calif. Ancien Ingénieur Conseil de la " Chase Brass and Copper Co ", Waterbury, Conn. ; Ingénieur Electricien et Ingénieur Conseil des districts d'irrigation de Turlock, Merced et Imperial en Californie.

Traduit par J. FLITZ



EDITIONS EYROLLES

61, Boulevard Saint-Germain, PARIS V^e

1954



CHAPITRE VI

SYSTÈMES DE RÉGULATION DU CHAUFFAGE PAR RAYONNEMENT

Toute méthode de chauffage d'un local, en vue d'obtenir une ambiance de confort, nécessite un système de régulation automatique ; sans ce système automatique un surveillant devrait intervenir de temps à autre pour maintenir le chauffage en état de fonctionnement normal. L'emploi des poêles ordinaires illustre bien ce fait. Une attention continuelle doit leur être apportée : pour y ajouter du combustible, pour ouvrir ou fermer les appels d'air. Sans surveillance, ces poêles émettraient une trop grande ou une trop petite quantité de chaleur, ou ils pourraient cesser de fonctionner.

Afin de comprendre les facteurs présidant au choix de la meilleure méthode de régulation d'un système de chauffage par rayonnement, il est utile d'examiner successivement les méthodes les plus simples de réglage des systèmes de chauffage, qui, bien que pouvant être employés pour le chauffage par rayonnement, ne donnent pas un résultat assez précis pour que leur emploi soit à conseiller pour cette méthode moderne.

Dans cet ordre d'idées, le système le moins compliqué de chauffage par eau chaude muni des dispositifs de régulation les plus simples comprend une chaudière à eau chaude reliée à des radiateurs ou convecteurs appropriés. L'alimentation en eau chaude des radiateurs et le retour de l'eau refroidie à la chaudière se fait par circulation naturelle. Pour le moment, nous négligeons la question de l'allumage à la main mais nous supposons cependant qu'il existe un dispositif quelconque limitant la température de l'eau dans la chaudière (ce dispositif est, en général, connu sous le nom d'aquastat). Il arrête le brûleur lorsque la température de l'eau dans la chaudière atteint une limite, fixée d'avance, et permet au brûleur de fonctionner de nouveau lorsque la température de l'eau a été réduite d'une façon suffisante. L'aquastat ne rétablit pas nécessai-



rement le fonctionnement du brûleur lorsque la température de la chaudière est tombée en dessous d'une valeur déterminée, inférieure à la température maximum admissible, mais permet la mise en marche du brûleur, si cela est nécessaire, par l'intermédiaire d'autres dispositifs de réglage.

Pour maintenir une température appropriée dans le local à chauffer, un thermostat y est installé. C'est un appareil qui, par des moyens électriques ou mécaniques, provoque la mise en marche du brûleur lorsque la température de l'air environnant atteint une valeur peu élevée, déterminée à l'avance, et arrête le brûleur lorsque la température atteint un certain maximum, également déterminé à l'avance. Considérons un système simple de chauffage par eau chaude, à circulation naturelle, muni d'une régulation semblable à celle décrite précédemment appelée généralement régulation « tout ou rien », et supposons que la température dans la pièce soit d'environ 20° et que le thermostat soit réglé pour 21°. Ceci indique que le dispositif de réglage a provoqué la mise en marche du brûleur et que la chaudière, les radiateurs et le réseau de canalisations sont remplis d'eau à une température élevée, égale, par exemple, à 65°, en supposant que l'aquastat sur la chaudière soit réglé de telle sorte qu'il n'arrêtera pas le brûleur jusqu'à ce qu'une température de 87° soit atteinte. Après un certain temps, la température de la pièce s'élève jusqu'à 21°, le thermostat atteint alors son point de réglage à 21° et l'appareil met automatiquement en jeu tous les dispositifs nécessaires pour arrêter le brûleur.

La température a atteint à ce moment la valeur désirée, et aucune quantité de chaleur n'est plus fournie au système de chauffage par la combustion du combustible, mais la chaudière, les tuyaux et les radiateurs sont remplis d'eau à une température dépassant quelque peu 65°. Etant donné que nous avons supposé que la température de l'eau était de 65° lorsque la température de la pièce était de 20°, la température de l'eau de la chaudière a continué nécessairement à s'élever puisque le brûleur fonctionnait sans interruption. Il est bien évident qu'avec une masse considérable d'eau dans le système à une température supérieure à 65° et avec une température de 21° dans la pièce dans laquelle les radiateurs sont exposés, une circulation naturelle continue se crée et continuerait jusqu'à ce que la température dans le réseau soit égale à la température du local environnant si les appareils de régulation n'entraient en action.

Ceci signifie que, inévitablement, avec un système par circulation naturelle, la température réelle de l'air dans le local à chauffer variera de 2 à 3 degrés au-dessus d'une valeur fixée et de 2 à 3 degrés au-dessous de la moyenne désirée. La certitude que la température tombera en dessous de la moyenne provient du

fait que, lorsque le thermostat met en jeu le mécanisme nécessaire afin de provoquer le rétablissement de la fourniture de chaleur à la pièce, la température de l'eau dans la chaudière et dans le réseau est tombée en dessous de la température nécessaire pour maintenir une émission moyenne de chaleur, et les premiers efforts du brûleur servent à élever la température de l'eau dans le réseau, afin que la quantité de chaleur fournie soit au moins égale à la perte de chaleur. Jusqu'à ce que cet équilibre soit atteint, la température de la pièce continue à baisser, bien que le thermostat cherche à faire les corrections nécessaires. Des thermostats ont été conçus de façon à remédier à cette difficulté, afin que, grâce à leur emploi dans les systèmes à circulation naturelle, une température plus constante que celle obtenue au moyen d'un thermostat courant soit maintenue.

Cependant, l'examen des différents facteurs permet d'arriver à une solution plus satisfaisante du problème. Si une réponse plus rapide aux demandes du thermostat pouvait être obtenue, afin que la chaleur soit rapidement fournie lorsque le thermostat le demande et soit rapidement arrêtée lorsque le thermostat est satisfait, un progrès dans le fonctionnement serait évidemment obtenu. Cet examen attire notre attention sur le système à eau pulsée qui est à conseiller vivement pour les systèmes traditionnels et, en particulier, pour les systèmes de chauffage par rayonnement.

Selon la méthode la plus simple de circulation pulsée l'eau dans la chaudière est maintenue à une température constante au moyen de l'aquastat et la pompe de circulation est sous le contrôle du thermostat. Ainsi avec un thermostat réglé à 21° et une température réelle de la pièce de 20°, l'aquastat maintient l'eau de la chaudière à une température moyenne constante indépendamment des besoins de chaleur. Ensuite lorsque le thermostat de la pièce réagit et demande de la chaleur, la pompe de circulation se met en marche, fournissant l'eau chaude de la chaudière aux radiateurs ou convecteurs. Aussitôt que la température de la pièce atteint 21°, le thermostat déclenche une série de mécanismes qui provoquent l'arrêt de la pompe de circulation, interrompant ainsi la fourniture de chaleur au local placé sous son contrôle. Comme des dispositifs sont prévus dans le système pour empêcher la circulation naturelle, lorsque le thermostat est satisfait la circulation de l'eau chaude dans le réseau s'arrête et la chaudière ne fournit plus aucune chaleur au local. La seule chaleur qui est alors fournie à la pièce est celle émise par la masse de métal et d'eau des radiateurs ou des convecteurs qui sont à une température assez élevée et qui pour cette raison continuent à fournir de la chaleur à la pièce.



Le système que nous venons de décrire est connu sous le nom de circulation d'eau chaude pulsée « tout ou rien ». Les recherches en vue d'améliorer le fonctionnement de ce système de chauffage ont eu pour résultat la mise en pratique d'une autre méthode suivant laquelle une circulation d'eau pratiquement continue est maintenue, la température de l'eau de circulation variant en raison inverse de la température extérieure afin que, théoriquement, aucun thermostat ne soit nécessaire à l'intérieur de la pièce. Cette méthode de régulation est quelquefois désignée sous le nom de « régulation à priori » car le réglage de l'alimentation en chaleur n'attend pas pour se faire qu'il y ait un changement de température intérieure, mais se fait immédiatement lorsque la température extérieure change.

Dans tout système de chauffage par rayonnement, il est évident qu'une certaine masse de matériaux doit être chauffée avant qu'un flux de chaleur se dégage dans le local à chauffer. Ceci est vrai en particulier pour les sols chauffants car les tuyaux sont enrobés dans une couche de béton. Plus ces tuyaux sont placés profondément dans la dalle de béton, plus grande est la masse de matériaux devant être chauffée avant que la chaleur se dégage dans le local et, inversement, plus longtemps la chaleur continue à se dégager après l'interruption de la source de chaleur. De même avec le chauffage par les parois ou par le plafond, il y a une masse considérable de matériaux : enduit, lattis, solives, etc. qui sont des « réservoirs » de chaleur dont la température s'élève pendant la période de chauffe et qui continuent à émettre de la chaleur une fois la source d'alimentation arrêtée. Par conséquent, il est évident que si un système de régulation peut prévoir d'avance les besoins en chaleur d'un local à chauffer, le fonctionnement obtenu sera meilleur que si les appareils de régulation doivent attendre que le changement de température soit enregistré par le système de réglage.

Cette méthode de régulation qui permet de régler la circulation d'eau d'après la température extérieure peut être perfectionnée : un thermostat d'appartement peut être ajouté et réglé de telle sorte qu'il limite la température maximum de la pièce qu'il contrôle. Avec ce perfectionnement, l'occupant d'une pièce peut y changer les conditions de température pour toute valeur inférieure à la température maximum pour laquelle le système est conçu. Il n'est pas possible de disposer les appareils de régulation de façon à ce que la température dans une pièce déterminée soit supérieure à la moyenne fixée, car dans ce cas la température moyenne fixée devrait être élevée pour tout l'ensemble. Par exemple dans une pièce ayant un thermostat limiteur de température, fonctionnant en liaison avec un système conçu pour maintenir une température de confort de



21°, ce thermostat d'ambiance peut être réglé pour toute température inférieure à 21°, mais ne peut être réglé pour maintenir une température supérieure à 21°, si bien que si dans une pièce déterminée chauffée par le système réglé à 21°, il est nécessaire de maintenir une température de 24°, la température de fonctionnement du réseau devra être réglée pour 24°. Les autres pièces ayant des thermostats limiteurs de température pourront être réglées alors pour toute valeur inférieure. Cette méthode de régulation par pièce individuelle peut s'appliquer à tout système de régulation à priori. Un autre perfectionnement peut être apporté à cette méthode générale. Il permet à la pompe de circulation, lorsqu'il n'y a pas de demande de chaleur de la part d'une partie quelconque du réseau, de s'arrêter automatiquement et de se remettre en marche dès la première demande de chaleur.

Nous examinerons maintenant le type particulier de régulation qui convient à une installation de chauffage par rayonnement, en nous limitant aux types qui emploient la circulation continue de l'eau, dont la température est réglée continuellement en accord avec les conditions extérieures.

Nous attirons, en premier lieu, l'attention sur le fait qu'il y a trois types principaux de réglage qui fonctionnent suivant la méthode exposée ci-dessus. Ces trois types principaux diffèrent par les moyens suivant lesquels l'indication de la température donnée par le thermostat ou par un appareil équivalent de mesure de la température déclenche l'action mécanique nécessaire pour ouvrir, fermer ou régler les robinets de réglage ou pour modifier d'une manière quelconque le flux de chaleur.

L'une de ces trois méthodes principales comprend l'interposition d'un lien mécanique direct entre un organe expansible sensible à la température et des vannes modifiant la production de chaleur. C'est évidemment la méthode la plus simple car elle n'emploie aucune source auxiliaire d'énergie comme les deux autres types.

Une des deux autres méthodes emploie l'énergie électrique comme lien entre l'appareil thermostatique et les vannes ou les organes de contrôle devant modifier la production de chaleur, et la troisième méthode emploie l'air comprimé ou le vide pour fournir l'énergie mécanique nécessaire pour le fonctionnement de ces appareils sous la direction des dispositifs thermostatiques.

Ces trois types de thermostats fonctionnent très efficacement et avec la précision nécessaire. Le choix entre ces trois systèmes est uniquement une affaire d'appréciation personnelle. Tous les appareils commerciaux de régulateurs répondant aux trois types décrits précédemment fonctionnent pour une certaine échelle de températures extérieures, par exemple de -1° à 21° ou de -17° à 21° et la température de l'eau de circulation varie entre un minimum



pendant les périodes où la température extérieure atteint le maximum et un maximum lorsque la température extérieure atteint le minimum.

Les appareils fabriqués par la « Sarcotherm Controls, Inc. New-York » appartiennent au premier type. Les caractéristiques principales de ces appareils sont indiquées à la Fig. 6-1. Dans

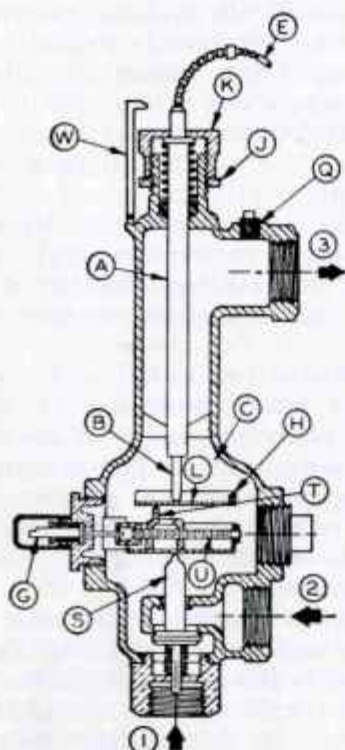


FIG. 6-1 : Vanne Sarcotherm (Sarcotherm Controls, Inc.).

cette figure le bulbe du thermostat extérieur est relié à la vanne de réglage au moyen du tube capillaire E. L'eau chaude de la chaudière pénètre par l'orifice inférieur (1). L'eau venant des serpentins chauffants entre par l'orifice (2) tandis que l'eau à la température déterminée par les conditions extérieures quitte l'appareil par l'orifice (3) pour aller dans les serpentins chauffants. Avec la vanne dans la position indiquée, l'eau chaude de la chaudière est fournie aux serpentins sans que sa température ait subi de modification tandis que l'eau en provenance des serpentins et pénétrant par l'orifice (2) est arrêtée. Ceci se déduit facilement de la position de la vanne. Pour bien comprendre la circulation de l'eau, nous devons nous rappeler que la pompe de circulation est alimentée par l'eau de retour des serpentins chauffants et l'envoi au moyen de deux tubes soit par l'orifice (2) dans la vanne, soit directement dans la chaudière. Si l'orifice (2) est fermé, l'eau

de retour ou l'eau fournie par la pompe doit aller évidemment dans la chaudière, de là pénétrer dans la vanne par l'orifice (1) à la température de la chaudière et sortir de la vanne par l'orifice (3) vers les serpentins.

En parcourant ce circuit, l'eau chaude passe autour de l'élément thermostatique A et provoque la dilatation et l'augmentation de longueur de celui-ci. Cette augmentation de longueur transmise par l'intermédiaire d'un bras de levier LT à la tige de la vanne (S) la force à descendre et, partant, règle la quantité d'eau, à tempéra-

ture réduite, en provenance des serpentins. Cette eau doit se mélanger à une quantité d'eau chaude suffisante en provenance de la chaudière, afin que la température du mélange évacué par l'orifice (3) soit à la température voulue. Le bouton (K) permet de régler la température maximum tandis que la tige (G) permet de

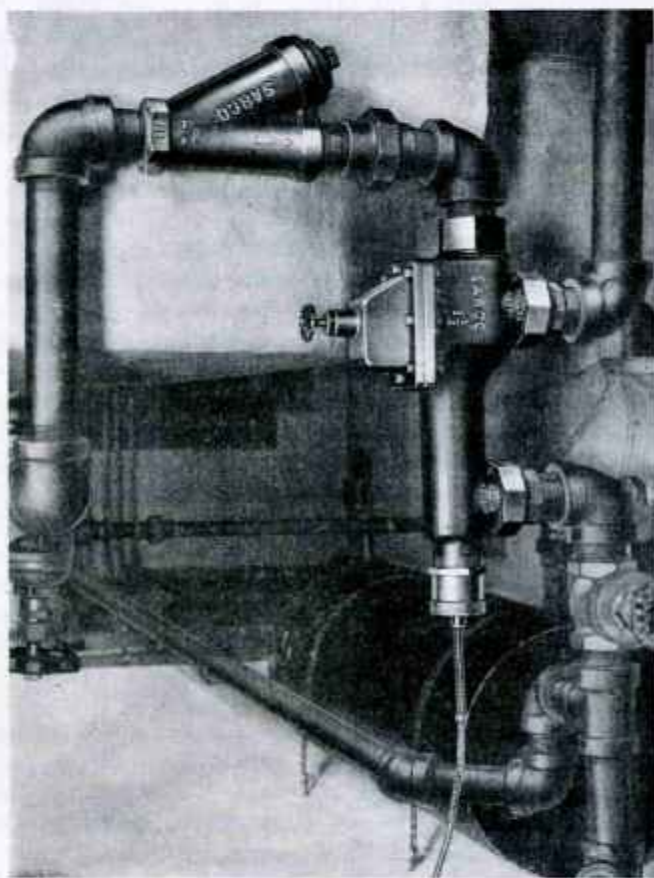


FIG. 6-2 : Montage d'une vanne Sarcotherm
(Sarcotherm Controls, Inc.).

réglér l'échelle des valeurs pour lesquelles la vanne fonctionnera. Avec cet appareil de réglage, il est parfaitement possible pour une chaudière dont l'eau est à une température de 82° de fournir l'eau chaude pour l'usage domestique et en même temps fournir l'eau aux serpentins chauffants à une température de 60° qui est, en géné

ral, la température nécessaire lorsque la température extérieure est inférieure à -12° . Lorsque la température extérieure augmente, la température de l'eau se dirigeant vers les serpentins s'abaisse, bien que la température de l'eau de la chaudière reste égale à 82° ; si bien que, par exemple, aux approches du printemps si la température extérieure atteint 15° , la température de l'eau délivrée aux serpentins radiants peut être réduite à 26° . Dans ce cas, la vanne régulatrice est presque fermée et il n'y a qu'une très faible quantité d'eau entrant par l'orifice (1), tandis que la quantité d'eau de retour des serpentins chauffants pénétrant par l'orifice (2) atteint son maximum. La Fig. 6-2 montre le montage d'une vanne Sarcotherm.

A ce système peut être ajoutée une régulation thermostatique individuelle par pièce, lorsque la température d'un local donné doit être réglée à une valeur inférieure à la température moyenne fixée. Pour les cas où ce perfectionnement supplémentaire de réglage est



FIG. 6-3 : Thermostat Sarco
(Sarcotherm Controls, Inc.).

nécessaire, la « Sarcotherm Controls, Inc. » fabrique un modèle modifié de la vanne décrite précédemment, qui comprend un thermostat d'appartement fonctionnant en liaison avec le bulbe extérieur et avec l'élément thermostatique à l'intérieur de la vanne, si bien que la température de l'eau de circulation n'est pas seulement modifiée par la température extérieure mais est également réglée en accord avec les demandes du thermostat de la pièce. De cette manière un réglage maximum est obtenu tout en conservant les avantages découlant de l'emploi du système a priori. Naturellement, il est possible d'équiper un certain nombre de pièces avec une vanne Sarcotherm qui répond à un thermostat d'appartement et fournit l'eau de

circulation, à la température voulue, à toutes les pièces, sur la base de la demande de la pièce où le thermostat est situé. Si, dans un grand immeuble, d'autres perfectionnements supplémentaires

sont nécessaires, il est naturellement possible d'équiper un certain nombre de circuits dépendant d'une chaudière avec des vannes Sarcotherm; de cette manière les besoins en chaleur, variables suivant l'orientation, peuvent être satisfaits.

Pour les immeubles soumis, par suite de leur orientation, à l'action de vents variables et parfois très violents, l'appareil Sarcotherm comprenant un type spécial de bulbe extérieur permet de tenir compte de l'action des vents froids et violents et également de l'influence des variations de l'énergie rayonnante émise par le soleil et interceptée par les nuages.

Les bulbes extérieurs classiques ne sont influencés que par des différences sensibles de température, tandis que ce bulbe spécial, fabriqué par la « Sarcotherm Controls » et désigné sous le nom de « bulbe extérieur Thermoradiation » tient compte des besoins différents de chaleur pour un jour ensoleillé et un jour nuageux bien que la température sensible extérieure soit la même dans les deux cas.

Bien que des thermostats classiques soient couramment employés avec les systèmes de chauffage par rayonnement, la « Sarcotherm Controls, Inc. » a mis au point un type particulier de thermostat spécialement conçu pour les installations de chauffage par rayonnement. Cet appareil est connu sous le nom de « Comforstat Thermoray » et comprend une sphère noircie d'un diamètre de 13 cm, montée sur une tige d'environ 18 cm de haut. Le modèle le plus perfectionné de cet appareil comporte un élément chauffant électrique afin que, sous les conditions normales de confort, la surface de la sphère soit maintenue à 26°5, température équivalente à la température superficielle du corps humain. Cet appareil peut être placé contre le mur dans les pièces chauffées par le plafond, ou contre le plafond dans les pièces chauffées par rayonnement au moyen de serpentins placés dans le sol, ou, si cela est nécessaire, dans une niche pratiquée dans le mur afin qu'il n'y ait aucune saillie dans la pièce.

Par conséquent cet appareil, dans le cas du chauffage par rayon-

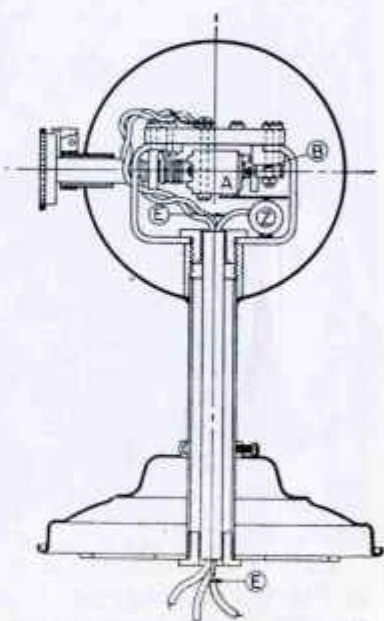


FIG. 6-1 : Coupe d'un thermostat Sarco (Sarcotherm Controls, Inc.).



nement, est plus sensible aux conditions de confort qu'un thermostat ordinaire car il n'est pas seulement affecté par la température de la pièce mais également par les courants d'air et la chaleur dégagée par la surface rayonnante, ainsi que par la température moyenne superficielle des murs, des fenêtres, des plafonds, etc...; il ressent par suite les conditions de température d'une manière similaire au système nerveux du corps humain. Le Thermoray est sensible à toute température superficielle, accidentellement basse d'une des surfaces de la pièce et modifie en conséquence ses demandes en chaleur afin d'obtenir les températures de confort indépendamment de la température de l'air de la pièce.

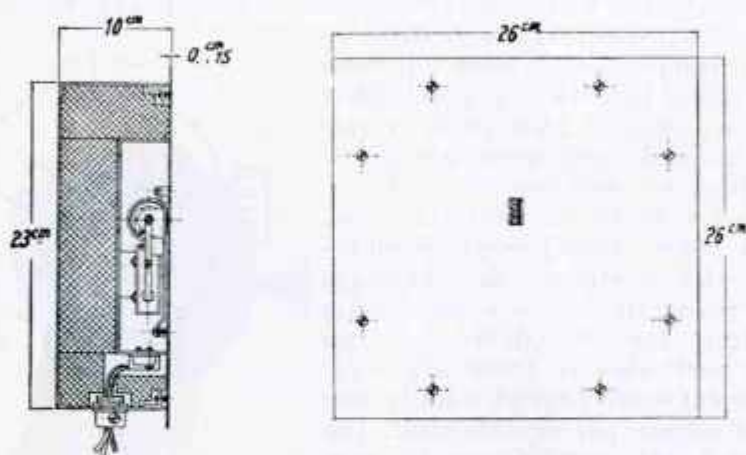


FIG. 6-5 : Type de thermostat en forme de panneau (Sarco-therm Controls, Inc.).

La Fig. 6-3 montre l'aspect extérieur d'un Sarco Thermoray et la Fig. 6-4 en donne une coupe. Un réchauffeur électrique (Z) sert à maintenir une température de $26^{\circ} 5$ dans le bulbe noir. L'effet de la température de l'air sur l'extérieur du bulbe, ainsi que l'effet de la chaleur rayonnante se heurtant contre le bulbe, affecte la température à l'intérieur de la sphère et de l'élément thermostatique (A) qui, à son tour, règle l'action de la vanne Sarcotherm. Les réglages sont faits au moyen du bouton se trouvant à gauche de la sphère. La Fig. 6-5 montre l'aspect extérieur d'un modèle de Thermoray en forme de panneau qui peut remplacer le modèle sphérique si l'on désire avoir un appareil plus esthétique.

Comme exemple de la seconde méthode de régulation qui emploie une source indépendante d'énergie pour transmettre, en vue

d'un changement de température, les demandes du thermostat aux appareils de régulation qui permettent d'obtenir ce changement, nous attirons l'attention sur un système de régulation répondant à cette méthode et fabriqué par la « Johnson Service Company of Milwaukee ». Ce système emploie un bulbe thermostatique extérieur pour mesurer la température extérieure et un second bulbe thermostatique situé dans la conduite d'amenée de l'eau chaude dans les serpentins chauffants. Le bulbe situé dans la

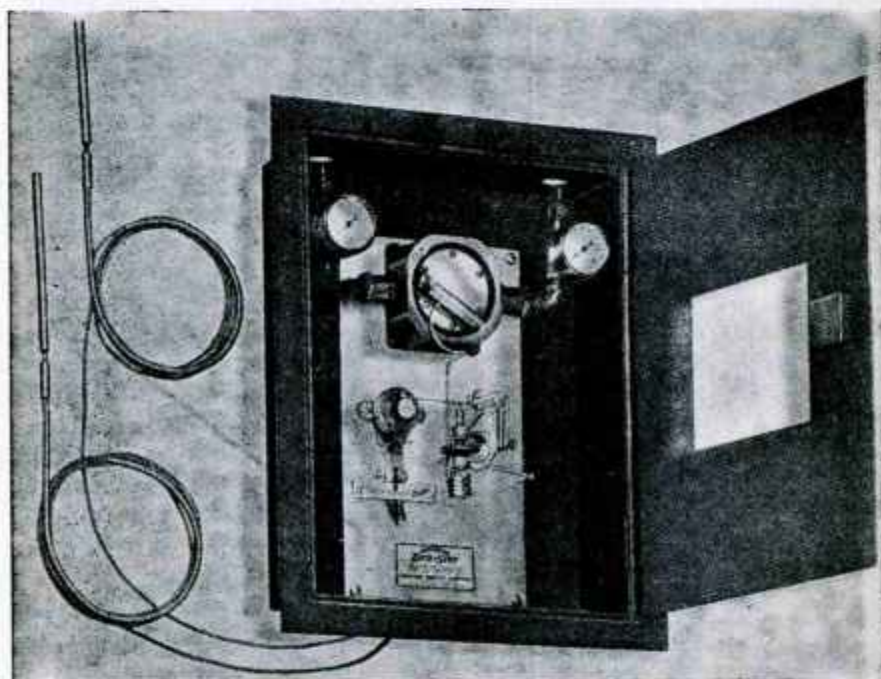


FIG. 6-6 : Duo-Stat pneumatique (Johnson Service Company).

conduite d'amenée d'eau chaude agit en tant que bulbe de régulation et maintient la température de l'eau à la valeur dictée par le bulbe extérieur. Les deux bulbes sont reliés à un instrument connu sous le nom de « Duo-Stat », dont il existe trois modèles : pneumatique, électrique et électronique.

Le Duo-Stat pneumatique (Fig. 6-6) est employé lorsqu'un appareil à fonctionnement graduel et progressif, tel que la vanne mélangeuse à trois voies, indiquée à la Fig. 6-7, est nécessaire. L'air comprimé est la source d'énergie servant à faire fonction-



ner la vanne et est fourni au Duo-Stat à une pression constante. Le Duo-Stat, à son tour, réduit cette pression jusqu'à une valeur fixée par les deux bulbes thermostatiques, suivant la méthode décrite dans le paragraphe précédent, et la transmet à la partie supérieure du diaphragme en caoutchouc (1) Fig. 6-7. La pression de l'air sur la partie supérieure du diaphragme comprime le ressort (4) et entraîne le disque de la vanne (9) afin que le rapport approprié entre le volume de l'eau de retour des serpentins et le volume d'eau chaude en provenance de la chaudière ou du réchauffeur d'eau soit maintenu. La température de l'eau chaude fournie à la vanne mélangeuse est maintenue à une valeur fixe par réglage d'un thermostat à limite maximum qui déclenche l'appareil d'allumage automatique dans le cas d'une chaudière par eau chaude, ou fait fonctionner une vanne à vapeur dans le conduit d'alimentation de vapeur, si un convertisseur d'eau chaude chauffée à la vapeur est employé. La Fig. 6-8 montre une application de ce dispositif à un réseau divisé en deux circuits ayant des orientations extérieures différentes. Cette méthode peut s'appliquer à un nombre quelconque de circuits alimentés par une source commune d'eau chaude. Un Duo-Stat, une vanne mélangeuse et une pompe de circulation sont nécessaires par circuit.

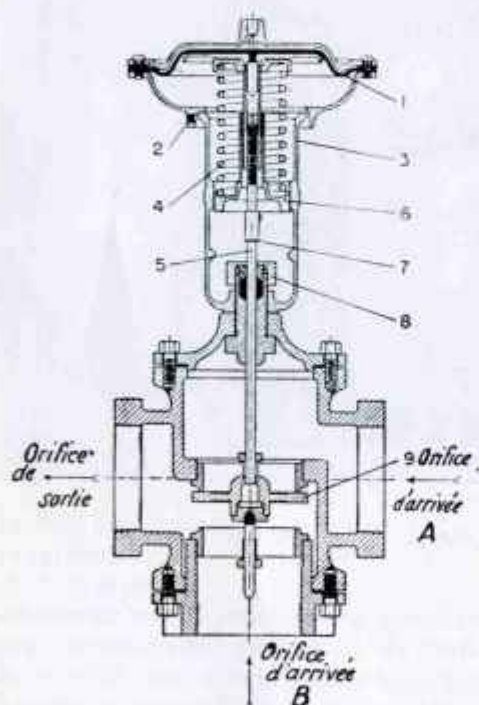


Fig. 6-7 : Vanne de modulation pneumatique.
(Johnson Service Company).

Un Duo-Stat, une vanne mélangeuse et une pompe de circulation sont nécessaires par circuit.

Dans les réseaux ne comprenant qu'un circuit, le Duo-Stat peut régler directement la source de chaleur. Si un réchauffeur d'eau chaude chauffé à la vapeur est employé, le Duo-Stat règle une vanne fonctionnant pneumatiquement sur le conduit d'alimentation de vapeur, et dans ce cas la vanne mélangeuse à trois voies est supprimée. Dans tous les cas une circulation continue d'eau chaude est supposée exister.

ne d'eau chaude est supposée exister.

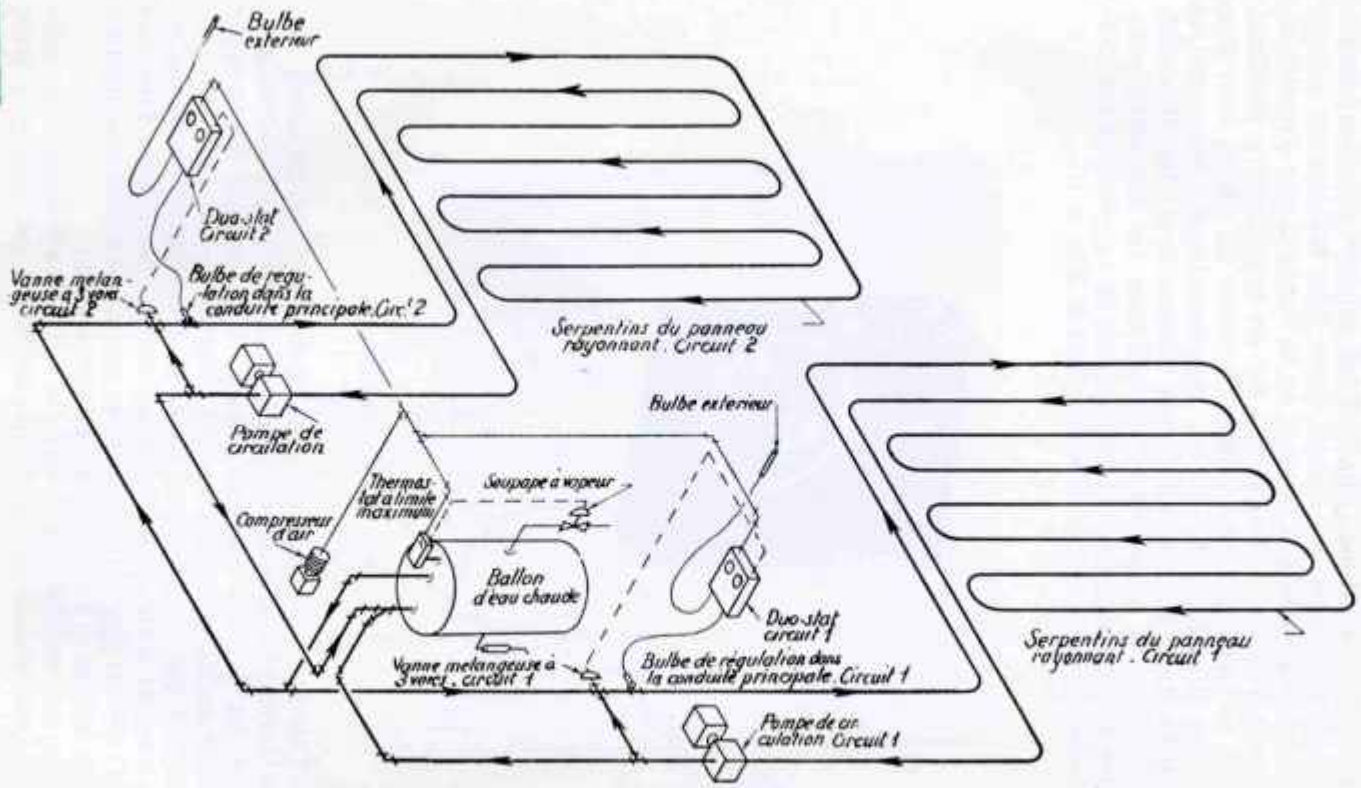


FIG. 6-8 : Régulation par circuit (Johnson Service Company).



Le Duo-Stat électrique (*Fig. 6-9*) est employé dans les réseaux ne comprenant qu'un seul circuit, pour faire fonctionner le foyer automatique, le brûleur à mazout ou la vanne à gaz d'une chaudière à eau chaude. Cet appareil est du type à deux positions, dit « tout ou rien », pouvant fermer ou ouvrir un circuit électrique suivant les demandes des bulbes thermostatiques. Des soupapes de sécurité et, dans le cas du foyer automatique, des dispositifs d'entretien du feu, employés en général avec des dispositifs automatiques d'allumage, doivent être utilisés en supplément du Duo-Stat. Cette disposition est indiquée dans la *Fig. 6-10*.

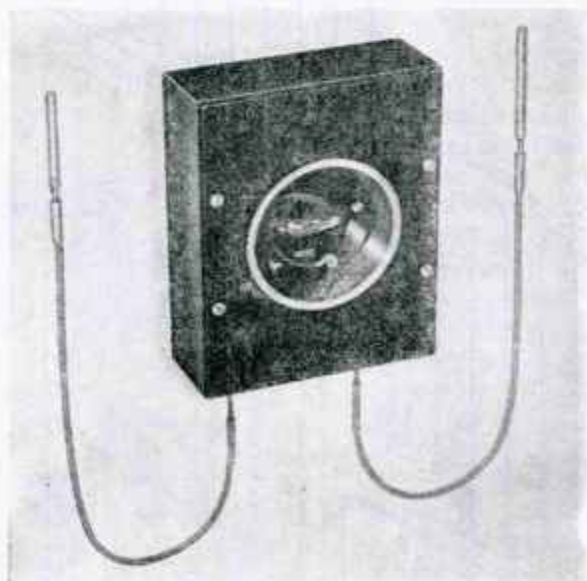


FIG. 6-9 : Duo-Stat électrique

Les Duo-Stat pneumatiques et électriques comprennent des bulbes thermostatiques remplis de liquide, reliés au Duo-Stat proprement dit par des tubes capillaires. Le Duo-Stat électronique comprend des bulbes à résistance électrique reliés au Duo-Stat proprement dit par des fils électriques. Le Duo-Stat électronique est un instrument à deux positions qui remplit les mêmes fonctions que le Duo-Stat électrique mais n'est pas limité quant à la distance entre les bulbes et l'instrument proprement dit.

L'avantage résultant de l'emploi d'instruments de ce type dans lesquels l'énergie pneumatique ou électrique est employée pour

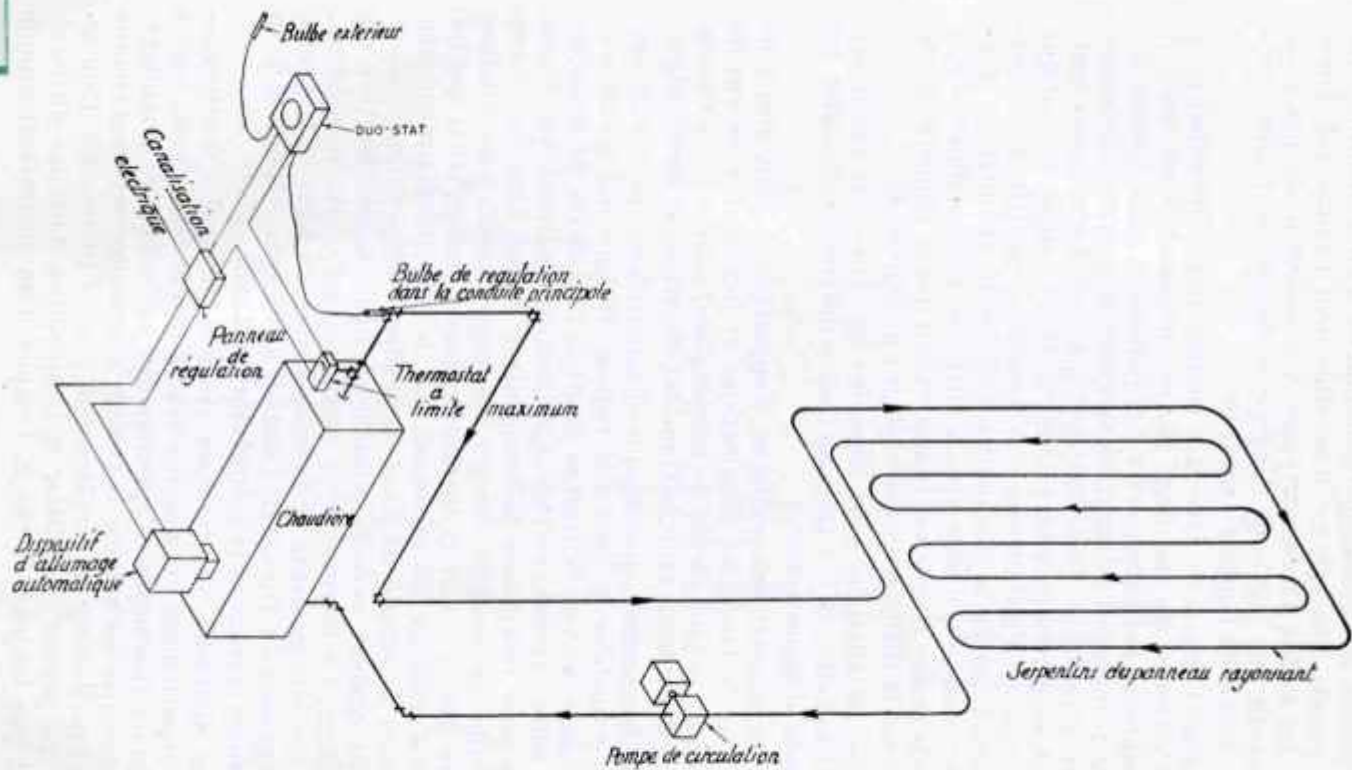


FIG. 6-10 : Duo-Stat à deux positions (Johnson Service Company).

faire fonctionner les organes de régulation est qu'une quantité relativement grande d'énergie est disponible dont l'emploi est déterminé par les bulbes thermostatiques. Ces bulbes n'ont pas pour rôle de fournir une partie de l'énergie nécessaire pour faire fonctionner la vanne ou l'appareil similaire.

En plus de l'emploi de Duo-Stat comme moyen principal pour régler les systèmes de chauffage par rayonnement, il est souvent utile d'employer des thermostats d'appartement pour assurer des conditions de température satisfaisantes et uniformes dans les locaux à chauffer. Puisque les Duo-Stat électriques et électroniques sont, en général, employés pour les réseaux à circuit unique, la pratique courante consiste à installer un seul thermostat électrique d'appartement dans l'endroit le plus judicieux du local à chauffer. Ce thermostat est connecté en série avec le circuit de réglage du Duo-Stat et stoppe la source de chaleur toutes les fois que la température du local dépasse la température de réglage du thermostat.

Dans les installations pour lesquelles des Duo-Stat pneumatiques sont installés, il y a trois méthodes différentes d'emploi des thermostats d'appartement.

1° Un thermostat pneumatique d'appartement peut être relié en série avec le Duo-Stat pneumatique et fonctionner en vue de fixer la limite la plus élevée de température, comme nous l'avons exposé précédemment pour le Duo-Stat électrique et électronique.

2° Un thermostat pneumatique d'appartement peut être employé pour modifier la valeur de réglage du Duo-Stat plutôt que de fonctionner en vue de fixer la limite la plus élevée de température. Le bulbe extérieur du Duo-Stat fonctionne suivant la méthode courante pour déterminer la température devant être maintenue par le bulbe de contrôle. Malgré des gains constants de chaleur intérieure dus aux sources incontrôlables de chaleur, telles que les appareils d'éclairage, les personnes, etc., le Duo-Stat maintient une température constante du local. Cependant, si ces sources incontrôlées de chaleur varient considérablement, la température du local variera. Le thermostat de pièce, suivant cette disposition, répond aux changements de la température du local et transmet cette impulsion au Duo-Stat. Celui-ci, à son tour, répond à cette impulsion en corrigeant la température de l'eau.

3° Les méthodes, mentionnées ci-dessus, d'emploi de thermostats d'appartement en plus des Duo-Stat ne demandent, toutes deux, qu'un thermostat d'appartement par circuit de chauffage. On suppose que les besoins de chaleur sont uniformes dans chaque circuit et qu'il existe un emplacement pour le thermostat d'appartement qui permet de refléter la température moyenne du local. Ce n'est pas toujours le cas et l'emploi d'un thermostat unique



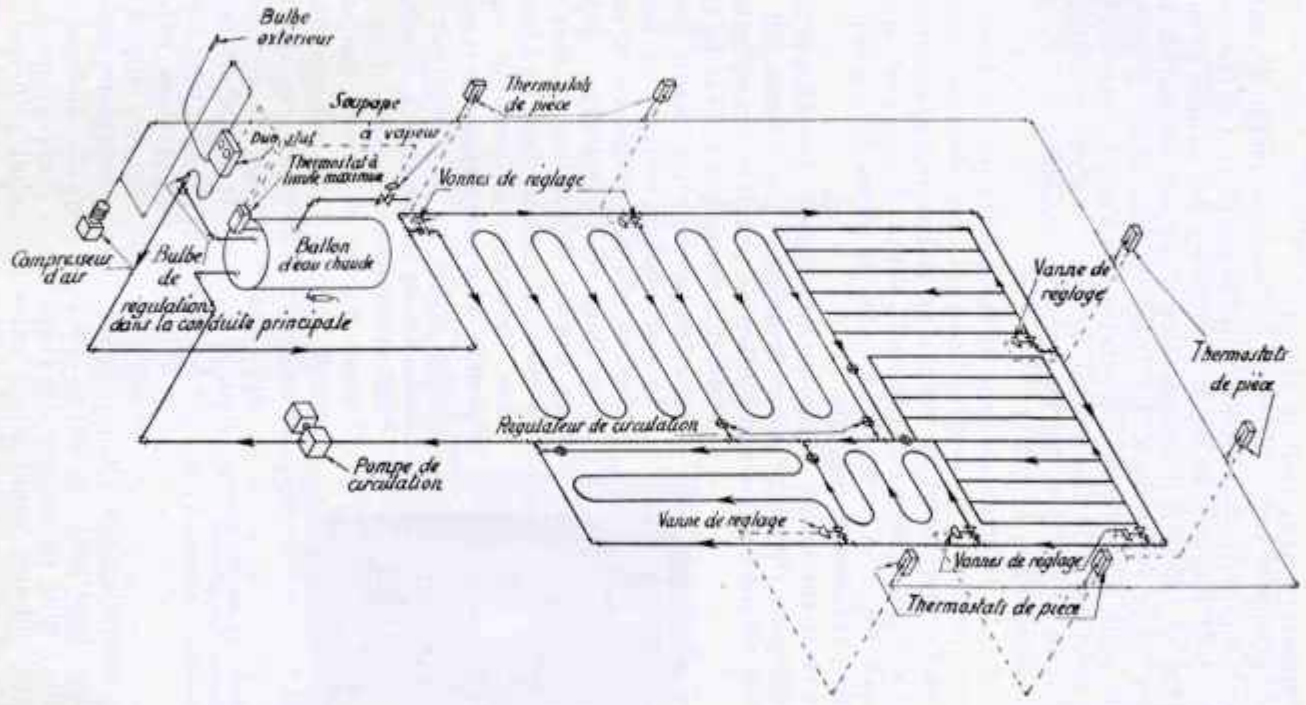


FIG. 6-11 : Régulation individuelle par pièce (Johnson Service Company)

d'appartement n'aura pas toujours comme résultat des températures uniformes dans tout le circuit.

Pour surmonter cette difficulté, la troisième méthode comporte l'emploi d'un thermostat séparé dans chaque pièce. Ces thermostats de pièce sont disposés de façon à contrôler des vannes pneumatiques dans les conduits d'alimentation d'eau aux serpentins desservant les pièces respectives. Le Duo-Stat fonctionne d'une façon normale pour contrôler la température de l'eau fournie à chaque circuit tandis que le thermostat de pièce contrôle le volume de cette eau en accord avec les nécessités de chaque pièce. Ce dispositif est indiqué à la Fig. 6-11.

La Fig. 6-12 présente un type de thermostat pneumatique d'appartement pouvant être employé suivant l'une des trois méthodes précitées. Le thermostat est muni d'un cadran réglable permettant de fixer le degré de température voulu et peut être également muni, si on le désire, d'un levier d'arrêt afin de permettre un chauffage discontinu du circuit contrôlé.

Dans cette discussion concernant le réglage, par Duo-Stat, des installations de chauffage par rayonnement, nous avons fait mention de la division d'une installation de chauffage en circuits. Un

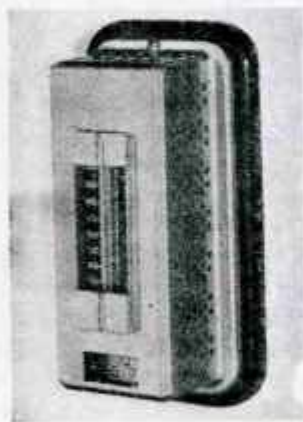


Fig. 6-12 : Thermostat pneumatique d'appartement (Johnson Service Company).

immeuble donné peut, pour le chauffage, être divisé en plusieurs sections afin que chaque section ait des besoins en chaleur relativement uniformes. Pour cette répartition uniforme des besoins de chaleur, il faut tenir compte, en premier lieu, de l'orientation. Prenons pour exemple un immeuble à appartements de plusieurs étages, ayant un axe principal Nord-Sud ; des appartements se trouvent à l'Est et d'autres à l'Ouest, il est donc logique d'avoir un circuit Est et un circuit Ouest. Il est évident que les besoins de chaleur de ces deux circuits varient suivant la période du jour, et le mode de régulation indiqué à la Fig. 6-8 aidera à maintenir partout des conditions confortables avec un rendement maximum de l'emploi de la

chaleur. Naturellement, chaque circuit pourra comprendre plusieurs serpentins chauffants au lieu de l'unique serpentin indiqué sur la figure. Si en plus, on emploie des thermostats d'appartement, chacun contrôlant une vanne située entre le conduit principal d'alimentation et les serpentins du chauffage par rayonnement couvrant

le circuit sous son contrôle, les conditions maxima de confort et de rendement seront obtenues.

De grands bâtiments à plusieurs étages sont souvent divisés en plusieurs circuits, chaque circuit comprenant un Duo-Stat individuel qui contrôle sa propre vanne mélangeuse. Le bulbe extérieur pour chaque Duo-Stat doit être situé de façon à être orienté de la même manière que le circuit qu'il dessert ; et tous les bulbes sauf ceux situés dans les circuits Nord doivent être pourvus d'écrans protecteurs contre le soleil. Dans le cas où le bulbe est placé bien en vue, l'écran protecteur peut être peint afin de s'harmoniser avec le bâtiment. La Fig. 6-13 montre des types de montage de bulbes extérieurs avec écrans protecteurs.

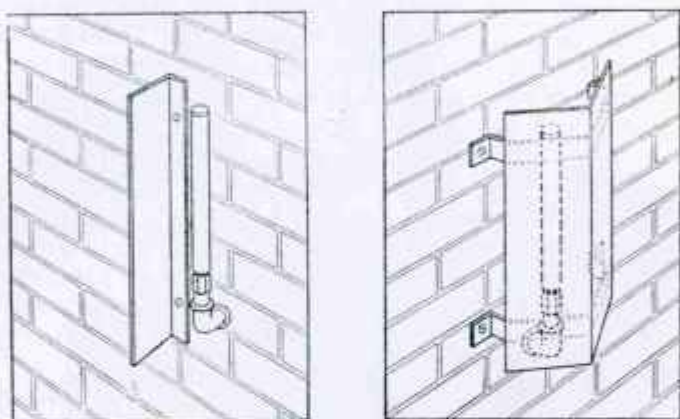


FIG. 6-13 : Emplacement du bulbe extérieur : A gauche, écran protecteur du bulbe extérieur situé sur la façade Est ou Ouest. A droite, écran protecteur du bulbe extérieur situé sur la façade Sud. (Nota : les bulbes de la façade Nord n'ont pas besoin d'écran protecteur) (Johnson Service Company).

Un troisième type de régulation s'adaptant au chauffage par rayonnement est fabriqué par la « Minneapolis Honeywell Regulator Company ». La partie principale de cet appareil est connue sous le nom de régulateur à remontage automatique. La Fig. 6-14 présente une vue extérieure de cet appareil ainsi qu'une vue du bulbe thermostatique qui doit être placé de façon à pouvoir réagir suivant la température de l'eau d'alimentation des serpentins chauffants. La « Minneapolis Honeywell Regulator Company » recommande l'installation de ce bulbe dans une alvéole située dans le conduit principal d'alimentation d'eau chaude afin qu'il puisse réagir suivant les températures de l'eau chaude. La



Fig. 6-15 donne une coupe du régulateur à remontage automatique qui permet d'avoir une idée de ces principes de fonctionnement.

On comprend mieux le fonctionnement de ce régulateur si l'on commence l'examen par la partie de l'appareil appelée « régulateur de la température de l'eau d'alimentation ». Cette partie de l'appareil réagit suivant la température de l'eau s'écoulant vers les serpentins au moyen du bulbe thermostatique mentionné précédemment et au moyen des connections électriques indiquées sur la gravure. Ce bulbe thermostatique règle le fonctionnement du brûleur de la chaudière ou des soupapes de modulation de vapeur sur un échangeur ou d'une vanne mélangeuse à trois voies, selon les cas, de façon à maintenir la température de l'eau d'alimentation à la valeur fixée d'avance. La partie de l'appareil appelée « moteur Modutrol » tourne en accord avec les changements de la température extérieure qui sont transmis par un dispositif appelé régulateur extérieur. La came située au centre supérieur de la Fig. 6-15 est montée sur l'arbre du moteur et sa rotation fait varier la

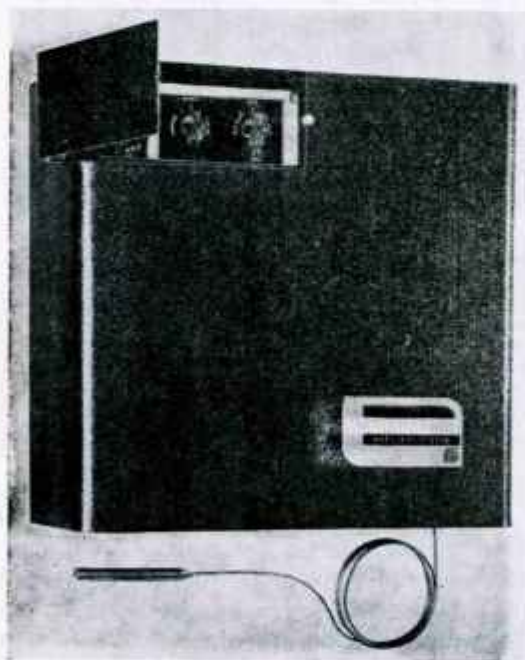


Fig. 6-14 : Panneau de régulation Minneapolis-Honeywell (Minneapolis Honeywell Regulator Company).

pression du ressort sur le contact à l'intérieur du régulateur de température de l'eau d'alimentation, mentionné ci-dessus, afin de maintenir le rapport voulu entre l'eau chaude allant dans les serpentins chauffants et les besoins de chaleur dictés par les conditions de température extérieure.

La Fig. 6-16 montre les relations qui existent entre tous les éléments de ce type de réglage. A gauche de la gravure se trouve le bulbe thermostatique extérieur relié au régulateur extérieur au moyen

d'un tube capillaire. Le régulateur proprement dit est placé à l'intérieur et est adjacent au régulateur à remontage automatique qui se trouve à une distance raisonnable de la vanne à trois voies, et l'alvéole du bulbe du régulateur est situé dans la conduite d'alimentation d'eau chaude. On notera que cette vanne à trois voies reçoit l'eau de retour des serpentins par un orifice situé à droite et délivre l'eau chaude aux serpentins à la température voulue par l'orifice gauche.

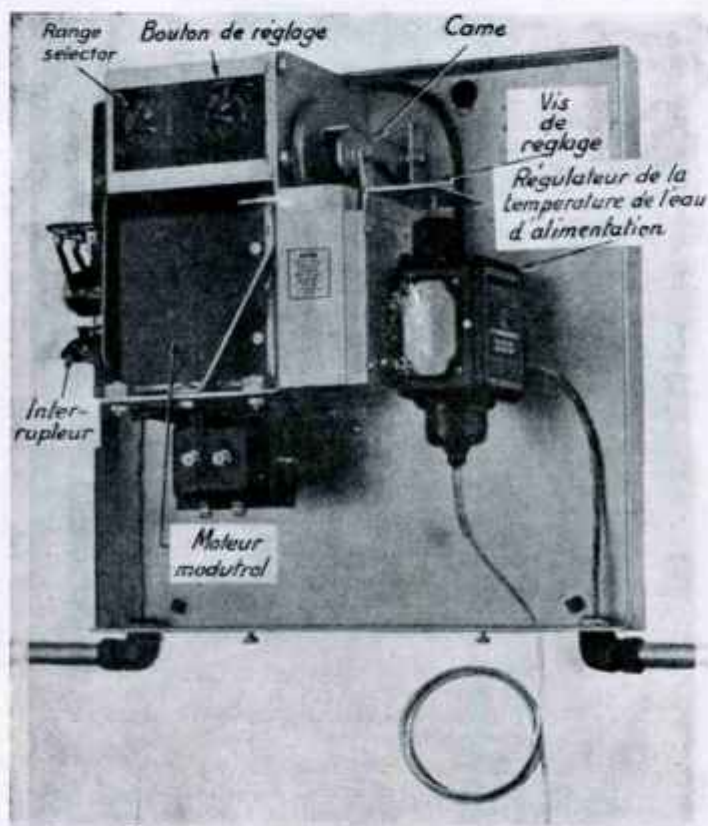


FIG. 6-15 : Coupe d'un régulateur Minneapolis-Honeywell (Minneapolis Honeywell Regulator Company).

L'un des avantages d'un système Minneapolis-Honeywell est la facilité avec laquelle les réglages peuvent être faits. Les températures minima et maxima que peut nécessiter un système de chauffage par rayonnement peuvent être obtenues en réglant le

bras de levier actionné par la came rotative (Fig. 6-15) à la seule condition que les températures désirées soient dans les limites du régulateur. Par exemple, un régulateur convient pour une échelle de températures allant de 18° à 60°. Il peut donc être réglé de façon à ce que la température de l'eau varie entre un minimum de 18° et un maximum de 60°. D'autres modèles permettent d'obtenir une échelle de valeurs plus ou moins grande.

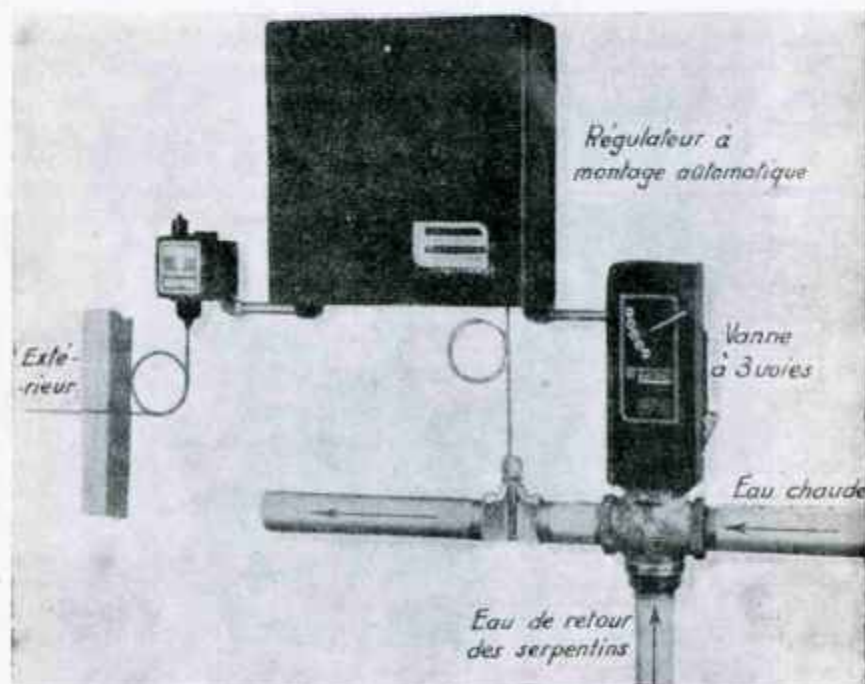


FIG. 6-16 : Montage d'un régulateur Minneapolis-Honeywell (Minneapolis Honeywell Regulator Company).

En plus des réglages décrits ci-dessus, qui sont obligatoirement permanents pour une installation donnée, il y a deux boutons réglables que l'on peut voir à la Fig. 6-14 et d'une façon plus nette à la Fig. 6-15. Le « range selector » permet, dans certains cas, d'augmenter la température maximum de quelques degrés, et permet également d'abaisser la température moyenne de quelques degrés suivant le choix de l'occupant. Ces réglages peuvent être utiles ; par exemple, dans le cas d'un jour froid avec des vents violents, il permet d'élever temporairement la température intérieure de quelques degrés. Si d'autres conditions surviennent qui rendent

souhaitable un abaissement de la température moyenne, il suffit, grâce à lui, de tourner le bouton de gauche, suivant les indications inscrites sur le panneau. En plus du « range selector » il y a un autre bouton qui fonctionne suivant trois positions : une position dite automatique, une position « chaleur minimum », et une position « chaleur maximum ». Ce bouton de réglage étant mis à la position automatique, le système opère comme décrit ci-dessus et maintient l'eau circulant dans les serpentins chauffants à la température fixée d'avance suivant les conditions extérieures. Si ce bouton de réglage est mis à la position « chaleur minimum », les dispositifs de réglage fonctionnent pour maintenir une température minimum constante de l'eau indépendamment des températures extérieures. Ce système de réglage est utile lorsqu'il est nécessaire, pour une raison quelconque, de laisser un immeuble vide sans surveillance pendant quelques jours, la température minimum étant suffisante pour empêcher le gel. Si le bouton de réglage est placé à la position « chaleur maximum » le système fonctionne d'une façon continue à la température maximum, indépendamment des conditions extérieures. Ce système de réglage peut être utile, dans certains cas, après emploi du réglage à la température minimum lorsque les locaux étaient vides, ce qui avait eu pour conséquence de rendre inconfortables les températures intérieures. En mettant alors l'appareil de réglage à la position « chaleur maximum » la température des locaux redevient confortable dans un temps minimum.

Les régulateurs à remontage automatique de la « Minneapolis Honeywell » peuvent être reliés à un thermostat d'appartement, semblable à celui de la Fig. 6-17. Avec cet appareil, les températures intérieures sont maintenues avec une grande précision par suite du réglage progressif de la température de l'eau de circulation sous le contrôle du thermostat. Ce régulateur à remontage peut être perfectionné par l'adjonction d'un interrupteur, que l'on peut voir à la Fig. 6-15, qui sert à arrêter la pompe de circulation lorsque les conditions sont telles que les températures minima désirées de l'eau de circulation sont atteintes. Dans ce cas, aucune circulation n'est plus nécessaire, la pompe s'arrête, et il en résulte une économie

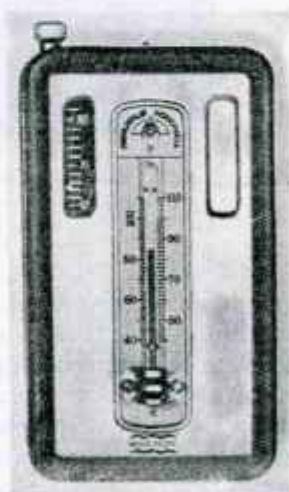


FIG. 6-17 : Thermostat d'appartement (Minneapolis Honeywell Regulator Company).

d'énergie électrique; cependant lorsque les conditions de température le justifient, la pompe de circulation est remise en marche automatiquement.

Une méthode un peu plus simple de régulation, s'adaptant aux installations de chauffage par rayonnement, a été préconisée par la « Hoffman Specialty Company of Indianapolis Ind. », dans leur système « Series 90 ». Ce système prévoit une circulation continue de l'eau chaude dans le serpentin chauffant, à une température

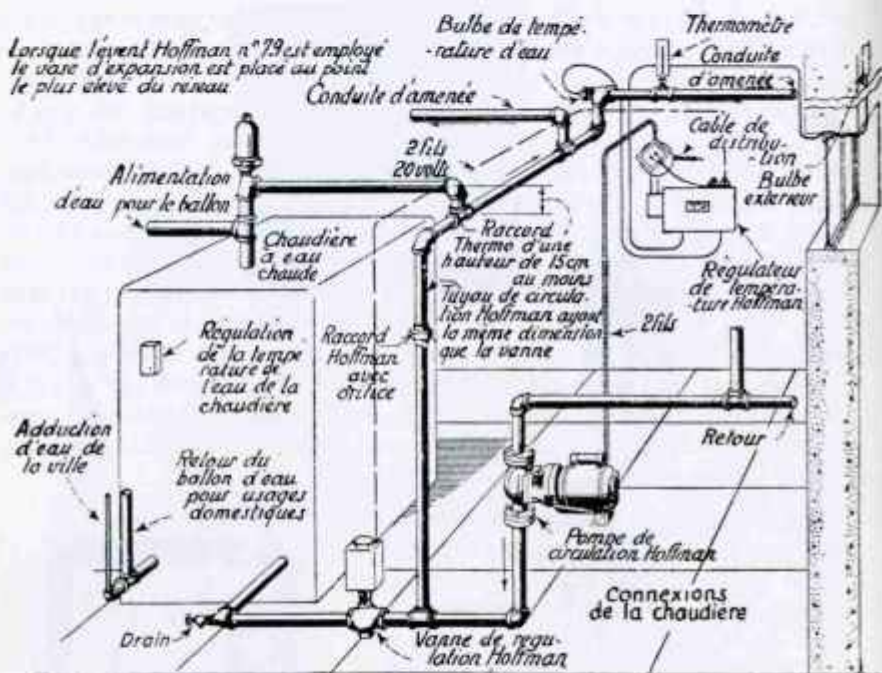


Fig. 6-18 : Système de régulation Hoffman (Hoffman Specialty Company).

dépendant directement de la température extérieure. Les caractéristiques essentielles du système sont indiquées à la Fig. 6-18. Lorsque la vanne de réglage est fermée, la chaudière est mise hors circuit, c'est-à-dire que la pompe de circulation refoule l'eau par le tuyau de circulation Hoffmann, le conduit principal d'amenée et les serpents chauffants jusqu'à ce qu'elle revienne à la pompe de circulation.

Comme nous l'indiquons, un bulbe de température d'eau se trouve dans l'eau d'alimentation. Un autre bulbe de température est situé à l'extérieur. Ces deux bulbes, avec leurs tubes capillaires

font partie du régulateur de température « Hoffman Series 90 » (Fig. 6-19). Dès que la température de l'eau d'alimentation ne correspond plus à la température extérieure, sous l'action du régulateur de température, la vanne de réglage s'ouvre, et une partie de l'eau des retours pénètre alors dans la chaudière, refoulant une quantité correspondante d'eau chaude de cette dernière. Le reste de l'eau des retours passe par le tube de circulation et se mélange à l'eau chaude de la chaudière.

Lorsque la température de ce mélange d'eau passant par le bulbe de température d'eau est de nouveau réglée pour correspondre aux conditions de température extérieure, le régulateur de température ferme la vanne de réglage. S'il la ferme complètement, la circulation s'effectue comme dans le cas précédent. Cependant, la vanne de réglage fonctionne très lentement, son ouverture et sa fermeture demandant environ quatre minutes; aussi n'est-elle

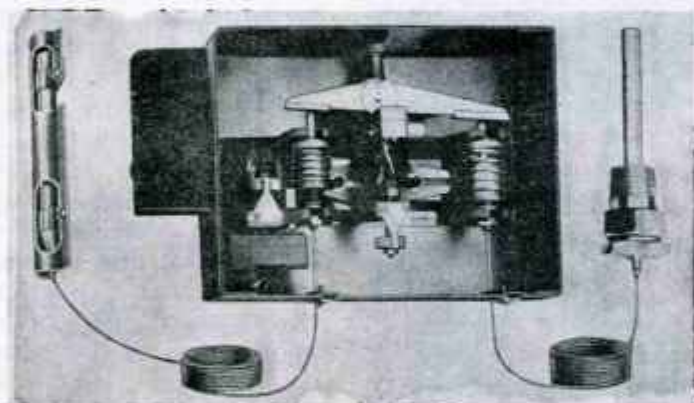


FIG. 6-19 : Régulateur Hoffman (Hoffman Specialty Company).

généralement ni complètement ouverte ni complètement fermée quand l'opération inverse se produit. Par conséquent, il est très possible qu'il y ait une autre demande de chaleur avant que la vanne de réglage ne soit complètement fermée, et elle recommencera à s'ouvrir avant d'avoir été complètement fermée. En réalité, il peut y avoir un flottement pendant une certaine période, c'est-à-dire que la vanne pourra ne jamais s'ouvrir en grand et ne jamais se fermer à fond avant que le régulateur ne lui envoie une nouvelle impulsion et renverse la situation. La vanne elle-même est quelque peu semblable à une vanne sphérique ordinaire et, pour des dimensions inférieures à 5 cm, est actionnée par un moteur thermique comme

l'indique la *Fig. 6-20*. Les modèles plus grands emploient un moteur réversible électrique immergé dans l'huile. Pour de grandes différences de pressions, il est fait emploi d'une vanne équilibrée.

Un orifice d'une dimension appropriée est placé dans le tuyau de circulation afin que, lorsque la vanne de réglage s'ouvre, la quantité appropriée d'eau passe par la chaudière et le tuyau de



FIG. 6-20 : Vanne de réglage Hoffman (Hoffman Specialty Company).

circulation. Lorsque la vanne de réglage est complètement fermée, la circulation de l'eau est fortement réduite. Naturellement ceci survient plus fréquemment lorsque la température extérieure est élevée ; par cette réduction de la quantité d'eau de circulation, le réglage est rendu plus sensible, ce qui est utile sous ces conditions.

Le régulateur de température possède deux dispositifs principaux de réglage. L'un d'eux permet à l'occupant d'abaisser ou d'élever facilement la température de l'eau dans les limites permises. L'autre doit être manié par un spécialiste d'appareils de chauffage qui changera le rapport entre la température extérieure et celle de l'eau d'alimentation. Le régulateur est réglé à l'usine pour répondre aux demandes de l'ingénieur. Cependant, il arrive souvent qu'un réglage soit nécessaire sur place lorsque les déperditions calorifiques de la maison n'ont pas été calculées exactement, car le régulateur peut fournir de

l'eau à la température voulue aux serpentins pour une série de conditions extérieures bien déterminées et non pour d'autres. Le levier d'ajustement peut alors être facilement déplacé, en accord avec des abaques bien établis, et l'erreur est rapidement corrigée. Lorsque le régulateur a été réglé pour répondre exacte-

ment aux conditions d'une maison, aucun autre réglage n'est nécessaire. En plus de sa fonction de commander la vanne de réglage, le régulateur peut stopper la pompe de circulation, grâce à un interrupteur, lorsque la température atteint 18°3. Cette limite de température peut être changée suivant les désirs de l'occupant.

Il est important que l'eau dans la chaudière soit maintenue à une température supérieure d'au moins 5° à celle demandée, dans les conditions les moins favorables. Ceci permet de maintenir la température de l'eau de la chaudière à un degré assez élevé pour les services de production d'eau chaude.

La « Hoffman Specialty Company », après une expérience de plusieurs années, ne croit pas qu'il soit nécessaire d'employer des thermostats individuels d'appartement.

