

LES APPLICATIONS, AU CHAUFFAGE CENTRAL,

DE LA

REGULATION DE LA CHAUFFE

par Monsieur L. LIEUBRAY

Ingénieur I.C.A.M.

-:-

Messieurs,

Je tiens tout d'abord à remercier:

- LA SOCIETE D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE qui m'a fait l'honneur de me confier le soin de traiter une conférence sur " LES APPLICATIONS, AU CHAUFFAGE CENTRAL, DE LA REGULATION DE LA CHAUFFE ".

- Je remercie également Messieurs CHEVENARD et NESSI, mes parrains dans cette société, qui ont tant fait, depuis des années, pour les industries de la MESURE et de la REGULATION.

Nous nous proposons, par cette conférence, de mettre en lumière la complexité du problème de la REGULATION, la variété de la technique spécialisée qui s'emploie à la résoudre, et nous espérons qu'elle contribuera à vous faire connaître une industrie de qualité:

- d'intérêt national par les buts qu'elle se propose d'atteindre (sécurité hygiène, confort, économie d'énergie)

- d'exportation, par ses qualités d'industrie de transformation, de précision de grande valeur massique.

Monsieur Charles FABRY, membre de l'Institut, a donné, des BUTS de la REGULATION, la définition scientifique suivante:

"La Régulation a pour but de maintenir constants un ou plusieurs des paramètres qui peuvent influencer sur ce que l'on veut produire, et il est peu de questions de physique d'opérations industrielles pour lesquelles ne se posent des problèmes de régulation automatique.

Permettez-moi d'entendre par "REGULATION DES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE CENTRAL", l'ensemble des appareils utilisés et coordonnés pour la commande et le réglage des moyens mis en jeu pour l'obtention du confort et de l'hygiène ou pour réaliser la sûreté de fonctionnement de l'installation et l'économie d'exploitation.



Il est intéressant de situer la technique de la REGULATION par rapport à celle de la MESURE en étudiant leur évolution:

- En premier lieu, la connaissance du milieu dans lequel vit l'individu lui est donnée par la perception sensorielle de certains phénomènes.
- En second lieu, l'homme crée et développe des appareils de mesure destinés à suppléer aux sens et à donner une valeur quantitative exacte, scientifique, aux phénomènes qu'il a ressentis. (Ces appareils sont d'autant plus indispensables que les sens se révèlent particulièrement trompeurs, dans le cas des phénomènes thermiques. Dans d'autres cas tels que la perception des odeurs, les sens n'ont pu être remplacés; enfin, certains phénomènes n'ont encore reçu qu'un commencement d'exploration scientifique, je veux parler de l'électricité atmosphérique et de l'ionisation de l'air.

C'est seulement après le perfectionnement de la technique de la MESURE que la REGULATION apparaît; les deux industries soeurs collaborent alors à l'obtention du résultat désiré; puis la MESURE trouve son champ d'application déplacé et augmenté; elle vérifie le travail de la REGULATION, l'enregistre, témoigne de sa bonne marche.

Vous voyez ainsi la REGULATION encadrée par la MESURE et ceci vous explique la place de cette conférence dans le cycle général.

Du point de vue construction, les deux industries sont parentes: certains appareils de régulation dérivent directement des appareils de mesure. Elles supposent en tout cas chez les constructeurs les mêmes connaissances: des lois physiques et chimiques de l'utilisation de la matière, les mêmes connaissances de la science de thermodynamique.

Nous avons vu que les QUATRE BUTS DE LA REGULATION ET DU CONDI-
TIONNEMENT étaient l'obtention:

- du confort et de l'hygiène, d'une part,
- de la sécurité et de l'économie de fonctionnement, d'autre part.

L'étude des conditions du confort et de l'hygiène a été extrê-
mement poussée durant les vingt dernières années et a fait l'objet de
nombreuses conférences aux six Congrès du Chauffage & de la Ventila-
tion, de 1923 à 1937 et aux réunions de l'Association des Ingénieurs
de Chauffage et de Ventilation de France. J'emprunte à "L'Homme et
le Climat", de Monsieur MISSENARD, et au mémoire présenté par lui au
Comité d'Hygiène de la Société des Nations, les conclusions suivantes
qui résument l'état actuel de nos connaissances dans ce domaine:

La sensation de chaleur est fonction de QUATRE FACTEURS:

-température sèche -humidité relative -Vitesse de l'air -Température
des parois.

Certaines ambiances qui donnent, pour des valeurs variables de
ces quatre facteurs, la même sensation de chaleur, sont dites
"EQUIVALENTES".

On a appelé, d'autre part, "TEMPERATURE RESULTANTE" d'une
ambiance considérée, la température de l'ambiance "équivalente" où
l'air est immobile ^{et} saturé d'humidité, les parois ayant la même
température que cet air.

L'originalité et l'intérêt des études les plus récentes ont
été de porter, non plus seulement sur la sensation de chaleur et de
bien-être, mais sur l'influence de ces mêmes quatre facteurs sur la
vie microbienne, en vue de réaliser les conditions physiologiques
optima.

Voici les conclusions de toutes ces études, pour autant qu'il soit possible de les résumer en quelques lignes:

- La sensation de chaleur est jugée satisfaisante en nos pays pour une TEMPERATURE RESULTANTE DE 16 à 18°C.

Les différents facteurs devront néanmoins respecter certaines valeurs.

- L'humidité favorisant la formation de gouttelettes microbiennes et le passage des germes à travers les tissus; mais, par contre, une trop grande sécheresse permettant la pénétration des germes au fond des organes respiratoires, par dessèchement des muqueuses, une HUMIDITE MOYENNE DE 50% est reconnue désirable.
- Il y aura lieu de prendre soin que LA VITESSE DE L'AIR ne puisse avoir une influence néfaste, en enrichissant la teneur microbienne, par le brassage des poussières déposées sur le sol.
- Les microbes étant moins sensibles que le corps humain au RAYONNEMENT, et une élévation de la température sèche favorisant généralement leur développement, une température résultante donnée par le chauffage par rayonnement pourra présenter certains avantages, en raison de la température sèche, plus faible, qu'il implique.

En dehors de la sensation de chaleur, il y aura lieu de prendre soin des points suivants:

- Certains malades devront être protégés contre les baisses de LA PRESSION ATMOSPHERIQUE qui, généralement, ont des répercussions plus fâcheuses que les hausses.
- Les IMPURETES DE L'AIR devront être combattues: les poussières, les fumées, en dehors de l'irritation des voies respiratoires qu'elles provoquent, diminuent la luminosité et font écran à certaines radiations profitables à l'organisme.

- Quant à l'IONISATION DE L'AIR, elle favorise la formation des gouttelettes microbiennes; d'autre part, les ions positifs semblent provoquer des maux de tête et l'irritation des voies respiratoires, les ions négatifs, une impression de délasserement.

TELLES SONT LES MULTIPLES PRESCRIPTIONS DU CONFORT & DE L'HYGIENE.

Quels sont, par ailleurs, les obstacles que les conditions climatiques naturelles et les conditions artificielles de la vie moderne opposent à l'obtention de ces conditions physiologiques optimales ?

Ils sont nombreux ! Et leur énumération suffit à prouver la nécessité d'une connaissance approfondie des climats naturels et artificiels.

Notre étude portera sur les points suivants dont nous ne pourrions donner qu'un aperçu rapide:

- A) TEMPERATURE SECHE EXTERIEURE.-
- B) HUMIDITE DE L'AIR EXTERIEUR.-
- C) VITESSE DU VENT - VITESSE DE L'AIR DE VENTILATION.-
- D) INSOLATION - RAYONNEMENT.-
- E) PRESSION ATMOSPHERIQUE.-

Pour chacun des points ci-dessus, nous étudierons les variations journalières et saisonnières et l'influence exercée sur les conditions intérieures des locaux.

- F) ALTITUDE.-
- G) PURETE DE L'AIR.-
- H) ELECTRICITE ATMOSPHERIQUE - IONISATION.-

A- TEMPERATURE SECHE EXTERIEURE. - Les variations de la température sèche extérieure sont très importantes et ont, sur la température intérieure des locaux, une influence prépondérante.

La température extérieure varie, tout d'abord, dans une même journée:

- mini, le matin, à 6 heures,
- elle atteint son maximum, l'après-midi, vers 14 heures.

L'écart entre ces deux températures a été appelé:

"AMPLITUDE DE LA VARIATION DIURNE".

Les chiffres qui suivent ont été puisés dans le Rapport N°4 "DOCUMENTATION STATISTIQUE SUR LES TEMPERATURES MINIMA EN FRANCE" publié par le Comité Technique de l'Industrie du Chauffage et de la Ventilation dont Monsieur NESSI est l'animateur depuis de nombreuses années. (A la même source, ont été puisés un grand nombre de renseignements de la "Note sur le Degré-Jour" qui vous a été remise.

L'AMPLITUDE DE LA VARIATION DIURNE est:

A Paris et dans l'Est:

- minima en Novembre (4,5°C. environ, sous abri;)
- Voisine de 6°C. en janvier,
- elle atteint 10,5°C. dans la première quinzaine d'avril.

En Bretagne, à Brest:

- l'amplitude ne varie que de 4,5°C. à 7°C.;

Sur la Côte d'Azur, à Nice,

- entre 7 et 9°C. pendant la saison de chauffage.

Ces variations moyennes de la température sont plus élevées qu'on ne le croirait à priori; et la nécessité d'une régulation s'impose qui devra, dans le cas de chauffage intermittent, par exemple:

-assurer la mise en régime rapide à allure forcée, à l'heure matinale du plus grand froid journalier,
-tempérer le chauffage en fin d'après-midi, pendant les heures qui suivent l'enregistrement de la plus forte température.
Les variations sont beaucoup plus importantes ~~sur~~ si la mesure est faite hors abri.

La courbe N° , dont les valeurs ont été prises dans les Annales des Services Techniques d'Hygiène de la Ville de Paris, donne les maxi et mini extrêmes mensuels à Paris (Observatoire de Montsouris) au cours d'une même année, sans abri et sous abri. L'écart entre les deux mesures, maxi et mini, passe de 16°C. en décembre à 24,5°C. en juillet. Sans abri, ces variations sont respectivement de 20,5°C. et 43°C., pour les mêmes mois.

Cette première courbe révèle donc à quel point il est illusoire de conditionner la marche du chauffage d'un immeuble aux conclusions de la lecture, plus ou moins juste d'ailleurs, de la température extérieure, deux fois par jour et EN UN POINT.

D'un point à un autre d'un même immeuble et pour une même orientation, les variations de température peuvent en effet atteindre 2 et 3°C., suivant que la façade donne sur une cour fermée, par exemple, ou sur un jardin découvert.

Quant aux variations, d'une journée à l'autre, des températures moyennes, elles peuvent atteindre 10°C., les variations du mini d'un jour au maxi du lendemain étant, bien entendu, beaucoup plus importantes.

Il s'avère donc aussi erroné de conditionner la marche de nuit et la mise en régime du matin à la température extérieure, lue la veille au soir.

Telles sont les profondes variations journalières et saisonnières de la température extérieure.

Néanmoins, les variations extérieures ne se reflètent pas intégralement en variations de la température intérieure des locaux. Un décalage important existe entre les courbes de ces deux températures: décalage très variable d'un immeuble à un autre, et dont nous donnons un exemple dans la courbe représentée sur le cliché N°2 concernant un immeuble léger. Nous y avons noté:

- La température extérieure sur le toit-terrasse de la pièce considérée, située au premier étage et exposée au midi; température hors abri
- La température extérieure dans une cour voisine (lue sous abri).
- La température intérieure de la pièce elle-même
- La température intérieure du rez-de-chaussée.

Pour une variation, le lundi 24, de: 14°C. au minimum, s/ la terrasse
9,5°C. ds. la cour, s/ la façade SUI

- La température de la pièce sous terrasse a varié de 3,5°C.;
- Celle de la pièce de plain-pied, de 1°C. seulement, par suite de l'effet modérateur du sol qui, à 1m. de profondeur est:
en été: plus frais de 2 ou 3°C., en hiver, plus chaud de 7 ou 8°C., que la température moyenne extérieure, et dont les variations n'excèdent jamais 1/4 °C. par jour.

La régulation du chauffage central devra tenir compte de tous ces éléments climatiques et, également, de tous autres apports calorifiques tels que la chaleur dégagée par les occupants, qui est de 100 Watts/heure, pour une activité moyenne.

Nous renvoyons ceux que le problème du chauffage intermittent et des déperditions des immeubles intéressent, aux travaux de Messieurs NESSI et NISOLLE, travaux qui les consacrent précurseurs incontestés de l'application au chauffage central de la conduite de la chauffe dont seront dotés, dans un avenir prochain, la majorité des installations de chauffage à chauffe automatique.

B- Le second facteur du confort, parmi les plus importants, est:

L' H U M I D I T E.- L'humidité relative extérieure qui, sous nos climats, peut varier de 30 à 100%, subit, dans une même journée, de très rapides accroissements provenant de la formation des brouillards et des chutes de pluie, neige, etc... La diminution de l'humidité se fait, par contre, plus lentement. Ainsi, au cours de l'année 1933, nous avons relevé les variations suivantes d'humidité relative moyenne:

-Au mois de septembre, en deux jours, le pourcentage de l'humidité moyenne a passé de 51 à 84 %.-

-Au mois de mars, il a baissé, en trois jours, de 71 à 37 %.-

Les moyennes mensuelles subissent, de leur côté, des variations saisonnières que nous avons représentées sur le cliché N°3. Nous y remarquons l'abaissement, de l'hiver à l'été, de la moyenne mensuelle des pourcentages journaliers moyens, de 86 à 59 %, points extrêmes. Les maxi et les mini des moyennes journalières de chaque mois considéré donnent:

-des maxi variant de 99 % en décembre, à 79 % en juillet;

-des mini variant de 76 % en novembre, à 35 % en mars.

Si l'on néglige des points extrêmes, la baisse, d'hiver en été, est de 20 % environ. Les maxi extrêmes de courte durée que je viens de mentionner, ne sont qu'exceptionnellement reproduits à l'intérieur des locaux, sauf ouverture prolongée des fenêtres. Par contre, les mini extrêmes, qui résultent d'un dessèchement lent et progressif de l'atmosphère extérieure en été, se reproduisent avec un certain décalage à l'intérieur des locaux, et le conditionnement doit s'appliquer à y obvier.

En dehors des variations climatériques, la Régulation devra tenir compte des apports d'humidité intérieure aux locaux, dus à toutes autres causes, notamment à la respiration des occupants. Cet apport, non négligeable, est de grs. par personne et par



C- VITESSE DU VENT ET DE L'AIR.- La vitesse du vent joue un rôle considérable en matière de chauffage et de conditionnement des locaux habités et, plus encore, dans le cas particulier du chauffage de véhicules: chemins de fer, avions, etc...

Sur les déperditions d'un immeuble, elle exerce une double influence:

- en premier lieu, sur les déperditions des murs et vitrages des locaux chauffés, donc sur la température intérieure des murs et, partant, sur la température résultante;
- en second lieu, sur la ventilation naturelle, par les interstices des cheminées, portes et fenêtres.

La vitesse du vent joue un troisième rôle par son action sur le tirage: parfois compensateur des deux premiers, parfois néfaste à la combustion par les refoulements en chaufferie qu'elle peut provoquer.

(Nous parlerons plus loin des appareils régulateurs de tirage et des appareils de sécurité contre le refoulement.)

De nombreuses études ont été faites, qui sont connues des techniciens du chauffage, sur l'influence du vent sur les déperditions des immeubles.

Les lois de la ventilation naturelle sont moins connues. Elles font, à l'heure actuelle, l'objet d'études approfondies dont le Comité Technique de l'Industrie du Chauffage et de la Ventilation en France a été chargé, par le Ministère de la Production Industrielle. Le rapport concernant ces travaux sera publié prochainement.

L'examen des communications de l'Observatoire de Montsouris a permis de tracer les courbes du cliché N°4 représentant les maxi de chaque mois d'une même année et, en regard de ces maxi, la direction moyenne du vent, le jour considéré. Il semble



à première vue, que les vitesses maxi ne correspondent pas, d'une façon marquée, à une direction donnée.

Cette même courbe donne la moyenne journalière maxima pour chaque mois:

- Elle est particulièrement régulière pendant les mois d'été;
- L'augmentation est faible pendant les mois d'hiver.

Le chiffre de 9m./seconde, ressortant de ces cartes, est à retenir pour le calcul des déperditions en Région Parisienne, sous réserve de vérification sur un certain nombre d'années.

LA VITESSE DE L'AIR INTERIEUR DES LOCAUX, par son influence sur le refroidissement du corps, intervient sur la sensation de chaleur. Une atmosphère à 25°C., saturée d'humidité et animée d'un vent de l'ordre de 3m./seconde, est aussi rafraîchissante qu'une atmosphère immobile saturée à 20°C.

La Régulation devra tenir compte de ces effets pour limiter la vitesse de l'air de la ventilation artificielle ou en compenser les variations par des variations de la température sèche, de l'humidité ou de la température des parois.

-:-

D) INSOLATION - RAYONNEMENT.-

Température des parois - Température résultante.-

L'influence du soleil est trop souvent négligée en régulation. Elle est, à certaines périodes de l'année, considérable; et il est possible, en tenant compte de son apport calorifique, de réaliser, en chauffage, des économies de combustible importantes.

Sur le cliché N°8, nous montrons, pour chaque mois, la variation du nombre d'heures d'insolation et de la moyenne journalière des quantités de chaleur reçues. L'influence du soleil, en demi-saison, est six fois supérieure à celle des mois froids.

-Quelle est l'influence de l'insolation sur la température des locaux ?

La détermination expérimentale des quantités de chaleur apportées dans un local, par le simple relevé des températures intérieures et extérieures, a fait, récemment, l'objet d'un mémoire présenté par le Comité Techn. du CHge. & de la Ventilation, au Ministère de la Production Industrielle, par l'intermédiaire du Groupe IO du CORMAT.

-Quelle est l'influence du rayonnement direct, l'influence de la température des parois, sur la sensation de bien-être ? Les études sur la température résultante ont montré que l'être humain peut avoir froid dans une ambiance à 40°C., les parois du local étant à 13°C. et éprouver, au contraire, une sensation de confort, l'air étant à -3°C. et les parois à +28°C.

De nouvelles techniques de chauffage ont vu le jour:

- Chauffage par panneaux à basse-température,
- Chauffage par panneaux rayonnants, dans les ateliers.

Ces techniques sont, plus que jamais, à l'ordre du jour; et un organisme privé: le Centre d'Etudes et de Recherches du CHge par rayonnement a fondé, à St-Ouen, un laboratoire.

F- PRESSION ATMOSPHERIQUE.- La pression atmosphérique joue, sur la sensation de bien-être, un rôle qui a été peu étudié. Son influence sur le tirage, est également sensible.

Les courbes du cliché N° 7 font ressortir, pour chaque mois d'une même année, les maxi et mini extrêmes enregistrés ainsi que les variations de la pression moyenne.

Celle-ci est, au cours de l'année, dans la Région Parisienne, relativement constante et légèrement inférieure à 760 m/m de mercure. Elle ne semble pas avoir de caractère saisonnier marqué.

Pour être plus instructives, les courbes devraient être faites sur plusieurs années et pour plusieurs régions.

Par contre, les variations extrêmes des mini et des maxi sont très importantes puisqu'elles atteignent couramment 20 m/m au cours d'un même mois et, exceptionnellement, 40 m/m, soit une variation de densité de l'air de 5% environ.

Que peut la Régulation, pour corriger les variations de la pression atmosphérique ?

Ce problème est techniquement résolu dans les cabines étanches des avions stratosphériques où la pression intérieure est maintenue constante. Dans les bâtiments habités, il est évidemment possible de résoudre le problème; mais les applications en sont, à l'heure actuelle, peu répandues.

-:-

- A L T I T U D E -

Monsieur FISTIE, qui vient de terminer un ouvrage sur les déperditions et l'isolation des immeubles, a bien voulu me communiquer les renseignements suivants, relatifs à l'influence de l'ALTITUDE sur le chauffage:

Avec l'altitude, varient, en premier lieu:

- le poids spécifique de l'air
- et toutes les constantes relatives à la vapeur d'eau.

Ces variations sont représentées sur le cliché N° de Monsieur FISTIE.

De 0 à 2.000 mètres:

- le poids spécifique de l'air varie de 1.293 à 1.017, soit une réduction de 21 %.
- la température d'ébullition de l'eau, de 100 à 93,5°C.

Moins connues sont les variations de la quantité de chaleur nécessaire pour chauffer 1m³ d'air; elles sont pourtant considérables, suivant le cliché N° de Monsieur FISTIE:

à <u>0m.</u> , on a:	0, 307	Kcal./m ³ /°C.
à <u>500m.</u> ,	: 0, 292	-
à <u>1.000 m.</u>	: 0, 275	-
à <u>2.000 m.</u>	: 0, 244	-

soit une réduction de 10% environ, de 0 à 1.000 mètres.

Une étude de Messieurs SCHMIDT et KRAUSSOLD révèle également la variation de rendement des radiateurs dont le coefficient: K, de transmission calorifique,

- baisse de 10% environ, de 0 à 1.000 mètres,
 - et de 19%, à 2.000 mètres, pour l'eau chaude;
- soit environ 1% par 100 mètres d'altitude.

Les stations telles que Chamonix, Briançon, Barcelonnette et maints hôtels isolés, sont à une altitude supérieure à 1.000 mètres

G) PURETE DE L'AIR.- Qu'il s'agisse de la présence d'acide carbonique, d'oxyde de carbone, de poussières, de fumées, de bactéries, la science moderne sait les mesurer; mais la Régulation n'a, pour ainsi dire, pas pris place dans ce domaine, quoique les principes électriques de construction de certains appareils de mesure permettent de les transformer en appareils de réglage.

L'acide carbonique n'est toxique qu'à teneur élevée. Sauf atmosphères très confinées, la ventilation naturelle ou les valeurs admises pour la ventilation artificielle assureront un renouvellement de l'air, très suffisant pour empêcher la toxicité.

Par contre, l'oxyde de carbone, extrêmement toxique, devra être combattu par tous les moyens:

- à ses origines: par la recherche des fuites des canalisations, la bonne évacuation des produits de combustion par un bon tirage;
- dès son apparition: par des appareils de détection placés en chaufferie ou dans les garages où les pourcentages peuvent être dangereux, par des appareils de sécurité contre le refoulement, dont nous parlerons plus loin.

En ce qui concerne les poussières, les fumées, les bactéries, la technique s'est surtout employée à en empêcher la formation. Quant aux odeurs, qui échappent à la mesure, l'ozonisation de l'air a permis de dissocier les hydrocarbures qui en sont cause et de les transformer en acide carbonique et en eau. L'influence de l'ozone sur la destruction des bactéries est controversée.

-:-

H) IONISATION DE L'AIR.- Les recherches des savants ont déjà permis la mesure et la formation de certains ions; mais la Régulation n'est encore jamais intervenue dans ce champ d'application.

-:-

Nous avons crû devoir insister longuement sur les nombreux facteurs qui influent sur les conditions physiologiques optima et surtout, sur le nombre des variables, climatiques ou humaines, qui s'opposent au but à atteindre car nous estimons que:

- si la majorité des appareils de régulation, qui permettent de résoudre ce très difficile problème, existent,
- le problème lui-même est, par contre, considéré par la plupart des usagers et des installateurs comme beaucoup plus simple qu'il n'est en réalité; et, pour cette raison, ne reçoit pas l'attention qu'il mérite.

Nous croyons avoir maintenant démontré la complexité de la question et la nécessité d'une régulation poussée pour tenir compte de toutes les variables et y adapter, avec souplesse, les conditions de production et de distribution de la chaleur.

Dans l'article qui vous a été remis, je me suis efforcé d'étudier l'évolution de la régulation des installations de chauffage et, plus particulièrement, des appareils de régulation "A L'UTILISATION" de la chaleur.

Le temps dont je dispose ne me permet pas de répéter ce que contient cet article et je vous demande de bien vouloir trouver, à sa lecture, la suite de la présente conférence.

Je vous entretiendrai maintenant des APPAREILS DE REGLAGE & DE SECURITE "A LA PRODUCTION" DES CALORIES. - On ne peut parler du développement des appareils de réglage en France sans y associer la personne de Monsieur Henri ARQUEMBOURG; et je me fais un devoir d'évoquer le souvenir de ce précurseur de LA REGULATION AUTOMATIQUE, que nous avons perdu récemment, et dont les travaux ont été rappelés à l'occasion de la séance solennelle tenue le 13 déc.41 pour célébrer sa mémoire, sous la présidence de Monsieur GUILLET, membre de l'Institut



- REGLAGE DE LA COMBUSTION -

- La majorité des brûleurs automatique est à marche par "TOUT OU RIEN", le réglage de la combustion étant fait une fois pour toutes.
- Dans le cas de brûleurs à charbon à vis, le débit de combustible est fonction de la vitesse de rotation de la vis d'alimentation;
 - Sur les chaudières à charbon à magasin, les brûleurs avant-foyers à alimentation par gravité, et certains brûleurs à gaz, le débit du combustible est fonction du volume d'air introduit.
 - Sur les brûleurs à mazout à pulvérisation mécanique, et sur certains brûleurs à gaz, des détendeurs jouent le rôle de REGULATEURS DE PRES-
-SION
- Le débit d'air est, sur tous ces brûleurs, réglé manuellement par le réglage du débit du ventilateur.

Le but idéal, dans ce domaine, est de proportionner automatiquement la production des calories aux besoins. La réalisation d'une bonne combustion à des allures variables n'a pas encore reçu de solution définitive. Plusieurs constructeurs de brûleurs à mazout se sont attaqués au problème du réglage progressif et se sont heurtés

- d'une part, au fait que la loi de correspondance des débits de combustible et de comburant n'est pas linéaire,
- d'autre part, aux difficultés de réalisation de la "sécurité contre l'extinction" d'un brûleur à allure variable.

Ces problèmes ne pourront être résolus que grâce à une très étroite collaboration entre les constructeurs de brûleurs et les constructeurs d'appareils de régulation.

La plupart des installations de brûleurs automatiques gagneront également à être équipées de REGULATEURS DE TIRAGE ou, plus exactement de LIMITEURS de tirage. Ces appareils, dans le cas de brûleurs à charbon, stabiliseraient à un minimum l'intensité de la combustion lors de l'arrêt des ventilateurs et, dans le cas de brûleurs à mazout et à gaz, réduiraient au minimum les pertes de chaleur par tirage naturel.

-:-

- REGLAGE DE LA CHAUDIERE -

Les appareils utilisés pour le réglage:

de la température de l'eau d'une chaudière, de l'air chaud d'un calorifère, ou de la pression de la vapeur, commandent:

- à une température ou à une pression donnée: L'ARRET DU BRULEUR,
- à une température ou à une pression plus faible: SA REMISE EN ROUTE.

L'écart entre enclenchement et coupure est généralement de 6 à 10°C. ou de 20 Grs.

Certains chauffages à eau chaude, tels les panneaux chauffants, demandent un réglage plus précis (2 à 3°C.); certains chauffages à vapeur demandent également un réglage à 5-à-10 Grs.

Les APPAREILS DE REGLAGE DE LA TEMPERATURE utilisent généralement les propriétés de dilatation d'un liquide ou d'un solide. Les appareils à tension de vapeur, ^{sont} couramment employés dans l'industrie du FROID. Les appareils à dilatation de gaz ou ceux qui utilisent les variations d'absorption d'un gaz par un liquide ne sont pratiquement plus employés pour cette application.

Les appareils peuvent encore se différencier par la conception de l'interrupteur électrique, de principes très différents:

- Coupure par ampoule de mercure,
- Coupure brusque de contacts secs-
 - par aimant permanent,
 - par ressort excentré
- Coupure lente
 - sous vide
 - avec relais intermédiaire

les deux premiers modèles étant les plus employés.

Les APPAREILS DE REGLAGE DE LA PRESSION comportent, comme élément déformable, sensible aux variations de pression:

- Soit des diaphragmes, -Soit des soufflets flexibles.

Les interrupteurs sont les mêmes que ceux des appareils de réglage de la température.

2°) APPAREILS PROPRES AUX BRULEURS A CHARBON.-

Sur certains brûleurs à charbon, commandés par thermostat d'appartement ou suivant un programme journalier ou hebdomadaire prévoyant l'arrêt du chauffage: la nuit ou du samedi au lundi, l'arrêt prolongé du ventilateur risque d'entraîner l'EXTINCTION.

Divers dispositifs sont utilisés, dits " de maintien de feu" pour empêcher cette extinction;

- De l'arrêt prolongé du ventilateur, résulte progressivement la baisse de température de l'eau de circulation; et il est possible d'établir une correspondance entre le refroidissement du foyer et celui de l'eau. Un simple régulateur d'eau chaude pourra donc commander la remise en route du ventilateur à intervalles réguliers. Plus cet appareil sera réglé à basse-température, plus courtes seront les périodes de marche, plus longues, les périodes d'arrêt.
- Plus rigoureuse est la correspondance existant entre le ralentissement de la combustion et la baisse de température des gaz. Un régulateur de température, monté dans la cheminée ou le carneau, commandera, comme ci-dessus, de courtes remises en route du ventilateur. Ce dernier dispositif s'imposera, en particulier, dans le cas de chaudières à vapeur basse-pression.
- Certains constructeurs préfèrent, aux dispositifs thermiques ci-dessus, des dispositifs chronométriques; enclenchant, par exemple, le brûleur, 5 minutes par heure. Cette solution est acceptable, sous réserve que le dispositif chronométrique soit de conception compatible avec une bonne marche en chaufferie, tant au point de vue de la présence des poussières de charbon, que de la température élevée qui y règne.

-:-

3°) APPAREILS PROPRES AUX BRULEURS A MAZOUT.-

Dans le cas de combustibles plus lourds que le gaz-oil, il y a lieu de procéder au réchauffage de l'huile, en vue d'augmenter la viscosité jusqu'à une valeur convenable pour une bonne pulvérisation.

Le réchauffage est réalisé, sur les installations importantes à marche continue: par la vapeur ou l'eau chaude de la chaudière et plus généralement, sur les brûleurs pour chauffage central, à l'électricité. A la première mise en service, l'élément chauffant est mis sous tension automatiquement, sans démarrage du brûleur; quand la température, choisie pour le réglage, est atteinte, le brûleur se met en route sous l'action d'un premier thermostat. La température de l'huile réchauffée continue à monter de quelques degrés; c'est alors qu'un second thermostat maintient une température uniforme durant tout le temps de fonctionnement du brûleur.

-:-

4°) APPAREILS PROPRES AUX BRÛLEURS À GAZ.-

Le réglage du brûleur et de la chaudière a ceci de particulier sur un grand nombre de petites installations à gaz en service, qu'il est réalisé sans l'intermédiaire de l'électricité.

La régulation pneumatique utilise la pression propre du gaz comme moyen de transmission à l'organe de commande (vanne d'admission de gaz) des ordres du régulateur de température d'eau ou du régulateur de pression.

Les éléments thermostatique ou pressostatiques de ces appareils sont les mêmes que ceux des appareils électriques. Les déplacements résultant des dilatations d'un plongeur bimétallique ou des variations de pression sur un diaphragme ou un soufflet flexible, créent une fuite de gaz qui fait varier l'effort disponible sur le diaphragme de la vanne principale.

Parmi les appareils de réglage spéciaux aux brûleurs à gaz, citons les dispositifs d'asservissement, de l'admission de gaz au brûleur, à une pression minimum du gaz ou, dans le cas de brûleurs à air soufflé, à une pression d'air minimum.

Le réglage pneumatique fait appel à l'électricité dans le cas de commande à distance, par exemple, par interrupteur horaire ou par thermostat d'appartement. Dans ce cas, la pendule ou le thermostat électriques, agissent sur une petite vanne électromagnétique qui crée une fuite de gaz sur la vanne pneumatique principale.

Quant au réglage des brûleurs à gaz qui ont pris naissance depuis la guerre, en remplacement des brûleurs à mazout, ils peuvent utiliser les appareils de réglage électriques ou la régulation pneumatique.

-:-

Tels sont, très brièvement énumérés, quelques-uns des très nombreux APPAREILS DE REGLAGE DES BRULEURS AUTOMATIQUES.

Le temps me manque pour vous parler d'un grand nombre d'autres problèmes de régulation concernant notamment:

- Le chauffage central à eau ~~chaude~~ surchauffée,
- Le chauffage central à vapeur, sous pression sous-atmosphérique,
- Le chauffage électrique, direct ou à accumulation,
- Le chauffage par aérothermes électriques, à gaz, à eau chaude ou à vapeur,
- Le chauffage des chemins-de-fer, des avions,
- Le chauffage urbain,
- Le chauffage par récupération des chaleurs perdues,
- Le rafraîchissement et le conditionnement.

-:-

Je vous dirai maintenant quelques mots des appareils DE SECURITE, moins connus que les appareils de réglage ci-dessus:

- A N T I - G E L -

Les thermostats anti-gel sont destinés à protéger les installations de chauffage à eau chaude ou à vapeur contre le danger d'éclatement des chaudières, des canalisations, des radiateurs, des vases d'expansion.

Les courbes précédentes nous ont montré l'existence du danger de gel dans les installations de chauffage en France.

Il y a lieu de noter, néanmoins, l'effet modérateur de la température du sol qui, en hiver, peut excéder de 7 à 8°C., à 1m. de profondeur, la température extérieure. L'inertie de l'immeuble joue un rôle favorable dans le même sens.

Rare sur les installations à chauffage continu, ce danger est plus fréquent sur les installations à chauffage intermittent, interrompu la nuit, et à plus forte raison, lors des arrêts du samedi au lundi ou des périodes de fêtes (écoles par exemple)

L'appareil de sécurité utilisé est:

- soit un thermostat extérieur, à sonde thermostatique ou à bilame placé sur la façade la plus froide de l'immeuble, dans les combles ou dans la cave,
 - soit un thermostat à plongeur placé sur la canalisation-même de circulation,
- suivant le danger auquel il doit parer.

Des centaines de ces appareils sont également en service pour la protection des installations de pompage rurales dont ils règlent le chauffage électrique pour obtenir une Tr. de 2 à 4°C.

Les horticulteurs les utilisent comme appareils de signalisation pendant la nuit.

-:-

- I N C E N D I E -

L'emploi des appareils de protection contre l'incendie est maintenant vulgarisé pour la sauvegarde des individus ou de produits stockés, de valeur.

Les principes de construction de ces appareils sont très différents de ceux des thermostats. Alors que ces derniers sont conçus pour fonctionner avec une très grande sensibilité à une température donnée, réglée à l'avance, pour des variations de température lentes LE DETECTEUR D'INCENDIE doit, lui, fonctionner, quelle que soit la température ambiante, pour une élévation de température de 10°C.. Entre autres principes de construction, signalons un appareil connu, utilisant la dilatation de l'air dans une enceinte fermée à l'exception d'un trou capillaire:

-Une variation brusque de température entraîne une variation de pression; -celle-ci provoque la déflexion d'un diaphragme dont le mouvement agit sur un dispositif pneumatique ou électrique, assurant la signalisation ou l'ouverture de vannes d'eau.

Dans le cas de variations lentes, l'augmentation lente du volume sera compensée par la perte d'air du trou capillaire.

Signalons, dans le même ordre d'idées, la protection d'un grand nombre d'installations industrielles contre les combustions spontanées (du charbon, par exemple) ou contre les élévations de température résultant des fermentations de produits organiques tels que grains, fruits, etc... Suivant les cas, les appareils de protection pourront être: des thermostats fonctionnant à une température de sécurité réglée à l'avance, ou des détecteurs à couples.

-:-

- S U R C H A U F F E -

SECURITE, CONTRE SURCHAUFFE, DES GENERATEURS.- Les appareils de réglage des générateurs à eau chaude, à air chaud ou à vapeur, devraient toujours être doublés par un second appareil, jouant le rôle de limiteur, et, par construction, réglable sous capot étanche, plombable.
-:-

- S E C U R I T E D E B A S - N I V E A U -

Plusieurs principes de construction sont utilisés pour la réalisation de cet appareil. Sur la plupart d'entre eux, le déplacement d'un flotteur, en fonction des variations de niveau, actionne un interrupteur électrique. Celui-ci peut: -alimenter une alarme, -commander une pompe d'alimentation par l'intermédiaire d'un contacteur -commander un petit-cheval, par une vanne motorisée vapeur. Les appareils les plus perfectionnés assurent la sécurité par arrêt du brûleur en cas d'une nouvelle baisse du niveau.

Certains constructeurs utilisent des bougies à électrodes, entre lesquelles le courant passe lorsque l'eau, conductrice, ferme le circuit, et ne passe plus lorsque, par suite de l'abaissement du niveau, les électrodes baignent dans la vapeur.

A titre de curiosité, signalons une solution de ce problème par l'emploi d'un thermostat: Une tuyauterie horizontale, à l'intérieur de laquelle est fixé un thermostat, est montée à la hauteur du niveau à contrôler. Elle est reliée: d'une part, au sommet de la chaudière, côté vapeur, d'autre part, à la base de la chaudière, côté eau de retour. La température de l'eau, dans cette tuyauterie est toujours, par refroidissement en chaufferie, inférieure à celle correspondant à la pression de vapeur (60°C. par exemple). Mais, si le niveau ayant baissé de quelques centimètres, la vapeur vient à baigner le thermostat, celui-ci se trouve porté brusquement à une température supérieure à 100°C. et son interrupteur peut être utilisé à la commande d'alarme d'alimentation automatique ou d'arrêt du brûleur.

-:-

- E X P L O S I O N S -

BRULEURS A GAZ & A MAZOUT doivent être plus particulièrement protégés contre deux dangers:

- le premier: Si l'un ou l'autre combustible vient à s'éteindre en cours de marche normale ou ne s'allume pas lors d'une remise en route automatique, le foyer et la chaufferie risquent d'être remplis de mazout ou de gaz: PERTE DE COMBUSTIBLE, RISQUE D'ASPHYXIE;
- le second: Si, pour une raison quelconque, l'allumage se produit après cet arrêt, il peut y avoir EXPLOSION.

Ces incidents peuvent provenir:

- soit d'un mauvais fonctionnement des dispositifs d'allumage, l'arrivée du combustible se faisant bien,
- soit, le dispositif d'allumage fonctionnant normalement, d'une mauvaise arrivée temporaire du combustible.

Ces brûleurs sont protégés par divers dispositifs commandant l'arrêt de l'arrivée de combustible en cas de danger. Les principes de construction de ces appareils de sécurité sont très variés: Dans le cas de brûleur à mazout, l'appareil détecteur peut, en effet être monté: -soit sur la cheminée, auquel cas l'élément dilatable pourra être une spirale de bilame ou un plongeur bi-métallique, -soit sur le foyer, soumis au rayonnement de la flamme. Dans ce dernier cas, les appareils pourront être à dilatation ou à cellule photo électrique.

Dans le cas de brûleurs à gaz, il est généralement admis que, si la veilleuse est allumée, les brûleurs s'allument sans défaillance et l'appareil détecteur est soumis, non pas à la température des fumées ou du foyer, mais de la flamme de la veilleuse. Appareils de sécurité et vannes peuvent être électriques ou pneumatiques.

-:-

- A S P H Y X I E -

Toute combustion incomplète peut donner lieu à la formation d'oxyde de carbone.

A la dose de 1/1000, celui-ci est toxique. Il est donc de toute première importance de préserver le personnel des chaufferies contre les dangers de l'asphyxie.

En dehors des règlements qui imposent une ventilation naturelle permettant un renouvellement d'air suffisant, il est recommandable d'utiliser des appareils de signalisation d'excès d'oxyde de carbone dans les chaufferies, ou mieux, de prévenir la cause principale du danger: le mauvais tirage et le refoulement.

-Les premiers appareils sont des détecteurs qui sortent du cadre des appareils de régulation.

-Les appareils, dits Régulateurs de tirage, dont nous avons déjà parlé, sont, plus exactement, des limiteurs.

-Les appareils de sécurité contre refoulement, moins connus, utilisent l'élévation de température qui se produit dans un tube monté en communication: d'une part, avec la chaufferie,

d'autre part, avec le foyer,

lorsque la circulation de l'air, dans ce tube, au lieu de se faire: de la chaufferie, vers le foyer, sous l'effet de la dépression de la cheminée, se fait: du foyer, vers la chaufferie, sous l'effet d'une surpression, ou refoulement.

Un thermostat, monté dans ce tube, assure la sécurité en arrêtant le ventilateur d'un avant foyer, par exemple, lorsqu'il se trouve soumis au courant de gaz chauds.

-:-

Je n'ai pu, dans cette conférence, vous donner qu'un très court aperçu de l'industrie de la REGULATION, en vous résumant:

- le problème, tel qu'il se pose en chauffage et conditionnement pour l'obtention des conditions physiologiques optima;
- les conditions climatiques adverses;
- les problèmes de réglage et de sécurité;
- quelques uns des moyens employés par les constructeurs pour les résoudre.

Ce vaste sujet pourrait, en réalité, donner lieu à un long cycle de conférences et de nombreux spécialistes de cette industrie seraient à même de vous entretenir, dans des domaines très différents, des multiples applications et réalisations de la REGULATION.

Je serais heureux si ma conférence incitait à la création de ce cycle dont j'entrevois dès à présent ce que pourrait être le plan

- 1- Le confort, l'hygiène et les conditions physiologiques optima;
- 2- Les conditions climatiques, en France et aux Colonies;
- 3- La régulation électrique des brûleurs à charbon et à mazout;
- 4- La régulation pneumatique et électrique des brûleurs à gaz;
- 5- La régulation électrique des installations de chauffage central;
- 6- La régulation du chauffage des chemins de fer et des avions, du conditionnement du Méditerranée-Niger;
- 7- Les régulations, pneumatique et électrique des installations de conditionnement;
- 8- Les régulations, pneumatique et hydraulique, dans l'industrie;
- 9- L'isolation thermique des immeubles et des canalisations d'eau chaude et de vapeur;
- 10- Les matériaux de construction des régulateurs: bilames, éléments dilatables et non dilatables, diaphragmes, soufflets flexibles, etc...

Me faisant le porte-parole de tous mes confrères, je tiens, avant de terminer, à remercier les savants de l'Industrie Métallurgique dont les travaux nous profitent journellement. Nous leur devons notamment:

- Les bilames, utilisées pour la régulation des températures, des temps ou des intensités;
- Les aciers spéciaux à haute teneur en nickel, à grand ou faible coefficient de dilatation;
- Les aciers inoxydables ou résistant aux hautes températures;
- Les aciers magnétiques, normaux et spéciaux, etc...

Néanmoins, il faut dire que nous n'avons pas toujours trouvé, avant et depuis la Guerre, toutes les matières premières que nous désirons. Pour certaines fabrications très spéciales, l'Etranger nous a devancés; et il nous reste, dans la technique des matières premières que nous utilisons, comme dans la technique de la construction et des applications, de nombreux progrès à réaliser.

Il me reste, Messieurs, à vous remercier de votre bienveillante attention et, en vous quittant, permettez-moi d'émettre le voeu que Monsieur CHEVENARD, Directeur Scientifique des Aciéries d'Imphy, veuille bien nous faire la faveur d'une conférence sur les matières premières spéciales utilisées dans nos industries.





