



LA

Technique Moderne

Revue Universelle des Sciences appliquées à l'Industrie

Paraissant le 1^{er} et le 15 de chaque mois

Directeur-Rédacteur en chef : **Georges BOURREY**

COMITÉ DE RÉDACTION

APPELL, G.C.*, Membre de l'Institut; Recteur de l'Université de Paris.
AUBRUN, *, Directeur général des Etablissements Schneider.
AURIC, O.*, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.
BARBILLION, O.*, D^r de l'Institut Polytechnique de l'Université de Grenoble.
BEAUGÉY, C.*, Insp^r gén^l des Mines; Dir^r hon^r des Chemins de fer de l'Etat.
BIETTE (L.), C.*, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.
BLONDEL (A.), C.*, Membre de l'Institut; Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.
BLUM, O.*, Ancien élève de l'École Polytechnique.
BRANLY, C.*, Membre de l'Institut.
J.-L. BRETON, Membre de l'Institut; D^r de l'Office Nat^l des Recherches et Inventions.
BROUSSEUSE (F.), *, Admin. de la S^{nc} Constructions Electriques de France.
CHARPY, O.*, Membre de l'Institut; Professeur à l'École Polytechnique.
J. DANTZER, *, Prof^r de Filature et Tissage au Conservat^r Nat^l des Arts et Métiers.
DESOMBRE, *, Administrateur-délégué de la Compagnie Electro-mécanique.
Ch. DOYÈRE, C.*, Ingénieur général du Génie Maritime
J. DRACH, *, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.
DROSNE, *, Ingénieur Conseil des Etablissements Schneider et C^{ie}.
M. DUMANOIS, O.*, Dir^r du Serv. Techn. à l'Office Nat^l des Combust. Liquides.
DUMUIS, *, Directeur général de la Société des Acieries et Forges de Firminy.
ERNAULT, *, Ingénieur des Arts et Manufactures; Ingénieur-Constructeur.
EYDOUX, O.*, D^r des Etudes à l'Éc. Polytechnique; Prof^r à l'Éc. des Ponts et Chaussées.
FRIEDEL, *, Ing^r en chef des Mines; Anc. Dir^r de l'Éc^{le} des Mines de Saint-Étienne.
GANNE, C.*, Insp^r Gén^l de l'Ens^t techn.; Prof^r hon. à l'Éc^{le} Cent^{le} des Arts et Man^{us}.
GIRARDEAU, O.*, Administr^r-direct^r de la Société Française Radio-Électrique.
Ed. GRUNER, O.*, Vice-Président du Comité Central des Houillères de France.
GUILLERY, *, Ingénieur des Arts et Métiers.

GUILLET (L.), C.*, Membre de l'Institut; Dir^r de l'École Cent^{le} des Arts et Manuf^{us}.
P. JANET, C.*, Memb. de l'Inst.; Dir^r de Labor^r Cal et de l'École Sup^r d'Electricité.
G. KÖNIGS, O.*, Memb. de l'Institut; P^r à la Faculté des Sciences de Paris.
LABBÉ, G. O.*, Directeur de l'Enseignement Technique.
LAUBEUF, O.*, Membre de l'Institut.
Th. LAURENT, C.*, P^r D^r Dél. de la C^{ie} des Forges et Acieries de la Marine et Homécourt.
LEBOUCHER, *, Ingénieur en Chef à la Compagnie des Chemins de fer du Midi.
LECORNU, C.*, Membre de l'Institut; Inspecteur général des Mines.
G. LEINEKUGEL LE COCQ, O.*, Ancien Ingén^r hydrographe de la Marine.
LINDET, C.*, Membre de l'Institut.
L. LUMIÈRE, C.*, Membre de l'Institut.
MARCHIS, *, Professeur d'Aviation à la Faculté des Sciences de Paris.
METAYER, C.*, Professeur à l'École Centrale des Arts et Manufactures.
MONTEIL (C.), *, Professeur à l'École Centrale des Arts et Manufactures.
A. MOUTIER, C.*, Sous-chef de l'Exploitation du Chemin de fer du Nord.
NICOLARDOT, O.*, Professeur à l'École Supérieure d'Aéronautique.
D'OCAGNE, O.*, Membre de l'Institut; Prof^r à l'École Polytechnique.
PAINLEVÉ, *, Membre de l'Institut; Prof^r à l'École Polytechnique.
PÉRAD (J.), O.*, Professeur à l'École Centrale des Arts et Manufactures.
L. PINEAU, O.*, Directeur de l'Office national des Combustibles liquides.
J. B. POMEY, O.*, Inspecteur Général des Télégraphes.
POULENC (Camille), *, D^r ès sciences; P^r de la Société Chimique de France.
RATEAU, C.*, Membre de l'Institut.
ROSENSTOCK, *, Prof^r à l'École Centrale; Ingénieur au Chemin de fer du Nord.
Ch. ROSZAK, O.*, Professeur à l'École Centrale des Arts et Manufactures.
C. M. STEIN, Ingénieur civil des Mines; Ingénieur constructeur.
WALL, *, Ingénieur principal de la Marine.

SOMMAIRE DU NUMÉRO DU 1^{er} NOVEMBRE 1928

LA CHAUFFERIE MODERNE : CHAUDIÈRES ET ACCESSOIRES

Par M. EMANAUD, Ancien Elève de l'École Polytechnique, et Jean DOUMERC, Ingénieur Civil des Mines.

Introduction de M. Ch. ROSZAK, Professeur à l'École Centrale des Arts et Manufactures

(pp. 697 à 756).

DESCRIPTION DES PRINCIPAUX APPAREILS ET DES PLUS RÉCENTES INSTALLATIONS DE LA CHAUFFERIE MODERNE, D'APRÈS LES DOCUMENTS FOURNIS PAR LES FIRMES INDUSTRIELLES (p. 757).

REVUE DOCUMENTAIRE FRANÇAISE ET ÉTRANGÈRE. — Notes, Analyses, Extraits, Comptes rendus. — Les volumes d'air et de fumées dans la combustion des combustibles solides, en fonction de leur pouvoir calorifique (p. 791). — Un nouveau mode d'obten-

tion immédiate d'hydrogène sous pression au laboratoire ou en rase campagne, loin de tout point d'eau (p. 791).
Travaux des sociétés scientifiques et industrielles. — Comparaison des effets du nickel et du cobalt dans l'acier (p. 792).

ANNEXE. — Renseignements économiques. — Cours commerciaux et industriels (p. 35 et 37). — Petites informations (p. 38 et 40). — Petites annonces (p. 40).

Documentation bibliographique : Analyses d'ouvrages récemment parus (p. 38).

PARIS (6^e)



ÉDITEUR

Chèques postaux : Paris 7545.

RÉDACTION (Téléphone : Littré 17-09) — 92, Rue Bonaparte, PARIS-VI^e — ADMINISTRATION (Tél. : Littré 33-43)

La présente livraison est vendue séparément : 15 francs.

Chaque demande de changement d'adresse doit être accompagnée de 0 fr. 80 en timbres-poste et doit nous parvenir huit jours avant la date de la première livraison à envoyer à la nouvelle adresse.

III. — L'APPAREILLAGE

Tuyauteries de vapeur.

Le dessin d'une tuyauterie de vapeur est principalement affaire de bon sens et doit résulter de l'étude des emplacements disponibles et des conditions de marche. On devra donc tracer les tuyauteries entièrement à l'échelle sur le projet d'ensemble, de façon à n'avoir aucune surprise désagréable lors du montage.

Nous nous bornerons à rappeler que le tracé peut être à collecteur unique, à collecteur en boucle, à double collecteur, ce dernier étant un des plus répandus, surtout pour les installations importantes.

Comme métal, on n'emploie plus que l'acier, surtout depuis que les hautes pressions et les hautes températures sont devenues d'emploi courant.

À cet égard, il y a lieu d'observer que les effets de dilatation prennent une importance capitale : c'est ainsi que la dilatation de l'acier doux, de 0° à 400°, atteint 4,75 mm/m. Si donc le tracé présente une trop grande raideur, il sera impossible de maintenir l'étanchéité des joints. En effet, lors de la mise en route, la tuyauterie, en se dilatant, soumet les joints à un effort de compression. Si l'on n'a pas resserré les écrous des brides, la contraction de la tuyauterie amènera une fuite des joints. Si l'on a fait le serrage, à froid, les boulons, soumis à un effort intense, peuvent parfaitement se rompre.

La question de la souplesse du tracé et la répartition judicieuse des points fixes exigent une grande expérience.

Les dimensions des tuyauteries étaient autrefois calculées de façon à ne pas dépasser 6-8 kg/mm², ce qui donnait, pour les aciers au carbone ordinaire, une marge de sécurité, par rapport à R, de 5 environ, donc amplement suffisante.

L'emploi des hautes températures actuelles modifie l'aspect du problème (1).

Pour les aciers courants, la charge de rupture passe par un maximum entre 200-250° et reprend, à très peu près, la même valeur qu'à la température ordinaire entre 300° et 400°. Par contre, la limite élastique vers 400° n'est plus que la moitié environ de ce qu'elle était à zéro. Il en résulte donc que la marge de sécurité doit être réservée par rapport à la limite élastique et non par rapport à la charge de rupture. Par ailleurs, l'acier doux ordinaire est sujet aux phénomènes de « vieillissement » et de « recristallisation » (ou grossissement des grains), phénomènes qui se traduisent par une résilience très réduite, parfois une réduction de la limite élastique, l'allongement restant sensiblement le même.

La maison Babcock et Wilcox estime que le coefficient de sécurité par rapport à la limite élastique doit être d'environ 1,75 à la température considérée, et elle conseille — bien que cette disposition ne soit pas encore réglementaire — de prévoir, outre le clapet réglementaire de protection contre les accidents de chaudières, un clapet se fermant vers l'aval et assurant la protection contre la rupture de tuyauteries.

Pour les très fortes pressions et la vapeur surchauffée à haute température, il faudra peut-être envisager l'emploi d'aciers ou alliages spéciaux.

Ils sont évidemment plus coûteux et d'un usinage plus difficile que l'acier doux ordinaire, mais leur longévité est plus grande et la sécurité qu'ils assurent plus grande aussi. D'autre part, comme on pourra réduire les dimensions, il s'établira une compensation des prix.

Parmi ces métaux spéciaux, nous citerons le Monel, particulièrement employé pour les vannes. Le Monel est un alliage nickel-

cuivre (65 à 70 % de Ni; 28 à 30 % de Cu). Nous citerons aussi des alliages Cu-Ni (88-12); Ni-Cr (70-30; 80-20), les aciers demi-doux et demi-durs au chrome (Cr 14 %; 0,1 % C). Ces métaux doivent avoir une limite d'écoulement élevée et être, autant que possible, inoxydables.

Dans le cas des hautes pressions, la tuyauterie sera étirée sans soudure, d'un diamètre aussi petit que possible pour diminuer les fatigues, poids, prix, déperdition de chaleur; les joints de dilatation comme les joints fixes doivent être tout particulièrement étudiés; la résistance à la flexion des diverses pièces devra être homogène.

Le diamètre des brides seront plus grands qu'aux pressions moyennes, et l'étanchéité obtenue par double emboîtement, métal sur métal ou disque à labyrinthe.

Les joints à brides boulonnés (pour pressions jusqu'à 63 kg/cm²) sont standardisés en Amérique depuis 1924; les boulons ne doivent pas travailler à plus de 4,9 kg/cm². En Amérique, on a beaucoup employé les joints par soudure autogène sur brides ou directement sur tubes. Ce procédé a été employé, en particulier, à la centrale de Weymouth (Boston), où la tuyauterie de vapeur sans soudure est assemblée par brides Sargol avec joints soudés.

À la centrale de Langerbrugge (56 kg/cm²), les tuyauteries en acier, coudées à la presse, ont 127 mm de diamètre et 12 mm d'épaisseur. Les brides, filetées et mandrinées, portent de chaque côté un chanfrein rempli à la soudure électrique; la face plane de la bride est ensuite dressée à la lime; les joints sont constitués par des rondelles en acier doux de 5 mm d'épaisseur qui portent en saillie, à partir du trou central, une douzaine de stries circulaires à profil triangulaire de 1 mm de côté. On a ainsi un joint à labyrinthe, serré par des boulons spéciaux qui écrasent légèrement les cannelures.

Ces brides Babcock et Wilcox (fig. 1) sont soumises à des conditions très dures, puisque la température atteint 450°. Elles n'ont cependant donné aucun mécompte depuis leur mise en service, qui remonte à deux ans.

Pour les pressions inférieures à 25 kg/cm², le type Babcock et Wilcox comporte (fig. 2) une grande cannelure, un léger collet rabattu, et la fixation du tuyau se fait par mandrinage.

Pour les pressions supérieures à 60 kg/cm² (cas de la centrale de Bradford: vapeur à 75 kg/cm² et à 425°), le type de bride (fig. 3) est analogue à celui de la figure 1, sauf qu'il comporte deux chanfreins remplis à la soudure électrique.

Nous citerons enfin un nouveau dispositif, dû à Babcock et Wilcox (fig. 4), pour tuyauterie de vapeur à très haute surchauffe. Le tuyau parcouru par la vapeur à haute pression et haute température est pris dans un tuyau concentrique-enveloppe et, dans

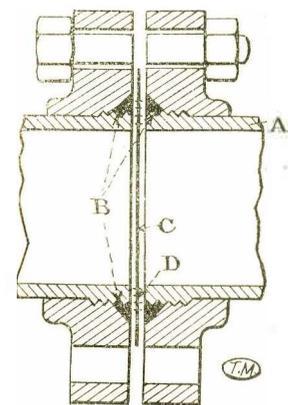


FIG. 1. — Coupe d'une bride pour pressions supérieures à 45 kg/cm².

A. Tube vissé et mandriné; — B. Soudure; — C. Joint circulaire en acier doux avec stries circulaires à profil triangulaire.

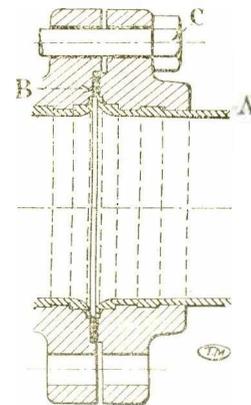


FIG. 2. — Coupe d'une bride pour pressions inférieures à 25 kg/cm².

A. Tube; — B. Joint; — C. Boulon.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. XX, n° 16 (15 août 1928), p. 564.

l'espace annulaire ainsi formé, circule de la vapeur haute pression, mais saturée. Le tuyau intérieur est donc soumis sur ses deux faces à la même pression; il ne travaille donc pas et peut, en principe, transporter de la vapeur à une température très élevée. Le tuyau-enveloppe, qui est à faible température, est d'un établissement aisé. Le seul inconvénient de ce système est son prix assez

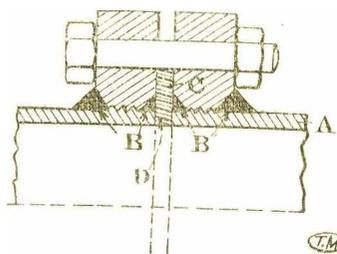


FIG. 3. — Coupe d'une bride pour pressions supérieures à 60 kg/cm². Les lettres ont la même signification que sur la figure 1.

élevé, puisqu'il faut deux tuyauteries (l'une est peu coûteuse il est vrai), mais il apporte une solution à un problème considéré comme insoluble jusqu'ici.

Robinetterie.

Les robinets à boisseau ne sont pour ainsi dire plus utilisés dans les chaufferies modernes. On emploie des vannes qui comportent, pour les hautes pressions et températures, un corps

en acier coulé, avec sièges en acier spécial, en général chrome-nickel; c'est ainsi, par exemple, que la maison Munzig utilise un acier chrome-nickel dit « Thermo Dru » qui possède les caractéristiques suivantes :

R kg/mm ² à 200°	75,2
— à 500°	57,6
A % à 200°	52,8
— 500°	22,5
Limite élastique à 200°	30
— à 500°	24
S % à 200°	53
— 500°	46

L'acier du corps répond aux caractéristiques :

R = 53 A = 26,7 Limite élastique = 41,4 S = 69 %.

La figure 5 représente une telle vanne (type « Montceau »), qui comporte double fermeture mécanique réunissant les avantages connus des soupapes à clapet (clapets mobiles indépendants à ouverture et fermeture axiales) et des vannes à coin (blocage obtenu à l'aide d'un coin-admission des deux côtés, corps à l'abri du courant de vapeur).

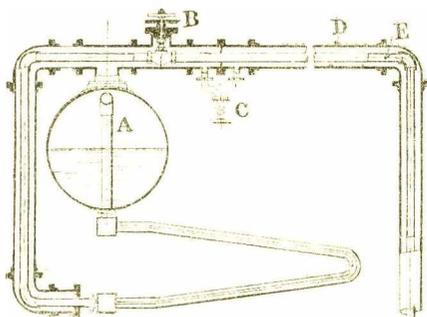


FIG. 4. — Schéma d'une tuyauterie pour vapeur à très haute surchauffe. A. Bouilleur; B. Robinet-vanne; C. Robinet de purge; D. Tuyau enveloppe extérieur; E. Tuyau interne à vapeur haute pression.

d'un moteur assurant l'ouverture et la fermeture, ce moteur étant commandé du tableau. Une autre réalisation fort remarquable est la vanne J. Cocard pour très hautes pressions et surchauffes au-dessus de 400° (fig. 6).

Le corps et le couvercle sont en acier au four électrique, les garnitures de corps et d'opercules en acier et métal spécial « Coc ». La vanne à sièges parallèles ne peut se coincer; la section de passage entière et le profil spécial des sièges réduisent

les pertes de charge; l'agrafage des opercules empêche tout déboîtement, tout en permettant à ces organes de tourner sur leurs sièges pour rodage. La tige montante constitue un excellent indicateur d'ouverture; elle est en métal inoxydable, et l'étanchéité est garantie par une garniture emboutie spéciale, au contact de laquelle le fluide est toujours sous forme d'eau.

Nous citerons encore le robinet à piston « Klinger » (J. Cocard) (fig. 7), qui est constitué essentiellement par un piston-obtuteur pouvant découvrir ou obturer les lumières d'une lanterne périphérique, en glissant à frottement doux à l'intérieur de rondelles superposées, de composition spéciale, réalisées avec des matières plastiques et inertes.

L'introduction des fortes pressions a, comme nous l'avons signalé, compliqué le problème de robinetterie. Les soupapes de sûreté exigent des soins spéciaux; en général, ce sont des soupapes à grande course. Les sièges, inoxydables, doivent avoir le même coefficient de dilatation

que l'acier (on emploie, par exemple, l'acier stainless). Les corps en acier sont préparés au four électrique acide, en atmosphère réductrice, et la vérification se fait aux rayons X. Dans la centrale de Weymouth, les vannes d'arrêt principales ont les sièges et soupapes en Monel. L'équipement en soupapes de sûreté doit être d'autant plus étudié que la pression est plus élevée.

A Weymouth, l'unité timbrée à 84 kg/cm² comprend quatre soupapes de sûreté sur le réservoir, une sur le surchauffeur, deux sur l'économiseur, cinq sur le resurchauffeur. A Langerbrugge, les soupapes de sûreté sont doubles, à course complète et à ressort. Chaque partie comporte un piston différentiel commandé par deux petites soupapes auxiliaires. L'ouverture et la fermeture sont brusques. Le corps et le couvercle sont en acier coulé, les garnitures en Monel.

Manomètres. Tubes de niveau.

La très grande généralité des manomètres est du type bien connu Bourdon, sur lequel nous n'insisterons pas. Tous ces appareils comportent un cadran indicateur, et il y a tout intérêt à ce qu'ils soient enregistreurs, soit sur diagramme circulaire, soit sur tambour cylindrique.

Le principe du tube à niveau, avec les divers dispositifs de sécurité adoptés pour éviter les accidents, est trop connu pour que nous insistions. Nous rappellerons également les appareils

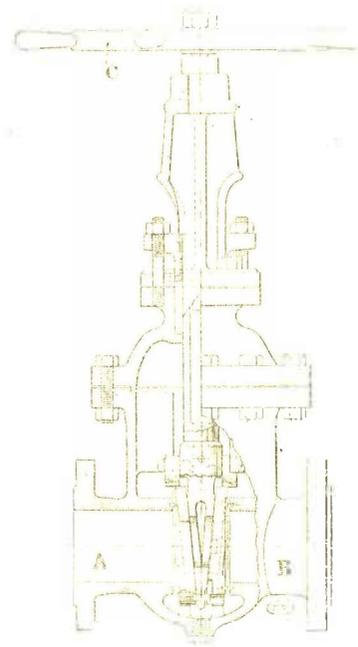


FIG. 5. — Demi-coupe d'une vanne Munzig, en acier coulé. A. Entrée de vapeur; B. Sortie de vapeur; C. Volant de commande.

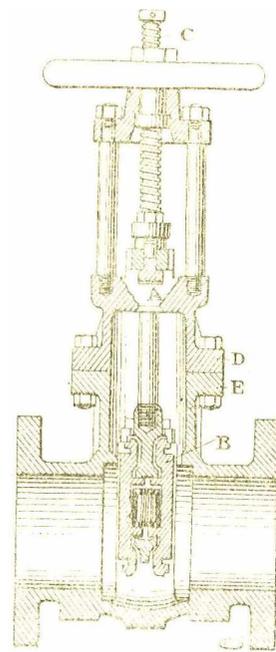


FIG. 6. — Coupe d'une vanne Cocard. A. Garniture d'étanchéité; B. Opercule; C. Vis de commande; D, E. Joints.

à glace à réflexion, qui ne conviennent que jusqu'à 20 kg, d'une part à cause du manque d'étanchéité des joints, d'autre part à cause de la difficulté du serrage des vis.

Les générateurs devenant de plus en plus grands, les pressions et les températures augmentant, on a dû chercher d'autres solutions, parmi lesquelles nous citerons l'emploi de verres spéciaux (Pyrex, Moneriff), les systèmes lumineux à persiennes (Babcock et Wilcox), et, dans un autre genre, les appareils indicateurs, soit mécaniques, soit magnétiques, soit thermostatiques, soit en dernier lieu électriques avec signaux avertisseurs sonores ou lumineux.

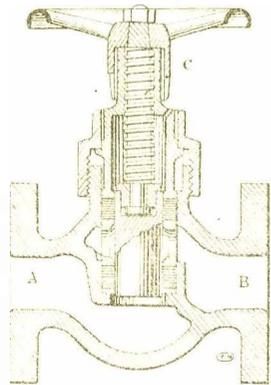


FIG. 7. — Coupe d'un robinet à piston Klingler.

A, Entrée de vapeur; — B, Sortie de vapeur; — C, Volant de commande.

Dans la première catégorie, nous citerons l'indicateur Boizard (fig. 8) qui comporte un système de montage très étudié, avec rondelles Belleville, une glace en verre spécial (borosilicate à faible coefficient de dilatation) traitée thermiquement après façonnage et dressage et comprenant une lentille cylindrique (face extérieure) et un seul prisme (face intérieure), donnant un champ de visibilité de 90° et permettant de diminuer la pression sur la glace par réduction de la surface en contact avec l'eau ou la vapeur et d'avoir une étanchéité parfaite.

La figure 9, représentant la garniture lumineuse Babcock et Wilcox, est suffisamment explicite.

Les appareils indicateurs mécaniques sont basés sur l'emploi d'un flotteur qui, par une transmission appropriée, peut faire fonctionner un avertisseur de « manque d'eau » ou « trop d'eau ».

Comme type d'appareil thermostatique, nous citerons l'appareil J. Gordon.

La maison Babcock et Wilcox préconise pour les très hautes pressions l'indicateur électrique de niveau d'eau Pairard (fig. 10). Il comporte un corps en acier essayé à la pression de 200 kg avec, à chaque extrémité, une douille démontable permettant la fixation au lieu et place du tube en verre ordinaire, et quatre ou cinq « bougies » établies spécialement et se montant sur le corps en acier. L'eau de la chaudière ferme le circuit de chaque lampe. Un tableau comporte le transformateur, les lampes et, si besoin est, les deux sonneries d'alarme.

L'indicateur se monte sur alternatif pour éviter les phénomènes d'électrolyse : pour créer un circuit à la terre sans nuire au réseau général de distribution, un petit transformateur 110 sur 120 v, 100 w, a son secondaire branché d'une part à la masse de la chaudière et d'autre part sur les bougies de la colonne de niveau.

La série de lampes peut être placée sur le tableau, bien en vue du personnel de chauffe.

La firme Askania construit un indicateur physique de niveau d'eau à distance constitué essentiellement par un manomètre différentiel à balance de mercure entièrement métallique et mesurant le niveau sous forme

à tuyère Askania pour le réglage de l'alimentation, spécialement pour les grosses chaudières modernes, et peut être complété par un dispositif avertisseur optique ou acoustique.

Appareils de contrôle de la chauffe.

Pendant fort longtemps, le soin de brûler la matière première, dans les conditions optima, a été laissé entre les mains d'un personnel subalterne, sans connaissances théoriques et dépourvu de tout appareil de contrôle, en dehors du niveau d'eau et du manomètre. C'est dans la marine de guerre qu'on a d'abord étudié et appliqué une forme rudimentaire de contrôle, sous la désignation de chauffe méthodique. L'emploi des chargeurs automatiques a conduit à étudier de plus près les phénomènes de combustion, de façon à réaliser d'indispensables économies et à retirer au combustible dépensé le maximum de rendement. Le bilan thermique d'une chaudière utilisant un bon charbon moyen montre que, sur 100 cal, la chaudière et l'économiseur en utilisent environ 60 et que 40 cal sont perdus : 27 en chaleur sensible, 7 par les gaz non brûlés, 1,5 par les cendres et 5 par rayonnement.

A l'heure actuelle, on peut ranger les appareils de contrôle en trois grandes catégories, savoir :

Appareils de service courant, c'est-à-dire dont les indications, placées sous les yeux des chauffeurs, permettent de mieux conduire les feux ;

Appareils centralisés autographiques, groupés, soit dans un poste central de chaufferie, soit dans le bureau de l'ingénieur, soit dans les deux avec duplicateurs ;

Appareils régulateurs automatiques manœuvrant les registres d'air, contrôlant la vitesse des ventilateurs, des grilles, etc.

L'importance de ces divers appareillages est considérable ; d'abord le personnel — sous réserve qu'on lui ait appris à lire les appareils et à comprendre leurs indications — peut conduire la chauffe d'une façon plus rationnelle et profiter des primes à l'économie qui stimulent son zèle ; en outre, se sachant sous la surveillance constante, écrite, d'appareils intangibles, il fera mieux son service ; enfin, les frais de main-d'œuvre pourront être sensiblement réduits par l'automatisme ou la mécanisation des appareils de chauffe.

Un chauffeur sans appareils de contrôle est exactement comme un électricien qui ne disposerait pas de son tableau d'instruments de mesures.

Au point de vue de la direction, le contrôle automatique

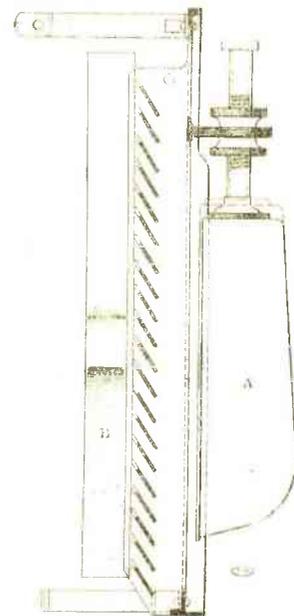


FIG. 9. — Schéma de la garniture lumineuse Babcock et Wilcox.

A, Réflecteur; — B, Tube de niveau.



FIG. 8. — Dispositif de l'indicateur Boizard.

A, Glace monoprismatique hémisphérique; — B, Rondelles Belleville.

d'une différence entre le niveau constant et le niveau variable de la chaudière.

Cet appareil, qui a été construit et appliqué pour pressions jusqu'à 120 atm, peut être également combiné avec un régulateur

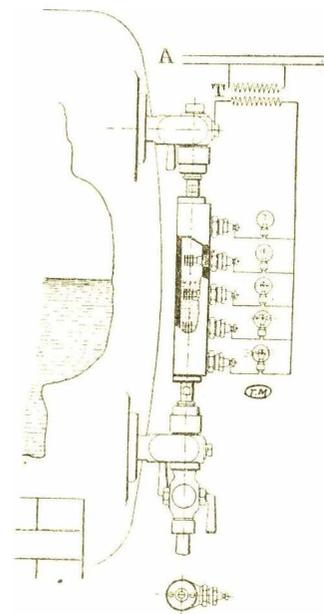


FIG. 10. — Dispositif de l'indicateur électrique Pairard (Babcock et Wilcox, constructeurs).

A, Circuit alternatif; — T, Transformateur.

permet de déterminer les postes déficitaires et de localiser la cause de tout incident.

En fait, les deux premières catégories d'appareils peuvent être examinées en bloc, car les appareils dits de service direct sont identiques à très peu près aux appareils centralisés.

Ces appareils comprennent :

1° Des appareils de mesure de la température qui, de plus en plus, sont des appareils à plusieurs directions permettant de vérifier la température de la vapeur ou des gaz, celle de l'eau d'alimentation, etc. ;

2° Des appareils analyseurs de gaz ;

3° Des appareils indiquant les dépressions ;

4° Des appareils indiquant les débits (vapeur, eau, air, gaz).

Les appareils de contrôle sont utilisés complétés par des régulateurs automatiques d'une sensibilité très comparable à celle des appareils de mesure eux-mêmes. Les régulateurs Arca, notamment, permettent toutes les combinaisons pour la commande automatique de la chauffe : réglage de combustion, réglage d'amenée de combustible (grilles mécaniques ou charbon pulvérisé), réglage d'air,

FIG. 11. — Schéma de principe du thermomètre enregistreur Bailey.

A, Tube capillaire ; — B, Réservoir d'azote ; — D, Branche supérieure du tube en U contenant le mercure.

réglage de triage. Leur emploi économise la main-d'œuvre et assure la surveillance de tous les instants, qu'il est humainement impossible d'obtenir sans défaillances.

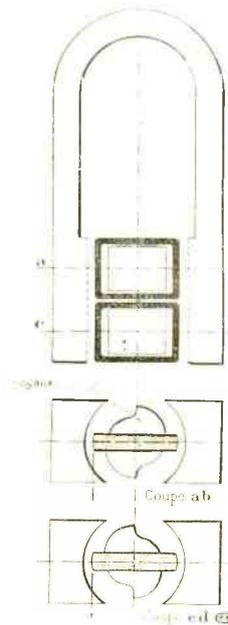


FIG. 12. — Schéma du thermomètre à résistance O. T. I. C.

lequel, à son tour, commande le style enregistreur. La figure 11 montre le fonctionnement de l'appareil.

Le principe des pyromètres à résistance électrique est bien connu. On les emploie, en général, jusqu'à 600°. La résistance variable est constituée le plus souvent par un fil de platine enroulé sur du mica.

Dans le thermomètre à résistance « Resistor » (O. T. I. C.), la variation de résistance d'un fil de platine est mesurée par un ohmmètre spécial gradué en degrés, les déviations étant proportionnelles aux accroissements de température. Une source auxiliaire fournit le courant de mesure.



FIG. 13. — Vue d'un pyromètre enregistreur Carpentier-Intégra.

L'appareil (fig. 12) peut être alimenté par le réseau ou par accumulateurs. Il comprend essentiellement deux cadres mobiles superposés, situés dans un même plan vertical et se déplaçant dans des champs différents et variables, les variations étant inverses grâce au profil spécial du noyau central. Le champ inducteur est produit par un puissant aimant permanent pour les thermomètres à courant continu, par un électro-ferrouille pour l'alternatif.

Les couples thermo-électriques permettent de mesurer toutes les températures usuelles. On emploie par exemple : platine-platine rhodié ; fer-constantan ; nickel-nickel chrome, etc.

A cette catégorie appartiennent les potentiomètres indicateurs et enregistreurs, système Leeds et Northrup.

Parmi les réalisations françaises récentes, les pyromètres enregistreurs multiplex et indicateurs système Carpentier-Intégra retiennent l'attention par leurs caractéristiques, tant électriques (circuit à haute résistance) qu'organiques (moteur électrique, enroulement multicolore, etc.) [fig. 13].

Nous citerons également, parmi les pyromètres à couple, le « Pyros », construit par Otic, qui peut être utilisé pour toutes températures jusqu'à 1500°. Les couples sont : nickel-nickel-chrome jusqu'à 1200, puis platine-platine rhodié pour les températures supérieures. Les appareils comportent un galvanomètre

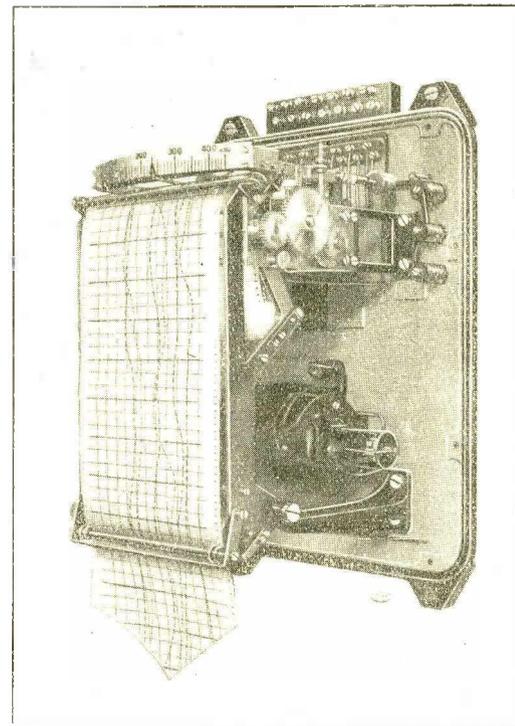


FIG. 14. — Vue d'un pyromètre enregistreur « Pyros » (O. T. I. C., constructeur).

de haute précision, à pivotage vertical, logé dans un boîtier étanche. La figure 14 représente le modèle enregistreur, qui peut être prévu pour 1, 2, 3 ou 6 courbes.

ANALYSE DES GAZ.

Nous avons indiqué que la perte principale, dans le bilan thermique, se produisait par les gaz. Régler la combustion revient simplement à vérifier et enregistrer si, à chaque instant, la pro-

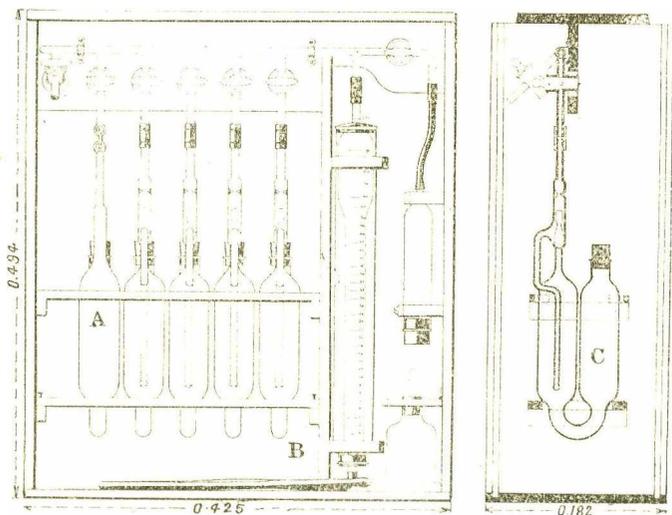


FIG. 15. — Dispositif de l'appareil La Condamine pour l'analyse des fumées. A, C, Barboteurs; — B, Bâti.

portion d'air introduite au foyer est dans le rapport convenable avec la quantité de charbon à brûler. Un excès d'air provoque des pertes, rejeté chaud à la cheminée; un manque d'air donne une combustion incomplète.

La mesure simultanée de la teneur en gaz carbonique et de la température des gaz de sortie permet d'évaluer les pertes dues à la chaleur sensible. Il y a également,

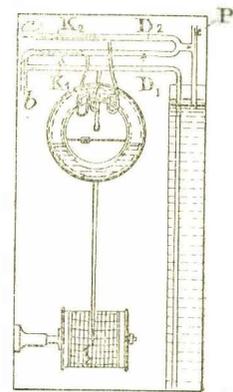


FIG. 16. — Schéma de l'Unographe Dommer.

dans bien des cas, intérêt à mesurer et enregistrer la teneur en oxyde de carbone. Comme nous l'avons déjà dit, la tendance actuelle est de n'employer que des appareils enregistreurs. On est donc amené à réserver pour le laboratoire, ou pour des mesures de contrôle-étalonnage, les appareils à laboratoires, tels que l'Orsat ou son dérivé le La Condamine, adopté par l'Office central de Chauffage (fig. 15). Cet appareil possède un dispositif de barbotage des gaz dans les réactifs, ce qui permet de supprimer les laboratoires de verre; il rend possible le dosage exact de l'oxyde de carbone par l'emploi de deux laboratoires d'absorption successifs. Une petite soupape assure automatiquement l'envoi du gaz dans le bas du laboratoire et son évacuation par le haut.

Nous n'insisterons pas sur ces appareils, et nous passerons immédiatement aux appareils automatiques. Ces derniers peuvent reposer, soit sur des propriétés physiques du gaz carbonique, soit sur son absorption par corps alcalins.

Nous citerons, dans la première catégorie, les appareils basés sur la viscosité des gaz, et, en particulier, l'Unographe du Dr Dommer (fig. 16). Le principe est l'écoulement des gaz à tra-

vers un orifice calibré et un tube capillaire: dans le premier, la perte de charge dépend du poids spécifique du gaz; dans le second, elle dépend de la viscosité, effets additifs dont la somme est mesurée sur un manomètre sensible.

Une trompe à eau aspire parallèlement, à travers un régulateur de pression et de température, un filet des gaz à analyser et un filet d'air ambiant pris comme repère, qui traversent respectivement les capillaires K_1 et K_2 et les diaphragmes D_1 et D_2 .

Le manomètre différentiel est constitué par un tube en U de forme circulaire, monté en balance sur un grain d'acier trempé. Cet appareil peut être équipé en duplex, c'est-à-dire enregistrer le gaz carbonique et l'oxyde de carbone sur le même diagramme. Dans ce cas, après dosage du gaz carbonique, les gaz passent en gaz carbonique par l'oxyde de carbone est transformé en gaz carbonique par l'oxyde de cuivre, et une nouvelle mesure donne la proportion d'oxyde de carbone.

L'appareil Ranarex est basé sur un principe analogue, avec toutefois la différence que, pour augmenter les facilités d'indication, la différence de densité entre l'air ambiant et les gaz de fumée est multipliée par deux ventilateurs tournant en sens inverses, qui aspirent ces deux fluides et les projettent sur deux autres ventilateurs actionnant l'aiguille indicatrice.

On a cherché, dans cet appareil, à réaliser une construction très simple et pratique.

La combinaison de cet instrument avec un régulateur de combustion

Askania permet de corriger le rapport air-combustible de façon à réaliser toujours la meilleure combustion théorique.

Dans la première catégorie rentrent également les appareils qui utilisent la différence de conductibilité calorifique du gaz carbonique et d'un fluide étalon (l'air, par exemple).

Si nous prenons 100 comme conductibilité de l'air, l'hydrogène aura 700, l'acide carbonique 59, l'oxyde de carbone 96, la vapeur d'eau 130. On voit donc que l'acide carbonique est nettement différent.

Nous décrirons rapidement l'appareil de la Cambridge Instrument Co. On compare la résistance électrique de deux fils de platine chauffés par un courant et entourés respectivement par les gaz à analyser et par un gaz témoin (air); ces deux fils constituent les branches d'un pont de Wheatstone, les deux autres étant formés par des résistances fixes. Lorsqu'on fait passer un courant, la différence de température, provoquant une différence de résistance des deux fils, se traduit par la déviation de l'aiguille d'un galvanomètre gradué de 0 à 20 en pour 100 de gaz carbonique.

Il est intéressant de rappeler que, dès 1888, on a déterminé la conductibilité thermique des gaz avec un appareil à fil chauffé, mais ce principe ne fut pratiquement appliqué à l'analyse des gaz qu'au début de la guerre, lorsque le Dr Shakespear, de l'Université de Birmingham, mit au point son « catharomètre » pour la mesure des petites quantités d'hydrogène dans l'air. Notons que, d'autre part, Kœpsel avait, en Allemagne, réalisé en 1908 un appareil basé sur le même principe pour le dosage de l'hydrogène dans les gaz de gazogène. L'appareil Kœpsel a été mis au point par la maison Siemens et Halske.

Nous représentons figure 17 le schéma des connexions du catharomètre, formé d'un bloc en laiton à deux chambres contenant

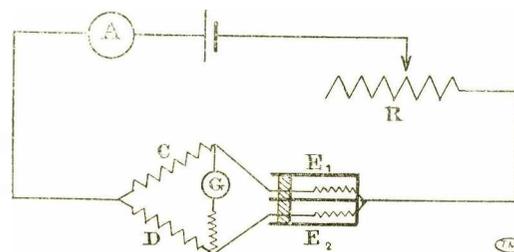


FIG. 17. — Schéma des connexions du catharomètre.

A, Milliampèremètre; — C, D, Branches fixes du pont; — E₁, E₂, Cellules contenant les spires de platine; — G, Galvanomètre; — R, Résistance réglable.



DÉBITMÈTRES. COMPTEURS.

COMPTEURS D'EAU. — On peut les ranger en trois grandes classes, savoir : les compteurs cinétiques, les compteurs volumétriques, les compteurs à déversoirs.

Les compteurs cinétiques comportent une turbine, ou une roue à ailettes, placée dans la conduite et qui tourne d'autant plus vite que le volume débité est grand.

Le compteur de tours est gradué en litres par seconde ou par minute. Ces appareils sont peu employés dans les grandes installations.

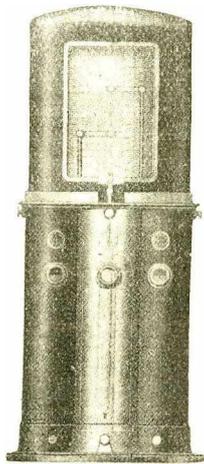


FIG. 25. — Vue d'un pressio-déprimomètre enregistreur Duplex Intégra.

Les compteurs volumétriques comprennent une capacité fixe, et l'on compte le nombre de fois que cette capacité a été remplie. Il faut évidemment prévoir un système de vidage de cette capacité. On aura, par exemple, deux godets à bascule se remplissant et se vidant alternativement, ou des siphons assurant le vidage successif des deux compartiments. Signalons ici également le compteur à pistons ou à pièce tournante pour eau sous pression.

Les compteurs à déversoirs comprennent une encoche d'écoulement en forme de V. Le débit est fonction de la hauteur du liquide dans le réservoir, et un flotteur commande les appareils enregistreurs.

Nous avons d'ailleurs décrit des compteurs d'eau dans le chapitre consacré à l'épuration calco-sodique de l'eau d'alimentation (1).

Il existe enfin un autre principe, celui du Venturi, dont nous parlerons plus loin.

COMPTEURS DE VAPEUR. — La question du compteur de vapeur est délicate, et il faudra souvent se contenter d'une solution imparfaite (2). Le compteur de vapeur sert en premier lieu à indiquer continuellement la vaporisation instantanée des chaudières, ainsi qu'à contrôler immédiatement leur charge et l'utilisation économique résultante. Il permet au chauffeur de répondre à temps aux variations de charge, et à l'ingénieur de régler au mieux l'utilisation économique de l'installation.

En effet, le compteur de vapeur est, au point de vue contrôle de la chaudière, un instrument plus précieux que le manomètre, car ce dernier n'indique que l'effet secondaire résultant d'un changement de vaporisation, alors que le premier permet de saisir l'origine même de la variation.

En raison de la grandeur des volumes à mesurer, on ne peut utiliser les compteurs volumétriques, pas plus d'ailleurs que les compteurs cinétiques, anémomètres, moulinets, etc.

Il reste les compteurs dynamiques, qui mesurent, non point la vitesse, mais la charge donnée par la formule $\frac{\pi v^2}{2g}$, où v est le quotient du débit par la section et π le poids spécifique de la vapeur.

L'emploi du tube de Pitot n'est pas pratique, et, pour mesurer l'énergie dynamique d'un courant de vapeur, on devra recourir à d'autres procédés.

Intercalons sur le trajet du courant un rétrécissement brusque

(1) Voir p. 730 du présent fascicule.

(2) Le problème du compteur de vapeur a pris depuis quelques années un intérêt nouveau, du fait du développement des distributions de chaleur dans les villes (chauffage urbain). Nous prions nos Lecteurs de se reporter à ce sujet à l'étude de M. VÉRON : Le chauffage urbain : distribution de la chaleur dans les villes, *La Technique Moderne*, t. XIX, n° 13 (1^{er} juillet 1927), p. 385 ; n° 16 (15 août 1927), p. 487.

ou progressif, mais introduisant une résistance aussi faible que possible, c'est-à-dire une perte de charge minimum. Dans ces conditions, les filets gazeux se comportent comme des filets liquides, car on démontre que, si le rapport de la dépression à la pression est faible, le théorème de Bernoulli relatif aux liquides s'applique à la vapeur.

Les dispositifs permettant de créer une perte de charge sont : l'orifice en paroi mince, l'orifice parfaitement convergent, le tube de Venturi, l'orifice fixe à obturateur mobile.

Les lois d'écoulement des liquides par les orifices sont connues : la vitesse est donnée par la loi de Torricelli; mais, dans le cas de l'orifice en paroi mince, il ne faut point oublier que la section S est remplacée par mS , m étant le coefficient de contraction, lequel est variable.

Nombre de compteurs à vapeur sont basés sur le principe de l'orifice en paroi mince, qui présente le sérieux avantage de pouvoir être introduit entre deux brides d'une canalisation sans modification de celle-ci, mais le coefficient de réduction change avec la chute de pression, et varie de 0,61 à 0,65 suivant les auteurs.

L'orifice parfaitement convergent (fig. 26) est une sorte de conduit à génératrice courbe dont le profil est celui d'un jet libre sortant par un orifice en paroi mince, jusqu'à sa section la plus étranglée.

Si la courbure est bien établie, on obtient dans la section terminale l'écoulement en filets parallèles. La perte h est donnée par la formule :

$$h = \pi \frac{V^2 - v_0^2}{2g}$$

qui est la loi d'écoulement des fluides dans le tube de Venturi.

Le profil du tube de Venturi est représenté figure 27.

La dépression est donnée par :

$$h = \frac{\pi}{2g} (V_A^2 - V_B^2) \lambda$$

V_A et V_B étant les vitesses moyennes en A et B.

D'autre part, $h = \pi V_B S = \pi s V_A$, d'où enfin :

$$Q = A \sqrt{\pi h}$$

A étant un coefficient ne dépendant que des dimensions de l'ajutage.

Le principe du Venturi est appliqué notamment dans les compteurs Kater et Ankersmit.

On voit donc la complexité du problème du compteur. Il faut connaître h , π , et les effets de ces variations. D'autre part, la fonction $\pi = f(T, H)$ est-elle connue avec une approximation assez grande ? On peut admettre que l'on connaît π à 1 % près. Reste à mesurer h , rôle confié à des manomètres différentiels.

L'ingéniosité des inventeurs a conduit à un nombre extraordinaire de solutions, dont nous allons indiquer les principales.

La solution la plus simple (fig. 28) est un tube de verre communiquant avec une grande cuve contenant du mercure.

Dans certaines solutions, la cuve a un profil tel que le déplacement du mercure dans le tube soit proportionnel, non pas à h , mais à \sqrt{h} (fig. 29).

Le tube en verre peut être remplacé par un tube métallique, et

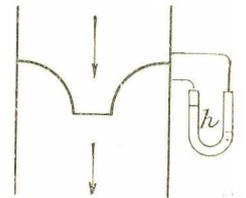


FIG. 26. — Schéma d'un orifice parfaitement convergent.

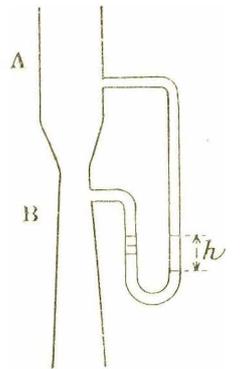


FIG. 27. — Schéma d'un Venturi.

les déplacements d'un flotteur sont indiqués sur un cadran gradué.

Nous citerons aussi les manomètres différentiels à balance. Ils se composent de deux récipients contenant du mercure et communiquant respectivement avec les deux prises de pression.

Le mercure passe d'un récipient à l'autre sous l'effet de la différence de pression, et le poids de métal déplacé commande la transmission.

L'aiguille peut avoir un mouvement proportionnel à \sqrt{h} , grâce à un équilibrage spécial et un profil convenable des réservoirs. Les dispositifs à tore dérivent des balances.

On peut aussi réaliser une transmission magnétique qui, en

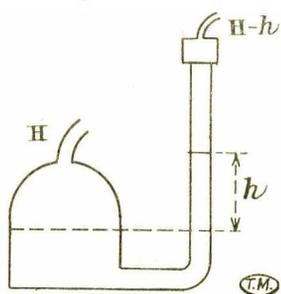


FIG. 28. — Schéma d'un manomètre différentiel à cuve de mercure.

principe, comporte une tige de flotteur terminée par une crémaillère engrenant avec un pignon qui porte un aimant extérieur semblable, monté sur un axe prolongeant celui de l'aimant intérieur, suit exactement les déplacements de ce dernier.

Nous citerons, pour terminer, le manomètre différentiel Piette. Il comprend (fig. 30) un tube métallique en U contenant du mercure dans la demi-circonférence inférieure. Dans chaque branche, une bille de fer sert de flotteur. Au

repos, les centres des deux billes se trouvent dans le plan horizontal passant par l'axe d'enroulement du tore formé par la partie inférieure du tube. Un aimant en forme de double fourche, monté sur l'axe du tore, a son circuit fermé par les billes; dès qu'elles se déplacent, l'aimant les suit.

Une condition dont il faut tenir compte est l'eau de condensation de la vapeur, qui peut fausser les indications si l'on ne réalise pas l'égalité du niveau dans les tubes de transmission.

Le dispositif le plus simple, à notre avis, consiste en un tube

horizontal d'assez petit diamètre pour que l'eau le ferme par un ménisque. La séparation de l'eau et de la vapeur, se déplaçant dans un plan horizontal, ne peut fausser les indications du manomètre.

Il nous reste à dire un mot de l'orifice fixe à obturateur mobile (fig. 31). Un obturateur ou piston conique, guidé verticalement, est soulevé par la vapeur; plus le piston est soulevé, plus grande est la section de passage et, par conséquent, la quantité de vapeur traversant l'appareil. L'appareil doit évidemment être taré.

Nous dirons un mot également du compteur de vapeur Askania à diviseur de flux, basé sur un principe nouveau tout différent de celui des compteurs dynamiques.

Il consiste à prélever automatiquement dans la tuyauterie, en fonction de la différence de pression $P_1 - P_2$ de chaque côté d'un diaphragme, et indépendamment de la pression statique P , une petite quantité de vapeur (1/10 000, 1/100 000, etc., du débit total).

On fait écouler ensuite ce flux divisé dans une enceinte où règne la même température que dans la tuyauterie principale. Cet écoulement, qui crée une dépression qui est une mesure du débit, est ensuite condensé dans un petit réfrigérant et pesé dans un compteur d'eau à déversement qui donne directement le poids de vapeur s'écoulant dans la tuyauterie principale, et ceci indépendamment des variations de pression et de température.

D'autre part, cet appareil n'est pas influencé par les variations ondulatoires du débit et peut mesurer par exemple la consommation d'une machine alternative.

APPAREILS AUTOMATIQUES DE CONTRÔLE DES CHAUDIÈRES.

La complication et la puissance croissantes des générateurs ont conduit à étudier le réglage ou contrôle automatique des auxiliaires, de façon à produire la vapeur dans les meilleures conditions d'économie, tout en ayant une sécurité de marche absolue. C'est principalement en Amérique que le contrôle automatique a pris une grande extension, ce qui s'explique, d'une part, par les frais très élevés de main-d'œuvre spécialisée, d'autre part par les conditions mêmes de fonctionnement des grandes centrales dites de « base load », c'est-à-dire destinées à fournir la puissance de base sans avoir à faire face aux pointes, qui sont du ressort de centrales spéciales.

Dans les centrales de base américaines, l'automatisme a été, non seulement très poussé, mais encore centralisée, c'est-à-dire que chacun des appareils automatiques est commandé par un maître-contrôleur, ces derniers étant groupés dans un poste central de commande; c'est ainsi que la centrale de Brooklyn comporte 72 générateurs avec contrôle groupé du système Smoot.

Le système Smoot (Smoot Engineering Co. de New York) comprend également un servomoteur à diaphragme avec dash-pot à huile commandant hydrauliquement les divers appareils individuels (tirage, vitesse du moteur de grille, etc.).

Le principe du système Hagan est à peu de chose près identique.

Enfin, il existe une catégorie d'appareils électriques ou électro-magnétiques tels que le Gibson, dont il a été parlé dans cette Revue (1).

La firme tchécoslovaque Roucka a conçu deux systèmes de réglage: l'un entièrement automatique, l'autre semi-automatique.

Le système entièrement automatique comprend un régulateur de combustion qui, par un servomoteur à huile, agit sur le registre de fumée. Dans le cas des grilles soufflées, il y a, en plus, un régulateur de dépression qui agit sur le clapet d'entrée. La vitesse de la grille est réglée automatiquement par un troisième appareil, comprenant un appareil de mesure de la quantité de vapeur débitée par la chaudière et un appareil de mesure de la quantité des gaz. Une proportion entre ces deux valeurs est établie spécialement pour chaque chaudière, et les écarts entre les valeurs correspondantes de ces deux éléments

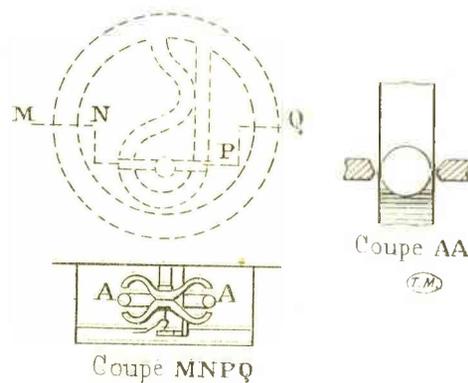


FIG. 30. — Schéma du manomètre différentiel Piette.

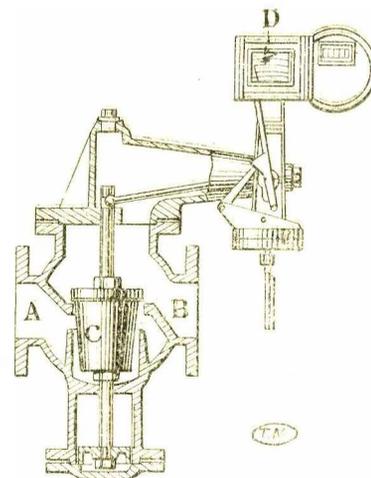


FIG. 31. — Dispositif du compteur à piston K. et A.

A, Arrivée de vapeur; — B, Sortie de vapeur; — C, Piston conique; — D, Bande d'enregistrement.

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. XX, n° 16 (15 août 1928), p. 554.



agissent sur un servo-moteur qui commande un embrayage à friction intercalé entre le moteur et la grille.

Dans le cas de réglage semi-automatique, on n'a conservé que le régulateur de combustion et celui de dépression, la vitesse de grille étant réglée à la main suivant les indications d'un appareil spécial, dit « multimètre », qui comporte un appareil de mesure de la quantité de vapeur et un autre pour les gaz, ces deux valeurs étant indiquées sur deux échelles superposées. Les constantes de cet appareil sont réglées de façon à avoir la combustion optimum dans le cas où les deux index sont en face l'un de l'autre.

La figure 32 représente l'application de ce système à une chaudière de la centrale électrique des Acières de Wetzlar.

Le régulateur Askania, combiné ou non avec le dispositif de correction de la teneur en gaz carbonique dont nous avons parlé à propos de l'appareil Ranarex, équipe, principalement en Alle-

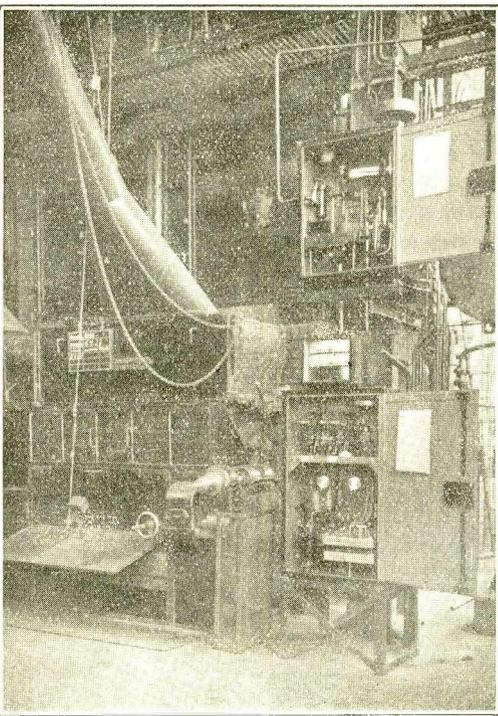


FIG. 32. — Vue de l'indicateur à deux échelles (multimètre) et du régulateur de pression installés sur une chaudière de la centrale électrique des Acières de Wetzlar (Roucka, constructeur).

magne, de nombreuses centrales de force motrice. Une trentaine d'installations sont en service, et une supercentrale à 100 atm, en cours de montage actuellement, comporte un réglage de combustion de ce système, ainsi que divers autres réglages automatiques (température de surchauffe, différence de pression d'eau d'alimentation, soupape automatique de déversement, etc.).

Atitre d'exemple, nous allons décrire cette nouvelle installation particulièrement intéressante (fig. 33),

qui comprend deux chaudières de 700 m² à 100 atm, fonctionnant en parallèles avec six chaudières de 600 m² à 20 atm. Toute cette installation est contrôlée automatiquement d'une façon complète par des régulateurs Askania, qui assurent le réglage automatique du combustible, de la quantité de gaz de fumée, de l'air primaire et de la pression au foyer. Ces régulateurs sont complétés par un dispositif de correction de la teneur en gaz carbonique des fumées, un régulateur automatique de niveau d'eau et un réglage de la température de surchauffe. Les chaudières à moyenne pression sont également réglées, mais ne comportent que le réglage de l'amenée de combustible, le réglage du gaz de fumée et le réglage de la pression au foyer. La vapeur des chaudières haute pression est d'abord utilisée dans une turbine haute pression *e*, puis ensuite déversée à une pression convenable dans le collecteur des turbines moyenne pression.

Toute variation de travail se traduit par une lente variation de pression dans la tuyauterie moyenne pression, et la capacité d'accumulation des chaudières moyenne pression intervient alors à l'aide des régulateurs I à III.

Aux plus hautes charges, qui correspondent aux pressions les plus réduites, les régulateurs de combustion des deux chaudières sont ouverts. Lorsque la charge diminue, le régulateur de combustion III diminue d'abord l'amenée de chaleur à la chaudière moyenne pression et, si la charge baisse encore, le régulateur I restreint la production des chaudières haute pression. Dans le cas où les échelles de pression définies ci-dessus sont dépassées en-dessus ou en-dessous, l'accumulateur de chaleur *f* entre en action par la tuyauterie d'impulsion de réglage II.

Le régulateur *h* est un régulateur de proportion Askania à deux systèmes de mesure reliés chacun à deux diaphragmes *i*, montés sur la tuyauterie d'eau d'alimentation à deux endroits différents et de telle façon que, normalement, le même débit d'eau doit s'écouler par ces diaphragmes.

La quantité d'eau d'alimentation réchauffée par la machine *b* correspond alors aux besoins des chaudières, et le chargement de l'accumulateur reste inchangé.

Si, par contre, la limite de pression est dépassée, il en résulte le déplacement du pointeau de réglage du distributeur du régulateur *h* de sa position moyenne, de telle sorte qu'une quantité d'eau plus grande ou plus petite est réchauffée et que l'accumulateur emmagasine ou non.

Dans le cas d'arrêt momentané des chaudières moyenne pression, on doit remplacer la capacité manquante des chambres d'eau de ces chaudières par un accumulateur de pur réglage *g*, relié à la conduite moyenne pression. Le temps d'accumulation de cet appareil doit être quatre fois plus grand que celui des chaudières haute pression, si l'on veut obtenir un réglage absolument aperiodique.

Les installations de réglage automatique semblent destinées à se répandre considérablement dans les années qui vont suivre, aussi bien dans les grandes centrales de force motrice pure que dans les centrales électriques d'usines à charge très variable (usines métallurgiques, mines, produits chimiques, etc.).

La pratique de plusieurs années de fonctionnement a montré que ces installations permettent d'atteindre aisément un rendement voisin du rendement aux essais, sans attention spéciale de la part du personnel qui, autrement, est obligé d'interpréter laborieusement, et d'une façon parfois très imparfaite, les indications des appareils de mesure, dont le nombre et l'importance peuvent être fortement réduits par l'application du réglage.

En outre, le matériel est mieux utilisé, la charge étant toujours bien répartie sur chaque unité, et il est très facile, sans aucun risque, de serrer de très près le timbre des chaudières.

D'autre part, les turbines sont toujours alimentées à une pression constante voisine de la pression optimum.

Cette question de réglage automatique, qui est à l'ordre du jour, paraît maintenant bien au point et semble entrer dans la période de réalisation industrielle courante.

Nous n'insisterons pas davantage, pour le moment, sur cet intéressant sujet, qui fera l'objet d'une étude spéciale dans un très prochain fascicule de *La Technique Moderne*.

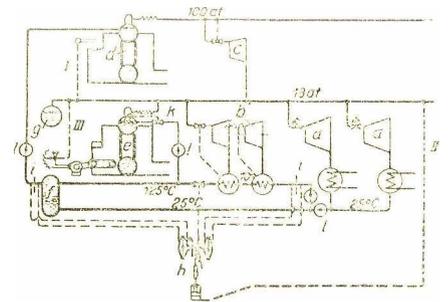


FIG. 33. — Schéma du réglage de l'installation à 100 atm de la supercentrale de Mannheim (Askania, constructeur).

a, Turbines à condensation; — *b*, Turbine de réchauffage; — *c*, Turbine de détente; — *d*, Chaudière à haute pression chauffée au pulvérisé; — *e*, Chaudière moyenne pression à grille mécanique; — *f*, Accumulateur; — *g*, Accumulateur de réglage; — *h*, Régulateur de l'accumulateur *f*; — *i*, Diaphragmes; — *j*, Régulateur d'alimentation; — *l*, Pompe d'alimentation; — I, II, III, Conduites d'impulsion des régulateurs.

TROISIÈME PARTIE

DESCRIPTION

DES

PRINCIPAUX APPAREILS

ET DES

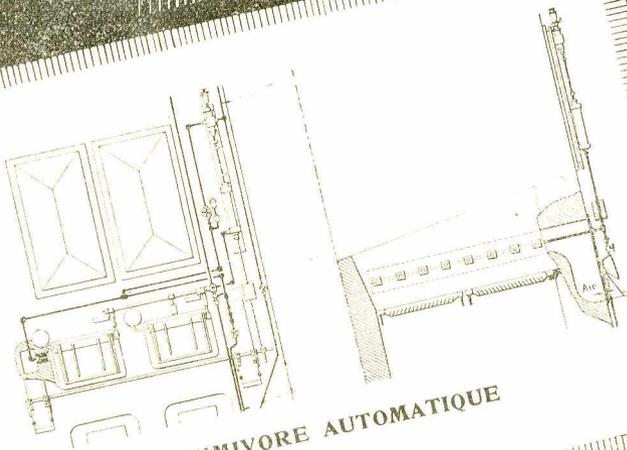
PLUS RÉCENTES INSTALLATIONS

DE

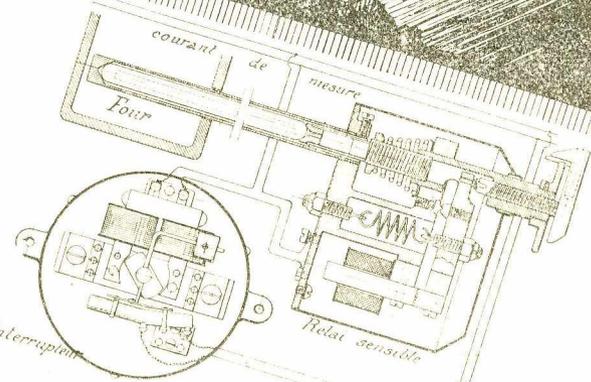
LA CHAUFFERIE MODERNE

d'après les documents fournis par les firmes industrielles





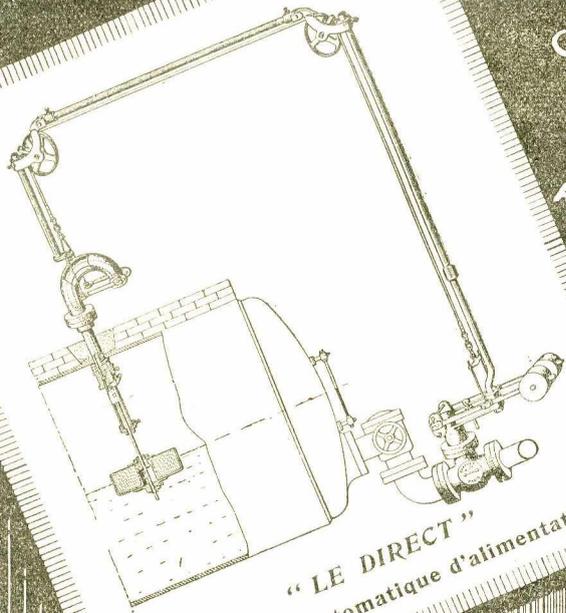
FUMIVORE AUTOMATIQUE



RÈGULATEUR DE TEMPÉRATURE
pour fours électriques.

GENEVET & C^{ie}

37. Boulevard Malesherbes. PARIS.



"LE DIRECT"
Régulateur automatique d'alimentation.

Economie-Fumivorité
et
Surproduction

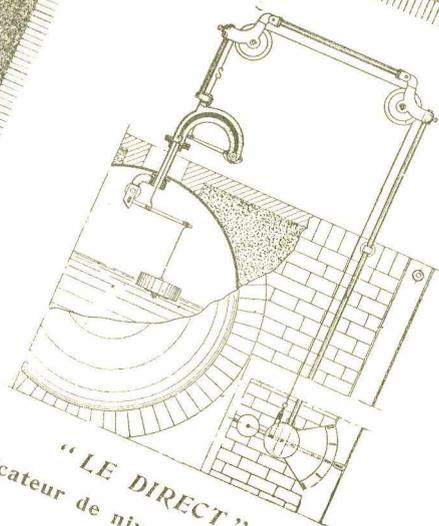
FOYER

AERO-ECONOMISEUR

FOYER AUTOMATIQUE

RECHAUFFEUR
D'AIR

DESHUILEUR



"LE DIRECT"
Indicateur de niveau à distance.



SOCIÉTÉ DES RÉCHAUFFEURS D'AIR « AIRECO »

L'utilisation rationnelle des combustibles a mis à l'ordre du jour ces dernières années les appareils de récupération. Parmi ceux-ci le réchauffeur d'air a été reconnu comme l'un des plus intéressants et, à l'heure présente, son usage est consacré par les spécialistes les plus avertis.

La Société Aireco s'est spécialisée dans les questions du réchauffage de l'air et particulièrement dans l'exploitation du réchauffeur d'air à plaques. Bien que fondée depuis 1924, cette Société n'est pas une nouvelle venue et ses appareils ont été accueillis avec faveur par la clientèle tout à fait spécialisée des Centrales électriques.

Les Centrales les plus récentes de la région parisienne, comme la Société d'Electricité de Paris, à Saint-Denis et l'Electricité de

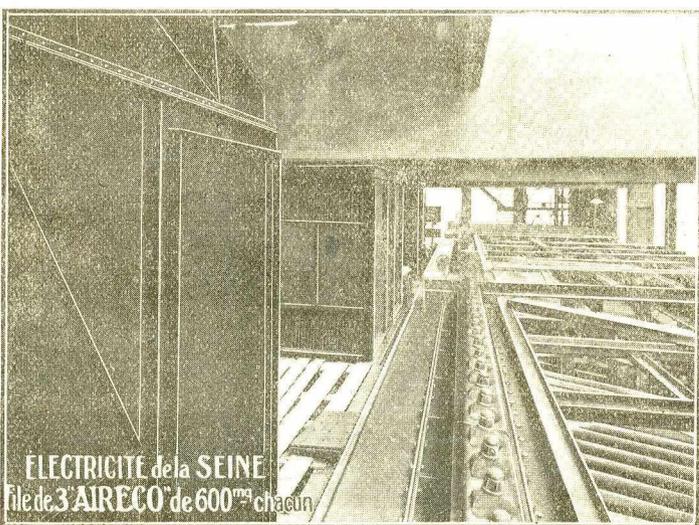


Fig. 4. — Trois Aireco de 600 m² installés.

la Seine, à Ivry-Port, ont équipé leurs chaudières de réchauffeurs d'air Aireco. L'Electricité de la Seine, en particulier, a installé sur chacune de ses chaudières Babcock de 635 m² un Aireco de 600 m² de surface de chauffe. Ces appareils, en service depuis plus d'un an, donnent toute satisfaction aux usagers et des essais officiels, sous le contrôle de l'Association des propriétaires d'Appareils à vapeur, ont montré que les garanties annoncées étaient très complètement tenues.

Parmi ses références, la Société Aireco cite de nombreuses et importantes Centrales françaises et étrangères (La Haye, Lourches, Zwolle, Kiev, Saratoff, Saulnes, etc.); en 1927, le montant de ses ventes s'est élevé à 35 000 m².

Dans ce chiffre impressionnant, sont compris des réchauffeurs de surfaces très différentes; l'on trouve par exemple des appareils de 44 m² et des appareils de 2 120 m² de surface unitaire. C'est dire que le réchauffeur d'air Aireco, est l'appareil de tous les usagers qui ont compris l'intérêt de ce générateur si économique d'air chaud, et qui ont vu tout le parti qu'il était possible de tirer de cet auxiliaire précieux : l'air chaud.

Le succès de l'Aireco est dû à sa conception et à sa perfection d'exécution. Sa conception est telle qu'il échappe aux reproches

que l'on faisait aux appareils à plaques. En effet, il est rigide et il est étanche. Il est rigide parce qu'il est constitué d'éléments armaturés et encastrés; il est étanche par son dispositif d'assemblage breveté, qui est schématisé dans les figures ci-contre.

Ce fer d'assemblage, breveté S. G. D. G., ou couvre-joint, véritable chef-d'œuvre d'étrépage, caractérise l'Aireco. Comme on peut le voir sur la figure 1, il affecte la forme

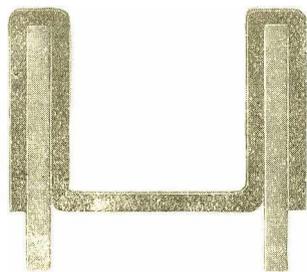


FIG. 1.
Principe
de
l'assemblage
« Aireco ».



FIG. 2.
La pince
« Aireco »
avant
emboîtement.



FIG. 3.
La pince
« Aireco »
après
emboîtement.

en forme de pinces enserrant élastiquement et sans le secours d'accessoires tels que rivets, boulons, soudure, les rives des tôles constituant les parois des cellules.

Un tel dispositif confère de toute évidence une étanchéité pratiquement absolue et présente l'avantage de laisser les accès des cellules entièrement dégagés.

Judicieusement déposés, les couvre-joints Aireco permettent de réaliser toutes les combinaisons de circulation des fluides de part et d'autre des parois d'échange et conséquemment de toujours se rapprocher de la circulation méthodique tout en modelant l'appareil sur les possibilités d'installation.

L'ensemble des cellules est maintenu dans un casing robuste fermé sur une de ses faces par des panneaux amovibles donnant accès aux cellules baignées de fumées dont le contrôle — en période d'arrêt — est ainsi rapide et facile.

Minutieusement étudié dans tous ses détails, le réchauffeur « Aireco » est exécuté avec un soin tout spécial par des ateliers puissamment outillés.

La Société « Aireco » se charge également des installations

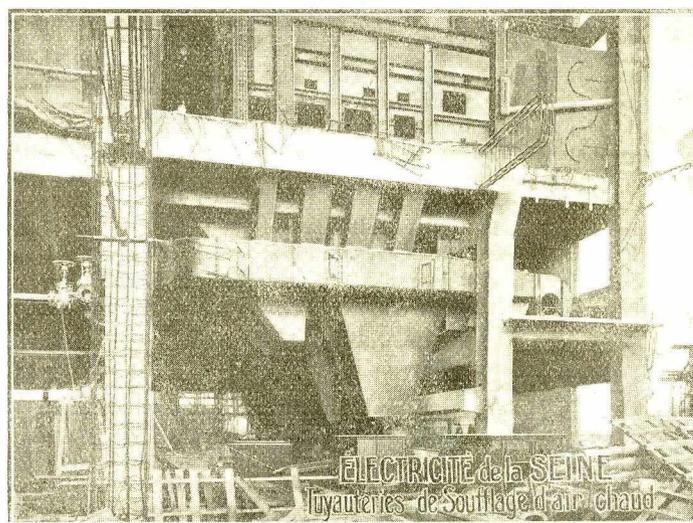


Fig. 5. — Six installations de tuyauteries complètes.

générales. Les installations réalisées à la Société d'Electricité de Paris, comme à la Société d'Electricité de la Seine, par exemple, sont des modèles du genre.

LES RÉGULATEURS AUTOMATIQUES ET APPAREILS DE MESURE « ASKANIA » DANS LES CENTRALES THERMIQUES MODERNES ⁽¹⁾

Les lecteurs de *La Technique Moderne* connaissent déjà les régulateurs *Askania* qui ont été décrits à plusieurs reprises dans cette Revue.

Comme nos lecteurs l'ont déjà vu dans l'article paru ici même ⁽²⁾, le régulateur *Askania* se prête parfaitement au réglage de la pression, soit comme détendeur, soit comme déverseur, soit encore comme soupape d'appoint.

Le régulateur à tuyère *Askania* a le grand avantage sur les détendeurs ordinaires directs de permettre la détente avec un étage quelconque et, quelles que soient les variations de débit et l'importance de ce débit, avec une pression absolument constante en aval. (Des appareils ont déjà été fournis pour détente de grands débits de 150 atm à 0,1 atm en un seul étage.)

Une autre application importante est le réglage de la température, principalement de la température de surchauffe ou de désurchauffe. Dans ce cas on emploie le régulateur de température à thermostat bi-métallique *Askania* qui permet de régler des températures entre 20° et 750° C, avec une précision de l'ordre de $\pm 1\%$. La désurchauffe de la vapeur s'effectue à l'aide d'un corps de désurchauffe à pulvérisation d'eau d'un type spécial dans lequel le mélange eau-vapeur se fait d'une façon absolument intime.

Nous arrivons enfin à l'application la plus remarquable qui est le réglage automatique complet des chaufferies, question développée en détail dans une littérature déjà importante ⁽³⁾.

Cette bibliographie nous dispense de décrire d'une façon détaillée ce système devenu dès à présent classique et qui est appliqué à environ 40000 m² de surface de chauffe.

La firme *Askania* est de beaucoup celle qui a le plus grand nombre de références européennes pour ce type d'installations.

Actuellement deux importantes installations sont en montage, l'une sur des chaudières de 700 m² à 100 atm à la *Supercentrale de Mannheim* et l'autre sur des chaudières de 500 m² à 120 atm *Ilse Bergbau A. G.*

Les réglages américains qui sont déjà connus depuis longtemps ne paraissent pas susceptibles de s'introduire en Europe, d'une part à cause de leur trop grande complication, leur prix de revient élevé et, d'autre part, en raison des supériorités techniques indiscutables présentées par le système *Askania*.

Il est facile de démontrer en effet que le principe de réglage air-vapeur employé généralement par les firmes

Askania dont plusieurs sont en service depuis des années sans avoir été arrêtées un seul instant.

Plusieurs séries d'essais ont été effectuées directement par les exploitants et ont prouvé que dans les conditions les plus défavorables, une installation de réglage montée sur des chaudières de plus de 400 m² se remboursait en quelques mois. Mais d'autres considérations sont également importantes pour l'exploitant en dehors de la question d'économie.

En effet, une installation de réglage permet de maintenir pratiquement une pression constante dans le collecteur de vapeur, c'est-à-dire que chaudières et machines fonctionnent à une pression voisine de celle pour laquelle elles sont établies.

Tout appel de vapeur est immédiatement suivi d'une modification des conditions de marche de la chaudière et ceci de telle façon que la charge est toujours également répartie sur toutes les unités d'une batterie.

Dans certains cas, où la qualité du combustible varie fortement, notamment pour le pulvérisé, un dispositif de correction permet de maintenir automatiquement une teneur en CO² constante dans les gaz de fumée.

Le développement des chaudières modernes à haute pression et à faible volume d'eau a amené les usines *Askania* à créer un régulateur d'alimentation à action rapide, toujours basé sur l'emploi de la tuyère oscillante et permettant un réglage continu, de sorte que pratiquement il n'y a pas de variation sensible de niveau dans la chaudière.

Cet appareil peut se combiner avec un indicateur de niveau à distance physique complété par un dispositif avertisseur optique et acoustique.

Un problème fort important a également été résolu par le régulateur de différence de pression d'eau d'alimentation qui permet de maintenir constante à 2 ou 3 kg par exemple, la différence de pression entre collecteur d'alimentation et collecteur de vapeur, de sorte que, pour un niveau d'eau déterminé dans la chaudière, un régulateur direct de l'ancien système laissera toujours entrer une quantité d'eau déterminée, ce qui n'est pas le cas si on néglige de régler la différence de pression précitée (Voir à ce sujet la communication de M. J. Charles au Congrès du Chauffage industriel).

Des applications particulièrement concluantes ont été faites dans plusieurs centrales avec des résultats parfaits.

Il est d'ailleurs recommandable d'accoupler ensemble le réglage de la combustion et le réglage de l'alimentation ⁽⁴⁾.

Nous parlerons maintenant rapidement des appareils de mesure *Askania* qui présentent un ensemble remarquablement homogène.

Les Usines *Askania* ont cherché à créer, à côté de leurs installations de réglage, une série d'appareils de mesure simples, pratiques, précis et d'une exploitation aisée.

Avec les appareils *Askania*, les mesures sont toutes réunies d'une façon logique, d'une part sur une série d'échelles indicatrices de forme particulièrement compacte placées à la chaudière et, d'autre part, suivant le cas, sur des appareils enregistreurs et totaliseurs placés à distance par exemple dans un poste central de chauffe.

Les déprimomètres employés sont du type sec à membrane métallique convenablement vieillie avant étalonnage. La sensibilité de ces appareils et leur robustesse sont bien connues depuis de longues années dans les industries du gaz et les cokeries.

Les Usines *Askania* ont établi un compteur de vapeur à diviseur de flux, sans mercure ni liquide, qui est un véritable compteur de quantité et donne directement un poids de vapeur indépendamment des variations de pression et de température sans qu'aucun dispositif de correction soit nécessaire. Cet appareil est le seul de ce type actuellement sur le marché et son principe a été entièrement justifié par les résultats d'exploitation.

Les Usines *Askania* construisent également des pyromètres et thermomètres indicateurs et enregistreurs à plusieurs courbes enregistraut en même temps les teneurs en CO² et CO + H².

La transmission des indications de tous ces divers appareils peut se faire à distance à l'aide d'un dispositif pneumatique breveté dit transformateur de pression dérivé du régulateur à tuyère et présentant de très nombreux avantages sur le dispositif électrique employé jusqu'ici.

En résumé, nous nous trouvons en présence d'un ensemble particulièrement cohérent dérivé d'une doctrine pratique de contrôle et de réglage automatique des installations thermiques.

Les Usines *Askania* sont les seules actuellement en Europe qui fabriquent tous les appareils de mesure et de réglage nécessaires à une Centrale.

⁽¹⁾ Voir à ce sujet : Dr. KLOPPER : Exploitation des chaudières à grande production chauffées au pulvérisé. *Die Wärme*, 31 octobre 1927.

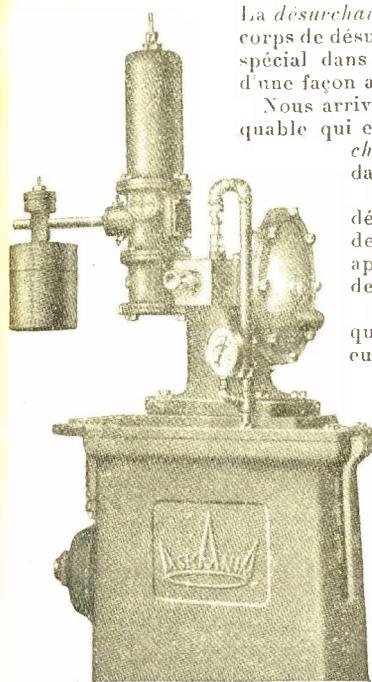


FIG. 1. — Régulateur principal de commande.

américaines néglige un très grand nombre de facteurs variables de la chaudière.

Au contraire, le système de réglage *Askania* maintient constante la proportion air-combustible de façon à se rapprocher le plus possible de la meilleure combustion théorique ⁽⁴⁾.

D'autre part, les systèmes américains ne disposent pas, en général, d'un régulateur universel aussi simple, aussi sensible et aussi rapide que le régulateur *Askania*.

La pratique a démontré le fonctionnement parfait des installations

⁽¹⁾ Communication des Usines *Askania*. Bureau à Paris : 24, rue du Mont-Genis. Téléphone : Nord 54-39.

⁽²⁾ *La Technique Moderne*, 1^{er} décembre 1927.

⁽³⁾ J. CHARLES : Réglage automatique des chaufferies dans les Centrales modernes. Congrès du Chauffage industriel, Paris, juin 1928. Notices techniques des Usines *Askania*. TH. STEIN : Réglage et égalisation des installations de vapeur. Springer, éditeur, Berlin, 1925; OBERBECK : Régulateurs automatiques de production de vapeur et de combustion dans la Centrale des Ateliers de Réparations de Chemin de fer de Cassel. *Die Wärme*, n° 50-51, 1926; TH. STEIN : Réglage automatique de la combustion. *F. D. I.*, n° 34, 1927; SCHULZ : Réglage automatique de la combustion dans les chaudières. *F. D. I.*, n° 21-22, 1926; BERGBOERF : Réglage automatique de la combustion. *Archiv für Warmewirtschaft*, n° 12, 1927; Réglage automatique des chaudières (Discussions devant la Société des Usines d'Electricité). *Stellin*, mai 1927.

⁽⁴⁾ Voir références note 2 et aussi : TH. STEIN : Réglage de l'excès d'air dans le chauffage au charbon pulvérisé. *Archiv für Warmewirtschaft*, août 1927.