



LA DETECTION DE FLAMME SUR LES

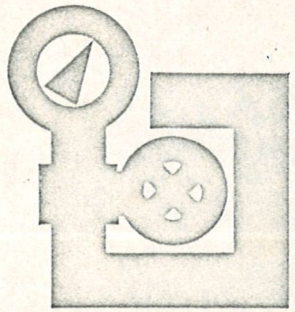
BRULEURS INDUSTRIELS A GAZ

=====

par P. HOSTALIER

Ingénieur au Gaz de France.

appareils à pression



LA DÉTECTION DE FLAMME SUR LES BRULEURS INDUSTRIELS A GAZ

par P. HOSTALIER,
Ingénieur au Gaz de France.

SOMMAIRE

1. LES APPAREILS THERMIQUES ET LA FONCTION DE SÉCURITÉ
 - 1.1. Fonction de sécurité et fonction de régulation.
 - 1.2. Fonction de sécurité sur les appareils thermiques à gaz.
 - 1.3. Action d'anomalies mineures pour certains appareils.
2. LA DÉTECTION DE FLAMME
 - 2.1. Définitions.
 - 2.2. Cas particuliers d'adaptation.
 - 2.3. Classification des détecteurs de flamme.
3. CRITÈRES D'EMPLOI DE LA DÉTECTION DE FLAMME
 - 3.1. Problème posé et renvoi aux textes existants.
 - 3.2. Phase d'allumage caractérisée par des risques communs à tous les appareils.
 - 3.3. Fonctionnement en régime caractérisé par des risques variables suivant les appareils.
 - 3.4. Conclusion et remarque.
4. LA DÉTECTION DE FLAMME PAR ÉLÉMENTS DILATABLES
 - 4.1. Principe.
 - 4.2. Caractéristiques d'emploi.
5. LA DÉTECTION DE FLAMME PAR THERMOCOUPLES
 - 5.1. Principe.
 - 5.2. Thermocouple commandant une valve de gaz.
 - 5.3. Thermocouple agissant directement sur un robinet de sécurité.
 - 5.4. Thermocouple agissant par l'intermédiaire d'un relais.
 - 5.5. Caractéristiques d'emploi.
6. DÉTECTION DE FLAMME PAR ÉLECTRODE D'IONISATION
 - 6.1. Méthode ancienne de la résistance de flamme.
 - 6.2. Méthode actuelle du courant redressé.
 - 6.3. Montage des électrodes et conditions de fonctionnement.
 - 6.4. Caractéristiques d'emploi.
 - 6.5. Évolution en cours de la détection par ionisation.
 - 6.51. Détection de flamme sur un groupe de brûleurs.
 - 6.52. Détection sans électrode.
 - 6.53. Détection par variation d'impédance d'une étincelle permanente.
7. DÉTECTEURS SENSIBLES AU RAYONNEMENT DES FLAMMES
 - 7.1. Rayonnement des flammes de gaz.
 - 7.2. Divers types de détecteurs de rayonnement.
 - 7.3. Détecteurs actuellement employés.
 - 7.31. Cellules photoconductrices sensibles à l'infrarouge.
 - 7.32. Tubes sensibles à l'ultraviolet.
 - 7.4. Caractéristiques et conditions d'emploi.
 - 7.41. Sécurité positive et autocontrôle.
 - 7.42. Temps de réponse.
 - 7.43. Températures limites d'emploi et conséquences pour la mise en place.
8. PROBLÈME DU TEMPS DE COUPURE
 - 8.1. Principes généraux.
 - 8.2. Temps de coupure recommandés.
 - 8.3. Conséquences pratiques.
 - 8.4. Temps de mise en sécurité à l'allumage.
9. ROBINETS AUTOMATIQUES DE SÉCURITÉ
 - 9.1. Propriétés des robinets de sécurité.
 - 9.2. Commande automatique de robinets de sécurité.
 - 9.3. Groupes de sécurité à trois robinets automatiques.
10. BOITIERS DE COMMANDE AUTOMATIQUE POUR BRULEUR A GAZ
 - 10.1. Principe de fonctionnement et propriétés.
 - 10.2. Exemple de programme réalisé par boîtier.
11. CONCLUSION



1. LES APPAREILS THERMIQUES ET LA FONCTION DE SÉCURITÉ

1.1. Fonction de sécurité et fonction de régulation.

Sur un appareil thermique, la **fonction de sécurité** consiste à détecter **une anomalie** de fonctionnement et à **commander immédiatement l'arrêt de l'installation**. Sur un appareil équipé de brûleurs à gaz, la fonction de sécurité doit entraîner, en cas d'anomalie, l'arrêt de l'arrivée du combustible au brûleur.

Il est également nécessaire, qu'après action d'un dispositif de sécurité, l'installation se trouve verrouillée en position « arrêt », empêchant toute tentative automatique de remise en route et obligeant à une intervention humaine pour tout nouveau démarrage. Celui-ci s'effectue alors après un certain nombre de vérifications prévues dans des consignes de remise en route après incident.

La **fonction de régulation** peut aussi entraîner l'arrêt complet du brûleur (régulation à une allure ou par « tout ou rien »). Cet arrêt est provoqué quand **une valeur de consigne d'une grandeur de commande** est atteinte, mais une variation de la grandeur de commande en deçà de la valeur de consigne entraîne la remise en marche automatique du brûleur.

La distinction vaut la peine d'être précisée, car les fonctions de régulation et de sécurité utilisent souvent des détecteurs basés sur les mêmes principes (organes sensibles à la température notamment), la commande est souvent groupée dans un boîtier unique, et le robinet de sécurité et le robinet de régulation du circuit d'alimentation en combustible peuvent être remplacés, dans certains cas, par un seul robinet automatique à fermeture rapide.

Pratiquement, dans le schéma électrique de commande, la fonction de régulation agit sur le circuit du robinet de combustible par un simple contacteur, alors que la fonction de sécurité agit par un disjoncteur obligeant au réarmement manuel.

1.2. Fonction de sécurité sur les appareils thermiques à gaz.

La première condition de sécurité est que le gaz soit certainement et correctement brûlé dès sa sortie du nez de brûleur afin qu'il ne puisse s'accumuler dans l'enceinte de combustion, où il pourrait former un mélange déflagrant. Le contrôle des pressions ou des débits de combustible et de comburant est un facteur important de la sécurité, mais cette dernière repose essentiellement sur la détection de la flamme elle-même. Dans le présent article, il ne sera traité que de ce sujet, mais, cependant, on peut indiquer brièvement que les dispositifs de

sécurité comportent également des détecteurs sensibles à d'autres anomalies telles que, par exemple :

- température excessive dans l'appareil (étuves et séchoirs);
- température ou pression excessives dans l'appareil (chaudières);
- température insuffisante dans l'appareil (certains générateurs d'atmosphères);
- anomalie de l'alimentation en produits traités :
 - manque d'eau (chaudières);
 - arrêt du transporteur (four ou étuve tunnel);
- teneur excessive en vapeurs inflammables dans l'enceinte de travail (étuves de cuisson de peinture, séchoirs de bois résineux, etc.);
- pression ou dépression anormales dans la chambre de combustion (asservissement aux ventilateurs d'extraction, à la position des registres de tirage, à l'admission d'air secondaire, etc.);
- défaut de ventilation du local où l'appareil est installé (risque d'explosion dans le local, par exemple);
- manque d'énergie électrique et manque de fluide auxiliaire des circuits de commande;
- variations trop fortes des pressions de comburant et de combustible.

1.3. Action d'anomalies mineures pour certains appareils.

En principe, toutes les anomalies de fonctionnement citées précédemment agissent sur la fonction de sécurité et entraînent l'arrêt du brûleur avec nécessité de remise en route manuelle.

Toutefois, il est des cas où certaines d'entre elles constituent, certes, une perturbation inadmissible pour l'exploitation, mais non un danger pour l'appareil ou pour les personnes. Dans ces conditions, il est possible, en dérogation aux principes énoncés plus haut, que ces anomalies agissent alors non pas sur la chaîne de sécurité, mais sur l'équivalent d'un dispositif de régulation par "tout ou rien". Autrement dit, dans ce cas, l'anomalie, jugée mineure, entraîne bien l'arrêt du brûleur, mais la remise en route est automatique dès le retour des conditions normales.

Quelques exemples sont nécessaires pour préciser ce point de vue.

Ainsi, le « défaut d'alimentation en produits traités » n'a pas du tout la même importance suivant la nature de l'appareil. S'il s'agit d'une chaudière, le manque d'eau doit effectivement agir dans tous les cas sur la chaîne de sécurité, d'où arrêt du brûleur et obligation de remise en route manuelle après recherche de la cause de l'anomalie. Sur un four continu au contraire, cette anomalie consiste en l'interruption de l'introduction des pièces à



2. LA DÉTECTION DE FLAMME

2.1. Définitions.

« Un dispositif de détection de flamme est un dispositif automatique de sécurité qui ne permet l'admission du gaz que lorsque l'allumage immédiat du gaz ou du mélange est assuré aux orifices de sortie du brûleur ».

Si l'on s'en tient à cette définition, la télévision n'est pas un dispositif de détection de flamme. C'est un dispositif de surveillance à distance qui facilite l'exploitation, mais qui n'assure pas la fonction de sécurité. Son rôle est autre : il s'agit de pouvoir observer avant tout l'aspect de la flamme et son dérèglement éventuel ; accessoirement, la télévision permet de constater l'absence ou la présence de flamme, mais n'agit pas automatiquement sur le robinet de sécurité du circuit de combustible.

Il est encore utile de donner les deux définitions conventionnelles suivantes concernant la détection de flamme :

- Un dispositif de détection de flamme pour équipement de chauffe comprenant brûleur et veilleuse est à sécurité complète, si en cas d'extinction de la veilleuse, son fonctionnement entraîne la coupure de l'alimentation en gaz, non seulement du brûleur principal, mais aussi de la veilleuse. Ceci permet d'éviter l'écoulement de gaz non brûlé par la veilleuse, si faible que puisse être son débit.
- Un dispositif de détection de flamme est dit à **sécurité positive** (3) si un défaut survenant au détecteur ou aux organes de commande et de transmission qui en dépendent, entraîne la coupure de l'alimentation en gaz, tout comme une extinction accidentelle. En principe, les dispositifs de détection de flamme doivent être à sécurité positive. Il sera reparlé plus loin de ce point particulier dans l'étude des divers dispositifs actuellement utilisés.

2.2. Cas particuliers d'adaptation.

Quand un brûleur principal est muni d'une veilleuse permanente (4), si l'interallumage du brûleur par la veilleuse est assuré par construction, sans dérèglement possible en exploitation, la détection peut se faire seulement sur la flamme de veilleuse. Dans certains cas toutefois, les deux flammes sont détectées simultanément, soit par le même dispositif, soit par deux dispositifs distincts.

(3) Le qualificatif « positive » appliqué à la sécurité est très impropre, cependant l'auteur le conserve ici, car le terme « sécurité positive » a été défini dans la norme AFNOR NF D 35 333 de décembre 1950.

(4) On dit couramment, à tort, « brûleur pilote » pour veilleuse permanente ou pour « brûleur de soutien ».

traiter, et il faut examiner dans chaque cas quels risques elle entraîne.

Dans certains cas, il s'agit seulement d'éviter la surchauffe du four vide, mais dès que l'introduction de pièces à traiter est rétablie, la remise en route automatique est souhaitable pour éviter toute interruption inutile de l'exploitation. Dans d'autres cas, le dérangement est jugé suffisamment sérieux pour impliquer la remise en route manuelle seulement après diverses vérifications.

Un second exemple est donné par les anomalies de pression d'air et de gaz. Si celles-ci sont trop fortes, elles peuvent entraîner l'extinction de la flamme qui est détectée par ailleurs. Si elles sont faibles, elles entraînent seulement un dérèglement de la combustion. Dans certains cas, on peut admettre que les manostats d'air et de gaz entraîneront seulement l'arrêt du brûleur pendant le temps de l'anomalie de pression et que le retour aux valeurs normales permettra la remise en route automatique. Dans d'autres cas, le dérèglement de la combustion peut être jugé suffisamment dangereux pour nécessiter l'arrêt définitif de l'appareil.

Le troisième exemple est donné par l'interruption accidentelle du courant électrique d'alimentation de l'installation. Le plus souvent, il est recommandable que la remise en route automatique soit impossible lors du retour du courant. Cependant, sur les petites installations — les chaudières de chauffage central de petite puissance en particulier —, il est encore couramment admis que la remise en route automatique est autorisée, étant entendu que la séquence d'allumage doit obligatoirement être reprise à l'origine dès l'instant qu'il y a arrêt. Sur les unités importantes, cette possibilité de remise en route automatique au retour du courant est déconseillée. Ainsi, dans les « Recommandations pour l'équipement des chaudières automatiques » (1), la Commission Technique Européenne indique explicitement qu'« un dispositif approprié doit empêcher le brûleur de se remettre en route automatiquement lorsque cesse la panne de courant. En pareil cas, l'intervention manuelle est nécessaire ». Le même libellé est d'ailleurs repris textuellement dans les « Recommandations pour l'emploi des fluides spéciaux de chauffage » (2).

On peut signaler, par contre, qu'en Allemagne, le projet de norme DIN 4 788 « Brûleurs à gaz » n'impose pas la remise en route manuelle quand l'arrêt du brûleur est provoqué « par action d'un contrôleur sur l'alimentation en air, en gaz ou en courant électrique ».

Ces considérations générales étant exposées, il peut être parlé maintenant de la détection de flamme proprement dite.

(1) Voir bulletin des A.P.A.V.E., n° 145 de janvier 1964.

(2) Voir bulletin des A.P.A.V.E., n° 149 de janvier 1965.



Quand la chambre de combustion comporte plusieurs brûleurs, il est recommandé de prévoir un détecteur de flamme sur chacun d'entre eux. Les « Recommandations en vue de la sécurité dans l'emploi du gaz naturel pour la chauffe des chaudières » (1), indiquent que cette disposition est à prévoir pour les générateurs d'au moins 1.000 thermies par heure. On peut préciser, dès à présent que, dans ce cas, les détecteurs utilisés doivent être sélectifs, c'est-à-dire qu'ils doivent détecter la flamme d'un seul brûleur sans être influencés par les gaz chauds ou par les flammes voisines.

2.3. Classification des détecteurs de flamme.

Le détecteur doit être, dans la pratique courante, seulement sensible à l'absence ou à la présence de flamme.

L'évolution de la technique permet d'envisager, dans un proche avenir, l'emploi de dispositifs également sensibles au dérèglement de la combustion ou à une instabilité de flamme n'allant pas jusqu'à entraîner l'extinction.

Le détecteur est sensible à une grandeur liée aux propriétés de la flamme et il agit pour un certain seuil de celle-ci. Il n'en assure jamais la mesure comme c'est souvent le cas en régulation. Les détecteurs sont classés en fonction de la nature de la grandeur détectée et ceux actuellement employés sont sensibles :

- **A la température de la flamme :**
 - bilames et tiges dilatables;
 - couples thermo-électriques.
- **Aux propriétés électriques de la flamme :**
 - électrodes d'ionisation.
- **Au rayonnement de la flamme :**
 - cellules photo-électriques;
 - compteurs Geiger Müller et tubes à décharges.

Chacun de ces types sera étudié en détail, mais on peut se demander dès à présent quand il y a lieu d'employer un dispositif de détection de flamme.

3. CRITÈRES D'EMPLOI DE LA DÉTECTION DE FLAMME

3.1. Problème posé et renvoi aux textes existants.

Les dispositifs de sécurité détectant la présence de la flamme sont-ils indispensables sur tous les appareils thermiques ou sinon dans quel cas peuvent-ils être facultatifs ?

(1) Document T 125 du G.A.P.A.V.E., édition provisoire, mai 1960.

Des Recommandations (2) actuellement publiées apportent pour certains appareils la réponse à cette question, et il est utile de les citer ici :

- « *Recommandations en vue de la sécurité de l'emploi du gaz naturel pour la chauffe des chaudières* », éditées par le G.A.P.A.V.E. (document T 125 de mai 1960).
- « *Recommandations en vue de la sécurité de l'emploi des gaz combustibles riches dans les fours industriels* », éditées par le G.A.P.A.V.E. (document T 127 de juillet 1965).
- « *Recommandations sur l'emploi des gaz combustibles dans les étuves et séchoirs* », éditées par l'Association Technique de l'Industrie du Gaz en France (1963).
- « *Recommandations pour l'équipement des chaudières automatiques* », bulletin des A.P.A.V.E. de janvier 1964.
- « *Recommandations pour l'emploi des fluides de chauffage* », bulletin des A.P.A.V.E. de janvier 1965.
- « *Spécifications C 30 : équipements de chauffe utilisant les combustibles gazeux et installés sur des générateurs de chaleur de puissance utile supérieure à 60 th/h* », éditées par l'Association Technique de l'Industrie du Gaz en France (3) (1965). Ces dernières spécifications sont destinées aux équipements exploités pour le chauffage des locaux, soit à usage d'habitation, soit recevant du public, soit à usage de bureaux, et ont été prises dans le cadre d'un Document Technique Unifié publié par le C.S.T.B. et traitant des chaufferies de ces mêmes bâtiments.

Néanmoins, complémentaires à ces textes, et pour donner une vue d'ensemble de tous les cas où il y a lieu d'employer un dispositif détecteur de flamme, il a paru intéressant de repartir des principes généraux et de considérer les risques présentés par les divers appareils aux divers instants de leur fonctionnement.

On est ainsi amené à faire ressortir la phase d'allumage qui apparaît comme la période de fonctionnement la plus délicate et qui est caractérisée par des conditions sensiblement communes à tous les appareils.

3.2. Phase d'allumage caractérisée par des risques communs à tous les appareils.

Pendant la phase d'allumage, le risque peut être considéré à peu près comme identique pour tous les appareils thermiques : il s'agit essentiellement d'éviter la mise en

(2) Dans la suite de ces articles, quand il y aura lieu de se reporter à ces textes, ceux-ci seront seulement désignés par leur repère ou par leur titre simplifié.

(3) L'Association Technique de l'Industrie du Gaz établit des spécifications concernant certains types de matériels. Comparativement aux normes AFNOR, d'un caractère plus définitif et établies selon une procédure plus complexe et plus longue, les spécifications A.T.G. sont très sensiblement l'équivalent pour le gaz des normes U.T.E., non homologuées AFNOR, pour l'électricité.

service du système d'allumage dans une enceinte mal ventilée, dans laquelle un mélange inflammable a pu se former par suite d'une fuite accidentelle du robinet d'alimentation en combustible. Des poches de mélange inflammable pourraient également se former en cas d'un défaut du système d'allumage entraînant l'allumage retardé ou encore en cas de fausses manœuvres ou de tentatives répétées et infructueuses d'allumage. Un certain risque existe encore, dans une moindre mesure, après allumage, jusqu'à ce que les conditions du régime permanent soient atteintes. C'est pourquoi on peut, par prudence, traiter la montée en température comme le prolongement de la phase d'allumage.

Dans certaines installations, après une mise en route en commande manuelle, l'opérateur met l'appareil en position de régulation automatique. Cette manière de procéder conduit à considérer comme le plus critique, l'instant du passage de « manuel » à « automatique ». Il faut notamment prêter une grande attention au contrôle du rapport air/gaz avant cette manœuvre pour éviter le risque de voir présents dans le foyer ou les carneaux, pendant un court instant, à la fois un excès de gaz ou des produits de combustion incomplète et un excès d'air. Ceci est évité si, dans la commande manuelle, l'opérateur dispose seulement du réglage de la puissance, mais non de celui des débits de gaz et d'air indépendamment l'un de l'autre.

3.3. Fonctionnement en régime caractérisé par des risques variables suivant les appareils.

Quand le régime permanent est atteint, on constate que les risques en cas d'extinction de flamme sont très différents suivant la nature des appareils et leur température intérieure. Dans certains cas, la détection de flamme est absolument indispensable; dans d'autres cas, on peut s'en dispenser.

3.31. LES FOURS DONT LA TEMPÉRATURE INTÉRIEURE EST SUPÉRIEURE A 800 °C peuvent être dispensés de dispositifs de détection de flamme (document T 127 du G.A.P.A.V.E., alinéa 4.22). En effet, cette température est supérieure à celle d'auto-inflammation de tous les mélanges d'air et des gaz distribués, et la combustion se trouve assurée et stabilisée à la sortie du brûleur. Même une interruption de courte durée de l'alimentation en combustible n'est pas dangereuse quand le four est en régime, car, du fait de l'inertie thermique des réfractaires, le rallumage spontané est assuré.

3.32. CERTAINS ÉLÉMENTS CHAUFFANTS pouvant résister aux effets d'une déflagration éventuelle de mélange air-gaz peuvent également être dispensés de détection de flamme (Document T 127 du G.A.P.A.V.E., alinéa 4.42). Cette notion de « résistance à l'explosion » doit cependant être interprétée très restrictivement. Il

n'est pas question de l'appliquer à des appareils thermiques, mais seulement à des éléments chauffants. Dans l'état actuel de la technique, on ne peut considérer comme susceptibles de résister à l'explosion que certains tubes métalliques; pratiquement, il s'agit des tubes radiants à haute température. Les tubes immergés, à basse température, servant au chauffage des cuves, ne doivent pas être retenus dans cette catégorie.

3.33. TOUS LES AUTRES APPAREILS THERMIQUES doivent, ou du fait de leur nature, ou du fait de leur température intérieure en régime, être équipés de brûleurs munis de dispositifs de détection de flamme. Cela est évident pour les fours, étuves, séchoirs, etc., à basse température, car, en cas d'extinction accidentelle, il y a un risque certain d'accumulation d'un mélange déflagrant dans la chambre de combustion. Pour les chaudières, il faut considérer qu'il y a toujours lieu de prévoir la détection de flamme, même dans le cas où la chambre de combustion est à haute température, car il existe néanmoins toujours des parties à plus basse température, où le mélange déflagrant pourrait se propager et s'accumuler.

La nécessité de la détection de flamme pour ces appareils est indiquée dans les textes précédemment cités, à savoir :

- Fours à basse température (fours de la classe II et de la classe I à moins de 800 °C) : T 127 du G.A.P.A.V.E. : alinéas 5.31 et 5.41.
- Générateurs d'atmosphère - même document : alinéa 8.83.
- Chaudières - document T 125 du G.A.P.A.V.E. : alinéa 3.53.
- Chaudières automatiques (bulletin A.P.A.V.E., janvier 1964) - alinéa 5.4.
- Générateurs pour fluides spéciaux (bulletin A.P.A.V.E., janvier 1965) - alinéa 4.45.
- Étuves et séchoirs (voir four classe II du T 127 et Recommandations A.T.G. - alinéa 3.15).

3.4. Conclusion et remarque.

La nature des appareils et leur température en régime entraînent, dans certains cas, la nécessité de la détection de flamme. Sur d'autres appareils, au contraire, on peut s'en dispenser.

Toutefois, ces derniers présentent néanmoins une période transitoire délicate au moment de l'allumage, et ceci conduit à formuler les propositions suivantes :

- ou bien les appareils de cette catégorie sont démunis de détection de flamme et l'allumage doit se faire manuellement par un personnel compétent, selon les consignes préétablies. De plus, ce personnel prolongera sa surveillance après allumage pendant la phase transitoire de mise en régime;



— ou bien ils sont équipés de système d'allumage et de mise en route automatique, et celui-ci doit aussi inclure la détection de flamme. Dans ce cas, l'emploi d'un dispositif de détection de flamme ne dépend pas de la nature ou de la température de l'appareil, mais il est lié à la notion d'automatisme de la manœuvre d'allumage.

4. LA DÉTECTION DE FLAMME PAR ÉLÉMENTS DILATABLES

4.1. Principe.

La dilatation d'un corps sous l'effet de la chaleur d'une flamme a été le premier phénomène physique appliqué à la détection des flammes de gaz. A titre de curiosité, on peut citer un brevet déposé en 1883 dans un pays voisin, dans lequel est décrit « un brûleur à gaz à fermeture automatique, pour chauffe-eau, évitant les explosions et les pertes de gaz résultant du maintien du robinet en position ouverte ».

L'inventeur utilisait la dilatation de l'air dans une capsule métallique. Pour l'allumage, il était nécessaire de préchauffer la capsule, ce qui provoquait la levée de la soupape de gaz.

De nos jours, les détecteurs de flamme à dilatation sont encore répandus sur les appareils à usage domestique ou artisanal, mais on utilise uniquement, soit la dilatation linéaire de tiges métalliques, soit la déformation de bilames.

Les bilames et les tiges métalliques peuvent agir :

- directement sur la tige d'un robinet d'arrivée de gaz au brûleur dont on veut détecter la flamme;
- indirectement sur une soupape placée dans le circuit de dérivation (ou « circuit de fuite ») d'une « valve pneumatique » de gaz;
- sur un contacteur sec ou à mercure qui commande un robinet électromagnétique placé sur le circuit de gaz.

On peut citer, à titre d'exemple et du fait de leur très grande diffusion, les « veilleuses de sécurité » dans lesquelles la flamme chauffe une gaine borgne dilatable contenant une tige non dilatable reliée à une soupape de gaz. La pression d'un ressort maintient la tige appuyée en fond de gaine.

La soupape de gaz est sur le « circuit de fuite » d'une valve pneumatique placée sur le circuit de brûleur. La veilleuse de sécurité doit comprendre deux flammes, celle d'allumage du brûleur et de chauffe du détecteur et la flamme de torche du circuit de fuite.

On a également utilisé sur les petites chaudières équipées de brûleurs à gaz ou à mazout des « pyrostats »

ou « thermostats de cheminée ». Ces dispositifs sont constitués par une hélice bimétallique, non directement soumise à la flamme, mais chauffée par les produits de combustion et dont la déformation entraîne le basculement d'un contacteur à mercure commandant un robinet électromagnétique sur le circuit de combustible.

4.2. Caractéristiques d'emploi.

Les dispositifs à dilatation (tiges et bilames) ont un temps de réponse élevé, toujours supérieur à une dizaine de secondes, et pouvant même être de l'ordre de 30 à 90 secondes. Un tel temps n'est pas compatible avec des débits de gaz élevés.

D'autre part, ils ne peuvent être installés que sur des équipements situés à l'air libre ou dans des chambres de combustion à très basse température en raison du risque de destruction de l'élément sensible à température élevée et, de plus, dans une atmosphère de produits de combustion.

La destruction ou le coincement accidentels de l'organe dilatable ou de la transmission mécanique peuvent entraîner le maintien du robinet de gaz en position ouverte, même en l'absence de flamme. De ce fait, la sécurité n'est donc pas positive. D'autre part, dans les systèmes à valve pneumatique, seuls les dispositifs dans lesquels une fuite accidentelle du circuit dérivé (ou « circuit de fuite ») ne simule pas la présence de la flamme assurent la sécurité positive.

En conclusion, les dispositifs de détection de flamme à dilatation ne sont pas destinés, en principe, aux équipements industriels, mais, sur les équipements domestiques et commerciaux ou artisanaux, ils sont encore répandus et peuvent rendre effectivement des services.

5. LA DÉTECTION DE FLAMME PAR THERMOCOUPLE

5.1. Principe.

Rappelons qu'un thermocouple est constitué par deux conducteurs métalliques différents reliés en série pour former boucle fermée. Si l'on maintient à des températures différentes les deux points de jonction des métaux ou « soudures », il naît une force électromotrice et un courant électrique s'établit dans le circuit.

Le thermocouple est utilisé de la manière suivante : la « soudure chaude » est chauffée par la flamme d'une veilleuse ou exceptionnellement directement par celle d'un brûleur de petite puissance non équipé de veilleuse.

Le courant engendré sert à maintenir en position ouverte un robinet de gaz à commande électromagnétique. Trois procédés sont utilisés :

- le robinet électromagnétique est situé sur le circuit dérivé d'une valve pneumatique de gaz;
- le robinet électromagnétique est situé sur le circuit de gaz du brûleur et, après armement manuel, le courant du thermocouple agit directement et le maintient ouvert. L'ensemble du dispositif forme un « robinet de sécurité à thermocouple »;
- le montage est le même que le précédent, mais la puissance du couple étant trop faible pour la commande directe du robinet, on interpose un relais électromagnétique.

5. Thermocouple commandant une valve de gaz.

Ce système est très voisin de celui à dilatation décrit précédemment. En particulier, les défaillances accidentelles du circuit dérivé de gaz présentent les mêmes inconvénients et la sécurité n'est pas positive.

Cette méthode, qui n'utilise pas au mieux les propriétés du thermocouple, est d'ailleurs peu répandue en France et ne présente guère d'intérêt.

5.3. Thermocouple agissant directement sur le robinet de sécurité.

Cette solution n'est applicable qu'aux brûleurs de petit débit, car la puissance du thermocouple est très faible. Cependant, son principe est excellent et il est expliqué ci-après :

La figure 1 représente un « robinet de sécurité à thermocouple » pour brûleur de petit débit, équipé d'une veilleuse permanente.

Par construction, le courant engendré par le couple est trop faible pour attirer l'armature de l'électro-aimant et la soupape de gaz qui lui est solidaire. Il est, par contre, suffisant pour assurer son maintien.

Le fonctionnement est le suivant :

A l'arrêt (position A), le robinet coupe l'alimentation du brûleur et de la veilleuse. Pour l'allumage, l'opérateur appuie sur le bouton poussoir d'armement et procède à l'allumage de la veilleuse. Dans cette position (B), la soupape de sécurité est ouverte, tandis que celle du brûleur, également poussée par la tige du bouton d'armement est fermée. Le gaz n'alimente donc que la veilleuse.

Quand, quelques instants après l'allumage, le couple est chaud, l'opérateur relâche le bouton poussoir, la

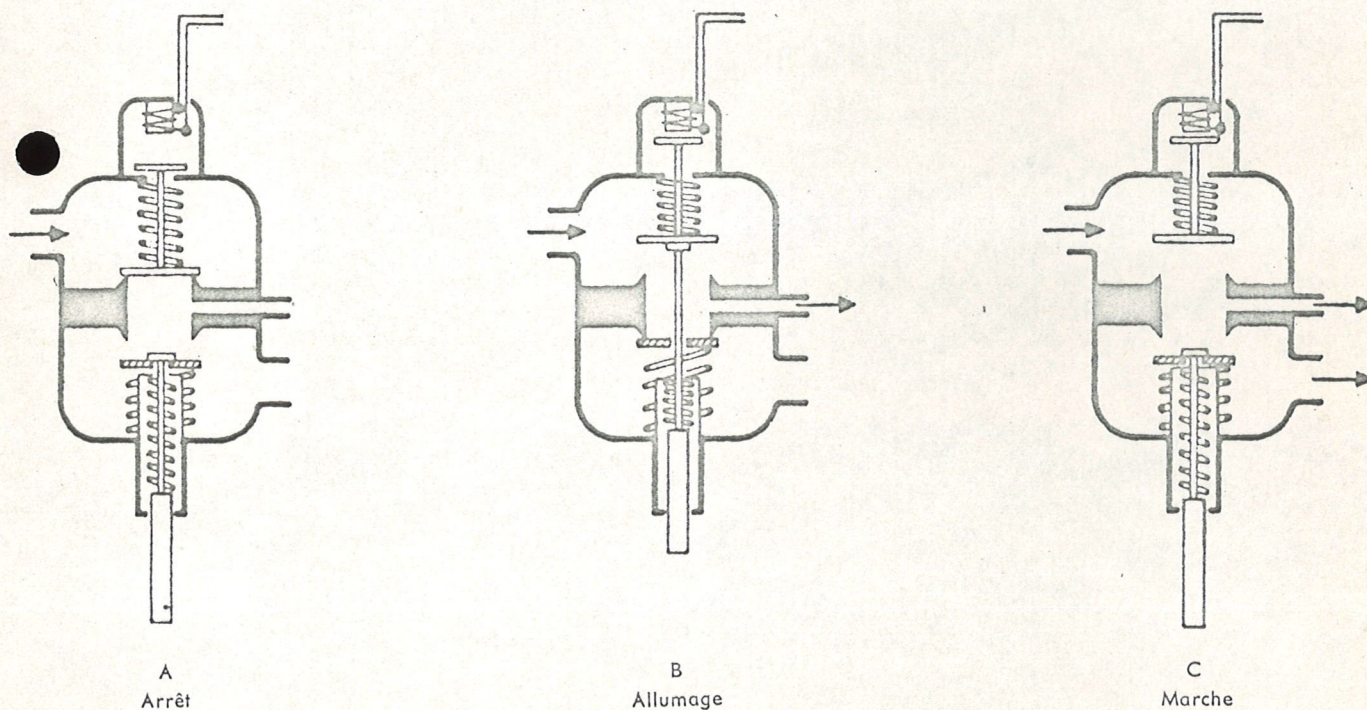


Fig. 1. — Robinet de sécurité à thermocouple.



soupape de sécurité liée à l'armature de l'électro-aimant reste attirée, tandis que celle du brûleur retombe (position C). Brûleur et veilleuse sont alors tous deux alimentés. L'extinction de la veilleuse qui chauffe le thermocouple entraîne la retombée de la soupape de sécurité, le robinet se retrouve en position de fermeture (A).

5.4. Thermocouple agissant par l'intermédiaire d'un relais.

Le montage de la figure 2 est applicable aux brûleurs plus importants munis d'une veilleuse allumée manuellement.

Il s'agit d'un schéma de base qui peut recevoir plusieurs variantes : équipement de plusieurs brûleurs par dispo-

sitif commun (les relais, commandés chacun par un thermocouple, sont alors en série); régulation à plusieurs allures, etc.

Le fonctionnement est le suivant :

Au départ, les robinets à commande manuelle sont fermés, les robinets électromagnétiques du type fermé à manque de courant sont aussi fermés. Après ouverture du robinet d'arrêt général et branchement de l'installation sur la source de courant, on bascule l'inverseur qui se trouve normalement en position 2 « marche normale » vers la position 1 « allumage ». Le robinet électromagnétique de veilleuse se trouve sous tension et s'ouvre, celui du brûleur principal reste fermé. On ouvre manuellement le robinet de veilleuse et on procède à l'allumage de celle-ci.

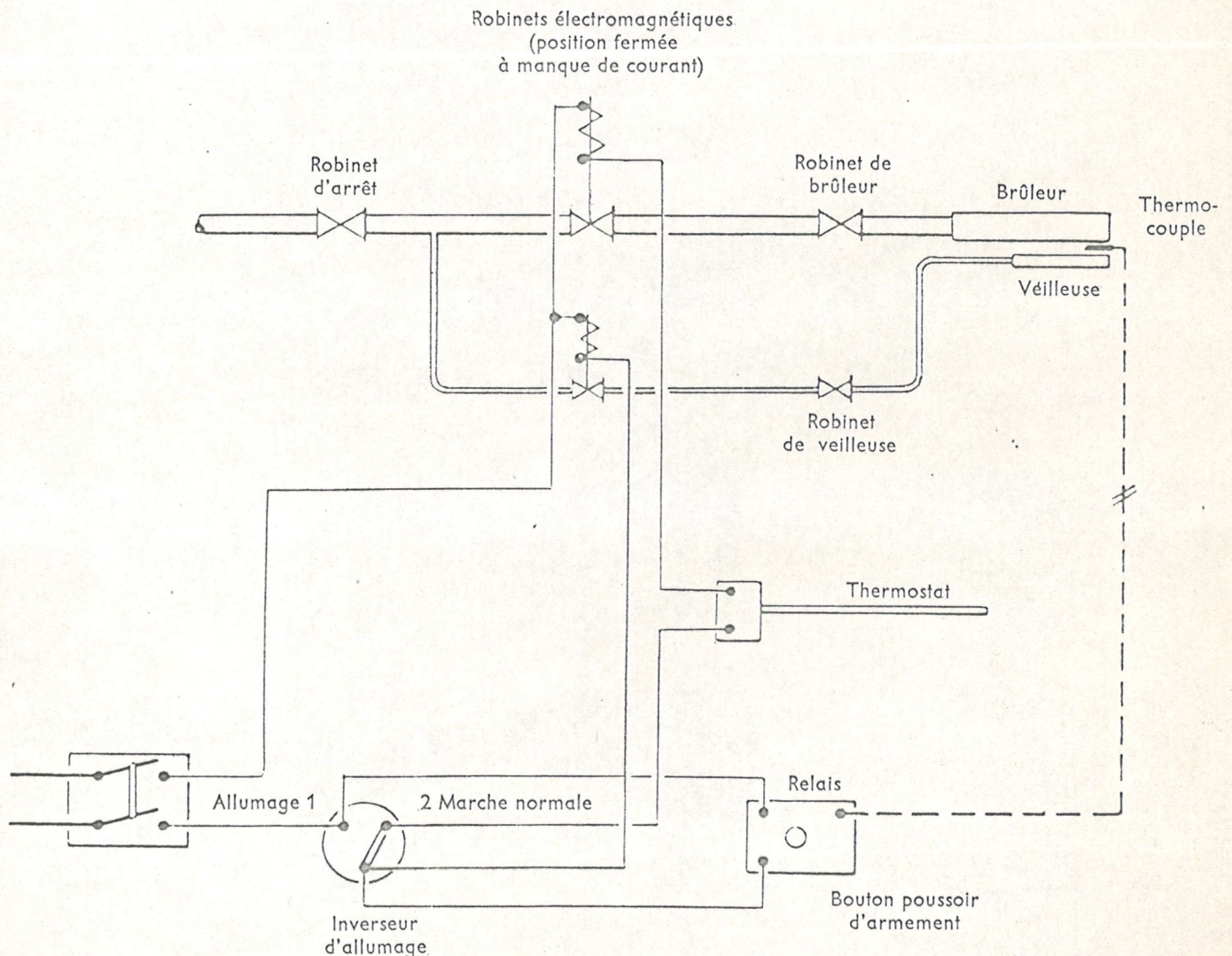


Fig. 2. — Brûleur à gaz équipé d'un dispositif de détection de flammé à thermocouple agissant sur un relais.

Après quelques instants, quand le couple est chaud, on appuie sur le bouton poussoir du relais pour armer celui-ci, et on relâche le bouton, le contact du relais reste fermé puisque le courant du couple alimente l'électro-aimant. On fait passer alors l'inverseur de la position « allumage » à la position marche normale. L'allumage du brûleur principal s'effectue automatiquement à l'ouverture du robinet à commande manuelle. L'extinction de la veilleuse provoque l'ouverture du contact du relais et la fermeture des deux robinets de gaz.

5.5. Caractéristiques d'emploi.

Une coupure qu'un court-circuit du thermocouple entraînent une annulation du courant d'excitation de l'électro-aimant du robinet ou du relais, et le robinet de gaz se ferme. Le défaut agit comme l'extinction de la flamme, le thermocouple est donc un dispositif de détection à sécurité positive.

Afin d'éviter les chutes de tension trop importantes, les fils du couple sont de section assez grosse, d'autre part, le couple est dans une gaine protectrice et l'ensemble a une certaine inertie thermique. Il en résulte un temps de réponse assez long, de l'ordre de 10 à 30 secondes. Ce temps est suffisant sur tous les équipements de petite puissance et là, le thermocouple est le détecteur le mieux approprié et le plus simple.

Pour les brûleurs à flammes libres situées à l'extérieur, il n'y a généralement aucune difficulté d'emploi du thermocouple, mais, dans une chambre de combustion, le couple peut être chauffé par le rayonnement des parois et il en résulte alors au moins une augmentation de son temps de réponse à l'extinction de la flamme. D'autre part, il se pose également, dans ce cas, le problème de la tenue dans le temps d'un thermocouple — même sous gaine inoxydable — à température élevée dans une atmosphère de produits de combustion. Il y a lieu de signaler cependant que certaines veilleuses avec détection de flamme par thermocouple et qui sont munies d'un capot en acier réfractaire, peuvent être placées dans des enceintes atteignant 500 °C environ.

Dans les systèmes simples qui ont été décrits ici pour présenter les principes d'application des thermocouples, l'allumage est réalisé manuellement. Il est possible d'associer la détection par thermocouple à un système d'allumage automatique. Toutefois, dans la pratique, dès que la dépense d'un boîtier de commande automatique est envisagée, il est préférable d'utiliser un dispositif à électrode ou à cellule qui présente d'autres avantages techniques.

6. DÉTECTION DE FLAMME PAR ÉLECTRODE D'IONISATION

6.1. Méthode ancienne de la résistance de flamme.

La flamme constitue un milieu gazeux ionisé, donc conducteur de l'électricité. La première idée a donc été d'utiliser un détecteur sensible à la conductivité de la flamme.

Dans ce montage, une source de courant continu alimente deux électrodes en contact avec la flamme. Le plus souvent, l'une des électrodes est constituée par la masse du brûleur. Le fonctionnement revient à une mesure de résistance. A l'arrêt, la résistance est proche de l'infini entre électrode et masse. Quand la flamme existe, la résistance tombe à quelques mégohms. Un relais galvanométrique permet de commander le circuit électrique d'un robinet de gaz à commande électromagnétique. Il est possible de se prémunir contre un défaut tel qu'un court-circuit entre l'électrode et la masse, le relais n'agissant que dans une gamme limitée de valeurs du courant. Cependant, un défaut d'isolement résultant par exemple de dépôts sur l'électrode, fait que le circuit peut toujours présenter une résistance simulant la présence d'une flamme. **La sécurité n'est donc pas positive** et ce montage est aujourd'hui abandonné.

6.2. Méthode actuelle du courant redressé.

Actuellement, la détection par électrode d'ionisation repose sur le principe suivant :

Un dipôle formé de deux électrodes de surfaces différentes plongées dans un gaz ionisé tel qu'une flamme et alimenté en tension alternative se comporte comme un redresseur de courant, l'électrode de plus grande surface constituant le pôle positif. Ceci résulte de la différence de vitesse de déplacement des électrons et des ions positifs.

Le schéma de principe est donné sur la figure 3 (page 66). Le courant redressé par la flamme alimente un amplificateur à courant continu qui commande un relais.

La sécurité est positive car un défaut d'isolement de l'électrode par rapport à la masse provoque le passage du courant alternatif, mais n'a aucun effet redresseur.

6.3. Montage des électrodes et conditions de fonctionnement.

En général, on utilise une électrode unique en acier ou en alliage spécial réfractaire qui est plongée dans la flamme et constitue le pôle négatif du redresseur, tandis

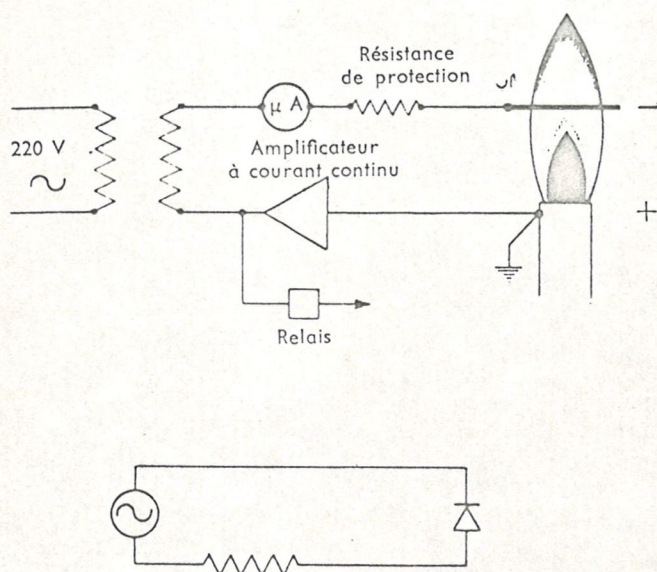


Fig. 3. — Schéma de principe de la détection de flamme par électrode d'ionisation :

- A. Réalisation de principe.
B. Schéma électrique équivalent.

que la masse du nez du brûleur forme le pôle positif. Pour que l'effet de redressement soit suffisant, sans risque d'inversion, malgré les variations de surfaces de contacts pouvant résulter d'une légère instabilité de la flamme, on augmente par un artifice la surface de contact du nez de brûleur avec la flamme (ailettes ou tiges métalliques).

Dans la pratique, la surface de contact de la masse (+) avec la flamme doit être de quatre à cinq fois plus importante que celle de l'électrode (-).

L'électrode doit être placée dans la zone d'ionisation maximale, c'est-à-dire juste après le front de flamme. A l'intérieur du cône bleu (ou dard), les réactions ne sont pas amorcées et l'ionisation est nulle. Elle décroît également vers la queue de flamme qui est riche en produits de combustion complète.

Un micro-ampèremètre placé dans le circuit de l'électrode permet, lors de la mise en place, de rechercher la position de l'électrode donnant le courant maximal, ou tout au moins, de vérifier que le courant est supérieur à celui nécessaire au fonctionnement du relais. Suivant le type d'amplificateur utilisé par le constructeur du boîtier de commande et de sécurité, le courant d'ionisation minimal nécessaire varie de 2 micro-ampères à 15 micro-ampères environ (2 μ A pour les amplificateurs à pentode ou à thyatron et plus de 10 μ A pour les amplificateurs magnétiques).

La valeur du courant d'ionisation doit être vérifiée dans les diverses conditions de fonctionnement (valeurs minimale et maximale du débit, différents réglages possibles de la combustion, etc.).

Quand la détection de flamme se fait sur une veilleuse, il est nécessaire de vérifier que la présence de la flamme au point précis où se fait la détection garantit effectivement l'allumage du brûleur.

L'électrode doit avoir un très bon isolement par rapport à la masse. Le support de l'électrode doit être en matériau isolant ayant une bonne tenue à la température tel que la porcelaine électrotechnique ou la stéatite. Le fil de raccordement du boîtier à l'électrode doit être le plus court possible et il doit présenter non seulement un fort isolement mais aussi une faible capacité par rapport à la masse. C'est pourquoi il faut éviter d'utiliser pour cette liaison un câble blindé ou de faire passer le fil dans une gaine où un tube métallique.

Toutes ces précautions simples doivent être prises pour que le dispositif fonctionne avec satisfaction dans tous les cas et sans provoquer d'arrêts intempestifs.

Le courant d'ionisation dépend évidemment de la position et de la surface de contact de l'électrode, mais aussi du degré d'ionisation des gaz chauds. Ce facteur dépend lui-même du rapport air-gaz et de la nature du gaz.

A titre indicatif, la figure 4 représente l'allure de la courbe de courant d'ionisation pour une position donnée de l'électrode et pour un gaz donné en fonction du taux d'aération de la flamme.

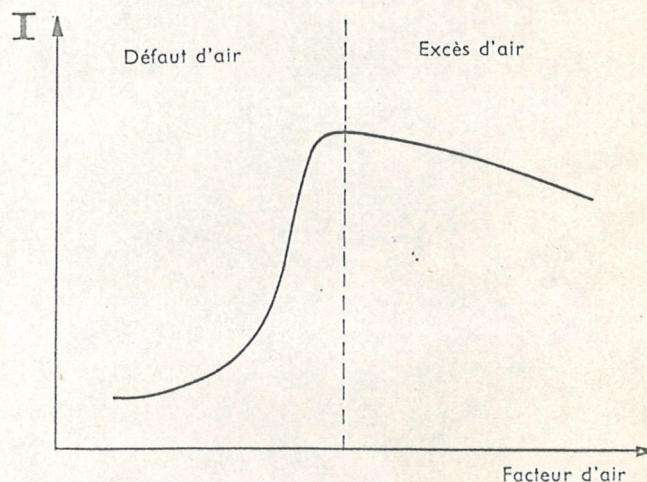


Fig. 4. — Variation du courant d'ionisation en fonction de l'aération de la flamme.

Le système convient donc assez mal à la détection des flammes avec défaut d'air important, mais celles-ci ne se rencontrent pratiquement que sur des fours où une action réductrice sur les produits traités est recherchée.

Dans la majorité des cas, on recherche la combustion complète, et il n'y a alors aucune réserve à l'emploi de l'électrode. Au contraire, dans une certaine mesure, avec un relais qui n'est pas trop sensible, on peut obtenir le déclenchement pour le dérèglement de la combustion

par défaut d'air, dérèglement trop faible pour provoquer l'extinction.

Les gaz pauvres, tels que le gaz de gazogène et le gaz de haut fourneau, donnent des flammes à faible ionisation, et le courant peut être insuffisant pour certains dispositifs, qui, par ailleurs, avec les gaz distribués usuels (gaz manufacturés ou « gaz de ville », gaz naturels, propane et butane) conviennent parfaitement.

Quand l'allumage se fait par étincelle à haute tension, dans certains cas particuliers, le fonctionnement du dispositif de détection de flamme par électrode peut être perturbé par le circuit d'allumage, pendant le court instant où les temps de fonctionnement du transformateur d'allumage et de mise en service de la détection se superposent. Cet inconvénient peut en général être évité par disposition éloignée de l'électrode ou des électrodes d'allumage et de celle de détection de flamme. Ainsi, la masse du brûleur forme un écran entre les systèmes d'allumage et de détection.

En outre, les deux dispositifs étant alimentés par la même source alternative — le réseau de distribution électrique — quand ces perturbations sont observées, il est conseillé d'intervertir les fils de raccordement du transformateur d'allumage de manière que le dispositif d'allumage et celui de détection de flamme soient alimentés en opposition de phase.

6.4. Caractéristiques d'emploi.

Avec la méthode actuellement utilisée du courant redressé, la sécurité est positive.

Les systèmes de détection de flamme à électrode d'ionisation ont un temps de réponse extrêmement court, et ils peuvent être utilisés chaque fois que la fermeture rapide du circuit de gaz est recherchée en cas d'extinction accidentelle.

La tenue de l'électrode dans le temps dépend du métal qui la constitue et de la température moyenne de la flamme avec laquelle elle est en contact. Les aciers réfractaires conviennent bien jusqu'à 1.000 °C. Des alliages spéciaux sont utilisés pour des températures supérieures et conviennent jusqu'à 1.300 °C environ.

6.5. Évolution en cours de la détection par ionisation.

Les dispositifs de détection à électrode d'ionisation sont particulièrement bien adaptés aux flammes de gaz, et ils font l'objet de perfectionnements constants.

Cette évolution technique en cours est illustrée par la description ci-après de quelques montages particuliers ou qui mettent en jeu de nouveaux principes.

6.51. DÉTECTION DE FLAMME SUR UN GROUPE DE BRÛLEURS :

La figure 5 représente le montage qui est utilisé sur un groupe de brûleurs devant fonctionner simultanément, mais qui sont suffisamment éloignés pour qu'il n'y ait pas interallumage. Il est donc nécessaire de détecter chaque flamme indépendamment. Toutefois, les brûleurs devant fonctionner ensemble, on peut se contenter d'un boîtier de commande unique et d'un robinet asservi unique.

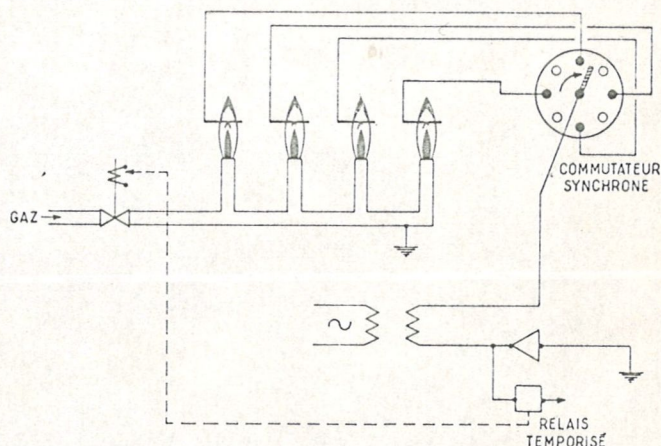


Fig. 5. — Détection de flamme individuelle par électrodes sur un groupe de brûleurs avec robinet de sécurité unique.

Les circuits d'ionisation de chaque brûleur aboutissent à un commutateur rotatif, tournant à vitesse constante, qui comporte autant de plots actifs qu'il y a de brûleurs. Les plots actifs sont séparés par des plots morts et le relais est temporisé de telle façon qu'il y ait déclenchement au passage du troisième plot consécutif sans courant. Ceci se produit quand un plot actif n'est pas alimenté, c'est-à-dire si un des brûleurs s'éteint.

L'arrêt d'un seul brûleur entraîne évidemment l'arrêt du groupe de brûleurs.

Le nombre de brûleurs d'un groupe est limité, car il ne faut pas que le débit de gaz s'écoulant non brûlé en cas d'extinction d'un brûleur entre deux passages du balai sur le même plot — c'est-à-dire pendant un tour de commutateur — soit excessif. Généralement, on peut ainsi contrôler une dizaine de brûleurs de puissance modérée.

6.52. DÉTECTION PAR IONISATION SANS ÉLECTRODE :

Ce système, mis au point par des chercheurs de la Direction des Études et Techniques Nouvelles du Gaz de France (1), permet de supprimer l'électrode qui

(1) Brevet Maizier et Waroux et Brevet Maizier et Campana (G.D.F.).



plonge dans la flamme. Ceci présente deux avantages : d'une part, la détérioration éventuelle de l'électrode sur des appareils à haute température ou sur des équipements mixtes fonctionnant en alternance ou simultanément au gaz et au mazout est évitée et, d'autre part, l'encombrement est réduit.

La figure 6 représente deux variantes du principe qui est le suivant : une flamme ou une partie de flamme, isolée électriquement de la flamme principale, fait office d'électrode.

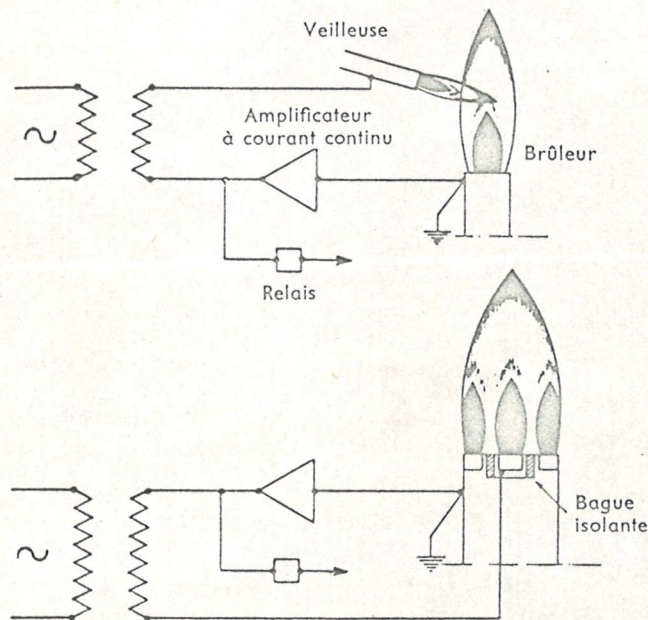


Fig. 6. — Détection de flamme par ionisation, sans électrode :
A. Par flamme de veilleuse
B. Par flamme coaxiale isolée

En A, le système revient à alimenter le dispositif en tension alternative entre veilleuse et brûleur principal.

En B, la section de sortie du brûleur comporte deux parties coaxiales séparées par une bague électriquement isolante (par exemple, une bague en stéatite).

6.53. DÉTECTION DE FLAMME PAR VARIATION D'IMPÉDANCE D'UNE ÉTINCELLE PERMANENTE :

Dans ce système, présenté par un constructeur de matériel de détection, l'allumage se fait entre deux électrodes isolées qui sont également utilisées pour la détection de flamme. Le fonctionnement tout à fait particulier est le suivant :

Au démarrage, le transformateur d'allumage produit une tension secondaire de l'ordre de 6.000 V efficaces, qui permet l'amorçage de l'étincelle à froid dans l'air. Le courant du circuit secondaire — c'est-à-dire le courant d'étincelle — agit sur un relais qui commande l'ouver-

ture du robinet automatique de gaz. Un relais temporisé, mis en service en même temps que le transformateur et qui commande l'alimentation du circuit primaire de celui-ci, réduit après un court délai d'allumage la tension secondaire à 2.000 V efficaces. Cette tension est suffisante pour maintenir l'étincelle dans la flamme ionisée et le courant d'étincelle dans ces conditions, permet le maintien du robinet de gaz en position ouverte.

Si l'étincelle cesse (manque d'alimentation électrique, court-circuit, masse accidentelle, etc.), le relais sensible au courant d'étincelle provoque la fermeture du robinet de gaz.

Si la flamme s'éteint (soufflage, manque de gaz, etc.), l'étincelle sous 2 kV se prolonge quelques instants entre les électrodes encore chaudes, et elle permet le rallumage automatique du gaz pendant ce temps, puis l'étincelle cesse et ceci commande la fermeture du robinet automatique de gaz. Il y a toujours asservissement du robinet de gaz à la présence de l'étincelle.

7. DÉTECTEURS SENSIBLES AU RAYONNEMENT DES FLAMMES

7.1. Rayonnement des flammes de gaz.

Toutes les flammes rayonnent notablement dans l'infrarouge. Dans le spectre visible, l'émission est faible pour les flammes des gaz distribués usuels dans des conditions habituelles d'utilisation (combustion neutre ou avec excès d'air et sans craquage préalable du gaz), comparativement à celles du mazout ou du charbon pulvérisé.

Dans l'ultraviolet, l'émission est encore plus faible, mais, comme les détecteurs dont on dispose sont très sensibles, cette région du spectre présente néanmoins un grand intérêt. En effet, alors que l'infrarouge est émis non seulement par la flamme, mais aussi par les parois de la chambre de combustion ou même, dans une certaine mesure, par les gaz chauds non lumineux, le rayonnement ultraviolet est émis par la flamme seule et principalement dans la zone du front de flamme, c'est-à-dire à la base de la flamme.

Le spectre d'émission des flammes de gaz naturel dans la région de l'ultraviolet a été étudié dans les laboratoires du Gaz de France (1) dans une chambre de combustion expérimentale.

(1) B. Maizier : Communication au Congrès A.T.G., 1964.

7.2. Divers types de détecteurs de rayonnement.

Les détecteurs de rayonnement peuvent être classés en fonction de leur sensibilité spectrale ou en fonction de leur principe de fonctionnement. Selon ce dernier critère, on a :

Cellules photovoltaïques ou photopiles ou « cellules à couche d'arrêt ».

Il naît une force électromotrice dans un couple formé par une mince couche d'un semi-conducteur déposé sur une plaque métallique. C'est l'effet photovoltaïque et le couple ainsi construit s'appelle une photopile. La plupart des posemètres et des luxmètres sont équipés de photopiles.

Celles-ci ont été parfois utilisées pour la détection des flammes de mazout des petits brûleurs, mais actuellement, elles sont totalement délaissées pour cette application. Leur inconvénient majeur est leur usure qui est d'autant plus rapide que la cellule est soumise à des rayonnements plus intenses. Leur sensibilité spectrale recouvre bien la lumière visible.

Cellules photoconductrices (ou photorésistantes) :

Sur certains cristaux — ceux de semi-conducteurs — un flux lumineux incident provoque un accroissement de la conductivité électrique, c'est le phénomène de **photoconductivité**.

On réalise ainsi des résistances électriques variables en fonction de l'éclairement. La plupart ont leur maximum de sensibilité dans l'infrarouge et en tout cas, celle-ci est nulle dans la région de l'ultraviolet.

Elles peuvent laisser passer un courant important susceptible d'alimenter, sans amplification, un relais. Par contre, leur résistance varie aussi d'une part avec la température, et d'autre part avec leur vieillissement.

Photodiodes et phototransistors :

Ces composants sont cités pour mémoire, car ils ne sont absolument pas utilisés actuellement en détection de flamme.

Cellules photo-émisives à vide ou à gaz :

Ces cellules comportent une cathode photosensible et une anode enfermées dans une ampoule en verre et

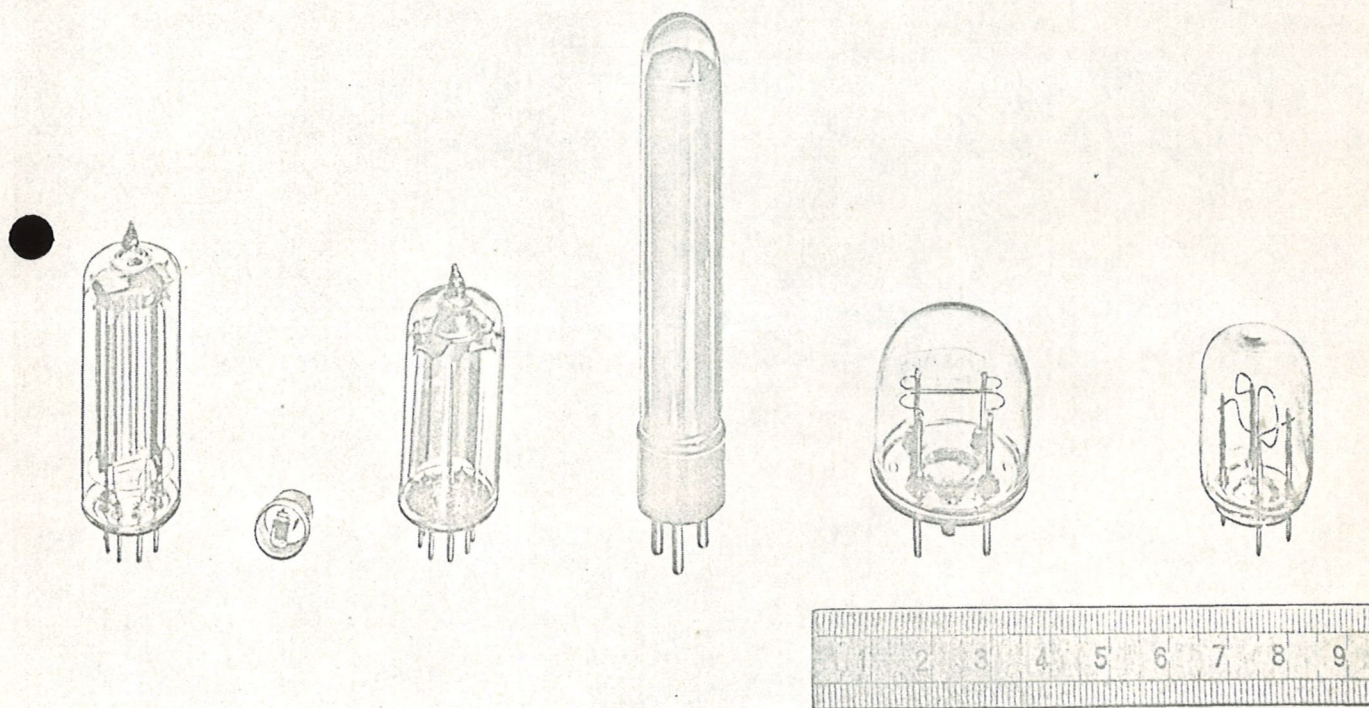


Fig. 7. — Détecteurs de rayonnement utilisés pour la détection des flammes de gaz. De gauche à droite :

Cellule photoconductrice sensible à infrarouge, modèle classique.
Cellule photoconductrice modèle miniature de type récent.
Cellule photo-émisive à vide, sensibilité maximale dans le bleu.
Compteur Geiger Müller, sensible à l'ultraviolet.

Tube à décharges alimenté en 700 V alternatif, sensible à l'ultraviolet.
Tubes à décharges, modèle récent, pouvant être alimenté en 220 V.
Les trois derniers types ont des ampoules en quartz.



soumise à une tension continue. Sous l'effet de l'éclairage reçu, la cathode émet des électrons. Le courant est toujours faible et doit être amplifié pour alimenter un relais. Suivant la nature de la cathode, le maximum de sensibilité varie du rouge au bleu.

Les autres propriétés pratiques de ces cellules varient suivant qu'elles sont du type à vide ou du type à remplissage gazeux.

« Compteurs » Geiger-Müller :

Un tube Geiger-Müller comporte également une anode et une cathode. Mais le tube est en quartz et est rempli de gaz sous faible pression. Le tube est alimenté en tension élevée et fonctionne en donnant une suite de décharges et non une émission continue comme les cellules photo-émissives.

Les tubes ou « compteurs » Geiger-Müller utilisés en détection de flamme sont sensibles au rayonnement ultraviolet, mais non à la lumière visible ou à l'infrarouge. Ils sont d'un prix plus élevé que celui des autres types de cellules.

Tubes à décharge :

Ces tubes sont apparus sur le marché il y a seulement quelques années. Ils comportent deux électrodes symétriques dans une ampoule en quartz remplie de gaz. Leur fonctionnement, par décharges successives sous l'effet de l'éclairage, est assez sensiblement analogue à celui des compteurs Geiger-Müller.

La figure 7 représente, groupés sur une même photo, divers types de détecteurs de rayonnement utilisés comme détecteurs de flamme.

7.3. Détecteurs actuellement employés.

Après l'énumération des différents types de détecteurs de rayonnement, il y a lieu d'apporter quelques précisions sur les deux grandes catégories actuellement utilisées en détection de flamme.

7.31. CELLULES PHOTOCONDUCTRICES SENSIBLES A L'INFRAROUGE :

Les cellules photoconductrices sont utilisées couramment pour la détection des flammes de mazout ou de charbon pulvérisé et dans une certaine mesure, de celles de gaz.

Les réfractaires d'un ouvrage ou d'une chambre de combustion émettent un rayonnement continu, fonction de leur température et proche de celui du corps noir. Celui-ci est donc riche en infrarouge qui vient s'ajouter à celui émis par la flamme et impressionne également la cellule. Par suite de l'inertie thermique, un certain temps

après l'extinction de la flamme, la cellule reçoit encore un rayonnement important émis par les réfractaires. Ceci serait un inconvénient inadmissible. Mais il y a lieu d'observer que le rayonnement de la flamme n'a pas un niveau constant et se trouve modulé par les pulsations de la combustion, qui sont elles-mêmes liées à la turbulence de l'écoulement. La fréquence de ces pulsations est de quelques Hertz à quelques dizaines de Hertz.

En résumé, les réfractaires émettent un rayonnement continu, tandis que la flamme émet un rayonnement modulé. Le courant traversant la cellule photoconductrice comporte donc une composante continue due en partie à la flamme et en partie aux réfractaires et une composante alternative due à la flamme seule. Un montage électrique comportant un condensateur (fig. 8)

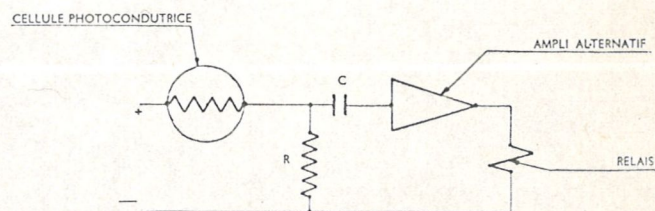


Fig. 8. — Montage d'une cellule photoconductrice, permettant d'éliminer la composante continue due au rayonnement des réfractaires.

permet de filtrer le courant et de séparer la composante due à la flamme seule. Cette disposition simple est maintenant adaptée sur tous les systèmes à détection de flamme par cellule infrarouge.

Dans des chambres de combustion équipées de plusieurs brûleurs et munies d'une détection individuelle par brûleur, la cellule infrarouge visant un brûleur peut être influencée par les queues de flammes ou par les produits de combustion chauds des autres brûleurs. Dans ce cas, la détection n'est plus sélective et la sécurité n'est plus assurée.

7.32. TUBES SENSIBLES A L'ULTRAVIOLET :

Ces matériels sont les mieux adaptés à la détection des flammes de gaz. Ils permettent de viser la base des flammes, qui est riche en émission ultraviolette, sans être influencés par les parois ou par les flammes de brûleurs environnants. Aussi, dans les chambres de combustion à brûleurs multiples, ils permettent une détection réellement sélective du fonctionnement de chaque brûleur. D'un prix plus élevé, leur emploi se justifie, d'une manière générale, chaque fois qu'une grande sécurité est recherchée.

Dans le cas d'allumage direct par étincelle à haute tension, ils permettent de détecter d'abord l'étincelle elle-même et ensuite la flamme.



7.4. Caractéristiques et conditions d'emploi.

7.41. SÉCURITÉ POSITIVE ET AUTOCONTROLE :

Toutes les anomalies pouvant survenir aux cellules elles-mêmes et à leurs circuits (défaut d'isolement, court-circuit, coupure) devraient entraîner la fermeture automatique du robinet de gaz, tout comme une extinction.

Il n'est pas toujours possible d'obtenir la sécurité positive avec un détecteur à cellule photo-électrique incorporée dans un montage électrique relativement simple. Toutefois, la construction soignée et la qualité des composants peuvent rendre très improbables celles des anomalies du système de détection qui n'entraînent pas l'arrêt.

En outre, certains systèmes comportent un dispositif d'autocontrôle qui entre en service, soit au début de chaque cycle de démarrage du brûleur, soit automatiquement en marche à intervalles réguliers (5 à 10 minutes, par exemple). Dans ce dernier cas, le fonctionnement est le suivant :

Au début de cette séquence, le relais de commande du robinet de sécurité passe sur un circuit d'alimentation indépendant de celui de la cellule, qui se trouve insérée dans un circuit de contrôle. A ce moment, un obturateur, mû par un moteur, cache la cellule, simulant une extinction de la flamme. La cellule doit donner, dans le circuit de contrôle, l'ordre de fermeture de gaz. Si c'est le cas, cellule et circuits sont en ordre de marche, la séquence d'autocontrôle est terminée et le dispositif repasse en position de détection réelle. Au contraire, si cette vérification révèle une anomalie, l'installation se met en défaut, entraînant la fermeture de l'arrivée de gaz aux brûleurs comme en cas d'extinction.

7.42. TEMPS DE RÉPONSE :

Comme les systèmes à électrodes d'ionisation, les cellules et tubes détecteurs de rayonnement donnent une réponse quasi-instantanée, qui permet leur emploi dans tous les cas où l'on cherche à obtenir la fermeture rapide du circuit de gaz en cas d'extinction.

7.43. TEMPÉRATURES LIMITES D'EMPLOI ET CONSÉQUENCES POUR LA MISE EN PLACE :

Le détecteur lui-même et les divers composants des circuits ne fonctionnent correctement qu'à des températures non excessives.

Les ordres de grandeur des températures maximales admissibles sont :

- pour les cellules photoconductrices : 70 °C;
- pour les cellules photo-émisives à vide : 60 °C, à gaz : 30 °C;

- pour les compteurs Geiger-Müller : 60 °C;
- pour les tubes à décharge : 250 °C.

D'autre part, les amplificateurs et relais doivent se trouver également à une température modérée.

Pour éviter l'échauffement des détecteurs, les boîtiers de visée peuvent être refroidis par circulation d'eau ou par air comprimé. Ce dernier moyen permet, en outre, la protection de l'objectif contre les poussières.

Au lieu d'utiliser la visée directe de la flamme, l'image de celle-ci peut être transmise par un périscope ou par un jeu de miroirs, système connu sous le nom de « visée réflex ». Ce moyen permet, à la fois la détection de flammes inaccessibles en visée directe et assure la protection de la cellule contre une température excessive. Ce procédé est excellent pour les cellules sensibles à l'infrarouge, mais est moins bien adapté aux dispositifs travaillant dans l'ultraviolet.

8. PROBLÈME DU TEMPS DE COUPURE

8.1. Principes généraux.

Le temps de coupure ou mieux le temps de sécurité à l'extinction est le temps qui s'écoule entre l'instant où l'extinction se produit et celui où le robinet de sécurité de gaz est totalement fermé.

Il comprend le temps de réponse du détecteur, le temps de réponse des relais et celui de fermeture totale du robinet automatique.

Sur quels critères ce temps peut-il être déterminé ? Bien que, dans la pratique, l'utilisateur n'ait pas à résoudre ce problème, il est intéressant d'en donner les principes :

— Première condition :

Le volume de gaz pouvant s'échapper imbrûlé dans la chambre de combustion doit être plus faible que celui qui serait nécessaire pour atteindre la limite inférieure d'inflammabilité. On remarque d'ailleurs que, compte tenu du pouvoir calorifique des divers gaz, si l'on exprime la limite d'inflammabilité, non plus en concentration volumique, mais en kcal/m³ de mélange, on obtient une valeur sensiblement identique pour le gaz naturel, le propane et le butane (de l'ordre de 450 kcal/m³ de mélange) mais assez différente de celle obtenue avec certains gaz manufacturés (de l'ordre de 200 kcal/m³ de mélange).

Par sécurité, il est d'ailleurs recommandé de s'en tenir aux deux tiers ou à la moitié de la limite inférieure d'inflammabilité. Le volume où peut s'accumuler le mélange et qui est à prendre en compte ici est le volume de la chambre de combustion seule, alors que, dans le problème de la préventilation (ou « balayage ») avant



allumage, il faut tenir compte du volume total : chambre de combustion plus carneaux. Ainsi, on se place toujours dans le cas le plus défavorable.

Quand la chambre de combustion comporte plusieurs brûleurs, le problème est plus complexe, et il faut étudier chaque cas particulier. Mais il est évident que le débit d'un seul brûleur rapporté au volume total du foyer conduirait à des temps de coupure très longs. En principe, on peut considérer le débit total de tous les brûleurs rapporté au volume total.

Pour des appareils d'un type donné et de construction traditionnelle, on observe que la puissance thermique ramenée à l'unité de volume de chambre de combustion est une caractéristique peu variable.

Ceci permet de déterminer un temps de coupure valable pour toute une catégorie d'appareils, et qui est seulement fonction de la puissance volumique usuellement pratiquée. Pour les appareils qui, par contre, s'écartent de la technique traditionnelle, il faut reconsidérer le problème à son origine.

— Deuxième condition :

Dans certains pays, les spécialistes préconisent de partir de conditions totalement différentes : il faut qu'au cas où le gaz imbrûlé s'échappant pendant le temps de coupure produirait une explosion, l'énergie ainsi libérée soit inférieure à une valeur conventionnellement estimée non dangereuse pour l'appareil considéré. Il est donc nécessaire de fixer arbitrairement un volume de gaz (m^3) ou son équivalent en énergie (kcal) à ne pas dépasser pendant le temps de coupure. La difficulté est justement le choix de cette valeur. En fait, cette condition n'est pas contradictoire avec la précédente, mais bien complémentaire.

— Troisième condition :

Si l'on admet que, pour la sécurité de l'appareil proprement dit, le temps de coupure le plus court possible est à rechercher, dans la mesure où il est compatible avec les possibilités techniques de réalisation, il ne faut pas perdre de vue cependant que l'appareil fait partie intégrante d'une installation. En effet, il naît à l'amont de l'organe de coupure, une surpression d'autant plus forte que la coupure est plus rapide.

Cette surpression peut s'avérer gênante et provoquer l'arrêt intempestif d'autres appareils proches, par excès de pression de gaz, ou encore détériorer les membranes des détendeurs-régulateurs situés en amont. Il n'est donc pas souhaitable de rechercher un temps de coupure plus bref que celui imposé par les deux premières conditions.

8.2. Temps de coupure recommandés.

Des valeurs du « temps de sécurité à l'extinction » ou temps de coupure complète sont indiquées dans les « Recommandations » citées plus haut, au paragraphe 3.1 :

- Le document T 125 du G.A.P.A.V.E., édité en 1960, sur l'emploi du gaz naturel sous chaudière, limite à 5 secondes au maximum le temps de coupure complète pour les brûleurs installés sur des générateurs dont la puissance utile atteint 300 000 kcal/h.
- Les spécifications C 30 de l'A.T.G., qui viennent d'être publiées à la fin de l'année 1965, indiquent, pour les brûleurs de générateurs de chaleur d'immeubles d'une puissance supérieure à 60.000 kcal/h, un temps de sécurité à l'extinction maximal de 2 secondes.

Ces indications sont à rapprocher des valeurs recommandées à l'étranger.

Aux États-Unis, le projet de norme Z 83.3 de juillet 1964 concernant l'équipement au gaz des grosses chaudières indique :

- d'une part un temps de réponse maximal de 2 secondes pour le détecteur;
- d'autre part, le temps de fermeture maximal du robinet de sécurité, qui est fixé comme suit, en fonction de la puissance de chaque brûleur principal :

100.000 à moins de 625.000 kcal/h	5 secondes
625.000 à moins de 3.125.000 kcal/h	2 secondes
au-dessus	1 seconde

En Allemagne Fédérale, le projet de norme DIN 4 788 de septembre 1964, qui traite des brûleurs à gaz automatiques ou semi-automatiques destinés aux générateurs et chaudières mentionnés dans la norme DIN 4 756 sur les foyers à gaz, fixe le temps de sécurité pour les brûleurs à air soufflé (« brûleurs à ventilateur ») à 2 secondes au maximum. Il est en outre précisé que le détecteur doit avoir un temps de réponse propre ne dépassant pas une seconde.

8.3. Conséquences pratiques.

Chaque fois qu'un temps de coupure court est recherché, le détecteur doit être du type à ionisation de flamme ou à cellule sensible au rayonnement, tandis que les dispositifs à réponse lente, tels que thermocouples et éléments dilatables, ne conviennent pas dans l'état actuel de la technique.

Une enquête récente a montré qu'en France, les temps de sécurité à l'extinction effectivement réalisés sur des chaudières industrielles en service s'échelonnaient de moins de 2 secondes à une dizaine de secondes environ.

Pour tous les cas courants, dans la mesure où un temps de fermeture rapide des robinets de sécurité est techniquement réalisable et n'entraîne pas par ailleurs d'inconvénients pour l'installation dans son ensemble, il est



souhaitable d'arriver à un temps total de coupure se rapprochant de la valeur recommandée de 2 secondes. Il n'en est pas moins vrai que, chaque fois que des difficultés d'application se feront jour, le problème devra être étudié de manière particulière.

8.4. Temps de mise en sécurité à l'allumage.

Lors de l'allumage automatique, la séquence comprend les opérations élémentaires suivantes :

- mise en route du dispositif d'allumage;
- ordre d'ouverture et ouverture du robinet de gaz;
- mise en route du système de détection de flamme.

On voit qu'en cas de non-allumage, entre le début d'ouverture du robinet — ou plus précisément entre l'instant où l'ordre d'ouverture est donné et l'instant où la fermeture totale du gaz est réalisée —, il s'écoule un laps de temps pendant lequel du gaz non brûlé peut s'échapper et qui peut, sans inconvénient, être légèrement supérieur au temps de sécurité à l'extinction défini plus haut. C'est le temps de mise en sécurité à l'allumage.

Des indications à ce sujet figurent également dans les spécifications C 30 de l'A.T.G.

9. ROBINETS AUTOMATIQUES DE SÉCURITÉ (1)

Le fonctionnement de la détection de flamme entraîne la fermeture d'un robinet de sécurité, et il est nécessaire d'en dire quelques mots.

9.1. Propriétés des robinets de sécurité.

Les robinets de sécurité doivent être :

- à commande automatique, au moins pour la fermeture;
- à fermeture rapide pour permettre l'obtention de temps de sécurité faibles;
- absolument étanches en position de fermeture.

9.2. Commande automatique des robinets de sécurité.

En dehors des valves pneumatiques, des robinets commandés directement par éléments dilatables et des « robinets de sécurité à thermocouple » qui sont réservés à l'alimentation des très petits brûleurs, on emploie :

(1) En conformité avec les normes NF E 29 054 et 29 055, il est toujours parlé dans ce texte de « robinets », terme général, bien que, dans le langage courant, on emploie souvent le terme « vanne ».

Des robinets à commande électromagnétique :

C'est le courant alimentant un électro-aimant qui provoque la levée et assure le maintien de l'obturateur en position ouverte. Sur les circuits de gaz, les robinets à utiliser sont du type « fermé à manque de courant ». Sur les canalisations d'évents, on emploie toutefois ceux du type « ouvert à manque de courant ».

Sur certains modèles, le mouvement de l'obturateur en l'absence d'attraction de l'électro-aimant, se fait par simple gravité; sur d'autres modèles, ce mouvement est produit par la poussée d'un ressort. Les seconds sont seuls recommandés sur les circuits de gaz, quand il s'agit d'assurer la fonction de sécurité. Les premiers, moins onéreux, peuvent néanmoins être utilisés sans inconvénient sur les circuits de gaz pour la régulation discontinue ou sur les circuits d'air.

Des robinets électromagnétiques à fermeture automatique et à réarmement manuel :

Ces robinets, fermés à manque de courant, sont spécialement adaptés à la fonction de sécurité et ne peuvent être utilisés pour la régulation. La tige de commande comporte un dispositif d'échappement qui, au moment de la fermeture par manque de courant, désaccouple l'armature de l'électro-aimant de l'obturateur. La réouverture ne peut se faire que par réarmement manuel au moyen d'un levier situé sur le robinet lui-même.

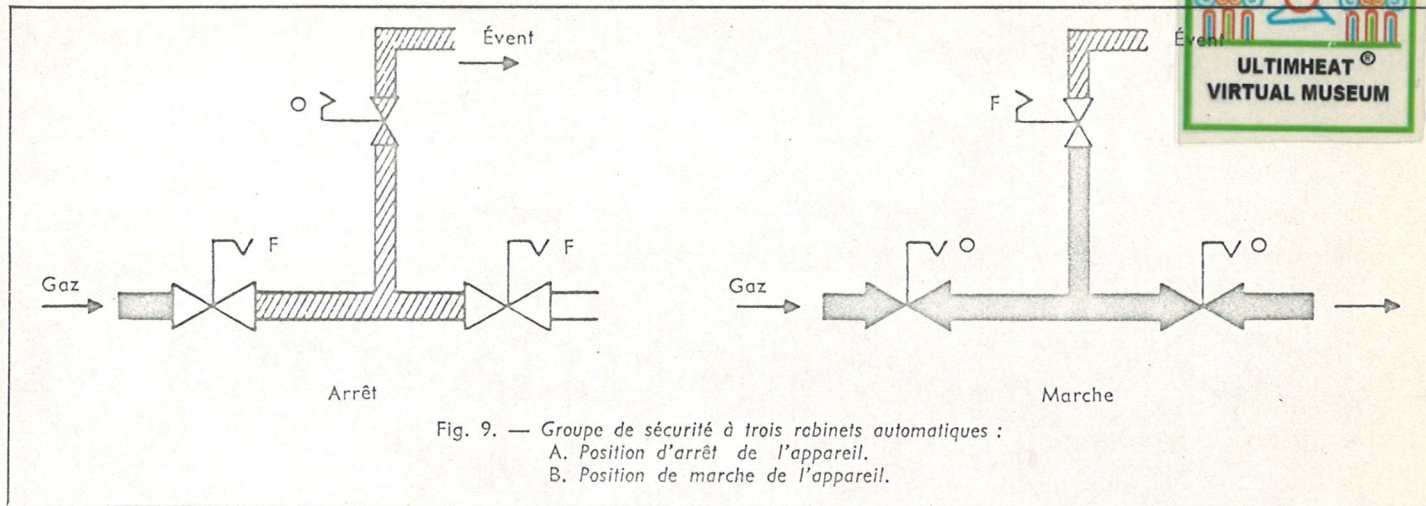
Les avantages sont les suivants :

- le réarmement électrique du boîtier de commande, après déclenchement par anomalie de fonctionnement ou par mise en arrêt volontaire, est doublé par un réarmement mécanique sur le circuit de gaz même;
- l'électro-aimant n'assure en fait que le maintien ouvert, et, lors de la manœuvre d'ouverture, la compression du ressort de fermeture de l'obturateur se fait par le levier de réarmement manuel. Le ressort peut donc être plus puissant que dans un robinet électromagnétique normal, et ceci apporte une sécurité plus grande de la manœuvre de fermeture et de l'étanchéité à l'arrêt.

Des robinets à commande pneumatique ou hydraulique :

Dans ce cas, c'est un vérin ou une membrane commandés par la pression d'un fluide (en général huile ou air comprimé) qui entraîne la levée de l'obturateur, tandis qu'à manque de pression de fluide, un puissant ressort assure la fermeture. A ces robinets, il est souvent adjoind un contact de fin de course permettant de vérifier la position de fermeture complète. Le circuit du fluide de commande comporte un robinet électromagnétique de petit diamètre.

Ce type de robinet est le plus répandu sur les installations importantes.



Des robinets à commande électro-hydraulique autonomes :

Dans ces robinets, le mouvement de l'obturateur est produit par l'action d'un vérin sous l'effet de la pression d'un liquide de commande, mais cette dernière est produite par une pompe située dans le boîtier même du robinet.

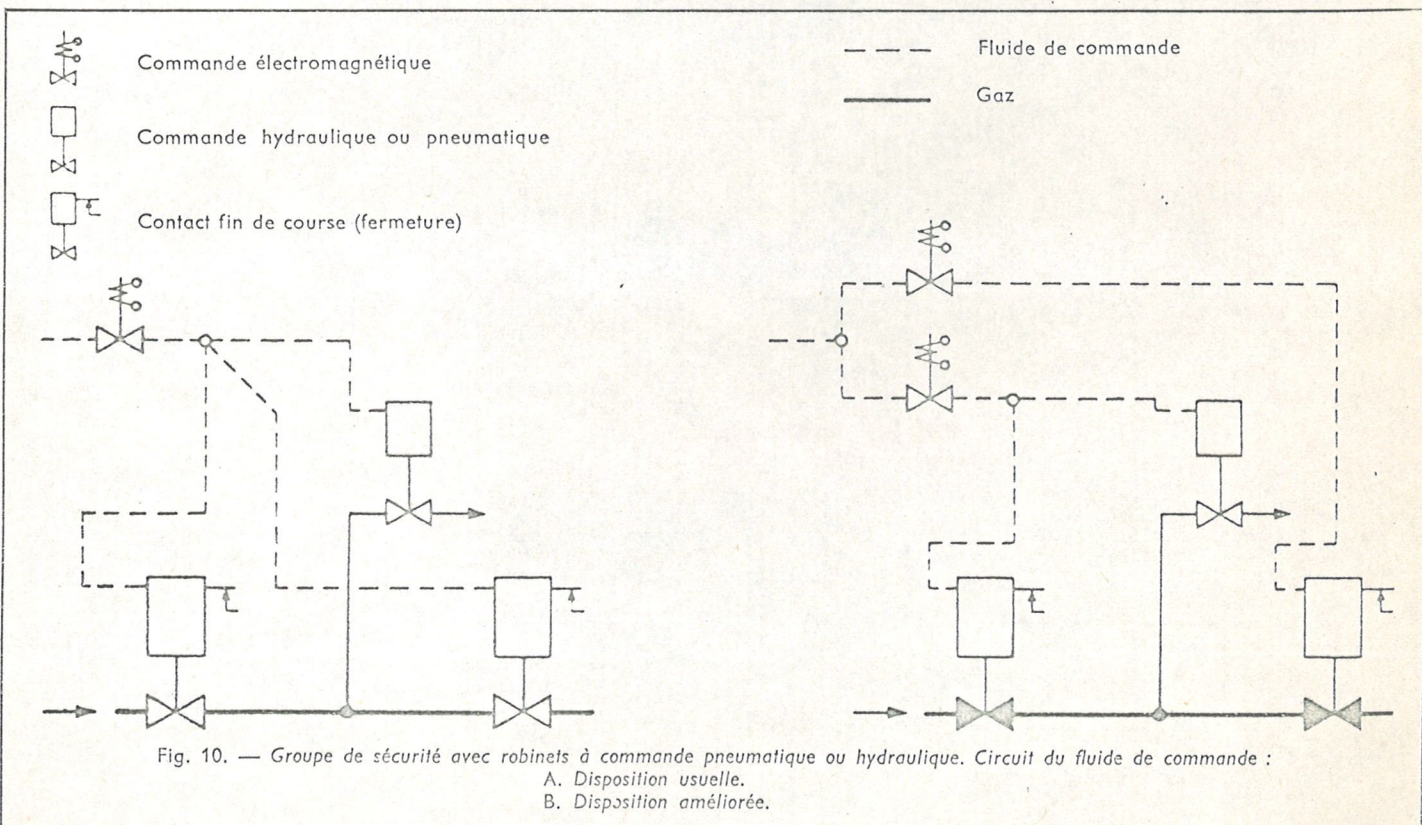
Ces robinets présentent de très grands avantages :

- ils sont à fermeture rapide et à ouverture progressive;
- la commande est simplement raccordée au réseau électrique;

- ils sont d'un encombrement plus réduit, pour les gros diamètres, que ceux basés sur d'autres principes;
- ils peuvent être montés en diverses positions (canalisations horizontales, verticales ou inclinées).

9.3. Groupes de sécurité à trois robinets automatiques.

Le groupe comporte deux robinets fermés à manque d'énergie de commande et placés en série sur le circuit de gaz; entre les deux, part, en dérivation, une canalisation d'évent débouchant à l'atmosphère. Celle-ci est



munie d'un robinet ouvert à manque d'énergie de commande.

La figure 9 représente le montage. En A, position d'arrêt, les deux robinets de gaz sont fermés, celui d'évent est ouvert. Entre les deux premiers, règne donc la pression atmosphérique. Une fuite du premier seul est évacuée à l'atmosphère. Une fuite du second seul est sans effet. Une fuite simultanée des deux a un effet limité du fait de la mise à l'atmosphère intermédiaire. En B, position de marche, les deux robinets de gaz sont ouverts et le robinet d'évent est fermé.

Lorsque l'on utilise des robinets à commande pneumatique ou hydraulique, c'est en général un robinet électromagnétique unique qui permet l'admission du fluide de commande aux trois robinets du groupe de sécurité. C'est la disposition de la figure 10 en A. En B de la même figure, une amélioration consiste à séparer les circuits de commande, étant entendu que le premier robinet de gaz et le robinet d'évent sont obligatoirement commandés par le même circuit : la fermeture du premier robinet et l'ouverture de l'évent ou inversement doivent être simultanées.

Dans un groupe de sécurité, le premier robinet de gaz peut être à fermeture lente, tandis que le second est à fermeture rapide et que le robinet d'évent est à ouverture et fermeture rapides. La fermeture lente du premier robinet de gaz, jointe à l'ouverture rapide de l'évent, permet d'éviter les surpressions en amont, tandis que la fermeture rapide du second robinet de gaz permet de respecter le temps de sécurité à l'extinction.

10. BOITIERS DE COMMANDE AUTOMATIQUE POUR BRULEURS A GAZ

10.1. Principe de fonctionnement et propriétés.

Un dispositif de détection de flamme à ionisation ou à rayonnement est relié à un « boîtier » qui comporte l'alimentation électrique, l'amplificateur et le relais. Ce boîtier est alors désigné par le terme commercial de « relais de flamme ». Mais, le plus souvent, le boîtier comporte aussi un programmeur qui commande la séquence d'allumage. Il s'agit alors d'un « boîtier de commande automatique ».

Actuellement, deux types de programmeurs sont utilisés couramment :

— les « programmeurs à cames » dans lesquels un arbre à cames, mû par un micromoteur synchrone,

entraîne la fermeture ou l'ouverture de contacts dans un ordre donné et à des instants donnés par rapport au temps d'origine;

— les « programmeurs à relais thermiques » effectuent les mêmes opérations, mais comportent des relais dont la temporisation est obtenue par des contacts à bilames.

Le premier type, du fait de son principe, assure même lors du vieillissement de l'appareil, une constance plus rigoureuse des temps élémentaires de la séquence. Mais, dans la pratique, les deux types donnent satisfaction, s'ils sont de bonne construction.

En cas d'interruption en cours du cycle, le fonctionnement doit impérativement être repris à l'origine. Par exemple, en cas d'échec de l'allumage, ou d'interruption de courant électrique, ou de défaut du détecteur de flamme, etc., le cycle non terminé se trouve interrompu en un point quelconque, mais le programmeur doit, lors du réarmement pour le démarrage suivant, d'abord se remettre en position de départ, puis reprendre le cycle à l'origine. Ceci est systématiquement réalisé sur tous les boîtiers de commande.

La séquence d'allumage proprement dite est précédée d'une opération de préventilation (ou « balayage ») de la chambre de combustion. Avec les brûleurs à air soufflé, c'est le ventilateur d'air de combustion qui assure cette opération. La règle est de renouveler au moins quatre fois le volume intérieur de la chambre de combustion et de ses prolongements.

On en déduit le temps minimal de préventilation, compte tenu du débit du ventilateur d'air de combustion, c'est-à-dire de la puissance du brûleur. Là encore, sur des appareils thermiques où le rapport puissance/volume intérieur est peu variable, on peut adopter un temps de préventilation commun, non réglable dans le boîtier de commande. La vérification que les quatre renouvellements sont assurés est cependant à faire chaque fois que l'on adapte un boîtier de commande après coup sur un appareil thermique existant.

La post-ventilation après extinction n'est pas conseillée le plus souvent, et elle n'est d'ailleurs pas possible avec tous les boîtiers de commande. Elle a l'inconvénient de refroidir, souvent inutilement, la chambre de combustion. De plus, en cas de manque d'énergie électrique entraînant l'arrêt, elle ne peut être facilement assurée. Ce n'est que dans des cas particuliers où l'on désire volontairement refroidir la chambre de combustion après extinction accidentelle, qu'elle s'avère utile, voire nécessaire. Par exemple, sur un appareil continu, si le dispositif transporteur de produits traités s'arrête, pour éviter la surchauffe des produits dans l'appareil à cet instant, le brûleur doit s'arrêter, mais cette mesure seule peut être insuffisante.



fisante sans le refroidissement accéléré par post-ventilation.

Beaucoup de boîtiers de commande automatique actuellement en service procèdent, en cas d'extinction accidentelle — c'est-à-dire par action du détecteur de flamme —, à une tentative automatique de rallumage. L'étincelle d'allumage jaillit quelques instants, et c'est seulement en cas d'échec que l'ordre de fermeture du robinet de gaz est donné. Cette manière d'agir usuelle sur les brûleurs à mazout a été utilisée par extension pour les brûleurs à gaz, mais elle est à déconseiller, car elle peut entraîner une émission inacceptable de gaz non brûlé dans le foyer.

En France, les spécifications C 30 de l'A.T.G. ne prévoient pas la possibilité d'une remise en route du système d'allumage en cas d'extinction. En Allemagne Fédérale, le projet de norme DIN 4 788 ne la tolère que pour les brûleurs à gaz d'une puissance inférieure à 80.000 kcal/h.

Dans le dispositif décrit au paragraphe 6.53, le système d'allumage fonctionne également après extinction. Mais, du fait de l'asservissement du robinet de gaz au courant d'étincelle, le cas est à considérer différemment de la tentative de rallumage telle qu'elle est réalisée habituellement sur les boîtiers automatiques pour brûleurs à mazout.

Les boîtiers automatiques doivent présenter une certaine insensibilité aux variations de la tension d'alimentation. Ils doivent pouvoir fonctionner correctement pour des variations de tension de -15% à $+10\%$ de la valeur nominale et les variations de tension ne doivent pas entraîner un allongement du temps de sécurité au-delà des limites permises.

10.2. Exemple de programme réalisé par boîtier.

A titre d'exemple, il est donné ci-après en programme-type d'allumage et de détection de flamme sur un brûleur à gaz automatique à air soufflé pour chaudière.

Dans cet exemple, le brûleur est allumé par veilleuse d'allumage. Il est prévu la possibilité d'utilisation d'un robinet papillon permettant la limitation du débit d'air pendant la marche de la veilleuse. Cette disposition, facultative, est prévue quand on craint le « soufflage » de la veilleuse par une trop forte vitesse d'air environnant. Le cycle se déroule comme suit (voir fig. 11) :

- au temps 0, le ventilateur d'air est mis en route et le papillon d'air est ouvert : on réalise la préventilation à plein débit d'air. Le temps de préventilation est d'au moins 40 secondes et peut être réglé à des valeurs supérieures soit dans le boîtier même, soit par relais extérieur;
- au temps 1, il y a simultanément mise en route du transformateur d'allumage, alimentation en gaz du circuit de veilleuse et fermeture du papillon limiteur de débit d'air;
- au temps 2, après un délai très bref de l'ordre de 2 secondes, il y a cessation de l'allumage électrique et entrée en service du dispositif détecteur de flamme. Un léger recouvrement des temps de fonctionnement du système d'allumage et du détecteur de flamme est possible. Si la détection s'effectue par électrode d'ionisation, on doit alors s'assurer comme il est expliqué au paragraphe 6.3 qu'il n'y a pas de perturbations de la détection par le système d'allumage;
- au temps 3, la veilleuse étant allumée et sa flamme détectée, il y a admission du gaz au brûleur principal avec ouverture simultanée du papillon d'air.
- au temps 4, après allumage du brûleur par la veilleuse, celle-ci s'éteint et le détecteur de flamme contrôle seulement la flamme du brûleur principal;
- au temps 5, soit sur défaut, soit sur manœuvre volontaire, il y a arrêt total.

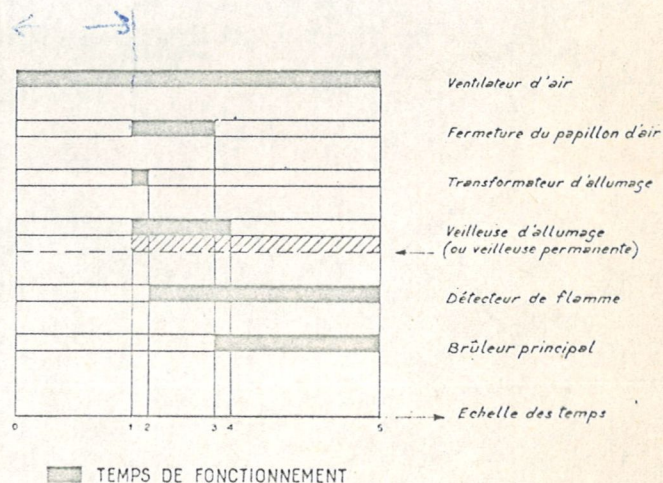


Fig. 11. — Exemple de programme-type d'allumage automatique et détection de flamme pour brûleur à gaz.



11. CONCLUSION

Le souci de la sécurité d'exploitation et les progrès de l'automatisation des appareils thermiques industriels à gaz conduisent à employer des dispositifs détecteurs de flamme qui empêchent l'écoulement de gaz non brûlé dans l'appareil.

Le présent article fait le tour des différents dispositifs actuellement utilisés et donne succinctement les propriétés et les caractéristiques d'emploi de chacun d'eux. En complément, il est donné un aperçu sur les robinets de sécurité et les boîtiers de commande, car il n'est pas possible de traiter de la détection de flamme sans les évoquer.

Si les détecteurs de flamme sont maintenant quasi systématiquement installés sur les appareils neufs, ces dispositifs sont commercialisés seuls et peuvent toujours être installés sur des appareils thermiques en service, contribuant à leur modernisation et à leur rajeunissement.

Dans ces lignes, le lecteur a pu se rendre compte de la diversité des matériels disponibles et l'on peut dire qu'à chaque problème de détection de flamme, il y a maintenant une solution appropriée ayant déjà reçu la sanction de la pratique.

NORMALISATION INTERNATIONALE

Bouteilles à gaz

L'Association Française de Normalisation (AFNOR), comité-membre français de l'Organisation Internationale de Normalisation ISO, a participé à la réunion d'information organisée par le secrétariat du comité ISO/TC 58, le British Standard Institution (BSI), en vue d'étudier une reprise éventuelle de l'activité de l'ISO/TC 58/SC 2 « Sorties de robinets des bouteilles à gaz ».

Il a été convenu que le sous-comité reprendrait son activité et les débats portèrent sur :

- l'établissement d'une classification des gaz, et mise au point d'un inventaire indiquant pour chaque gaz les sorties utilisées dans chaque pays;
- les raccords pour gaz à haute pression;
- les raccords filetés pour bouteilles d'acétylène dissous.

La prochaine réunion du sous-comité est prévue pour les 21-22-23 septembre 1966, à Londres.