



**GROUPEMENT DES ASSOCIATIONS
DE PROPRIÉTAIRES D'APPAREILS A VAPEUR
ET ÉLECTRIQUES**

T 125

RECOMMANDATIONS
en vue de la
SÉCURITÉ DANS L'EMPLOI DU GAZ NATUREL
pour la chauffe des chaudières

ÉDITION PROVISOIRE

MAI 1960

GROUPEMENT DES ASSOCIATIONS
DE PROPRIETAIRES D'APPAREILS A VAPEUR
ET ELECTRIQUES

REMARQUE IMPORTANTE



Les recommandations qui suivent, concernant les mesures de sécurité à prendre pour emploi du gaz naturel sous les chaudières, ont été élaborées par une Commission dans laquelle siégeaient des représentants qualifiés des organismes suivants :

- Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine;
- Compagnie Française du Méthane;
- Gaz de France;
- Association Technique de l'Industrie du Gaz de France;
- Institut Français des Combustibles et de l'Energie;
- Electricité de France;
- Syndicat des Constructeurs de Grosses Chaudières;
- Syndicat National de la Chaudronnerie et de la Tôlerie;
- Syndicat des Constructeurs-Installateurs de Matériel Aéraulique et Thermique;
- Syndicat des Constructeurs de Fours et d'Equipement Thermique;
- Chambre Syndicale des Constructeurs d'Appareils de Contrôle Industriel et de Régulation Automatique;
- Groupement des Associations de Propriétaires d'Appareils à Vapeur et Electriques (G.A.P.A.V.E.).

La présidence de la Commission et le secrétariat étaient assurés par le G.A.P.A.V.E.

Le texte ainsi élaboré résulte donc de la confrontation des points de vue des fournisseurs de gaz, des constructeurs de matériel, et des usagers.

Il a été soumis au Service des Mines, mais ne présente, jusqu'à présent tout au moins, aucun caractère officiel.

Il doit être considéré uniquement comme un recueil de recommandations de base, correspondant à l'expérience acquise à l'étranger et en France, et révisables si des faits nouveaux importants intervenaient.

III. — Britique et leur appareil de mesure les protégeant contre
tout danger de surchauffement anormal.

IV. — Chambre de Commerce et d'Industrie de France.

V. — Chaudières

VI. — Appareils



GROUPEMENT DES ASSOCIATIONS DE PROPRIÉTAIRES D'APPAREILS A VAPEUR ET ÉLECTRIQUES

RECOMMANDATIONS en vue de la SÉCURITÉ DANS L'EMPLOI DU GAZ NATUREL pour la chauffe des chaudières

PLAN DE L'ÉTUDE

La présente étude, concernant les mesures de sécurité à prendre dans les établissements utilisant des chaudières chauffées au gaz naturel, a été menée en considérant successivement les différents éléments de l'installation, depuis la sortie du poste de détente jusque et y compris l'évacuation des gaz brûlés après les appareils d'utilisation.

Elle comporte donc les parties suivantes :

- I. — Généralités.
- II. — Installation d'alimentation en gaz (tuyauteries, robinetteries, etc.).
- III. — Brûleurs et leur appareillage annexe les protégeant contre toute cause de fonctionnement anormal.
- IV. — Chambre de combustion et circuits de fumées.
- V. — Chaufferie.
- VI. — Annexes.

I - GÉNÉRALITÉS

1,1

PREAMBULE

L'établissement des conditions de sécurité dans l'emploi des combustibles gazeux a fait, depuis longtemps, l'objet d'études continuellement poursuivies en vue de diminuer le nombre et la gravité des accidents. De nombreux dispositifs de sécurité ont été mis au point pour les appareils, aussi bien ménagers qu'industriels.

L'apparition du gaz de Lacq a donné un essor considérable à l'utilisation du gaz naturel, en France. Il a donc semblé nécessaire de définir:

- les risques particuliers pouvant résulter de l'emploi du gaz naturel;
- les moyens de se prémunir contre eux;
- les moyens de réduire les conséquences possibles des incidents qui pourraient survenir néanmoins.

Tel est le but de la présente note technique.

1,2

CARACTERISTIQUES DU GAZ NATUREL

Le gaz naturel est constitué en grande partie de méthane; ses caractéristiques se rapprochent donc de celles de ce gaz.

En particulier, les limites d'inflammabilité à froid correspondent aux mélanges d'air et de gaz contenant 6 % et 13,3 % de méthane, à la pression atmosphérique.

La combustion neutre aura lieu pour un pourcentage de ce gaz atteignant 9,4 %.

A titre d'exemple, le gaz de Lacq contient en moyenne 95 % de méthane. La densité est de 0,56, son pouvoir calorifique supérieur de 9 600 mth/Nm³ environ, son pouvoir calorifique inférieur de 8 760 mth/Nm³.

Ce gaz a normalement peu d'odeur et la détection de fuites éventuelles posera un problème s'il n'est pas « odorisé » avant emploi.

1,3

NATURE DES RISQUES

Les risques principaux que peut présenter l'emploi du gaz naturel sont l'incendie et l'explosion.

Les proportions définies ci-dessus comme permettant l'inflammation sont valables localement et non en valeur moyenne, de sorte qu'une concentration dangereuse pourrait se produire en un point quelconque du circuit, soit au moment de la mise en route, soit à l'arrêt de l'installation, soit encore pendant la marche.



Par ailleurs, la vitesse de propagation de la flamme du gaz naturel est généralement faible. Elle peut, dans certaines conditions de réglage, devenir inférieure à la vitesse d'écoulement du mélange gaz-air, et entraîner des incidents sérieux du fait de l'extinction de la flamme et de l'accumulation éventuelle d'un mélange d'air et de gaz en proportions dangereuses, en certains points du circuit.

L'inflammation peut alors survenir en présence d'une flamme, de points en ignition ou d'étincelles d'origine quelconque (chocs, appareils électriques ou même électricité statique qui peut se produire par l'échappement du gaz).

Par contre, le gaz naturel n'est pas toxique. Il peut cependant provoquer l'asphyxie par manque d'oxygène s'il est respiré en grandes quantités.

II - INSTALLATION D'ALIMENTATION EN GAZ DES APPAREILS D'UTILISATION A L'INTÉRIEUR DES ÉTABLISSEMENTS INDUSTRIELS

2,1 PRESCRIPTION CONCERNANT LES POSTES DE LIVRAISON (détente et comptage)

2,11 Les postes de livraison appartenant aux fournisseurs de gaz naturel sont réalisés conformément à des règles de sécurité qui ont trait à leur construction, leur ventilation et leur équipement. Ces règles sont précisées actuellement dans la brochure « Poste de détente » éditée par le Service de Prévention et de Sécurité du Gaz de France.

2,12 S'il existe d'autres postes de détente ou de régulation de la pression du gaz, leurs installations doivent être équipées de dispositifs de sécurité ayant pour objet d'éviter que la pression aval ne monte à une valeur excessive et dangereuse.

Dans ce but, il peut être installé, entre autres moyens :

- des vannes de sécurité dont la fermeture s'effectue lorsque la pression aval atteint une valeur déterminée; le réenclenchement doit obligatoirement nécessiter l'intervention manuelle d'un opérateur;
- des pots d'échappement, des soupapes, des clapets d'explosion, dont la dimension est à déterminer pour permettre l'évacuation de l'excès de gaz.

2,2

PRESSION DE SERVICE

2,21

On appelle pression de service dans une fraction du réseau la pression à laquelle est réglé le poste de détente situé immédiatement en amont.

2,22

Dans une portion déterminée du réseau, la pression de service sera limitée supérieurement par la pression de fonctionnement du dernier organe de sécurité (tel que soupape avec échappement extérieur, membrane déchirable, etc.), situé immédiatement en amont.

2,23

La pression effective du gaz à la sortie du poste sera normalement la pression de service de l'ensemble du réseau des tuyauteries dans l'établissement.

Mais si le réseau comporte des détendeurs et des organes de sûreté en aval de ceux placés à la sortie du poste de livraison, la pression de service pourra varier dans ses différentes parties.

2,3

TUYAUTERIES

Chaque partie d'un réseau de tuyauteries sera réalisée au moyen d'éléments calculés en fonction de la limite supérieure de la pression de service correspondante, telle qu'elle a été définie à l'article 2,22.

L'ensemble devra être rigoureusement étanche.

2,32

Les tubes en acier étiré sans soudure sont recommandés (NF E 29025).

2,33

Les éléments de tuyauterie en fonte ou en plomb ne sont pas admis.

2,34

Les tuyauteries ne doivent pas passer en des endroits où elles risquent d'être soumises sans protection aux chocs ou aux déformations (1).

2,35

Si les tuyauteries sont enterrées ou exposées à la corrosion, elles doivent être efficacement protégées.

2,36

Les parties des tuyauteries devront présenter une pente vers un point bas muni d'un dispositif de purge de l'eau de condensation.

2,37

EVENTS

2,371

Les événements sont des tuyauteries munies d'un robinet d'arrêt permettant l'évacuation du gaz à l'extérieur.

(1) On évitera, aussi, de faire passer les tuyauteries dans des endroits inaccessibles, en particulier sous des bâtiments où elles ne pourraient pas être visitées. Une fuite non décelée pourrait alors causer une accumulation de gaz dangereuse.



L'événement devra être conduit en dehors de la chaufferie, de telle sorte que l'évacuation du gaz se fasse dans un endroit ventilé et tel que le dégagement de gaz en ce point ne puisse entraîner aucun danger. La sortie des événements devra être protégée contre les entrées d'eau de pluie (tuyau coudé vers le bas, petit clapet battant ou tout autre dispositif équivalent).

2,372 Sur chaque tuyauterie, un événement est utilisé pour le dispositif de fermeture totale et rapide indiqué à l'article 2,451.

2,373 Afin de permettre les opérations suivantes :

- mise à l'air libre de la tuyauterie d'amenée de gaz aux brûleurs,
- purge de cette tuyauterie avant démarrage,
- démarrage sans risque de pression trop élevée aux brûleurs,

un événement sera piqué sur cette tuyauterie d'amenée de gaz, le plus près possible des brûleurs et en amont.

2,38 Les tuyauteries doivent être soutenues par des supports suffisamment rapprochés pour éviter toute flexion appréciable entre deux d'entre eux.

2,39 Les tuyauteries ne doivent pas traverser des locaux étanches ou d'accès difficile ou insuffisamment ventilés, ni passer sous des bâtiments sans pouvoir être visitées.

2,4 APPAREILS DE ROBINETTERIE

A. — PRESCRIPTIONS GENERALES

2,41 Les appareils de robinetterie doivent être étanches et adaptés à la pression de service.

2,42 Les appareils de robinetterie en fonte ne sont pas admis. Toutefois, si les trois conditions suivantes sont réalisées :

- orifice inférieur ou égal à 33 mm,
 - pression inférieure ou égale à 2 kg/cm² effectifs,
 - installation à l'intérieur du bâtiment pour éviter le gel,
- la robinetterie pourra être réalisée en fonte malléable.

2,43 La vanne de fermeture totale indiquée à l'article 2,44 ainsi que les vannes d'isolement mentionnées à l'article 2,51 seront signalées de façon très visibles.

B. — EMBLEMES DES APPAREILS

2,44 **Canalisation principale d'alimentation d'une chaufferie :**

La canalisation principale d'alimentation d'une chaufferie devra obligatoirement être munie d'une vanne manœuvrable à la main, étanche,

à fermeture totale et rapide, placée en dehors de la chaufferie, dans un endroit facilement accessible et destinée à permettre, le cas échéant, l'arrêt complet de la fourniture de gaz à l'installation.

- 2,45 Canalisations principales de distribution de gaz aux chaudières :**
- 2,451** Chaque tuyauterie devra comporter un dispositif d'isolement parfaitement étanche, tel que celui constitué par deux vannes en série, avec mise à l'air libre intermédiaire par un évent.
- 2,452** Chaque tuyauterie devra comporter une vanne à fermeture totale et rapide, sur laquelle agiront les diverses sécurités du générateur. Cette vanne pourrait se confondre avec la vanne côté chaudière du dispositif décrit à l'article 2,451 (1).
- 2,453** Le réarmement de la vanne automatique du dispositif de sécurité, la réouverture des vannes d'isolement, la fermeture de l'évent devront nécessiter une intervention manuelle, sur place ou à distance.
- 2,46 Canalisation d'alimentation des brûleurs principaux :**
- Les tuyauteries devront comporter, à l'arrivée de chacun des brûleurs principaux, un robinet étanche, manœuvrable à la main, et à fermeture totale et rapide.
- 2,47 Canalisation d'alimentation des brûleurs d'allumage, ou pilotes ou veilleuses :**

Si les tuyauteries d'alimentation des brûleurs d'allumage, ou pilotes ou veilleuses ne sont pas branchées en aval des dispositifs décrits aux paragraphes 2,451 et 2,452 elles comporteront elles-mêmes ces dispositifs.

-
- (1) C'est à cette vanne qu'il appartiendra d'arrêter automatiquement l'arrivée du gaz à la chaudière :
1. En cas de perturbations anormales risquant d'entraîner l'extinction de la flamme d'un brûleur, et telles que :
 - variations exagérées de la pression de gaz;
 - variations exagérées de la pression d'air (ventilateur de soufflage, voir art. 3,534);
 - perturbations graves dans le tirage (cheminée ou ventilateur de tirage, voir art. 3,534);
 - coupure de courant (voir art. 3,51 et 3,531).
 2. En cas d'extinction de la flamme constatée par les organes de détection (voir art. 3,533).

Cette vanne, dont le rôle est primordial, peut être, par exemple, une vanne électro-magnétique maintenue sous-tension, et dont le circuit d'excitation sera en série sur les divers organes de commande et sur le dispositif de détection de la flamme.



Les tuyauteries alimentant ces mêmes brûleurs devront comporter à l'arrivée de chacun d'eux, un robinet étanche, manœuvrable à la main et à fermeture totale et rapide comme prévu à l'article 2,46.

2,5 APPAREILS DETENDEURS ET REGULATEURS DE LA PRESSION DE GAZ

2,51 Les appareils détendeurs et régulateurs de la pression du gaz ont pour mission de ramener cette pression à la valeur nécessaire à l'alimentation de la ou des chaudières et de la maintenir constante.

2,52 Les détendeurs doivent pouvoir résister à la pression maximale susceptible d'être atteinte par le gaz dans la tuyauterie en amont.

2,53 Les détendeurs, s'ils sont munis d'une mise à l'air libre, doivent être raccordés à une tuyauterie d'évacuation, à l'extérieur des bâtiments, dans un endroit ventilé et tel que le dégagement de gaz en ce point ne puisse entraîner aucun danger.

2,54 Immédiatement en aval d'un détendeur, et pour protéger contre toute surpression accidentelle les installations situées au-delà, doit être prévu au moins un organe de sûreté tel que soupape ou membrane déchirable, limitant la pression à une valeur supérieure d'au plus 20 % à la pression de réglage du détendeur.

2,6 APPAREILS REGULATEURS DE DEBIT DE GAZ

2,61 Les appareils régulateurs de débit de gaz ont pour mission de régler le débit en fonction de la puissance calorifique nécessaire à chaque instant à la chaudière. Ils peuvent être à commande manuelle ou automatique.

2,62 Un dispositif entraînera la fermeture automatique de l'organe prévu à l'article 2,452, si la pression en aval de l'organe de réglage de débit sort des deux limites minimale et maximale assurant un fonctionnement stable du brûleur.

2,7 CONTROLE D'ETANCHEITE DU RESEAU DE TUYAUTERIES

2,71 Avant la première mise en service, ou avant remise en service après de grosses réparations ou après un arrêt de longue durée, on devra s'assurer :

- de l'état de propreté et d'étanchéité du réseau de tuyauteries,
- de l'absence d'air et d'eau dans les canalisations.

Cet état devra être maintenu pendant toute l'exploitation.

2,72

Avant d'envoyer du gaz dans un nouveau réseau, ou dans un réseau existant, après une coupure, on doit examiner tout le réseau en s'assurant qu'aucun accessoire ou extrémité n'est ouvert à l'air libre, sinon les événements prévus à cet effet.

2,73

DETECTION DES FUITES

Il ne doit être employé aucune flamme, sous quelque forme que ce soit, pour essayer de détecter une fuite de gaz. On pourra utiliser à cette fin de l'eau de savon, ou tout autre liquide moussant, qu'on passera sur la surface extérieure des tuyaux ou vannes, pour localiser les fuites. On pourra également utiliser un appareil de détection approprié.

III - BRULEURS ET LEUR APPAREILLAGE ANNEXE LES PROTEGEANT CONTRE TOUTE CAUSE DE FONCTIONNEMENT ANORMAL

3,1

CARACTERISTIQUES DES BRULEURS PRINCIPAUX

3,11

Le type des brûleurs doit correspondre aux sujétions d'emploi du gaz naturel et comporter en particulier les dispositions voulues pour réaliser dans la zone d'allumage un mélange intime air-gaz.

Les brûleurs doivent être également adaptés à la puissance envisagée ainsi qu'à la pression d'utilisation du gaz, afin d'en assurer la combustion complète.

3,12

Les brûleurs constitués de plusieurs éléments individuels branchés sur la conduite d'amenée de gaz, de façon telle qu'ils ne puissent être ni isolés, ni réglés séparément, sont à considérer comme un seul brûleur. En conséquence, la distance entre éléments de ce brûleur devra être telle que la propagation de l'allumage d'un élément à l'autre soit assurée en toute circonstance.

3,13

Les brûleurs doivent être disposés de façon telle que les flammes puissent se développer normalement dans la chambre de combustion, sans risque de détérioration des parois.



3,2

DISPOSITIF D'ALLUMAGE

3,21 Tout brûleur principal doit comporter soit un brûleur d'allumage, soit une veilleuse formant flamme-pilote.

(L'expression « veilleuse formant flamme-pilote » recouvre l'ensemble des veilleuses de sécurité et des veilleuses de stabilisation.) (1)

3,22 Si le brûleur d'allumage ou la veilleuse sont alimentés en gaz naturel, leur tuyauterie d'alimentation doit être piquée sur la conduite de gaz en amont du dispositif de réglage du brûleur principal.

Dans tous les cas, il sera prévu un dispositif tel qu'il ne soit pas possible d'admettre le gaz au brûleur principal, au moment de l'allumage si la flamme du brûleur d'allumage ou de la veilleuse n'a été, au préalable, convenablement détectée.

3,23 Il doit être possible en outre de vérifier par vision directe au moyen de regards disposés judicieusement dans la chambre de combustion le bon allumage du brûleur d'allumage et de la veilleuse.

3,24 Le bec du brûleur d'allumage ou de la veilleuse doit être en un matériau résistant à la corrosion et à l'oxydation. Il doit être protégé contre toute chute de corps étrangers.

3,3

RISQUES A EVITER

3,31 **Anomalies possibles lors de l'allumage.**

Les proportions d'un mélange explosif peuvent être obtenues :

- soit dans les tuyauteries de distribution, en raison d'entrées d'air résultant de la mauvaise étanchéité des vannes des brûleurs à l'arrêt,
- soit dans les chambres de combustion, en raison de la mauvaise étanchéité des vannes ayant entraîné une accumulation de gaz pendant la période d'arrêt,
- soit en raison de difficultés d'allumage pouvant résulter du mauvais fonctionnement d'un brûleur, ce qui amène la formation de poches de gaz en certains points du circuit.

(1) En raison de la diversité et de l'évolution rapide des installations concevables dans l'industrie, et sans doute aussi de certaines habitudes de langage prises au contact de la littérature technique américaine — antérieure à la nôtre quant à l'emploi généralisé du gaz naturel — il n'a pas paru possible à la Commission d'utiliser ici le vocabulaire ayant trait aux appareils de chauffage domestique, tel qu'il est défini dans la norme NF D 35-333. Cette question de vocabulaire devra être ultérieurement revue pour les installations industrielles.

3,32 Anomalies possibles en marche normale.

Des accumulations dangereuses de gaz peuvent se produire :

- soit à la suite de l'arrêt des ventilateurs, ou d'une déficience du tirage ne permettant pas au gaz de brûler en totalité et facilitant la formation du mélange explosif dans le circuit d'évacuation des gaz de combustion,
- soit en raison d'un retard dans l'action de la régulation automatique ou de l'opérateur, lors d'une variation de charge, ne permettant pas de respecter les proportions du mélange,
- soit en raison d'une instabilité de flamme due, par exemple, au fonctionnement des brûleurs à très faible allure,
- soit en raison d'un risque de non réallumage de la flamme principale par un raccourcissement exagéré de la veilleuse formant flamme-pilote,
- soit pour toute cause extérieure venant modifier les conditions de réglage : variation accidentelle et anormale de pression de gaz, obstruction d'une canalisation, mise en dépression du local, etc.

3,4 MOYENS D'EVITER LES ANOMALIES DE FONCTIONNEMENT

Pour éviter les anomalies possibles de fonctionnement des brûleurs, il est nécessaire :

- de prendre certaines précautions lors de l'allumage et lors des arrêts,
- d'exercer une surveillance pendant la marche,
- d'utiliser des appareils de contrôle et de sécurité.

3,41 Précautions à prendre lors de l'allumage.

Les consignes à appliquer seront celles précisées par le fournisseur du brûleur, en fonction des caractéristiques de l'appareillage installé.

Ces consignes doivent être rappelées par un affichage placé bien en vue du personnel de conduite.

De toute façon, elles devront impérativement comporter, dans l'ordre, les opérations suivantes :

1. Assurer un balayage efficace de la chambre de combustion et des carneaux pendant une durée suffisante à préciser dans les consignes.
2. Allumer le brûleur d'allumage et vérifier que sa flamme est correctement établie.



3. Régler les arrivées d'air, puis ouvrir l'arrivée de gaz.
4. S'assurer du bon fonctionnement du brûleur.
5. Dans les installations comportant plusieurs brûleurs, réaliser leur allumage successivement.

3,42 **Précautions à prendre lors des arrêts d'une chaudière.**

Pour éviter tous incidents, les manœuvres de mise à l'arrêt doivent être effectuées dans l'ordre suivant :

- fermer l'arrivée de gaz aux brûleurs avant de fermer l'admission d'air,
- manœuvrer le dispositif de fermeture étanche prévu à l'article 2,451.

3,43 **Surveillance pendant la marche.**

La conduite des brûleurs ne devra être confiée qu'à un personnel sobre et expérimenté, ayant pour tâche principale de surveiller le bon fonctionnement de l'appareillage et de maintenir, par tous moyens mis à sa disposition, le rapport gaz-air dans des proportions convenables quelle que soit la charge.

Il sera en particulier nécessaire qu'il vérifie :

- la pression du gaz,
- la pression d'air,
- le cas échéant, la dépression existant dans la chambre de combustion,
- l'aspect des flammes.

3,44 **Précautions à prendre en cas d'incidents.**

En cas d'extinction accidentelle, on suivra, pour le rallumage, toutes les consignes indiquées à l'article 3,41 : « Précautions à prendre lors de l'allumage ».

3,5 **APPAREILLAGE ANNEXE DES BRULEURS**

3,51 Cet appareillage doit protéger les brûleurs contre les incidents de fonctionnement résultant de variations anormales :

- de la pression de gaz au brûleur,
- de la pression d'air au brûleur,
- du tirage de la cheminée (quand la chambre de combustion n'est pas maintenue sous pression),

— de l'absence de courant électrique à la chaufferie.

L'appareillage des brûleurs à gaz doit donc comporter :

- des appareils de contrôle destinés à vérifier les conditions de fonctionnement,
- des appareils de sécurité destinés impérativement à provoquer l'arrêt et éventuellement à déclencher l'alarme lors d'un incident de marche ou d'une fausse manœuvre susceptible de modifier profondément les conditions de fonctionnement, au point d'atteindre la limite dangereuse.

3,52 Appareils de contrôle :

Les appareils de contrôle ont pour but de vérifier certaines caractéristiques de fonctionnement, afin de renseigner les utilisateurs sur les conditions de marche et d'attirer leur attention sur une anomalie éventuelle.

3,521 La pression de gaz à l'alimentation des brûleurs doit pouvoir être vérifiée par un dispositif approprié.

Dans les chaudières comportant un débit calorifique supérieur à 1 000 thermies/heure, un dispositif de contrôle permanent de pression ou de débit devra obligatoirement être installé.

3,522 La pression ou le débit d'air, dans le cas d'une alimentation en air surpressé, doit pouvoir être contrôlée dans les mêmes conditions que la pression ou le débit de gaz.

3,523 Il est intéressant de mesurer également, le cas échéant, la dépression ou la surpression dans la chambre de combustion.

3,524 Enfin, à titre de contrôle, il convient, dans toute la mesure du possible, de matérialiser la position des organes principaux de réglage (vannes, registres, etc.) par des index bien visibles. Préciser, de même, le sens de la manœuvre pour l'ouverture et la fermeture.

3,53 Appareils de sécurité :

3,531 Les appareils de sécurité ont pour but de provoquer l'arrêt du brûleur, et éventuellement d'émettre en même temps un signal d'alarme lors de l'apparition d'une anomalie dangereuse telle que celles mentionnées à l'article 3,51.

L'organe d'exécution commandé par l'appareillage de sécurité sera la vanne à fermeture automatique mentionnée à l'article 2,452.



3,532

Instabilité de la flamme.

Le premier moyen de déceler une instabilité des flammes est évidemment le contrôle visuel, comme prévu à l'article 3,23.

Les dispositifs automatiques de contrôles utilisent actuellement les phénomènes physiques suivants :

- soit la température de la flamme,
- soit l'ionisation de la flamme,
- soit le pouvoir émissif de la flamme (voir annexe 6,1).

Dans les installations comportant un ou des brûleurs d'allumage éteints en marche normale, le dispositif de contrôle de flamme doit détecter la flamme du brûleur principal.

Dans les installations comportant une ou des veilleuses formant flamme-pilote, la détection pourra avoir lieu sur ces veilleuses (1).

3,533

Pour les générateurs dont la puissance calorifique maximale est inférieure à 1 000 th/h, il sera admis un seul dispositif contrôlant l'ensemble des brûleurs et coupant l'arrivée du gaz à l'ensemble du générateur, en cas d'extinction de la flamme détectée, sous réserve que l'inter-allumage des brûleurs soit assuré en tous les cas.

Pour les générateurs dont la puissance calorifique maximale (2) est supérieure ou égale à 1 000 th/h, il sera prévu pour chaque brûleur principal, un dispositif de contrôle de flamme coupant automatiquement l'arrivée de gaz à ce brûleur en cas d'anomalie dangereuse de la flamme détectée (voir article 3,32).

Pour les générateurs dont la consommation calorifique maximale est supérieure ou égale à 300 th/h, les dispositifs de contrôle de flamme

(1) La détection sur les veilleuses formant flamme-pilote postule, naturellement, que ces flammes seront, en toute circonstance, de longueur et de volume suffisants pour assurer un allumage correct du brûleur principal.

La détection devra donc avoir lieu dans la zone même où la flamme doit produire effectivement l'allumage du brûleur principal.

Avec une telle disposition, tout armement de la sécurité doit donc être rendu impossible, s'il y a raccourcissement exagéré de la veilleuse formant flamme-pilote (anomalie envisagée à l'alinéa 4 de l'art. 3,32).

Si les précautions nécessaires ne peuvent être prises pour assurer en toutes circonstances longueur et volume suffisants à la flamme-pilote, il conviendra de détecter normalement la flamme du brûleur principal.

(2) La puissance calorifique maximale considérée est la puissance calorifique maximale au brûleur, déterminée d'après le débit de gaz et évaluée en fonction du pouvoir calorifique inférieur.

devront assurer au maximum en cinq secondes la coupure complète de l'arrivée de gaz au brûleur correspondant (1).

Pour les générateurs ayant une puissance calorifique inférieure, cette caractéristique est simplement recommandée.

3,534 Défaut de fonctionnement dans l'alimentation en air.

La coupure de l'arrivée de gaz à la chaudière doit être impérativement provoquée :

- en cas de fermeture de l'évacuation des fumées,
- en cas de perturbation dans le fonctionnement des ventilateurs de tirage ou de soufflage, s'il en existe.

Il est recommandé que le fonctionnement des ventilateurs soit contrôlé par la mesure du débit réalisé, plutôt que par celle des pressions obtenues.

Enfin, il est utile que les registres de réglage ne puissent pas obturer complètement les passages de l'air ou des gaz brûlés. Prévoir plutôt des registres de fermeture séparés pour obturation éventuelle.

3,535 Maintien du rapport air-gaz au brûleur.

Il est primordial de maintenir de façon stricte une valeur convenable du rapport air-gaz à toutes les allures et malgré les variations de charge.

Le réglage correspondant pourra être réalisé une fois pour toutes, dans le cas de brûleurs à fonctionnement par tout ou rien ou par tout ou peu.

(1) L'inertie du dispositif de sécurité, en cas d'extinction de la flamme mesurée par le temps, en secondes, qui s'écoulera entre l'extinction et l'instant où sera effectivement réalisée la coupure complète de l'arrivée du gaz au brûleur correspondant, a été, ici, fixée à cinq secondes, en fonction des considérations suivantes :

Admettons, dans la chambre de combustion de la chaudière, une concentration calorifique de l'ordre de 350 th/h/m^3 — valeur souvent réalisée. A une telle concentration calorifique correspondra, par mètre cube de volume de chambre de combustion, un débit horaire de gaz naturel que nous arrondirons à 36 m^3 , pour la commodité du calcul.

En négligeant le ralentissement du débit de gaz dû à la fermeture plus ou moins progressive des organes d'admission, nous aurions, au bout de cinq secondes, débité par mètre cube de chambre de combustion $0,05 \text{ m}^3$ de gaz naturel. En réalité, nous en aurons débité moins, du fait de la fermeture progressive des organes.

A la fin du délai imparti, la teneur moyenne du gaz naturel, dans la chambre de combustion, se tiendra donc encore au-dessous de 5 %, c'est-à-dire au-dessous de la limite inférieure dangereuse.

Ces conditions sont différentes de celles fixées par la norme NFD 35-333 pour les appareils domestiques dont les conditions de marche sont autres.



Dans les autres cas, le maintien du rapport air-gaz devra être assuré par des dispositifs donnant toute sécurité et conservant automatiquement ce rapport.

Il est recommandé de régler les débits de gaz et d'air simultanément en fonction de la charge et de contrôler les pressions d'air et de gaz.

Si les variations de charges sont trop rapides, il est préférable de les suivre avec retard, plutôt que de risquer une extinction de flamme.

L'emploi d'une régulation automatique nécessite le maintien d'une pression constante de l'alimentation en gaz en amont de la vanne de réglage.

3,6

ENTRETIEN ET VERIFICATIONS PERIODIQUES

La sécurité d'emploi des brûleurs repose, non seulement sur l'installation d'appareils de contrôle et de sécurité mais encore sur leur bon fonctionnement.

Il appartient au service d'entretien de l'exploitant de maintenir les brûleurs et leurs accessoires en bon état de fonctionnement, et de réaliser un réglage correct:

Il convient de procéder à des contrôles périodiques et de prendre, dès l'origine de l'installation, toutes dispositions nécessaires pour les faciliter.

Dans ce but, les points de mesure de pression devront être munis de brides d'étalonnage ou de tout autre dispositif permettant de brancher un appareil étalon.

De même, des orifices de prélèvement de gaz devront être disposés sur les générateurs en divers points du circuits des fumées et notamment à l'endroit des prises de gaz des appareils de contrôle.

Les appareils de sécurité pour instabilité de flamme nécessitent non seulement un entretien courant, mais encore le remplacement systématique des pièces principales après un temps de fonctionnement prédéterminé. De plus leur fonctionnement doit être vérifié périodiquement en provoquant artificiellement un arrêt.

Un entretien régulier devra être prévu, en ce qui concerne les ventilateurs et leur appareillage électrique, ainsi que la régulation automatique. Il devra en être de même pour les robinets d'isolement de gaz et les vannes de sécurité.

IV - CHAMBRE DE COMBUSTION CIRCUITS DE FUMÉES

4,1 Il convient d'étudier la circulation des gaz dans les chambres de combustion, de façon qu'en chaque point la vitesse ait une direction et une valeur bien déterminées.

On évitera dans toute la mesure du possible, les zones mortes où la vitesse serait trop faible, et les poches dans lesquelles les gaz pourraient former des tourbillons non évacués ou évacués d'une façon irrégulière.

4,2 Pour pallier toute accumulation possible de gaz dans tout espace libre susceptible d'exister au-dessus ou sur les flancs de la chambre de combustion, on pourra :

- soit remplir d'un matériau inerte et peu dense, tel que laine minérale, bourre d'amiante, laine de verre, etc.,
- soit mettre ces espaces morts sous pression d'air,
- soit y mettre des détecteurs actionnant des dispositifs d'alarme acoustiques ou optiques s'il y a présence de gaz.

4,3 Malgré l'application des précautions énoncées dans les chapitres précédents, il pourrait se produire, en certains points des circuits, des accumulations de gaz susceptibles de donner lieu à explosion.

On prévoiera en conséquence :

- soit des appareils donnant à chaque instant la teneur en imbrûlés gazeux dans les diverses parties les moins bien ventilées des parcours, et actionnant des dispositifs d'alarme (acoustiques ou optiques) lorsque cette teneur deviendrait anormale,
- soit des trappes d'expansion calculées conformément aux formules suivantes :

$$(1) s = 5,45 S \sqrt{0,0001 + \frac{1}{R}}, \text{ dans laquelle :}$$

s = surface à donner à la trappe, en mètres carrés,

S = surface de la plus petite des sections de la chambre de combustion,

R = surpression à laquelle les parois du foyer peuvent résister, en kg/m^2 .



(2) $c = 13,7 \sqrt{S} + \Delta p$, dans laquelle :

c = charge de la trappe en kg/m^2 ,

S = a la même signification que plus haut,

Δp = la surpression normale, à l'emplacement de la trappe en kg/m^2 .

Ces trappes pourront se confondre avec les trappes d'expansion prévues à l'article 18 du décret du 2 avril 1926 si elles remplissent à la fois les conditions de section énoncées ci-dessus et celles fixées par le dit article 18.

CARNEAUX DE FUMÉES

Ces carnaux doivent être aussi courts et directs que possible.

Ils ne doivent pas présenter de culs-de-sac ou d'angles morts. Les changements brusques de direction sont à éviter.

TRANSFORMATION AU GAZ D'UNE INSTALLATION EXISTANTE

Avant toute transformation au gaz d'une installation existante, celle-ci devra être mise en conformité avec les prescriptions des articles précédents.

V - CHAUFFERIE

Le local de chaufferie, quand il existe, devra être convenablement ventilé, surtout dans les parties hautes, pour éviter toute accumulation dangereuse de gaz en cas de fuite.

Ce système de ventilation ne devra, en aucun cas, abaisser la pression dans le local, au niveau du brûleur, au-dessous de la pression atmosphérique extérieure.

Le local de chaufferie, s'il existe, devra être conforme à la réglementation sur les appareils à vapeur.

Il est recommandé, lors de la construction d'un local de chaufferie, de prévoir :

- une toiture en construction légère,
- des fenêtres de surface suffisante.

Les matériaux transparents utilisés devront ne pas être susceptibles de produire des éclats dangereux.

Des moyens de défense contre l'incendie en rapport avec l'importance de l'installation devront être prévus.

VI - ANNEXES

6,1

INSTABILITE DE LA FLAMME

(voir article 3,532)

Lorsque le dispositif automatique de contrôle fait jouer la température de la flamme, la mesure en est faite à l'aide d'appareils à dilatation ou à bilames, ou de couples thermo-électriques disposés dans la flamme principale ou dans la flamme-pilote.

Ces appareils présentent l'avantage d'une grande simplicité mais ont actuellement l'inconvénient d'une inertie thermique importante.

Si le phénomène physique utilisé est l'ionisation de la flamme, la détection se fera au moyen d'électrodes soumises à une différence de tension qui peut être continue ou alternative, l'appareil agissant alors par rectification de la tension alternative. Les électrodes doivent être placées dans la flamme-pilote, si elle existe ou, à défaut, dans la flamme principale, et leur position doit être judicieusement choisie. L'adjonction d'électrodes de masse, de longueur appropriée évitera la mise en œuvre des dispositifs de sécurité par simple décollement de la flamme, au nez du brûleur, l'intervention n'ayant lieu qu'en cas de décollement exagéré.

Si on utilise le pouvoir émissif de la flamme, la mesure des radiations est obtenue à l'aide d'une cellule photo-électrique. Avec les flammes de gaz transparentes généralement obtenues dans les chaudières, il est nécessaire d'utiliser des cellules sensibles au rayonnement des produits de combustion (CO^2 et H^2O) et très sélectives. La position et l'orientation de ces cellules sont particulièrement importantes, et doivent être judicieusement choisies. Elles offrent l'avantage de pouvoir être disposées à l'extérieur de la chambre de combustion, sans comporter de parties immergées dans la flamme.

6,2

NOTE SUR LE DIMENSIONNEMENT DES TRAPPES DE SECURITE (1)

(voir article 4,3)

6,21

SURFACE DE LA TRAPPE

Soient : s = la surface de la trappe de sécurité,

m = le rapport des températures absolues T_c et T_o , après et avant combustion,

(1) D'après M. LIEBAUT, professeur à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.



- S = la section horizontale du foyer,
 μ = le coefficient de contraction de la veine à travers la trappe,
 V = la vitesse de déflagration dans le mélange immobile, supposée indépendante de la pression pour simplifier,
 R = la pression à laquelle le foyer peut résister,
 p_a = la pression atmosphérique,
 ω = le poids spécifique du mélange combustible, à sa température initiale et à la pression absolue ($R + p_a$).

Nous supposons que le foyer n'a pas d'autre ouverture que la trappe, ce qui revient à négliger l'évacuation des fumées par la cheminée.

Considérons le phénomène pendant un temps infiniment court. Nous pouvons le décomposer en deux parties :

- combustion à pression constante avec augmentation de volume,
- retour au volume initial donnant l'élévation de pression correspondante.

A l'instant t , la surface de combustion est une demi-sphère de rayon r , si on admet que la combustion a pris naissance au voisinage d'une paroi, vraisemblablement au brûleur.

Le volume de gaz brûlé pendant l'intervalle de temps dt est :

$$2 \pi r^2 V dt$$

Ce volume passe de la température initiale T_0 à la température finale T_c , c'est-à-dire qu'ils devient :

$$2 \pi \frac{T_c}{T_0} r^2 V dt = 2 \pi m r^2 V dt$$

L'augmentation de volume est donc :

$$dU = 2 \pi (m - 1) r^2 V dt$$

Ramenons le volume à sa valeur initiale en supposant que, par suite des échanges thermiques, la compression ne modifie pas les températures. La pression passe de p à $p + dp$, avec :

$$\frac{dp}{p} = \frac{dU}{U} = \frac{2 \pi (m - 1) r^2 V dt}{\frac{2}{3} \pi \rho^3}$$

en appelant ρ le rayon de la paroi du foyer supposée hémisphérique.

$$\frac{dp}{p} = 3(m-1) \frac{r^2}{\rho^3} V dt$$

D'autre part, pendant le temps dt , la flamme a progressé de $V dt$ par rapport au gaz. Comme la température est passée de T_0 à T_c , le volume brûlé est devenu m fois plus grand et r s'est accru de :

$$dr_1 = m V dt$$

Mais ce volume brûlé a subi la compression $\frac{dp}{p}$, d'où une contraction de r

$$\frac{dr_2}{r} = -\frac{1}{3} \frac{dp}{p}$$

finalement :

$$dr = dr_1 + dr_2 = m V dt - \frac{r}{3} \frac{dp}{p}$$

ce qui nous donne :

$$dr = \frac{1}{3} \left(\frac{m}{m-1} \frac{\rho^3}{r^2} - r \right) \frac{dp}{p}$$

soit

$$\frac{3(m-1)r^2 dr}{m\rho^3 - (m-1)r^3} = \frac{dp}{p}$$

comme $p = p_a$ pour $r = 0$, on a :

$$\text{Log} \frac{m\rho^3}{m\rho^3 - (m-1)r^3} = \text{Log} \frac{p}{p_a}$$

$$\frac{p}{p_a} = \frac{m\rho^3}{m\rho^3 - (m-1)r^3}$$

Nous supposons que la trappe s'ouvre instantanément lorsque la pression atteint la valeur p_1 et qu'elle débite avec une vitesse :

$$V' = \sqrt{2g \frac{p_1 - p_a}{\omega}} \text{ avec } p_1 - p_a = R$$

Le volume sortant est

$$\mu s V' dt$$



Pour que la pression à l'intérieur du foyer ne monte pas il faut que ce volume soit égal à la dilatation :

$$\mu s V' = \mu s \sqrt{2g \frac{R}{\omega}} = 2 \pi (m-1) r^2 V$$

La section de la trappe doit être

$$s = \frac{2 \pi (m-1) r^2 V}{\mu} \sqrt{\frac{\omega}{2gR}}$$

Dans cette formule intervient la surface hémishérique $2 \pi r^2$ en cours de combustion à l'instant t . Si la chambre de combustion est un parallélépipède de section horizontale S , on peut admettre que la surface de combustion atteint une valeur maximale sensiblement égale à πS .

La surface de la trappe doit donc être au moins égale à :

$$s = \frac{\pi (m-1) S V}{\mu} \sqrt{\frac{\omega}{2gR}}$$

On peut prendre dans cette formule :

$$\mu = 0,6, \quad V = 0,49 \text{ m/sec}, \quad \omega = 1,2 \left(1 + \frac{R}{p_a}\right) \text{ avec } p_a = 10^4 \text{ kg/m}^2$$

$m = 9,6$, etc.

ce qui donne :

$$s = 5,45 S \sqrt{0,0001 + \frac{1}{R}}$$

CHARGE DE LA TRAPPE

Pour calculer la charge de la trappe, on pourra utiliser les résultats expérimentaux obtenus en Angleterre par P.-A. CUBBAGE et W.-A. SIMMONDS, qui conduisent à adopter pour la charge la formule :

$$c = 13,7 \sqrt{S} + \Delta p$$

La surpression normale à l'emplacement de la trappe Δp et la charge c étant mesurées en kg/m^2 , la surface S en m^2 .

6,23

REMARQUES

a) La détermination d'une trappe permettant d'éliminer le risque d'explosion en toutes circonstances est très risquée, car les phénomènes sont encore mal connus. La théorie et l'expérience concordent raisonnablement en ce qui concerne la surface de trappe nécessaire pour l'explosion d'un mélange initial froid, mais de nombreuses inconnues subsistent : température initiale du mélange combustible, vitesse fondamentale de déflagration (qui dépend énormément de la température et des phénomènes de turbulence).

D'autre part la charge de la trappe fait intervenir le phénomène d'ouverture dont la mise en équation paraît à peu près impossible.

b) La surface de trappe donnée par la formule est élevée. Il est difficile sur les grosses chaudières d'installer la surface nécessaire.

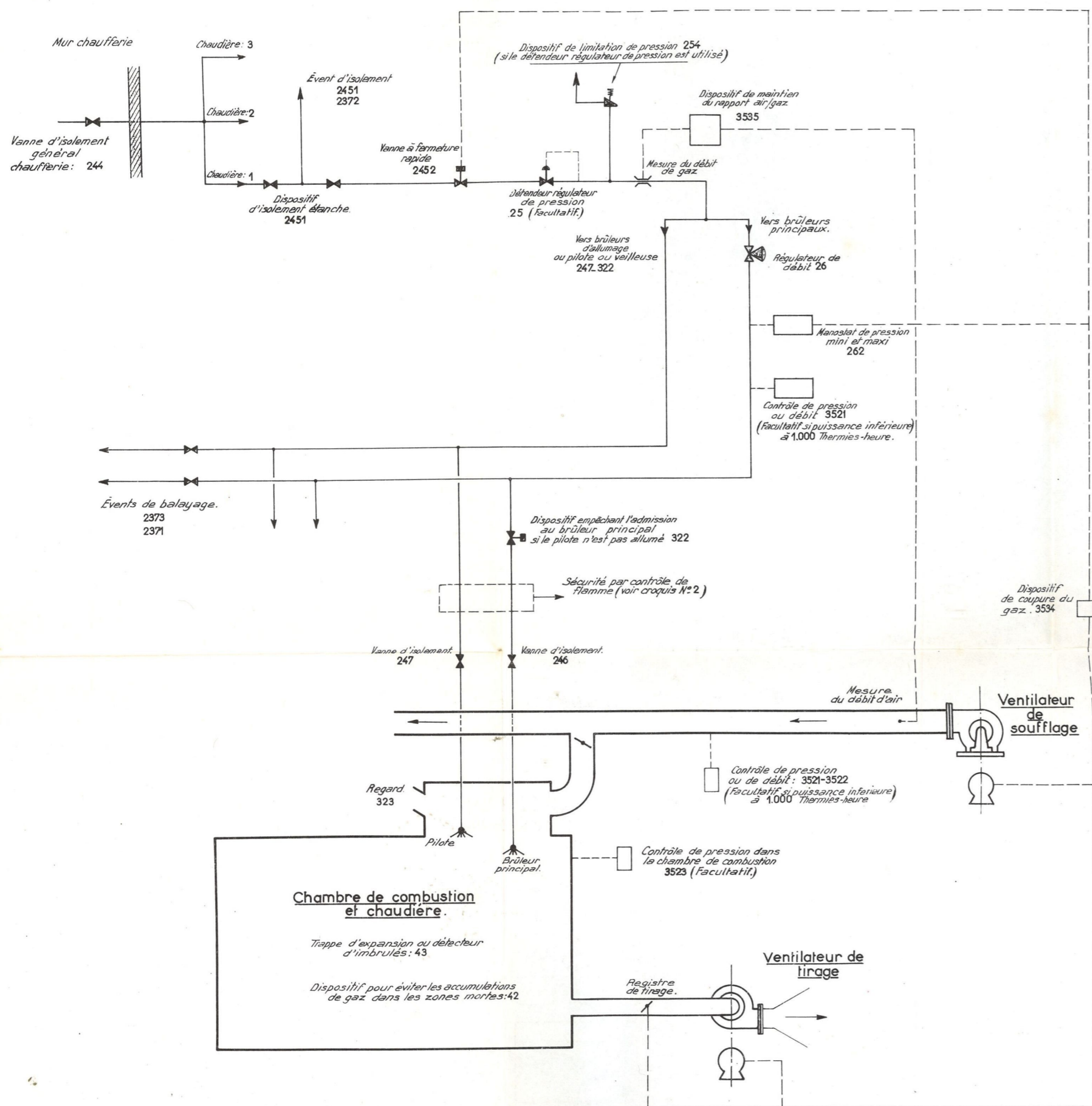
c) L'efficacité des trappes, même si leur surface répond à la formule donnée plus haut, est peut-être plus aléatoire sur les grandes chambres de combustion que sur les petites. C'est donc surtout sur les petites chaudières, pour lequel le prix du matériel de sécurité efficace serait hors de proportion avec celui de la chaudière, que l'emploi des trappes peut être recommandé.



[Faint, illegible text visible through the paper, likely bleed-through from the reverse side.]

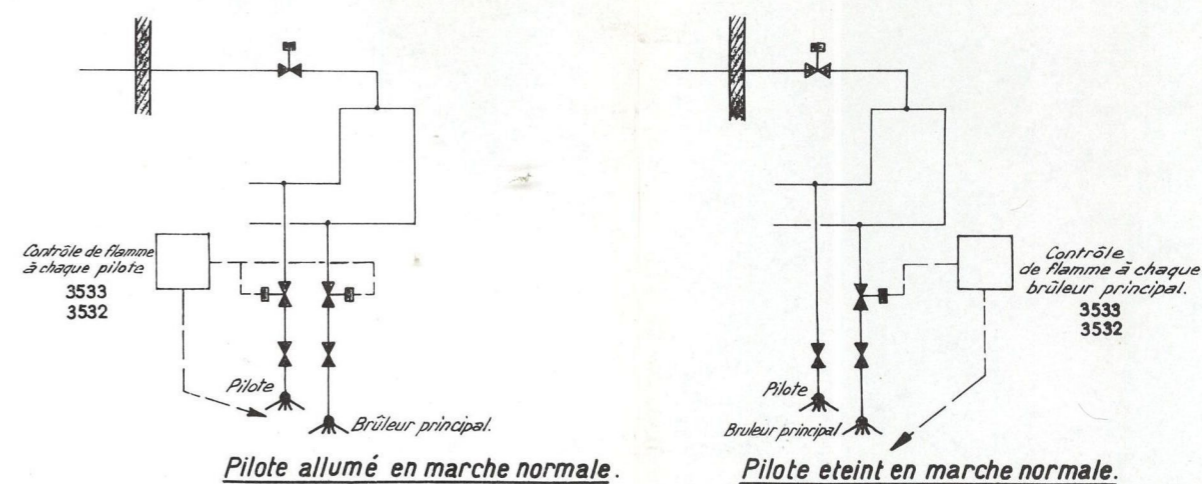
Schéma de sécurité pour chaudière chauffée au gaz naturel

Croquis: N°1 - Ensemble de l'installation.

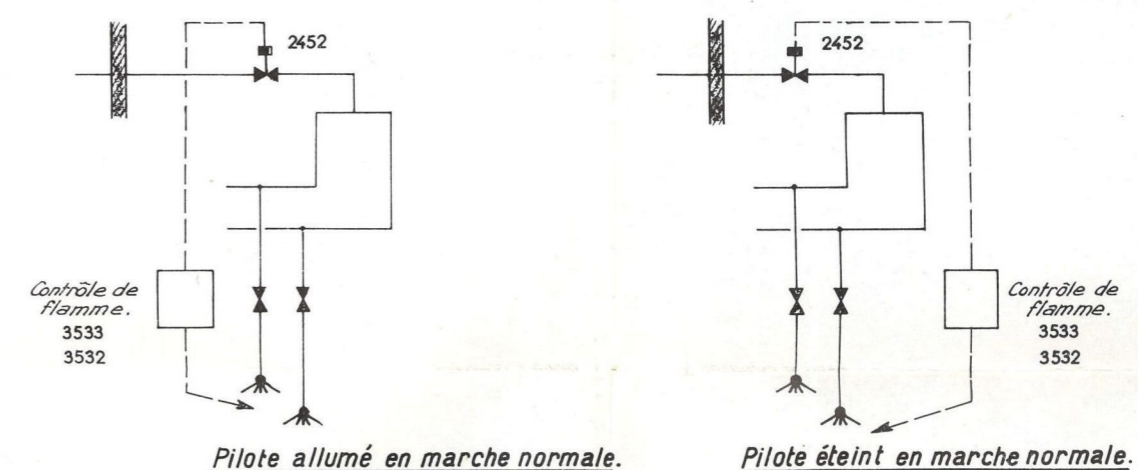


Croquis: N°2 - Contrôle de flamme

Chaudière de plus de 1.000 Thermies-heure ou plus à brûleur multiples



Chaudière de plus de 1.000 Thermies-heure à brûleur unique



Chaudière de moins de 1.000 Thermies-heure à brûleurs uniques ou multiples

