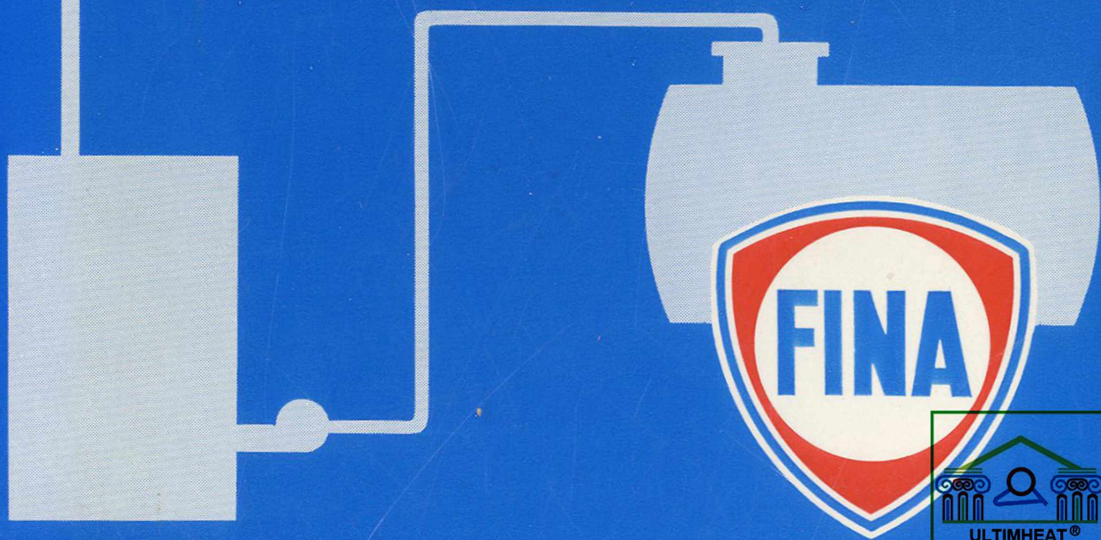


Le chauffage par les huiles combustibles



Le chauffage par les huiles combustibles

*Rappel de quelques notions que nous
dédions à notre honorable clientèle.*



INTRODUCTION

Dès sa découverte, le feu a été partout considéré à l'égal d'une divinité (fig. 1). Chez les Grecs, les Perses, les Hébreux, il constituait avec l'eau, l'air et la terre le support de tout l'univers.

Jusqu'au Moyen-Age, cette déification est restée dans l'esprit populaire et il faut attendre le début du XVIII^e siècle pour voir se développer des essais d'interprétation du phénomène.

La première tentative est faite par un chimiste allemand : STAHL avec la théorie du phlogistique.

Le phlogistique serait un fluide pesant qui, fixé temporairement sur les corps, provoquerait la flamme en quittant son support.

A la fin du XVIII^e siècle, LAVOISIER rejette cette théorie pour attribuer à l'énergie calorifique la forme d'un fluide impondérable pouvant se combiner avec diverses substances (fig. 2). Avec BLACK, il appelle ce fluide le calorique.

C'est au début du XIX^e siècle et sans qu'il soit possible de leur attacher un nom précis qu'apparaissent nos conceptions actuelles de la combustion.

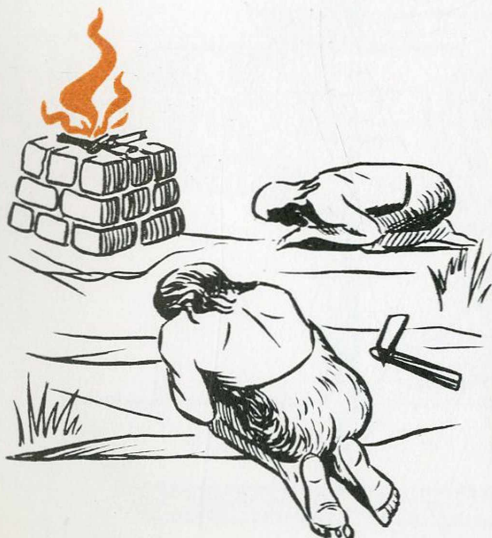


Fig. 1.

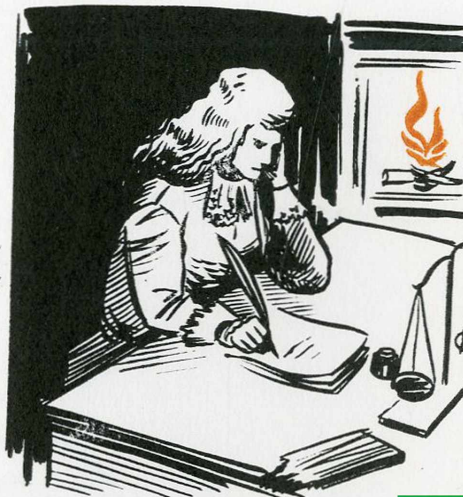


Fig. 2.

La combustion y est considérée comme une simple réaction chimique au cours de laquelle une partie de l'énergie chimique préexistant dans les corps qui réagissent est transformée en énergie calorifique.

Les substances qui réagissent dans la combustion sont le combustible lui-même: bois, charbon, huile et l'oxygène contenu dans l'air atmosphérique.

La combinaison de ces corps donne naissance à deux gaz : l'eau et le gaz carbonique qui, sous forme de vapeur, se retrouvent dans les fumées.

Connaître le feu est un point. L'utiliser en est un autre. Là aussi on constate une évolution qui suit la civilisation.

Pour les peuplades reculées, le feu ne constitue qu'un moyen de chauffage rudimentaire d'autant plus inconfortable que la technique primitive de l'inflammation par frottement n'est souvent que la seule connue (fig. 3).

Chez les Romains, on rencontre déjà un système de chauffage très rationnel dans les « hypocaustes ». Les pavements des salles sont construits sur des piliers entre lesquels circulent les gaz chauds d'un foyer, qui passent encore dans les murs avant de s'échapper à l'extérieur (fig. 4).

La chaleur est ainsi véhiculée par conduction à travers le pavement et les murs et se répartit uniformément.

Après la période romaine et ses réalisations relativement avancées, on ne trouve que des moyens de chauffage primitifs.

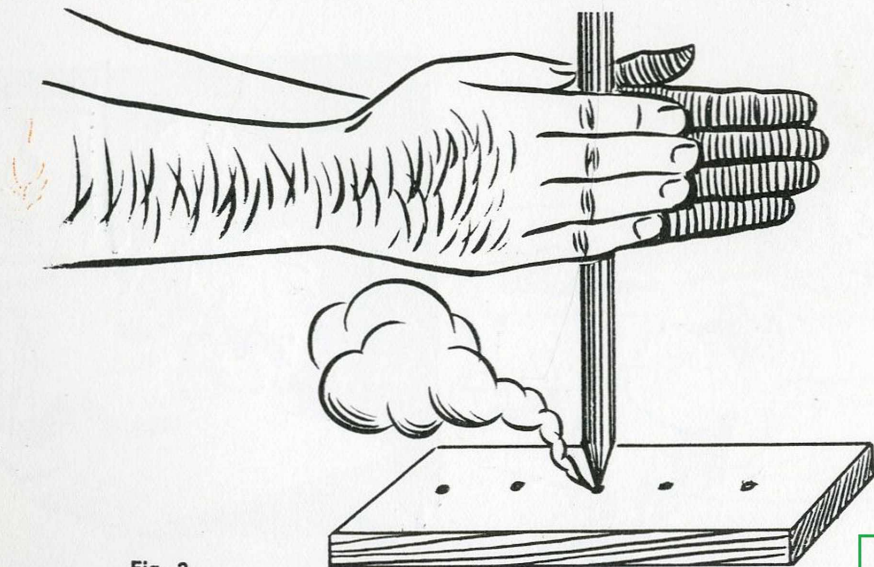


Fig. 3.

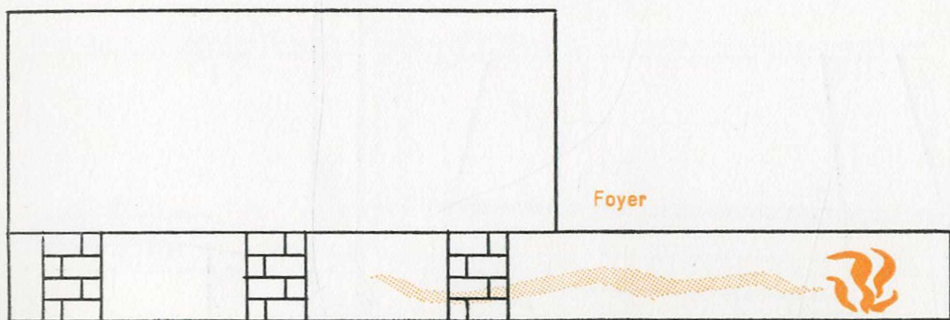
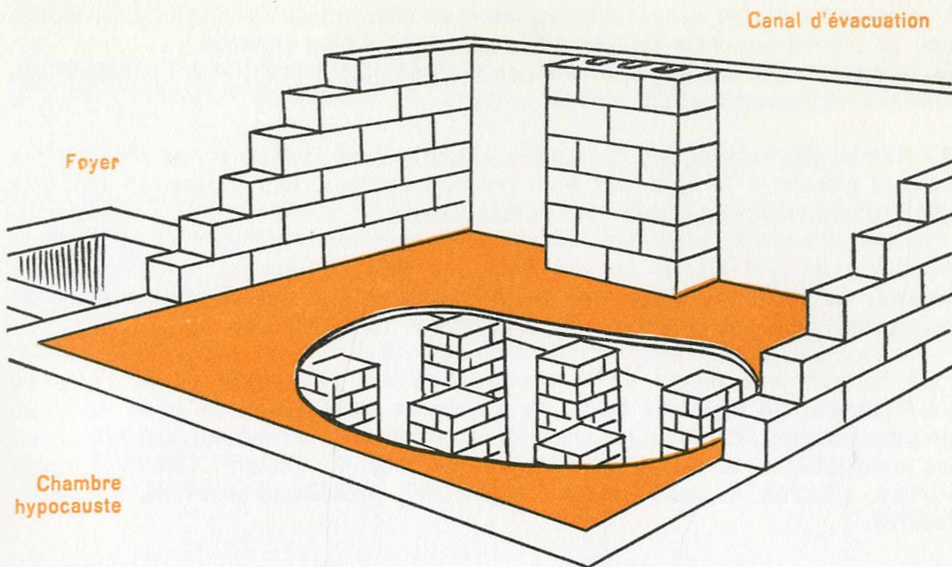


Fig. 4.

L'utilisation d'un feu ouvert intérieur avec un simple trou dans la toiture, tenant lieu de cheminée, reste longtemps le procédé le plus répandu.

Au XII^e siècle, on voit apparaître un conduit destiné à évacuer à l'extérieur les produits de la combustion.

Au XIII^e et XIV^e siècle, les cheminées voient le jour sous la forme d'un simple conduit circulaire terminé par un capuchon conique. Les sorties se font par des orifices verticaux situés sous le capuchon.

Au début du XV^e siècle, on voit enfin les feux ouverts se multiplier et se grouper de façon à rassembler les différentes conduites dans une seule et même masse de maçonnerie (fig. 5).

Puis la technique même de la construction des cheminées et de l'âtre se perfectionne. On étudie la forme de la section de la cheminée et la variation de cette section. On utilise les produits réfractaires et les métaux. On évite ainsi les atmosphères fumeuses et on récupère plus de chaleur. Quelques noms restent attachés à cette œuvre : RAMFORT, DOUGLAS-GALTON, FOUDOT, MORIN.

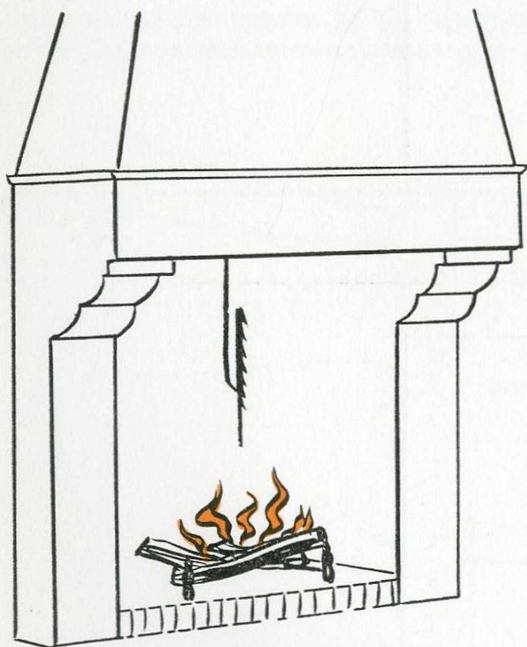


Fig. 5.

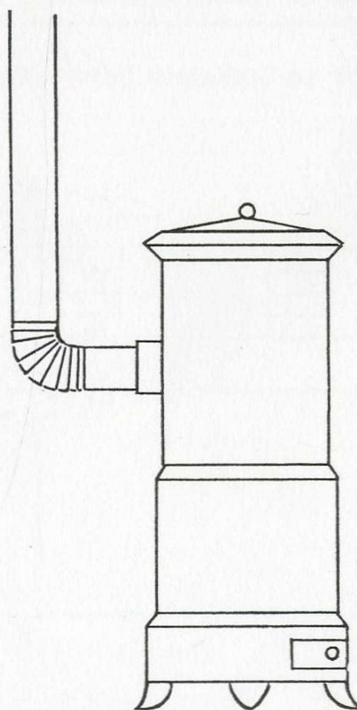


Fig. 6.

On en arrive ainsi au chauffage par poêle, qui se développe rapidement, et reste encore aujourd'hui un moyen de chauffage acceptable (fig. 6).

De là on vient très rapidement à l'idée de situer l'appareil de chauffage en dehors des pièces habitées et de chauffer celles-ci indirectement.

C'est le chauffage central à air chaud, à vapeur, à eau chaude (fig. 7).

Les deux derniers pouvant dissiper la chaleur par convection (radiateur) ou rayonnement (chauffage par rayonnement, sol chauffant, plafond chauffant).

A l'heure actuelle, le chauffage central à eau chaude est généralement adopté pour les petites et moyennes installations et quelquefois même pour les grandes. La vapeur est habituellement réservée aux grandes installations.

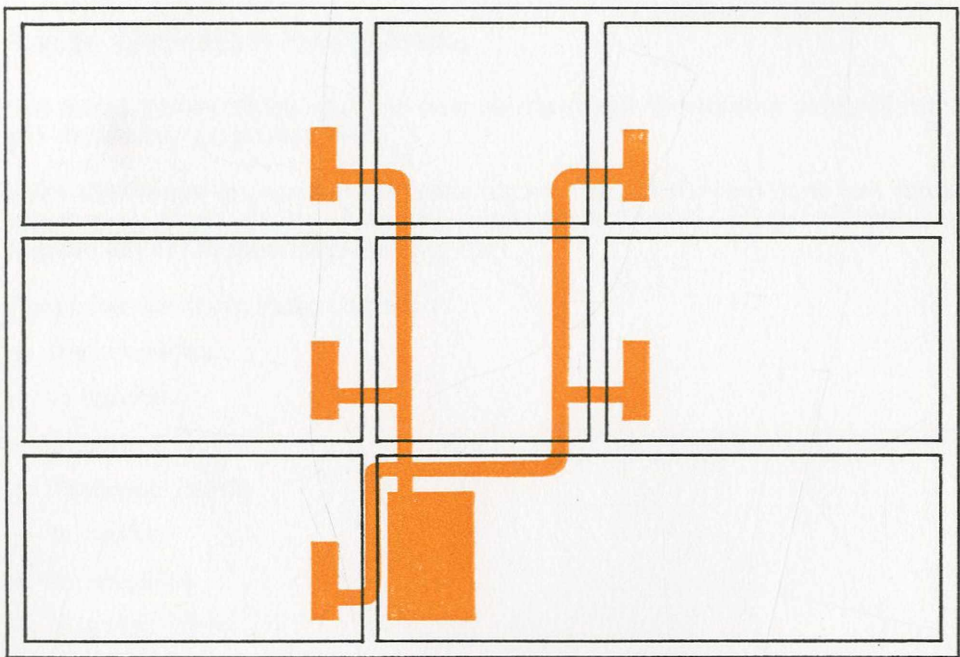


Fig. 7.

Chauffage aux huiles combustibles.

Ce mode de chauffage a pris, dans notre pays, de plus en plus d'extension et nombreux sont les utilisateurs qui connaissent mal la façon dont ce système de chauffage fonctionne.

Chapitre I.

Les Combustibles.

Les huiles combustibles utilisées pour le chauffage domestique sont obtenues par distillation du pétrole brut.

Cette distillation est réalisée par chauffage de ce pétrole brut dans des fours; après quoi, il est envoyé dans des tours de distillation qui permettent d'en séparer les différentes fractions (fig. 8).

Parmi ces fractions, nous citerons :

- les gaz légers
- le butane
- l'essence légère
- l'essence lourde
- le naphte
- le kérosène
- le gasoil léger
- le gasoil lourd
- les résidus.

Cette distillation peut se faire soit à la pression atmosphérique, soit sous un certain vide pour éviter la destruction des molécules fragiles (fig. 9).

Certains gasoils sont également obtenus au cours des opérations de cracking (fig. 10) et ils sont incorporés aux gasoils provenant de la distillation directe.



DISTILLATIONS ATMOSPHÉRIQUE ET SOUS VIDE

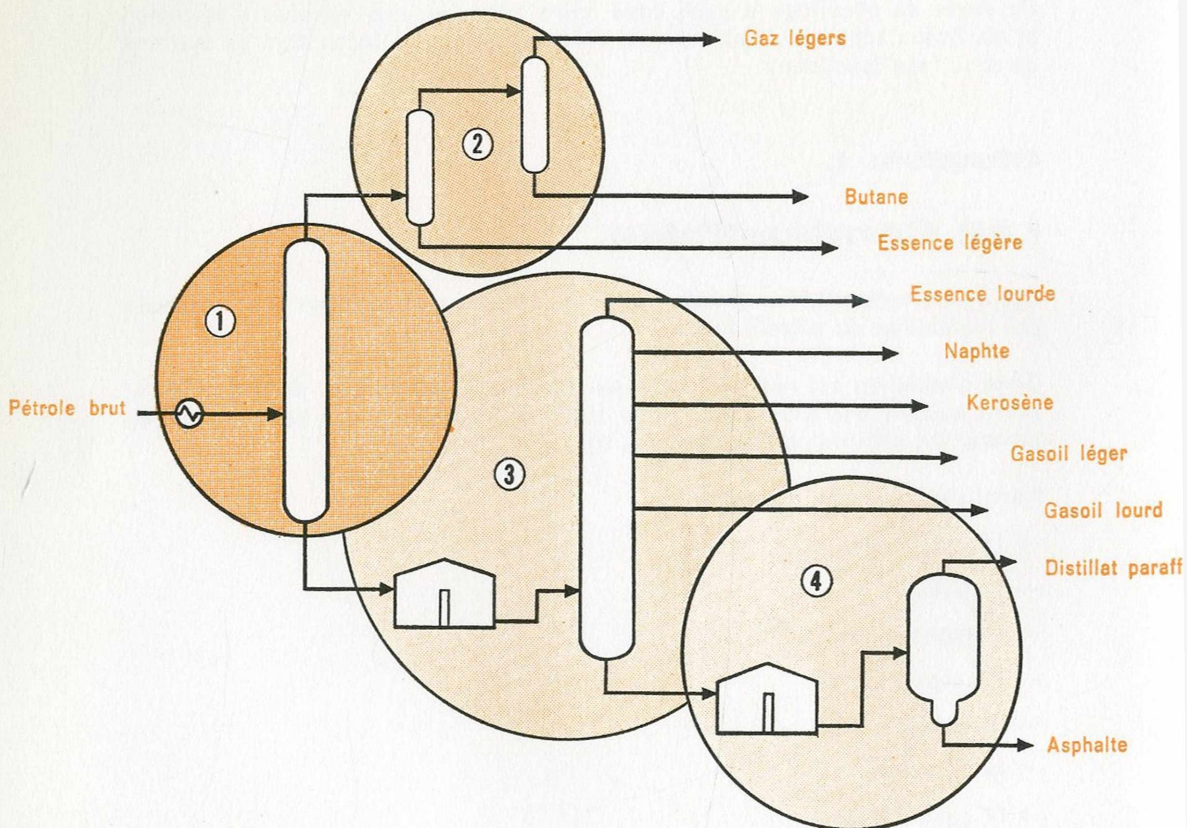


Fig. 9.

- 1 Prédistillation
- 2 Stabilisation
- 3 Distillation atmosphérique
- 4 Distillation sous vide

SCHÉMA D'UNE TOUR DE FRACTIONNEMENT

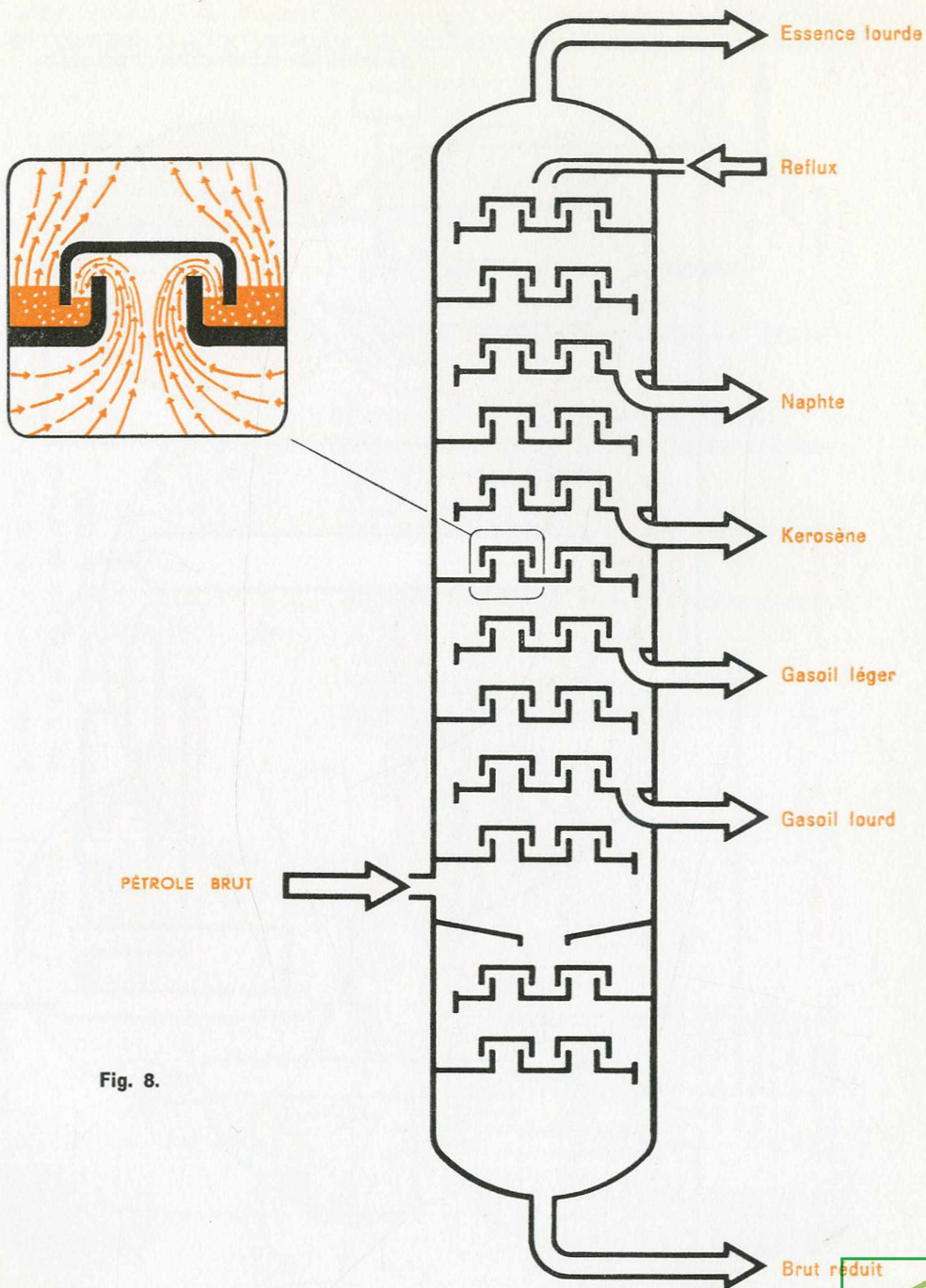


Fig. 8.

CRACKING CATALYTIQUE

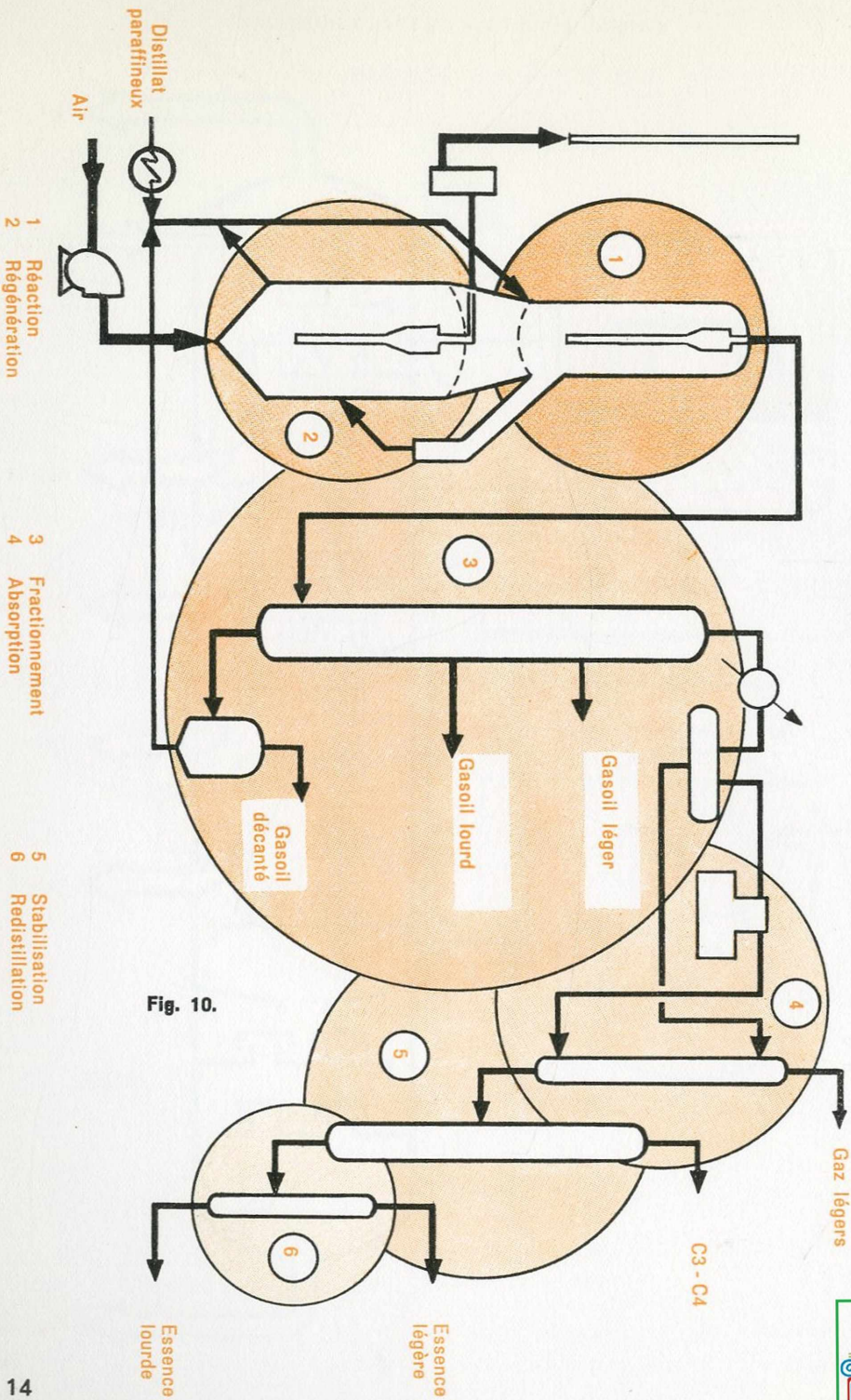


Fig. 10.



Les huiles combustibles peuvent être classées en différents types, cette classification étant basée principalement sur leur viscosité. Citons parmi ces types :

- le gasoil
- le fuel-oil léger
- le fuel-oil moyen
- le fuel-oil lourd
- le fuel-oil extra-lourd.

Seul parmi ces huiles combustibles, le gasoil est de couleur claire. Les produits dénommés fuel-oils sont de couleur foncée.

Chacun des produits précités a son champ d'application bien déterminé. Les huiles combustibles subissent différents contrôles de leurs caractéristiques en laboratoire avant d'être délivrées en clientèle (fig. 11).

Ces caractéristiques répondent à des normes très sévères qui sont imposées aux raffineries.

De plus, la plupart des pays européens ont adopté des normes de classification des huiles combustibles (fig. 12).

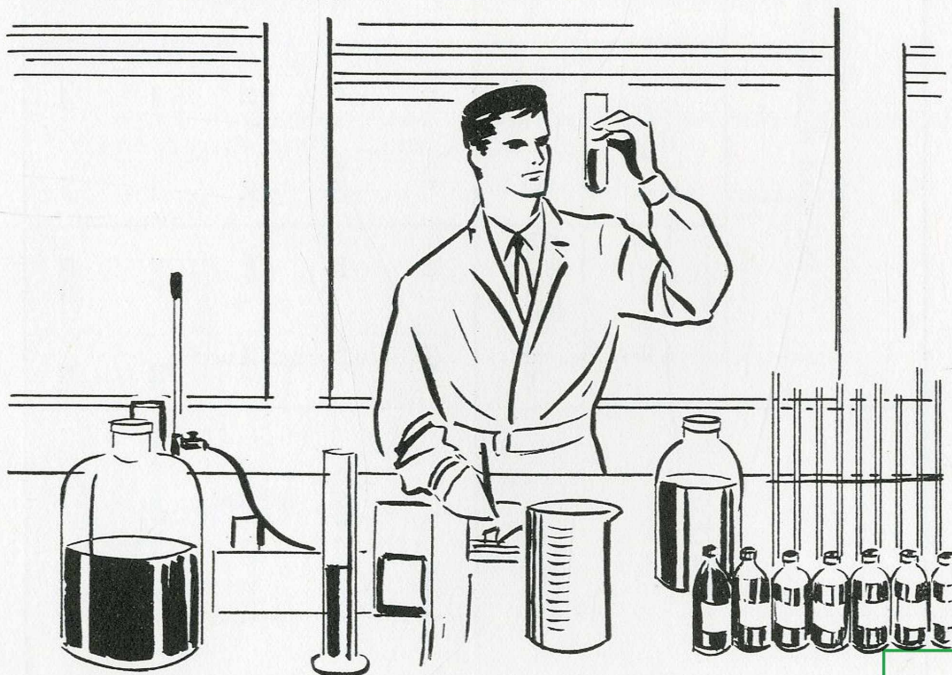


Fig. 11.

Norme Belge NBN n° 52.096

PRODUIT	Viscosités maxima en cSt suivant NBN 52.012 et NBN 52.016				Point d'éclair en vase fermé NBN 52.017 minimum	Distillation NBN 52.072 (Meth. C)	Eau et sédiments NBN 52.078 maximum	Point de congélation Point d'écoulement limité NBN 52.014	Soufre à la bombe NBN 52.046 au tube de quartz NBN 52.048 maximum	
										à 37,8°C (100° F)
	cSt	Secondes Redwood I	cSt	Degrés Engler	cSt	Degrés Engler	% en volume à max. 370° C	% en volume	°C	% en poids
Gasoil	5,7	40	9,7	1,8	—	90	0,1	— 6 √	1,2	
Fuel Oil Léger	9,3	50	18,5	2,7	—	—	0,5	√ 0 	2,0	
Fuel Oil Moyen	48,9	200	130	17	—	—	1,0	—	2,7	
Fuel Oil Lourd	196	800	—	—	106	—	1,5	—	3,8	
Fuel Oil Extra Lourd	981	4000	—	—	418	—	2,0	—	4,8	

NOTE : Cette classification n'exclut pas d'éventuelles spécifications techniques contractuelles.

Fig. 12.



Chapitre II.

Caractéristiques principales déterminées sur les huiles combustibles.

1. La viscosité.(fig. 13).

Elle exprime la plus ou moins grande facilité d'écoulement des fluides. La viscosité, dans le cas des huiles de chauffage, est importante car elle conditionne le mode de pulvérisation. En effet, lorsqu'on utilise les fuels moyens et les fuels lourds, il est nécessaire de réaliser un pré-chauffage du combustible pour que celui-ci arrive avec une viscosité suffisamment faible au brûleur.

La viscosité d'un fluide varie avec la température. C'est pourquoi lorsqu'on parle de viscosité il est nécessaire de préciser la température à laquelle la mesure se fait.

Des abaques permettent de déterminer les viscosités des huiles combustibles exprimées en différentes unités à différentes températures (fig. 14).

2. La densité. (fig. 15).

Celle-ci se mesure généralement à l'aide d'un densimètre. Elle est renseignée à la température de 15° C.

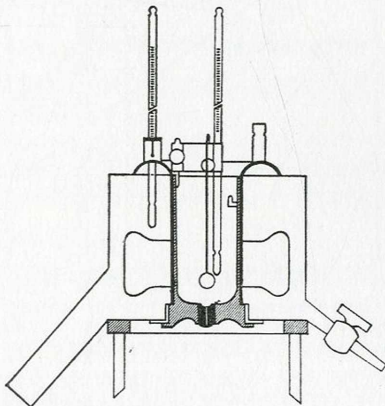


Fig. 13.

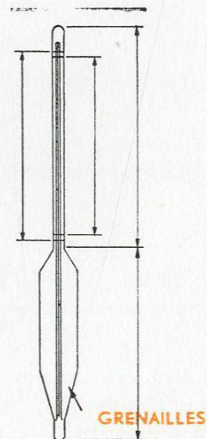


Fig. 15.

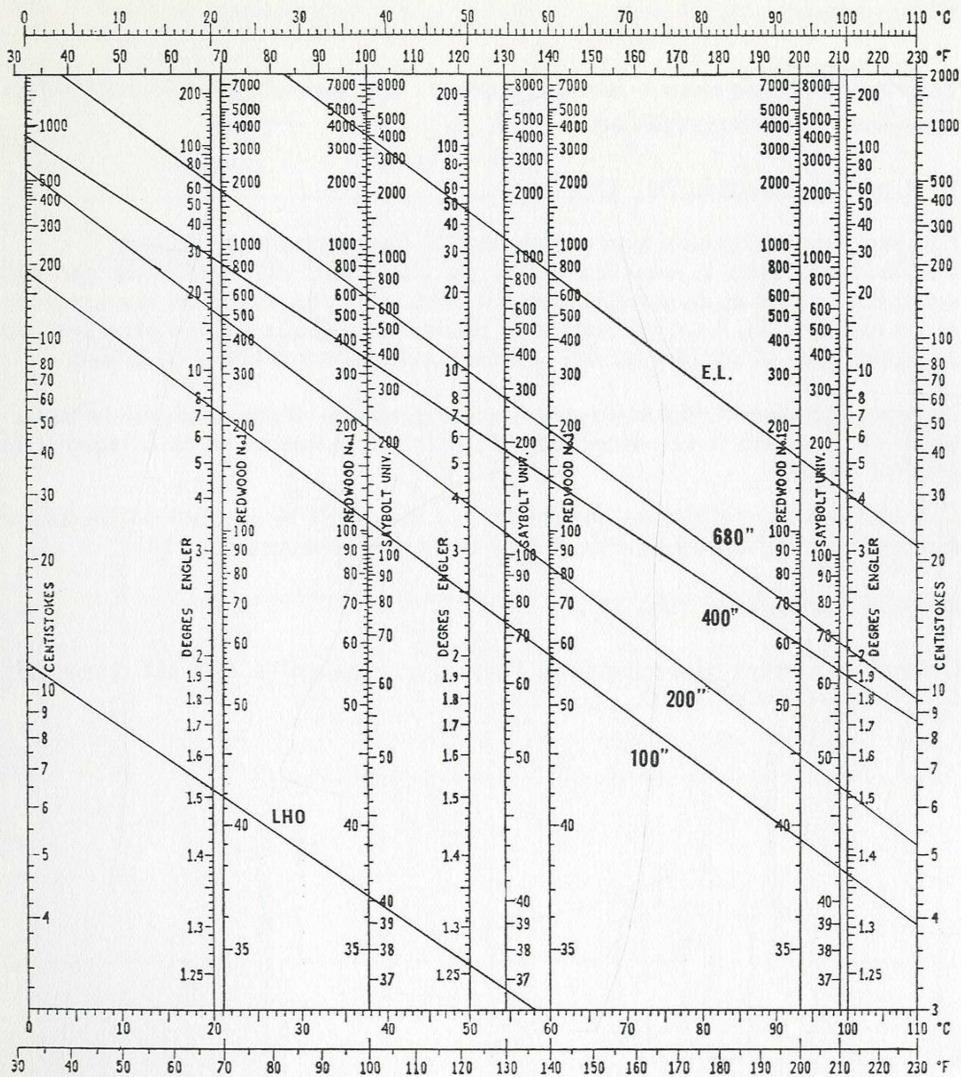


Fig. 14.



3. Le point d'inflammabilité ou point d'éclair. (fig. 16)

Cette caractéristique mentionne la température maximum à laquelle le combustible liquide peut être chauffé. A partir de cette température, la présence d'une flamme peut provoquer l'allumage des vapeurs.

4. Le point de congélation.

Cette caractéristique indique la température à laquelle une huile combustible se fige. Ce test présente une grande importance, en particulier pour des questions de stockage durant l'hiver.

5. La teneur en eau.

Les combustibles liquides sont exempts d'eau au départ de la raffinerie.

Un pourcentage important d'eau indiquerait qu'un accident se serait produit au cours du transport ou du stockage tel que, par exemple, manque d'étanchéité des trous d'homme dans les réservoirs.

6. La teneur en soufre. (fig. 17).

La teneur en soufre des huiles combustibles est variable selon leur origine et selon leur mode de production.

Le soufre est sans action corrosive dans les installations de chauffage, pour autant que celles-ci soient bien réglées.

7. La teneur en sédiments.

La détermination de la teneur en sédiments indique le pourcentage de corps étrangers constitués par des particules métalliques, des composés d'oxydation, du sable, etc... qui, à la longue, se déposent dans le fond des réservoirs.

En général, les filtres placés avant les brûleurs arrêtent ces impuretés. Il est bon, après un certain nombre d'années d'utilisation, de procéder à la vidange et au nettoyage des réservoirs lorsque ces accumulations de corps étrangers deviennent trop importantes.

8. Le pouvoir calorifique. (fig. 18).

On appelle kilo/calorie la quantité de chaleur nécessaire pour amener 1 kg d'eau de 14,5° C à 15,5° C.

Le pouvoir calorifique indique la quantité de chaleur exprimée en K/cal. qui sera dégagée par la combustion de 1 kg d'huile combustible. Les produits de combustion étant ramenés à 0° et 760 mm de mercure.

On distingue :

Le Pouvoir Calorifique Supérieur dans lequel la vapeur d'eau de combustion est condensée : c'est celui que l'on obtient directement avec la bombe de MALHER.

Le Pouvoir Calorifique Inférieur dans lequel la vapeur d'eau est non condensée. On l'utilise pour le calcul de rendement des chaudières du fait que l'eau du combustible et l'eau de combinaison s'échappent à l'état de vapeur.

La différence entre les deux pouvoirs calorifiques est de l'ordre de 600 Kcal. Ce pouvoir calorifique est quasi constant pour chaque type d'huile combustible provenant d'une même raffinerie.



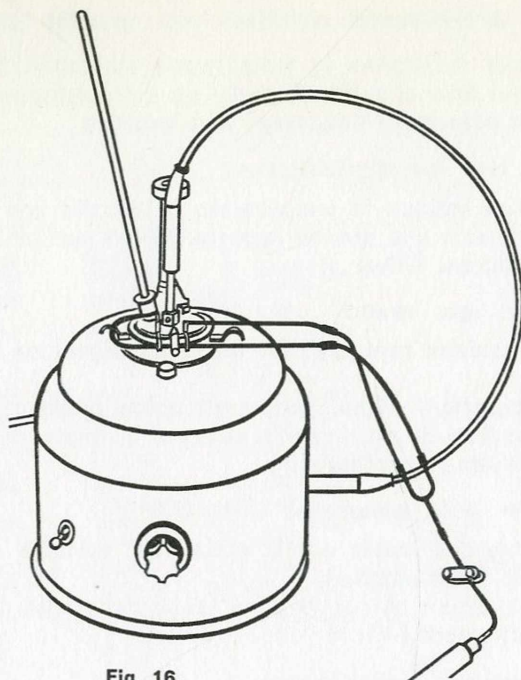


Fig. 16.

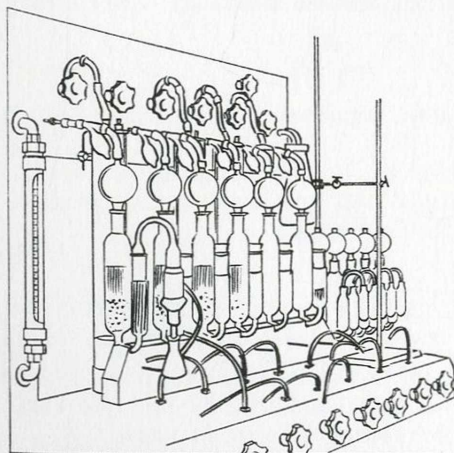


Fig. 17.

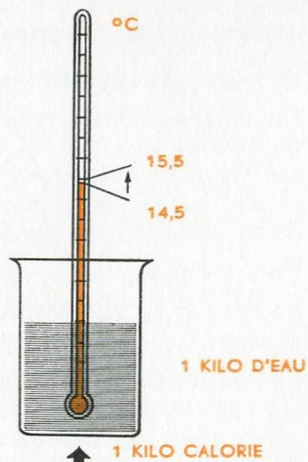


Fig. 18.

Chapitre III.

Description d'une installation de chauffage domestique (fig. 19 et 20).

Tout comme le chauffage central au charbon, le chauffage au mazout nécessite une chaudière de puissance appropriée.

Actuellement, les chaudières peuvent en général être utilisées indifféremment pour le chauffage au charbon ou au mazout.

Le chauffage au mazout exige que l'on complète l'installation prévue pour le charbon, par l'équipement suivant :

1. Un réservoir de stockage (fig. 21).
2. Des tuyauteries pour le remplissage et la respiration du réservoir ainsi que pour l'amenée de mazout vers le brûleur et le retour du mazout du brûleur vers le réservoir.
3. Un brûleur.
4. Les appareils de contrôle et de sécurité.
5. Dans le cas d'installation plus importantes utilisant des fuels d'une viscosité assez élevée, il y a lieu de prévoir un système de réchauffage.

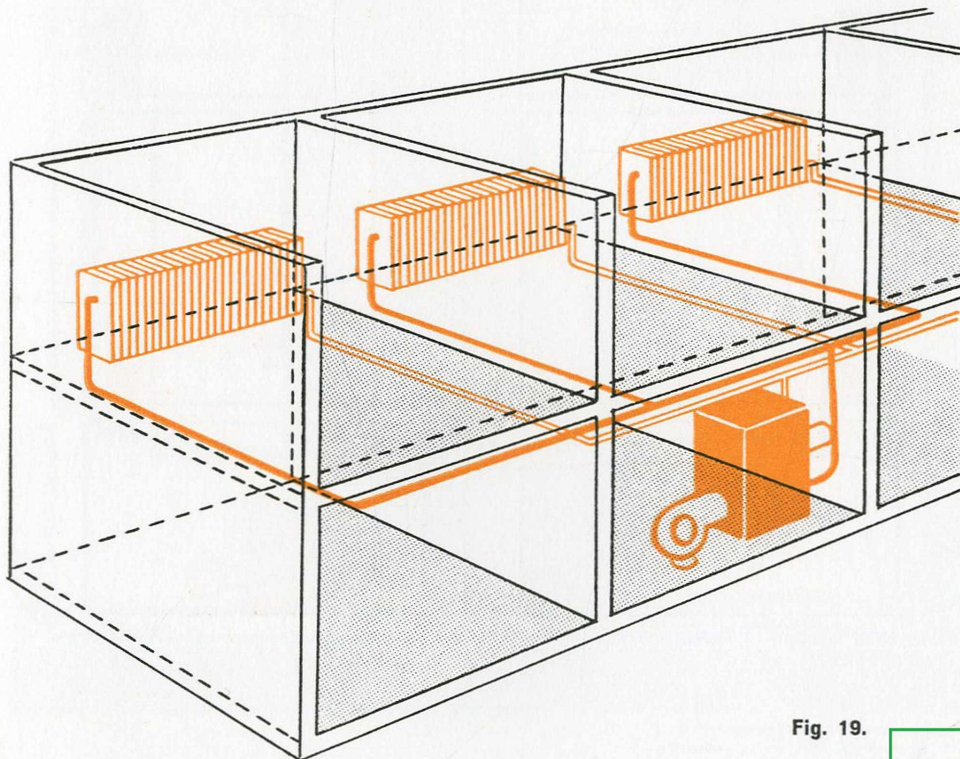


Fig. 19.

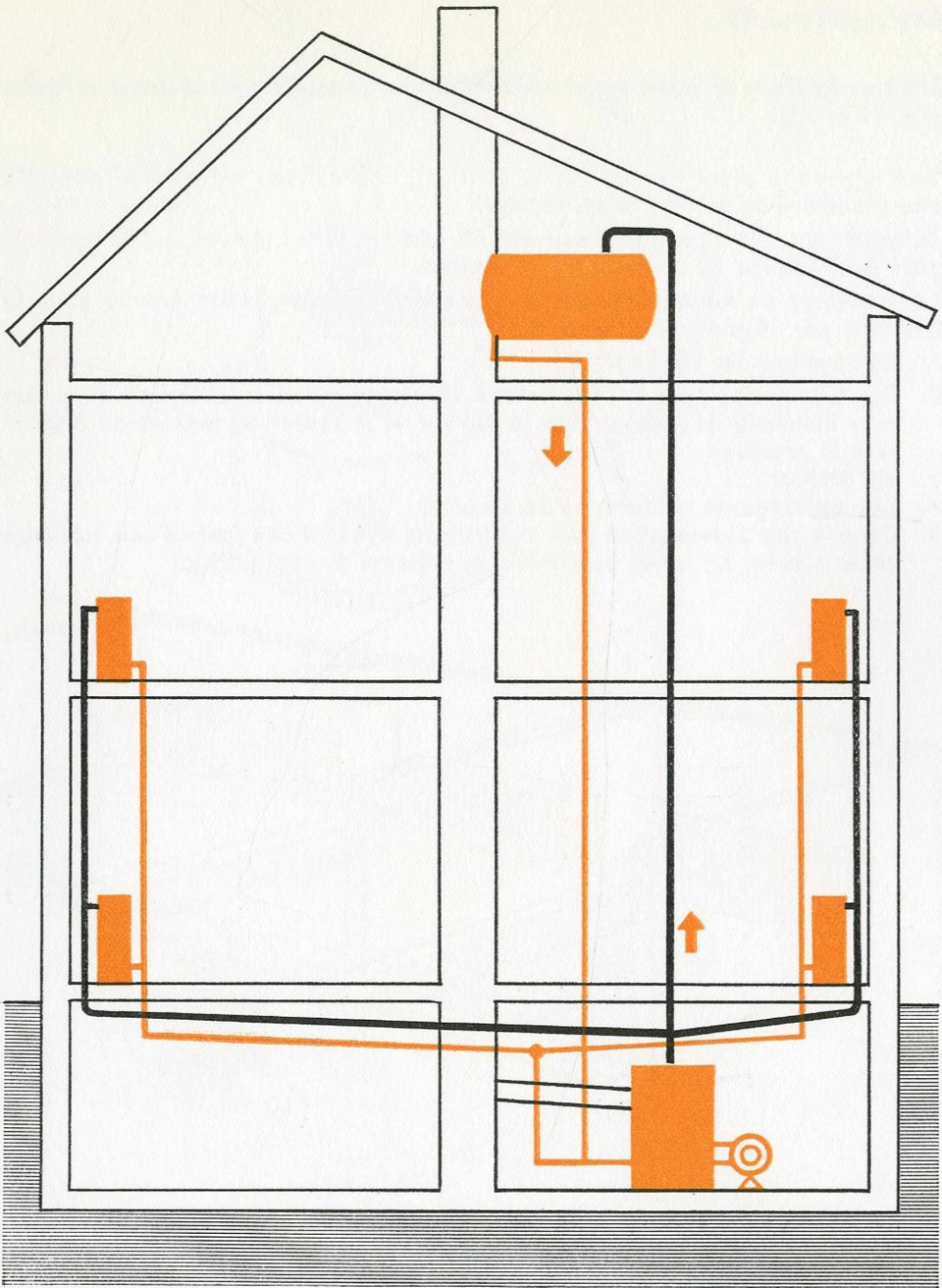


Fig. 20.

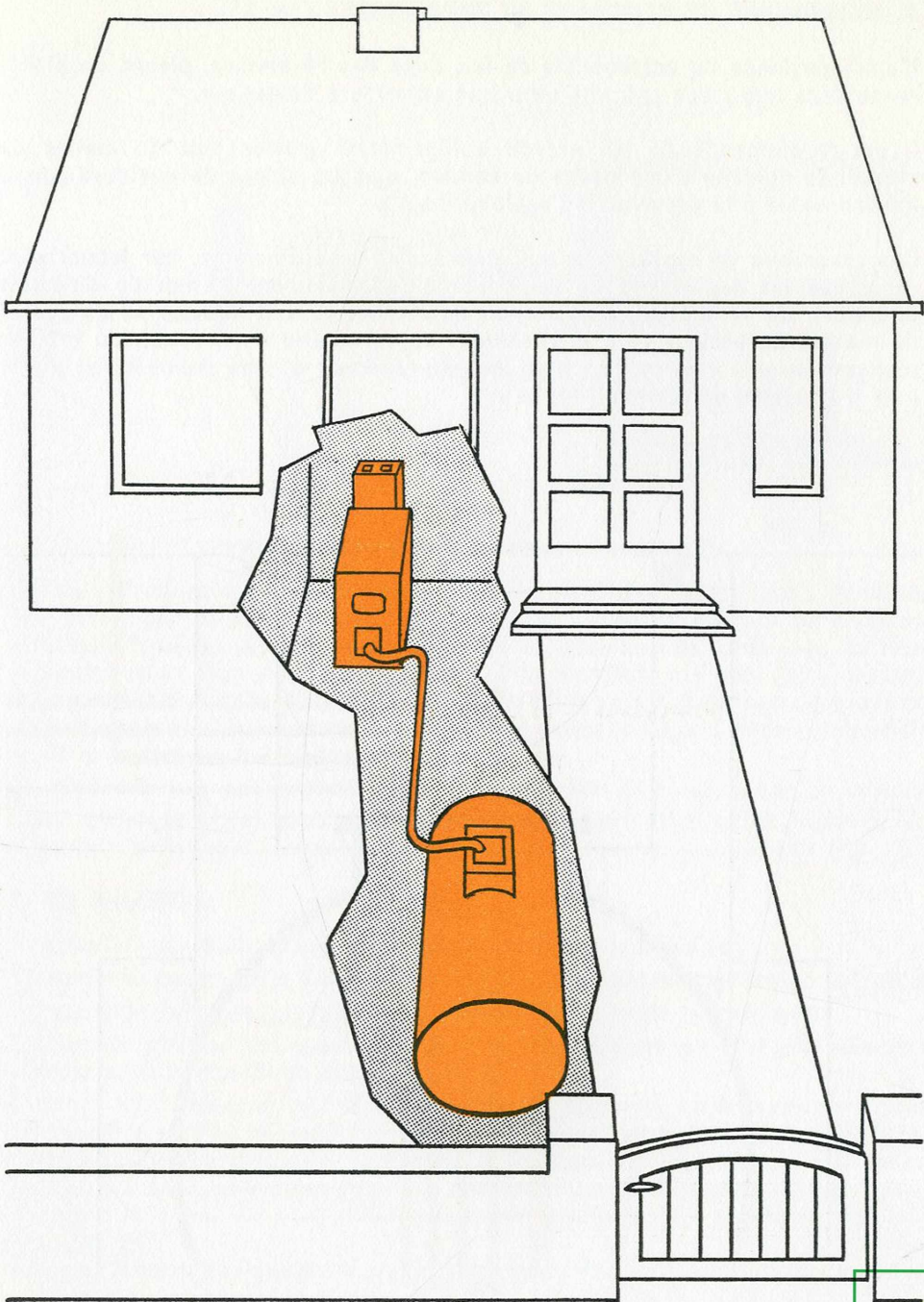


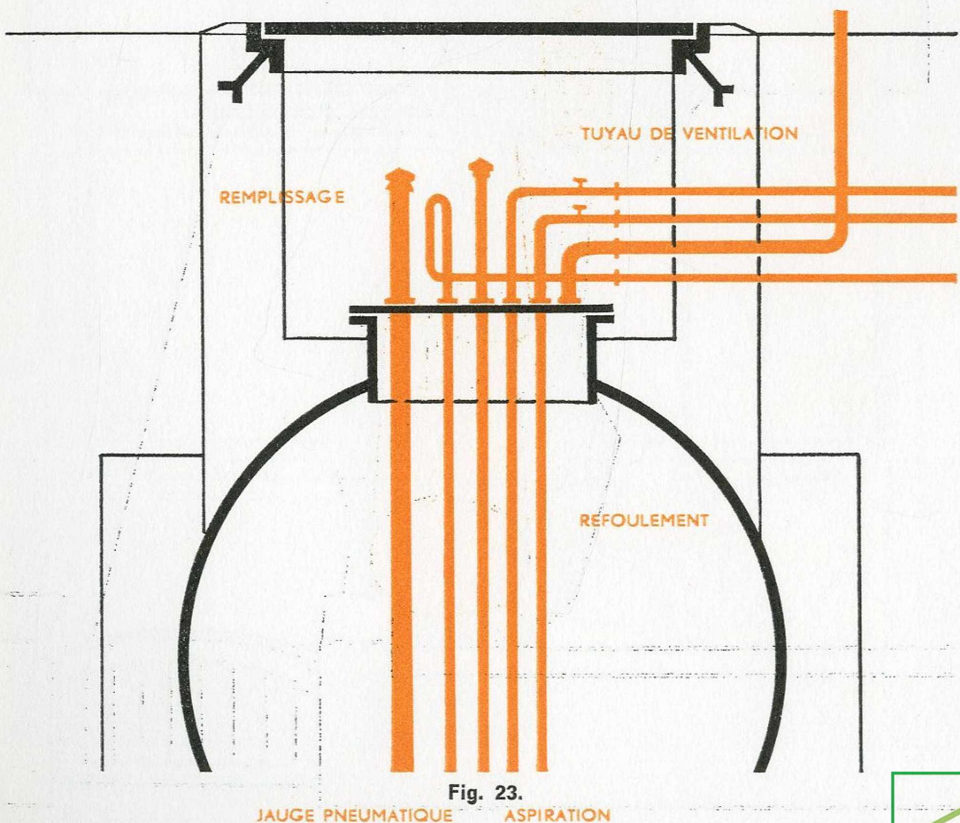
Fig. 21.

A. RESERVOIRS DE STOCKAGE ET TUYAUTERIES (fig. 23).

L'emmagasinement du combustible se fait dans des réservoirs, placés de préférence dans une pièce spéciale ou même enterrés à l'extérieur.

Il est recommandé de les prévoir suffisamment grands pour permettre de stocker le contenu d'une partie de camion, plus un volant de quelques jours, indispensable à la sécurité de l'exploitation.

Ces réservoirs de stockage seront munis d'un trou d'homme, sur lequel sont raccordés les tuyauteries de remplissage (normalement 50 mm de diamètre intérieur), de ventilation, d'aspiration du mazout vers le brûleur et de retour du mazout du brûleur vers le réservoir. La tuyauterie d'aspiration du brûleur plongera jusqu'à environ 10 cm du fond du réservoir et sera munie à son extrémité d'un clapet de retenue (fig. 24).



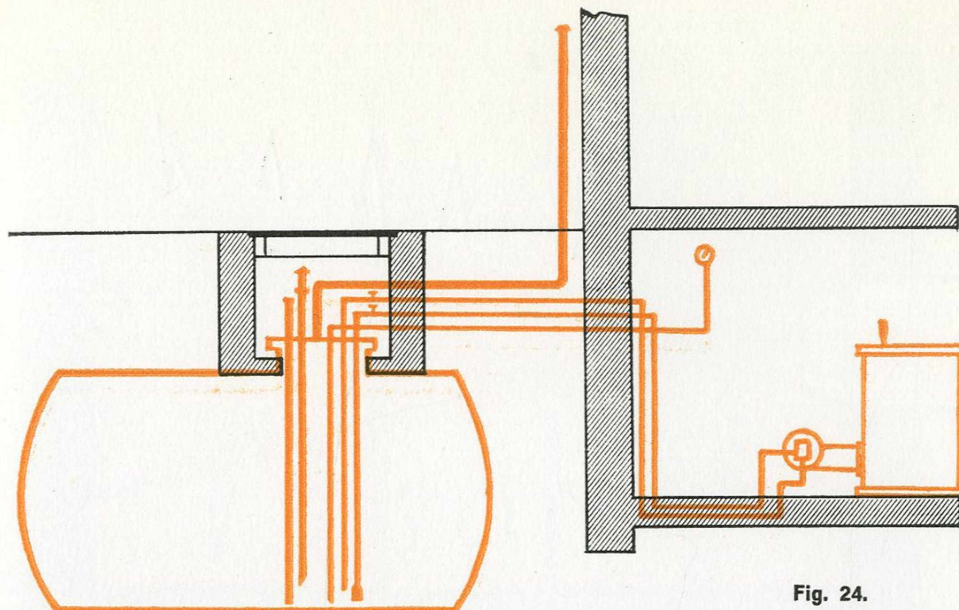


Fig. 24.

En ce qui concerne les réservoirs placés à l'intérieur d'un local, la même disposition des tuyauteries est à prévoir et il est à conseiller de prévoir en outre, une tuyauterie de purge placée au point le plus bas du réservoir. Le trou d'homme devra être d'un accès facile et d'un diamètre suffisant (50 à 60 cm), pour permettre l'accès à l'intérieur du réservoir. En effet, il est bon de procéder au nettoyage de celui-ci chaque fois qu'il aura reçu une quantité de combustible égale à environ 30 à 40 fois sa capacité.

Le réservoir est, de surcroît, muni généralement d'un indicateur de niveau. Dans certaines installations, on prévoit le placement d'un sifflet raccordé au réservoir de façon à éviter les débordements durant le remplissage (fig. 25).

B. LE BRULEUR.

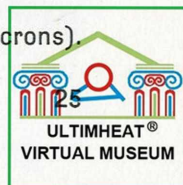
Pour brûler une huile combustible, on peut opérer de deux façons :

- 1) porter le combustible à haute température dans une atmosphère comburante.
- 2) porter le mélange combustible/air comburant à haute température.

Ce dernier procédé fait appel à l'utilisation des brûleurs qui sont généralement utilisés pour le chauffage domestique.

Grâce à ces brûleurs, dits à pulvérisation mécanique, on transforme l'huile combustible en très fines gouttelettes. La chaleur dégagée par l'étincelle d'allumage ou le rayonnement par la flamme et le briquetage provoque la distillation en surface des gouttelettes (fig. 26). Les gaz formés s'éloignent de leur point d'origine et quand ils sont mélangés à une quantité d'air suffisante, ils brûlent (fig. 27).

Ces gouttelettes de liquide ont un diamètre très petit (de l'ordre de 20 microns).



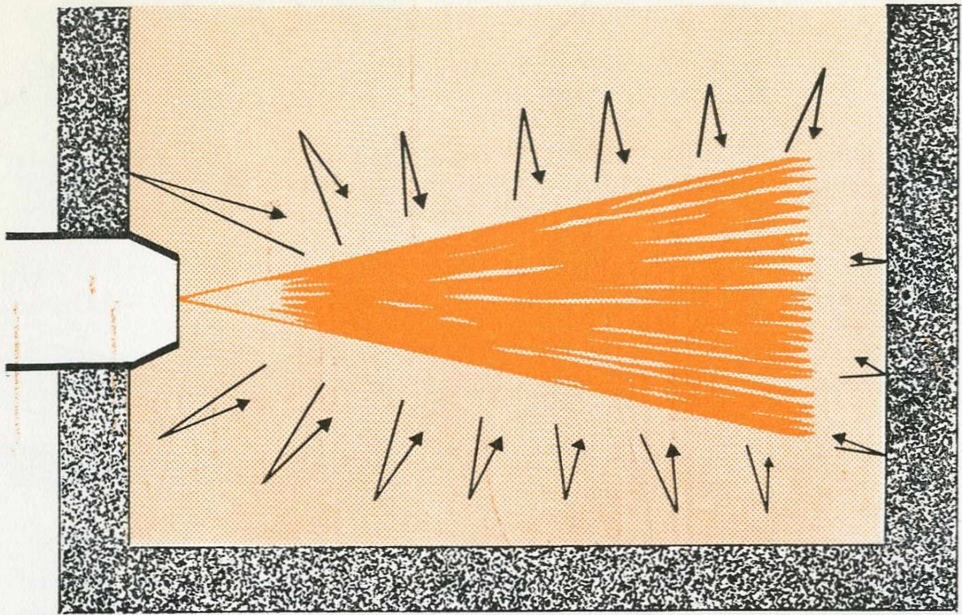


Fig. 26.

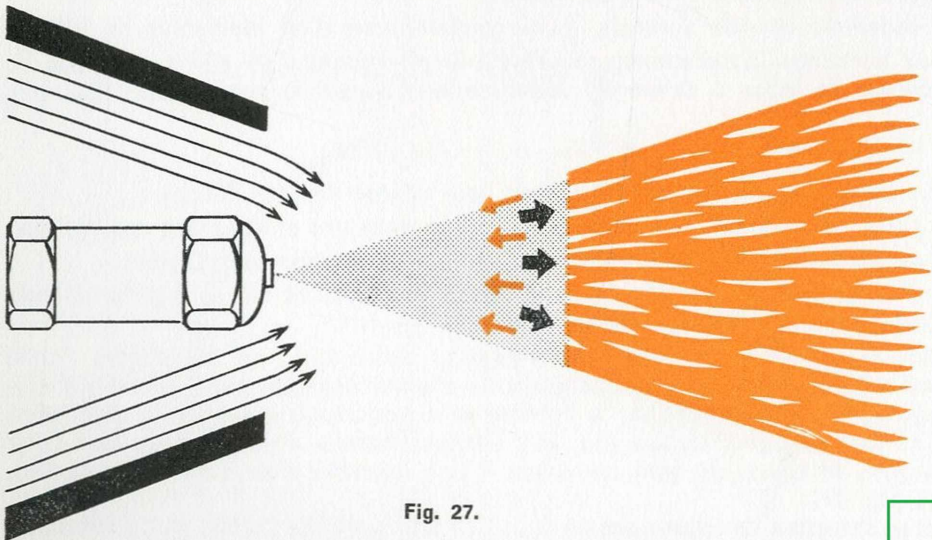


Fig. 27.

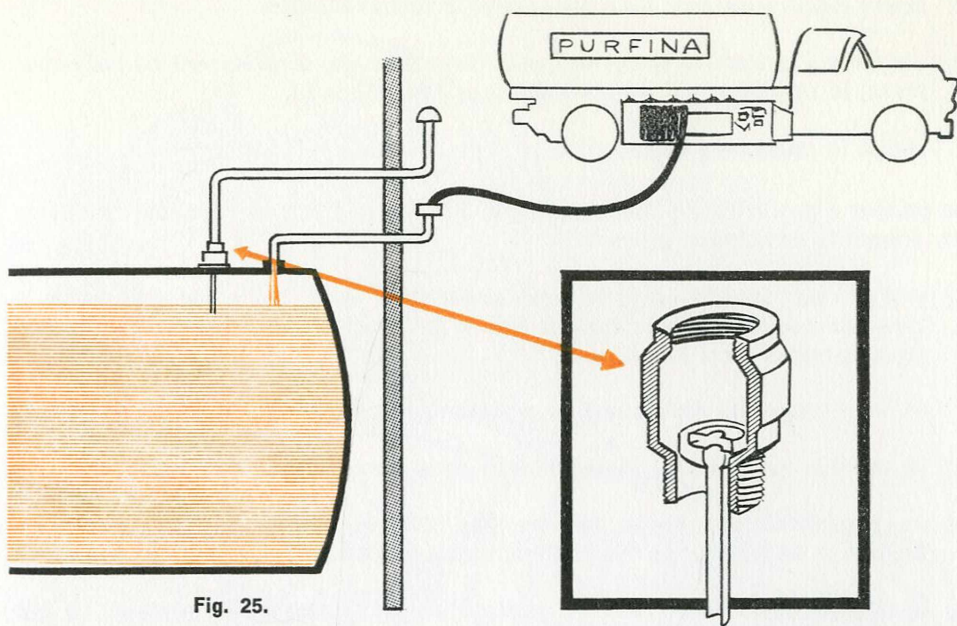


Fig. 25.

Une fois l'arc électrique d'allumage arrêté, la combustion du mazout se poursuit sous l'effet du rayonnement de la flamme et du briquetage, comme nous le disions plus haut.

Pour obtenir une combustion complète, il faudra qu'une pulvérisation régulière et qu'un mélange intime d'huile combustible/air soit réalisé.

Le choix du type de gicleur et la forme de la tête de combustion permettent entr'autres d'arriver à ce résultat.

La chaleur dégagée par la flamme devra être transmise au fluide appelé à circuler dans l'installation, et ceci dans les meilleures conditions possibles. Cette transmission de chaleur se fera de deux façons :

1. Conduction et convection.

Les produits de combustion devant céder leur chaleur sensible aux éléments de la chaudière avec une efficacité maximum, il faudra que les dimensions des différents éléments soient prévues en conséquence.

2. Rayonnement.

Le rayonnement se fera vers les éléments de la chaudière à partir :

a) de la flamme.

b) des surfaces incandescentes de la chaudière.

Il faudra donc donner à la flamme la surface maximum et augmenter les surfaces rayonnantes (on termine à cet effet la chambre par un mur réfractaire). Ce mur remplit d'ailleurs une seconde fonction : il empêche le refroidissement brusque de la flamme et la formation de produits de combustion incomplète.

Un brûleur aura donc pour mission :

1. assurer le mélange intime air-huile.

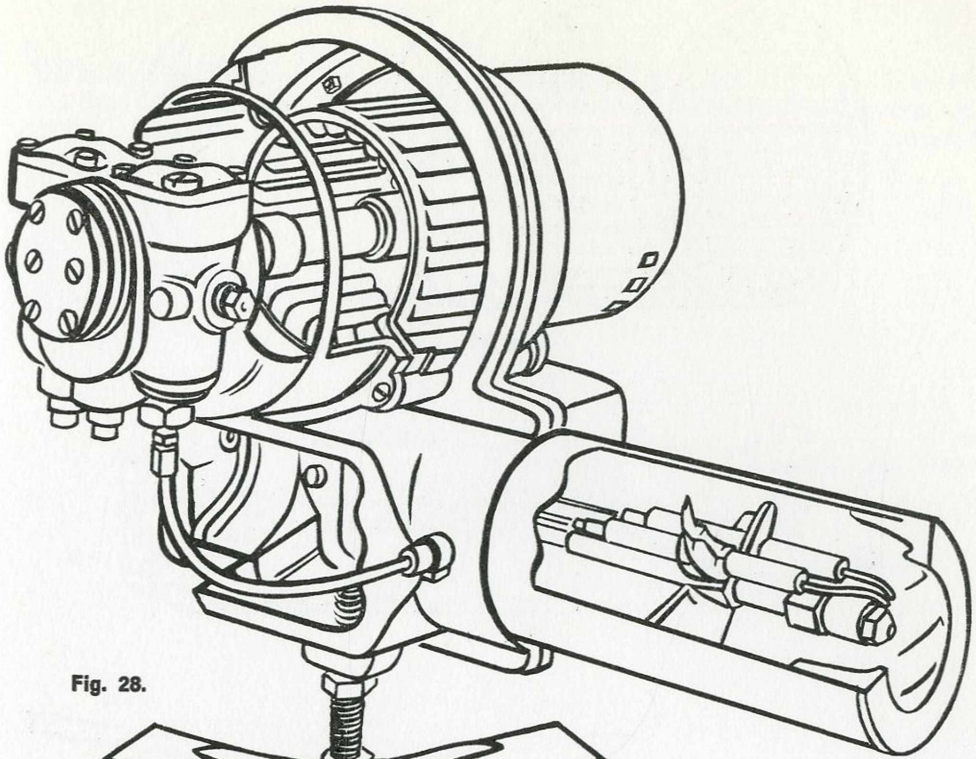


Fig. 28.

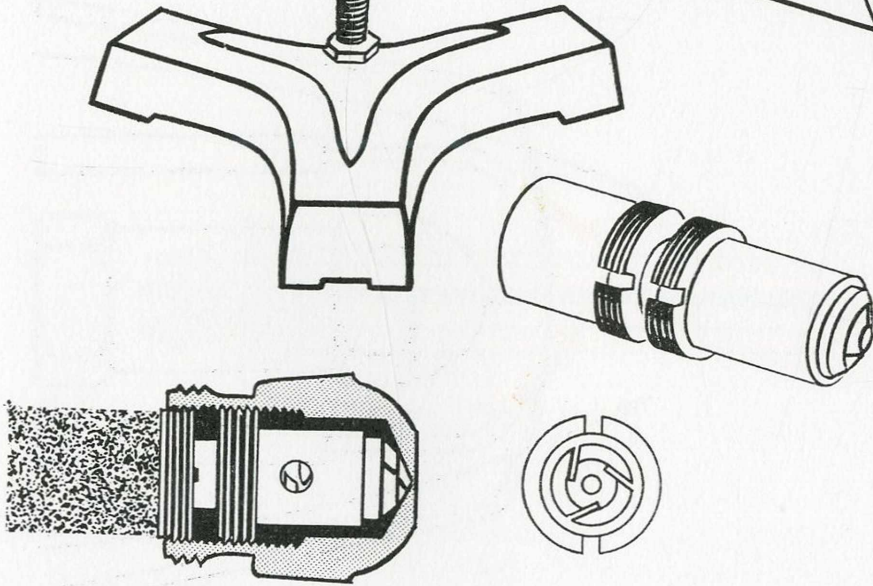


Fig. 29.

Fig. 30.

2. doser rigoureusement l'air nécessaire à la combustion.
3. conférer à la flamme la surface maximum donnant, directement ou indirectement, le maximum de transmission par rayonnement.
4. régler la puissance de chauffe.

Le brûleur à pulvérisation mécanique (fig. 28), de loin le plus répandu, comporte les éléments principaux suivants :

- 1) une pompe (dont la pression peut varier de 7 kg à 20 kg par cm^2 selon le type) qui aspire l'huile combustible dans le réservoir de stockage et la refoule sous pression vers le gicleur.
- 2) un ventilateur qui distribue l'air nécessaire à la combustion (fig. 31).
- 3) un moteur qui entraîne le ventilateur et la pompe.
- 4) un transformateur haute tension (fig. 33) qui alimente l'arc électrique destiné à enflammer le mazout à chaque démarrage.
- 5) la tête du brûleur (fig. 32) qui comporte principalement un gicleur. Le but de ce gicleur est de conférer à l'huile combustible une vitesse de déplacement élevée, de façon à obtenir une atomisation parfaite du produit.

Le gicleur (fig. 29) comprend différentes parties, à savoir : un filtre destiné à arrêter les particules qui pourraient obstruer l'orifice de sortie du gicleur. L'huile combustible arrive ensuite en présence d'une pièce munie de canaux tangentiels (fig. 30). Forcée de passer à travers ces canaux, l'huile combustible y acquiert une vitesse de déplacement importante et elle atteint ensuite une chambre de turbulence, de forme circulaire, et dont le diamètre diminue au fur et à mesure qu'on approche de l'orifice de sortie. L'huile combustible atteint à présent l'orifice de sortie du gicleur, animée d'un mouvement de rotation et à une vitesse pouvant atteindre 20 km/heure.

Elle se divise alors en petites gouttelettes et, à l'extérieur du gicleur, celles-ci rencontrent le jet d'air nécessaire à la combustion qui, lui également, est animé d'un mouvement de rotation, mais en sens contraire.

L'introduction de l'air par le tube extérieur a une très grande importance. En effet, pour obtenir une combustion parfaite, il est indispensable que chaque particule de mazout vaporisé soit entourée d'une quantité suffisante d'air. Or, on sait que deux fluides amenés à parcourir un même chemin tendent à se déplacer parallèlement en ne se mélangeant que grossièrement.

C'est pourquoi on attache une grande importance à la notion de « turbulence », imprimant un mouvement de rotation à l'air et au mazout.

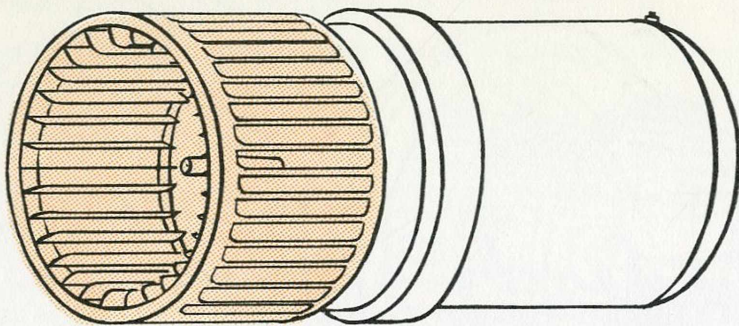


Fig. 31.

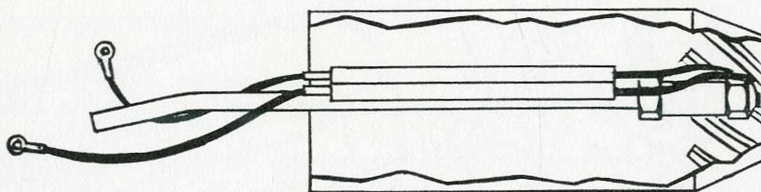


Fig. 31 A

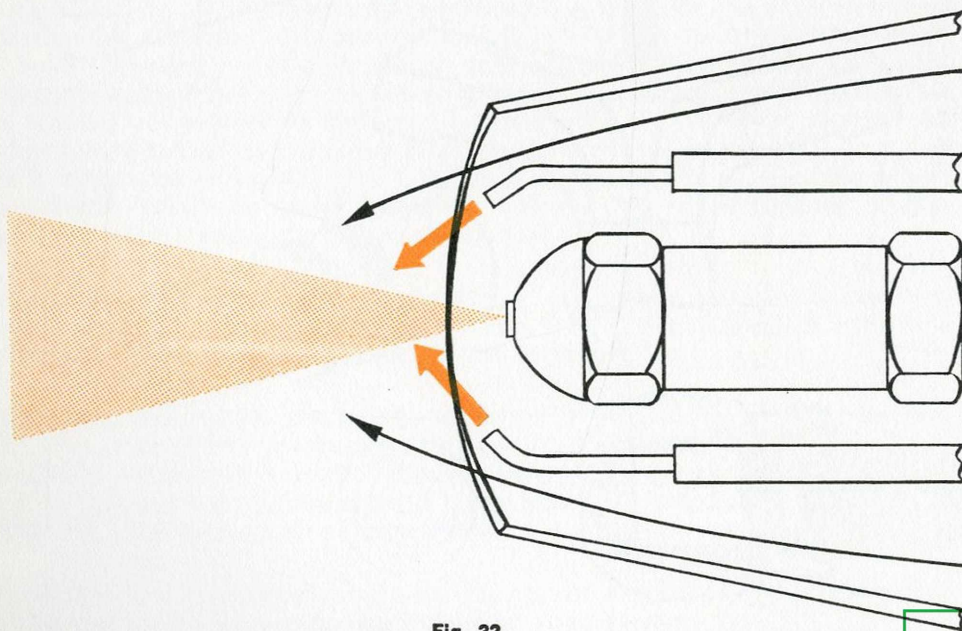


Fig. 32.

C. RECHAUFFEUR (fig. 39-40).

Dans les installations très importantes où l'utilisation des huiles les plus visqueuses est conseillée, du fait de leur prix bas, on utilise les réchauffeurs, soit à eau, soit à vapeur, soit électriques, pour amener le produit à une température telle que sa viscosité soit suffisamment basse et sa pulvérisation bonne.

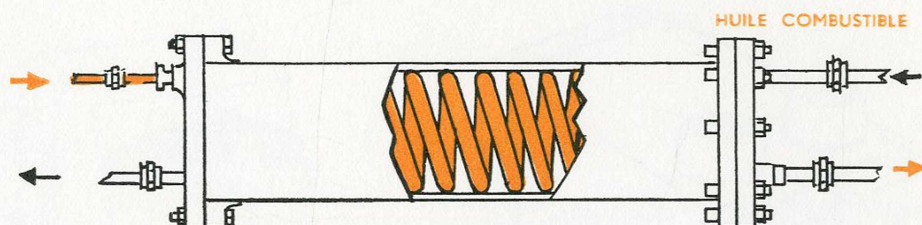


Fig. 39.

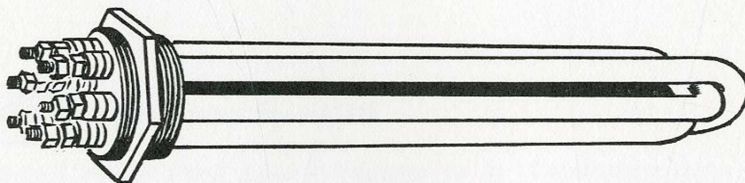


Fig. 40.

D. LES ORGANES DE CONTROLE ET DE SECURITE.

Les appareils de contrôle et de sécurité qui commandent le fonctionnement automatique du brûleur en fonction de la température et qui assurent sa mise hors service en cas d'incident peuvent être énumérés comme suit :

a) Thermostat de chaudière ou aquastat de chaudière (fig. 35).

Cet appareil limite automatiquement la température de l'eau se trouvant à la chaudière et évite que celle-ci puisse atteindre la température de 100° C, à laquelle l'ébullition se produirait.

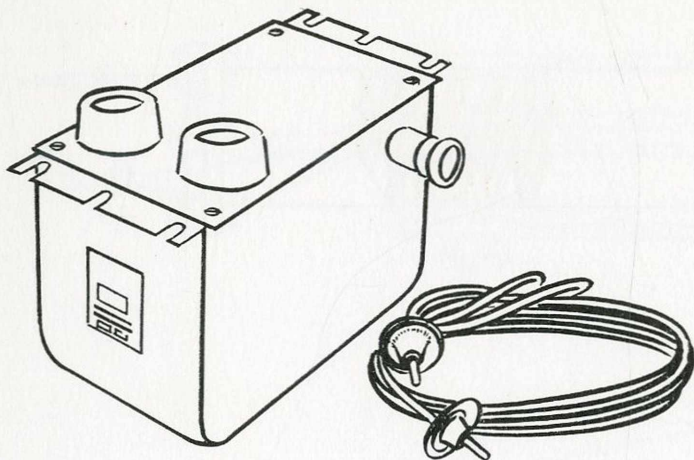


Fig. 33.

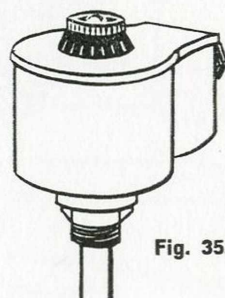


Fig. 35.

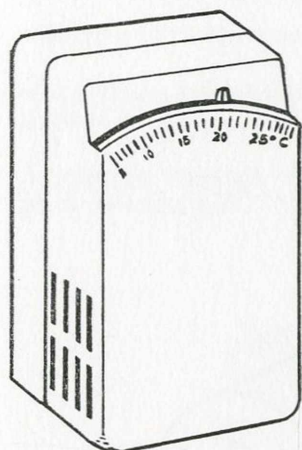
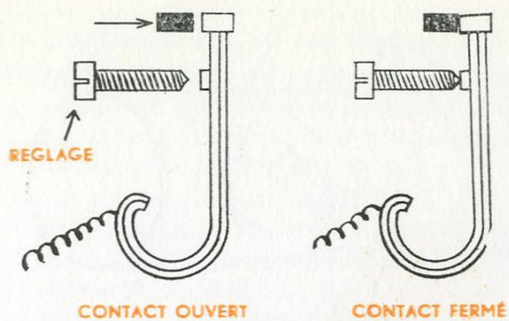


Fig. 36.

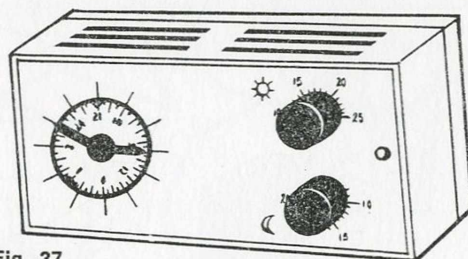


Fig. 37.

b) Thermostat d'ambiance (fig. 36-37).

Cet appareil est employé pour le réglage de la température dans les locaux. Il peut être du type simple ou du type combiné avec une montre électrique permettant d'établir un programme de chauffage selon le moment de la journée.

Le choix de l'emplacement d'un thermostat d'ambiance est important. Il ne faut pas, en effet, qu'il soit trop rapproché d'une source de chaleur ou d'une source de froid telle que porte, fenêtre ou mur extérieur.

Fig. 38 A.

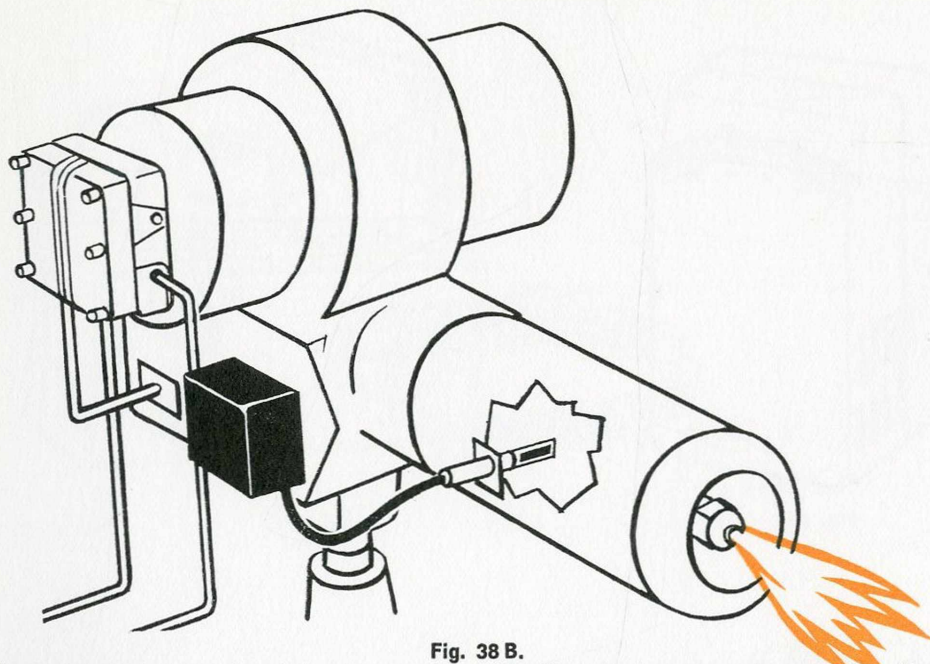
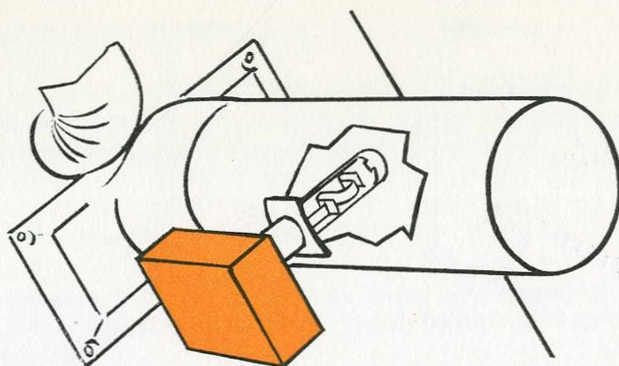


Fig. 38 B.

Les appareils de sécurité ont pour but d'arrêter le fonctionnement du brûleur dès qu'une anomalie se présente dans son fonctionnement.

Parmi eux, citons :

— **les pyrostats** (fig. 38A) qui se placent dans la cheminée et mettent les appareils hors service dès que la température des gaz provoquée par la combustion ne les influence plus. Si la flamme vient donc à s'arrêter pour une raison quelconque, le pyrostat mettra l'installation à l'arrêt.

— **les cellules photo-électriques** (fig. 38B) qui, elles, sont impressionnées par la lumière émise par la flamme. Lorsque cette lumière disparaît pour une raison quelconque, la cellule déclenche des relais électroniques qui mettent également l'installation à l'arrêt.

Mentionnons également un système simple qui permet de brûler les huiles combustibles et qui est spécialement utilisé dans les foyers individuels.

Il s'agit du système de combustion par vaporisation (Pot type Burner).

Ce brûleur est principalement constitué d'un pot de vaporisation percé de trous qui permettent l'arrivée d'air nécessaire à la combustion. Il comporte également une arrivée d'huile combustible.

L'huile combustible est dosée grâce à un régulateur à niveau constant qui se trouve placé sur la ligne d'alimentation. Le fonctionnement est très simple.

L'huile se vaporise sous l'effet de la chaleur provenant de la flamme qui a servi à l'allumage du poêle et les vapeurs se mélangent à l'air introduit dans le brûleur grâce au tirage extérieur ou à un tirage artificiel. Les flammes se manifestent à la surface de l'huile.

Depuis ces dernières années, le système à vaporisation comporte quelques perfectionnements intéressants, à savoir :

- 1) réglage automatique par thermostat.
- 2) alimentation automatique par pompe électrique, ce qui évite de remplir le réservoir.
- 3) distribution centrale d'huile combustible à différents foyers se trouvant dans un immeuble.

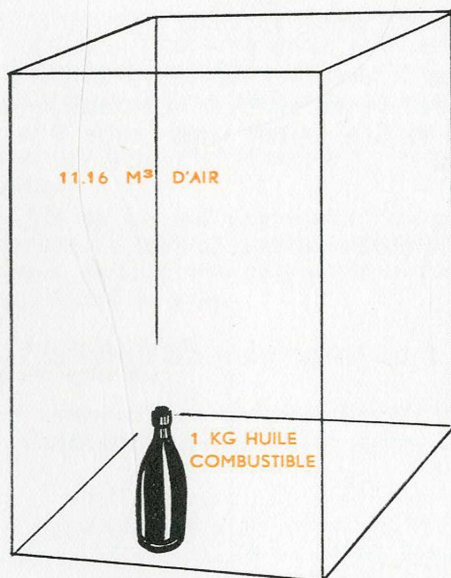


Fig. 39.

Chapitre IV.

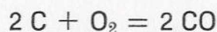
Fonctionnement du brûleur.

A. NOTIONS SUR LA COMBUSTION.

Disposant de l'appareillage nécessaire à la combustion des huiles combustibles, voyons, si vous le voulez, sommairement comment cette combustion se produit. La combustion est une réaction chimique entre l'oxygène de l'air et le carbone contenu dans le combustible.

En se combinant, ces corps forment de l'anhydride carbonique CO_2 et, ce qui est important, cette réaction dégage de la chaleur soit 8010 K/cal. par kg de carbone brûlé. La formule est $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$.

Si la quantité d'air injecté n'est pas suffisante pour brûler le carbone présent il y a, contrairement au cas précédent, formation d'oxyde de carbone (CO) selon la réaction.



avec également un dégagement de chaleur, mais beaucoup moindre que dans le cas précédent, soit 2380 K/cal. par kg de carbone.

Dans le cas des huiles combustibles, il faudra pour en brûler 1 kg, 14,6 m³ d'air (fig. 39).

En pratique, il faudra utiliser un certain excès d'air, variant entre 20 % et 30 %. Un excès d'air trop important devra être évité, car il provoquerait un refroidissement de la flamme et une chute de rendement de la combustion.

Le dosage correct de l'air est contrôlé par la mesure de la teneur en CO_2 des fumées, cette teneur en CO_2 devant varier entre 9 % et 12 % pour une installation bien réglée.

Nous donnons ci-après un tableau des teneurs en CO_2 et des pertes à la cheminée correspondant à différents excès d'air.

Excès d'air en %	CO_2 en %	Pertes dans les gaz de fumées pour une température d'évacuation de :	
		150° C	250° C
0	15,2	11,6	15,5
20 %	12,55	12,21	16,8
40 %	10,68	13	18,25

B. LA FLAMME.

L'aspect de la flamme doit être orangé et légèrement rougeâtre aux extrémités. Une flamme trop blanche serait l'indice d'un excès d'air important.

Une flamme bien réglée doit emplir le plus complètement possible la chambre de combustion. Il faut néanmoins éviter qu'elle s'écrase sur les parois de la chambre ou sur les briques réfractaires de la chambre de combustion.

Dans certaines installations, on assiste parfois au décollement de la flamme.

Causes de ce décollement :

1. Mélange du combustible mal réalisé ou très irrégulier.
2. Mauvaise pulvérisation.
3. Tirage insuffisant, irrégulier et chaufferie mal ventilée.
4. Mauvais briquetage qui ne rayonne pas suffisamment sur le jet de mazout dès sa sortie du gicleur.

On peut y apporter remède soit en réglant la position du gicleur par rapport à la tête de combustion soit en augmentant la pression de pulvérisation ou en faisant placer un accroche flamme sur le brûleur.

LES FUMÉES.

La fumée contient toujours de l'anhydride carbonique. Ce gaz, comme nous l'avons vu, se produit toujours au cours d'une combustion.

Elle contient également une proportion variable d'oxyde de carbone, suivant la qualité de la combustion.

De plus, si la combustion n'est pas correcte, on constate la présence dans la fumée d'imbrûlés gazeux, de particules de goudron et de particules de carbone, qui se présentent sous forme de suie.

Il y aura d'autant plus de fumée que la combustion sera mauvaise.

Le problème de la suppression de la fumée dépend donc de l'amélioration de la combustion, c'est-à-dire, dosage d'air correct, choix judicieux des combustibles, etc...

En dehors du souci d'économie, il y a des raisons d'hygiène pour qu'on essaie de supprimer la fumée au maximum. Comme nous l'avons dit antérieurement, une combustion incomplète provoquera la formation d'oxyde de carbone qui, comme on le sait, est un gaz éminemment toxique. De plus, les particules de carbone imbrûlées répandues dans l'atmosphère provoquent une pollution non négligeable de celle-ci.



Dans une installation fonctionnant normalement et bien réglée, les fumées doivent être à peine visibles à la sortie de la cheminée (fig. 42).

Une fumée trop importante indiquerait une déficience d'air (fig. 40). Une absence complète de fumée indiquerait, au contraire, un grand excès d'air (fig. 41).

Le contrôle de la combustion se fait en analysant les gaz à la sortie de la chaudière. Ces gaz se composent entre autres d'anhydride carbonique (CO_2), d'anhydride sulfureux, d'oxygène, d'azote et de vapeur d'eau.

Le dosage de la teneur en anhydride carbonique (CO_2), comme dit plus haut, permet de constater si la combustion est bonne ou mauvaise. Il doit se situer, rappelons le, entre 9 % et 12 %.

Parmi d'autres facteurs susceptibles d'engendrer la fumée, nous citerons :

- modification d'un des deux facteurs du rapport air-combustible.
- diminution du tirage.
- pulvérisation défectueuse.
- défaut de répartition de l'air.
- contact du jet pulvérisé avec les parois de la chambre de combustion.

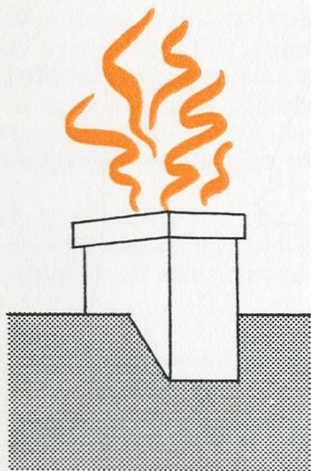


Fig. 40.

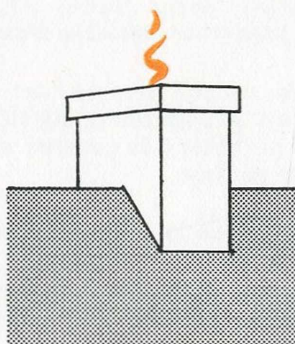


Fig. 41.

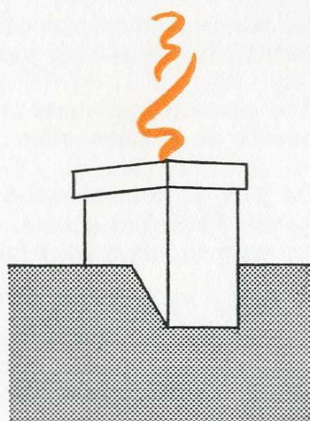


Fig. 42.

La mesure de l'intensité des fumées se fait avec un appareil dénommé « smoke meter » à l'aide duquel on prélève un échantillon de gaz qui est refoulé sur un papier filtre.

La coloration de la tache est comparée à une échelle arbitraire (fig. 44).

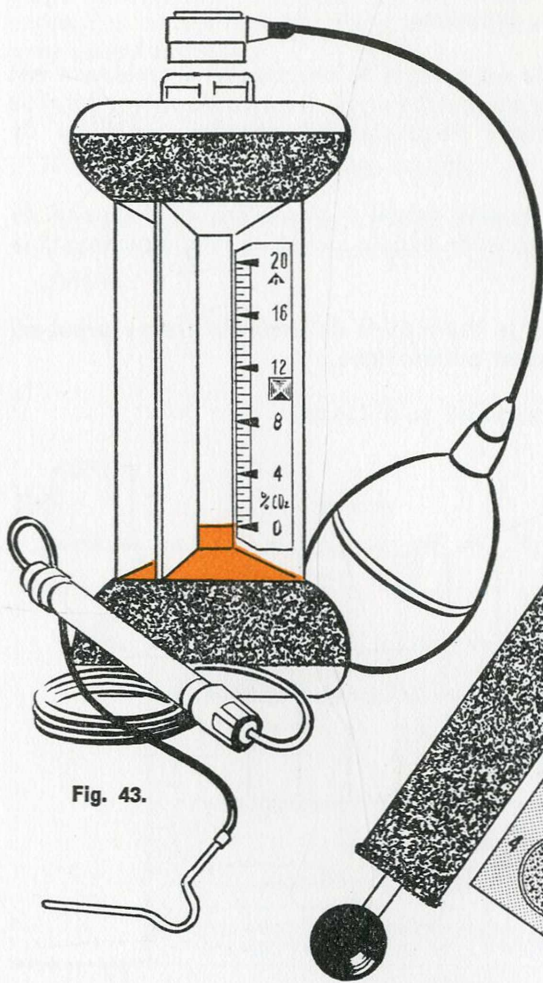


Fig. 43.

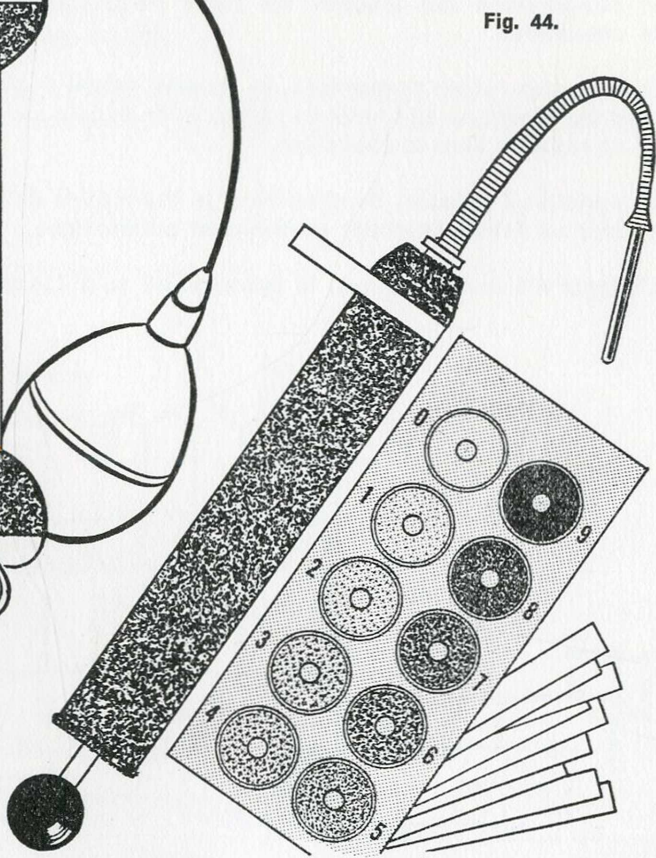


Fig. 44.

D. FONCTIONNEMENT (fig. 45).

Dès le moment où nous enclenchons le disjoncteur, un déclic se fait entendre dans le relais de contrôle ce qui se traduit par l'enclenchement du brûleur.

L'arc électrique qui éclate entre les électrodes est produit par un courant à haute tension (± 10.000 volts) provenant du transformateur qui se trouve généralement placé sur le brûleur.

Une fois la flamme apparue, l'étincelle électrique disparaît et le mélange huile combustible-air continue à brûler de lui-même.

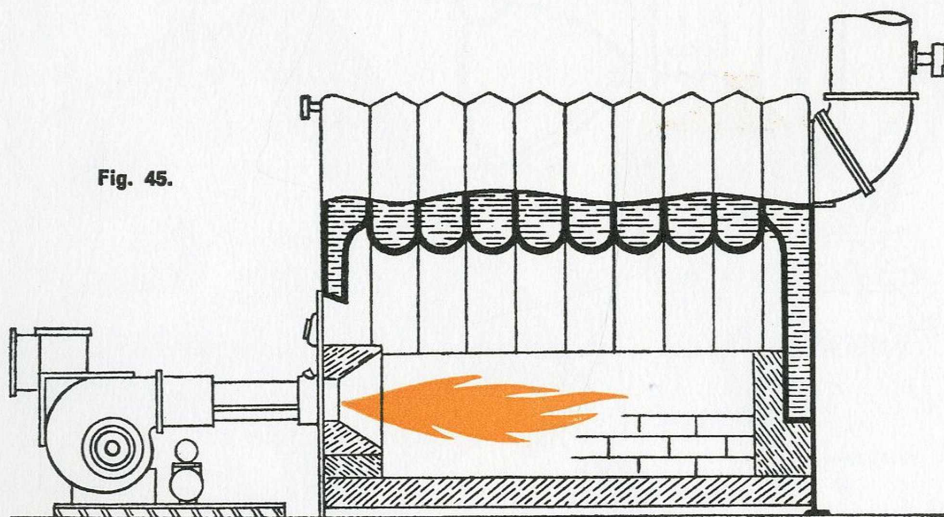
Lorsque la température sur laquelle on a réglé le thermostat d'ambiance est atteinte, automatiquement le brûleur se met à l'arrêt. Il en va de même lorsque la température sur laquelle est réglé l'aquastat est atteinte par l'eau de la chaudière.

Si pour une raison déterminée, la flamme venait à s'éteindre, le dispositif de contrôle provoquerait l'arrêt de l'installation évitant ainsi que l'huile combustible ne se répande dans la chaudière.

Le pyrostat, l'aquastat de chaudière, le thermostat de température assurent au brûleur un fonctionnement entièrement automatique.

L'utilisateur n'a donc qu'à fixer la température qu'il désire.

Fig. 45.



Chapitre V.

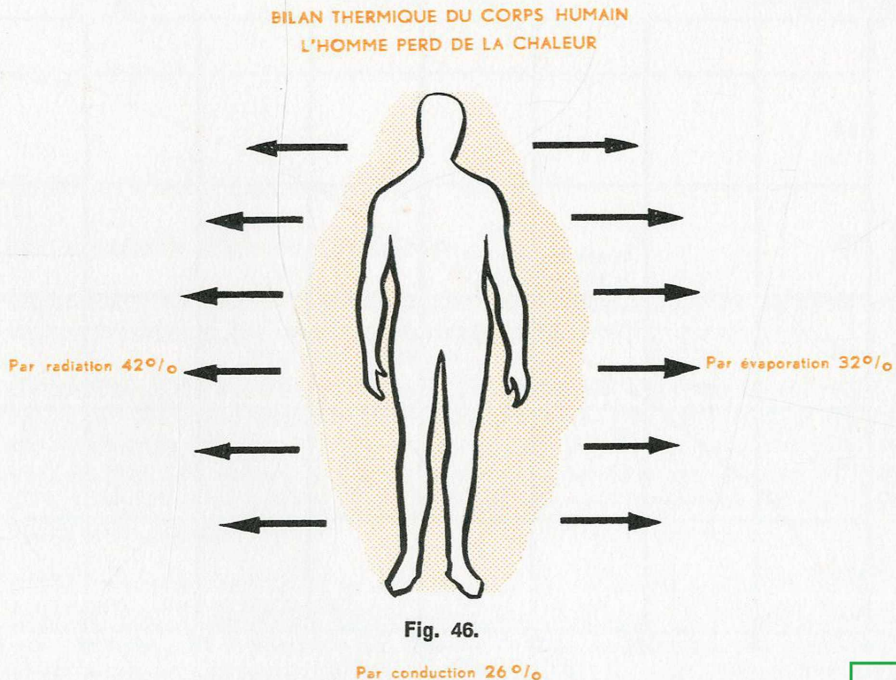
Le confort thermique.

La notion de « confort thermique » est en réalité une conception négative caractérisée par l'absence de certaines réactions physiologiques désagréables telles que frisson, transpiration, etc... qui traduisent l'intervention de divers processus régulateurs destinés à maintenir la température du corps humain à sa valeur normale.

Il existe quatre systèmes régulateurs de base pour ce contrôle thermique.

1. Contrôle de l'énergie mise en jeu

par les besoins alimentaires qui sont fonctions de l'activité, par le frisson qui est une dépense musculaire provoquant la libération d'énergie thermique.



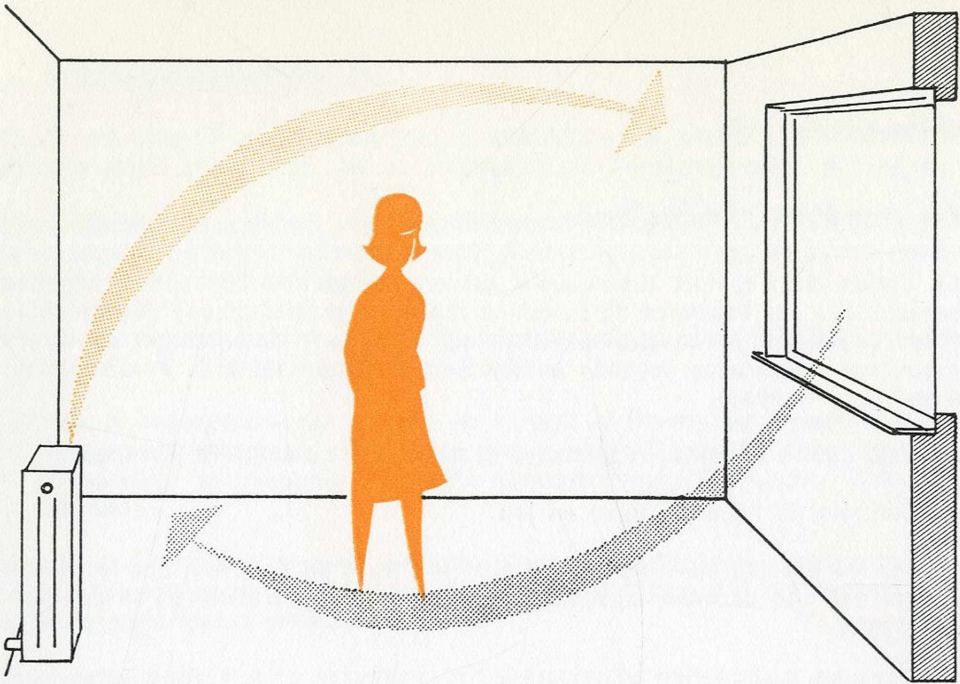
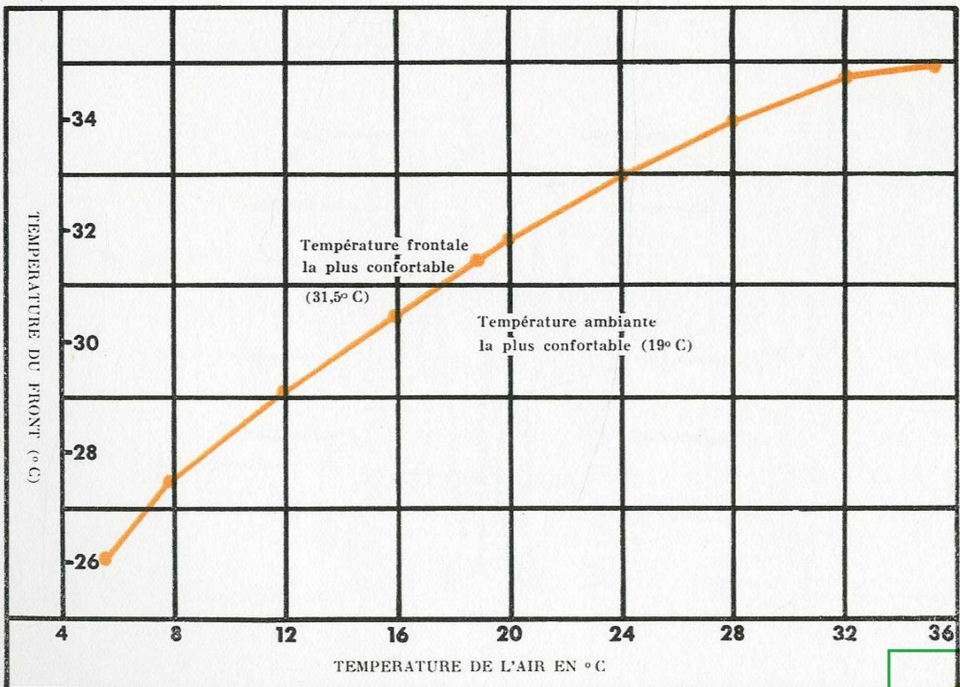


Fig. 48.

Fig. 47.



Température du front en fonction de la température de l'air en atmosphère calme.

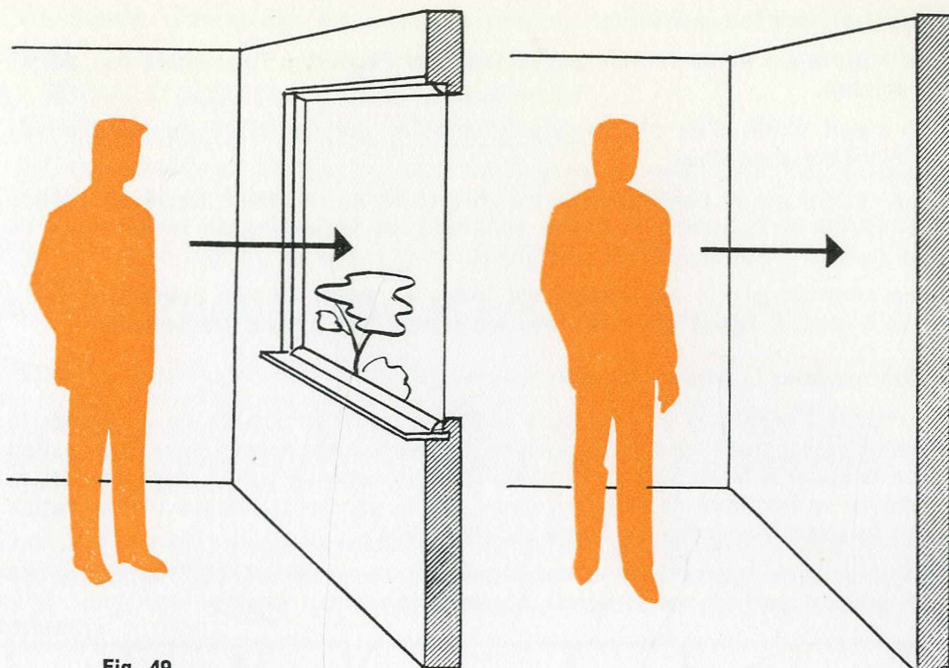


Fig. 49.

2. Contrôle de la chaleur dissipée (fig. 46)

par le corps humain vers l'ambiance.

Ce contrôle est obtenu par une variation de température de la peau, elle-même provoquée par une irrigation sanguine plus ou moins active.

L'importance du contrôle thermique par émission de chaleur est mise en relief par la courbe donnant la température de la peau en fonction de celle de l'ambiance (cf. fig. 47). On constate qu'à 35° C, les deux températures sont égales. Les échanges par conduction deviennent impossibles et l'équilibre thermique ne pourra être maintenu que par l'intervention d'un autre système régulateur.

Si l'air est en mouvement (fig. 48), toutes autres choses égales d'ailleurs, on constate que les échanges par transmission de chaleur vers l'ambiance sont relativement peu importants. La vitesse de l'air ne joue un rôle notable que si la température est inférieure à 30° C. A 35° C, elle n'apportera aucun changement dans la température de la peau.

3. Contrôle par la respiration.

L'importance de ce facteur est minime par rapport à l'ensemble des autres facteurs.

Il s'agit plutôt d'un phénomène accessoire qui contribue au maintien de l'équilibre thermique.

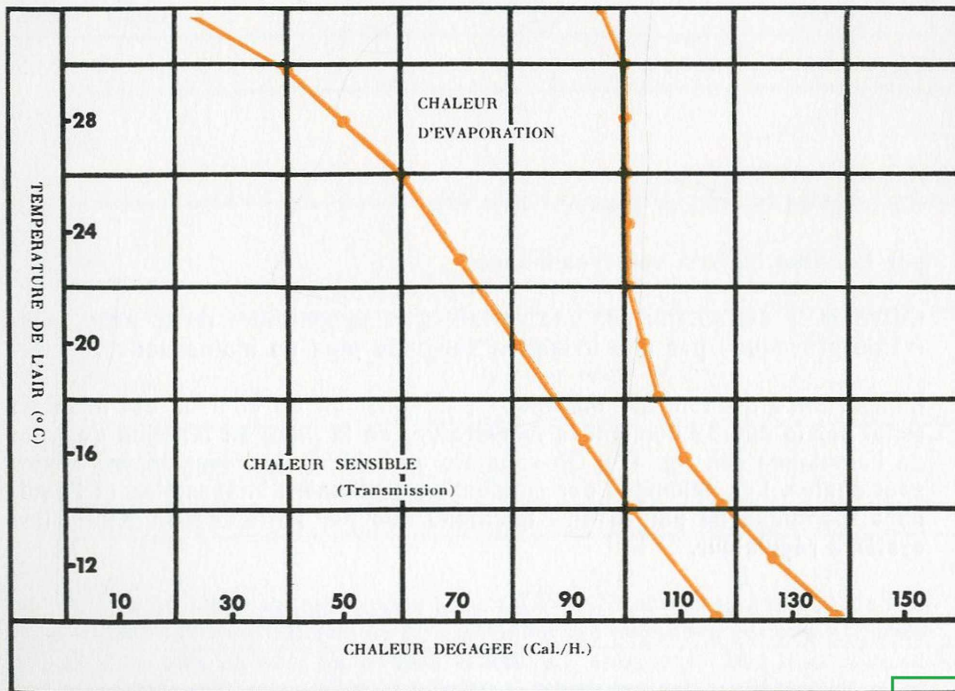
Le rythme de la respiration est d'ailleurs lié à l'intensité de la circulation sanguine et agit dans le même sens que les variations de température de la peau.

Le contrôle par la respiration est faible au point de vue quantitatif. Dans les bilans, il figure souvent dans les pertes par simple transmission.

4. Contrôle par la transpiration.

Lorsque l'ensemble des facteurs précédents est incapable de maintenir la température dans les limites voulues, le contrôle est assuré par l'évaporation de la sueur à la surface de la peau. Dans le contrôle par la transpiration, la teneur en humidité de l'air doit être considérée, car la vitesse d'évaporation de la sueur dépendra du degré de saturation.

Si le degré hygrométrique est maintenu entre 30 et 60, l'influence de l'humidité de l'air est toutefois négligeable.



Dégagement de chaleur par le corps humain, par heure, en fonction de la température ambiante.

Fig. 50.

L'importance relative des échanges calorifiques dans leurs 2 formes prédominantes :

1. Chaleur dégagée par le corps + respiration
 2. Chaleur dégagée par évaporation de la sueur
- a été représentée graphiquement pour un homme au repos dans l'air immobile (fig. 50). La quantité totale de chaleur perdue est voisine de 100 kg cal./1 heure.

Pour un travail moyen, on admet que ces chiffres atteignent 200 à 250 kg cal./1 heure.

Pour un travail dur, ils atteignent 400 à 500 kg cal./1 heure.

Signalons d'autre part que, suivant les saisons, les individus s'adaptent plus ou moins aux conditions extérieures et s'accommodent ainsi des pertes calorifiques qui s'écartent quelque peu de celles constatées à d'autres saisons. Les chiffres et courbes donnés ne doivent donc être considérés que comme des indications moyennes.

Enfin, si l'on tient compte du rayonnement (fig. 49), la température de la peau ne suivra plus exactement les lois que nous avons énoncées. Le rayonnement du corps vers des surfaces froides s'ajoutera aux pertes calorifiques vers l'air ambiant.

Pour une même température de l'air ambiant, la température de la peau sera plus basse et la quantité de chaleur dégagée plus importante.

C'est ainsi qu'en plein hiver, il y aura lieu de prévoir, dans les locaux, une température plus élevée qu'au printemps ou à l'automne : la température des murs plus basse favorise les pertes par rayonnement.

Pour obtenir un confort optimum par le chauffage, il faut donc tenir compte :

1. De la température cutanée donnant la sensation la plus confortable.
Celle-ci va dépendre du climat et de la saison.
En première approximation, on peut la poser égale à 31,5° C, ce qui, pour un homme au repos et en l'absence de rayonnement, correspond à 19° C dans l'air immobile.
Cette température va dépendre également de l'activité exercée dans la pièce. Pour un homme exécutant un travail modéré, on admet généralement une température de l'air ambiant de 15° C.
Pour un homme exécutant un travail lourd, ce chiffre est ramené à 10 ou 11° C.
2. De la température des parois environnantes.
Si cette température est relativement basse, la part du rayonnement peut devenir appréciable et nécessite en contre-partie une augmentation de la température de l'air ambiant.
Le chauffage par rayonnement agit de manière tout à fait opposée.



3. De la vitesse de l'air.

La vitesse de l'air exercera une action plus ou moins importante suivant la température de celui-ci.

Si la température ambiante est inférieure à 18° C, il faudra 10 % à 15 % de chaleur supplémentaire pour maintenir la sensation de confort avec un courant d'air de 1 m/sec.

Au-delà de 18° C, cette influence diminue.

A 30° C, elle est très faible.

A 35° C, elle est pratiquement nulle.

4. De l'état hygrométrique de l'air.

Il faut maintenir celui-ci entre 30 % et 60 % sous peine de voir la sensation de confort disparaître.

L'importance de la teneur en eau augmente avec l'élévation de la température (la transpiration devient l'élément régulateur prépondérant).

Exception faite du chauffage par rayonnement où le facteur (2) devient important et permet une réduction sensible de la température ambiante, le facteur (1) est généralement prépondérant et peut être seul retenu dans les cas pratiques habituels.

C'est seulement lorsque la température extérieure est fort basse que la température des parois peut diminuer au point de donner au facteur (2) une importance sensible.

Chapitre VI.

Construction adéquate.(fig. 51).

Les caractéristiques de construction des immeubles jouent un rôle important dans la consommation de combustibles.

La chaleur fournie par une installation de chauffage n'a d'autre but que de compenser les pertes calorifiques du bâtiment vers l'extérieur.

Les pertes par transmission calorifique sont régies par une loi exprimée dans la formule :

$$Q = k S (t_1 - t_2)$$

Ceci signifie que la quantité de chaleur transmise Q est proportionnelle à la surface d'échange S et à la différence de température $(t_1 - t_2)$ entre les milieux. Le coefficient de proportionnalité k dépend des matériaux utilisés.

La chaleur peut également se transmettre par l'entremise d'un rayonnement, tel que celui du soleil. La loi de transmission est assez différente et la nature des surfaces joue un rôle prépondérant.

L'isolement thermique le plus élevé, qui semble a priori la solution idéale, ne convient pas lorsqu'un appoint peut être temporairement obtenu de l'extérieur, par exemple par le rayonnement solaire ou lorsque la température extérieure dépasse la température intérieure (ce cas se rencontre quelquefois à la mi-saison entre 14 et 16 h.).

Il ne peut, de plus, être réalisé que dans certaines limites, à cause de la nécessité de ventiler les locaux.

Ainsi la construction idéale devrait posséder des parois dont l'isolement varierait suivant les circonstances. Une telle construction n'est pas réalisable économiquement.

Seule une solution intermédiaire donnant le bilan le plus favorable pourra être retenue.



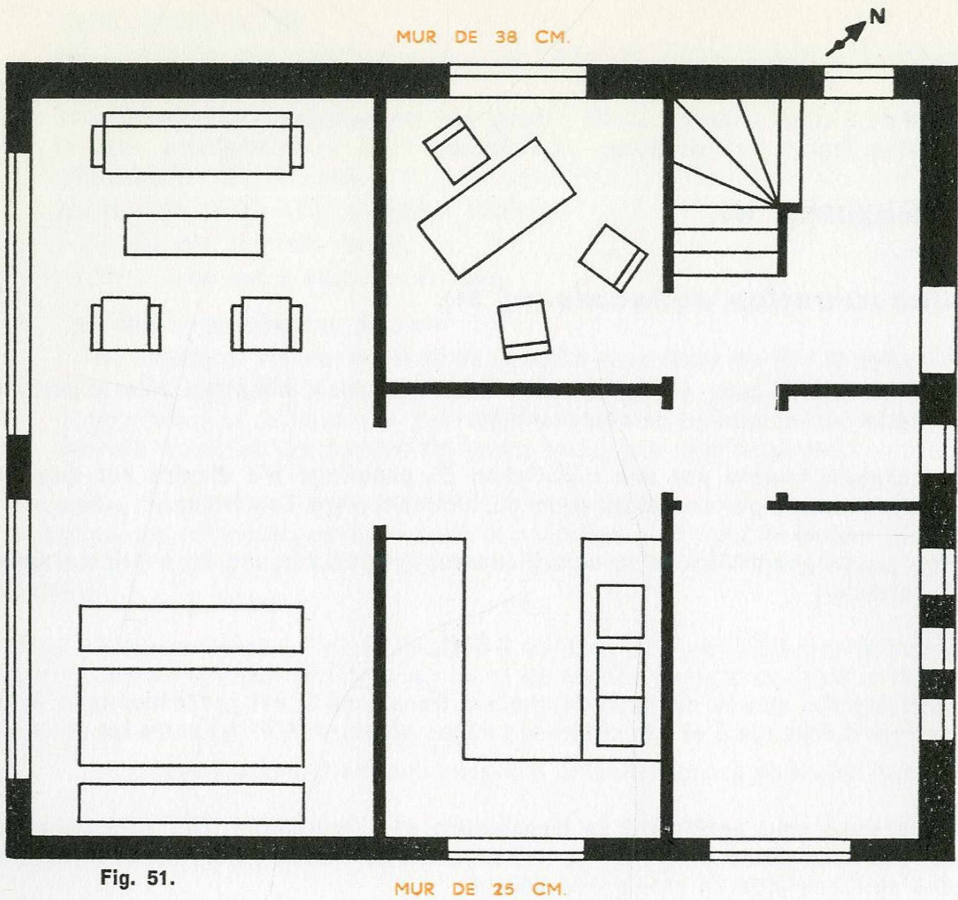


Fig. 51.

MUR DE 25 CM.

Une telle solution consiste par exemple à construire des parois extérieures à fort pouvoir isolant (fig. 52) et à utiliser l'énergie du rayonnement solaire en réalisant des parois intérieures, capables d'accumuler en peu de temps une grande quantité du rayonnement pénétrant par les baies vitrées.

Dans un tel cas, on doit cependant prévoir un moyen de limiter au besoin la pénétration du rayonnement solaire afin d'éviter que des surchauffes ne se produisent à la belle saison.

L'isolement thermique optimum est obtenu par le recours à certains matériaux particuliers. On trouvera ci-après les coefficients de transmission calorifique de quelques-uns des matériaux les plus courants en construction. L'isolement est d'autant meilleur que ce coefficient est petit.

Matériaux	Murs de		
	0,12 m	0,25 m	0,51 m
Briques	2,5	1,7	1,09
Béton	2,9	2,2	1,44
Maçonnerie (avec couche d'air de 5 à 12 cm)	—	1,38	0,93
Maçonnerie (avec couche d'air et couche de liège sur la paroi interne)	0,61	0,55	0,46
COEFFICIENT GLOBAL DE TRANSMISSION en cal./m ² .			

La capacité d'accumulation varie d'après les matériaux (suivant leur chaleur spécifique); elle est proportionnelle à leur masse. Les chaleurs spécifiques des différents matériaux de construction sont en fait assez proches.

Le pouvoir d'absorption est avant tout lié à la nature de la surface. Les surfaces claires et réfléchissantes offrent un pouvoir d'absorption réduit. La limitation de la pénétration du rayonnement solaire est aisément obtenue par l'usage de persiennes, celles-ci gagnent beaucoup en efficacité si elles sont placées à l'extérieur.

Examinons maintenant le cas du chauffage intermittent ou plus simplement le cas de l'adoption d'un régime ralenti au cours de la nuit.



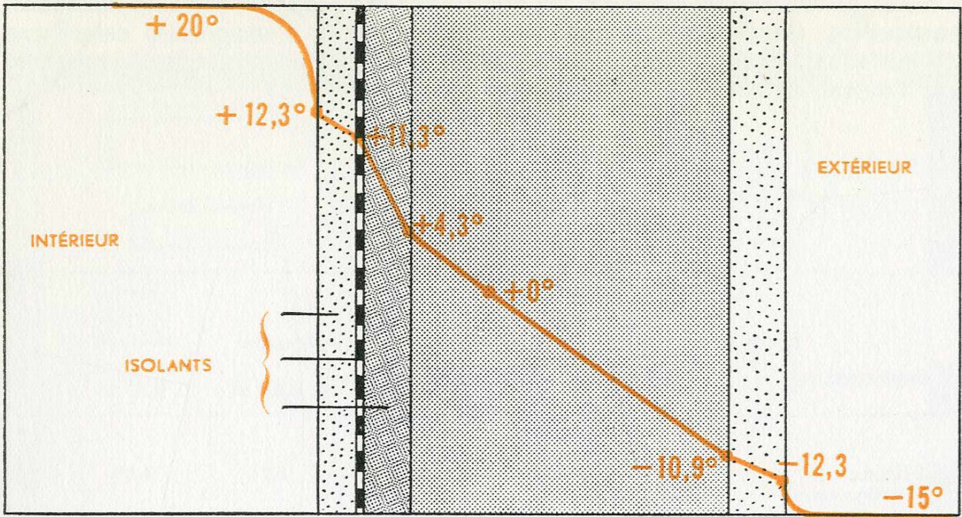


Fig. 52.

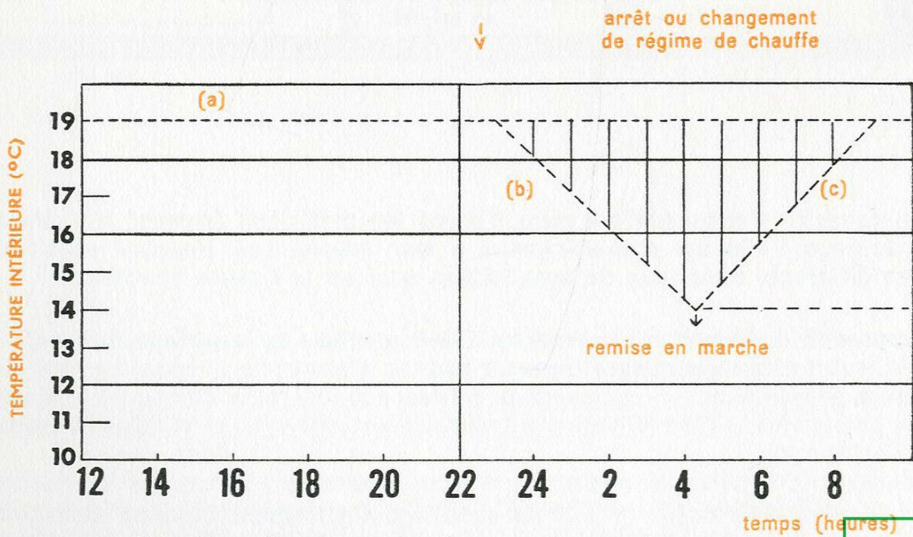


Fig. 53. — Température des locaux en fonction du temps.

Les calories économisées par rapport au chauffage continu sont proportionnelles à l'aire hachurée, toutes autres choses égales d'ailleurs (fig. 53).

L'allure de la courbe (b) dépend de la température extérieure, du pouvoir isolant des parois extérieures et de l'inertie thermique du bâtiment; (c) dépend non seulement de ces trois facteurs mais du régime de chauffe adopté.

Lorsque la température extérieure est basse, les pertes calorifiques sont sensiblement plus importantes ainsi que le montre la formule donnée au début du chapitre. Les 2 courbes (b) et (c) s'éloignent de l'horizontale. L'économie due à l'arrêt momentané est d'autant plus importante que la température extérieure est basse.

L'augmentation du pouvoir isolant, c'est-à-dire la diminution du coefficient de transmission calorifique, tend à rapprocher les courbes (b) et (c) de l'horizontale.

Les pertes en régime conduisent à un bilan favorable, mais l'économie due au chauffage intermittent est peu importante, quelquefois même négligeable, exception faite des périodes de grands froids.

L'augmentation de l'inertie thermique (ou masse thermique) entraîne elle aussi un relèvement de ces courbes et une économie peu importante.

L'intensification du régime de chauffe provoque des effets opposés : abaissement de la courbe c vers la verticale, mais diminution du rendement de la chaudière.

On voit finalement que l'économie du régime intermittent sera optimum pour des températures extérieures basses et des masses thermiques faibles.

Pour ne pas perdre le bénéfice de l'accumulation de l'énergie solaire par les parois internes, on a suggéré en cas de chauffage intermittent de limiter les masses thermiques aux endroits atteints par le rayonnement.

Deux types particuliers de doubles murs ont aussi été conçus pour obtenir une économie optima dans les conditions de régime continu et de régime intermittent pour une même épaisseur et un même pouvoir isolant (fig. 54).

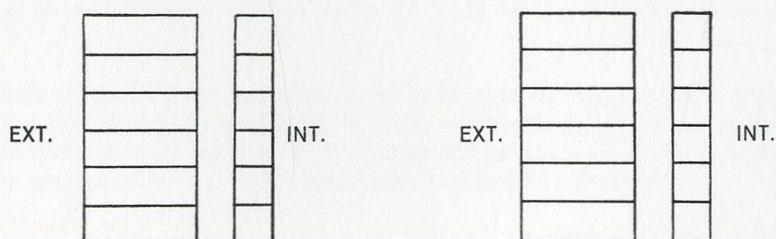


Fig. 54. — Conformation optimale des murs extérieurs, pour une même épaisseur totale et un même coefficient de transmission calorifique global.

A gauche : Régime continu.

A droite : Régime intermittent.



Rappelons enfin que des considérations étrangères à celles du chauffage idéal régissent la construction des immeubles : ainsi l'épaisseur des parois présente une valeur minimum pour des raisons de résistance des matériaux. De même l'isolation acoustique impose certains matériaux et en fixe l'épaisseur.

Chapitre VII.

Utilisation économique.

Pour évaluer la quantité de chaleur nécessaire pour chauffer un endroit donné, il faut connaître la valeur des pertes calorifiques; celles-ci lui sont évidemment égales.

Le chapitre précédent a montré que les pertes calorifiques sont linéairement proportionnelles au temps et à la différence de température avec l'extérieur. En fait, lorsque la température extérieure reste inférieure à la température intérieure, l'inertie thermique du bâtiment est suffisante pour atténuer les effets des variations journalières qui peuvent être négligées en adoptant une valeur moyenne.

Pour établir cette valeur moyenne, il faut connaître l'allure de courbes représentant les variations journalières de la température. Ces courbes sont sinusoïdales, le maximum se situant entre 14 h. et 16 h., le minimum au lever du soleil.

Leur étude a permis de calculer avec précision la température moyenne à partir des températures mesurées à trois moments de la journée. La simple moyenne entre le maximum et le minimum donne une valeur de la température moyenne un peu moins précise mais habituellement suffisante.

Connaissant la température moyenne externe et la température désirée à l'intérieur, les pertes calorifiques journalières y devront être calculées si l'on connaît la valeur de la perte journalière par degrés de différence. Les pertes calorifiques peuvent être mesurées empiriquement ou évaluées à partir des coefficients de transmission des matériaux utilisés.



La température intérieure dépend du bâtiment considéré. Quatre catégories ont été proposées.

Catégorie	Température à maintenir à l'intérieur
A. Hôpitaux Serres chaudes	21° C
B. Habitations particulières Hôtels	19° C
C. Usines Eglises	12° C
D. Garages Serres froides	5° C

Pour établir journellement la quantité de chaleur à fournir, on multiplie la déperdition moyenne par jour et par °C par la différence entre la température intérieure et cette température moyenne extérieure.

Par convention, on a appelé cette dernière différence le « nombre de degrés-jours ». Pour évaluer la chaleur à fournir au cours d'une période donnée, il suffit donc de faire la somme des degrés-jours étendue à cette période, et de multiplier le résultat par la déperdition moyenne par jour et par °C, mesurée ou évaluée.

Pour chacune des 4 catégories citées, le service climatologique de l'Institut Royal Météorologique Belge a établi, d'après les moyennes des relations établies depuis 50 ans.

1. Les dates moyennes de début et de fin de chauffage.
2. Le nombre de degrés-jours.

On a pu déduire de ces chiffres que la consommation de combustible se répartissait comme suit en Belgique :

1 % en septembre	16,9 % en février
6,5 % en octobre	14,2 % en mars
14,2 % en novembre	8,4 % en avril
18,4 % en décembre	2 % en mai
18,4 % en janvier	

La connaissance des degrés-jours a plusieurs applications courantes parmi lesquelles nous signalerons :

- la détermination approximative des consommations sans mesure directe de celle-ci (utilisée pour le réapprovisionnement systématique).
- le contrôle du rendement global de l'installation (le rapport $\frac{\text{Consommation}}{\text{Degrés-jours}}$ doit être constant).

Lorsque l'on connaît la valeur annuelle moyenne des degrés-jours, des mesures de consommation portant sur une durée réduite permettent d'évaluer la consommation annuelle.



Chapitre VIII.

Avantages particuliers que présentent l'utilisation des huiles combustibles.

Les combustibles liquides offrent un grand nombre d'avantages qui les font souvent préférer aux combustibles solides dans les installations de chauffage central.

1. Manutention et stockage sans intervention manuelle directe.
2. Combustion sans déchets.
3. Pouvoir calorifique élevé.
4. Souplesse de mise en œuvre.

1. SUPPRESSION DE MANUTENTION.

L'utilisation des huiles combustibles élimine totalement les manutentions salissantes et les corvées de déchargement bien connues des possesseurs de chaudières au charbon.

L'approvisionnement se fait sans intervention manuelle directe et, dans certains cas (système degrés-jours), sans que l'utilisateur aie à commander son réapprovisionnement.

De plus, les quantités fournies sont rigoureusement exactes, bon nombre de camions distributeurs étant équipés de compteurs de passage de haute précision (fig. 55).

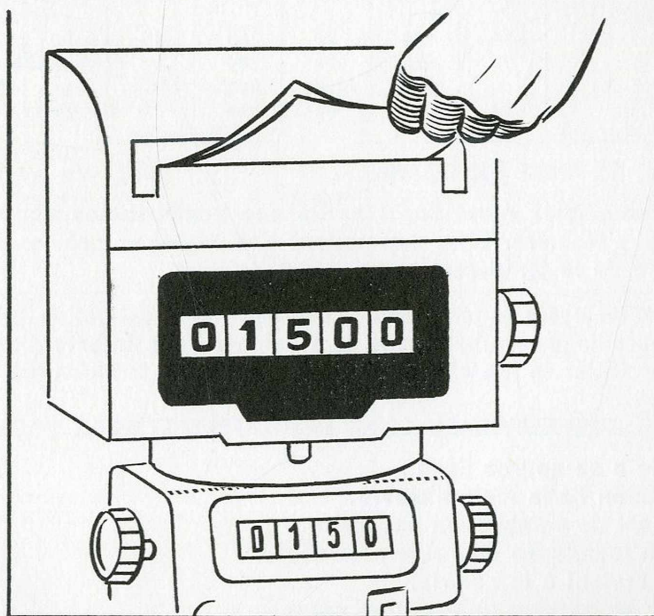


Fig. 55.

2. HAUT POUVOIR CALORIFIQUE.

Le pouvoir calorifique des huiles combustibles est élevé comparativement aux autres produits.

1. Pouvoir calorifique.

Combustible	Pouvoir calorifique	
	Supérieur P _{sv}	Inférieur P _{ip}
Gasoil	9050 kcal/l	8550 kcal/l
Fuel oil léger	9200 kcal/l	8700 kcal/l
Gaz	4000 kcal/m ³ payé	3600 kcal/m ³ payé à 15° C
Anthracite	7750 kcal/kg	7500 kcal/kg
Coke		6500 kcal/kg
Electricité	860 kcal/kWh	

2. Rendement d'exploitation de la chaudière sur la période de chauffage.

Puissance calorifique de la chaudière en kcal/h	7.500	15.000	35.000	60.000	200.000
---	-------	--------	--------	--------	---------

		Spéc.	Adapt.	Spéc.	Adapt.	Spéc.	Adapt.	
Gaz	80 %	80	75	80	75	80	75	
Mazout	75	75	72	80	75	80	80	82
Charbon	68	Auto.	Manu.	Auto.	Manu.	Auto.	Manu.	Auto.
		72	68	75	70	75	70	80

(Documentation CEDICOL)

3. SOUPLESSE DE MISE EN ŒUVRE.

Les huiles combustibles n'ont pas l'inertie des combustibles solides longs à s'allumer ou à s'éteindre. Elles permettent des réglages précis ainsi qu'une variation rapide de la température.

La possibilité d'un cycle automatique d'allumage et d'extinction permet aussi d'arrêter l'appareillage régulièrement et à volonté sans intervention manuelle. On peut même régler la marche du brûleur d'après la température extérieure.

4. LES HUILES COMBUSTIBLES SONT DES COMBUSTIBLES ECONOMIQUES.

Cette économie a sa source dans :

- La suppression de la main-d'œuvre.
- Le rendement de combustion excellent.
- L'utilisation judicieuse de l'automatisme.
- Le prix de revient à la calorie.
- Un pouvoir calorifique constant et garanti.



Nous donnons ci-dessous à titre indicatif les prix comparés d'utilisation des différents combustibles.

Exemple : Coût d'une saison de chauffage pour une chaudière spéciale 35.000 kcal/h à Bruxelles, prix des tarifs.

	Gaz de ville	Anthracite		Gasoil	Fuel léger
		Manuel	Automat		
Coût installation	30.000	26.000	37.000	35.000	35.000
Stockage inclus pour anthracite et combustibles liquides				(réservoirs enfouis)	
Consom. annuelle en m ³ , kg, litre, kWh	12.700	6.950	6.500	5.300	5.300
Prix unitaire	1,50	2,50	1,95	2,40	1,93
Coût annuel combustible de qualité en rapport avec les tableaux ci-dessous	19.050	17.375	12.675	12.720	10.229
Frais entretien	—	400	400	1.200	1.200
Frais fonctionnement	—	—	240	530	530
Frais d'exploitation	19.050	17.775	13.315	14.450	11.959
Amortissement (10 ans + intérêt 6 % sur 1/2 capital)	3.900	3.380	4.810	4.550	4.550
TOTAL	22.950	21.155	18.125	19.000	16.509

(Documentation CEDICOL)
1962





**Nos techniciens sont à votre disposition
pour tout renseignement ou aide technique.**

PURFINA S.A.

Service Applications Produits

1963



