

TRAVAUX PRATIQUES

Banc d'essais de chaudière à tubes d'eau

L'objectif de la manipulation : déterminer le rendement d'une chaudière à basse pression.

1. Description générale d'une chaudière

Une chaudière est un appareil (voire une installation industrielle, selon sa puissance), permettant de transférer en continu de l'énergie thermique à un fluide caloporteur (le plus généralement de l'eau). L'énergie thermique transférée (source de chaleur) peut être soit la chaleur dégagée par la combustion (de charbon, de fioul, de gaz, de bois, de déchets, etc.), soit la chaleur contenue dans un autre fluide (chaudière de récupération sur gaz de combustion, sur gaz de procédés chimiques, chaudière "nucléaire" recevant la chaleur du circuit primaire...), soit encore d'autres sources de chaleur (chaudières électriques, par exemple).

Le fluide caloporteur peut être chauffé, vaporisé et surchauffé dans la chaudière.

2. La chaudière Wissmann

La chaudière Wissmann est une chaudière mixte pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire, voir figure 1,2 et 3. C'est une chaudière pédagogique à tubes d'eau. Sa plaque signalétique fournit les informations suivantes :

No.de série	7231473900647 NE-29
Puissance nominale absorbée	29-39
Tension nominale	AC 220 V
Pression de service maximale	3 Bar
Température d'eau de départ maximale	110 °C
Capacité eau de chauffage	104 litres
Fréquence nominale	50 Hz

Elle comprend principalement :

1. Un corps de chauffe ;
2. Un coupe tirage anti-refouleur incorporé ;
3. Un brûleur universel ;
4. Un support comportant plaque, robinetterie, bornier de connexion et une prise d'alimentation sous 220 V ;
5. Un tableau d'alimentation avec voyants lumineux de défaillance et autres indicateurs ;
6. Un panel de commande avec différents indicateurs : de pression (gaz et mazout), de température de la flamme, variateur de la vitesse du ventilateur d'excès d'air et témoin de manque d'eau.

La chaudière est composée de cinq circuits :

1. le circuit d'alimentation en gas-oil ;
2. le circuit d'alimentation en eau de la chaudière ;
3. le circuit d'alimentation en eau des hublots ;
4. le circuit d'extraction des fumées ;

5. le circuit électrique et le tableau de commande.

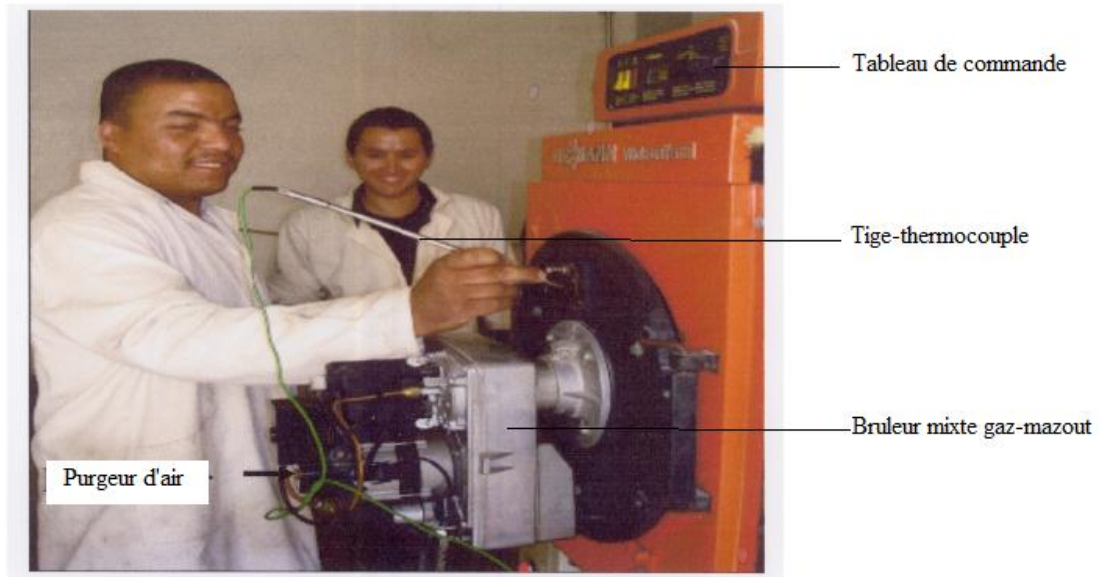


Figure 1- Détail du brûleur gaz-mazout

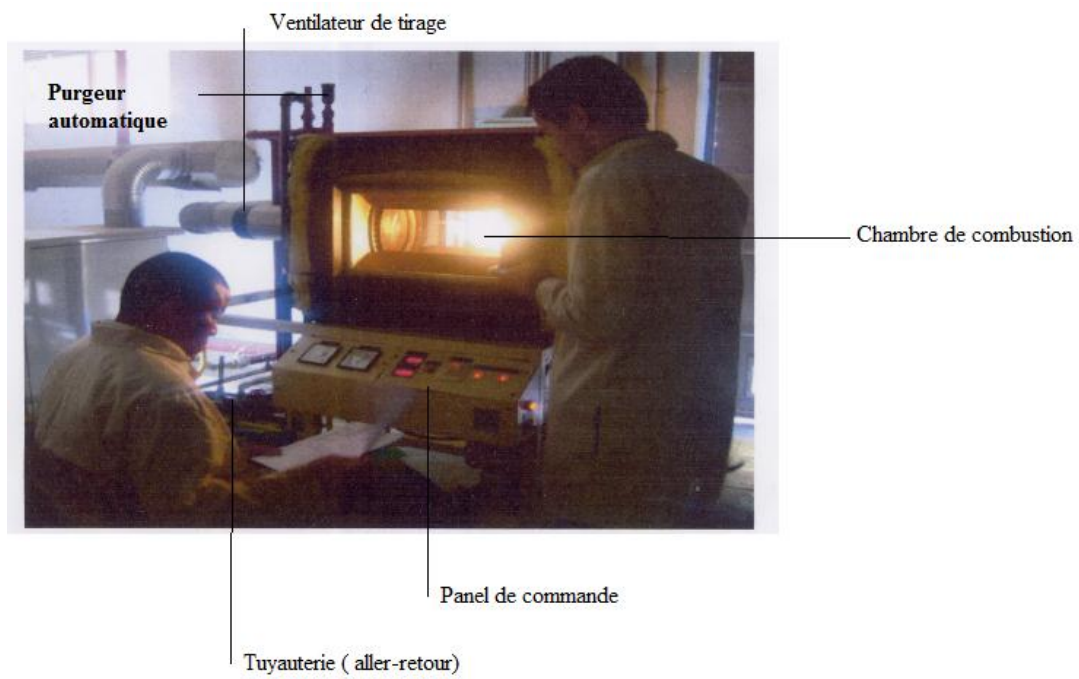


Figure 2. Vue de la chambre de combustion

3. Mode opératoire

Important : Avant toute mise en service de la chaudière s'assurer de la disponibilité de l'eau courante et que le réservoir à combustible est plein de mazout ;

1. Vérification visuelle de fuites éventuelles d'eau et de mazout ;
2. Mettre le banc d'essai sous tension de 220 V ;
3. Mettre la clef de contact sur la position « 1 », tous les voyants doivent s'allumer ;
4. Ouvrir la vanne d'alimentation des hublots, si le témoin de manque d'eau s'allume cela veut dire qu'il y a un manque d'eau dans la chaudière ;
5. Ouvrir les vannes retour de couleur bleue (eau froide) et aller de couleur rouge (eau chaude) ;
6. S'assurer du démarrage du ventilateur de tirage ;
7. Vérifier la pression du la pression du mazout, s'il elle est insuffisante purger le brûleur ;
8. S'assurer du préchauffage du combustible, la température doit dépasser 50 °C en mettant le bouton poussoir sur la position « 1 ».
9. Régler le thermostat sur une température maximale de 70 °C ;
10. Mettre le bouton poussoir pour l'allumage du brûleur sur la position « 1 » ;
11. Après un temps de balayage de l'air résiduel le brûleur démarre ;
12. En cas d'incident arrêter la chaudière en urgence en mettant la clef de contact sur « 0 ».

4. Mesures à effectuer

a) Première manipulation avec préchauffage du combustible

1. Mesurer le débit d'eau, la totalité de la graduation 100 % correspondant à 6000 l/h ;
2. Relever le débit du combustible (mazout) sur la plaque signalétique au niveau du brûleur ;
3. Placer le variateur de la vitesse du ventilateur de tirage sur la position de 20 % ;
4. Attendre environ dix minutes pour que le régime stationnaire s'établisse ;
5. Placer le thermocouple (tige de 50 cm) au milieu de la flamme, ensuite enregistrer la température chaque cinq minutes jusqu'à la température d'équilibre ;
6. Relever les températures d'entrée et de sortie de l'eau ;
7. Placer le variateur de vitesse sur 40% ensuite à 60 % ; 80% et 100 % et recommencer la procédure à partir du 4.

Tableau de mesures

Excès d'air $e = 20\%$; 40% ; 60% ; 80% et 100% .

Libellé	5 min	10 min	15 min	20 min
Mmaz				
Meau				
T _{2e}				
T _{2s}				
T _{flamme}				
Tmaz				
Pmaz				

5. Travail demandé

1. Expliquer en faisant un schéma le principe de fonctionnement d'un brûleur mixte gaz-mazout d'une chaudière à basse pression ;
2. A vous aidant de la bibliographie, donnez la composition centésimale du mazout commercialisé en Algérie ;
3. Calculer le pouvoir calorifique inférieur (P.C.I) du mazout en kcal/kg ; calculer le pouvoir comburivore V_a en Nm^3/kg ; calculer le pouvoir fumigène V_f en Nm^3/kg ;
4. Représenter graphiquement la variation de la température de la flamme en fonction du temps pour chaque valeur de l'excès d'air e ;
5. Représenter graphiquement la variation du rendement de la chaudière en fonction du temps pour chaque valeur de l'excès d'air e ;
6. Commenter vos résultats.

6. Théorie sommaire

Le problème de la chauffe industrielle consiste non seulement à réaliser la combustion complète d'un combustible dans les conditions aussi voisines que possible de la combustion neutre, mais aussi à utiliser au maximum la chaleur libérée par la combustion.

Le bilan thermique consiste à dresser des calories, d'une part de celles entrant dans l'appareil, et d'autre part de celles qui en sortent. Il permet le calcul du rendement et par la suite la comparaison d'appareils variés, ou de marches différentes relatives à un même appareil.

Le rendement thermique de la chaudière est :

$$\eta = \frac{\text{chaleur utile}}{\text{chaleur absorbée}} = \frac{Q_u}{Q_{abs}}$$

a) La chaleur utile constitue la quantité de chaleur absorbée par l'eau froide lors de son passage à l'intérieur de la chaudière :

$$Q_u = mC_p(T_{2s} - T_{2e}) \quad \text{W}$$

Où m : est le débit de l'eau (kg/s)

C_p : chaleur massique de l'eau (kcal/kg.°C)

b) La chaleur absorbée constitue la quantité de chaleur dégagée par la combustion d'une quantité déterminée de combustible (mazout) ou à partir de la formule de Stefan-Boltzmann :

$$Q_{abs} = m_{maz} I_p \quad \text{W}$$

Où m_{maz} : débit du mazout (kg/s)

I_p est le pouvoir calorifique inférieur (kcal : kg)

Le pouvoir calorifique à pression constante d'un combustible solide ou liquide à faible teneur en H et en O peut être calculé à l'aide de l'expression :

$$I = 8100c + 29000(h - o/8) + 2500s - 600w \quad (\text{kcal/kg})$$

