

Technologie des Eaux, Huiles
&
combustibles

Essais des combustibles et huiles

1 - Densité et masse volumique:

Masse volumique: c'est le rapport de la masse par le volume. La masse volumique des liquides et solides dépend de la température.

Densité: la densité d'une substance solide ou liquide à la température T en °C correspond au rapport de la masse volumique de cette substance prise à la température T à la masse volumique de l'eau pure à la température 4°C. Par définition la densité de l'eau à 4 °C est égale à 1.

$$d = \frac{\rho \text{ de la substance}}{\rho \text{ de l'eau}}$$

Les deux masses volumiques doivent être exprimées avec les mêmes unités; la densité d est sans unité.

En général, la température de référence adoptée pour les combustibles est 15°C.

➤ Mesure de la densité des produits pétroliers

Pour les mesures courantes, la méthode des densimètres est utilisée; ces densimètres plongés dans le liquide sont à lecture directe et étalonnés à 15 °C.

Quelques valeurs approximatives de densité de certains produits pétroliers:

- Essence 0.74 à 0.76
- Gas-oil 0.85 à 0.95
- Huiles 0.85 à 0.95
- Fuel-oil 0.90 à 1

➤ Cas des produits visqueux:

Les densimètres prennent des positions d'équilibre très approximatives et la mesure peut être erronée. Pour ajuster le résultat, on procède à la méthode de mélange:

- l'expérience a montré que le pouvoir calorifique varie en sens inverse avec la densité.
- La viscosité varie en général dans le même sens que la densité pour une même classe d'hydrocarbure.

Diluer un volume V du produit lourd de densité d à déterminer par un volume v d'un produit léger (essence par exemple) de densité connue d' . Le mélange prend une densité connue x dont le volume est $V+v$.

La conservation des masses permet d'écrire:

$$x(V+v) = dV + d'v$$

De la formule on peut tirer la relation suivante: $d = \frac{x(V+v) - d'v}{V}$

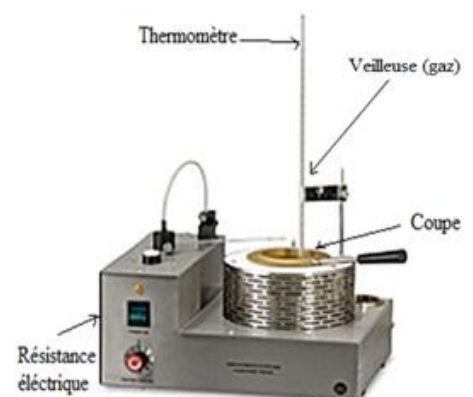
2. Mesure du point d'Eclair et point de feu (inflammabilité)

Point d'éclair: le point d'éclair correspond à la température maximale à laquelle on peut chauffer une huile ou un combustible sans risque d'incendie. Avant leur température d'ébullition, les produits pétroliers dégagent à leur surface de faibles quantités de vapeur. Celles-ci sont susceptibles de s'enflammer au voisinage d'une flamme.

Point de feu (ou de combustion): il exprime la température à laquelle l'hydrocarbure doit être porté pour que, après l'inflammation, la combustion se poursuive sur toute la surface du liquide pendant au moins cinq secondes. Il se détermine toujours en vase ouvert (que nous avons déjà vu dans la salle de Tp)

APPAREIL CLEVELAND (vase ouvert) : La mesure se fait en vase ouvert

- Le chauffage peut se faire électriquement ou avec le gaz.
- La veilleuse permet d'enflammer les vapeurs émises lors de des mesures.
- Le thermomètre permet de relever les températures.



Mode opératoire:

- Remplir la coupe avec le combustible ou l'huile;
- Procéder au réchauffement:
 - de la température ambiante jusqu'à 56 °C réchauffer à raison de 15°C/mn;
 - de 56 °C jusqu'à la température inférieure de 28 °C du point d'éclair présumé chauffer à raison de 6 à 7 °C/mn;
- Continuer ensuite le réchauffage à raison de 5 à 6 °C/mn jusqu'à l'inflammation et allumer la veilleuse. Balayer la surface du vase tous les 2°C;

➤ **Mesure du point d'Eclair (mode opératoire)**

Lorsqu'on chauffe un combustible, il émet des vapeurs qui deviennent de plus en plus concentrées au fur et à mesure que la température du liquide augmente. Ces vapeurs émises sont susceptibles de s'enflammer au contact d'une source de chaleur (flamme). Il représente la température minimale à laquelle il faut porter les vapeurs émises qui s'enflamment au contact d'une flamme sans que la combustion soit continue. Il correspond donc à la température maximale à laquelle on peut chauffer l'hydrocarbure sans risque d'incendie. Il caractérise la facilité d'évaporation et le danger d'explosion des vapeurs à la pression atmosphérique.

- Le point d'éclair peut être mesuré en vase ouvert ou en vase clos.
- Les combustibles sont classés suivant leur point d'éclair:
 - Groupe I $T < 35^{\circ}\text{C}$
 - Groupe II $35^{\circ}\text{C} < T < 65^{\circ}\text{C}$
 - Groupe III $T > 65^{\circ}\text{C}$

Ce classement est utile pour la manipulation, réchauffage, transport et stockage des combustibles liquides.

NB: la température du point d'éclair est la température à laquelle apparaît en un point quelconque de la surface un flash

➤ **Mesure du point de feu (mode opératoire)**

Pour déterminer le point de feu, continuer le réchauffage et balayer avec la veilleuse jusqu'à ce que toute la surface s'enflamme au moins pendant 5 seconde, lire la température qui représente le point de combustion. La température du point de feu est supérieure à la température du point d'éclair de 10 à 20 °C.

Plus le liquide est léger plus l'écart entre le point de feu et le point d'éclair est faible.

- **Point de combustion spontanée:**

Il représente la température à laquelle le combustible liquide s'enflamme spontanément en l'absence de toute flamme ou étincelles. Il est utile pour déterminer la température à obtenir en fin de compression dans un moteur un cylindre de moteur à essence.

3. POUVOIR CALORIFIQUE

En général, les combustibles liquides (hydrocarbures) sont composés en général de Carbone et d'Hydrogène. Pendant la combustion, l'Hydrogène donne de l'eau plus de la chaleur.

Suivant l'état de l'eau formée lors de la combustion on distingue:

- La chaleur libérée par la combustion représente le pouvoir calorifique inférieur (Pci), si l'eau reste sous forme de vapeur.
- La chaleur dégagée par la combustion représente le pouvoir calorifique supérieur (Pcs) si l'eau est condensée.

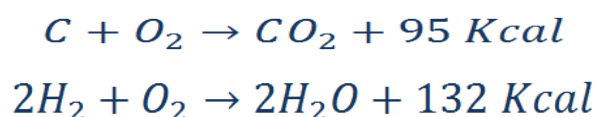
La masse de vapeur d'eau obtenue dans les fumées peut être augmentée par la vapeur d'eau provenant soit:

- de l'eau existante dans le combustible (Fuel-oil)
- de l'humidité de l'air (très fiable).

La différence entre le Pci et le Pcs réside dans la chaleur latente libérée par la condensation de la vapeur d'eau (la condensation de 1Kg de vapeur d'eau libère 600 Kcal). Seulement cette chaleur ne peut pas être utilisée pratiquement dans les machines thermiques. L'eau reste à l'état vapeur par ce que la température des gaz est toujours supérieure au point de rosée. La différence entre les deux pouvoirs calorifiques varie dans le même sens que la teneur du combustible en Hydrogène, comme elle peut être augmentée par des apports extérieurs en eau.

Pour déterminer le pouvoir calorifique d'un combustible, il existe plusieurs méthodes: formules empiriques, calorimètres, etc...

La combustion complète d'un fuel oil donne:



La combustion complète de 1 Kg de carbone libère 7916 Kcal;

- La combustion complète de 1 Kg d'Hydrogène libère 66000 Kcal;

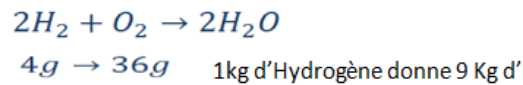
Si 1 Kg de ce combustible contient:

- (h) Kg d'Hydrogène

- (a) Kg d'eau

Détermination de la différence entre le Pcs et le Pci en KJ:

Nous avons:



Alors dans les fumées issues de la combustion complète de 1Kg de ce combustible nous aurons: $(9h + a)$ Kg d'eau

On sait que la condensation de 1Kg de vapeur d'eau libère 600 Kcal.

Donc, la condensation de la vapeur d'eau contenue dans les fumées provenant de la combustion de 1Kg de ce combustible produira une chaleur (x).

1kg de vapeur 600 Kcal

$(9h + a)$ Kg d'eau x

D'où $x = (9h + a) \times 600\text{Kcal}$

$$- Pcs = Pci + x$$

$$- Pcs - Pci = x$$

4. Viscosité

La viscosité est une caractéristique très importante définissant une huile ou un combustible liquide tel que le Fuel oil. Elle détermine l'intervalle de température dans lequel le fluide peut être utilisé afin d'assurer un bon fonctionnement d'une machine thermique ou une machine hydraulique.

Pour le cas d'une huile, elle conditionne la capacité à transmettre de l'énergie dans une installation hydraulique et la qualité à circuler vers toutes les parties en mouvement du moteur ainsi que la résistance aux chocs et charges appliquées entre les pièces.

Elle est considérée comme la résistance qu'oppose un fluide au glissement de ses molécules les unes aux autres.

La viscosité doit être exprimée en fonction de la température (pour les huiles moteurs la température de référence est 40°C). Les viscosités peuvent encore être exprimées à 100 °C.

Variation de la viscosité dans un moteur Diesel

La diminution de la viscosité peut être due à:

- Une dilution par le gasoil ou les résidus de la combustion;
- Un mélange avec une huile de viscosité inférieure

L'augmentation de la viscosité est due à:

- Un mélange avec une huile de viscosité élevée
- Une concentration élevée de matières insolubles
- Une oxydation interne de l'huile

➤ Mesure de la Viscosité

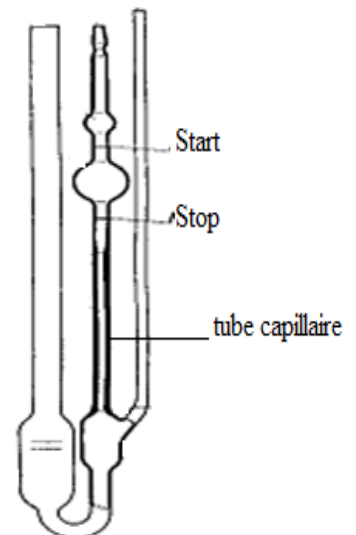
1 - Viscosimètre capillaire:

Il permet de mesurer la résistance d'écoulement d'un fluide sous l'action de la gravité. Le temps que fait une quantité bien définie d'huile à passer à travers un tube capillaire multiplié par un facteur dépendant des caractéristiques de l'appareil.

2- Viscosimètre empirique:

Les viscosimètres empiriques sont:

- Viscosimètre Engler
- Viscosimètre Saybolt
- Viscosimètre Redwood



NB : A température constante, la viscosité des huiles augmente avec la pression.

Nous pouvons parler sur deux coefficients de viscosité :

Coefficient de viscosité dynamique et Coefficient de viscosité dynamique

Le coefficient de viscosité dynamique est la valeur mesurée dans la pratique:

- Laisser s'écouler deux liquides de même coefficient de viscosité dynamique sous une même hauteur à travers l'orifice de même diamètre, la masse volumique intervient et l'écoulement des deux fluides varie si les masses volumiques sont différentes. L'écoulement est plus rapide que le liquide est dense.
- L'essai montre que le temps d'écoulement d'un volume de fluide à travers l'orifice est proportionnel à sa masse volumique et inversement proportionnel à sa viscosité dynamique:

$$\nu = \mu / \rho$$

- L'unité de la viscosité cinématique est le mètre carré par seconde (m^2/s), est définie comme étant celle d'un fluide dont la viscosité dynamique est 1 pascal.s (1 Pa.s).

$$1 \text{ cSt} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \quad \text{et} \quad 1 \text{ cSt} = 1 \text{ mm}^2/\text{s}$$

NB: La viscosité d'une huile varie en fonction de sa température, des contraintes mécaniques auxquelles elle est soumise, à l'émulsion, ou à la dilution.

3 - Viscosimètre comparatif (Visgage):

