



LYCÉES
de
FECAMP

BTS Maintenance des Systèmes
Aide personnalisée : physique-chimie / maintenance
corrective, préventive et améliorative.

S4-9 Mécanique des fluides

- Dynamique des fluides incompressibles.

TP 4

Viscosité



CONDITIONS DE REALISATION

- **Durée** : 2H dans la zone maintenance laboratoire éolien.
- **En possession** : d'une caméra thermique, de seringues de 60 ml et 100 ml, d'une bouteille d'eau, d'une plaque de cuisson, de bidons d'huile 10W40 - SAE 75W90 et HVB 46 hydraulique.



PROBLEMATIQUE

Un système mécanique en fonctionnement s'échauffe donc il faut certainement prévoir son refroidissement. Le refroidissement est généralement réalisé par un fluide mais cela nécessite que la température du fluide soit régulée car celui-ci n'est efficace que sur une certaine plage de température imposée par le fluide utilisé. Ce fluide doit pouvoir s'écouler facilement dans le mécanisme.



TRAVAIL DEMANDE

☞ *Maîtriser les risques tout au long de l'intervention.*

1. Notions sur la viscosité :

A l'aide de l'annexe 1 :

- 1.1 Pouvez-vous donner une « définition » simple de la viscosité ?
- 1.2 Quel paramètre majeur influence la viscosité ?
- 1.3 Donner la différence entre la viscosité absolue et cinématique.
- 1.4 Quelle est la relation entre viscosité absolue et la viscosité cinématique ?
- 1.5 Pourquoi mesurer la viscosité d'un fluide ?
- 1.6 Citer les deux techniques pour mesurer la viscosité.
- 1.7 Quelles sont les unités de la viscosité et leur relation ?

- 1.8 Compléter par « plus » ou « moins » la phrase suivante :
Plus un fluide est visqueux il s'écoule facilement.

Appeler le professeur

2. Expérimentation et détermination de la viscosité :

A l'aide de l'annexe 2 :

Vous allez utiliser le principe du viscosimètre d'Ostwald. Vous utiliserez comme tube d'écoulement une seringue de 60 ml.

Le liquide de référence est de l'eau. Il est important, pour que l'expérience soit concluante, que les températures et les pressions des deux fluides de l'expérience soient rigoureusement identiques.

A l'aide de la caméra thermique :

- Mesurer la température de l'eau (température ambiante).
- Mesurer la température de l'huile 10W40.

Si ces deux températures sont très différentes, utiliser la plaque de cuisson et le thermomètre numérique pour les rendre identiques.

- 2.1 A l'aide de l'annexe 2, déterminer la viscosité cinématique de l'eau notée ν_0 .

- Remplir entièrement la seringue de 60 ml avec de l'eau.

- 2.2 Chronométrer le temps que met l'eau pour passer du niveau 60 ml au niveau 10 ml.

- 2.3 Pour quel genre de système l'huile 10W40 est-elle utilisée ?

A l'aide de l'annexe 3 :

- 2.4 Quelles sont les significations des nombres 10 et 40 ?

- Remplir entièrement la seringue de 60 ml avec l'huile 10W40.

- 2.5 Chronométrer le temps que met l'huile pour passer du niveau 60 ml au niveau 10 ml.

- 2.6 Calculer la viscosité cinématique, à cette température, de l'huile 10W40.

Appeler le professeur

- Recommencer l'expérience avec l'huile SAE 75W90.
- 2.7 Calculer la viscosité cinématique de l'huile 75W90 à température ambiante.
- 2.8 Pour quel genre de système cette huile, 75W90, est-elle utilisée ?
- Recommencer l'expérience avec l'huile hydraulique.
- 2.9 Calculer la viscosité cinématique de l'huile hydraulique.
- 2.10 Comparer les viscosités de ces trois huiles, conclure.

3. Viscosité et température de fonctionnement :

Le multiplicateur de vitesse d'une éolienne est un élément important dans la chaîne d'énergie. Il doit assurer l'augmentation de la vitesse de rotation entre l'arbre lent et l'arbre de la génératrice. Il doit supporter une très forte puissance transmise par des engrenages. Ces engrenages et les roulements guidant les différents arbres doivent être parfaitement lubrifiés quel que soit la température extérieure pouvant varier entre -20°C à 70°C (dans la nacelle). L'huile qui lubrifie ces éléments doit donc être particulièrement bien adaptée.



- A l'aide de l'annexe 4 :
- 3.1 Quelle est la température ambiante minimale de fonctionnement ?
- 3.2 Donner les consignes « valeur de la température » qui permet de mettre en service ou de stopper l'alimentation de la résistance immergée afin qu'elle réchauffe l'huile.
- 3.3 Quelle est la température d'alerte de la cuve ?
- 3.4 Quelle est la température d'alerte des roulements ?
- 3.5 Quel est la température en seuil montant de mise en fonctionnement du ventilateur « petite vitesse » ?
- 3.6 Quel est la température en seuil montant de mise en fonctionnement du ventilateur « grande vitesse » ?

La température de l'huile lors du fonctionnement nominal doit être d'environ 45° .

- 3.7 Calculer la viscosité cinématique de l'huile 75W90 pour les températures de 45°C , 60°C et 70°C . Conclure.

1) Qu'est-ce que la viscosité ?

La viscosité est une **propriété physique** qui caractérise **l'état d'un fluide** dont les molécules sont entravées dans leur déplacement par des interactions, des collisions ou des associations moléculaires. Pour parler en termes non physiques et plutôt informels, on peut utiliser le concept d'« **épaisseur** » et décrire la viscosité comme un des aspects du comportement d'un fluide (gaz ou liquide) en mouvement. Plus précisément, la viscosité d'un fluide définit son **comportement d'écoulement**, c'est-à-dire sa capacité à un écoulement uniforme et sans turbulence. **La viscosité d'un fluide est influencée** par différents facteurs et notamment **la température**.

2) Quelles différences entre viscosité absolue et viscosité cinématique ?

Lorsque l'on parle de viscosité, deux termes peuvent se rencontrer : **la viscosité absolue** (aussi appelée **viscosité dynamique**) et **la viscosité cinématique**.

2.1) La viscosité dynamique

Est désignée par le mot viscosité ce qu'on appelle la viscosité absolue ou la viscosité dynamique. Il s'agit d'une **grandeur physique notée μ (mu)**. La viscosité absolue caractérise **la résistance d'un fluide incompressible (eau, huile, miel, etc.) à l'écoulement** laminaire, c'est-à-dire à un écoulement orienté plus ou moins dans la même direction. Pour parler plus simplement, on dira que la viscosité absolue désigne la résistance interne d'un fluide par rapport à son écoulement.

2.2) La viscosité cinématique

En physique et plus précisément dans le domaine de la [mécanique des fluides](#), il est aussi fréquent de rencontrer le terme de viscosité cinématique. Attention, car il ne s'agit pas de la même notion. La viscosité cinématique définit la capacité de rétention des particules d'un fluide. En d'autres termes, **la viscosité cinématique évalue la capacité d'un fluide à se répandre**. La viscosité cinématique **se note ν (nu)**.

Pour conclure sur ces deux notions et la relation qui les lie, on peut dire que la viscosité cinématique se calcule en divisant la viscosité dynamique (ou absolue) par la masse volumique du fluide. Voici l'opération qu'il est nécessaire de faire pour obtenir la viscosité cinématique :

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

Avec ν (viscosité cinématique), μ (viscosité dynamique) et ρ (masse volumique).

3) Dans quel cadre est-il important de mesurer la viscosité d'un liquide ?

D'une très grande importance pratique dans l'industrie, le calcul de la viscosité s'applique à tous les liquides et [fluides industriels](#). Mesurer la viscosité d'un fluide ou d'un liquide possède de nombreux avantages, et ce dans de nombreux secteurs industriels car **la viscosité influence les conditions d'écoulement des fluides** dans les canalisations notamment.

Pour l'**industrie alimentaire** par exemple, le calcul de la viscosité maximise les coûts et l'efficacité de la production. En se basant sur la viscosité d'un produit, on pourra choisir avec justesse quelles [pompes industrielles](#) mettre en place et définir les méthodes adéquates d'écoulement, les temps de séchage, etc. Si l'on songe à l'**industrie automobile**, les mesures de viscosité sont utiles pour les **huiles de moteurs**. En effet, la viscosité d'une huile variera selon sa température. Il est donc important de connaître sa viscosité selon qu'elle sera en contact avec un moteur chaud ou froid. Prenons le cas du secteur pétrochimique. **L'acheminement du pétrole** est très dépendant de la viscosité du produit brut. Selon **la température des sols ou des zones traversées**, la viscosité du pétrole ne sera pas la même. Il faut prendre en compte cette donnée pour la construction des **pipelines** par exemple.

En résumé, on peut dire que dans l'industrie, mesurer la viscosité permet :

- D'assurer le bon fonctionnement d'un équipement.
- De **caractériser la qualité d'un produit final**.
- De dimensionner les équipements.
- De **contrôler la progression des réactions chimiques** en cours de production.

4) Comment mesurer la viscosité ?

L'**instrument** servant à calculer la viscosité d'un fluide s'appelle un **viscosimètre**. Il existe différents types de viscosimètres et donc **plusieurs dispositifs** permettant de mesurer la viscosité d'un fluide ou d'un liquide. Ces dispositifs peuvent être à **écoulement libre, rotatifs, vibrants**, à chute de bille, etc. Il y a deux techniques principales distinctes :

- Soit on calcule le temps (ou la vitesse) de déplacement du fluide d'un récipient à un autre (ou d'un point à un autre).
- Soit on calcule le temps (ou la vitesse) de déplacement d'un petit objet à travers le fluide enfermé dans un récipient.

Par exemple, pour le viscosimètre à écoulement libre, la mesure se fait sur le temps nécessaire à un fluide pour passer d'un point A supérieur à un point B inférieur.

5) Quelles unités pour la mesure de la viscosité ?

Plusieurs unités de mesure sont utilisées pour mesurer la viscosité. En milieu industriel et dans le Système international (SI), l'unité de mesure de la viscosité dynamique est le **pascal-seconde** (Pa.s). Le **poiseuille** (Pl), qui équivaut à un pascal-seconde, est aussi largement répandu pour rendre le taux de viscosité d'un fluide ou d'un liquide. Enfin, on peut rencontrer **la poise**, notée Po ou P. La poise est égale à un dixième de poiseuille, c'est-à-dire à 0,1 Pa.s.

A titre d'exemples, voici **quelques valeurs typiques** de viscosité à 20 °C données en millipascal-seconde (mPa.s) :

- **Eau : 1 ;**
- Mercure : 1,5 ;
- Huile d'olive : 10^2 ;
- **Miel : 10^4 ;**
- Goudron : 10^6 .

1. Définition de la viscosité :

La viscosité sert à mesurer la résistance d'un liquide à l'écoulement. Un fluide qui a une viscosité élevée s'écoule très lentement, comme le miel. Un fluide qui au contraire a une viscosité faible s'écoule très vite, c'est le cas de l'eau.

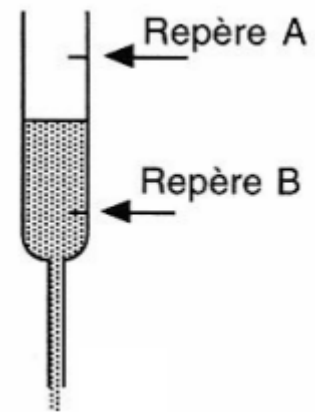
L'unité de mesure de la viscosité est le Pascal seconde (Pa.s).

2. Méthode de mesure de la viscosité : ν (nu)

Viscosité à écoulement laminaire (viscosimètre d'Ostwald)

Le principe est de mesurer le temps d'écoulement d'un volume donné de fluide à travers un tube de faible diamètre maintenu à température constante. On fait s'écouler dans le tube le liquide de référence puis un liquide à étudier.

Le rapport des viscosités cinématiques est égal au rapport des temps d'écoulement : $\nu = \nu_0 \cdot t / t_0$
 Connaissant la viscosité cinématique, on en déduit la viscosité dynamique : $\mu = \rho \cdot \nu$



Viscosités de quelques fluides à 20° C et à la pression atmosphérique.

fluide		μ (Pa.s)	ρ (kg.m ⁻³)	ν (m ² .s ⁻¹)
hydrogène		$8,8 \times 10^{-6}$	0,084	$1,05 \times 10^{-4}$
oxygène		$2,0 \times 10^{-5}$	1,31	$1,53 \times 10^{-5}$
air		$1,8 \times 10^{-5}$	1,20	$1,51 \times 10^{-5}$
alcool éthylique		$1,2 \times 10^{-3}$	787	$1,52 \times 10^{-6}$
gazole		$1,3 \times 10^{-3}$	893	$1,45 \times 10^{-6}$
essence		$2,9 \times 10^{-4}$	680	$0,422 \times 10^{-6}$
kérosène		$1,64 \times 10^{-3}$	823	$2,0 \times 10^{-6}$
huile SAE 10		0,088	909	$0,97 \times 10^{-4}$
huile SAE 30		0,29	909	$3,2 \times 10^{-4}$
huile SAE 50		0,70	909	$7,7 \times 10^{-4}$
octane		$0,51 \times 10^{-3}$	701	$7,3 \times 10^{-7}$
propane		$0,11 \times 10^{-3}$	495	$0,22 \times 10^{-7}$
fréon 12		$2,62 \times 10^{-4}$	1 327	$1,97 \times 10^{-7}$
eau à	0° C	$1,788 \times 10^{-3}$	1 000	$1,788 \times 10^{-6}$
	10	$1,307 \times 10^{-3}$	1 000	$1,307 \times 10^{-6}$
	20	$1,003 \times 10^{-3}$	998	$1,005 \times 10^{-6}$
	30	$0,799 \times 10^{-3}$	996	$0,802 \times 10^{-6}$
	40	$0,657 \times 10^{-3}$	992	$0,662 \times 10^{-6}$
	50	$0,548 \times 10^{-3}$	988	$0,555 \times 10^{-6}$
	60	$0,467 \times 10^{-3}$	983	$0,475 \times 10^{-6}$
	70	$0,405 \times 10^{-3}$	978	$0,414 \times 10^{-6}$
	80	$0,355 \times 10^{-3}$	972	$0,365 \times 10^{-6}$
	90	$0,316 \times 10^{-3}$	965	$0,327 \times 10^{-6}$
100	$0,286 \times 10^{-3}$	958	$0,295 \times 10^{-6}$	

Savoir lire l'étiquette d'un bidon d'huile

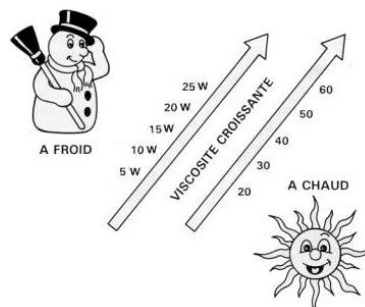
La norme SAE :

La **SAE International** (anciennement Society of Automotive Engineers) est une organisation internationale qui comprend 84 000 membres (ingénieurs, chefs d'entreprise, professeurs et étudiants de plus de 97 pays) qui partagent des informations et des idées dans le domaine de l'ingénierie des véhicules.

Le grade SAE a été conçu pour rendre compte de la viscosité d'une huile moteur. L'idéal est qu'elle soit le plus fluide possible lors d'un démarrage à froid l'hiver afin d'être pompée rapidement et pouvoir circuler. Tout en restant suffisamment épaisse lorsque le moteur tourne l'été pour conserver son pouvoir lubrifiant.

Au tout début, les huiles étaient monogrades, c'est à dire qu'elles indiquaient un grade de viscosité à 100° pour l'été, par exemple SAE 40 ou SAE 50 sachant que plus le chiffre est grand, moins l'huile est fluide.

Il fallait donc utiliser une autre huile pour l'hiver, par exemple SAE 20W la lettre « W » signifiant « Winter » (Hiver).



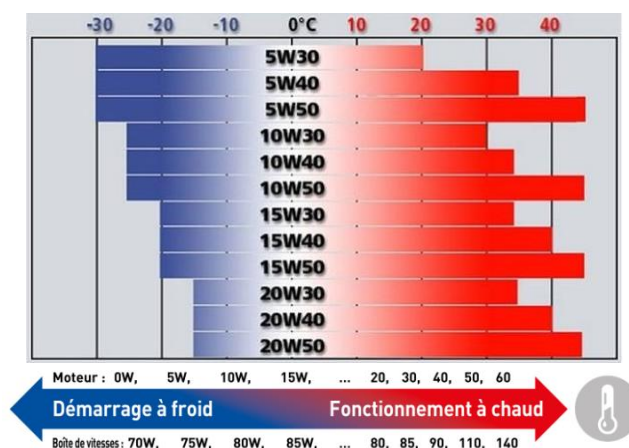
A partir des années 1950, les huiles multigrades sont apparues. Une huile multigrade signifie que deux viscosités Hiver et Été (chaud et froid) se rassemblent dans le même produit, par exemple 5W40.

De nos jours, la viscosité d'une huile moteur récente s'exprime au moyen de deux grades. Un grade à froid et un grade à chaud.

- Le grade à froid est la mesure exprimée à -18° C.
- Le grade à chaud est la mesure exprimée à 100° C.

Plus la valeur du grade est élevée, plus l'huile est « épaisse » à la température considérée.

Viscosité SAE et plages de températures **extérieures** de bon fonctionnement



Temperature settings for the gear oil system

