

FORMULAIRE

Ce fascicule constitue un extrait du formulaire PONT-A-MOUSSON
dont la version complète est éditée aux Editions Lavoisier-TEC & DOC,
11, rue Lavoisier - F-75381 PARIS CEDEX 08
© 1989

SOMMAIRE

VISCOSITÉ DES FLUIDES	3
<i>Rappel de définitions ; unités</i>	3
<i>Conversion des viscosités cinématiques (échelles)</i>	4
<i>Variation de la viscosité avec la pression</i>	5
<i>Variation de la viscosité avec la température</i>	5
<i>Viscosité des fluides usuels à diverses températures</i>	6

VISCOSITÉ DES FLUIDES

RAPPEL DE DÉFINITIONS - UNITÉS

La viscosité d'un fluide correspond aux résistances de frottement qui s'opposent au déplacement relatif de ses molécules lorsqu'il est mis en mouvement.

La **viscosité dynamique*** d'un fluide se mesure par la résistance qu'il oppose au déplacement, dans son sein, d'une surface plane solide dans le plan de celle-ci.

La viscosité dynamique d'un fluide homogène est la force par unité de surface qu'il faut appliquer à une surface plane solide plongée dans ce fluide pour la déplacer dans son plan tout en maintenant une différence de vitesse égale à l'unité entre la surface plane considérée et un plan parallèle à cette surface pris dans le fluide à une distance de la surface égale à l'unité. Cette grandeur est généralement désignée par η **.

La **viscosité cinématique*** d'un fluide est égale à sa viscosité dynamique divisée par sa masse volumique.*** Cette grandeur est généralement désignée par ν †.

La viscosité cinématique d'un liquide se mesure souvent par sa vitesse d'écoulement à travers un ajutage calibré.†† Les diverses modalités selon lesquelles se fait cette mesure ont conduit à définir, de façon empirique, différentes échelles de viscosité. On peut citer les suivantes :

Dénomination des échelles	Unité employée	Pays où les échelles sont principalement en usage	Emploi particulier
Saybolt Universal (SU)	s	Etats-Unis	Pour huiles épaisses
Saybolt Furol (SF)	s	Etats-Unis	
Redwood Standard (RS)	s	Grande-Bretagne	
Redwood Admiralty (RA)	s	Grande-Bretagne	
Engler	°E+++	Europe continentale	Pour huiles livrées à la marine britannique

Le nombre de secondes servant à mesurer la viscosité cinématique selon les quatre premières échelles est celui que met une quantité donnée de fluide à s'écouler dans des conditions déterminées ; les degrés Engler correspondent au rapport de ce temps à celui exigé par un fluide de référence.

Les échelles de conversion ci-contre donnent les correspondances obtenues expérimentalement entre centistokes d'une part, degrés Engler, secondes Saybolt Universal et secondes Redwood Standard de l'autre. Les secondes Saybolt Furol et Redwood Admiralty correspondent de façon approximative à 1/10 des secondes Saybolt Universal et Redwood Standard, respectivement.

* Souvent, le terme « viscosité » sans épithète est employé pour désigner aussi bien la viscosité dynamique que la viscosité cinématique ; de plus, la viscosité dynamique est aussi appelée « viscosité absolue » ; pour éviter les confusions, il est recommandé de toujours préciser en employant les expressions « viscosité dynamique » et « viscosité cinématique ».

** Unité SI (poiseuille) et son sous-multiple décimal (poise) : voir page 25.

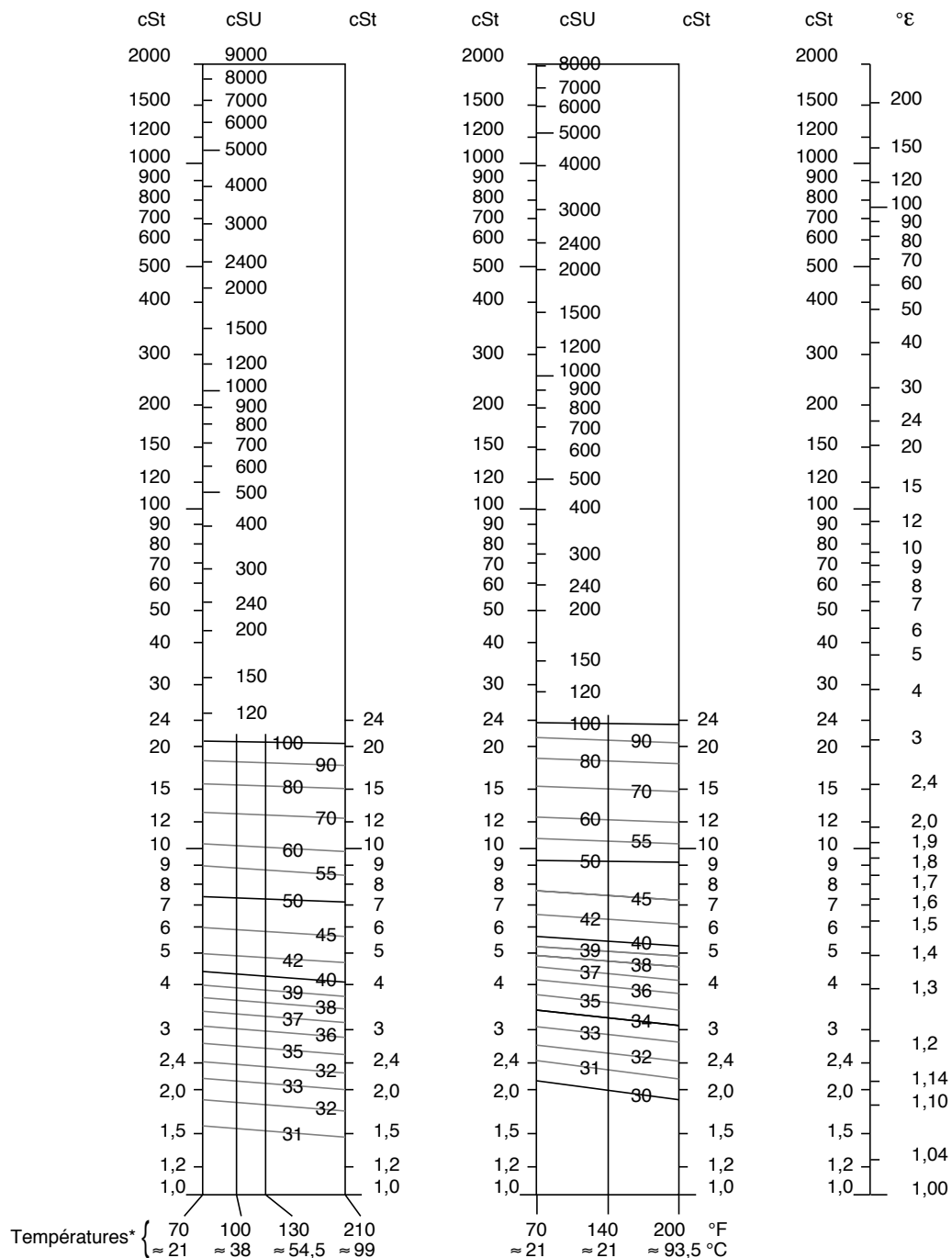
*** La formule de dimensions de la viscosité dynamique est $L^{-1}MT^{-1}$. Or, dans de nombreux calculs, il est commode de faire intervenir une viscosité ne comportant pas la dimension M ; cela a conduit à diviser la viscosité dynamique par une caractéristique simple du fluide comportant la dimension M : sa masse volumique, dont la formule de dimensions est $L^{-3}M$. C'est ainsi qu'on a obtenu la viscosité cinématique (formule de dimensions L^2T^{-1}).

† Unité SI (mètre carré par seconde) et son sous-multiple décimal (stokes) : voir page 25.

†† En effet, l'expérience a montré que cette vitesse est inversement proportionnelle à la viscosité.

+++ Les °E sont également appelés °DIN.

CONVERSION DES VISCOSITÉS CINÉMATIQUES



* Ces indications de températures sont valables respectivement jusqu'à 100 sSU et 100 sRS ; au-dessus, les correspondances cSt-sSu et cSt-sRS données par les échelles sont à utiliser indépendamment de la température.

Les informations contenues dans ce document sont données à titre indicatif. SAINT-GOBAIN PAM ne saurait être tenue pour responsable des éventuelles erreurs contenues dans ce document .

VARIATION DE LA VISCOSITÉ AVEC LA PRESSION

Liquides

La viscosité dynamique des liquides est pratiquement indépendante de la pression tant que celle-ci reste inférieure à 200 bars environ ; en raison de leur très faible compressibilité, il en est de même de leur viscosité cinématique tant que la pression reste inférieure à la même limite.

Gaz

La viscosité dynamique des gaz est pratiquement indépendante de la pression ; il s'ensuit que leur viscosité cinématique diminue quand la pression augmente.

VARIATION DE LA VISCOSITÉ AVEC LA TEMPÉRATURE

Liquides

La viscosité dynamique des liquides diminue quand la température augmente ; il en est de même de leur viscosité cinématique, bien qu'à un degré moindre. A remarquer que, en règle générale, la viscosité (dynamique aussi bien que cinématique) des huiles varie beaucoup plus que celle de l'eau avec la température, tandis que celle de différents liquides organiques (notamment silicones) varie moins ; cette dernière comparaison est illustrée par le diagramme ci-dessous.

Gaz

La viscosité dynamique des gaz augmente avec la température ; de même, en général, leur viscosité cinématique.

VISCOSITÉ DES FLUIDES USUELS A DIVERSES TEMPÉRATURES

Liquides (à la pression atmosphérique)

Désignation	Température °C	Viscosité dynamique η cPo	Viscosité cinématique ν cSt
Eau*	0	1,79	1,79
	20	1,01	1,01
	100	0,289	0,296
Saumure saturée (chlorure de sodium)	0	3,0**	2,5**
	10	2,2**	1,8**
Solution de sucre dans l'eau			
	à 20 %	30	1,45
à 40 %	30	4,23	3,62
Mercure	20	1,56	0,115
Alcool méthylique	20	0,597	0,745
Alcool éthylique	20	1,20	1,52
Benzol pur	20	0,650	0,742
Glycérine	20	800	635
Tétrachlorure de carbone	20	0,969	0,609
Pétrole brut	30	env. 1 800	env. 1 800
Essence	20	env. 0,55	env. 0,74
Gas-oil	20	12,5	14

+ Cette limitation inférieure de la viscosité cinématique à 0 °F peut être laissée de côté si la viscosité cinématique à 210 °F est d'au moins 48 sSU (environ 6,5 cSt).

++ Cette limitation supérieure de la viscosité cinématique à 210 °F peut être laissée de côté si la viscosité cinématique à 0 °F (déterminée par extrapolation) est d'au plus 750 000 sSU (environ 165 000 cSt).

* La viscosité cinématique de l'eau à différentes températures est donnée par la formule approximative :

$$\nu = \frac{1,78}{1 + 0,0337 t + 0,000221 t^2}$$

dans laquelle ν est la viscosité cinématique en cSt et t la température en °C.

** Ces nombres sont donnés à titre indicatif ; les valeurs des viscosités varient selon la composition de la saumure.

Désignation	Température °C	Viscosité dynamique η cPo	Viscosité cinématique ν cSt
Fuel-oils domestiques légers	20	< 7,9	< 9,5
	20	7,9 à 45	9,5 à 50
	20	45 à 650	50 à 700
	20	650 à 3 780	700 à 4 000
Huiles de graissage			
	SAE 10	20	env. 88
	SAE 30	20	env. 290
	SAE 50	20	env. 700

Gaz (à la pression atmosphérique, sauf indication contraire)

Désignation	Température °C	Pression bar	Viscosité dynamique η cPo	Viscosité cinématique ν cSt	
Air	0		0,017 0	13,3	
	20		0,018 0	15,1	
	100		0,022 8	23,1	
Oxygène	20		0,020 1	15,1	
Azote	20		0,017 4	14,9	
Chlore	20		0,013 5	4,51	
Anhydride carbonique	20		0,015 0	8,14	
Propane	20		0,008	79,5	
Ethylène	20		0,010	8,76	
Gaz naturel (Lacq)	20		0,011	14,8	
Gaz de fours à coke	20		0,012	25,5	
Vapeur d'eau saturée	100		0,012 6	22,08	
	180	10	0,017 8	3,50	
	250	40	0,018 2	1,47	
	Vapeur d'eau surchauffée	300	10	0,020 2	5,31
		300	20	0,020 2	2,88
	400	10	0,024 1	7,38	
	400	20	0,024 1	3,91	