

Les deux principales propriétés du fluide : La viscosité cinématique et l'indice de viscosité.

(Références document Michel ZAJAC Le fluide de transmission de l'énergie hydraulique)

La viscosité cinématique :

La viscosité caractérise la résistance à l'écoulement. C'est certainement la propriété la plus importante dans le choix d'une huile pour une application donnée. Elle est exprimée en **mm²/s** ou **centistoke (cSt)** et est toujours donnée à **40°C** et à pression atmosphérique.

« Le fluide présente des résistances mécaniques : trop visqueux, le passage dans les tuyauteries et au travers des composants est difficile, le rendement de l'installation est médiocre. Les pompes risquent de se détériorer sous les effets de la cavitation. Trop fluide, il ne lubrifie plus suffisamment les composants et les autres pièces mobiles qui grippent et se cassent ! »

La viscosité du fluide varie en fonction de la température.

La viscosité est considérée comme optimale sur une plage de **15 à 40 mm²/s** pour le rendement et la durée de vie des composants.

Il est important d'avoir un fluide de viscosité adaptée, sinon la pompe ne fonctionnera pas correctement. Une viscosité inférieure à 10 mm²/s amènerait un risque de perte du film lubrifiant entre les pièces et entraînerait des arrachements de matière, voire un grippage. Inversement, une viscosité supérieure à 800 mm²/s, rencontrée lors du fonctionnement en basse température, provoquerait des pertes de charges importantes dans le circuit et augmenterait considérablement le risque de cavitation des pompes.

L'indice de viscosité (VI ou IV)

Il caractérise la variation de la viscosité en fonction de la température. Plus l'IV est élevé, plus la viscosité de l'huile est stable. Les équipements devant travailler sur de larges plages de température nécessitent l'utilisation de fluides à haut indice de viscosité. C'est notamment le cas des applications devant démarrer à basse température. Exemples : engins mobiles devant être opérationnels en toutes saisons.

VI de 60 à 80 : Très moyen

VI de 90 à 100 : Bon

VI de 100 à 110 : Très bon

VI de 110 ou supérieur : Excellent

Quelques autres propriétés de l'huile :

- La masse volumique, qui varie de 800 à 1900 kg/m³.

- Le point d'éclair : C'est la température à partir de laquelle les vapeurs d'huiles dégagées s'enflamment au contact d'une flamme et s'éteignent aussitôt.

- Le point d'écoulement : c'est la plus basse température à laquelle l'huile coule encore quand elle est refroidie.

- Point de combustion ou point de feu : C'est la température à partir de laquelle les vapeurs d'huiles dégagées s'enflamment au contact d'une flamme et demeurent allumées au moins cinq secondes.

- Point d'auto-inflammation : Il s'agit de la température à laquelle il faut chauffer le fluide pour qu'il s'enflamme spontanément au contact de l'air.

Classification des fluides :

Les fluides utilisés en application hydraulique se répartissent en trois grandes familles :

- les huiles hydrauliques **minérales**,
- les huiles **difficilement inflammables**,
- les huiles **biodégradables** qui tendent (pour certaines applications) à remplacer les huiles hydrauliques minérales pour cause de réglementation environnementale de plus en plus contraignante.

Huiles minérales :

classification ISO/AFNOR L'huile hydraulique minérale est un mélange d'hydrocarbures obtenus à partir du pétrole. Pour les huiles minérales on utilise les classes de base HH, HL, HM, HV, HG, ayant chacune plusieurs grades possibles identifiés par un nombre de 15 à 220. Ce nombre correspond à la viscosité cinématique moyenne à 40°C en mm²/s. Les huiles HM et HV sont les plus utilisées

Symbole ISO	Propriétés							
HH	Huiles minérales raffinées pures (faibles propriétés lubrifiantes).							
HL	Huiles minérales raffinées améliorées avec propriétés anti oxydation et anticorrosion très élevées.							
HM	Huiles minérales raffinées améliorées avec propriétés anti oxydation, anticorrosion et anti-usure très élevées.							
HV	Huiles minérales raffinées de type HM possédant des propriétés viscosité/température améliorées.							
HG	Huiles minérales raffinées de type HM possédant des propriétés anti « stick-slip » (utilisation : transmissions hydrostatiques et glissières).							
Grades usuels	15	22	32	46	68	100	150	220
Viscosité (mm ² /s)	13,5 à 16,5	19,8 à 24,2	28,8 à 35,2	41,4 à 50,6	61,2 à 74,8	90 à 110	135 à 165	198 à 242

Huiles difficilement inflammables

Elles ont une classification particulière. Ces huiles, dites "haute sécurité", sont utilisées lorsqu'il y a risque d'incendie. Elles exigent certaines précautions d'emploi à cause de leur action éventuelle sur les joints, les peintures, de leur miscibilité aux autres huiles ... Applications : presses, machines à forger, laminoirs, foreuses, excavatrices, pompes à béton...

Symbole ISO	Composition / viscosité (mm ² /s)	Résistance à l'inflammation	Températures limites/densités
HFA	Émulsion avec plus de 80% d'eau $\varphi = 0,3$ à 2	Excellente	-5 à 60°C Densité ~0,98
HFB	Émulsion inverse (eau dans huile). Fluides non newtonien	Bonne	+5 à 60°C Densité ~0,95
HFC	Solutions aqueuses de polymères $\varphi = 20$ à 70	Très bonne	-20 à 70°C Densité ~1,4 à 1,09
HFD	Fluides de synthèse sans eau	Moyenne à très bonne	-20 à 150°C Densité ~1,15 à 1,45
HFD-R	Esters phosphoriques	Bonne	
HFD-S	Hydrocarbures chlorés	Très bonne	
HFD-T	Autres fluides de synthèse	Bonne	
HFD-U	Autres fluides de synthèse	Moyenne	

Huiles biodégradables

Qu'est-ce qu'un fluide biodégradable ? Une huile est considérée comme biodégradable si elle s'est dégradée naturellement à plus de 60% au bout de 28 jours. Elle sera considérée « rapidement dégradable » si ce pourcentage atteint 70%. Le terme de biolubrifiant s'applique à tous les lubrifiants qui sont à la fois rapidement biodégradables et non toxiques pour les êtres humains et les milieux aquatiques.

Quatre types de biolubrifiants existent. Le principal et le plus performant est à base d'esters synthétiques saturés issus de ressources naturelles et d'additifs spéciaux. Les fluides biocompatibles tendent à remplacer petit à petit les huiles minérales standard quand la réglementation l'exige. Les biolubrifiants sont à privilégier dans toutes les applications pouvant présenter un risque pour l'environnement (travaux publics, espaces verts, exploitations forestières, hydroélectricité, stations de ski, parcs nationaux, démoulage du béton, zones fluviales...).

Avantages et inconvénients des biolubrifiants : La durée de vie de l'huile « bio », comparée à celle d'une huile minérale est plus de 6 fois supérieures, ce qui permet des vidanges beaucoup plus espacées. Ces fluides disposent également d'un indice de viscosité naturellement élevé et d'un point d'écoulement bas.

DIN	Type	Description	Températures limites d'utilisation (°C)						
			NBR	FKM	PUR Dynathan	POM	PEE	PTFE	B/PF
H	Huiles minérales	Sans additifs	100	150	110	110	110	200	120
H-L		H avec additifs anticorrosion et antivieillessement	100	150	110	110	110	200	120
H-LP		H-L avec additifs pour augmenter la tenue aux charges et diminuer l'usure	100	150	110	110	110	200	120
H-LPD		H-LP avec additifs détergents et dispersants	100	150	110	110	110	200	120
H-V		H-LP avec meilleur comportement viscosité/température	100	150	110	110	110	200	120
HFAE	Fluides difficilement inflammables types aqueux	Émulsions d'huiles minérales dans eau (environ 90% d'eau)	60	60	40	60	60	60	60
HFAS		Émulsions d'huiles synthétiques dans eau (environ 90% d'eau)	60	60	40	60	60	60	60
HFB		Émulsions d'eau dans huile minérale (environ 40% d'eau)	60	60	40	60	60	60	60
HFC		Solutions aqueuses de polymère (environ 40% d'eau)	60	60	40	60	60	60	60
HFDR	Fluides difficilement inflammables types anhydres	À base d'ester phosphorique	N	150	N	80	N	150	80
HFDS		À base d'hydrocarbures chlorés	N	150	N	80	N	150	80
HFDT		Mélange HFD R et HFD S	N	150	N	80	N	150	80
HFDU		Fluides synthétiques de composition spéciale	N	V	N	V	N	V	V
HEPG	Fluides biodégradables	Base polyglycol	60	100	60	80	60	100	80
HETG		Base huile végétale	60	80	60	60	60	80	60
HEES		Base ester synthétique	60	100	80	80	80	100	80

N : non utilisable V : variable selon la composition du fluide

Propreté des huiles hydrauliques :

« 70% à 80% des arrêts machines sont liés à des phénomènes de pollution de l'huile ».

Propreté des huiles hydrauliques.

C'est un élément essentiel au bon fonctionnement des installations. Trois familles de pollution sont à l'origine de la majorité des arrêts machines :

- pollution solide,
- pollution liquide
- et pollution gazeuse.

« La pollution est l'ennemi n°1 des circuits ».

- La pollution solide :

Quatre paramètres principaux sont à prendre en compte en pollution solide :

- la teneur en particules,
- la taille des polluants,
- leur forme,
- leur dureté.

Cette contamination véhiculée par le fluide qui peut circuler à une vitesse de 8 m/s dans les canalisations sous pression, provoque une usure prématurée des surfaces fonctionnelles des composants. Dans le jeu existant entre deux pièces, les grosses particules ne peuvent pas pénétrer et les plus petites passent sans créer de dommages, mais certaines sont simultanément au contact des deux surfaces, créant l'abrasion en avalanche. Plusieurs normes permettent d'apprécier et de définir la pollution particulaire d'une huile. La norme actuellement en vigueur est la **norme ISO 4406**.

les quantités de particules sont déterminées de manière cumulative, c'est-à-dire $> 4 \mu\text{m}$ (c), $> 6\mu\text{m}$ (c) et $> 14\mu\text{m}$ (c).

Le décompte est fait manuellement par filtration à travers une membrane ou de manière automatique avec compteur de particules. Le classement est ensuite réalisé par indices.

Exemple : la classe ISO 18/15/11 signifie que l'on trouve dans un millilitre d'échantillon analysé :

de 1300 à 2500 particules $> 4\mu\text{m}$ (c)

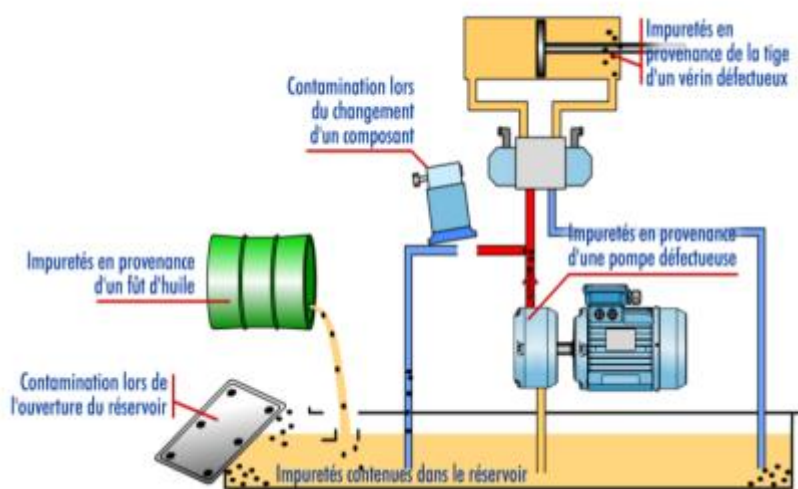
de 160 à 320 particules $> 6\mu\text{m}$ (c)

de 10 à 20 particules $> 14\mu\text{m}$ (c)

Nombre de particules par ml		Classe de propreté
Plus de	Jusqu'à	
2.500.000		> 28
1.300.000	2.500.000	28
640.000	1.300.000	27
320.000	640.000	26
160.000	320.000	25
80.000	160.000	24
40.000	80.000	23
20.000	40.000	22
10.000	20.000	21
5.000	10.000	20
2.500	5.000	19
1.300	2.500	18
640	1.300	17
320	640	16
160	320	15
80	160	14
40	80	13
20	40	12
10	20	11
5	10	10
2,5	5	9
1,3	2,5	8

Origine de la pollution solide.

- Pollution originelle : circuit non ou mal rincé après réalisation (sablage, soudures, copeaux, limaille ...), stockage du matériel (flexibles et tuyaux sans bouchon, composants sans plaque de protection ...), huile polluée (une huile neuve a souvent un niveau de pollution incompatible avec la plupart des installations hydrauliques).
- Pollution générée par l'équipement : usure normale et anormale du matériel ...
- Pollution externe : tige de vérin, reniflard, appoint d'huile sans passer par un groupe de filtration, poussières ...
- Interventions sur le système : démontages, réparations ...

**La pollution liquide :**

Principal effet de l'eau dans l'huile : Si l'huile charrie de l'eau libre, la corrosion fait des dégâts en quelques heures (destruction des roulements et de certaines pompes). La pollution liquide aura également d'autres conséquences :

- détérioration du fluide,
- formation d'émulsion,
- mauvaise désaération,
- blocage des composants suite à la formation de gel,
- diminution de l'épaisseur du film lubrifiant,

... L'eau est responsable d'environ 1 panne sur 5

Cette pollution est caractérisée par la teneur en eau du fluide. Elle est exprimée en pourcentage du seuil de saturation. Lorsque la teneur égale plus de 100%, il y a de l'eau libre dans le circuit hydraulique. Cette quantité est indiquée en partie par million (ppm). Afin de réduire les effets corrosifs de l'eau libre, la concentration d'eau dans l'huile doit rester inférieure au seuil de saturation recommandé de 400 ppm soit 0,04% à 55°C. Ce point doit impérativement être pris en compte dans la surveillance du fluide.

L'humidité relative de l'huile (symbole HR) représente la proportion d'eau dissoute par rapport à la saturation. Ce pourcentage doit être inférieur à 85%.

Origine de la pollution liquide.

Elle provient généralement des phénomènes de condensation dans les réservoirs, appelée « point de rosée ». Ils se produisent principalement lors des phases d'arrêt.

La pollution gazeuse :

L'introduction d'air ou d'azote dans le fluide hydraulique va entraîner plusieurs phénomènes indésirables :

- moussage,
- oxydation accélérée de l'huile,
- augmentation des temps de repose de l'huile,
- cavitation de la pompe,
- rupture du film d'huile,
- dégradation rapide du fluide,
- élasticité du fluide (augmentation du temps de réponse),
- effet LOHRENTZ (lorsque les bulles de gaz véhiculées par le fluide sont comprimées à 200 bars, elles peuvent atteindre 1000°C et plus. Les molécules d'huiles voisines sont alors brûlées par effet DIESEL ce qui provoque souvent la destruction des joints),

Origine de la pollution gazeuse.

Sous l'effet d'une dépression trop importante (par exemple lors de l'aspiration de la pompe), il peut se former des bulles d'air (phénomène de cavitation). La pollution gazeuse peut aussi avoir d'autres origines : défaut d'étanchéité des canalisations, circuit mal dimensionné, manque d'huile, fuite d'azote sur un accumulateur ...

Opérations de maintenance tout au long de la vie de l'équipement :

Filtrer l'huile lors du fonctionnement

La filtration permet de contrôler les entrées de polluants pour les minimiser et également d'éliminer les polluants dangereux. Une bonne filtration dépend du dimensionnement et de la position du filtre dans le circuit, mais aussi de son renouvellement régulier.

Une installation hydraulique doit comporter plusieurs filtres répartis différemment dans le circuit et chargés chacun d'un type de filtration.

Filtre d'aspiration

Ce type de filtre se résume dans la plupart des cas à une crépine ou une grille. Une filtration fine n'est pas envisageable car elle risquerait de provoquer un phénomène de cavitation avec des effets souvent destructeurs pour la pompe. De plus, l'emplacement du filtre dans le réservoir nécessite son ouverture pour toute opération de contrôle ou de remplacement. Sur les installations modernes, la tendance est de supprimer ce filtre. **Finesse de filtration 125 à 300 µm.**

Filtre haute pression

Placé en sortie de pompe ou en amont de l'appareil à protéger, il réalise la filtration la plus efficace. Il doit résister à de fortes pressions et son coût est élevé. **Finesse de filtration 10 à 25 µm.**

Filtre à air

Placé sur le réservoir, il filtre l'air entrant dans la cuve lors des variations du niveau de l'huile. Il faut attacher une attention toute particulière à l'efficacité de ce filtre car l'air entrant est une des principales sources de pollution d'un circuit hydraulique. **Finesse de filtration < 10 µm.**

Autres points importants

- Maintenir le niveau de l'huile proche du maximum.
- Analyser régulièrement l'huile (1 à 3 fois par an).
- Contrôler la température du fluide : La température de fonctionnement a une incidence considérable sur les performances et la durée de vie des circuits hydrauliques
- Manipuler et stocker les fluides avec précaution (les fûts d'huiles hydrauliques en stockage doivent être toujours entreposés en position couchée de façon à éviter toute entrée de pollution).
- Soigner les opérations de maintenance lors des démontages/remontages.

Que faire avec les huiles usagées ?

Les huiles hydrauliques usagées, très polluantes, ne peuvent être ni stockées n'importe comment, ni confiées à n'importe qui pour leur recyclage et leur incinération.

Elles font partie des produits estampillés « dangereux ».

Le stockage doit être réalisé dans des conditions de séparation satisfaisantes, évitant notamment les mélanges avec l'eau ou tout autre déchet non huileux (solvants, ...) qui peuvent compromettre leur recyclage.

La collecte doit être réalisée par des ramasseurs du département agréés.