

## Abécédaire de la contamination

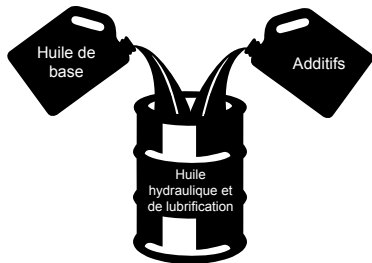


## Classification des huiles de base selon API 1509\*

	Groupes API*			
	I	II	III	IV
Type d'huile	Raffinat	Huile de base hydrogénée	Huile de synthèse	PAO
Pourcentage d'hydrocarbures saturés	< 90 %	> 90 %	> 90 %	100 %
Indice de viscosité	80-120	80-120	> 120	-
Polarité	Polarité élevée	Polarité moindre	Polarité presque nulle	Aucune indication
Solubilité du varnish	Elevée	Moyenne	Faible	Faible
Conductivité	Bonne	Mauvaise	Très faible	Faible

\* American Petroleum Institute (API)

## Composition des huiles hydrauliques et de lubrification



### \* Exemples d'additifs:

- Améliorant indice de viscosité
- Abaisseur du point d'écoulement
- Inhibiteur d'oxydation
- Inhibiteur de corrosion
- Anti-usure
- Anti-mousse

## Classification des huiles hydrauliques selon DIN

Fluide hydraulique	Désignation abrégée	Densité à 15 °C (kg/m <sup>3</sup> )
Huile minérale selon DIN 51524 voire ISO 11158	H, HL, HLP, HV, HLPD	860
Difficilement inflammable selon DIN 5150 voire ISO 12922	HFA/HFB	1000
	HFC	1090
	HFDR, HFDS	1200
Biodégradable selon ISO 15380	HETG	930
	HEES	940
	HEPG	1100
	HEPR	890
Huiles de lubrification selon DIN 51517	CL, CLP, CG	860

## Huiles alimentaires selon NSF International

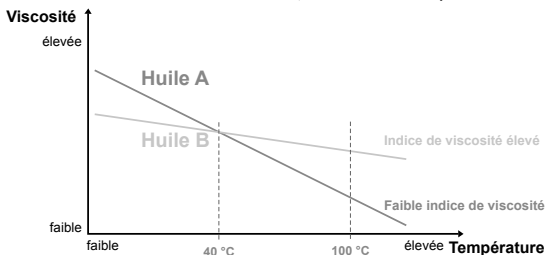
Lubrifiant H1	"Lubrifiants Food-Grade (FG)" "Huile alimentaire" Contact alimentaire occasionnel et techniquement inévitable inoffensif
Lubrifiant H2	Contact avec les aliments non autorisé. Utilisation exclusivement en dehors du process de production fermé
Lubrifiant H3	Huile soluble pour le nettoyage ou la protection anti-corrosion des machines

## Viscosité - Comparaison ISO / SAE

ISO VG (DIN 51519)	Viscosité médiane (40 °C) et viscosités approximatives en mm <sup>2</sup> /s à				Attribution approximative des	
	0 °C	40 °C	50 °C	100 °C	Huiles moteur  SAE	Huiles pour boîtes de vitesses automobiles  SAE
5	8 (1,7 E)	4,6	4	1,5		
7	12 (2 E)	6,8	5	2,0		
10	21 (3 E)	10	8	2,5		
15	34	15	11	3,5	5 W	
22	55	22	15	4,5	10 W	70 W 75 W
32	88	32	21	5,5		
46	137	46	30	6,5	15 W	
68	219	68	43	8,5	20 W	80 W
100	345	100	61	11	30	
150	550	150	90	15	40	85 W
220	865	220	125	19	50	90
320	1340	320	180	24		
460	2060	460	250	30		140
680	3270	680	360	40		
1000	5170	1000	510	50		
1500	8400	1500	740	65		250

## Indice de viscosité selon ISO 2909 – Comparaison de deux huiles minérales

Plus l'indice de viscosité d'une huile est élevé, moins la viscosité dépendra des variations de température.



## Types de contamination



### Contamination solide

- Corindon, calamine, particules de rouille
- Métaux d'usure fer, cuivre, étain, zinc.....
- Fibres, particules de caoutchouc, particules de peinture



### Contamination liquide

- Eau de refroidissement
- Vapeur



### Contamination sous forme de gel

- Vieillesse de l'huile / varnish
- Mélanges d'huiles
- Séparation des additifs (dropout)



### Pollution gazeuse

- Air
- Gaz de process

## Origines de la pollution dans l'huile

	Cause
<b>Solide</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Contamination au montage</li><li>– Pollution environnante</li><li>– Appoint de fluide hydraulique</li><li>– Processus d'usure internes</li><li>– Vieillessement de l'huile</li></ul>
<b>Liquide</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Humidité de l'air environnant</li><li>– Fuites de refroidisseur</li><li>– Eau de process / vapeur de process</li><li>– Fuites aux joints</li><li>– Nettoyeur haute pression</li><li>– Procédés chimiques (combustion, oxydation, neutralisation)</li></ul>
<b>Sous forme de gel</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Vieillessement de l'huile</li><li>– Mélange d'huiles</li></ul>
<b>Gazeuse</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Mélanges</li><li>– Dégazage de l'huile</li></ul>

## Conséquences de la pollution

	Conséquences
<b>Solide</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Usure abrasive</li><li>– Augmentation des fuites</li><li>– Défaillance des composants</li><li>– Régulations imprécises</li><li>– Blocage des tiroirs de commande</li><li>– Durée de vie du fluide réduite</li></ul>
<b>Liquide</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Corrosion</li><li>– Réduction de la viscosité dynamique<ul style="list-style-type: none"><li>• Diminution de l'épaisseur du film de lubrification</li><li>• Contact des surfaces</li><li>• Usure</li></ul></li><li>– Changement de la qualité de l'huile<ul style="list-style-type: none"><li>• Formation de produits de vieillissement acides dans l'huile</li><li>• Formation de boues</li><li>• Augmentation de la vitesse de vieillissement de l'huile</li></ul></li><li>– Dommages dus à la cavitation</li></ul>
<b>Sous forme de gel</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Réduction des fentes de lubrification en raison de dépôts<ul style="list-style-type: none"><li>• Augmentation des frottements et de la température</li><li>• Augmentation de l'usure des roulements</li></ul></li><li>– Dysfonctionnements au niveau des valves<ul style="list-style-type: none"><li>• Comportement de régulation instable</li></ul></li><li>– Détérioration des joints dynamiques<ul style="list-style-type: none"><li>• Fuites</li></ul></li><li>– Blocage des éléments filtrants<ul style="list-style-type: none"><li>• Durée de vie du filtre courte en raison de la formation de boues</li></ul></li><li>– Augmentation de la température des roulements en raison d'adhérences</li></ul>
<b>Gazeuse</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Cavitation</li><li>– Oxydation</li><li>– Surchauffe locale de l'huile<ul style="list-style-type: none"><li>• Augmentation de la vitesse de vieillissement de l'huile</li><li>• Régulation imprécise</li></ul></li></ul>

## Classes de propreté selon ISO 4406

### Détermination de la norme ISO

Dans l'ISO 4406, les comptages de particules sont déterminés de façon cumulative, à savoir  $> 4 \mu\text{m}^{(c)}$ ,  $> 6 \mu\text{m}^{(c)}$  et  $> 14 \mu\text{m}^{(c)}$  (manuellement par filtration du fluide à travers une membrane d'analyse ou automatiquement à l'aide de compteurs de particules) et affectés à des chiffres de référence.

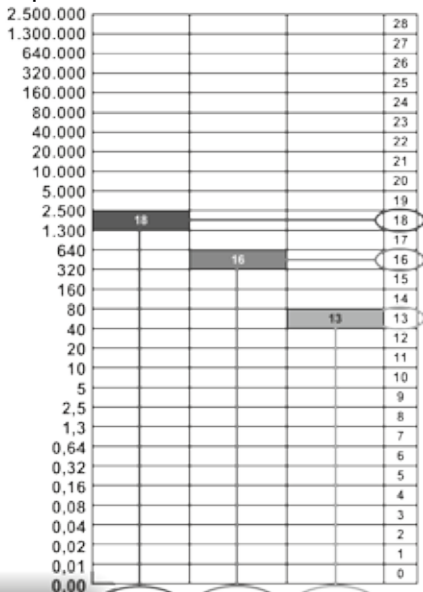
Classe ISO	Nombre de particules/100 ml		Teneur en polluants (ACFTD)
	plus de	à ... inclus	[mg/l]
0	0,5	1	–
1	1	2	–
2	2	4	–
3	4	8	–
4	8	16	–
5	16	32	–
6	32	64	0,001
7	64	130	–
8	130	250	–
9	250	500	–
10	500	1 000	0,01
11	1 000	2 000	–
12	2 000	4 000	–
13	4 000	8 000	0,1
14	8 000	16 000	–
15	16 000	32 000	0,2
16	32 000	64 000	0,5
17	64 000	130 000	1
18	130 000	250 000	3
19	250 000	500 000	5
20	500 000	1 000 000	7/10
21	1 000 000	2 000 000	20
22	2 000 000	4 000 000	40
23	4 000 000	8 000 000	80
24	8 000 000	16 000 000	–
25	16 000 000	32 000 000	–
26	32 000 000	64 000 000	–
27	64 000 000	130 000 000	–
28	130 000 000	250 000 000	–
> 28	250 000 000		



## Exemple : Code ISO 18/16/13

Nombre de particules par ml

Classe de propreté



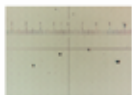
Exemple :

plus grand que  $4 \mu\text{m}_{0,5}$  = 2.340

plus grand que  $6 \mu\text{m}_{0,5}$  = 595

plus grand que  $14 \mu\text{m}_{0,5}$  = 43

Code ISO = 18 / 16 / 13



> 4  $\mu\text{m}$

> 6  $\mu\text{m}$

> 14  $\mu\text{m}$

## Classes de propreté selon SAE AS 4059

La SAE AS 4059 décrit comme l'ISO 4406, les concentrations en particules dans les fluides. Les procédures d'analyses peuvent être utilisées en analogie à l'ISO 4406 et la NAS 1638.

Taille ISO 4402 Etalonnage ou comptage optique*		> 1 $\mu\text{m}$	> 5 $\mu\text{m}$
Taille ISO 11171, Etalonnage ou microscope électronique**		> 4 $\mu\text{m}_{(c)}$	> 6 $\mu\text{m}_{(c)}$
Codification des tailles		A	B
Classes de pollution	000	195	76
	00	390	152
	0	780	304
	1	1 560	609
	2	3 120	1 220
	3	6 250	2 430
	4	12 500	4 860
	5	25 000	9 730
	6	50 000	19 500
	7	100 000	38 900
	8	200 000	77 900
	9	400 000	156 000
	10	800 000	311 000
11	1 600 000	623 000	
12	3 200 000	1 250 000	

\* Tailles de particules déterminées selon la plus grande extension

\*\* Tailles des particules déterminées par rapport au diamètre du cercle de surface projetée équivalente

Les classes de propreté SAE sont basées sur la taille de particules, leur nombre et leur répartition. Comme les tailles de particules répertoriées dépendent du process de mesure et de l'étalonnage, elles sont désignées à l'aide de lettres (A – F).

Concentration en particules max. (particules/100 ml)			
> 15 µm	> 25 µm	> 50 µm	> 100 µm
> 14 µm <sub>(c)</sub>	> 21 µm <sub>(c)</sub>	> 38 µm <sub>(c)</sub>	> 70 µm <sub>(c)</sub>
C	F	E	F
14	3	1	0
27	5	1	0
54	10	2	0
109	20	4	1
217	39	7	1
432	76	13	2
864	152	26	4
1 730	306	53	8
3 460	612	106	16
6 920	1 220	212	32
13 900	2 450	424	64
27 700	4 900	848	128
55 400	9 800	1 700	256
111 000	19 600	3 390	512
222 000	39 200	6 780	1 020

## Classes de propreté selon NAS 1638

La NAS 1638, comme l'ISO 4406 et la SAE AS 4059, décrit les concentrations de particules dans les fluides. Ce standard n'existe cependant plus comme norme, mais est souvent encore utilisé dans la pratique en raison de sa simplicité d'utilisation (seulement un seul chiffre).

Les process d'analyses peuvent être utilisés comme pour l'ISO 4406.

Contrairement à l'ISO 4406, au niveau de la NAS 1638, des plages de tailles de particules précises sont comptées et affectées à ces chiffres.

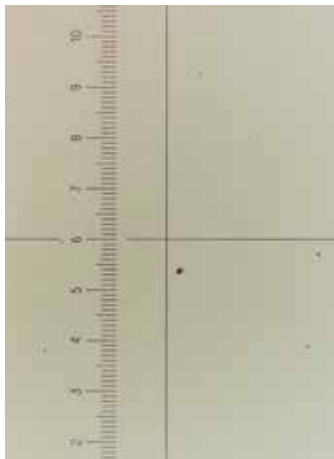
### Nombre de particules dans un échantillon de 100 ml

		Taille de particules (µm)				
		5-15	15-25	25-50	50-100	>100
Classes de propreté	00	125	22	4	1	0
	0	250	44	8	2	0
	1	500	89	16	3	1
	2	1 000	178	32	6	1
	3	2 000	356	63	11	2
	4	4 000	712	126	22	4
	5	8 000	1425	253	45	8
	6	16 000	1 850	506	90	16
	7	32 000	5 700	1 012	180	32
	8	64 000	11 600	2 025	360	64
	9	128 000	22 800	4 050	720	128
	10	256 000	45 600	8 100	1 440	256
	11	512 000	91 200	16 200	2 880	512
12	1 024 000	182 400	32 400	5 760	1 024	

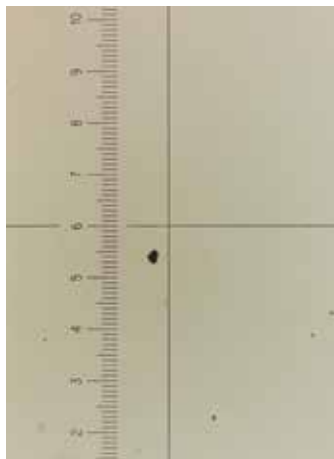


## Photo comparative pour classes de pollution

<b>ISO 4406</b>	<b>Classe 14/12/9</b>
<b>SAE AS 4059</b>	<b>Classe 4</b>
<b>NAS 1638</b>	<b>Classe 3</b>



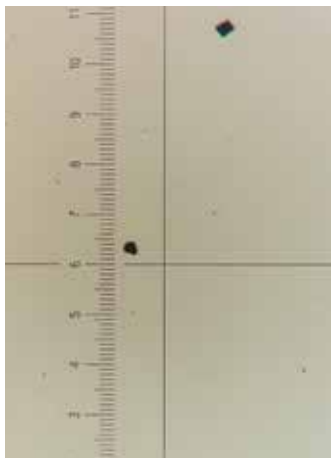
<b>ISO 4406</b>	<b>Classe 15/13/10</b>
<b>SAE AS 4059</b>	<b>Classe 5</b>
<b>NAS 1638</b>	<b>Classe 4</b>



Agrandissement : 100 fois  
Volume d'huile : 100 ml  
1 graduation = 10 µm

**ISO 4406**  
**SAE AS 4059**  
**NAS 1638**

**Classe 16/14/11**  
**Classe 6**  
**Classe 5**



**ISO 4406**  
**SAE AS 4059**  
**NAS 1638**

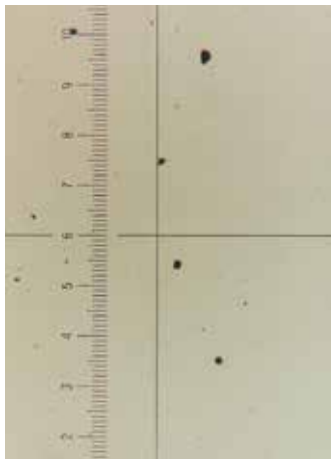
**Classe 17/15/12**  
**Classe 7**  
**Classe 6**



Agrandissement : 100 fois  
Volume d'huile : 100 ml  
1 graduation = 10  $\mu$ m

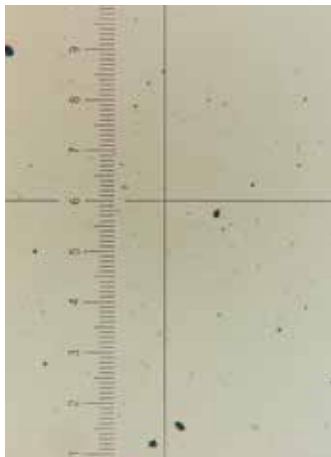
**ISO 4406**  
**SAE AS 4059**  
**NAS 1638**

**Classe 18/16/13**  
**Classe 8**  
**Classe 7**



**ISO 4406**  
**SAE AS 4059**  
**NAS 1638**

**Classe 19/17/14**  
**Classe 9**  
**Classe 8**

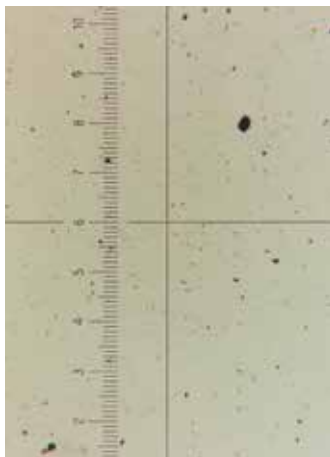


Agrandissement : 100 fois  
Volume d'huile : 100 ml  
1 graduation = 10 µm



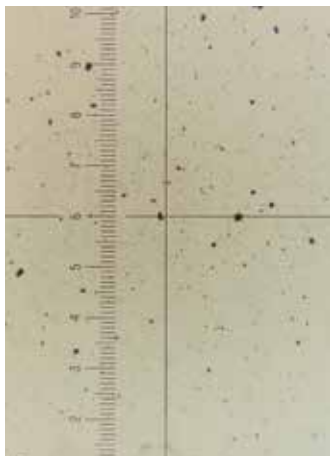
**ISO 4406**  
**SAE AS 4059**  
**NAS 1638**

**Classe 20/18/15**  
**Classe 10**  
**Classe 9**



**ISO 4406**  
**SAE AS 4059**  
**NAS 1638**

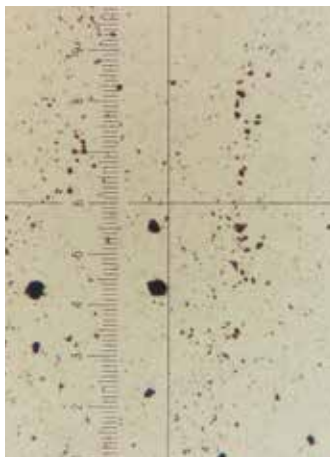
**Classe 21/19/16**  
**Classe 11**  
**Classe 10**



Agrandissement : 100 fois  
Volume d'huile : 100 ml  
1 graduation = 10 µm

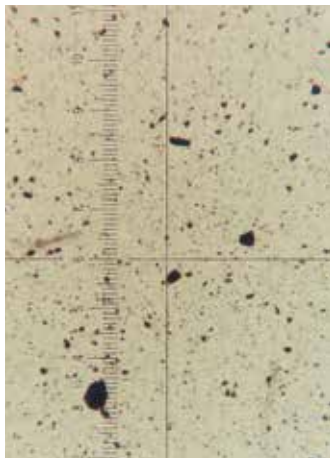
**ISO 4406**  
**SAE AS 4059**  
**NAS 1638**

**Classe 22/20/17**  
**Classe 12**  
**Classe 11**



**ISO 4406**  
**SAE AS 4059**  
**NAS 1638**

**Classe 23/21/18**  
**Classe 13**  
**Classe 12**



Agrandissement : 100 fois  
Volume d'huile : 100 ml  
1 graduation = 10 µm

## Exemples de pollution particulaire

### Essentiellement de la rouille, additifs (particules blanches)

Conséquences :

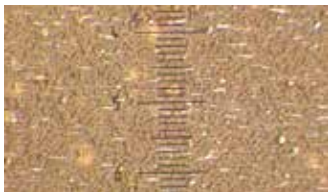
- Vieillessement important de l'huile
- Dysfonctionnements de pompes, valves
- Usure, souvent eau dans l'huile



### Produits de vieillissement de l'huile

Conséquences :

- Blocage des filtres
- Envasement du système



### Copeau métallique

Conséquences :

- Dysfonctionnements de pompes, valves
- Usure des joints
- Fuites
- Vieillessement de l'huile

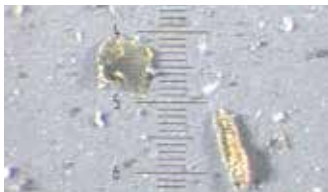


Agrandissement : 48 fois  
1 graduation = 45  $\mu\text{m}$

### **Particules voire copeaux de bronze, laiton ou cuivre**

Conséquences :

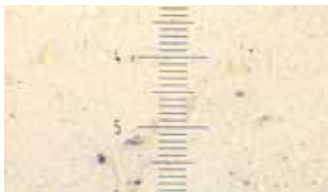
- Dysfonctionnements de pompes, valves
- Vieillessement de l'huile
- Fuites
- Usure des joints



### **Résidus gélatineux**

Conséquences :

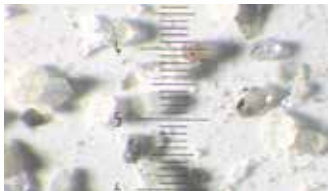
- Blocage des filtres
- Envasement du système



### **Silicates liés à un filtre à air manquant ou sous-dimensionné**

Conséquences :

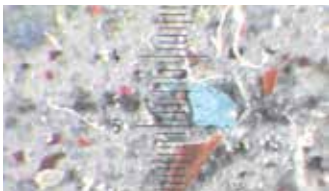
- Usure très forte des composants
- Dysfonctionnements de pompes, valves
- Usure des joints



**Particules colorées (rouge-brun)**  
**Particules de plastique (bleu)**

Conséquences :

- Dysfonctionnements de pompes, valves
- Usure des joints



**Fibres liées à la pollution initiale,**  
**à un réservoir ouvert, des chiffons**  
**etc.**

Conséquences :

- Bouchage des buses
- Fuites valves à clapet



Agrandissement : 48 fois  
1 graduation = 45  $\mu$ m

## Exigences de propreté des huiles hydrauliques et de

	Pression basse ou moyenne < 140 bar (conditions modérées)	
	ISO 4406 Classe de propreté cible	Finesse de filtration µm
<b>Pompes / moteurs</b>		
Engrenages ou palettes	20/18/15	20
Pistons	19/17/14	10
Palettes réglables	18/16/13	5
Pistons réglables	18/16/13	5
<b>Entraînements</b>		
Vérins	20/18/15	20
Entraînements hydrostatiques	16/15/12	3
Bancs d'essais	15/13/10	3 <sup>2)</sup>
<b>Valves</b>		
Clapet anti-retour	20/18/15	20
Distributeur	20/18/15	20
Régulateur de débit standard	20/18/15	20
Valve à clapet	19/17/14	10
Valve proportionnelle	17/15/12	3
Servovalve	16/14/12	3 <sup>2)</sup>
<b>Roulements</b>		
Palier lisse <sup>3)</sup>	18/15/12	10
Transmission <sup>3)</sup>	17/15/12	10
Roulement à billes <sup>3)</sup>	15/13/10	3 <sup>2)</sup>
Palier à rouleaux <sup>3)</sup>	16/14/11	5

## Exigences de propreté diesel

	Classe de propreté cible ISO
Réservoir	18/16/13
Système d'injection	12/10/8

1) De mauvaises conditions peuvent être générées par des variations importantes de débit, des pics de pression, de fréquents démarrages à froid, de très importantes entrées de polluants ou par la présence d'eau.

2) Deux ou plusieurs filtres système dotés de la finesse de filtration conseillée peuvent être nécessaires pour atteindre et maintenir la classe de propreté cible.

3) Valable dans la plage de diamètres moyens

# lubrification

Haute pression 140 - 200 bar (basse/moyenne dans de mauvaises conditions')		Très haute pression > 200 bar (haute pression dans de mauvaises conditions')	
ISO 4406 Classe de propreté cible	Finesse de filtration $\mu\text{m}$	ISO 4406 Classe de propreté cible	Finesse de filtration $\mu\text{m}$
19/17/14	10	18/16/13	5
18/16/13	5	17/15/12	3
17/15/12	3	non nécessaire	non nécessaire
17/15/12	3	16/14/11	3 <sup>2)</sup>
19/17/14	10	18/16/13	5
16/14/11	3 <sup>2)</sup>	15/13/10	3 <sup>2)</sup>
15/13/10	3 <sup>2)</sup>	15/13/10	3 <sup>2)</sup>
20/18/15	20	19/17/14	10
19/17/14	10	18/16/13	5
19/17/14	10	18/16/13	5
18/16/13	5	17/15/12	3
17/15/12	3	16/14/11	3 <sup>2)</sup>
16/14/11	3 <sup>2)</sup>	15/13/10	3 <sup>2)</sup>
non nécessaire	non nécessaire	non nécessaire	non nécessaire
non nécessaire	non nécessaire	non nécessaire	non nécessaire
non nécessaire	non nécessaire	non nécessaire	non nécessaire
non nécessaire	non nécessaire	non nécessaire	non nécessaire

4406	<b>Finesse de filtration en <math>\mu\text{m}</math></b>
	5 $\mu\text{m}$ (éléments single pass)
	5 $\mu\text{m}$ (éléments single pass)

Nous conseillons, pour la propreté du système, de rechercher à chaque fois un écart d'une classe ou mieux que la classe exigée pour les composants les plus sensibles. Filtration de remplissage/de rinçage, au minimum une finesse de filtration plus fine que la finesse du système. Selon DIN 51524, il faut garantir une classe de propreté ISO 21/19/16 pour une huile hydraulique neuve.

## Point de saturation

### Eau dissoute

#### Sous le point de saturation

- L'eau est présente sous forme dissoute - comme l'humidité dans l'air
- Toutes les molécules d'eau sont accolées aux éléments polarisés de l'huile (p.ex. additifs, particules, produits de vieillissement de l'huile)



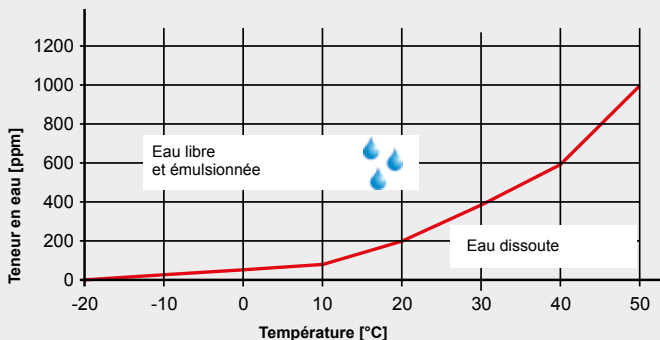
### Eau libre

#### Au-dessus du point de saturation

- L'eau est présente sous forme d'émulsion (similaire au brouillard) dans laquelle de très fines gouttelettes d'eau sont réparties dans une suspension d'huile stable. Ceci conduit à une huile trouble.
- L'eau est présente sous forme libre et tend en principe à se décanter au fond.

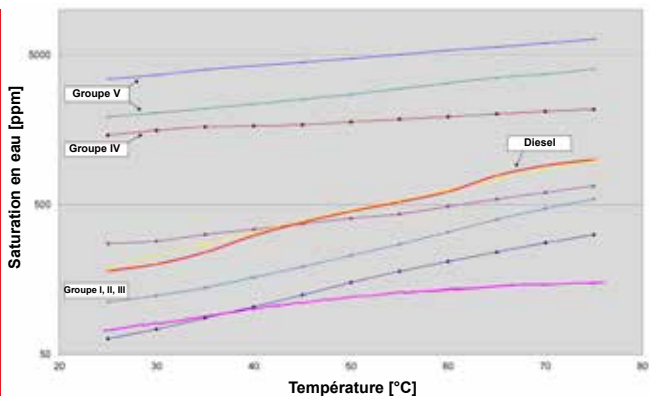


## Seuil de saturation en eau d'huile

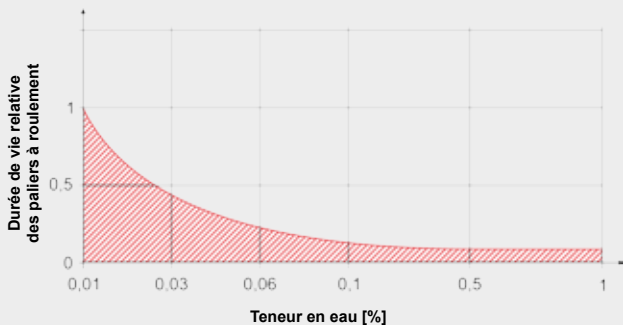




## Courbes de seuil de saturation en eau



## Durée de vie des roulements en fonction de la teneur en eau



Source : FAG/Schaeffler

## Varnish – process d'analyse

### Analyses laboratoires – vanish :

– MPC (MembranPatchColorimetry)

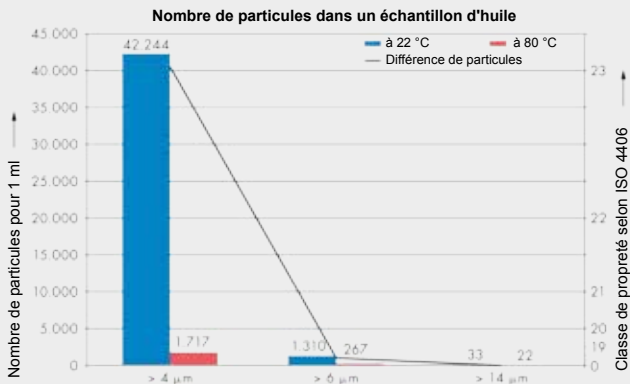
En référence à l'ASTM D7843-12



### Analyses laboratoires – spéciales :

– Mesure de particules à 20 °C et 80 °C

En référence à l'ISO 11500



## Photos d'exemple



Tiroir de valve  
avec dépôts



Echantillons d'huile à température  
ambiante avec un léger trouble

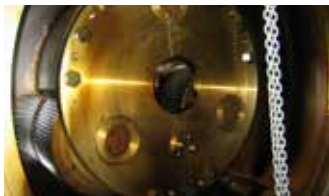


Membrane filtrante avant et  
après la rétention de varnish

## Images typiques de dépôts dans une turbine à vapeur



Fourreau d'accouplement



Etage du réducteur planétaire



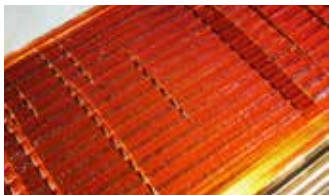
Roulements radiaux et axiaux d'une turbine



Pompe de secours d'huile



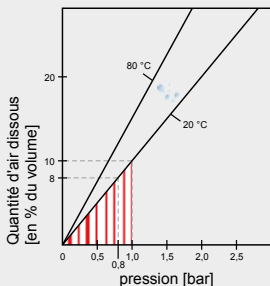
Denture de réducteur



Lamelles d'un refroidisseur d'huile (côté huile)

## Solubilité de l'air dans l'huile

### Dépendant de la pression et de la température

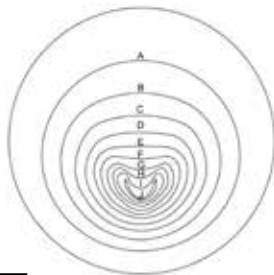


A 20 °C et 1 bar  
(pression atmosphérique)  
env. 10 % d'air dissous  
→ env. 10 litres d'air dans  
100 litres d'huile

En cas de baisse de pression  
à 0,8 bar  
plus que 8 % de l'air est soluble  
→ 2 litres d'air sont libérés dans  
100 litres d'huile !

## Viellissement de l'huile par cavitation

Bulles de gaz



Plage	Pression	Température
A	1 bar	38 °C
F	69 bar	766 °C
H	138 bar	994 °C
I	207 bar	1140 °C

Calamine / varnish

## Pouvoir de désaération d'une huile neuve








Valeurs limites de standards typiques pour une huile neuve

Type ISO VG	32	46	68	100	(150)	(>320)
Huile de turbines DIN 51515, ISO 8068	5	5	6	x	x	x
Huile hydraulique HLP/HM DIN 51524/2, ISO 11158	5	10	13	21	32	x

## Photos d'exemples



## Gamme de produits

Type de contamination	Appareils de mesure (online / offline)	
Solide	 ContaminationSensor <b>CS 1000</b>	 Metallic ContaminationSensor <b>MCS 1000</b>
	 ContaminationSensor Module Economy <b>CSM-E</b>	 FluidControl Unit <b>FCU 1315</b>
Liquide	 AquaSensor <b>AS 1000 &amp; AS 3000</b>	
	 ContaminationSensor Module Economy <b>CSM-E</b>	 FluidControl Unit <b>FCU 1315</b>
De type gel		
Gazeuse		

## Procédés de séparation typiques / appareils d'entretien de l'huile

### Élément filtrant



Mobile Filtration Unit  
**MFU**



OffLine Filter  
**OLF 5**



OffLine BiDirectionnel  
**OLFBD**

### Vaporisation sous vide



FluidAqua Mobil  
**FAM**

### Coalescence



OffLine Separator  
**OLS**

### Superabsorber



Mobile Filtration Unit  
**MFU**



Low Viscosity Housing  
Coalescer Diesel  
**LVH-CD**



Aquamicron  
**AM**

### Filtration par refroidissement



Varnish Elimination Unit  
**VEU-F**

### Echangeur d'ions



Ion eXchange Unit  
**IXU**

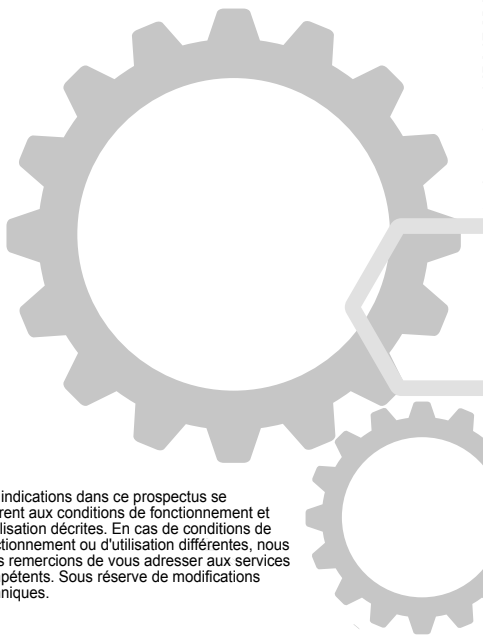
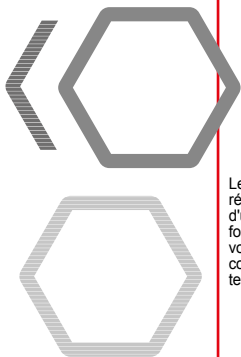
### Assèchement par le vide



FluidAqua Mobil  
**FAM**



OXiStop  
**OXS**



Les indications dans ce prospectus se réfèrent aux conditions de fonctionnement et d'utilisation décrites. En cas de conditions de fonctionnement ou d'utilisation différentes, nous vous remercions de vous adresser aux services compétents. Sous réserve de modifications techniques.

## **HYDAC FILTER SYSTEMS GMBH**

Industriegebiet

D-66280 Sulzbach (Saar)

Téléphone : +49 (0) 6897 509-01

Téléfax : +49 (0) 6897 509-9046

E-Mail : [filtersystems@hydac.com](mailto:filtersystems@hydac.com)

Internet : [www.hydac.com](http://www.hydac.com)