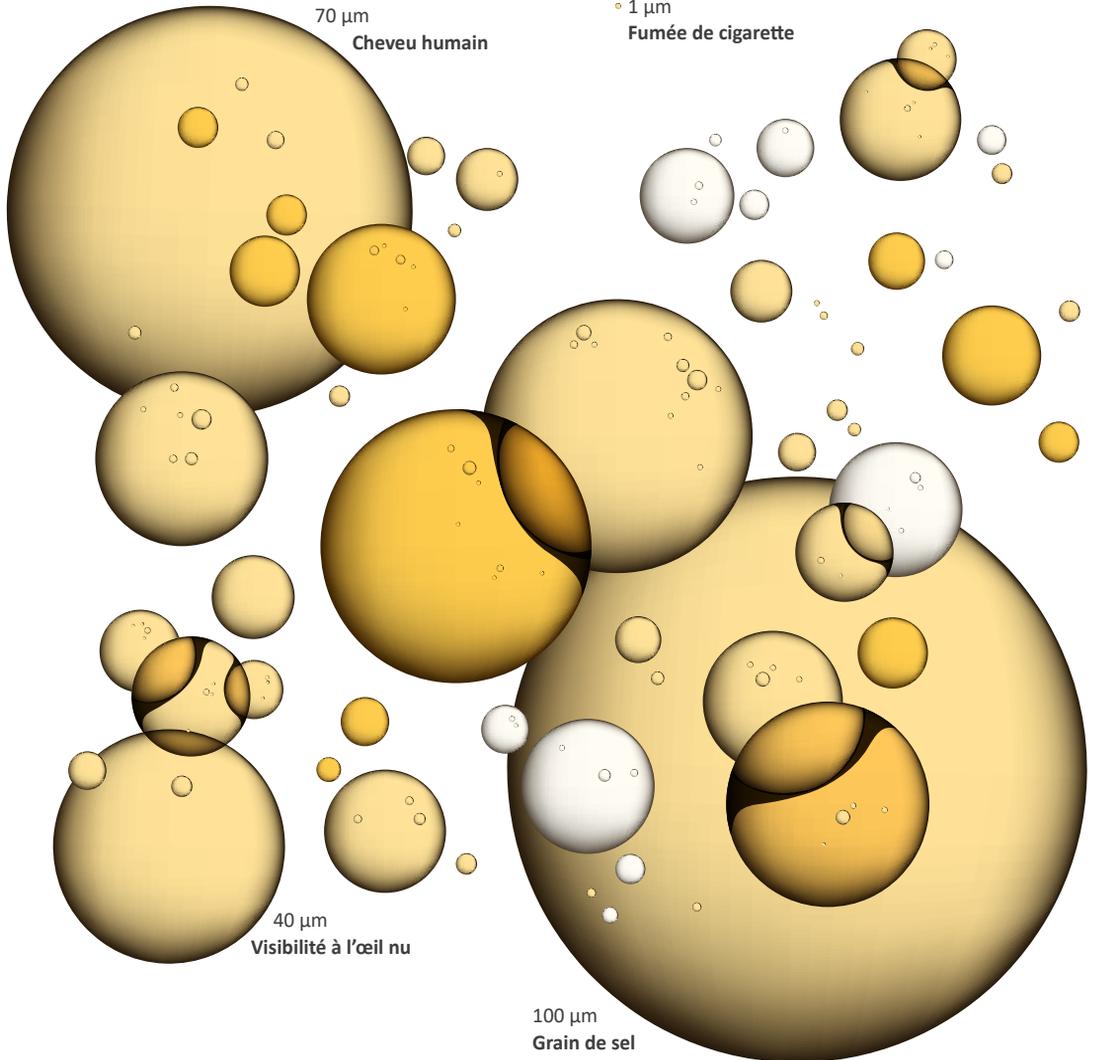




# Guide pour une huile propre

L'importance de l'entretien de l'huile



## **Guide pour une huile propre**

© 2019 C.C.JENSEN A/S

Ver. 011 | 11.2019

Version française

### Publié par :

C.C.JENSEN A/S

Svendborg, Danemark

### Sources :

Noria Corporation Inc.

Lars Arvidsson, « Chemistry in electrical apparatuses »

(La chimie dans les appareils électriques)

Västerås PetroleumKemi AB

MP Filtri

C.C.JENSEN A/S, service des formations et de l'éducation

C.C.JENSEN A/S, laboratoire

### Révision et mise en page :

C.C.JENSEN A/S, service marketing

Svendborg, Danemark

### Impression :

Tryk Team

Svendborg, Danemark

# Introduction

L'entretien est la dépense contrôlable la plus importante au sein d'une usine de fabrication. Pas moins de 80 % des pannes de machines étant liées à la contamination de l'huile, les méthodes proactives permettent chaque année aux industries de réaliser des économies considérables.

Cette brochure propose un aperçu des problèmes qu'engendre le manque de propreté de l'huile, de leurs causes et de leurs solutions. Toutes les informations présentées sont notoires et généralement acceptées. Cette brochure a été réalisée et publiée par des membres de la société C.C.JENSEN A/S. Nous vous invitons à tirer parti de l'expérience que nous avons acquise au cours des 65 dernières années en matière d'entretien de l'huile dans divers types d'applications. Le système de nettoyage de l'huile idéal est celui qui vous permettra de contrôler le niveau de tous les types de contamination.

Pour plus d'informations, nous vous recommandons de vous rendre sur le site [www.cjc.dk](http://www.cjc.dk).





# Table des matières

<b>Page</b>	<b>Chapitre</b>	<b>Page</b>	<b>Chapitre</b>
3	<b>Introduction</b>	28	Spectroscopie d'émission atomique (AES)
5	<b>Table des matières</b>	28	Plasma à couplage inductif (ICP)
7	<b>1 Contrôle de la contamination de l'huile</b>	28	Électrode à disque rotatif (RDE)
7	Usure dans les systèmes d'huile	29	Journal des analyses
8	Contamination par des particules	30	Analyse du vernis
10	Contamination par eau	30	Membrane Patch Colorimetric (MPC)
11	Eau dissoute	30	Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR)
11	Eau émulsifiée	31	Test Ultra Centrifuge (UC)
11	Eau libre	32	<b>4 Méthodes de nettoyage de l'huile</b>
13	Dégradation de l'huile	32	Types de filtres
14	Contamination par acidité	34	Filtre sous pression à base de fibres de verre
15	<b>2 Échantillonnage de l'huile</b>	35	Filtre hors ligne à base de cellulose
15	Où prélever un échantillon d'huile ?	36	<b>5 Définitions relatives à la filtration</b>
16	Comment prélever un échantillon d'huile ?	36	Filtration nominale
19	<b>3 Rapports d'analyse</b>	36	Filtration absolue
19	Un bon rapport d'analyse de l'huile répondra à des questions clés	36	Valeurs bêta
19	Ce qu'une analyse de l'huile doit inclure au minimum	37	Capacité de rétention des impuretés
20	Méthodes d'analyse et fréquence des analyses	37	Soupape de dérivation dans les filtres
21	Viscosité	38	<b>6 Méthodes d'installation</b>
21	Viscosité absolue/dynamique	38	Filtration à passage intégral (en ligne)
21	Viscosité cinématique	38	Filtration hors ligne
22	Numération des particules	40	<b>7 Économie</b>
22	Numération automatique des particules (ISO 11500)	41	<b>8 Commande d'un système de filtration</b>
22	Numération manuelle des particules (ISO 4407)	41	Dimensionnement du filtre à huile hors ligne
23	Tableau de classification ISO	42	<b>9 Systèmes d'entretien de l'huile CJC®</b>
24	Classes AS/NAS	43	<b>10 Gestion de l'huile et des systèmes d'huile</b>
25	Évaluation du nombre de particules et de la durée de vie de la machine	43	L'huile neuve dans un récipient
26	Niveau d'humidité	43	L'huile présente dans le système
26	Karl Fisher	44	<b>11 Recommandations relatives à l'achat d'huile</b>
27	Indices d'acidité et de basicité	44	Certificats de test et prélèvement d'échantillons
28	Analyse d'éléments	44	Réclamations
		45	Échantillonnage de l'huile neuve
		46	<b>12 Annexe</b>
		47	<b>13 Index</b>



## Contrôle de la contamination de l'huile

Le meilleur moyen de contrôler la contamination de l'huile consiste à empêcher les contaminants de pénétrer dans le système. Cela implique de s'assurer que tous les composants de la machine sont propres au moment de l'installation et que les systèmes d'huile sont soigneusement rincés avant d'être mis en service. En outre, le système d'huile doit être aussi bien protégé de l'environnement que possible, à l'aide de joints d'étanchéité et de joints plats intacts, ainsi que de reniflards de grande qualité permettant de retenir les particules fines et l'humidité (reniflards à dessiccateur et/ou à vessie).

L'huile doit être préfiltrée avant d'entrer en contact avec tout composant de la machine, de préférence par filtration continue dans l'installation de lubrification/zone de stockage ou, au moins, lors de son transfert vers les machines en fonctionnement.

Un bon contrôle de la contamination de l'huile implique également des procédures de maintenance en vue de rajouter de l'huile, de remplacer des pièces, de prélever des échantillons d'huile, etc.

### Usure dans les systèmes d'huile

Toute machine utilisant de l'huile pour la transmission de puissance, la lubrification ou la combustion sera affectée par l'état de l'huile. L'huile entre en contact avec tous les composants dans le système et doit être considérée comme très importante, tout comme le sang est important dans le corps humain.

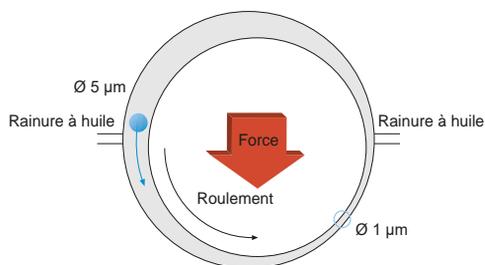


Figure 1 : Lubrification d'un roulement à billes  
Source : Västerås PetroleumKemi AB

# 1 Contrôle de la contamination de l'huile

## Contamination par des particules

Les particules solides sont impliquées dans la majorité des pannes de systèmes d'huile.

Les particules les plus nocives sont les particules de la taille des espaces vides aux dimensions similaires ou légèrement supérieures à la tolérance dynamique entre les pièces mobiles du système de lubrification (*figure 1, page 7*). Les tolérances dynamiques dans un système d'huile sont extrêmement fines. La figure 2 reprend les tolérances les plus fines constatées dans différents types de composants.

Film d'huile dynamique	
Composant	Épaisseur du film d'huile en microns ( $\mu\text{m}$ )
Roulements à billes, à glissières et à manchons	0,5-100
Cylindres hydrauliques	5-50
Moteurs, bague/cylindre	0,3-7
Servovannes et vannes proportionnelles	1-3
Pompes à engrenages	0,5-5
Pompes à piston	0,5-5
Roulements à éléments roulants/Roulements à billes	0,1-3
Engrenages	0,1-1
Joints dynamiques	0,05-0,5

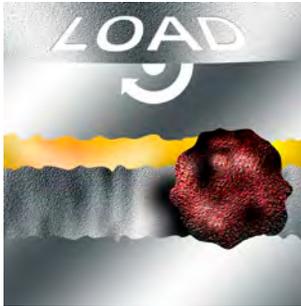
Figure 2 : Film d'huile dynamique

Source : Noria Corporation

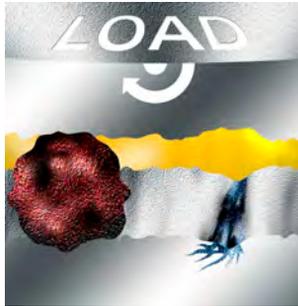
1  $\mu\text{m}$  = 1/1000 mm ou la même taille que la fumée de cigarette.

Lorsque de minuscules particules abrasives telles que le sable et la poussière pénètrent dans le système d'huile, elles pénètrent dans les composants critiques de la machine avec l'huile et restent coincées dans les espaces vides. Cela entraîne l'apparition de microfissures à la surface des roulements à billes, par exemple. Les cycles de charge et de contrainte diffusent les fissures sous la surface, entraînant la dégradation du métal et la formation de fortes éclaboussures (*figure 3, page 9*).

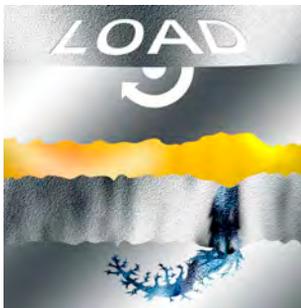
1. Piégeage de particules



2. Apparition de fissures



3. Expansion des fissures dues  
charge et à la contrainte



4. Défauts de surface + création  
de à la particules

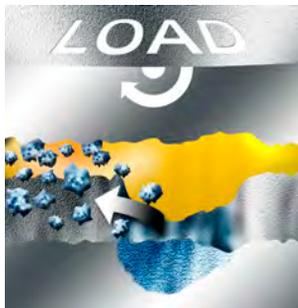


Figure 3 : Usure par fatigue

La présence de quantités excessives de particules sollicite l'additif contenu dans l'huile. Les détergents et les dispersants peuvent s'épuiser si la contamination par les particules n'est pas maîtrisée.

La propreté de l'huile en termes de contamination par les particules dépend de la sensibilité des composants de la machine et de l'ensemble des coûts qu'entraînerait une panne, comme le coût des pièces de rechange, les coûts d'immobilisation, les problèmes de sécurité, etc.

*Recommandations en vue de déterminer la propreté adéquate de l'huile : voir page 25.*

# 1 Contrôle de la contamination de l'huile

## Contamination par eau

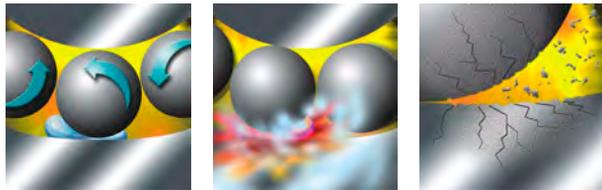
L'eau est responsable d'une part importante des pannes mécaniques. Dans certains systèmes d'huile fortement contaminés par l'eau, comme dans l'industrie papetière, l'eau est la principale cause de panne des composants.

L'eau réduit le pouvoir lubrifiant de l'huile, en raison de sa faible viscosité et de sa faible capacité de charge. Lorsque l'eau est exposée aux pressions élevées rencontrées dans les zones de charge, comme les roulements et les engrenages, les gouttelettes d'eau s'effondrent (elles implosent). Les microjets qui en résultent créent des micropiqûres dans les surfaces métalliques et peuvent même entraîner des contacts métalliques lorsque la vapeur d'eau éloigne momentanément l'huile. Les ions d'hydrogène libres dans l'eau peuvent encore aggraver la situation, car ils migrent dans les composants de la machine, rendant l'acier fragile et susceptible de se fissurer.

L'eau provoque également de la corrosion et de l'érosion, entraînant des dommages par piqûre.

En outre, l'eau agit comme un catalyseur pour la dégradation de l'huile, accélérant la tendance de l'huile à s'oxyder et à former des résines, des boues et des dépôts.

Figure 4 : Cavitation et piqûres



### Cavitation et piqûres

Ce problème se produit dans les espaces caractérisés par la présence d'eau et la compression d'huile. L'eau implose, créant des fissures sur les surfaces métalliques et entraînant une libération plus importante de particules.

De l'eau peut se trouver dans l'huile sous les formes suivantes :

- **Eau dissoute :**  
des molécules d'eau dispersées dans l'huile, comme l'humidité dans l'air.
- **Eau émulsifiée :**  
des globules d'eau microscopiques dispersés en suspension stable dans l'huile, comme le brouillard dans l'air.
- **Eau libre :**  
de l'eau qui se dépose facilement au fond du réservoir/carter d'huile, comme la pluie.

L'état de l'eau dans l'huile varie en fonction du type d'huile de base, des additifs, de la pression et de la température. Lorsque l'eau passe de l'état d'émulsion à celui d'eau libre, les **100 % d'humidité relative (100% HR)** sont dépassés, ce que l'huile est capable d'empêcher à une température et à une pression données (en fonction du type d'huile jusqu'à 60 % HR).

Une huile hydraulique à base minérale aura généralement un point de saturation (100 % HR) autour de 150 ppm d'eau dans l'huile à 20 °C. Mais cette huile peut dissoudre jusqu'à 500 ppm d'eau à 60 °C, toujours à une humidité relative de 100 %. Par conséquent, une humidité relative de 50 % peut correspondre à environ 250 ppm à 60 °C.

D'autres types d'huile auront des points de saturation différents, les huiles moteur SAE ayant les points de saturation les plus élevés et pouvant contenir jusqu'à quelques milliers de ppm d'eau en solution. En outre, les huiles moteur SAE créeront principalement des émulsions d'eau et libéreront rarement de l'eau libre.

# 1 Contrôle de la contamination de l'huile

Même de l'eau en solution peut endommager l'huile et les composants de la machine. Il convient donc de faire tout ce qui est raisonnable pour maintenir les niveaux d'eau dans l'huile aussi bas que possible. Il est recommandé de maintenir l'eau sous les 60 % du niveau de saturation, quelle que soit la machine.

L'élimination de l'eau peut prolonger la durée de vie des roulements, des pompes, des vannes, des injecteurs, etc. (voir figure 29 en annexe, page 46).

Malheureusement, de nombreux rapports d'analyse de l'huile indiquent de manière très inexacte que la teneur en eau est de « < 0,1 % », c'est-à-dire inférieure à 1 000 ppm. Pour connaître la teneur totale en eau, demandez un test de titrage Karl Fisher (voir page 26 pour en savoir plus).

## L'eau ne doit pas se trouver sous la forme d'émulsion ou d'eau libre dans l'huile

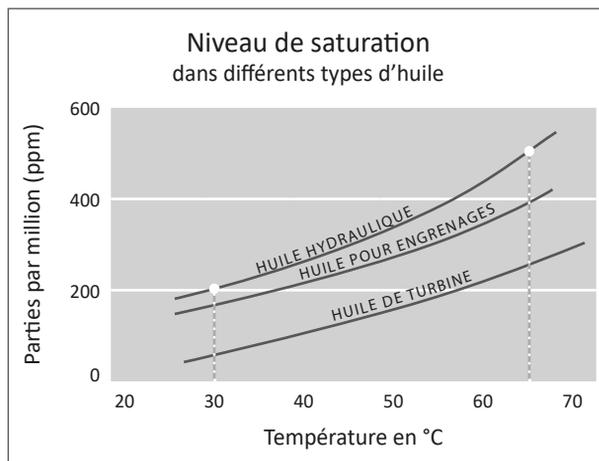


Figure 5 : Niveaux de saturation dans différents types d'huile. Source : MP Filtri

### Exemples :

Huile hydraulique à 30 °C = 200 ppm = 100 % de saturation

Huile hydraulique à 65 °C = 500 ppm = 100 % de saturation

## Dégradation de l'huile

### Oxydation Boues Dépôts

Les produits de dégradation de l'huile – ou contaminants mous – constituent un problème répandu dans la plupart des industries. Ce sont des précurseurs de dépôts, souvent appelés vernis, qui sont connus pour poser des problèmes à la fois dans les systèmes d'huile hydraulique et de lubrification.

Lorsque l'huile se dégrade en raison de températures élevées, d'une contamination par l'eau ou d'une contamination chimique, comme en présence de cuivre, la composition et les propriétés fonctionnelles de l'huile sont modifiées, ce qui entraîne la formation de produits suivants :

- Acidité dans l'huile
- Composés polymérisés qui sont dissous dans de l'huile chaude (appelés « boues » ou « résines »)
- Vernis précipitant sous forme de dépôts sur les composants plus froids de la machine

Les vernis forment une couche collante sur les surfaces métalliques et peuvent facilement entraîner l'obstruction de faibles tolérances, causant par exemple le grippage des vannes de contrôle directionnel. Des particules dures de toutes tailles sont alors piégées dans cette couche collante, créant une surface abrasive similaire à du papier de verre qui accélère radicalement l'usure de la machine.

Figure 6 :  
Dépôts sur  
un piston  
de vanne



Entre autres conséquences, le vernis peut rendre les refroidisseurs d'huile inefficaces, obstruer les conduits d'huile ou les filtres sous pression en ligne, réduire la lubrification des roulements, etc.

L'apparition de problèmes causés par des produits de dégradation de l'huile dans un système d'huile spécifique dépend de la sensibilité des composants de la machine.

Les boues et les vernis peuvent être retirés de l'huile : *veuillez vous reporter à la section « Méthodes de nettoyage de l'huile » à la page 32.*

# 1 Contrôle de la contamination de l'huile

## Contamination par acidité

L'acidité peut être présente dans l'huile sous la forme de sous-produits issus de la dégradation de l'huile, de la combustion d'un gaz ou d'un carburant, de l'hydrolyse de liquides à base d'ester, etc. Le taux d'acidité dans l'huile doit être limité, étant donné que ce phénomène conduit à la corrosion chimique des composants de la machine et réduit la durée de vie de l'huile, entre autres effets indésirables.

L'indice d'acidité, également appelé « AN » ou « TAN », est mesuré par titrage à l'aide d'une base ou d'un alcalin fort, et est exprimé en milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaires pour neutraliser l'acidité dans un gramme d'huile (mg KOH/g).

*Reportez-vous à la page 27 pour en savoir plus.*

L'indice d'acidité ne peut pas augmenter de plus de 0,5 AN par rapport à une huile neuve. Si une augmentation supérieure à 1 AN est observée, il convient de prendre des mesures immédiatement (si l'huile neuve a un indice de 0,5 AN, alors 1,0 AN correspond à une valeur d'avertissement et 1,5 AN à une valeur d'alarme).

L'acidité peut être neutralisée ou éliminée de l'huile de différentes manières. La solution la plus évidente consiste à utiliser l'alcalinité de l'huile pour neutraliser l'acidité entrante. Cette opération s'effectue dans de l'huile de lubrification pour moteurs à essence et diesel à l'aide d'indices de basicité (« BN » ou « TBN ») élevés. De manière générale, il convient de remplacer l'huile de lubrification si le BN tombe en dessous de 30 % de celui de l'huile de lubrification neuve.

L'acidité formée par hydrolyse dans les liquides à base d'ester (liquides HFD), utilisés notamment dans les systèmes de contrôle des turbines, peut entraîner de nombreux dommages. Des indices d'acidité vingt fois supérieurs à ceux de l'huile neuve, qui ont déjà été observés, entraînent une corrosion sévère par acidité des composants du système. Dans ces liquides, l'indice d'acidité peut être réduit et stabilisé à l'aide d'un catalyseur neutralisant comme de la résine échangeuse d'ions, de la terre à foulon ou des oxydes d'aluminium. C.C.JENSEN propose un tel produit échangeur d'ions combiné à des filtres fins dans son portefeuille.

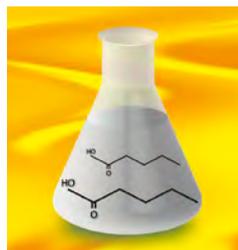


Figure 7 :

*L'huile avec un AN/TAN élevé a une faible durée de vie*

## Échantillonnage de l'huile

Pour obtenir des échantillons représentatifs :  
Prélevez l'échantillon dans des conditions de fonctionnement (température, charge, etc.)

L'échantillonnage de l'huile vise à utiliser l'huile comme un baromètre de l'état de la machine. Cela peut permettre de prendre des mesures proactives afin d'atteindre le plus haut niveau de performance et de fiabilité de la machine au coût le plus bas possible. Les échantillons initiaux servent à établir des points de repère et à identifier les machines dont les niveaux sont critiques. L'échantillonnage de routine sert à prouver que les objectifs sont atteints et peut également révéler une usure anormale devant être corrigée.

La qualité des résultats d'analyse dépend avant tout d'un bon échantillonnage et d'une manipulation adéquate de l'échantillon, mais aussi de la qualité du laboratoire qui effectue l'analyse. L'importance de savoir où et comment prélever un échantillon est primordiale et requiert une attention particulière.

### Où prélever un échantillon d'huile ?

Comme indiqué sur la figure 8, prélevez l'huile de préférence à partir d'un tuyau ou d'un coude orienté vers le haut dans des conditions d'écoulement turbulent afin d'obtenir un échantillon représentatif. Les points d'échantillonnage situés sur le périmètre inférieur d'un tuyau ont tendance à favoriser le dépôt de particules dans la vanne de prélèvement.

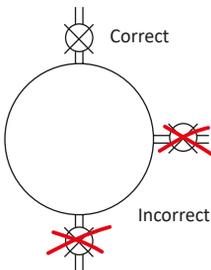


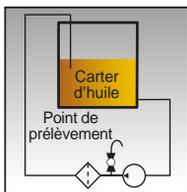
Figure 8 :  
Section de tuyau avec  
vannes de prélèvement

Source :  
Västerås  
PetroleumKemi AB

Le meilleur endroit pour prélever un échantillon afin de voir comment se portent les composants de la machine est situé en aval de la machine, avant toute filtration et avant que l'huile ne soit renvoyée dans le réservoir du système. Vous obtiendrez ainsi le résultat non dilué de toute usure apparue dans la machine.

La meilleure garantie pour une huile propre dans le système consiste à prélever un échantillon à partir de la partie la plus contaminée du système d'huile, à savoir le drain de fond du réservoir du système. Ce drain de fond est généralement l'endroit par où le système de filtre à huile hors ligne/en boucle de dialyse est raccordé. Un résultat d'analyse satisfaisant obtenu à partir d'un échantillon prélevé entre la pompe et le boîtier d'un filtre hors ligne constitue donc la meilleure garantie de la pureté de l'huile et du système.

# 2 Échantillonnage de l'huile



Si aucun système de filtration hors ligne n'est installé, une pompe de prélèvement d'échantillon à vide est une option valide. Dans ce cas, l'échantillon doit être prélevé à 10 cm (4 pouces) de la partie la plus basse du réservoir (voir page 18).

## Comment prélever un échantillon d'huile ? - entre la pompe et le filtre hors ligne

Pour prélever un échantillon d'huile, il faut :

- une bouteille en verre ou en plastique dur certifiée sans particules (100-200 ml) ;
- un chiffon ;
- un récipient à huile ouvert d'une capacité d'environ quatre litres (un gallon américain).

Veuillez lire attentivement les instructions ci-dessous avant de procéder à un prélèvement d'huile.

## Étapes de l'échantillonnage de l'huile

Assurez-vous que le système d'huile connaît des conditions de fonctionnement stables.

1. Placez le récipient à huile sous la vanne de prélèvement.
2. Ouvrez et fermez la vanne cinq fois avant de la laisser ouverte.
3. Rincez le tuyau en laissant un litre (un quart de gallon) s'écouler dans le récipient.
4. Ouvrez la bouteille de prélèvement tout en gardant le bouchon dans la main pour éviter de le contaminer.
5. Placez la bouteille sous le flux d'huile **sans toucher la vanne de prélèvement ni le tuyau de vidange.**
6. Remplissez la bouteille à 80 % environ.
7. Placez le bouchon sur la bouteille immédiatement après avoir prélevé l'échantillon.
8. Fermez la vanne de prélèvement.
9. Remplissez l'étiquette et collez-la sur la bouteille de prélèvement.
10. Emballez la bouteille de prélèvement dans un sac en plastique et dans une boîte en carton, puis envoyez-la par courrier ou par messenger.

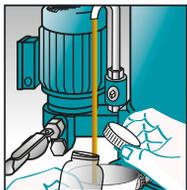
**Tous les échantillons doivent clairement indiquer le numéro, le lieu de prélèvement, la date et le type d'huile ou sa marque (voir l'exemple à la page 17).**

Figure 9 : Prélèvement d'huile entre la pompe et le filtre à huile hors ligne

Étapes 1 à 3



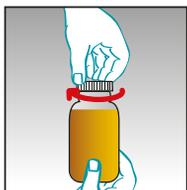
Étape 4



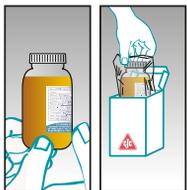
Étapes 5 et 6



Étape 7



Étapes 8 à 10

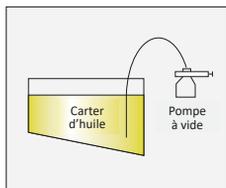


 <b>OIL SAMPLING</b>		Date: 01.07.14
Customer & Site:	COMPANY NAME	
Customer Contact Person:	MR. JENSEN	
Type of Industry:	MARINE	
System Type:	HYDRAULIC UNIT	
Machine Brand:	BRAND NAME	
Sampling Point:	BEFORE OFFLINE FILTER	
Fluid Brand & Type:	OIL NAME	
Sample No.:	1	CJC Sales Responsible: XXX
System/Tank Volume:	2800 L	CJC™ Filter Type: HDU
Fluid Temperature:	50° C	CJC™ Insert Type: B9 15/25
Fluid Operating Hours:	8000	CJC™ Filter Pressure (bar): 0,5
Note:		

Figure 10 : Étiquette d'échantillon d'huile CJC®

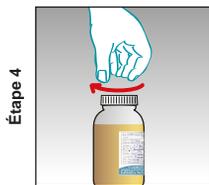
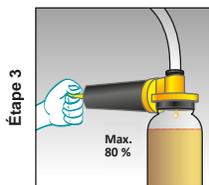
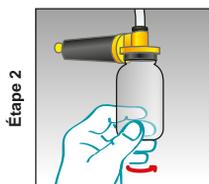
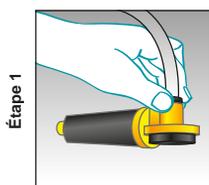
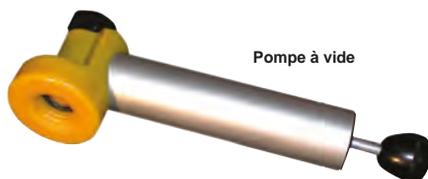
**N'oubliez pas qu'il est  
impossible de prélever  
un échantillon qui soit plus propre  
que l'huile du système,  
mais qu'il est facile de le contaminer !**

# 2 Échantillonnage de l'huile



## Comment prélever un échantillon d'huile ? – à l'aide d'une pompe à vide

Suivez les instructions fournies avec le kit de la pompe.  
Les illustrations ci-dessous représentent le kit d'échantillonnage de l'huile CJC®.



## Étapes de l'échantillonnage de l'huile

1. Découpez un morceau de tuyau de la longueur qui convient à partir du rouleau. **Utilisez un nouveau tuyau à chaque fois.** Introduisez le tuyau dans la tête de la pompe. Rincez toujours le tuyau en laissant 2 litres d'huile s'écouler avant de prélever l'échantillon.
2. Ajustez la bouteille en la vissant sur la tête de la pompe.
3. Créez un vide dans la bouteille en quelques coups de pompe et remplissez la bouteille à environ 80 %.
4. Refermez le couvercle.

Abaissez l'extrémité libre du tuyau en plastique jusqu'à 10 cm (4 pouces) au-dessus de la partie la plus basse du réservoir, au centre du réservoir.

### Veillez à ne pas toucher les parois ou le fond du réservoir avec le tuyau.

Il peut être plus facile de positionner le tuyau de prélèvement en attachant celui-ci à une tige. L'utilisation d'un tube de Pitot fixe, placé à un tiers de la hauteur du réservoir, peut également être recommandée.

Une fois la bouteille scellée, assurez-vous que **toutes les informations requises sont indiquées sur l'étiquette**, comme dans l'exemple fourni à la page 17.

Figure 11 :  
Prélèvement  
d'huile à l'aide  
d'une pompe à vide

## Rapports d'analyse

La durée de vie restante d'une huile peut être déterminée en observant l'huile de base et les additifs lors d'une analyse de l'huile. En règle générale, le niveau d'additif dans l'huile usagée doit être au moins égal à 70 % du niveau d'additif de l'huile neuve (réf. Noria Corporation).

Il est donc essentiel d'échantillonner chaque fût/lot d'huile entrant pour établir la ligne de base. Cela permettra également d'éviter l'utilisation d'un lot d'huile défectueux.

Il est coûteux et inutile de déterminer s'il convient de remplacer l'huile en fonction du temps ou des heures de fonctionnement.

Il est préférable de changer l'huile en fonction des conditions d'utilisation et c'est là que l'analyse d'huile peut être utile.

### Un bon rapport d'analyse de l'huile répondra aux questions clés suivantes :

- L'huile convient-elle pour une utilisation supplémentaire ? En d'autres termes, les propriétés de l'huile de base et les additifs sont-ils encore intacts ?
- Dans quel état se trouve la machine ? Des signes d'usure critiques sont-ils apparus ?
- Quel niveau de contamination est évident ? Les joints, les reniflards et les filtres fonctionnent-ils efficacement ?
- La dégradation de l'huile s'accélère-t-elle ? Un grave problème de vernis pourrait-il se produire bientôt ?



Figure 12 :  
Huile hydraulique dégradée  
par rapport à une huile neuve  
Source : C.C.JENSEN A/S

### Ce qu'une analyse de l'huile doit inclure au minimum :

- Viscosité
- Numération des particules
- Humidité/Teneur en eau en ppm
- Niveau d'acidité
- Analyse d'éléments (usure et niveau d'additif)

Il est recommandé que les analyses soient effectuées par un laboratoire indépendant possédant une connaissance approfondie des lubrifiants ainsi que de l'application spécifique pour laquelle l'huile est utilisée.

D'autres analyses peuvent également être importantes, en fonction de l'application. Dans les systèmes d'huile sujets aux problèmes de vernis (comme les turbines à gaz et les systèmes de commande hydraulique), il est recommandé de procéder à un test pour déterminer la probabilité d'apparition de vernis.

Les huiles lubrifiantes pour moteurs diesel doivent être testées pour déterminer la dilution du carburant, la présence de suie, l'indice de basicité (BN), etc. Différents types d'analyses de l'huile seront nécessaires en fonction des applications. Cette brochure se concentrera sur les cinq analyses les plus fréquemment réalisées.

## **Méthodes d'analyse et fréquence des analyses**

Avant d'établir une tendance, il est important de disposer d'un échantillon de référence de l'huile neuve fraîche. Il servira de référence pour une comparaison ultérieure, notamment pour vérifier si les additifs sont toujours intacts.

Lors de la phase de mise en œuvre d'un système de surveillance de l'état de l'huile, il convient d'effectuer des analyses fréquemment, au moins tous les trois mois, l'idéal étant une fois par mois, afin d'établir une tendance. Une tendance pertinente se base sur un minimum de cinq échantillons successifs prélevés dans le même système d'huile dans les mêmes conditions de fonctionnement.

Chaque système d'huile doit disposer d'un journal dans lequel les résultats d'analyse sont consignés. Ce journal de bord doit également contenir des informations sur le type d'huile, les changements d'huile, les pannes, le code de propreté ISO visé et les résultats d'analyse de l'huile.

## Viscosité

La viscosité est la propriété la plus importante d'un lubrifiant. Ce dernier sépare les surfaces de la machine tout en étant soumis à une charge importante, à un mouvement de rotation et à d'autres contraintes. Des variations de la viscosité aussi faibles qu'une augmentation ou qu'une diminution de 15 % peuvent provoquer un dysfonctionnement et une usure importante de la machine.

La mesure de la viscosité s'effectue à une température de 40 °C, à moins que d'autres exigences aient été formulées. Les huiles de lubrification pour moteur sont souvent testées à 100 °C. Comme la viscosité varie en fonction de la température, il convient de toujours indiquer la température à laquelle elle est mesurée.

La **viscosité absolue/dynamique (cP)** correspond à la résistance mesurée lorsqu'un fuseau est agité dans l'huile dans un récipient pour liquides (chauffé à 40 ou à 100 °C). La viscosité absolue/dynamique en cP est déterminée après 5 minutes à la vitesse et à la température sélectionnées.

La **viscosité cinématique (cSt)** peut être calculée en divisant la viscosité dynamique par la densité de l'huile. La viscosité cinématique peut également être mesurée à l'aide d'un tube de verre calibré en forme de « U » : un viscosimètre.

Notez que, conformément à la norme DIN 51519, la viscosité peut varier de 10 % ; cela signifie que l'ISO VG 320 peut être compris dans une plage allant de 288 à 352 cSt.

En ce qui concerne l'indice de viscosité, la viscosité cinématique à 40 et à 100 °C est fournie dans les tableaux de viscosité/température standard ASTM pour les produits pétroliers liquides (ASTM D 341).

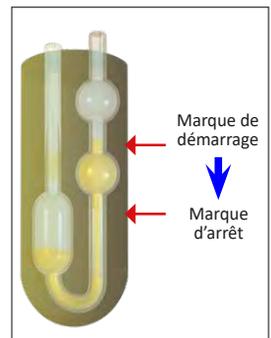
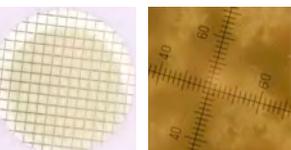


Figure 13 :  
Le viscosimètre mesure  
la viscosité cinématique (cSt)

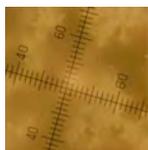


Figure 14 :  
Équipement permettant de tester  
la viscosité dynamique (cP)

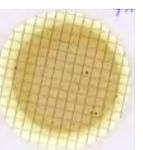
## Numération des particules



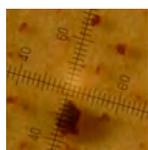
ISO 11/10/6



Étant donné que la contamination de l'huile par les particules est l'une des principales causes de panne des machines, il est essentiel de surveiller le niveau de contaminants durs. La méthode ISO 4406/2017, qui codifie les niveaux de contamination par des particules solides, est un système de classification qui convertit un nombre de particules donné en une classe ISO. Il ne s'agit pas d'une méthode de test.



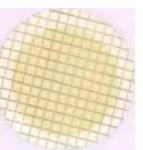
ISO 18/17/15



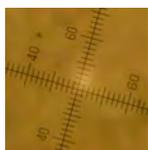
Les méthodes de test les plus fréquemment utilisées pour compter les particules sont les suivantes :

### Numération automatique des particules (conformément à la norme ISO 11500)

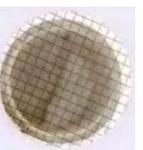
Le niveau de contamination d'un échantillon liquide est déterminé par numération automatique des particules, en utilisant le principe d'extinction de la lumière.



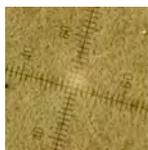
ISO 13/12/7



Compteurs automatiques de particules :  $\geq 4$ ,  $\geq 6$  et  $\geq 14 \mu\text{m}$  (certains types prennent également en charge de plus grandes tailles)

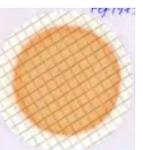


ISO 20/18/13

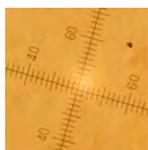


### Numération manuelle des particules (conformément à la norme ISO 4407)

Les particules sont comptées manuellement à l'aide de membranes (taille des pores : max.  $1,5 \mu\text{m}$ ) et d'un microscope optique.



ISO 15/13/8



Tailles des particules comptées lors d'une numération manuelle :  $\geq 2$ ,  $\geq 5$  et  $\geq 15 \mu\text{m}$

Conformément à la norme ISO 4407, la numération des particules de  $5$  et  $15 \mu\text{m}$  équivaut à la numération des particules de  $6$  et  $14 \mu\text{m}$  lorsque l'on utilise un compteur de particules automatique calibré conformément à la norme ISO 11171.



ISO 24/23/20



Figure 15 : Membranes de test et photographies microscopiques de divers niveaux de contamination

## Tableau de classification ISO

Un échantillon d'huile neuve en vrac caractéristique contient dans 100 ml d'huile :

450 000 particules  $\geq 4 \mu\text{m}$   
 120 000 particules  $\geq 6 \mu\text{m}$   
 14 000 particules  $\geq 14 \mu\text{m}$

Dans le tableau de classification ISO (à droite), cet échantillon d'huile correspond à une classe de contamination de 19/17/14.

Certains laboratoires donnent le nombre de particules par millilitre et non par 100 millilitres (principalement aux États-Unis).

Remarque : la classe ISO est une échelle logarithmique. Cela signifie qu'un doublement du nombre de particules entraîne le passage à la classe ISO supérieure.

Nombre de particules par 100 ml de liquide en fonction de leur taille		
Supérieur à	Inférieur à	Classe ISO
8 000 000	16 000 000	24
4 000 000	8 000 000	23
2 000 000	4 000 000	22
1 000 000	2 000 000	21
500 000	1 000 000	20
<b>250 000</b>	<b>500 000</b>	<b>19</b>
130 000	250 000	18
<b>64 000</b>	<b>130 000</b>	<b>17</b>
32 000	64 000	16
16 000	32 000	15
<b>8 000</b>	<b>16 000</b>	<b>14</b>
4 000	8 000	13
2 000	4 000	12
1 000	2 000	11
500	1 000	10
250	500	9
130	250	8
64	130	7
32	64	6

Figure 16 : Classes de contamination conformément à la norme ISO 4406/2017

## Classes AS/NAS

En 2001, la norme américaine NAS 1638 a été remplacée par la norme AS4059 (version E), ce qui est considéré comme une avancée significative, car elle présente les données sous forme de nombres cumulés ( $> X \mu\text{m}$ ) plutôt que d'intervalles ( $X\text{-}Y \mu\text{m}$ ), introduit un nettoyant (classe 000) et étend la fourchette de tailles à des tailles plus petites ( $> 4 \mu\text{m}$ ) afin de permettre une plus grande sensibilité.

**Tableau de correspondance entre les systèmes ISO et AS/NAS**

Taille	Limites maximales de contamination (particules/100 ml)				
	> 1 $\mu\text{m}$	> 5 $\mu\text{m}$	> 15 $\mu\text{m}$	> 25 $\mu\text{m}$	> 50 $\mu\text{m}$
ISO 4402*	> 1 $\mu\text{m}$	> 5 $\mu\text{m}$	> 15 $\mu\text{m}$	> 25 $\mu\text{m}$	> 50 $\mu\text{m}$
ISO 11171**	> 4 $\mu\text{m(c)}$	> 6 $\mu\text{m(c)}$	> 14 $\mu\text{m(c)}$	> 21 $\mu\text{m(c)}$	> 38 $\mu\text{m(c)}$
Code de taille	A	B	C	D	E
Classe 000	195	76	14	3	1
Classe 00	390	152	27	5	1
Classe 0	780	304	54	10	2
Classe 1	1 560	609	109	20	4
Classe 2	3 120	1 220	217	39	7
Classe 3	6 520	2 430	432	76	13
Classe 4	12 500	4 860	864	152	26
Classe 5	25 000	9 730	1 730	306	53
Classe 6	50 000	19 500	3 460	612	106
Classe 7	100 000	38 900	6 920	1 220	212
Classe 8	200 000	77 900	13 900	2 450	424
Classe 9	400 000	156 000	27 700	4 900	848
Classe 10	800 000	311 000	55 400	9 800	1 700
Classe 11	1 600 000	623 000	111 000	19 600	3 390
Classe 12	3 200 000	1 250 000	222 000	39 200	6 780

\* ISO 4402 ou microscope optique.

Taille des particules en fonction de la plus longue dimension

\*\* ISO 11171 ou microscope électronique.

Taille des particules en fonction du diamètre équivalent à la surface projetée

Figure 17 : Comparaison entre le système de codage de la propreté AS4059 et le système ISO

## Évaluation du nombre de particules et de la durée de vie de la machine

La figure 28, à la page 46, représente le tableau de prolongation de la durée de vie. Ce tableau décrit l'augmentation attendue de la durée de vie lorsque la propreté de l'huile est améliorée.

Chaque quadrant représente un type de machine :

- le quadrant supérieur gauche représente les composants hydrauliques et les moteurs diesel ;
- le quadrant supérieur droit représente les roulements à éléments roulants ;
- le quadrant inférieur gauche représente les machines équipées de roulements à billes, comme les turbines et les turbos ;
- le quadrant inférieur droit représente les boîtes à engrenages et les autres composants non couverts par les autres quadrants.

Par exemple, si la propreté de l'huile présente dans une boîte à engrenages correspond actuellement à un niveau de propreté ISO 22/20/17 et si l'huile est nettoyée selon un code de propreté ISO 16/14/11, on peut s'attendre à ce que la **durée de vie de l'engrenage soit multipliée par 2,5**. Un objectif de propreté doit être spécifié pour chaque système contenant de l'huile. C'est le minimum requis pour assurer la fiabilité au prix le plus bas possible.

La figure 18 indique les niveaux de propreté ISO recommandés dans les systèmes d'huile et de carburant. L'huile neuve est généralement contaminée par des particules à un niveau de propreté ISO 19/17/14.

Code ISO	NAS 1638	Description	Convient pour	Impuretés/année
ISO 14/12/10	NAS 3	Huile très propre	Tous les systèmes d'huile	7,5 kg*
ISO 16/14/11	NAS 5	Huile propre	Systèmes hydrauliques haute pression et servovannes	17 kg*
ISO 17/15/12	NAS 6	Huile légèrement contaminée	Systèmes hydrauliques et d'huile de lubrification standard	36 kg*
ISO 19/17/14	NAS 8	Huile neuve <sup>6</sup>	Systèmes à basse ou moyenne pression	144 kg*
ISO 22/20/17	NAS 11	Huile très contaminée	Ne convient pas aux systèmes d'huile	> 589 kg*

Figure 18 : Guide de contamination pour les systèmes d'huile et de carburant

\*) La quantité d'impuretés passant par la pompe chaque année si l'huile s'écoule à raison de 200 l/min, 18 heures par jour et 340 jours par an.

## Niveau d'humidité

La plupart des laboratoires commencent par un test de dépistage de l'eau appelé « **test de crépitement** ». Pour ce test, une goutte du lubrifiant testé est déposée sur une plaque chauffante (160 °C). L'humidité dans l'huile s'évapore alors, provoquant des crépitements. Cet essai permet essentiellement de révéler la présence d'eau dans l'huile, l'absence de crépitement indiquant normalement que la teneur en eau dans l'huile testée est inférieure à 0,1 % (1 000 ppm). Si le test de crépitement montre des signes d'humidité, une méthode de test plus précise est nécessaire.

La méthode de titrage de **Karl Fisher (KF)** permet une précision inférieure à 10 ppm d'humidité dans l'huile (ASTM D 6304) et repose sur une réaction de l'iode avec l'eau dans un réactif de Karl Fisher. L'iode est généré par électrolyse, à l'anode, et réagit avec l'eau de l'échantillon. De l'iode est consommé tant que de l'eau est présente, un excès d'iode indiquant le point final du titrage. Sur la base de ce principe, la quantité d'eau peut être déterminée directement par la quantité d'électricité nécessaire à l'électrolyse.

La détermination de la quantité d'eau grâce à la méthode de KF peut être volumétrique ou coulométrique, directe ou indirecte. Le résultat est exprimé en ppm.

Le titrage de KF direct n'est pas recommandé pour les huiles contenant des niveaux d'additifs élevés, car des réactions secondaires peuvent se produire avec le réactif de KF, indiquant ainsi de manière erronée une augmentation de la teneur en eau.

La méthode de KF indirecte ou au four consiste à faire passer un courant d'air sec à travers l'échantillon chauffé. L'humidité ainsi libérée est transférée du four à la chambre de titrage.



Figure 19 :  
Équipement utilisé  
pour la méthode  
de Karl Fisher indirecte

## Indices d'acidité et de basicité

L'**indice d'acidité (AN/TAN)** est une mesure du niveau d'acidité dans les lubrifiants industriels, comme les huiles hydrauliques et les huiles pour engrenages. L'AN est déterminé par titrage et est exprimé en quantité d'hydroxyde de potassium (KOH) utilisée pour neutraliser l'acidité dans un gramme d'huile, conformément à la norme ASTM D 664. Le résultat est exprimé en mg KOH/g.

L'augmentation de l'AN indique souvent une dégradation de l'huile (verniss). Certains additifs, tels que le soufre, entraîneront un AN initial élevé dans l'huile fraîche, par exemple 1 mg KOH/g. Il est donc important de connaître le point de référence de l'huile fraîche pour surveiller l'augmentation de l'AN dans l'huile usagée.

Règle de base :

**Avertissement :** AN de l'huile neuve + 0,5 mg KOH/g

**Alarme :** AN de l'huile neuve + 1,0 mg KOH/g

Pour les huiles moteur de lubrification, l'**indice de basicité (« BN » ou « TBN »)** est également mesuré, car ces huiles contiennent des additifs (détergents/agents dispersants) utilisés pour neutraliser l'acidité générée en tant que sous-produit du processus de combustion, comme l'acide sulfurique.

Le BN est surveillé pour s'assurer que le niveau des additifs neutralisant l'acidité est acceptable. Le titrage avec hydroxyde de potassium donne un résultat en mg KOH/g.

Règle de base :

**Avertissement :** BN de l'huile neuve moins 50 %

**Alarme :** BN de l'huile neuve moins 70 %



Figure 20 :  
Équipement permettant  
de tester l'acidité

## Analyse d'éléments

La **spectroscopie d'émission atomique (AES)** est utilisée pour déterminer le niveau d'éléments additifs, les particules métalliques d'usure et la contamination du lubrifiant. La tendance est de la plus haute importance. Il est donc essentiel de disposer d'un point de référence révélant les additifs contenus dans l'huile neuve.

Comment cela fonctionne-t-il ?

La surchauffe de l'échantillon transforme l'huile et ses éléments en « ampoules électriques » émettant une lumière atomique. La lumière est analysée pour voir quelles longueurs d'onde sont présentes et avec quelle intensité. Ces longueurs d'onde correspondent à un élément spécifique (le fer, par exemple) et l'intensité permet de déterminer la concentration (en ppm). La concentration d'un élément/métal donné correspond à la somme des particules très fines et des métaux chimiquement dissous dans l'huile.

Deux méthodes standard sont utilisées :

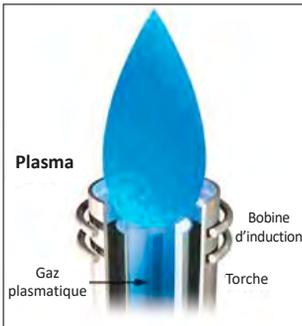


Figure 21 :  
Illustration de l'ICP.  
Source :  
Noria Corp

### Le plasma à couplage inductif (ICP, conformément à la norme ASTM D 5185)

Dans ce cas, l'échantillon est nébulisé pour former un aérosol. Lorsque l'aérosol atteint le plasma, ses gouttelettes sont très petites, d'une taille généralement comprise entre 3 et 5  $\mu\text{m}$ . Les particules d'usure supérieures à 5  $\mu\text{m}$  ne peuvent donc pas être détectées à l'aide de cette méthode.

### L'électrode à disque rotatif (RDE, conformément à la norme ASTM D 6595)

Dans ce cas, l'huile est vaporisée et excitée à l'aide d'une décharge haute tension entre une électrode et un disque de carbone en rotation. La RDE détecte et quantifie les éléments dont la taille est inférieure à environ 10  $\mu\text{m}$ .

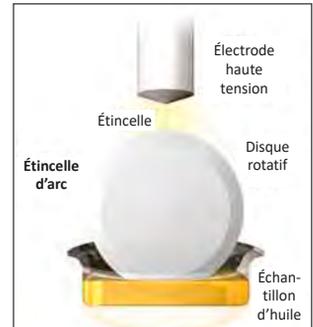


Figure 22 :  
Illustration de la RDE. Source : Noria Corp

L'AES est l'une des analyses d'huile les plus fréquemment utilisées. Cependant, l'échantillon devant être entièrement vaporisé, il est pratiquement impossible de détecter les particules supérieures à 5-10 µm. Les particules d'usure engendrées par des engrenages très chargés (usure par collage) ne seront pas détectées si aucun autre test n'est effectué. Les particules d'usure plus volumineuses peuvent être surveillées grâce à la numération des particules, à la densité ferreuse ou à des indicateurs magnétiques dans l'huile.

## Journal des analyses

Exemple d'analyse d'une huile hydraulique, incluant le point de référence, le niveau d'avertissement et le niveau d'alarme de l'huile neuve

Journal des analyses de l'huile			
Paramètre	Point de référence	Avertissement	Alarme
Numération des particules ISO 4406	15/13/10 (préfiltrée)	17/15/12	19/17/15
Viscosité (cSt)	32	inf. : 29 sup. : 35	inf. : 25 sup. : 38
Indice d'acidité (AN, mg KOH/g)	0,5	1,0-1,5	supérieur à 1,5
Humidité (KF en ppm)	100	200-300	supérieur à 300
Éléments (en ppm) Fe	7	10-15	supérieur à 15
Al	2	20-30	supérieur à 30
Si	5	10-15	supérieur à 15
Cu	5	30-40	supérieur à 40
P	300	220	150 et moins
Zn	200	150	100 et moins
Oxydation (FTIR)	1	5	supérieur à 10
Densité ferreuse (PQ, WPC, DR)	-	15	supérieur à 20

Figure 23 :  
Exemple  
de journal  
des analyses



## Analyse du vernis

De nombreux types d'analyses peuvent indiquer une dégradation de l'huile, comme l'indice d'acidité (AN) et l'augmentation de la viscosité, mais chez C.C.JENSEN, nous avons découvert que les tests présentés ci-dessous donnent une image très détaillée du problème que constitue le vernis :

**1. Un test Membrane Patch Colorimetric (MPC, conformément à la norme ASTM D 7843)** révèle la présence de boues, de résines ou de vernis dans l'huile par décoloration du patch de cellulose blanche (pores de 0,45  $\mu\text{m}$ ). Cela indique que des produits de dégradation de l'huile sont également dissous dans l'huile, ce qui peut entraîner (ou non) l'apparition de vernis sur les composants de la machine (en fonction de la température de l'huile). La couleur des dépôts sur la membrane est mesurée par un spectrophotomètre. Plus la couleur est sombre et plus l'indice est élevé (généralement jusqu'à 100), plus des dépôts de vernis sont susceptibles de se former dans l'huile. Le test MPC est conçu pour les huiles de turbine et n'est pas recommandé pour les huiles hautement contaminées par des particules, les particules ayant une influence sur la couleur de la membrane et donc sur la valeur MPC, même s'il ne s'agit pas de vernis.

**2. La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR, conformément à la norme ASTM E 2412).** Le spectre FTIR est généré en mesurant le degré d'absorption infrarouge dans la zone comprise entre 4 000 et 500  $\text{cm}^{-1}$  lors du passage de la lumière infrarouge dans un échantillon d'huile. C'est une analyse rentable qui détecte la dégradation de l'huile/le vernis, ainsi que d'autres contaminants, comme le glycol, le carburant, la suie, les mauvais types d'huile, etc. Les produits de dégradation de l'huile tels que les aldéhydes, les cétones et l'acidité carboxylique contiennent tous des doubles liaisons carbone-oxygène (groupes carbonyles). Ces groupes carbonyles absorbent la lumière infrarouge dans la région du spectre infrarouge correspondant à 1 740  $\text{cm}^{-1}$ . À mesure que la dégradation s'intensifie, le pic d'absorption augmentera dans cette région. Des écarts sont observés en fonction des types d'huile, des additifs, du type de dégradation, etc. La décomposition thermique de l'huile de référence n'est pas significative à 1 740  $\text{cm}^{-1}$ . Au lieu de cela, un pic est observé à 1 640-1 600  $\text{cm}^{-1}$  (pic de nitration).

Comme la plupart des autres analyses, le FTIR a plus de valeur si la tendance est surveillée.

**3. Le test Ultra Centrifuge (UC)** utilise la force centrifuge pour extraire les précurseurs de boue et de vernis, en les entraînant au fond du tube à essai. La densité/taille du matériau concentré est ensuite comparée à une échelle visuelle d'évaluation du sédiment dont le nombre est compris entre 1 et 8 (8 étant le pire).

Le test UC révèle le vernis et les contaminants insolubles présents dans l'huile. Toute dégradation de l'huile observée lors de cet essai produira un vernis sous forme de dépôts sur les composants du système. Le test UC n'est pas recommandé pour les huiles fortement contaminées par des particules, celles-ci faussant le résultat, ni pour les liquides à base d'ester ou de glycol, car la densité joue un rôle dans le test UC.

Les tests UC et MPC permettent de prendre des mesures comme l'installation d'un filtre ou le renouvellement de l'huile, et sont des outils très utiles à cet égard.

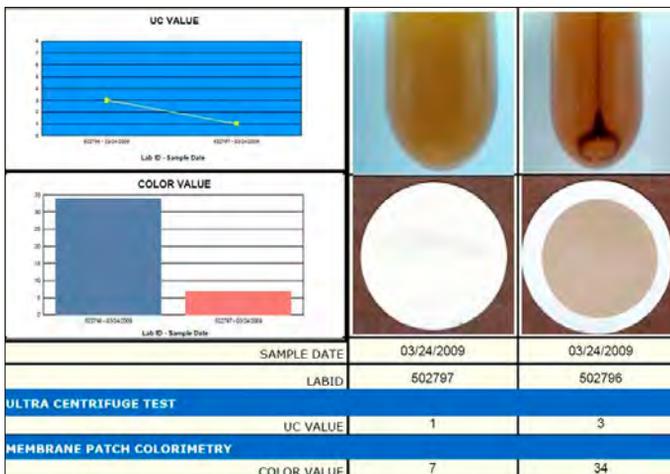


Figure 24 : Analyse UC et résultat du test MPC

# 4 Méthodes de nettoyage de l'huile

## Méthodes de nettoyage de l'huile

Il existe plusieurs méthodes de nettoyage de l'huile :

Méthode	Mesure de nettoyage
Filtre hors ligne à base de cellulose	Réduit la teneur en particules solides, en eau et en produits de dégradation de l'huile. Un produit échangeur d'ions peut être ajouté pour réduire l'acidité.
Filtre sous pression à base de fibres de verre	Réduit la teneur en particules solides.
Filtre électrostatique	Réduit la teneur en particules solides et en produits de dégradation de l'huile.
Séparateur centrifuge	Réduit la teneur en particules solides dont la densité est supérieure à celle de l'huile et de l'eau.
Filtre à vide	Réduit la teneur en air et en eau.

Figure 25 : Méthodes de nettoyage de l'huile

Toutes les technologies ci-dessus sont disponibles dans le commerce. Cependant, le filtre sous pression à base de fibres de verre et le filtre hors ligne à base de cellulose sont souvent privilégiés en raison de leur efficacité et de leur rentabilité supérieures. Ces deux techniques de filtration de l'huile fonctionnent mieux dans des conditions constantes, c'est-à-dire avec un débit et une pression constants.

Le filtre en profondeur à base de cellulose est souvent placé dans un circuit hors ligne séparé, également appelé « filtre en boucle de dialyse », et cette stabilité des conditions lui permet ainsi de retenir la majorité des contaminants présents dans l'huile. Le filtre sous pression à base de fibres de verre peut être installé dans un circuit de refroidissement d'huile ou en tant que filtre « dernière chance » à passage intégral en amont du système d'huile.

### Types de filtres

L'installation d'un filtre hors ligne constitue la meilleure méthode de capture et de rétention des particules fines, de l'eau et du vernis. Un filtre hors ligne doit fonctionner en permanence et faire circuler le volume d'huile dans le système plusieurs fois par jour. Avec une basse pression et de faibles débits, il est possible de sélectionner un matériau filtrant dense permettant une filtration très fine (filtration < 3 µm).

Le **filtre hors ligne à base de cellulose** est comme un labyrinthe dans lequel l'huile traverse plusieurs couches de cellulose. Les particules les plus grosses sont retenues à la surface de la cartouche filtrante, tandis que les particules plus petites pénètrent dans la cartouche filtrante et sont retenues dans le matériau filtrant, ce qui garantit une grande capacité

de rétention des impuretés. Ce type de filtre peut également être installé dans un circuit de dérivation, réduisant ainsi la pression de la pompe du système. L'utilisation d'un filtre hors ligne à base de cellulose permet également d'éliminer l'eau, par absorption ou par coalescence, et les produits de dégradation de l'huile tels que les boues ou le vernis. Le vernis peut être éliminé des systèmes d'huile à l'aide des additifs détergents/dispersants contenus dans l'huile, mais l'huile doit être exempte de particules, d'eau et de boues avant que les additifs ne soient libres d'effectuer le travail de nettoyage du vernis. Étant donné que les boues et les vernis précipitent dans l'huile froide, généralement entre 10 et 40 °C (50-100 °F), il est très efficace de recourir à un système de refroidissement de l'huile dans le circuit de filtration hors ligne, en association avec un filtre en profondeur à base de cellulose.

Les filtres à huile hors ligne CJC® éliminent les produits de dégradation de l'huile tels que les boues et le vernis par attraction polaire sur le matériau filtrant. Une combinaison d'adsorption et d'absorption recouvre et remplit chaque fibre de cellulose de produits de dégradation de l'huile jusqu'à ce que la cartouche soit complètement saturée. Les cartouches filtrantes CJC® peuvent contenir jusqu'à 4 kg (8 lb) de vernis, en fonction du type de cartouche.

Les **filtres sous pression conventionnels en ligne** sont généralement à base de fibres de verre, car ils doivent fonctionner dans des conditions de pression et de débit élevées, tout en créant le moins de contrainte possible. L'élément filtrant est plissé afin d'augmenter la surface et de réduire la perte de pression.

Comme ils sont installés après la pompe principale du système, ils sont souvent mis à rude épreuve, avec des débits cycliques et de nombreux arrêts et démarrages, ce qui est très préjudiciable à l'efficacité du filtre, quel qu'il soit. Il est donc très difficile de capturer et de retenir les fines particules de limon, raison pour laquelle la plupart de ces filtres en ligne ont une valeur nominale de 10 à 30 µm. Toutefois, de nombreuses particules capturées seront libérées à nouveau lorsque le filtre sera exposé à des chocs de pression, à l'arrêt ou au démarrage.

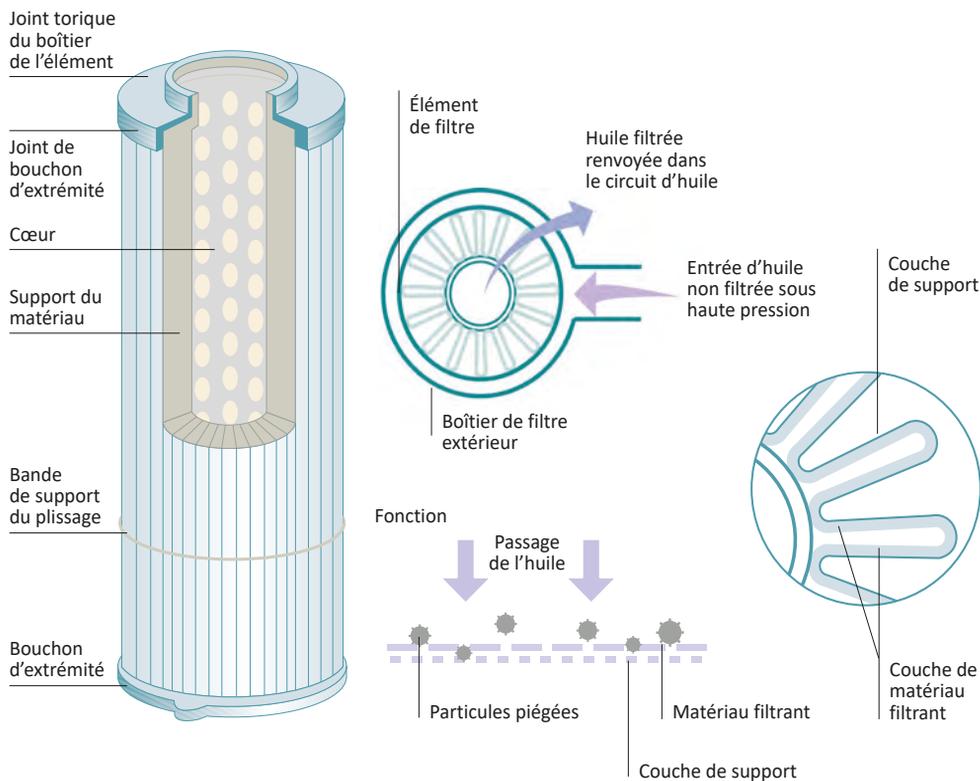
Le filtre sous pression à base de fibres de verre ne peut éliminer que les particules solides, sa capacité de rétention des impuretés étant donc limitée en raison de la profondeur et du volume relativement faibles du filtre.

*Voir les illustrations aux pages 34 et 35.*

Les systèmes d'huile modernes combinent souvent ces deux systèmes de nettoyage : le filtre hors ligne élimine la contamination et le filtre sous pression en ligne sert de filtre de sécurité ou de filtre « dernière chance » avant d'atteindre les composants critiques.

# 4 Méthodes de nettoyage de l'huile

## Filtre sous pression à base de fibres de verre

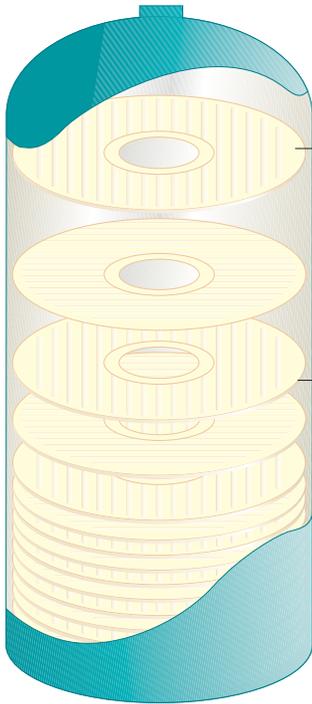


Les filtres sous pression ont une capacité de rétention des impuretés limitée, généralement comprise entre 1 et 100 grammes, ce qui implique le remplacement fréquent de l'élément filtrant afin d'assurer une filtration efficace.

La capacité de filtration caractéristique des filtres sous pression en ligne est comprise entre 5 et 50  $\mu\text{m}$ .

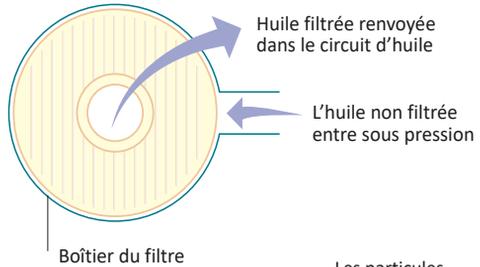
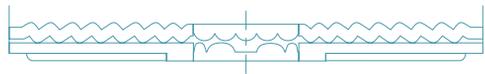
Les filtres sous pression en ligne conventionnels à base de fibres de verre n'absorbent pas l'eau et ne retiennent pas les produits de dégradation de l'huile tels que les boues et le vernis.

## Filtre hors ligne à base de cellulose



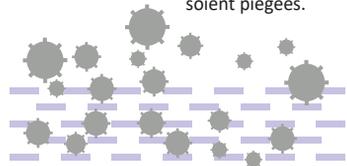
### Cartouche filtrante

Fabriquée à partir de disques de cellulose de bois ondulé orientés à 90° par rapport au disque suivant, lesquels sont collés ensemble. Cela permet d'obtenir une série de surfaces connectées avec des ondulations nord-sud et est-ouest.



### Fonction

Les particules traversent le labyrinthe des filtres jusqu'à ce qu'elles soient piégées.



Le filtre à huile hors ligne CJC® a une grande capacité de rétention des impuretés, d'environ 4 litres pour les solides et allant jusqu'à 2 litres pour l'eau et 4 litres pour les produits de dégradation de l'huile (verniss). Les filtres à huile hors ligne CJC® ne doivent généralement être remplacés que tous les 12 mois.

Le filtre à huile hors ligne CJC® filtrera efficacement jusqu'à 3 µm absolus et éliminera l'eau et les produits de dégradation de l'huile (produits d'oxydation, résines, boues et vernis) de l'huile, nettoyant ainsi en continu les composants de la machine et l'ensemble du système d'huile.

## Définitions relatives à la filtration

Les valeurs **nominales de filtration** sont des estimations, indiquant une plage de taille de particules dans laquelle le filtre est supposé éliminer un pourcentage donné de particules. Il n'existe pas de norme à cet égard. Par conséquent, il est impossible de comparer les différents produits et les différentes marques. La pression de fonctionnement et la concentration de contaminants affecteront l'efficacité de la rétention des filtres de calibre nominal.

Les valeurs de **filtration absolue** décrivent la taille des pores et indiquent la plus grande taille de particule pouvant passer à travers le filtre. Le filtre doit suivre une méthode de test standard adaptée à son utilisation. La valeur nominale d'un filtre hors ligne à base de cellulose est souvent de 3 µm absolus ou moins. La valeur nominale d'un filtre sous pression à base de fibres de verre varie en fonction des exigences du ou des composants du système à protéger.

Les **valeurs bêta** décrivent l'efficacité du filtre en fonction de la taille des particules. Cette valeur est connue comme « β<sub>x</sub> », où « x » représente la taille des particules en question et « β » (bêta) représente l'efficacité. Par exemple, « β<sub>3</sub> = 200 » signifie qu'une particule de 3 µm sur 200 passera à travers le filtre (0,5 % passe à travers et 99,5 % sont retenus lors d'un passage). Pour trouver la valeur bêta, il convient d'utiliser un « test Multipass ISO 16889 » normalisé, la valeur bêta étant calculée à l'aide de la formule suivante.

$$\beta_x = \frac{\text{Nombre de particules en amont} > x (N_U)}{\text{Nombre de particules en aval} > x (N_D)}$$

Ce test Multipass est réalisé dans des conditions de laboratoire contrôlées et ne prend pas en compte certains des problèmes qu'un filtre sous pression en ligne rencontrera dans la plupart des systèmes d'huile, comme les bulles d'air, les vibrations, les impulsions de pression à l'arrêt et au démarrage, etc.

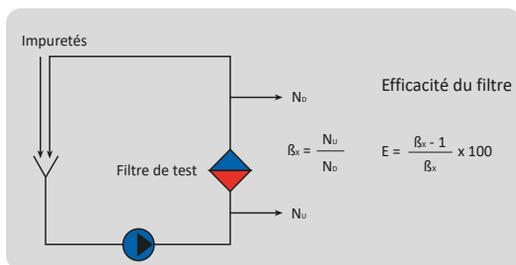


Figure 26 : Test Multipass  
Source : Normes ISO

La **capacité de rétention des impuretés** est la quantité d'impuretés retenue par la cartouche filtrante lorsque la pression de saturation est atteinte. Cette valeur est exprimée en poids ou en volume. La quantité d'huile qu'une cartouche filtrante est capable de retenir est extrêmement importante pour le coût de fonctionnement sur une période donnée. Bien que la plupart des cartouches filtrantes plissées sous pression conventionnelles puissent retenir moins de 100 g d'impuretés (< 0,2 lb), leur remplacement est relativement peu coûteux. Cependant, si l'on calcule le coût d'élimination d'un kilo ou d'une livre d'impuretés, ces cartouches filtrantes sous pression conventionnelles paraîtront soudainement assez coûteuses. Une cartouche filtrante hors ligne à base de cellulose de bonne qualité peut retenir jusqu'à plusieurs kilos ou livres d'impuretés. Ainsi, même si le prix d'achat est plus élevé, le coût de l'élimination d'un kilo ou d'une livre d'impuretés sera considérablement inférieur par rapport à une cartouche filtrante plissée sous pression, offrant ainsi des coûts inférieurs sur l'ensemble de sa durée de vie.

**Le coût d'élimination d'un kilo ou d'une livre d'impuretés**

Coût de la cartouche filtrante dans votre devise / Capacité de rétention des impuretés en kilos ou en livres = coût d'élimination d'un kilo ou d'une livre d'impuretés

	Exemple 1	Exemple 2
Type de filtre	Cartouche filtrante sous pression à base de fibres de verre	Cartouche filtrante hors ligne à base de cellulose
Coût élément/cartouche	35 €/50 \$	200 €/300 \$
Capacité de rétention des impuretés	0,085 kg/0,18 lb	4 kg/8 lb
Coût par kg/lb d'impuretés éliminés	<b>412 €/278 \$</b>	<b>50 €/40 \$</b>

La **soupape de dérivation dans les filtres** est un dispositif de sécurité qui réduit la pression lorsque la chute de pression sur le filtre devient trop élevée. Il élimine la fonction de filtration en contournant le filtre à passage intégral, ce qui signifie que le débit d'huile contourne ensuite complètement ou partiellement le filtre au lieu de passer par celui-ci. Une soupape de dérivation qui fuit a un effet dévastateur sur la valeur d'efficacité du filtre (Figure 27).



Figure 27 :  
Soupape de dérivation

## Méthodes d'installation

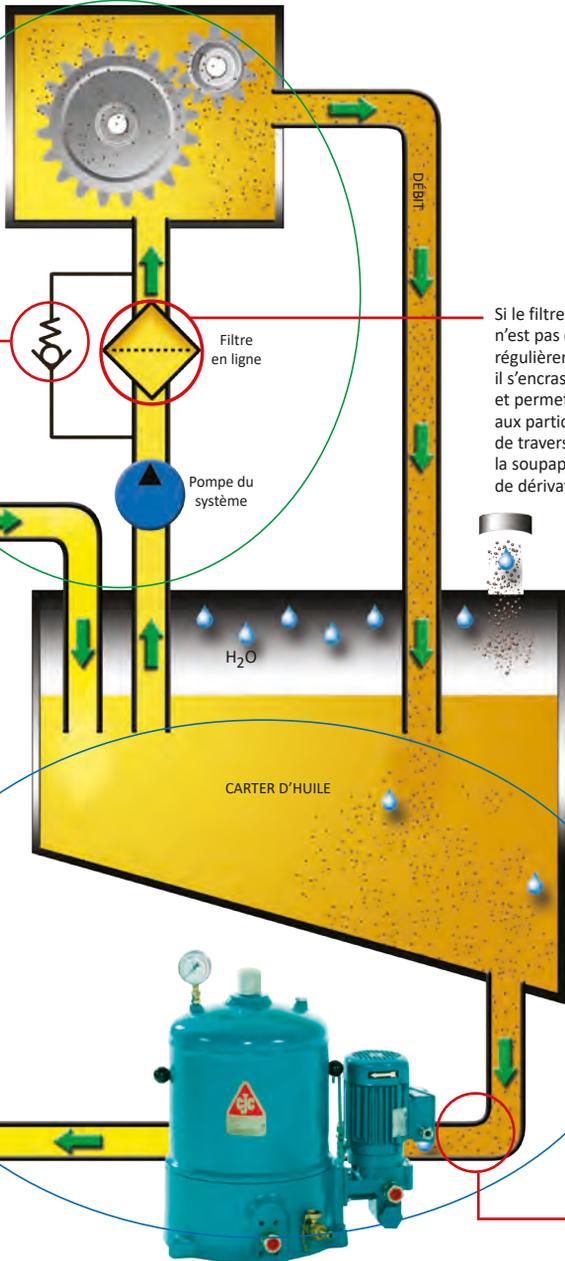
### Filtration à passage intégral (en ligne)

L'intégralité du flux du système passe à travers le filtre.  
Seuls les éléments filtrants sous pression sont applicables ici.

### Filtration hors ligne

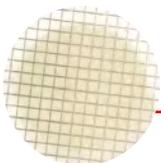
Méthode d'installation selon laquelle l'unité de filtration fonctionne dans un circuit en boucle de dialyse séparé, permettant ainsi l'utilisation de cartouches filtrantes denses.

Les impuretés peuvent traverser le filtre lorsque les soupapes de dérivation ne peuvent pas se fermer complètement après leur ouverture.

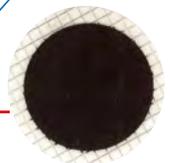


Si le filtre en ligne n'est pas changé régulièrement, il s'encrassera et permettra aux particules de traverser la soupape de dérivation.

Membrane Millipore. Échantillon prélevé après la filtration hors ligne.



Membrane Millipore contaminée. Échantillon prélevé avant la filtration hors ligne.



Filtre à huile hors ligne CIC®

## Économie

Avant d'investir dans un système de filtration, il convient de réaliser une étude de rentabilité. Les coûts impliqués peuvent être répartis en deux groupes :

- **Coûts d'achat** : coûts directement liés à l'achat d'un système de filtration, c'est-à-dire le prix d'achat et les coûts d'installation.
- **Coûts opérationnels** : coûts liés au fonctionnement et à l'entretien de l'unité du système de filtration, à savoir le remplacement des cartouches filtrantes, la consommation d'énergie et les réparations.

**Coûts d'achat + coûts opérationnels = investissement total**

L'investissement total doit être inférieur aux économies réalisées grâce à l'huile propre.

- **Économies** : réduction des coûts de maintenance, réduction des heures de production perdues, intervalles de maintenance prolongés, durée de vie de l'huile plus longue, durée de vie des composants prolongée, etc.

Pour la plupart des applications, **le délai de rentabilité ou le retour sur investissement** d'un filtre à huile hors ligne CJC® est généralement compris entre quelques semaines et quelques mois, mais dépasse rarement un an. Dans les industries où les temps d'arrêt sont très coûteux, comme la production d'acier, le délai de rentabilité peut être de quelques heures. Cela signifie que si l'amélioration de l'état de l'huile permet, par exemple, à peine 3 heures de production supplémentaires, le système de filtration est rentable. Étant donné que le coût de fonctionnement de la solution de filtration joue également un rôle dans l'investissement total, il est utile de déterminer la quantité d'impuretés pouvant être retenues dans le filtre, appelée « capacité de rétention des impuretés ». La plupart des filtres sous pression conventionnels peuvent retenir moins de cent grammes d'impuretés (moins de 0,2 lb). Ils devront donc être remplacés plus souvent qu'un filtre hors ligne à base de cellulose de bonne qualité, capable de retenir plusieurs kilos d'impuretés. Le coût de l'élimination d'un kilo (ou d'une livre) d'impuretés est un bon indicateur pour comparer les différentes marques de filtres et permet de déterminer le coût de propriété le plus bas (investissement total).

*Voir le calcul du coût d'élimination d'une livre d'impuretés à la page 37.*

## Commande d'un système de filtration

Tout devis de système de filtration, quel que soit le fournisseur, doit inclure les éléments suivants :

- coûts opérationnels du filtre sur une période de minimum 5 ans (alimentation, cartouches filtrantes, pièces de rechange, etc.) ;
- niveau de propreté du système de liquide pouvant être obtenu (par exemple, ISO 17/15/12 et 200 ppm d'eau) ;
- procédure de contrôle confirmant que le niveau de propreté a été atteint (des échantillons d'huile, par exemple).

### Dimensionnement du filtre à huile hors ligne

Lors du dimensionnement d'un filtre à huile hors ligne, les informations de base suivantes concernant le système d'huile doivent être spécifiées :

- volume d'huile dans le système (volume du réservoir) ;
- type d'huile (ISO VG) ;
- température de l'huile : fonctionnement normal et températures minimales (ambiantes) ;
- problème de contamination de l'huile :
  - particules ;
  - produits de dégradation de l'huile, boues et vernis ;
  - eau (entrée ou accumulée) ;
- type d'application (intérieur/propre, extérieur/sale, pénétration importante, etc.) ;
- heures de fonctionnement de la machine par jour ;
- alimentation disponible.

Ces informations aideront votre distributeur local à choisir le filtre à huile CJC® adapté à votre système d'huile.

Outre la filtration en continu de l'huile dans les machines, les fûts ou les réservoirs en vrac, les filtres à huile hors ligne CJC® permettent également de rajouter de l'huile, garantissant ainsi que seule une huile propre pénètre dans le système.

## Systèmes d'entretien de l'huile CJC®

### Filtere fin CJC®



- Huile sèche à teneur en eau limitée (accumulée dans le temps)
- Huiles hydrauliques, huiles lubrifiantes et pour engrenages, ainsi que les liquides à base d'EAL, de glycols ou d'esters
- Retient les particules et le vernis
- Élimination de l'eau par absorption (eau libre, émulsifiée et un peu d'eau dissoute)
- Réduit le niveau d'acidité en utilisant des cartouches échangeuses d'ions



### Séparateur de filtre CJC®

- Huile et diesel contaminés par l'eau
- Huiles hydrauliques, de lubrification et pour engrenages – jusqu'à ISO VG 150
- Retient les particules et le vernis
- L'eau libre est éliminée par séparation (coalescence)
- Convient pour l'huile avec une bonne désémulsibilité (pas d'huile moteur, liquides à base d'ester, etc.)



### Désorbeurs CJC®

- Huile contaminée par l'eau – même avec de fortes émulsions
- Huiles hydrauliques, de lubrification et pour engrenages – jusqu'à ISO VG 1000 (selon le type de désorbeur)
- Élimine l'eau libre, émulsifiée et dissoute
- Convient à la plupart des huiles, même à l'huile moteur, à l'huile pour machine à papier, à l'EAL, etc.

Les désorbeurs CJC® ne retiennent pas les particules et le vernis, un filtre fin CJC® séparé est donc recommandé.



### Unité d'élimination du vernis de CJC®

- Huile sèche à teneur en eau limitée
- Retient très efficacement le vernis
- Convient aux systèmes avec production de vernis importante, comme les turbines à gaz

## Gestion de l'huile et des systèmes d'huile

### L'huile neuve dans un récipient

- L'huile neuve doit être considérée comme contaminée jusqu'à ce qu'un échantillon ait été analysé.
- Les huiles contenant des additifs qui ne sont pas nécessaires à l'application doivent être considérées comme contaminées.
- L'huile neuve doit toujours être introduite dans le système via un filtre, de préférence un filtre absolu de 3 µm.
- Ne mélangez pas des huiles sans vous renseigner préalablement sur leur compatibilité.
- Conservez les produits lubrifiants dans un récipient fermé pour éviter la pénétration de contaminants.

### L'huile présente dans le système

- Observez l'huile régulièrement pendant le fonctionnement afin de détecter toute apparition soudaine d'eau, d'air ou d'autres contaminants. Il peut être utile d'utiliser de l'huile fraîche comme référence.
- Vérifiez l'huile à chaque fois que la machine est confrontée à un dysfonctionnement ou à d'autres incidents pouvant affecter l'huile.
- Veillez toujours à obtenir une propreté et une précision maximales lors de l'échantillonnage.
- Les systèmes doivent être scellés autant que possible. Toutes les ouvertures permanentes doivent être équipées de filtres d'aération (de préférence des reniflards à dessiccateur). Tous les systèmes doivent être équipés d'installations de filtration permanente.
- Lors du changement d'huile, le réservoir et le système doivent être vidés complètement et les dépôts, boues et autres doivent être retirés manuellement du réservoir (cette étape peut être évitée en installant des filtres à huile hors ligne CJC®).
- Lors du remplacement des joints, n'utilisez que des matériaux résistants à l'huile. La compatibilité avec l'huile doit être vérifiée.
- N'appliquez jamais de nouveaux additifs sans consulter le fournisseur d'huile/le consultant. Demandez une confirmation écrite des mesures à prendre.
- Utilisez toujours des ressources d'analyse indépendantes avec un contrôle de qualité et une répétabilité élevés.

# 11

## Recommandations relatives à l'achat d'huile

### Recommandations relatives à l'achat d'huile

Lorsqu'ils achètent de l'huile en vrac, les acheteurs ont le droit de définir des exigences certifiées spécifiques afin d'en garantir la qualité. Ci-dessous, vous trouverez quelques exemples d'exigences et de tests relatifs à la qualité de l'huile qui mettent l'accent sur sa propreté.

#### **Certificats de test et prélèvement d'échantillons**

Les résultats d'un test d'huile d'un lot donné doivent être présentés à l'acheteur. Un échantillon doit être prélevé lors du remplissage du premier lot. La marque, le numéro de lot et la taille du lot doivent être indiqués sur les échantillons. L'huile doit être analysée par un laboratoire indépendant et l'analyse doit inclure les données décrites dans la section de cette brochure relative à l'analyse de l'huile.

#### **Réclamations**

Si l'huile fournie ne répond pas aux exigences formulées, le retour du lot peut être envisagé. Si le problème peut être corrigé, de nouveaux échantillons doivent être approuvés. Le fournisseur doit payer tous les coûts, y compris les pannes de machines et les temps d'arrêt.

## Échantillonnage de l'huile neuve

Des échantillons doivent être prélevés dans chaque lot produit. L'échantillon analysé doit être un échantillon représentatif du lot produit. Les résultats des tests doivent être disponibles pour l'acheteur pendant au moins cinq ans.

Un certificat d'analyse doit être livré avec l'huile commandée et comprendre au moins les éléments suivants :

- Inspection visuelle
- Viscosité à 40 °C
- Densité
- Indice d'acidité total du produit fini
- Temps de séparation des bulles d'air
- Contaminants, code de propreté gravimétrique ou ISO

Pour les huiles d'éoliennes, une mousse à 50 °C peut être incluse.

L'huile doit être livrée par camions-citernes, fûts peints à l'époxy ou bidons de 20 litres. L'acheteur doit indiquer le type de récipient dans chaque cas. Le récipient doit être de première qualité et du type généralement utilisé dans le cadre du commerce de l'huile. Le récipient doit porter la désignation commerciale de l'acheteur, la désignation commerciale du fournisseur, le contenu net et un numéro de lot de production en continu.

## Annexe

Tableau de prolongation de la durée de vie – Niveau de propreté, codes ISO

	21/19/16	20/18/15	19/17/14	18/16/13	17/15/12	16/14/11	15/13/10	14/12/9	13/11/8	12/10/7
24/22/19	2 1,6 1,8 1,3	3 2 2,3 1,7	4 2,5 3 2	6 3 3,5 2,5	7 3,5 4,5 3	8 4 5,5 3,5	>10 5 7 4	>10 6 8 5	>10 7 10 5,5	>10 >10 >10 8,5
23/21/18	1,5 1,5 1,5 1,3	2 1,7 1,8 1,4	3 2 2,2 1,6	4 2,5 3 2	5 3 3,5 2,5	7 3,5 4,5 3	9 4 5 3,5	>10 5 7 4	>10 7 9 5,5	>10 10 10 8
22/20/17	1,3 1,2 1,2 1,05	1,6 1,5 1,5 1,3	2 1,7 1,8 1,4	3 2 2,3 1,7	4 2,5 3 2	5 3 3,5 2,5	7 4 5 3	9 5 6 4	>10 7 8 5,5	>10 9 10 7
21/19/16		1,3 1,2 1,2 1,1	1,6 1,5 1,5 1,3	2 1,7 1,8 1,5	3 2 2,2 1,7	4 2,5 3 2	5 3 3,5 2,5	7 4 5 3,5	9 6 7 4,5	>10 8 9 6
20/18/15			1,3 1,2 1,2 1,1	1,6 1,5 1,5 1,3	2 1,7 1,8 1,5	3 2 2,3 1,7	4 2,5 3 2	5 3 3,5 2,5	7 4,6 5,5 3,7	>10 6 8 5
19/17/14				1,3 1,2 1,2 1,1	1,6 1,5 1,5 1,3	2 1,7 1,8 1,5	3 2 2,3 1,7	4 2,5 3 2	6 3 4 2,5	8 5 6 3,5
18/16/13					1,3 1,2 1,2 1,1	1,6 1,5 1,5 1,3	2 1,7 3 2	3 2 4 2,5	4 3,5 3 2	6 4 4 3,5
17/15/12		Huiles hydrauliques et pour moteurs diesel	Roulements à éléments roulants			1,3 1,2 1,2 1,1	1,6 1,5 1,5 1,4	2 1,7 1,8 1,5	3 2 2,3 1,8	4 2,5 3 2,2
16/14/11		Roulements à billes et machines turbo	Boîte à engrenages et autres				1,3 1,3 1,3 1,2	1,6 1,6 1,6 1,4	2 1,8 1,9 1,5	3 2 2,3 1,8
15/13/10								1,4 1,2 1,2 1,1	1,8 1,5 1,6 1,3	2,5 1,8 2 1,6

Figure 28 : Tableau de prolongation de la durée de vie, niveau de propreté (voir l'exemple à la page 25) Source : Noria Corp.

LEM – Niveau d'humidité

Niveau d'humidité actuel en ppm	Facteur de prolongation de la durée de vie								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50 000	12 500	6 500	4 500	3 125	2 500	2 000	1 500	1 000	782
25 000	6 250	3 250	2 250	1 563	1 250	1 000	750	500	391
10 000	2 500	1 300	900	625	500	400	300	200	156
5 000	1 250	650	450	313	250	200	150	100	78
2 500	625	325	225	156	125	100	75	50	39
1 000	250	130	90	63	50	40	30	20	16
500	125	65	45	31	25	20	15	10	8
260	63	33	23	16	13	10	8	5	4
100	25	13	9	6	5	4	3	2	2

1 % d'eau = 10 000 ppm | Prolongation de la durée de vie estimée pour les systèmes mécaniques utilisant des liquides à base de minéraux

Exemple : en réduisant les niveaux d'humidité moyens des liquides de 2 500 ppm à 156 ppm, la durée de vie de la machine (MTBF) est multipliée par 5

Figure 29 : Méthode de prolongation de la durée de vie, niveau d'humidité

Source : Noria Corp.

## Index

Analyse d'éléments.....	28	Huile neuve, échantillonnage.....	45
Analyse du vernis.....	30	Indice de basicité.....	27
Annexe.....	46	Indices d'acidité et de basicité.....	27
		Introduction.....	3
Boues.....	13		
		Journal des analyses .....	29
Capacité de rétention des impuretés .....	37	Karl Fisher.....	26
Certificats de test et prélèvement d'échantillons .....	44	L'huile neuve dans un récipient.....	43
Classes AS/NAS.....	24	L'huile présente dans le système.....	43
Classes NAS.....	24		
Commande d'un système de filtration .....	41	Membrane Patch Colorimetric (MPC) .....	30
Comment prélever un échantillon d'huile ? .....	16	Méthodes d'analyse et fréquence des analyses.....	20
Contamination par acidité.....	14	Méthodes de nettoyage de l'huile.....	32
Contamination par des particules .....	8	Méthodes d'installation .....	38
Contamination par eau.....	10		
Contrôle de la contamination.....	7	Niveau d'humidité.....	26
Contrôle de la contamination de l'huile .....	7	Numération automatique des particules (ISO 11500).....	22
		Numération des particules .....	22
Définitions relatives à la filtration .....	36	Numération manuelle des particules (ISO 4407).....	22
Dégradation de l'huile.....	13	Oxydation .....	13
Dépôts .....	13		
Dimensionnement du filtre à huile hors ligne .....	41	Plasma à couplage inductif (ICP) .....	28
Eau dissoute .....	11	Rapports d'analyse .....	19
Eau émulsifiée .....	11	Réclamations .....	44
Eau libre.....	11	Recommandations relatives à l'achat d'huile .....	44
		Recommandations relatives à l'huile.....	44
Échantillonnage de l'huile .....	15		
Échantillonnage de l'huile, comment effectuer un prélèvement ? .....	16	Soupape de dérivation dans les filtres .....	37
Échantillonnage de l'huile, où effectuer un prélèvement ?.....	15	Spectroscopie d'émission atomique (AES) .....	28
Échantillonnage de l'huile, pompe à vide.....	18	Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR).....	30
Échantillonnage de l'huile neuve.....	45	Systèmes d'entretien de l'huile .....	42
Économie.....	40	Systèmes d'entretien de l'huile CJC® .....	42
Électrode à disque rotatif (RDE) .....	28		
Étiquette de l'échantillon d'huile.....	17	Tableau de classification ISO .....	23
Évaluation du nombre de particules et de la durée de vie de la machine .....	25	Test Ultra Centrifuge (UC).....	31
		Types de filtres .....	32
Film d'huile dynamique.....	8		
Filtration absolue.....	36	Usure dans les systèmes d'huile.....	7
Filtration à passage intégral (en ligne).....	38		
Filtration hors ligne .....	38	Valeurs bêta.....	36
Filtration nominale .....	36	Viscosité .....	21
Filtre hors ligne à base de cellulose.....	35	Viscosité absolue/dynamique .....	21
Filtre hors ligne à base de cellulose.....	35	Viscosité cinématique.....	21
Filtre sous pression.....	34	Viscosité dynamique .....	21
Filtre sous pression à base de fibres de verre .....	34		
Gestion de l'huile et des systèmes d'huile .....	43		



## Usine et siège social

C.C.JENSEN A/S

Løvholmen 13 | DK – 5700 Svendborg | Danemark

Tél. : +45 6321 2014

sales@ccj.dk | www.cjc.dk

## C.C.JENSEN dans le monde entier

### **Benelux**

C.C.JENSEN Benelux B.V.  
Tél. : +31 182 37 90 29  
info.nl@ccj.dk  
www.ccjensen.nl

### **Chili**

C.C.JENSEN S.L. Limitada  
Tél. : +56 2 739 2910  
ccjensen.cl@ccj.dk  
www.ccjensen.cl

### **Chine**

C.C.JENSEN Filtration  
Equipment (Tianjin) Co. Ltd.  
Tél. : +86 10 6436 4838  
sales.cn@ccj.dk  
www.ccjensen.cn

### **Danemark**

C.C.JENSEN Danmark  
Tél. : +45 6321 2014  
sales@ccj.dk  
www.cjc.dk

### **France**

C.C.JENSEN France  
Tél. : +33 366 753 170  
contact.fr@ccj.dk  
www.ccjensen.fr

### **Allemagne**

KARBERG & HENNEMANN  
GmbH & Co. KG KG  
Tél. : +49 (0)40 855 04 79 0  
kontakt@ccj.de  
www.cjc.de

### **Grèce**

C.C.JENSEN Greece LTD.  
Tél. : +30 210 42 81 260  
ccjensen.gr@ccj.dk  
www.ccjensen.gr

### **Inde**

C.C.JENSEN India  
Tél. : +91 4426241364  
ccjensen.in@ccj.dk  
www.ccjensen.in

### **Irlande**

C.C.JENSEN Ireland  
Tél. : +353 86 827 1508  
ccjensen.ie@ccj.dk  
www.ccjensen.ie

### **Italie**

KARBERG & HENNEMANN srl  
Tél. : +39 059 29 29 498  
info@ccj.it  
www.cjc.it

### **Pologne**

C.C.JENSEN Polska Sp. z o.o.  
Tél. : +48 22 648 83 43  
ccjensen@ccjensen.com.pl  
www.ccjensen.pl

### **Espagne**

C.C.JENSEN Ibérica, S. L.  
Tél. : +34 93 590 63 31  
ccjensen.es@ccj.dk  
www.cjc.dk

### **Suède**

C.C.JENSEN AB  
Tél. : +46 8 755 4411  
sales@ccj.dk  
www.ccjensen.se

### **Émirats arabes unis**

C.C.JENSEN Middle East  
Tél. : +971 4 447 2886  
ccjensen.uae@ccj.dk  
www.cjc.ae

### **Royaume-Uni**

C.C.JENSEN LTD.  
Tél. : +44 1 388 420 721  
filtration@ccjuk.co.uk  
www.ccjensen.co.uk

### **États-Unis**

C.C.JENSEN INC.  
Tél. : +1 770 692 6001  
ccjensen@ccjensen.com  
www.ccjensen.com

Votre distributeur CJC® local

Nous sommes représentés  
dans le monde entier  
par des distributeurs.  
Trouvez le distributeur  
le plus proche sur notre site :  
**www.cjc.dk**

ou téléphonez-nous !



**C.C.JENSEN A/S**  
www.cjc.dk

