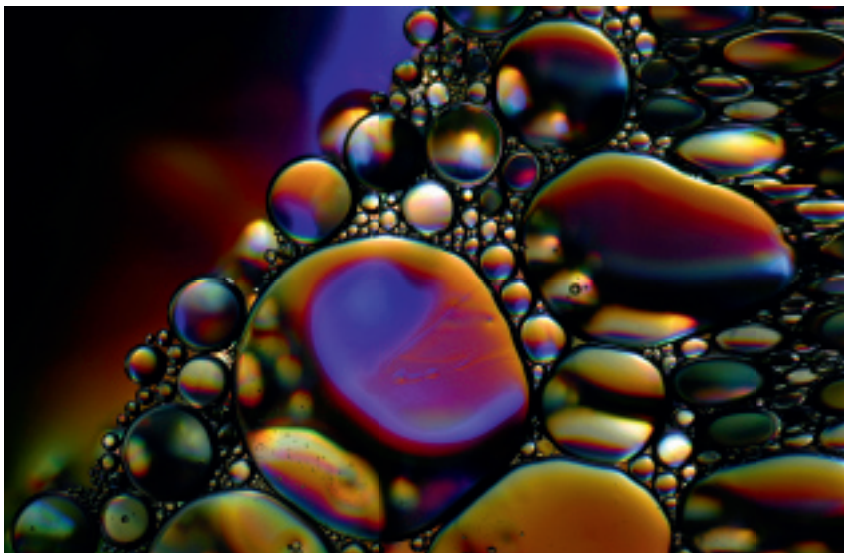
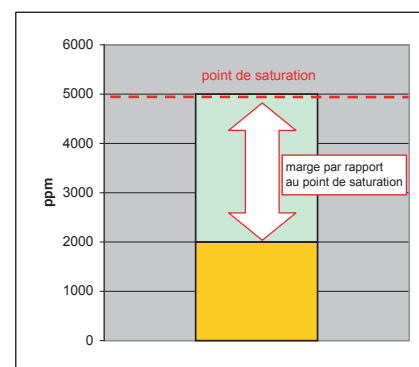


L'humidité dans l'huile exprimée sous forme d'activité de l'eau (a_w)



En mesurant activement les niveaux d'eau dans l'huile en ppm, il est possible de déterminer la quantité absolue d'eau. Une valeur mesurée en ppm a cependant une limitation sérieuse : elle ne tient aucun compte des variations dans le point de saturation de l'huile. En d'autres termes, dans un système dynamique d'huile dont le point de saturation fluctue, une mesure de ppm ne fournirait aucune information sur la proximité du niveau d'humidité par rapport au point de saturation de l'huile. Cela devient encore plus critique lorsque la teneur en eau avoisine le point de saturation de l'huile, avec un risque de dépassement de ce seuil et de formation d'eau libre – un contaminant destructif dans pratiquement toutes les applications de l'huile.

Pour mettre ce concept en évidence, considérons l'huile suivante, soumise à une baisse de température de 40 °C :



Huile lubrifiante pour boîte de vitesses
Température : 70 °C
Point de saturation : 5000 ppm
Quantité effective d'eau dans l'huile : 2000 ppm a_w : ~0,40

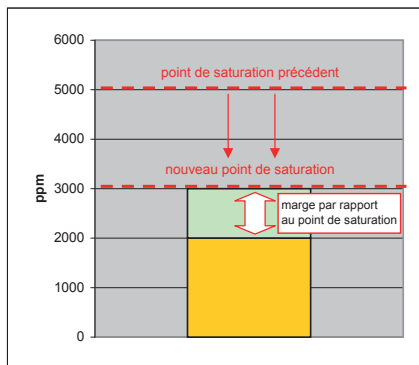
Tout fluide a le pouvoir de retenir une certaine quantité d'eau dissoute. La quantité maximale d'eau qu'un fluide donné est susceptible de contenir en solution est appelée point de saturation de celui-ci. Lorsque le fluide a atteint son point de saturation, toute quantité d'eau supplémentaire introduite se séparera sous forme d'eau libre, en formant une couche distincte. La plupart des huiles étant moins denses que l'eau, la couche d'eau se stabilisera généralement sous l'huile.

Le point de saturation d'une huile est une fonction de nombreux facteurs différents tels que la composition de son constituant de base (minéral ou synthétique) et le type d'additifs, d'émulsifiants et d'agents oxydants présents. Outre les différences de composition initiales, le point de saturation d'une huile variera au fil de son cycle de vie lors de son utilisation. Deux facteurs majeurs affectant le point de saturation d'une huile lorsque celle-ci vieillit sont les fluctuations de température ainsi que les changements dans sa composition chimique dus à la formation de nouvelles substances obtenues comme sous-produits de réactions chimiques intervenant dans le système dynamique de l'huile.

L'unité de mesure traditionnellement utilisée pour quantifier la teneur en eau dans l'huile est le nombre de ppm (parties par million). Que signifie une valeur de ppm ? Par définition, le nombre de ppm est le paramètre d'humidité absolue décrivant le ratio en volume ou en masse de l'eau sur l'huile :

En volume : $1 \text{ ppm}_{(\text{volume})} \text{ d'eau} = 0,1 \text{ l d'eau} / 1 \text{ m}^3 \text{ d'huile}$
OU

En masse : $1 \text{ ppm}_{(\text{masse})} \text{ d'eau} = 100 \text{ g d'eau} / 1000 \text{ kg d'huile}$



Huile lubrifiante pour boîte de vitesses
 Température : 30 °C
 Point de saturation : 3000 ppm
 Quantité effective d'eau dans l'huile : 2000 ppm a_w : ~0,67

La figure montre que le point de saturation de l'huile à 70 °C est de 5000 ppm. La quantité d'eau dans cette huile est de 2000 ppm, ce qui signifie que l'huile peut encore contenir 3000 ppm d'eau en plus avant que l'huile ne devienne saturée. On appelle parfois ceci la « marge » par rapport au point de saturation.

Lorsque la température de cette huile baisse jusqu'à 30 °C, son point de saturation baissera également jusqu'à 3000 ppm. Il convient de noter que la quantité d'eau dans l'huile n'a pas changé (elle est toujours de 2000 ppm). La marge par rapport au point de saturation s'est toutefois amenuisée jusqu'à 1000 ppm.

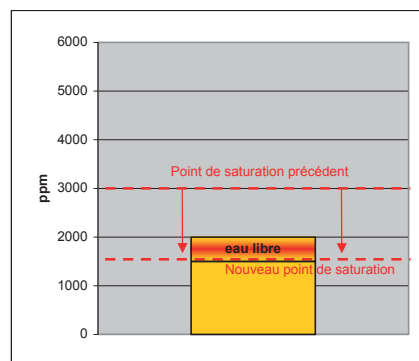
Dans un tel scénario, si un opérateur ne mesurait que les ppm, il ne verrait aucun changement dans la quantité d'eau présente (2000 ppm), bien que la marge se soit considérablement amenuisée et que le point de saturation soit devenu beaucoup plus proche de la teneur en eau,

occasionnant un risque accru de formation d'eau libre.

Que se passerait-il au bout d'un an si, en raison du vieillissement de l'huile, le point de saturation continuait de baisser, jusqu'à 1500 ppm ?

Dans ce scénario, il n'y a plus de marge par rapport à la saturation, puisque la teneur en eau est désormais supérieure au point de saturation. Comme auparavant, l'opérateur continuerait d'observer une teneur en humidité de 2000 ppm, en dépit du fait que le point de saturation s'est maintenant amenuisé jusqu'à **1500 ppm, en occasionnant ainsi une formation d'eau libre de 500 ppm.**

En mesurant l'activité de l'eau en lieu et place des ppm, il est possible d'éviter les problèmes évoqués ci-avant.



Point de saturation précédent
 Nouveau point de saturation
 Marge par rapport au point de saturation

Qu'est-ce que l'activité de l'eau (a_w)?

L'activité de l'eau est le ratio entre la quantité d'eau dans une substance et la quantité d'eau totale que celle-ci est susceptible de contenir. Elle est définie par l'équation :

$$a_w = p / p_0$$

où

p = la pression partielle de l'eau dans une substance au dessus du matériau

p_0 = est la pression de vapeur saturée de l'eau pure à la même température

Dans l'exemple ci-dessus, a_w varie en tant que fonction du point de saturation (p_0 , le dénominateur). A_w variera également en tant que fonction de la teneur effective en eau de l'huile, c.-à-d. l'eau pénétrant dans l'huile ou quittant celle-ci. En d'autres termes, a_w fournira toujours une indication fidèle de la marge par rapport au point de saturation.

Même s'il est possible de déduire, pour toute huile, une corrélation entre a_w et la teneur en eau en ppm, la validité de cette relation au cours de la durée de vie de cette huile dans un système dynamique (p. ex., huile lubrifiante) ira en se détériorant. Comme cela a été signalé précédemment, un fluide subira en vieillissant des modifications dans sa composition dues aux réactions chimiques qui s'y déroulent et qui affectent non seulement son point de saturation, mais aussi sa relation par rapport à a_w . Ce phénomène est visible sur le graphe suivant :

Ce graphe, obtenu à partir de données de tests sur des huiles pour moteurs marins, compare la différence entre une huile neuve et une huile usagée. En raison de la migration continue de la relation entre a_w et ppm due au vieillissement, il est difficile de maintenir une corrélation valide tout au long de la durée de vie de l'huile.

Même s'il existe aujourd'hui de nombreuses méthodes différentes pour mesurer l'humidité dans l'huile, les toutes dernières technologies de mesure en ligne de l'activité de l'eau font appel à un capteur de type capacitif, qui fonctionne selon un principe d'absorption.

Le capteur est un condensateur composé d'une électrode supérieure et d'une électrode inférieure, avec entre les deux un matériau d'isolation appelé diélectrique. Le diélectrique absorbe et désorbe les molécules d'eau, modifiant la constante diélectrique et par conséquent la capacitance du capteur. L'absorption d'eau est proportionnelle à l'activité de l'eau du fluide. Ce type de technologie a pour avantages de permettre une installation directe en ligne, un temps de réponse très rapide et une bonne durabilité chimique compatible avec de nombreux fluides.

Cette technologie en ligne est très bien adaptée aux applications faisant appel à de gros volumes d'huile ou systèmes hydrauliques, par exemple la lubrification des machines à papier

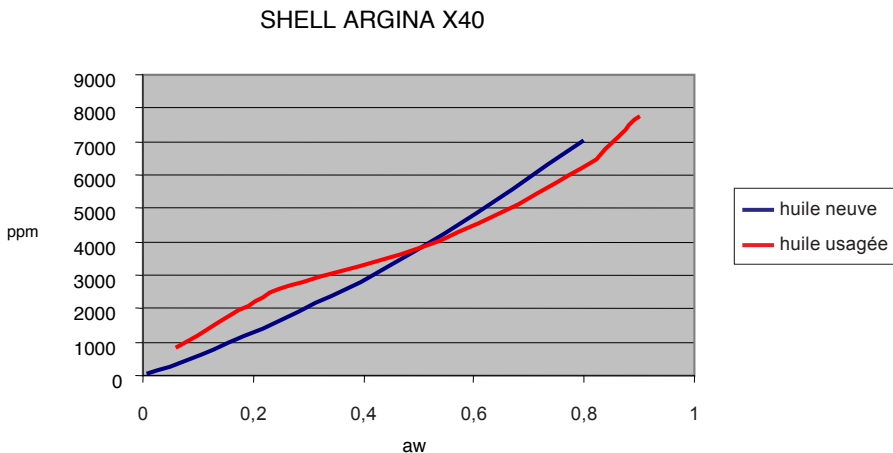
et l'exploitation des turbines, ainsi qu'aux fabricants de systèmes de régénération des huiles usagées. De nos jours, de nombreuses installations de production font appel à des programmes de maintenance prévisionnelle conçus pour empêcher les arrêts des machines et prolonger la durée de vie des équipements ; les mesures en ligne et continues de l'humidité constituent une partie intégrante du plan de gestion des fluides.

En conclusion, même si les ppm ont traditionnellement constitué l'unité de mesure utilisée pour exprimer la teneur en humidité dans les fluides, la mesure de l' a_w est susceptible d'offrir une image plus complète de l'état d'un fluide :

1. Indépendamment du point de saturation du fluide, une valeur a_w fournira toujours une indication fidèle du risque de formation d'eau libre.

2. Lorsque le point de saturation augmente ou diminue pour quelque raison que ce soit (p. ex. température, vieillissement, changement des caractéristiques physiques), l' a_w reflétera de manière précise la nouvelle marge par rapport à la saturation.

3. L' a_w est indépendante du fluide mesuré. Comme l' a_w est applicable à tous les fluides et solides, elle peut s'utiliser de manière universelle pour toutes les substances, quelles que soient leur composition chimique ou leur caractéristiques physiques.



VAISALA

Pour plus d'informations,
rendez-vous sur notre site
www.vaisala.fr ou écrivez-nous
à l'adresse sales@vaisala.com

Ref. B210806FR-A ©Vaisala 2009
Le présent matériel est soumis à la protection du copyright, tous les droits étant réservés par Vaisala et chacun de ses partenaires. Tous droits réservés. Tous les logos et/ou noms de produits constituent des marques de Vaisala ou de ses partenaires. Il est strictement interdit de reproduire, transférer, distribuer ou stocker les informations contenues dans la présente brochure, sous quelque forme que ce soit, sans le consentement écrit préalable de Vaisala. Toutes les spécifications - y compris techniques - sont susceptibles d'être modifiées sans préavis.