



COMMENT L'HUILE SE DÉGRADE-T-ELLE ?

par John S. Evans, lic. en sciences



John Evans, directeur du diagnostic chez WearCheck

Les huiles ont une durée de vie finie. Elles finissent par se dégrader et/ou être contaminées et doivent être changées. Les lubrifiants sont constitués d'une huile de base qui peut être minérale ou synthétique. Dans le cas des lubrifiants à base d'huile synthétique, divers composés sont créés en laboratoire de manière à présenter les propriétés précises que souhaitent les chimistes et les ingénieurs. Les huiles de base minérales dérivent du pétrole brut extrait puis raffiné de manière à produire l'huile de base nécessaire pour une tâche donnée. Les bases synthétiques sont supérieures aux bases minérales mais sont beaucoup plus chères.

L'autre composant d'un lubrifiant est constitué d'un ensemble d'additifs. Il s'agit de vingt produits chimiques, ou plus, que la raffinerie mélange à l'huile de base pour qu'elle convienne à la tâche prévue. La plupart des additifs sont de type sacrificiel c'est-à-dire qu'ils s'épuisent au fur et à mesure de la vie utile de l'huile. Durant l'utilisation de l'huile pour lubrifier une pièce de machine, les additifs s'appauvrissent et se désactivent et finalement, l'huile s'use et doit être remplacée.

Les raisons de la dégradation des huiles ont été évoquées dans de nombreux bulletins techniques

mais ce numéro est consacré à la manière dont les lubrifiants se dégradent ; en d'autres mots, aux mécanismes de l'épuisement et de la dégradation des additifs.

Les mécanismes que nous examinerons sont les suivants :

- Neutralisation
- Cisaillement
- Hydrolyse
- Oxydation
- Dégradation thermique
- Lessivage par l'eau
- Décapage par les particules
- Adsorption de surface
- Contact de friction
- Dépôt par sédimentation
- Filtration
- Adsorption des agrégats
- Évaporation
- Filtration centrifuge

NEUTRALISATION : bien que la teneur en soufre des huiles fossiles ait considérablement diminué au cours des dix dernières années, de nombreux carburants contiennent toujours de petites quantités de soufre et dans certaines régions du monde, on utilise toujours des carburants contenant plus de 0,5 % de soufre. Les carburants résiduels utilisés dans la marine peuvent présenter une teneur en soufre bien supérieure.

Au cours de la combustion, le soufre est oxydé et forme des oxydes de soufre qui réagissent à leur tour avec la vapeur d'eau (également un sous-produit de la combustion) pour former des oxoacides de soufre. Ces acides ne sont bons ni pour les machines (moteur) ni pour l'huile. Les huiles moteur contiennent des additifs qui neutralisent ces acides.

Ce sont généralement des sulfonates de calcium ou de magnésium surbasiques, d'où sont tirés les résultats du rapport d'analyse de l'huile.

Comme on l'a déjà fait remarquer, ces additifs sont sacrificiels et une fois qu'ils ont neutralisé les acides, ils ne peuvent plus se régénérer

pour poursuivre leur tâche. Une fois tous les additifs épuisés, l'accumulation d'acide se poursuit rapidement.

La fixation de l'azote de l'atmosphère peut produire des acides azotés par le biais d'un mécanisme similaire et ceux-ci doivent également être neutralisés de la même manière afin d'éviter d'endommager l'huile et le matériel. Ceci devient un problème encore plus grave avec les températures de combustion élevées existant dans les moteurs à essence. *



Technicienne testant les additifs de neutralisation dans des échantillons d'huile

CISAILLEMENT : il est d'une importance vitale de noter les températures auxquelles la viscosité est mesurée, car celle-ci change en fonction de la température. Plus la température augmente, plus la viscosité diminue. Pour compliquer encore davantage les choses, des huiles différentes se liquéfient à des vitesses différentes lorsque la température augmente. Ceci introduit la notion d'indice de viscosité ou VI (pour viscosity index). Le VI d'une huile est un nombre sans unité qui donne une mesure de la rapidité à laquelle la viscosité change en fonction de la température. Les huiles avec un faible VI se liquéfient plus rapidement, lorsque la température augmente, que celles d'un VI supérieur.

Il est possible d'augmenter le VI d'une huile de diverses manières. Les huiles multigrades minérales typiques comportent un additif VII (pour viscosity index improver), améliorant la viscosité, un polymère organique à longue chaîne qui reste recroquevillé sur lui-même à froid. Lorsque la température augmente, les chaînes polymères se déplient et retardent l'action fluidifiante de l'augmentation de température. Le VI des huiles minérales extrêmement raffinées est naturellement élevé dans la mesure où le processus de raffinage supprime les composants du pétrole brut possédant un VI médiocre.

Malheureusement ces longues chaînes polymères organiques, qui se déplient lorsque l'huile chauffe, ne présentent pas une totale stabilité au cisaillement. Cela signifie que lorsque les

composés sont soumis à des forces de cisaillement élevées, comme il en existe dans les transmissions automatiques, elles commencent à se briser, entraînant une perte de viscosité permanente. Les huiles dont le VI élevé provient du procédé de raffinage ou de leur huile synthétique de base ne sont pas soumises à ce phénomène.

HYDROLYSE : l'hydrolyse, qui presque littéralement signifie « coupure par l'eau », est la réaction de certains additifs à l'eau qui entraîne leur décomposition. Il s'agit d'une réaction chimique de l'eau qui altère la composition chimique de l'additif ou de l'huile de base. Par exemple, les esters sont formés par la réaction chimique d'un acide avec un alcool, avec perte consécutive d'une molécule d'eau. Cette réaction est réversible et en rajoutant de l'eau à un ester, on peut le décomposer en ses constituants initiaux, alcool et acide. Ce processus s'appelle l'hydrolyse.

L'eau peut être responsable de la décomposition des huiles de base synthétiques à base d'esters mais peut également réagir avec les additifs comme le dialkyldithiophosphate de zinc, constituant des produits chimiques anti-usure et antioxydants que l'on retrouve dans pratiquement toutes les huiles moteur. C'est pourquoi les huiles moteur sont enclines à l'émulsification, ce dépôt qui ressemble à de la mayonnaise et que l'on retrouve parfois dans les moteurs contaminés par de l'eau.

OXYDATION : l'oxydation peut provoquer une modification fondamentale de l'huile de base du lubrifiant et c'est la raison pour laquelle les huiles, même très propres et très bien entretenues, finissent pas s'user et doivent être changées. L'oxydation est la réaction entre l'huile de base du lubrifiant (et ses additifs) et l'oxygène qui se trouve dans l'atmosphère. L'air que nous respirons est constitué d'environ 20 % d'oxygène. C'est l'élément gazeux qui nous permet de vivre sur terre et il est également responsable de la combustion des carburants dans les voitures et bus que nous conduisons ainsi que dans les camions et bulldozers que nous exploitons. La vitesse de réaction de l'huile avec l'oxygène dépend de manière critique de la température à laquelle cette réaction a lieu : plus la température est élevée, plus l'huile s'oxyde rapidement.

La vitesse d'oxydation de l'huile double et, par voie de conséquence logique, sa durée de vie diminue de moitié à chaque fois que la température augmente de 10 °C. La situation n'est pas tout à fait aussi désastreuse qu'il y paraît car les huiles possèdent naturellement une durée de vie assez longue. La température ne devient un problème d'importance qu'au-dessus de 65 °C et les huiles soumises à des températures élevées durant des périodes prolongées sont mélangées à des additifs qui retardent la réaction de l'huile avec l'oxygène.

Alors qu'arrive-t-il à l'huile lorsqu'elle réagit avec l'oxygène et pourquoi cela crée-t-il tant de dégâts ? Lorsque le pétrole brut est extrait, il contient de très nombreux composés chimiques

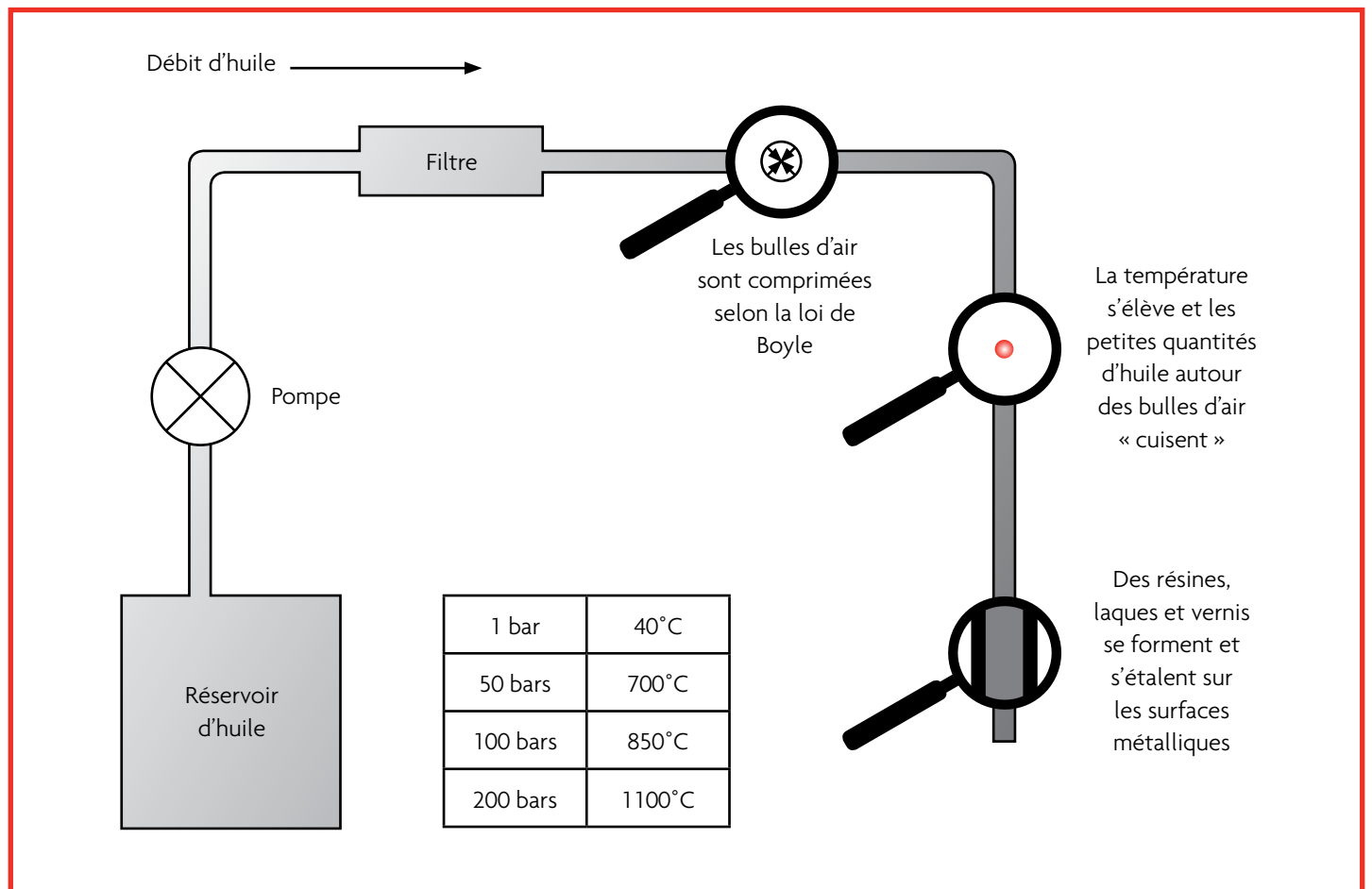
différents, même si nombre d'entre eux sont étroitement liés. Le pétrole brut est transporté à une raffinerie où ces produits chimiques sont séparés en fonction de leurs diverses propriétés chimiques et physiques. Ce qui suit est un bref cours de chimie. Lorsqu'une huile est soumise à des températures élevées en présence d'oxygène, l'huile de base réagit et forme des composés connus sous le nom de peroxydes qui, à leur tour, forment une nouvelle classe de composés appelés radicaux libres. Les peroxydes comme les radicaux libres sont des produits extrêmement réactifs, provoquant la formation d'acides et de boues ainsi que l'augmentation de la viscosité de l'huile. Cette augmentation de la viscosité de l'huile est due à un autre processus chimique connu sous le nom de polymérisation qui, plus simplement, est l'agrégation des fractions plus petites de l'huile de base pour former des fractions plus importantes de produits chimiques avec des viscosités et des points d'ébullition supérieurs.

Une question fréquemment posée porte sur la température maximum que cette huile peut supporter. Il n'existe malheureusement pas de réponse car la durée de vie de l'huile ne dépend pas seulement des conditions de fonctionnement mais également de leur durée. Ce que nous avons donc besoin

de savoir est à quel point la température est élevée et pendant combien de temps l'huile y est soumise. Une huile moteur peut parfaitement supporter une température de 150 °C durant une heure environ, mais se dégrade sérieusement à une température de 100 °C durant une période prolongée.



Un échantillon d'huile moteur présentant une viscosité très élevée en raison d'une surchauffe



Micro-autoallumage

DÉGRADATION THERMIQUE : le principal effet de l'oxydation et de la perte de stabilité thermique (parfois appelée perte des fractions légères) est une augmentation de la viscosité. Une viscosité augmentée peut provoquer une cavitation de la pompe à huile, une mauvaise fluidité au démarrage, une augmentation de la consommation de carburant et la réduction de la capacité de l'huile à éliminer l'eau et l'air. C'est lorsque la fluidité est médiocre, en raison d'une viscosité augmentée et des démarrages à froid, qu'un moteur s'use le plus.

Un autre phénomène lié à la surchauffe et qui peut entraîner la dégradation de l'huile est le micro-autoallumage. L'air peut exister dans l'huile sous quatre formes : dissout, occlus, en mousse et libre. Ce sont les bulles microscopiques d'air occlus qui sont responsables du problème. Ces bulles peuvent, selon la loi de Boyle, être comprimées à de très hautes pressions qui, à leur tour, peuvent créer de très hautes températures à l'échelle microscopique. Ces températures élevées peuvent en réalité brûler les quantités infimes d'huile qui entourent les bulles d'air, conduisant à la formation de résines, vernis ou laques.

LESSIVAGE PAR L'EAU : alors que l'hydrolyse implique la décomposition chimique de l'huile sous l'action de l'eau, le lessivage à l'eau constitue l'élimination matérielle des additifs de l'huile. Pratiquement tous les additifs sont formulés de manière à être solubles dans l'huile de base du lubrifiant et n'auront qu'une solubilité limitée dans les solutions aqueuses (à base d'eau). Certains additifs, toutefois, sont sélectivement solubles dans l'eau. Cela signifie que certains additifs peuvent finir par se dissoudre dans l'eau, ce qui les élimine de l'huile. L'eau n'étant généralement pas soluble dans l'huile à forte concentration, ce processus a pour résultat le lessivage des additifs de l'huile par l'eau. L'hydrolyse est la dégradation chimique des additifs. Le lessivage est leur élimination physique par l'eau.

DÉCAPAGE PAR LES PARTICULES : phénomène parfois appelé lavage des additifs. Certains additifs, comme les additifs EP, désactivateurs de métaux, inhibiteurs de rouille, agents poisseux et modificateurs de friction, agissent en se fixant sur les surfaces métalliques qu'ils doivent protéger. Ces additifs ne sont cependant pas sélectifs des surfaces en métal sur lesquelles ils se fixent. S'il existe beaucoup de fines particules de métal, dues à l'usure, au fond du carter, c'est là que les additifs se fixeront. Il faut également noter que plus une masse est finement divisée, plus sa surface est grande. Les débris résultant de l'usure ont pour effet d'éliminer les additifs de l'huile, ce qui n'est pas une bonne chose.

ADSORPTION DE SURFACE : ceci est assez similaire au décapage par les particules dans ce sens que les additifs de surface actifs se fixent sur les surfaces métalliques. Ceci peut se produire de manière sélective de sorte que les additifs sont supprimés de la circulation ou que certains additifs sont adsorbés, également de manière sélective, au détriment d'autres. Le décapage par

les particules se produit lorsque les additifs de surface actifs se fixent sur les débris résultant de l'usure, accumulés au fond du carter. L'adsorption de surface est le même type de phénomène, mais appliqué aux surfaces métalliques intactes.

CONTACT DE FRICTION : certains additifs extrême pression (EP) et additifs d'huile pour engrenages fonctionnent en réagissant chimiquement avec les surfaces métalliques des dents des engrenages. Les huiles pour engrenages à base de borate fonctionnent en formant des structures cristallines à base de bore à la surface des engrenages, ce qui a pour effet d'améliorer considérablement les propriétés de friction. Avec le temps, il est possible que ces composés se décomposent au frottement, entraînant la perte d'efficacité de l'additif d'huile. D'autres additifs EP contenant du soufre et du phosphore réagissent en formant des sulfures et phosphures métalliques à la surface de l'engrenage sous l'effet des pressions et températures de contact élevées rencontrées. Ces composés possèdent de bonnes propriétés de friction également, mais ils peuvent aussi être perdus durant les contacts par frottement et glissement.

DÉPÔT PAR SÉDIMENTATION : certains additifs, comme les dispersants, fonctionnent en maintenant les contaminants, comme les boues, en suspension. Cependant, lorsque les additifs commencent à s'épuiser, les boues tendent à s'agglomérer et finissent par se séparer de l'huile et par sédimenter, formant des dépôts sur les surfaces métalliques et se rassemblant au fond du carter. D'autres additifs possédant des propriétés interfaciales, comme les additifs antimousse et les désémulsifiants, peuvent également être enclins à sédimenter.

FILTRATION : une question courante est de savoir si un filtre à huile peut éliminer les additifs de l'huile. C'est une question récurrente lorsque l'on utilise des filtres centrifuges ou d'ultrafiltration sur les moteurs. Cette filtration poussée peut-elle porter préjudice à l'ensemble des additifs présents dans l'huile ? Pour l'essentiel, non. Le filtre n'élimine pas les additifs. Un filtre peut supprimer un additif anti-mousse dont les molécules sont plutôt grosses et



On trouve souvent des boues de ce type au fond de nombreux carters

peuvent former des micelles mais la taille de celles des autres additifs est toutefois bien inférieure au dixième de micron. Les additifs qui fonctionnent en se fixant aux contaminants, comme les boues et l'eau, peuvent cependant être éliminés par la filtration, mais ce sont des additifs essentiellement épuisés qui sont ainsi éliminés.

ADSORPTION DES AGRÉGATS : souvent le laboratoire reçoit un sachet plein d'une boue ressemblant fort à de la graisse et présentant une texture et une sensation très similaires. Le client veut savoir ce qui contamine le système de lubrification. Invariablement, la boue est un mélange de très fines particules d'usure (d'une taille inférieure à 5 microns, généralement du fer), de grosses poussières, avec des traces d'eau et certains résidus d'huile.

Cette mixture est liée par l'huile elle-même, un peu de la même manière que le lait lie la farine dans une pâte à gâteau. Le fond de la plupart des carters contiendra des concentrations variées de cette boue et les additifs de surface actifs seront attirés par ces agrégats et éliminés de l'huile, ou décapés. Des résidus d'huile feront également partie de l'ensemble des additifs du lubrifiant. ***

ÉVAPORATION : certains additifs comme le ZDDP sont relativement volatils et il est possible que se produise une évaporation, en particulier en présence de températures élevées, ce qui se produit généralement dans les moteurs. Dans le cas de la dégradation thermique de l'huile, la perte des fractions légères peut entraîner une apparente augmentation des additifs. Ceci est dû à la perte des composés les plus volatils de l'huile de

base, avec pour effet une concentration apparente des additifs. On remarque cela en particulier dans les moteurs qui chauffent. Tous les additifs ne semblent cependant pas augmenter au même rythme, car les additifs les plus volatils s'évaporent également.

FILTRATION CENTRIFUGE : les composants dotés de filtres centrifuges, généralement des moteurs, sont enclins à une perte des additifs par filtration. Là encore, il s'agit généralement d'additifs aux propriétés interfaciales et les additifs ainsi éliminés sont déjà épuisés. L'analyse du gâteau de boue de ces types de filtres révèle des niveaux très élevés d'additifs d'huile ainsi que des particules métalliques d'usure et des contaminants.

Ceci explique le mécanisme le plus courant à l'origine de l'épuisement et de la dégradation des additifs du lubrifiant. Comme on peut le constater, le processus est plutôt complexe et de nombreux mécanismes concurrents entrent en jeu en même temps. La technologie de la lubrification est très compliquée et chaque flacon d'huile est un mélange délicat et sophistiqué de nombreux produits chimiques qui ont tous une tâche très spécifique à remplir. L'huile de base elle-même est également un mélange élaboré de composés divers. Les additifs peuvent souvent entrer en compétition les uns avec les autres concernant leurs sites d'action, afin de pouvoir faire ce que l'on attend d'eux. De la même manière, la dégradation de l'huile est également quelque chose de complexe, impliquant de nombreux processus concurrents ayant lieu en même temps. Même la meilleure huile, sur le meilleur équipement, utilisée dans un environnement idéal avec des pratiques de maintenance idéales, finira par se dégrader et s'user et devra être changée.

Des copies des bulletins techniques antérieurs se trouvent sur le site Web de WearCheck: www.wearcheck.co.za

SE RASSEMBLER POUR AIDER LA PLANÈTE

Si vous préférez recevoir les futurs numéros de WearCheck Monitor et du Bulletin technique par courrier électronique au lieu de les recevoir sous leur forme imprimée, veuillez en adresser la demande par courrier électronique à : support@wearcheck.co.za. Cette option s'applique également aux rapports imprimés.

Siège du KwaZulu-Natal
9 Le Mans Place,
Westmead, KZN, 3610
PO Box 15108,
Westmead, KZN, 3608
t +27 (0) 31 700 5460
f +27 (0) 31 700 5471
e support@wearcheck.co.za
w www.wearcheck.co.za



Agences

Johannesburg	+27 (0) 11 392 6322
Le Cap	+27 (0) 21 981 8810
Port Elizabeth	+27 (0) 41 360 1535
East London	+27 (0) 82 290 6684
Rustenburg	+27 (0) 14 597 5706
Middelburg	+27 (0) 13 246 2966
Witbank	+27 (0) 82 878 1578
Zambie: Lumwana	+260 (0) 977 622287
Zambie: Kitwe	+260 (0) 212 210161
EAU	+971 (0) 55 221 6671
Inde	+91 (0) 44 4557 5039



Honeywell



SABS
ISO 9001

SABS
ISO 14001



Les publications peuvent en reproduire des articles ou des extraits à condition de reconnaître la contribution de WearCheck, une division de Torre Industries.