



NOTIONS DE BASE POUR LES DÉBUTANTS (PARTIE 2) OU LES AUTRES TESTS ET CE QU'ILS NOUS ENSEIGNENT

par Ashley Mayer, lic. en sc. ing. (méc.), ABP (Natal)



Ashley Mayer

Dans le dernier bulletin technique, nous avons évoqué les quatre tests que subissent tous les échantillons. Nous allons maintenant voir les tests spécifiques à diverses catégories d'échantillons ainsi que des tests supplémentaires effectués dans des circonstances sortant de l'ordinaire.

ANALYSE DES DÉBRIS

Outre le test de quantification des particules (QP) exécuté sur chaque échantillon, il est possible d'exécuter deux autres mesures des débris sur un échantillon. Ceci implique le décompte des particules et un examen microscopique des particules (EMP). Le décompte des particules n'est exécuté en tant que test de routine que sur les systèmes à « huile propre » tandis qu'un EMP peut l'être sur n'importe quel échantillon pour diverses raisons, dont la plus fréquente est un résultat de QP anormalement élevé.

Décompte des particules

Les échantillons classés dans les catégories de tests de laboratoire Système hydraulique, Compresseur ou Transmission sont traités comme des systèmes à « huile propre » et subissent un test de décompte des particules.

L'instrument utilisé en laboratoire est un compteur optique de particules équipé d'un capteur laser. L'instrument indique les données du décompte de particules en huit plages de taille différentes par millilitre d'huile et calcule le code de propreté d'après la norme internationale ISO 4406.

Les codes de propreté sont souvent indiqués comme spécifications de propreté pour diverses applications. Toutefois, il faut développer davantage la technologie de décompte des particules avant d'appliquer strictement de telles spécifications avec un degré de certitude élevé. Pour l'instant les instruments optiques (par blocage du faisceau lumineux) et à blocage de filtre dominant le marché du décompte automatique des particules (DAP) et donnent des résultats rarement concordants pour de nombreuses raisons différentes. L'ISO a maintenant publié une nouvelle procédure et un nouveau matériel de calibrage, qui devraient réduire cette variabilité dans une certaine mesure (un futur bulletin technique de Wearcheck traitera des implications de ces changements dans l'industrie).

Bien qu'il soit difficile d'insister outre mesure sur les codes de propreté en tant que mesure absolue, dans la plupart des cas, les technologies existantes fournissent des données d'une qualité suffisante pour établir des tendances fiables dans un objectif de surveillance de l'état des machines et de l'huile. La technique est également très sensible et, en tant que telle, constitue un bon moyen d'avertissement précoce permettant d'identifier des situations dans lesquelles une usure et/ou une contamination anormales commencent à apparaître.

Composant	Code 5/15
Transmission automatique	18/15
Système hydraulique	17/14
Servovalve	15/12

Tableau 1. Exemples de décomptes typiques de particules pour divers composants.

Lorsqu'un résultat s'avère anormal ou qu'un décompte de particules ne peut être exécuté pour une raison quelconque (par ex., contamination par de l'eau, viscosité excessive, etc.), on procède à un EMP.

Examen microscopique des particules

Un EMP est un examen microscopique d'un morceau de filtre de 5 microns à travers lequel une certaine quantité d'échantillon a été filtrée. Les morceaux de filtre sont évalués par les diagnosticiens, en fonction de la taille et de la densité des particules contaminantes.

Le classement est illustré sous forme d'un code à quatre chiffres, utilisé comme référence de diagnostic. Chaque chiffre peut varier de 1 à 4. La valeur du chiffre représente la densité des particules : 1 correspond à une concentration légère ou négligeable et 4 à une concentration très élevée. Le premier chiffre représente des particules de très petite taille, le second des particules un peu plus grosses et ainsi de suite.

À titre d'exemple, un EMP de 2111 représente une concentration légère de particules fines, un de 4111 représente une concentration élevée de particules fines, et un de 1112 représenterait une faible concentration de grosses particules. Le dernier exemple est relativement peu fréquent et un tel résultat serait retourné dans le cas d'un gros morceau de métal ou de gravier se trouvant au fond du flacon.

Les EMP sont exécutés en fonction des résultats des autres tests ou sur demande du diagnosticien.

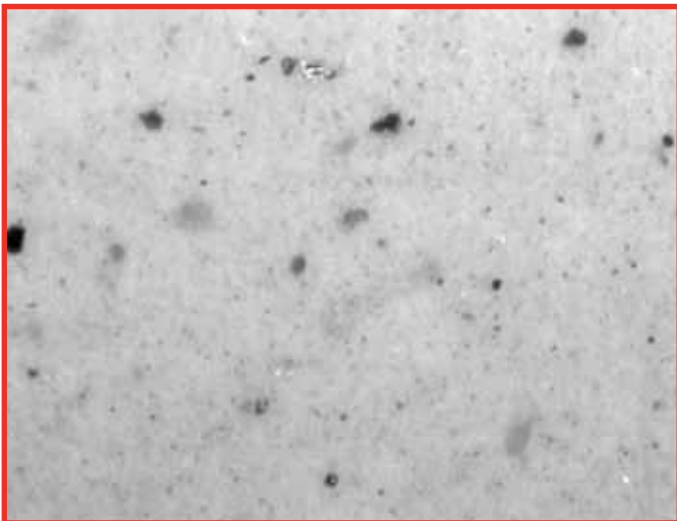


Figure 1. Un EMP évalué à 2111

Le code EMP ne reflète aucunement le type de contaminants rencontré, qu'il s'agisse de particules métalliques d'usure, de poussières ou de toute autre substance. Pour ces informations, consulter le diagnostic figurant sur le rapport.

L'interprétation de l'EMP varie selon le type et la fabrication du matériel ainsi qu'en fonction de ses conditions de fonctionnement. Généralement, les systèmes à huile propre comme les systèmes hydrauliques seront jugés plus sévèrement que les systèmes non

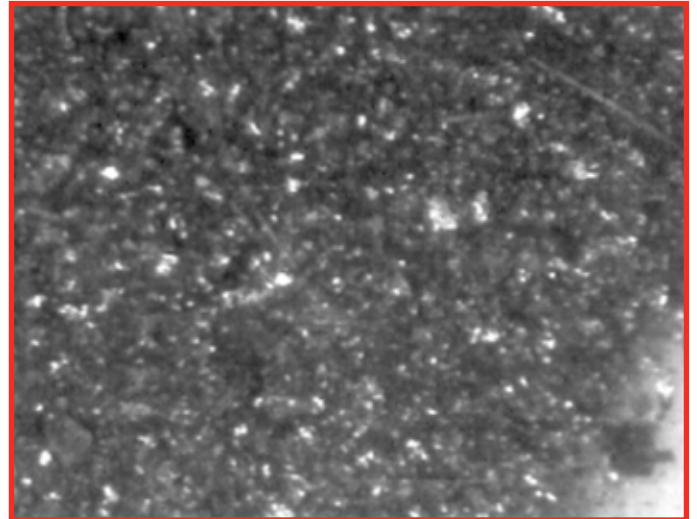


Figure 2. Un EMP évalué à 4111

filtrés. Un code 2111 sur un système hydraulique entraînera un rapport indiquant les mesures à prendre tandis qu'un code 4211 sur une transmission par chaîne et engrenages pourra être considéré comme normal. L'interprétation de l'EMP est plus qualitative que quantitative.

SPECTROSCOPIE INFRAROUGE À TRANSFORMÉE DE FOURIER (FTIR)

L'analyse infrarouge est le second type de spectroscopie utilisé par Wearcheck et, à la différence de la spectroscopie par torche à plasma (ICP), elle procure des données sur l'état du lubrifiant. La technique donne de meilleurs résultats sur les huiles moteur car elle mesure plusieurs paramètres utiles sur la dégradation, dont la plupart sont liés directement ou indirectement aux sous-produits de la combustion. La technique est également capable de détecter la présence d'eau et peut également être utilisée à l'occasion pour identifier l'huile de base du lubrifiant.

Alors que la spectroscopie ICP mesure les émissions de radiation d'une longueur d'onde spécifique dans les zones de la lumière visible et de l'ultraviolet du spectre électromagnétique, l'analyse infrarouge concerne la mesure de l'absorption de longueurs d'onde spécifiques de radiations dans la zone infrarouge. Les divers sous-produits de dégradation et les contaminants rencontrés dans l'huile ont tous leurs propres caractéristiques d'absorption dans des zones spécifiques du spectre infrarouge. Plus le degré de dégradation ou de contamination de l'échantillon est élevé, plus le degré d'absorption dans une zone caractéristique est élevé.

Une courbe de l'absorbance par rapport à la longueur d'onde, appelée « spectre infrarouge » de l'échantillon, est générée au cours de l'analyse d'un échantillon d'huile. Ce spectre est ensuite « analysé » par un logiciel d'analyse d'huile spécialisé qui indique les mesures concernant les suies, l'oxydation, les sulfates, les nitrates et l'eau (voir Figure 3 ci-dessous).

Suies

L'indice de suie est une mesure linéaire du degré de contamination de l'huile par les suies de carburant et les sous-produits indésirables de la combustion, variant de 0 à 400. La mesure n'est réellement applicable qu'aux moteurs diesels car, sur un moteur à essence, on s'attend à que cette mesure soit égale à zéro. Dans les moteurs diesels, des quantités excessives de suies peuvent être produites par une suralimentation, de mauvaises températures de combustion, un régime de fonctionnement bas, des systèmes d'arrivée et d'échappement encrassés et des turbocompresseurs défectueux.

Des additifs dispersants sont ajoutés aux huiles de lubrification pour maintenir les suies en suspension mais il y a une limite à la quantité de suies qu'un lubrifiant peut transporter. Lorsque celle-ci est dépassée, des dépôts de boues commencent à s'accumuler et peuvent endommager le moteur. Les effets d'un encrassement excessif se manifestent par une augmentation de la viscosité, qui se produit généralement rapidement au point que l'huile ne peut plus être pompée, et avec pour conséquence des pannes de moteur.

L'interprétation de la gravité de la mesure de l'indice de suie doit tenir compte des mesures de suie des échantillons

précédemment prélevés sur le moteur ainsi que de l'amplitude du changement de viscosité de l'huile. Il convient également de remarquer qu'une charge élevée en suies peut affecter de manière négative la précision de toutes les autres mesures dans l'infrarouge.

Oxydation

Au fur et à mesure de son oxydation, la capacité de lubrification d'une huile diminue et, en cas d'oxydation majeure, il se produit des changements manifestes dans l'huile : elle devient plus sombre et dégage une odeur ; des vernis, des laques et des résines se forment et, à un stade avancé, la viscosité de l'huile augmente, généralement rapidement.

Heureusement, la réaction chimique à température ambiante entre l'oxygène et les molécules de lubrifiant est très lente et la dégradation oxydative n'est pas un problème dans ces conditions. Ce n'est toutefois plus le cas lorsque les conditions de la réaction sont modifiées d'une manière favorisant l'accélération de la vitesse de réaction.

Les lubrifiants moteur doivent fonctionner dans des environnements hostiles et être formulés en tenant compte de ces paramètres de fonctionnement. De nombreuses conditions

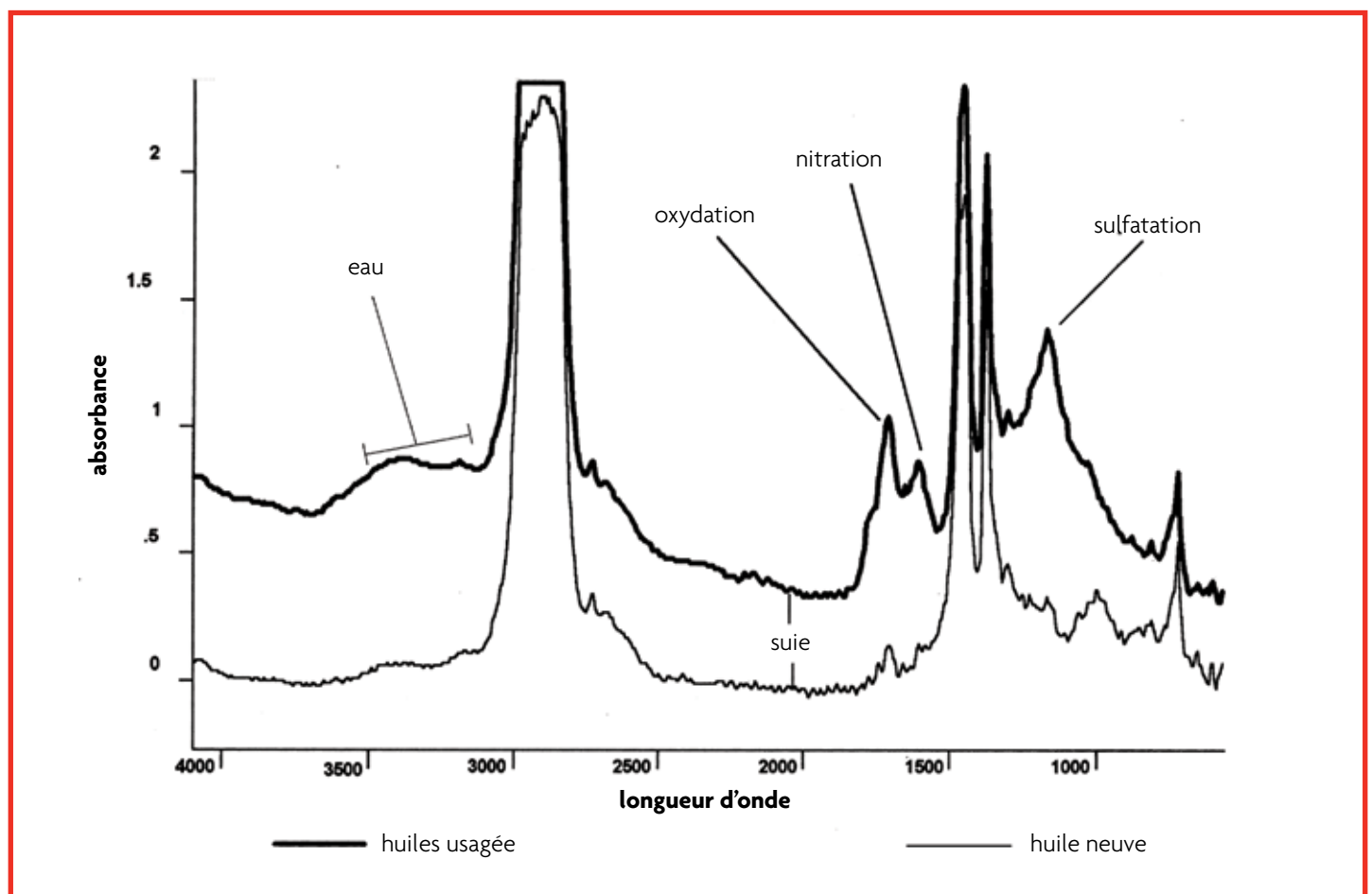


Figure 3. Exemple de spectre obtenu par spectroscopie FTIR

favorisant l'accélération de l'oxydation coexistent dans un moteur, notamment des températures et des pressions élevées, une bonne arrivée d'air, l'agitation, la présence de catalyseurs métalliques et une exposition en fine couche.

La plus significative de ces conditions est la température de fonctionnement puisque l'on a déterminé que la vitesse d'oxydation double pour chaque augmentation de température de 10 °C. En raison de la sensibilité de l'huile à l'oxydation à haute température, la déduction la plus courante à tirer des mesures d'oxydation élevées est la surchauffe, en supposant que la durée de vie utile normale de l'huile a été respectée. La surchauffe s'accompagne également généralement d'une augmentation de l'usure (plomb, cuivre, étain et fer) et de la viscosité.

Parfois, la surchauffe conduit à l'évaporation des fractions volatiles de l'huile et il est nécessaire de faire régulièrement l'appoint. Dans ce cas, l'huile du carter présentera une augmentation des niveaux d'additifs (concentration des composants non volatils) et de la viscosité, une conséquence directe de la perte de la fraction légère. Comme cette huile « perdue » est remplacée par de l'huile neuve, les antioxydants sont remplacés et souvent l'oxydation n'est pas évidente. Ceci est illustré par les résultats en bas de page, l'échantillon 3 étant le plus récent et celui dans lequel la surchauffe est évidente.

Sulfatation

Les oxydes de soufre et l'eau sont des sous-produits de la combustion du carburant diesel qui se combinent immédiatement pour former des acides à base de soufre. La majeure partie de ces acides corrosifs est éliminée par l'échappement du moteur mais certains subsistent et s'échappent dans la cavité du moteur en gaz perdus ou continuent à attaquer les fines pellicules d'huile assurant la lubrification des segments de piston et des chemises des cylindres, où ils sont neutralisés par les additifs de l'huile.

Aux températures normales de fonctionnement, les acides restent à l'état gazeux dans les gaz perdus et n'ont qu'un contact minimal avec les surfaces réactives. Toutefois, lorsque les températures de fonctionnement d'un moteur sont inférieures à la normale (comme cela se produit lorsque le moteur est arrêté tout de suite après le démarrage, ou lorsqu'un système de refroidissement défectueux entraîne un refroidissement exagéré continu), les acides se condensent et entrent en contact avec l'huile du carter ainsi qu'avec les pellicules d'huile sur les surfaces métalliques exposées.

Ceci constitue un fardeau supplémentaire pour le lubrifiant car il neutralise plus d'acide que prévu dans le cadre d'un fonctionnement normal.

L'indice des sulfates donné par l'analyse infrarouge correspond à la mesure de la quantité d'acides à base de soufre ayant réagi avec l'huile et indique la mesure dans laquelle une sulfatation s'est produite. Si les taux de soufre du carburant restent constants, on peut s'attendre à ce que l'indice des sulfates augmente continuellement avec l'usage, jusqu'à ce que l'huile atteigne la fin de sa vie utile dont le degré de sulfatation, ou indice des sulfates, constitue un important facteur déterminant.

Nitration

Comme pour la sulfatation, la nitration est la réaction de l'huile avec les sous-produits de combustion de l'azote. Ces réactions ont tendance à être plus prononcées aux plus hautes températures, et de ce fait une augmentation de la nitration indique souvent une augmentation des gaz perdus lorsque les gaz de combustion chauds réagissent avec l'huile. La nitration fait rarement l'objet de commentaires parce que d'autres problèmes, comme l'usure des segments supérieurs associée aux gaz perdus, se manifestent en premier.

INDICE D'ACIDITÉ TOTALE (TAN)

La mesure du TAN implique un titrage colorimétrique dans lequel le contenu d'acide total dans 2 grammes d'huile dilués dans un solvant mixte est complètement neutralisé par l'ajout progressif d'une solution alcoolique d'hydroxyde de potassium (KOH). La valeur finale est détectée en utilisant un indicateur chimique qui change de couleur dès que l'acide est complètement neutralisé.

Le test d'indice d'acidité totale est actuellement principalement exécuté sur les échantillons de compresseur et turbine, ainsi que sur certains échantillons de boîtes à engrenages industrielles et de systèmes hydrauliques. Il est utilisé pour quantifier l'accumulation d'acide dans ces huiles. Un TAN augmenté résulte habituellement d'une surchauffe ou d'une durée d'utilisation de l'huile largement dépassée.

Les composants des systèmes de réfrigération sont particulièrement sensibles à une attaque par les acides. Ceci peut se produire quand de l'air chargé en vapeur d'eau peut pénétrer dans le système ou lorsque le système est soumis à une chaleur excessive et que le dessiccateur libère l'eau retenue. Lorsque ceci se produit, les acides créés par la réaction de l'air,

Échantillon	Mg	Ca	Zn	P	B	S	Visc. à 40°	Ox.
1	549	3627	1136	967	5	10838	94.7	15
2	524	3295	1086	934	4	10708	92.5	13
3	667	4516	1431	1222	7	11112	129.7	17

Tableau 2. Surchauffe avec appoints d'huile réguliers.

de l'eau, du réfrigérant et de l'huile a pour effet le cuivrage des composants en fer. Le cuivrage peut alors entraîner une panne des paliers. Dans les systèmes réfrigérants il convient de vérifier régulièrement le contenu acide de l'huile, le degré d'humidité et la teneur en cuivre, afin d'être averti des problèmes éventuels dès leur apparition.

Les limites de TAN varient énormément et dépendent des spécifications des équipementiers et de l'huile elle-même. Dans certains cas, un TAN de plus de 0,05 est inacceptable. Dans d'autres, il reste acceptable jusqu'à 2,00. Comme pour toutes les autres mesures, l'analyse de tendance est la meilleure indication du bon état de l'huile et de la machine.

INDICE D'ALCALINITÉ TOTALE (TBN)

Actuellement, la mesure du TBN implique un titrage complexe potentiométrique dans lequel la réserve alcaline totale d'un (1) gramme d'huile dilué dans un solvant mixte est complètement neutralisée par l'ajout progressif d'un excès connu d'une solution acide contenant de l'acide perchlorique.

La réaction est contrôlée à l'aide d'une électrode de référence et d'une électrode de mesure et le graphique tracé indique la tension (en mV) en fonction de l'acide ajouté (en ml). La valeur finale est détectée à partir du point d'inflexion du graphique ou, dans le cas des huiles très dégradées, à partir d'une mesure prédéfinie en millivolt.

Ce test ne s'applique qu'aux échantillons d'huile moteur, ces lubrifiants étant délibérément formulés pour avoir une réserve d'alcalinité leur permettant de neutraliser les sous-produits acides corrosifs du processus de combustion. Le TBN d'une huile est la mesure directe de sa réserve alcaline.

Chaque huile moteur possède un TBN de départ qui diminue graduellement au fur et à mesure de l'utilisation. Les valeurs de départ typiques pour la plupart des huiles de moteurs diesels varient entre 10 et 14, bien que les moteurs marine fonctionnant au fioul lourd aient besoin d'un TBN beaucoup plus élevé, allant même jusqu'à 80, pour supporter les rigoureuses conditions de combustion des fiouls contenant une forte concentration de soufre. La règle empirique en général est qu'il est temps d'éliminer l'huile lorsque le TBN tombe en dessous de sa valeur de départ.

Bien qu'il semble logique de supposer que ces huiles sont formulées pour avoir le TBN élevé le plus souhaitable, ce n'est pas le cas et les soupapes de certains moteurs peuvent brûler si l'on utilise une telle huile. Ceci est dû au contenu élevé de l'huile en cendres et aux fortes températures des soupapes provoquant la fusion des sièges de soupapes. Utiliser un lubrifiant spécialement formulé pour la combustion diesel dans un moteur essence

peut s'avérer tout aussi préjudiciable et souligne à quel point il est important de respecter les spécifications du lubrifiant des équipementiers.

Les mesures TBN ne sont réalisées que sur les échantillons signalés pour analyse par les résultats infrarouges. Un TBN peut être prédit d'une manière raisonnablement précise à partir des données infrarouges et, lorsque cette prédiction est inférieure à une limite spécifique, un test du TBN est automatiquement demandé afin de confirmer le degré de dégradation mis en évidence par les données infrarouges. Tous les échantillons dont le TBN prévu excède une limite considérée « sans danger » sont signalés comme ayant un TBN « supérieur à 6 » tandis que le résultat réel est indiqué pour les échantillons sélectionnés pour le test.

Unités de mesure du TBN et du TAN

Les unités de TBN et de TAN prêtent parfois à confusion. Bien que les tests soient différents, les résultats sont exprimés par les mêmes unités : mg/KOH/g (milligrammes d'hydroxyde de potassium par gramme d'huile).

Le TAN d'une huile est défini comme étant le nombre de milligrammes de KOH nécessaires pour neutraliser les constituants acides dans un (1) gramme de cette huile.

Le TBN d'une huile est défini comme étant le nombre de milligrammes de KOH nécessaires pour neutraliser l'acide lui-même nécessaire à la neutralisation des constituants basiques dans un (1) gramme de cette huile.

TEST DE CHROMATOGRAPHIE GAZEUSE (CG) DE LA DILUTION DU CARBURANT

La chromatographie gazeuse est une technique de séparation utilisée pour analyser les huiles moteur usagées afin de mettre en évidence la dilution du carburant. La technique, telle qu'elle est appliquée aux mesures de dilution du carburant, est utilisée pour séparer et mesurer deux fractions volatiles des échantillons d'huile moteur usagée dans des plages d'ébullition spécifiques. La première fraction volatile d'intérêt est celle dont la plage d'ébullition est similaire à celle de l'essence tandis que la seconde a une plage d'ébullition similaire à celle du diesel. L'instrument est étalonné et les mesures rapportées en pourcentage de contamination par la masse.

Le test de dilution du carburant n'est exécuté que lorsqu'une baisse significative de la viscosité de l'échantillon est constatée ou lorsque le test est spécifiquement requis par le diagnosticien. Il est important de décrire correctement la marque et le grade de l'huile en cas de détection d'échantillons problématiques et l'interprétation des résultats doit se faire avec prudence car de nombreux facteurs peuvent l'influencer. Les carburants sont des

mélanges complexes de composés organiques et la classification des produits est largement basée sur les intervalles de distillation plutôt que sur des données chimiques spécifiques. Il existe également des chevauchements significatifs entre les diverses spécifications d'un produit rendant impossible de séparer et quantifier précisément les mélanges des carburants.

La présence de paraffine dans un échantillon d'huile, par exemple, ne sera pas détectée comme telle par la CG mais elle gonflera artificiellement les mesures dans l'essence et le diesel. Une huile de base légère dont la fraction la plus légère chevauche la fraction la plus lourde de la plage de détection du diesel donnera également un résultat « gonflé ».

Outre les limites du test, un autre problème de la mesure de la dilution par du carburant réside dans la détermination de la gravité du problème en ce qui concerne le moteur. Une pompe à carburant légèrement mal calibrée peut délivrer une petite quantité de carburant supplémentaire à chaque cylindre et donner un résultat de test de carburant de, disons, 5 %. Cette quantité est peu susceptible de provoquer des dégâts. Mais une dilution de l'huile de 5 % par le carburant, provoquée par un seul injecteur défectueux, peut sérieusement endommager le cylindre

correspondant. Pour cette raison, Wearcheck a tendance à réagir immédiatement à une dilution par du carburant, puisque l'origine de la suralimentation ne peut être détectée. La norme est que les dilutions par du carburant supérieures à 4 % seront signalées et, dans certains cas, même des mesures inférieures entraîneront une réaction en fonction des antécédents, du véhicule concerné et de son type de fonctionnement.

Un autre cas fréquemment rencontré est la contamination de l'huile d'un moteur à essence par du diesel. Cela semble se produire plus souvent dans les zones rurales ou dans les bourgades que dans les grandes villes. La source est une contamination de l'essence par du diesel. Le diesel n'est pas brûlé au cours de la combustion et il s'accumule dans le carter. Les chauffeurs s'en rendent généralement compte lorsque le niveau d'huile dans le carter s'élève au point de parfois déborder par la jauge.

C'est ainsi que nous concluons l'explication et l'interprétation des tests standards exécutés chez Wearcheck. Il existe d'autres tests spécialisés mais ceux-ci sont réalisés sur demande spéciale.

Ashley Mayer est consultant technique de la division Wearcheck de Set Point Technology.

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 partie de Torre Industries.