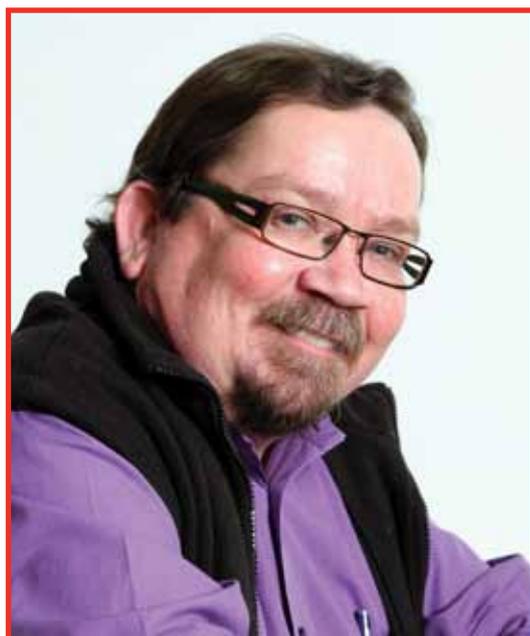




DIAGNOSTIC HOLISTIQUE

par John Evans, lic. en sciences



John Evans, directeur du diagnostic chez WearCheck

Quiconque lit ce bulletin technique sera familiarisé avec les techniques de contrôle d'état de l'analyse d'huile. Un petit échantillon d'huile est prélevé sur une pièce de machine lubrifiée et analysé à la recherche de débris d'usure et de contaminants, ainsi qu'en vue d'évaluer le bon état de l'huile elle-même.

Jusque-là tout va bien, l'huile (ou la graisse) peut être soumise à toute une batterie de tests physiques et chimiques qui, à leur tour, peuvent fournir jusqu'à 50 paramètres différents (en cas d'analyse complète) qui devront être évalués afin de déterminer l'état de la machine, celui de l'huile ainsi que les niveaux de contamination.

Comment cette évaluation se déroule-t-elle ? Une question est fréquemment posée par les utilisateurs de l'analyse d'huile : « Puis-je avoir une copie des valeurs limites que vous utilisez ? » L'utilisation de tableaux de valeurs limites est vraiment simpliste et, dans certains cas, peut être

fâcheusement trompeuse. En substance, ce que veut l'utilisateur, c'est être capable de faire le travail d'un diagnosticien de l'analyse d'huile en consultant simplement quelques fiches. C'est un peu plus compliqué que cela. Le service de diagnostic de WearCheck compte huit diagnosticiens dont l'expérience cumulée représente plus de 150 ans et plus de 7,5 millions d'échantillons, cinq des membres de l'équipe ayant établi le diagnostic de plus d'un million d'échantillons chacun. C'est une expertise d'importance qui ne peut être condensée en deux ou trois tableaux.

Il existe de nombreuses raisons pour lesquelles les limites d'usure peuvent être dangereuses (bien qu'elles aient leur utilité dans certains cas), mais ce bulletin technique s'attachera au concept de diagnostic holistique. Le problème de ces limites est que ces mesures de laboratoire sont consultées isolément : de 0 à 50, c'est bon, de 50 à 100 il y a un problème, au-dessus de 100 c'est critique. Sous cette forme simpliste tout va bien, mais souvent une valeur de 50 à 100 n'est un problème qu'en fonction de *ce que donnent les autres mesures*. 75 peut être critique dans un cas et parfaitement normal dans un autre.

SOURCES DE SILICIUM

Le silicium est un merveilleux exemple de la manière dont il est essentiel de tenir compte de l'ensemble du « tableau clinique ». Pour la plupart des gens familiarisés avec l'analyse de l'huile, le silicium est utilisé comme un indicateur de pénétration de poussières. Poussières, saletés, sable, grains, quelle que soit la manière dont vous les appelez, sont principalement constitués d'un composé chimique appelé dioxyde de silicium et le silicium peut être facilement détecté par un instrument de laboratoire appelé spectromètre. La chose importante à noter ici est que l'instrument détecte l'élément chimique appelé silicium et non le composé dioxyde de silicium. Malheureusement, la vie n'est jamais simple et le silicium trouvé dans l'huile peut provenir de nombreuses autres sources.



Alors, comment pouvons-nous dire si le silicium est dû à la pénétration de poussières ou s'il a une autre origine ? Il suffit simplement d'examiner ce que donnent les autres mesures afin de déterminer la provenance du silicium. En d'autres termes, il s'agit d'exécuter un diagnostic holistique. Le tableau ci-dessous esquisse un certain nombre de scénarios fortement plausibles :

Dans l'exemple suivant, le silicium présente seul une teneur élevée sans aucune augmentation des autres mesures. Dans ce cas, le silicium provient d'un joint ou d'un mastic d'étanchéité au silicone. Si une réparation a récemment eu lieu et que l'on a utilisé l'un de ces composés, il est alors possible que se produise une lixiviation dans l'huile. La teneur en silicium grimpe en flèche, mais, parce que cette forme de silicone n'est pas abrasive, aucune augmentation de l'usure n'est observée. Ce qui peut être déroutant dans ce cas, est que le moteur peut être tout neuf, les résultats peuvent être élevés en raison du rodage et une graisse de montage au silicone peut avoir été utilisée. Comment déterminer ce qui se passe dans ce cas-là ? Un autre aspect du diagnostic holistique doit être pris en compte ici. Si le camion n'a que 15 000 km, il est plus que probable qu'il s'agit du rodage ; toutefois, si le camion a plus d'un million de

kilomètres au compteur, il s'agit probablement d'une usure anormale due à la pénétration de poussières. Toutes les informations données par l'échantillon doivent être examinées.

Exemple	Fer	Aluminium	Chrome	Étain	Cuivre	Sodium	Silicium	Explication
1	36	9	4	1	13	10	15	Échantillon normal
2	97	29	13	2	14	9	61	Importante pénétration de poussières dans les segments supérieurs
3	43	12	4	3	136	211	99	Fuite interne de liquide de refroidissement
4	35	10	3	1	14	12	127	Matériau d'étanchéité au silicone
5	35	8	2	2	16	11	45	Niveau d'additif élevé
6	123	150	32	2	19	9	133	Piston brûlé
7	95	15	15	29	10	10	59	Entrée de poussières dans un moteur Detroit
8	100	32	75	4	15	11	25	Poussières dans une mine de chrome

La poussière est fortement abrasive et lorsqu'elle entre en contact avec l'huile, elle forme essentiellement une sorte de pâte à roder qui accélère l'usure du composant lubrifié. Prenons l'exemple d'un moteur diesel. Si de fines poussières traversent le filtre à air jusqu'en haut du cylindre, elles provoquent une usure immédiate des pistons, des segments et des chemises. Dans la plupart des cas, les pistons sont en aluminium, les segments en chrome et les chemises en fer. Il faut s'attendre non seulement à une augmentation de la teneur en silicium, mais aussi à celle du fer, du chrome et de l'aluminium et c'est exactement ce qui se produit, donnant un profil d'usure très habituel.

Dans le scénario suivant, la teneur en silicium grimpe également, celles du fer, de l'aluminium et du chrome n'augmentent pratiquement pas tandis que celles du cuivre et du sodium explosent. Que se passe-t-il donc ? Voici un exemple de fuite de liquide de refroidissement interne. Quand cela se produit, l'eau fuit, à travers une chemise piquée par exemple, du système de refroidissement à l'huile du moteur, mais à des températures et des pressions de fonctionnement auxquelles l'eau s'évapore. Les produits chimiques de conditionnement du liquide de refroidissement restent dans l'huile. L'un des produits chimiques les plus couramment rencontrés dans les liquides de refroidissement est le métasilicate de sodium, un composé qui contient à la fois du silicium et du sodium, qui sont maintenant présents dans l'huile. La teneur élevée du cuivre provient d'une lixiviation normale du système de refroidissement.

appelé polydiméthylsiloxane (eh oui, une source supplémentaire de silicium). Cet additif empêche l'huile de mousser et parfois les compagnies pétrolières ne font pas correctement leur mélange et peuvent sur ou sous-doser un additif en particulier. Nous avons été confrontés deux fois à ce cas particulier au cours des dix dernières années. Normalement, la teneur de silicium dans l'huile neuve varie entre cinq et dix ppm, mais on a vu des huiles neuves avec des teneurs allant jusqu'à 60 ppm. Ceci a un effet intéressant sur le nombre de particules qui est élevé, mais lorsque l'huile est filtrée, un examen au microscope ne décèle aucun contaminant. Un exemple supplémentaire du diagnostic holistique.

Le dioxyde de silicium n'est pas le seul constituant des poussières. Il s'accompagne généralement d'oxyde d'aluminium, et s'il existe réellement une pénétration des poussières, on pourrait s'attendre à ce que l'aluminium augmente à un taux fixe par rapport au silicium. Et c'est bien ce qui se passe dans les moteurs, transmissions et systèmes hydrauliques où le rapport Si :Al tourne autour de 2 :1, et dans les composants de la transmission où il a tendance à être un peu plus élevé, parfois jusqu'à 10 :1. Voici un très rare exemple, car il s'agit d'une panne fatale et soudaine, pratiquement jamais décelée par l'analyse de l'huile. C'est le cas d'un piston brûlé où la poussière n'est généralement pas incriminée.

Un profil de pulvérisation défectueux d'un injecteur peut provoquer la projection de carburant sur la tête de piston où il brûle, et à

l'évidence, le fer, le chrome et l'aluminium augmentent mais d'où le silicium provient-il ? Les pistons en aluminium sont souvent en alliage contenant du carbure de silicium qui réduit le coefficient d'expansion et c'est de là que provient le silicium lorsque la combustion se produit.

Mais ce n'est pas tout ! Que se passe-t-il dans la situation opposée, avec pénétration de poussières et un rapport aluminium/silicone proche de 1:10 ? Il faut considérer un autre aspect du diagnostic holistique ici : les informations fournies par le client. Une projection d'étain recouvre les pistons des moteurs Detroit Diesel deux temps, et ce que l'on observe dans ce cas est une augmentation du fer, du chrome et, bien entendu, du silicium mais avec la projection d'étain (un conducteur efficace de la chaleur), l'aluminium n'augmente pas tant que ça. Ce que l'on constate, c'est une augmentation de l'étain, un élément normalement associé aux alliages des roulements, mais dans ce cas, il provient du piston.

Avant de laisser le silicium de côté, il existe un dernier aspect à considérer. La poussière est un contaminant environnemental et, dans la grande majorité des cas, elle sera constituée d'un mélange de silice et d'oxyde d'aluminium, mais qu'arrive-t-il si ces composés ne sont pas présents dans l'environnement concerné ? Le dernier exemple concernant le silicium montre une augmentation de l'aluminium et du fer, une augmentation massive et disproportionnée du chrome et pratiquement aucune augmentation du silicium. C'est à cela que pourrait ressembler une pénétration de poussières dans une mine de chrome.

LE CUIVRE, UN ÉLÉMENT PERTURBANT, ET LE MOLYBDÈNE QUI EMBROUILLE TOUT

Le silicium n'est pas le seul élément pouvant avoir des sources multiples. Comme le silicium, le cuivre peut être un contaminant, un métal d'usure et en de très rares occasions, un additif. Le cuivre est un métal que l'on trouve dans les alliages de laiton et de bronze et il fait partie de divers composants des rondelles de butée et des paliers lisses. En cas d'usure, on peut s'attendre à l'augmentation de métaux associés comme l'étain et le plomb, peut-être du zinc et même du fer. En tant que contaminant, on observe souvent une lixiviation du cuivre dont la source est le système de refroidissement. Si elle se produit du côté de l'huile, une teneur astronomiquement élevée en cuivre est observée mais aucune des autres mesures ne change. Si le cuivre provenait du côté de l'eau du système de refroidissement, alors on observerait probablement la présence d'additifs du liquide de refroidissement comme le sodium, le silicium, le bore ou le molybdène.

Ceci nous amène au molybdène, un autre métal qui peut être un contaminant provenant du système de refroidissement et des graisses, un additif d'huile antioxydant ou un additif solide et un métal d'usure provenant du revêtement des segments de piston ou existant dans les boîtes de vitesses synchronisées.

En fait, la plupart des éléments détectés au spectromètre peuvent appartenir à plus d'un des trois groupes (additif, contaminant, métal d'usure) et souvent aux trois à la fois. Il peut être particulièrement difficile d'évaluer un élément appartenant à plus d'un groupe à la fois. C'est pourquoi un simple tableau des limites d'usure n'est tout simplement pas suffisant. Il faut les connaissances acquises

au cours de très nombreuses années d'expérience pour devenir un diagnosticien compétent et méticuleux. Ces quelques exemples que nous venons de survoler ne concernent que trois de la trentaine d'éléments pouvant être analysés et il faudrait tout un livre pour couvrir tous les aspects et des années d'expérience pour le mettre en pratique.

TENDANCES ET RAPPORTS ENTRE ÉLÉMENTS

Laissons la manière dont les éléments interagissent les uns avec les autres et examinons les rapports existant entre eux et les informations fournies par le client. Dans le cours normal des choses, 20 ppm de plomb (un revêtement que l'on trouve sur les paliers lisses et les gros paliers d'extrémité) dans un moteur est probablement acceptable. Le fer est parfois utilisé comme une référence interne



Lors de l'analyse d'échantillons d'huile, le spectromètre par torche à plasma (ICP, inductively coupled plasma) fournit des données sur la contamination et les taux d'usure, données qui peuvent être utilisées dans le cadre du diagnostic holistique de l'échantillon.

du fait qu'il est le principal élément d'usure dans tout système mécanique. Ceci peut alors être utilisé comme référence en comparaison à d'autres mesures. Une teneur en plomb de 20 ppm peut être acceptable dans un moteur, mais si celle du fer n'est que de 25 ppm, alors quelque chose ne va pas, parce que dans un moteur il y a bien plus de fer que de plomb. Dans ce cas, ce n'est pas la concentration réelle qui est préoccupante mais le rapport entre les deux éléments en question. Nous avons déjà vu l'importance de ces rapports lorsque nous avons examiné l'aluminium et le silicium afin d'évaluer la possibilité d'une pénétration de poussières.

Les tendances constituent un autre aspect à examiner. Une tendance de 50 ppm de fer peut être normale, mais si le fer grimpe à 85 ppm, cela peut être le signe d'un problème. De la même manière, une tendance de 30 ppm peut également être normale mais si elle s'élève à 50 ppm, cela signifie que quelque chose ne va pas. Dans une situation, 50 est acceptable et dans l'autre, ça ne l'est pas, et ce n'est qu'en examinant l'historique du composant que l'on peut évaluer son bon état.

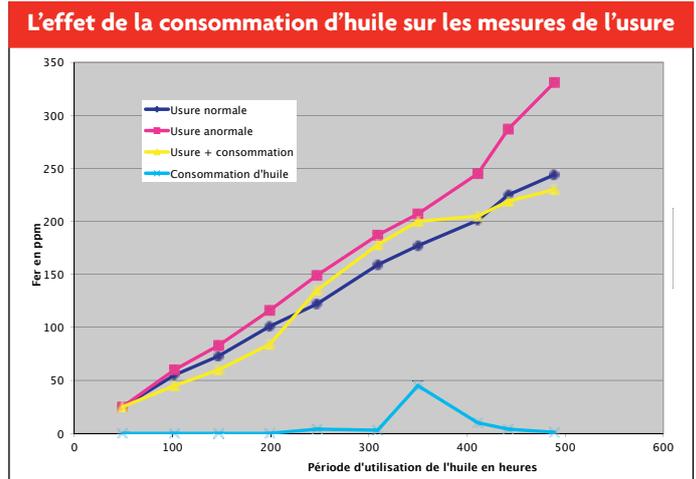
Enfin, les informations fournies par le client sont absolument cruciales : des indications sur le type d'utilisation, l'environnement, les types d'huile et de carburant, l'âge de la machine et la consommation d'huile, peuvent avoir un énorme impact sur la manière dont le rapport de l'échantillon d'huile est établi.

Plus le diagnosticien dispose d'informations, meilleur sera son diagnostic. Il faut noter que la principale cause d'échec d'un programme d'analyse de l'huile est le manque d'information ou des informations erronées à l'appui de l'échantillon d'huile.

L'information la plus vitale fournie par le client est peut-être la durée d'utilisation de l'huile. Une teneur en fer de 50 ppm peut être convenable après 250 heures de fonctionnement, mais critique après seulement 50 heures et suspecte, parce que trop basse, après 500 heures. Si l'huile a été utilisée deux fois plus longtemps, on pourrait s'attendre à deux fois plus d'usure et de contamination. Une valeur élevée lorsque l'huile a été utilisée sur une longue période doit être jugée comme « normale compte tenu de la période d'utilisation de l'huile ». Dans le cas d'une mesure de fer suspecte parce que trop basse, peut-être que la consommation d'huile est augmentée.

Le graphique final montre comment l'absence d'information peut conduire directement à un diagnostic erroné. Nous avons déjà évoqué la consommation d'huile, une chose que très peu de gens mesurent. Si la consommation d'huile est élevée, à un point inacceptable, c'est déjà une indication que quelque chose ne tourne pas rond mais en plus, l'ajout de grandes quantités d'huile neuve dilue les niveaux de contamination et d'usure. En substance, ce que l'on analyse, c'est de l'huile neuve.

La première ligne montre une augmentation régulière du fer sur la période où les échantillons d'huile ont été prélevés à intervalles réguliers et l'on peut considérer qu'il s'agit d'une usure normale. La seconde ligne montre une augmentation du taux d'usure avec des mesures de fer plus élevées, indiquant qu'une usure anormale est peut-être en train de se produire. La dernière ligne montre un second problème couplé à la consommation élevée d'huile de telle sorte que le point final ne se distingue pas de la situation d'usure normale. La consommation élevée d'huile a masqué (dilué) l'usure anormale qui existe.



CHAQUE VALEUR RACONTE UNE HISTOIRE

Le diagnostic des échantillons d'huile est bien plus compliqué que de suivre quelques règles simples et des limites. Nous disposons des informations fournies par les tests du laboratoire et des informations fournies par le client dans le formulaire d'envoi de l'échantillon, et nous devons soigneusement comparer les deux pour avoir une image nette de ce qui se passe. Une fois les résultats de la comparaison évalués, il faut prendre en compte toutes les informations fournies par le client, tous les tests de laboratoire, l'ensemble de l'historique du composant ainsi que savoir comment des composants similaires se comportent dans des situations similaires et ce n'est qu'alors que l'on peut formuler ce qui s'est passé. Le diagnostic est par essence une chimie médico-légale, essayant de découvrir ce qui se passe à partir de quelques simples indices. Ces simples indices peuvent être utilisés pour élaborer une image incroyablement complexe et détaillée, mais cela ne peut être fait que lorsque les données disponibles sont examinées dans leur ensemble. Seule une évaluation holistique des données fournira la bonne réponse. Examiner les mesures isolément ne donne qu'une image floue en noir et blanc et peut souvent ne pas avoir la richesse des couleurs que l'on peut obtenir en ayant une perspective holistique.

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
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 Africa, une division de Torre Industries.