



# D'OÙ PROVIENT TOUT CE MÉTAL ?

par Jon S. Evans, B. Sc.



John Evans, directeur du diagnostic chez WearCheck

L'analyse de l'huile s'articule autour du prélèvement d'un petit échantillon représentatif de l'huile, provenant d'une pièce lubrifiée d'une machine, et de sa soumission à toute une batterie de tests physiques et chimiques, dans un laboratoire.

Les données sont ensuite interprétées pour établir un rapport. Il y a trois domaines fondamentaux intéressants dans un rapport d'analyse de l'huile : l'état de la machine étant échantillonnée, celui de l'huile lubrifiant la machine, et les niveaux de contamination.

Parmi les nombreux tests auxquels un échantillon d'huile peut être soumis, le plus connu est probablement celui de l'analyse spectrométrique. Dans l'industrie, on y fait souvent référence sous l'acronyme SOAP, signifiant « Programme d'analyse spectrométrique de l'huile ». Une panoplie d'instruments permet d'effectuer ce test, mais l'instrument le plus souvent utilisé dans les grands laboratoires, est appelé un plasma inductif ou ICP. WearCheck utilise quatre de ces instruments.

Le but du test est de déterminer la concentration en métaux d'usure (état de la machine), en additifs de l'huile (état de l'huile) et en contaminants. Les paramètres sont déterminés au moyen des concentrations en divers éléments de la table périodique. WearCheck quantifie 29 de ces éléments, et ils tombent dans différentes

catégories, notamment le cuivre qui est un métal d'usure, le calcium qui fait partie d'un additif de l'huile, ou le silicium qui est un constituant de la saleté (contaminant). Notez que de nombreux éléments peuvent appartenir à plus d'une catégorie.



Un spectromètre ICP

L'échantillon d'huile est mélangé à un solvant, et introduit dans le plasma du spectromètre. Le plasma est généré par une puissante décharge de fréquences radio et des températures très élevées peuvent être obtenues, allant jusqu'à 10 000 °C, ce qui est une température équivalente à celle de la surface du soleil. Lorsque les différents éléments sont soumis à ce type de températures élevées, ils émettent de la lumière à différentes fréquences. La majeure partie de cette lumière est la partie ultra-violet du spectre électromagnétique, que l'œil humain ne peut pas percevoir, mais l'ICP dispose de détecteurs capables de distinguer ces fréquences. L'intensité de chaque fréquence est proportionnelle à la concentration en chaque élément se trouvant dans l'huile.

Pour interpréter un rapport d'analyse d'huile avec précision, il est extrêmement important de savoir d'où proviennent les différents éléments, et à laquelle des trois catégories ils peuvent appartenir. Ce bulletin technique se penchera sur les catégories auxquelles appartiennent les éléments, et quelles en sont les sources les plus communes.

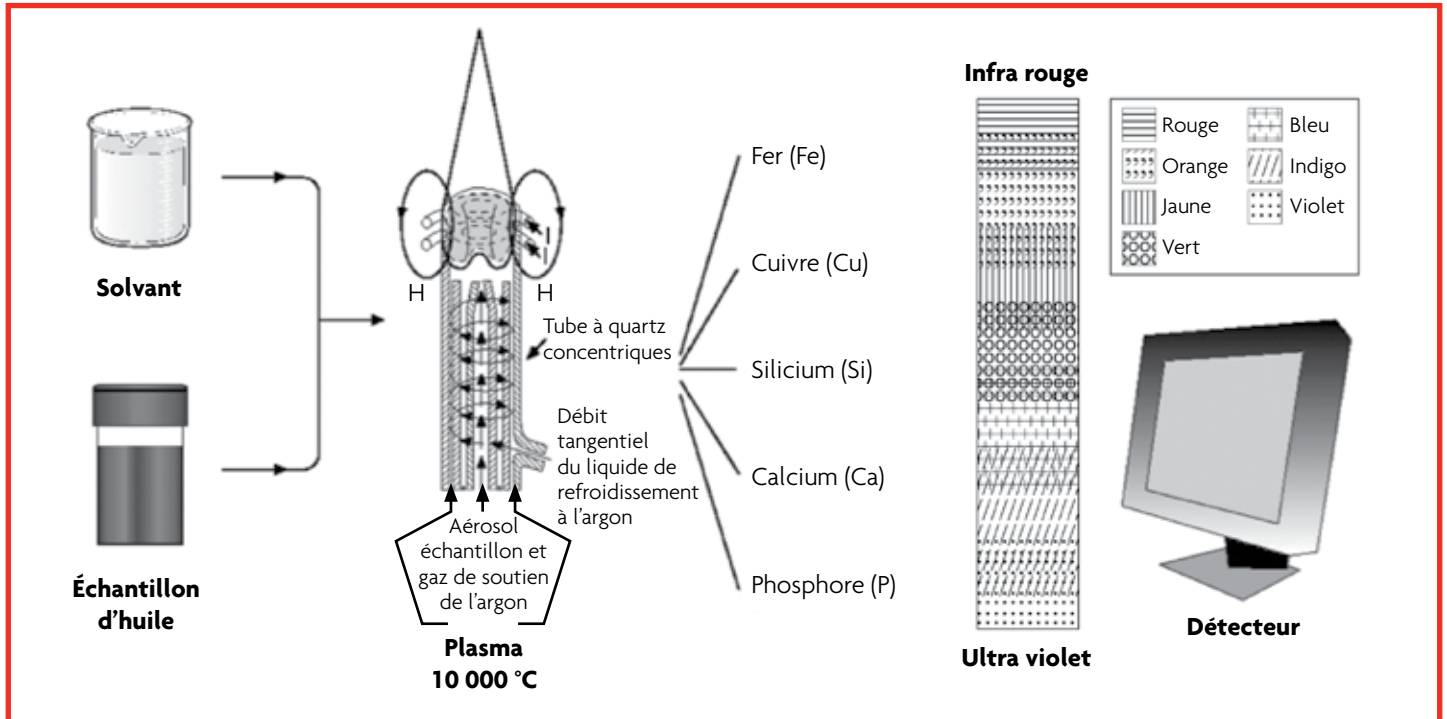


Figure 1 : Comment fonctionne le spectromètre

La catégorie la plus importante est de loin celle des métaux d'usure, dont le fer est l'élément d'usure le plus courant.

## FER – SYMBOLE CHIMIQUE FE

Si certains des symboles chimiques sont incompréhensibles, c'est parce qu'ils proviennent du nom latin de l'élément ; dans ce cas le « ferrum ». Sur les moteurs, les chemises de cylindre et le vilebrequin sont les principales pièces soumises à l'usure, ainsi que les pignons de distribution, les arbres et soupapes. Sur les pièces de boîtes de vitesses et du train d'entraînement, le fer est le constituant majeur des engrenages, des arbres et roulements anti-friction (élément roulant).

Enfin, le fer peut également être un contaminant. Lorsque le fer réagit avec l'eau (qui contient de l'oxygène) et l'oxygène atmosphérique, de la rouille peut apparaître, pouvant indiquer une contamination ou une dégradation des pièces. La rouille, contenant du fer, peut apparaître dans les circuits de refroidissement. En cas de fuite du liquide de refroidissement interne et si ce dernier se mélange à l'huile lubrifiante, le liquide de refroidissement peut s'évaporer à la température et à la pression de service, tout en laissant des additifs et contaminants du liquide de refroidissement dans l'huile. Ce phénomène sera abordé plus en détails à la rubrique Sodium.

## ALUMINIUM – SYMBOLE CHIMIQUE AL

La source la plus courante d'aluminium dans les moteurs se trouve dans les pistons. Presque sans exception, tous les pistons sont fabriqués à partir d'aluminium ou de l'un de ses alliages. Sur les transmissions, les convertisseurs de couple sont en aluminium. Les carters et carters de pompes hydrauliques, sont

souvent (et en général) fabriqués en aluminium. Les rondelles de butée, les roulements lisses et chemises d'étanchéité peuvent également être en métal.

L'aluminium peut également être un contaminant. C'est un additif de certaines graisses, et donc, si la graisse passe dans une pièce lubrifiée, on peut alors y trouver de l'aluminium. La saleté usuelle (poussière et sable) est très abrasive et peut être très dangereuse pour toute pièce lubrifiée des machines. Traditionnellement, la saleté se détecte par la présence de silicium. Cependant, la plupart des saletés proviennent d'un mélange d'oxydes de silicium et d'aluminium, et donc, en cas de pénétration de saletés, l'aluminium accompagne alors habituellement le silicium - En général en fonction d'un rapport Al : Si de 1:2 à 1:5.

## CHROME – SYMBOLE CHIMIQUE CR

Dans les moteurs, les segments sont normalement en chrome ou sont revêtus de métal. En de rares occasions, les chemises peuvent être chromées et les segments sont alors en fonte. Les arbres, engrenages et roulements anti-friction peuvent contenir des traces de chrome sous la forme d'un métal d'alliage accompagné de fer, pour former certains aciers, que l'on retrouve dans la plupart des types de pièces. Le chrome peut aussi être utilisé comme revêtement de durcissement de surface, sur des roues dentées. Le chrome peut être également un contaminant. Dans les régions où le métal est extrait des mines, il peut apparaître dans l'huile, indiquant la présence de saletés. Notez que la saleté n'est pas toujours constituée de silicium (et d'aluminium).

Enfin, le chrome peut parfois être l'indication d'une fuite interne de liquide de refroidissement. Certains types de modificateur de

liquide de refroidissement contiennent du chromate de sodium, et, une fois encore, si de l'eau du circuit de refroidissement se mélange à l'huile (par fuite), elle peut s'évaporer, laissant du chrome et du sodium dans l'huile. Ceci arrive habituellement lorsqu'on utilise du diesel électromoteur.

On trouve souvent du fer, de l'aluminium et du chrome dans les échantillons d'huile moteur, car on les retrouve dans les chemises, les pistons et les segments. On y trouve généralement une teneur élevée en silicium, car la pénétration de saletés dans le circuit d'admission d'air peut entraîner une usure anormale des pièces.

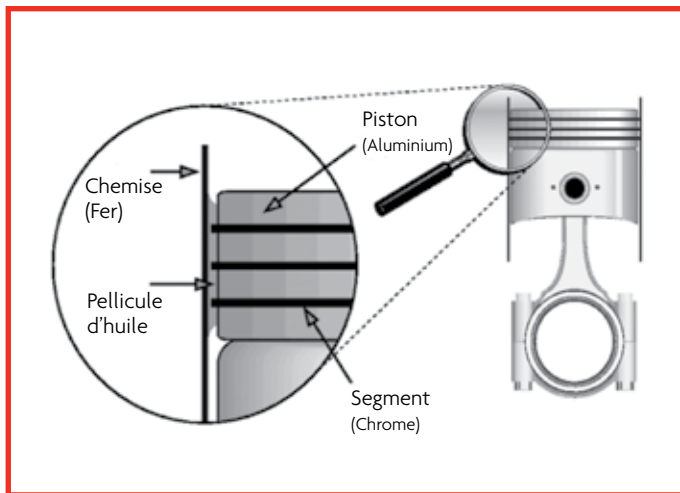


Figure 2 : Usure des pistons, segments et des chemises

### **SILICIUM – SYMBOLE CHIMIQUE SI**

Bien que le silicium soit généralement considéré comme étant un indice de la pénétration de saletés, il peut provenir de différentes sources. Le silicium fait partie d'un produit chimique ajouté aux huiles, permettant de les empêcher de mousser, et donc, il peut être un additif. On le retrouve généralement en concentrations de 5 à 10 ppm, alors ne soyez pas surpris de trouver du silicium dans les échantillons d'huiles neuves de moteur. Ne paniquez pas, sa présence n'est pas due à la saleté.

Le silicium se trouve dans les produits chimiques utilisés dans les modificateurs de liquide de refroidissement, et il peut donc apparaître sous la forme d'un contaminant dans le cas d'une fuite interne de liquide de refroidissement, avec du sodium. Les graisses contiennent du silicium (en particulier les graisses de bentonite) et les composés de montage contiennent souvent des produits chimiques à base de silicium, qui passent facilement dans l'huile. Ces composés de montage peuvent engendrer de fortes teneurs en silicium, mais ne sont pas l'indice d'un problème.

Bien qu'étant déjà un additif et un contaminant, le silicium peut également être un composé d'usure (ce n'est pas un métal à proprement parler, et donc, l'appeler un métal d'usure serait « chimiquement » faux). Le carbure de silicium est parfois utilisé

dans la fabrication des pistons, visant à minimiser leur coefficient de dilatation. Le silicium peut provenir de différentes sources, et peut faire partie de trois catégories.

### **NICKEL – SYMBOLE CHIMIQUE NI**

Le nickel est le plus souvent considéré comme étant un alliage des roulements anti-friction (et parfois des engrenages) ainsi que le fer. Les soupapes et les guides de soupape peuvent contenir du nickel, et certaines pièces de turbine peuvent également contenir ce métal. Les revêtements, similaires au chrome, peuvent contenir du nickel.

Le nickel est également un composant de la plupart des huiles des fours de moyennes et grandes tailles, et il apparaît donc dans l'huile comme étant un sous-produit de la combustion, ce qui en fait un contaminant ainsi qu'un métal d'usure. On le rencontre habituellement sur les moteurs marins.

### **VANADIUM – SYMBOLE CHIMIQUE V**

On ne rencontre que rarement du vanadium, mais il peut être un métal d'usure des aubes de turbine et des vannes. Il apparaît également en tant que sous-produit de la combustion, au même titre que le nickel.

### **TITANE – SYMBOLE CHIMIQUE TI**

Ce métal apparaît comme un élément d'usure dans les pièces de turbine, les ressorts et vannes. Il peut également être présent si des pièces en céramique ont été utilisées. Le titane, comme le chrome, peut être un contaminant sur pénétration de saletés, en particulier lorsque des minerais de titane peuvent se trouver in-situ ; phénomène assez fréquent dans l'extraction minière du sable minéral (dune).

### **COBALT – SYMBOLE CHIMIQUE CO**

On ne rencontre presque jamais de cobalt, mais si on en rencontre, il proviendra normalement de pièces de turbine ou sous la forme d'un alliage dans des roulements anti-friction avec du fer.

### **MOLYBDÈNE – SYMBOLE CHIMIQUE MO**

Le molybdène est un autre métal pouvant tomber dans les trois catégories élémentaires. En tant que métal d'usure, on le rencontre le plus souvent dans les boîtes de vitesse automobiles, en tant que pièces des segments synchro. Sur certains moteurs, le segment de compression (en haut) est revêtu de métal.

Il est considéré être un additif des huiles moteur mais aussi un anti-oxydant. Le bisulfure de molybdène (Mo-Di) est un additif du marché secondaire, qui est ajouté à des lubrifiants depuis près d'un siècle. Le bisulfure de molybdène peut également blanchir dans les huiles pour engrenages devant être utilisées sur d'importants ou de faibles déplacements, notamment dans les boîtes de vitesses d'excavatrices énormément sollicitées.

En tant que contaminant, on peut le rencontrer dans les fuites de liquide de refroidissement interne, dans les additifs de liquide de refroidissement. C'est également un composant de la graisse, donc si des joints endommagés laissent passer le lubrifiant, il peut apparaître dans l'huile en tant que contaminant de la graisse.

### **MANGANÈSE – SYMBOLE CHIMIQUE MN**

Ce métal se trouve, avec le fer, sous la forme d'un élément d'alliage, dans certains aciers, et peut apparaître dans les arbres, les jeux de soupapes d'échappement et roulements anti-friction. C'est un contaminant que l'on retrouve assez fréquemment dans le matériel utilisé dans les mines de manganèse, où il indique une pénétration de saletés. Certains carburants de substitution du tétraéthylplomb contiennent du manganèse sous la forme d'un additif antidétonant, et il peut donc apparaître sous la forme d'un sous-produit de combustion dans les huiles de moteurs à essence, utilisant ces types de carburant. Dans de très rares cas, on trouve du manganèse en tant qu'additif.

Le groupe suivant de métaux d'usure, représente tous les éléments des roulements lisses ; les plus courants étant le cuivre, le plomb et l'étain. L'argent, l'antimoine et le cadmium peuvent être présents en de rares occasions.

### **CUIVRE – SYMBOLE CHIMIQUE CU**

Le cuivre provient de nombreuses sources de métaux d'usure bien qu'il puisse être également un contaminant et parfois un additif. Le cuivre provient des roulements lisses, des chemises d'étanchéité, des rondelles de butée, des engrenages usés, des disques d'embrayage et des freins collés. Tout élément à composant « jaune » contiendra du cuivre. L'alliage de cuivre et d'étain est appelé bronze, et le cuivre et le zinc donnent du laiton. Les engrenages en bronze sont fréquemment utilisés dans les vis sans fin, sur les boîtes de vitesses à vis sans fin.

Énormément de cuivre peut s'échapper des systèmes de refroidissement de l'huile et des radiateurs, en tant que contaminant. Les éléments constitutifs des circuits de liquide de refroidissement sont souvent en cuivre, pouvant ainsi passer directement dans l'huile. Cela ne signifie pas que le liquide de refroidissement se dissout et il n'est pas l'indice d'un problème. Cependant, il peut être un peu inquiétant de voir plusieurs centaines de ppm de cuivre dans un échantillon, soudainement apparaître dans un rapport d'analyse de l'huile. Le cuivre peut également s'infiltrer du côté « eau » du système de refroidissement, et, si cette eau pénètre dans l'huile, elle peut s'évaporer en laissant du cuivre, ce qui est un indice de problème.

Le cuivre peut faire partie de certains composés de montage, et peut apparaître en tant que contaminant sur une machine nouvellement assemblée. Comme le manganèse, en de très rares circonstances, le cuivre peut être considéré comme étant un additif.

### **ÉTAIN – SYMBOLE CHIMIQUE SN**

L'étain est souvent allié au plomb pour former ce qui est connu sous le nom de métal anti-friction (ou métal blanc), et il est le principal constituant des roulements lisses superposés. On le trouve le plus souvent dans les principaux roulements moteur, et gros roulements d'extrémité. Une bande d'étanchéité en étain peut être installée sur certains pistons ; elle contribue à conduire la chaleur.

Le métal d'apport de soudure est également un alliage d'étain et de plomb, et donc toute soudure peut s'infiltrer dans l'huile, que l'on retrouve parfois lors de fuites du liquide de refroidissement. Ce n'est pas l'indication d'un problème, mais cela peut arriver. L'étain se trouve à la fois en tant que métal d'usure et contaminant et, en de très rares occasions, en tant qu'additif de certains lubrifiants ignifuges.

### **PLOMB – SYMBOLE CHIMIQUE PB**

Ce métal est l'autre constituant majeur du métal blanc que l'on rencontre dans les roulements lisses (principaux et à grandes extrémités). On le retrouve aussi dans les chemises d'étanchéité et dans quelques anciens disques d'embrayage. Les groupes de freinage peuvent également contenir du plomb. Certains revêtements peuvent contenir le métal.

En tant que contaminant, il peut s'échapper de la brasure, notamment de l'étain, du circuit de liquide de refroidissement. On rencontre habituellement du plomb en tant qu'additif de l'essence, et il finissait dans l'huile en tant que sous-produit de la combustion. De nos jours, il est rare de rencontrer du plomb en tant qu'additif de l'essence, mais des échantillons provenant de pays hors de nos frontières, peuvent contenir une haute teneur en plomb. En règle très générale, il faut compter un ppm de plomb dans l'huile par kilomètre parcouru.

Le plomb est un agent pour pressions extrêmes de certaines graisses et, il y a plusieurs années, les huiles pour engrenages industriels étaient à base de plomb, avec le même additif. Les questions d'écologie ont entraîné l'abandon de ces produits. Cependant, les boîtes de vitesses dont l'huile date de vingt ans, peuvent contenir une forte teneur en plomb et, de temps en temps, on en découvrira l'équivalent de tout un bidon.

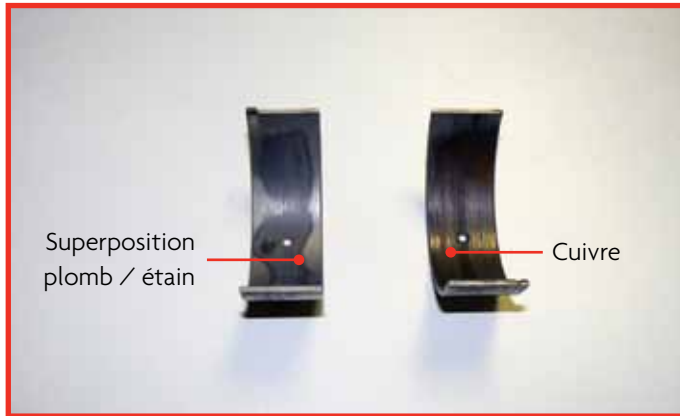


Figure 3 : Métallurgie des roulements

### **ARGENT – SYMBOLE CHIMIQUE AG**

Certains roulements lisses des moteurs de locomotive peuvent contenir de l'argent. Il est extrêmement important d'utiliser une huile exempte de zinc dans ce cas, car le zinc attaquera l'argent et détruira le roulement. On peut trouver de l'argent dans des revêtements, et des teneurs élevées peuvent provenir de la brasure à base d'argent, utilisée dans certains systèmes de refroidissement.

### **ANTIMOINE – SYMBOLE CHIMIQUE SB**

L'antimoine est le plus souvent considéré comme étant un agent pour pressions extrêmes dans la graisse, et on peut ainsi le retrouver dans l'huile en tant que contaminant de la graisse. En de très rares occasions, il peut être un alliage de plomb et d'étain dans certains roulements lisses spéciaux.

### **CADMIUM – SYMBOLE CHIMIQUE CD**

On ne trouve que rarement du cadmium, mais il peut être un constituant des roulements lisses et de certains revêtements.

### **TANTALUM – SYMBOLE CHIMIQUE TA**

On peut le rencontrer dans les matériaux en céramique, mais rarement autrement.

### **CÉRIUM – SYMBOLE CHIMIQUE CE**

C'est un métal du groupe des terres rares que l'on retrouve aussi dans les matériaux en céramique et, encore une fois, rarement rencontré.

### **BÉRYLLIUM – SYMBOLE CHIMIQUE BE**

C'est l'un des premiers métaux rencontrés faisant partie du tableau périodique et, au même titre que le cérium et le tantalum, c'est un élément rencontré dans les matériaux en céramique. Il est également très important dans l'analyse de l'huile des moteurs d'avion à réaction, car le béryllium est un

élément d'alliage de certaines rondelles de butée, et des traces de ce métal peuvent être l'indice d'un problème sérieux.

### **ZIRCON – SYMBOLE CHIMIQUE ZR**

Le zircon est le dernier des éléments céramique analysés. Au même titre que le titane, il est un constituant majeur des sables minéraux, et il apparaît donc sous la forme de saletés dans les machines fonctionnant dans ces environnements.

### **LITHIUM – SYMBOLE CHIMIQUE LI**

Le lithium ne se rencontre qu'en tant que contaminant. Ce métal est un additif très couramment utilisé en tant que savon (agent épaississant) dans de nombreuses graisses. S'il apparaît dans un échantillon d'huile, il est l'indice d'une contamination évidente de la graisse.

### **SODIUM – SYMBOLE CHIMIQUE NA**

Tout au long de ce bulletin technique, il a été fait de nombreuses fois référence à des fuites internes de liquide de refroidissement, et aux éléments qui leurs sont associés. Pour récapituler, l'eau d'un circuit de refroidissement peut pénétrer dans le système / circuit de lubrification, et contaminer l'huile. Il arrive souvent qu'aux pressions et températures de service, cette eau s'évapore.

La plupart des circuits de refroidissement doivent être traités avec du glycol et un modificateur de liquide de refroidissement, qui contiendra une variété de produits chimiques permettant au liquide de refroidissement de faire son travail, et de protéger le circuit de refroidissement contre tout dommage. Ce sont ces produits chimiques-mêmes, qui restent dans l'huile et indiquent la présence antérieure d'eau, bien qu'elle ne soit plus présente. Les produits chimiques les plus courants contiennent du sodium, et il est le premier indice d'une fuite de liquide de refroidissement interne.

Les autres produits chimiques que l'on trouve dans les modificateurs de refroidissement, contiennent des éléments tels que le molybdène, le phosphore, le chrome, le bore et le silicium. Les éléments constitutifs de la structure physique du circuit de refroidissement, et susceptibles de lixivier dans l'huile (soit du côté « eau » soit du côté « huile » du système de refroidissement), sont le cuivre, l'étain, le plomb et l'argent.

On trouve également du sodium en tant qu'additif dans certaines huiles moteur (remplaçant souvent le calcium ou le magnésium), mais cela est beaucoup plus rare. Certaines graisses contiennent du sodium (faisant partie du savon) et on le rencontrera évidemment si l'huile est contaminée par de l'eau de mer.

Les sept derniers éléments constituent la majeure partie des ensembles d'additifs de l'huile.

### MAGNÉSIUM – SYMBOLE CHIMIQUE MG

Le magnésium est utilisé dans la formulation des détergents et inhibiteurs de corrosion. Le métal peut être utilisé dans les revêtements, les boîtiers et logements, et certains blocs-moteurs peuvent contenir du magnésium, ce qui en fait un élément d'usure. On le trouve également dans l'eau de mer et il peut donc apparaître en tant que contaminant.

### CALCIUM – SYMBOLE CHIMIQUE CA

Le calcium est souvent combiné au magnésium, et est la partie détergente et inhibitrice de corrosion de l'ensemble des additifs. Il peut être utilisé comme savon dans la fabrication de graisses et, au même titre que le magnésium, on le rencontre dans l'eau de mer.

### ORIGINES GÉNÉRALES D'ÉLÉMENTS ET DE CONTAMINATION

FER (Fe)	Chemises de cylindres, vilebrequins, engrenages, arbres, soupapes, roulements anti-friction, rouille, l'eau du radiateur.
CHROME (Cr)	Chemises de cylindres, segments, arbres, roulements anti-friction, fuite de liquide de refroidissement interne, pénétration de saletés, revêtements.
NICKEL (Ni)	Roulements anti-friction, engrenages, pièces de turbines, soupapes et guides de soupape, revêtements, contaminants du carburant (combustible de soute).
MOLYBDÈNE (Mo)	Segments de piston, segments synchro, additifs de l'huile, graisses, additifs solides (anti-friction), fuite de liquide de refroidissement interne.
VANADIUM (V)	Aubes de turbine, vannes, contaminant du carburant (carburant de soute).
MANGANÈSE (Mn)	Arbres, soupapes, roulements anti-friction, pénétration de saletés.
TITANE (Ti)	Pièces de turbine, ressorts, vannes, éléments céramiques, pénétration de saletés.
ALUMINIUM (Al)	Pistons, roulements lisses, convertisseurs de couple, rondelles de butée, chemises d'étanchéité, carters, pompes, graisse, pénétration de saletés.
CUIVRE (Cu)	Roulements lisses, chemises d'étanchéité, rondelles de butée, toute pièce fabriquée à partir « d'alliages métalliques jaunes » (notamment le bronze phosphoreux, le bronze ou laiton), engrenages à vis, disques d'embrayage, freins, circuit et système de refroidissement, additifs de l'huile, graisses.
ÉTAIN (Sn)	Roulements lisses, bande d'étanchéité de piston, brasure, système et circuit de refroidissement.
PLOMB (Pb)	Roulements lisses, chemises d'étanchéité, disques d'embrayage, système et circuit de refroidissement, brasure, additifs de l'huile, additifs de l'essence, sous-produits de combustion, graisses, revêtements.
MAGNÉSIUM (Mg)	Additifs de l'huile, eau de mer, revêtements, blocs-moteurs, carters.
CALCIUM (Ca)	Additifs de l'huile, graisses, eau de mer.
ZINC (Zn)	Additifs de l'huile, pièces en laiton, système et circuit de refroidissement.
PHOSPHORE (P)	Additifs de l'huile, pièces en bronze.
SOUFRE (S)	Additifs de l'huile, éléments constitutifs de l'huile de base.
BARIUM (Ba)	Additifs de l'huile
BORE (B)	Additifs de l'huile, fuite de liquide de refroidissement interne.
LITHIUM (Li)	Graisses
SODIUM (Na)	Fuite interne du liquide de refroidissement, additifs de l'huile, graisses, pénétration de saletés, eau de mer.
SILICIUM (Si)	Pénétration de saletés, additifs de l'huile, fuite interne de liquide de refroidissement, graisses, composés de montage, pistons, alliages silicium / aluminium.

## ZINC – SYMBOLE CHIMIQUE ZN

On trouve le zinc dans les produits chimiques utilisés pour fabriquer des additifs anti-usure, anti-oxydants, détergents et inhibiteurs de corrosion. Le zinc s'allie avec le cuivre pour faire du laiton, et il est donc un métal d'usure évident.

## PHOSPHORE – SYMBOLE CHIMIQUE P

Le phosphore n'est pas un métal et on le retrouve dans de nombreux additifs. Notamment : additifs anti-usure, anti-oxydant, pour pressions extrêmes, inhibiteur de corrosion, modificateurs de frottement, désactivateur de métaux et produits chimiques biocides. Le phosphore peut s'allier avec l'étain et le cuivre pour former du bronze phosphoreux, qui est parfois utilisé pour fabriquer des vis sans fin, et il peut donc apparaître occasionnellement sous la forme d'un élément d'usure.

## BARYUM – SYMBOLE CHIMIQUE BA

Ce métal est assez rare et on le trouvait anciennement dans la formulation de certains fluides pour transmissions automatiques. Il peut remplacer le magnésium et le calcium dans la fabrication des détergents et inhibiteurs de corrosion.

## BORE – SYMBOLE CHIMIQUE B

Le bore est utilisé dans les composés pour pressions extrêmes et dispersants. Il peut également apparaître sous la forme d'un contaminant, car il peut être utilisé dans la fabrication des modificateurs de liquide de refroidissement.

## SOUFRE – SYMBOLE CHIMIQUE S

Il est le dernier des 29 éléments analysés. Le soufre est un constituant naturel de l'huile de base, et il apparaît donc dans presque tous les échantillons d'huile. Les huiles de base synthétiques et très raffinées (groupe API III) peuvent ne pas

contenir ou ne contenir que très peu de soufre, mais la plupart des huiles de base du groupe I et II API contiennent environ 5 000 ppm de soufre, dont la suppression est assez onéreuse lors du raffinage. Le soufre peut également se rencontrer dans les additifs, notamment les additifs anti-usure, anti-oxydants, pour pression extrême, inhibiteur de corrosion et des additifs de désactivateur de métaux.



Le tableau périodique

Ceci nous amène à la fin de notre périple sélectif au sein de la table périodique des éléments chimiques. Les métaux, les éléments non métalliques et les produits chimiques, peuvent apparaître sous différentes formes, et ils peuvent appartenir à une, deux ou trois des principales catégories d'éléments - métaux d'usure, contaminants et additifs. On ne peut déterminer l'origine correcte de l'élément qu'en tenant compte de l'ensemble ainsi que des résultats (ce qui est connu sous le nom de diagnostic holistique).

**John Evans est responsable des diagnostics pour WearCheck Africa.**

Des copies des bulletins techniques antérieurs se trouvent sur le site Web de WearCheck: [www.wearcheck.co.za](http://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](mailto: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](mailto:support@wearcheck.co.za)  
w [www.wearcheck.co.za](http://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.