POURQUOI DES OUTILS D’AIDE AU DIAGNOSTIC ?

L’objectif principal de ces outils est de permettre, sans arrêter la production, de suivre l’état de bon fonctionnement des installations suivies que ce soit par leur surveillance directe que par le contrôle des produits fabriqués.

Optimiser une maintenance en effectuant la bonne opération au bon moment, suivre l’évolution d’une anomalie que l’on peut caractériser, garantir la qualité des produits fabriqués, voilà ce que l’on peut attendre de ces outils lorsqu’ils sont bien utilisés.

Quelques précautions nécessaires:

* Les installations concernées devront avoir fait l’objet d’une analyse de défaillances aussi fouillée que possible en cernant les risques de défaillance, la gravité de ces dernières et la criticité des installations ;
* Le coût de la mise en œuvre de ces outils doit être comparé avec le coût des défaillances ou des dysfonctionnements engendrés ;
* Les symptômes annonçant une défaillance doivent être identifiés ;
* Dans un certain nombre de cas, le recours à plusieurs outils peut être nécessaire afin d’émettre le bon diagnostic, c’est l’approche multi technique.

LES OUTILS DISPONIBLES :

|  |  |
| --- | --- |
| La surveillance vibratoire des machines tournantes qui permet de mettre en évidence balourds, désalignements, défauts de roulements, tourbillons de fluides, déséquilibres électriques et résonances...; |  |
| La thermographie infrarouge qui permet de vérifier les connexions électriques, les déphasages, les roulements, les surchauffes mécaniques, les calorifuges, les défauts internes de certains composants; |  |
| L’endoscopie qui permet de visualiser à distance, sans démontage ; |  |
| L’analyse des huiles qui permet de détecter les pollutions (internes ou externes), les usures (normales ou anormales) de l’équipement et la capacité du lubrifiant à remplir son office; |  |
| Les ultra-sons qui permettent de détecter les défauts volumiques (soufflures, inclusions de laitier) et les défauts plans lorsqu’ils sont perpendiculaires au faisceau (fissures, manques de fusion...); |  |
| La gammagraphie qui permet de mettre en évidence des défauts inclus; |  |
| La magnétoscopie qui permet de déceler des défauts affleurant la surface mais uniquement sur les matériaux ferromagnétiques; |  |
| Le ressuage qui permet la recherche de micro défauts en surface; |  |
| La détection de fuite qui permet la mise en évidence de défauts microscopiques. |  |

Une tendance nouvelle se dessine dans le domaine des logiciels de surveillance vibratoire qui tendent à proposer des solutions globales de surveillance intégrant l'analyse des huiles, la thermographie infrarouge et d'autres techniques de maintenance prévisionnelle.

Ci-dessous, le pourcentage des techniques utilisées régulièrement ou occasionnellement dans les industries.

|  |  |
| --- | --- |
| Techniques | Pourcentage (%) |
| Analyse vibratoire | 72 |
| Analyse des huiles | 75 |
| Thermographie infrarouge | 71 |
| Analyse du courant des moteurs électriques | 68 |
| Contrôle non destructif par ultrasons (mesure épaisseur) | 58 |
| Contrôle non destructif par ressuage | 48 |

ANALYSE VIBRATOIRE

La mise en place d'une maintenance conditionnelle associée à des moyens de surveillance adaptés, exige des choix préalables:

* La sélection des machines tournantes qui feront l'objet de maintenance conditionnelle.
* Leur importance (ou leur criticité) sur des critères de sûreté de fonctionnement, permet de hiérarchiser les choix. Les éventuels redondances et moyens de substitution, associés aux considérations purement économiques sur les coûts directs et indirects, viendront compléter la justification de la sélection.
* La sélection des composants et des défaillances potentielles dont la connaissance par retour d’expérience (historiques) aura permis d’évaluer les risques et leur gravité.
* L’identification des symptômes annonçant la défaillance des composants.
* La méthode de surveillance la mieux adaptée à la politique de maintenance retenue. Nous distinguerons, dans ce cas :
	+ Le suivi périodique (off-line) de l'évolution des paramètres vibratoires, souvent accompagné, dans le même temps, de la surveillance d'autres paramètres (analyse de lubrifiant, performances, appréciations sensorielles, etc.). Ceci permet de détecter l'apparition de défauts à évolutions lentes. La périodicité des relevés est variable (entre 2 semaines et 6 mois suivant l'importance et le coût des machines en cause). La fréquence peut être accélérée si les symptômes précoces le justifient.
	+ Le suivi continu (on-line) : comme le précédent, il permet de suivre l'évolution de l'ensemble des paramètres ; il présente, en plus, l'avantage de détecter des défauts à évolution rapide et d'assurer la sécurité des installations par déclenchement de la machine à l'approche d'un seuil réputé dangereux.
* La sélection des moyens de mesure qui permettront de suivre les paramètres retenus : les accéléromètres
* L’instrumentation associée : mesureur de vibrations, détecteur de défauts de roulements, collecteur de données vibratoires, collecteurs analyseurs, moniteurs monovoie, moniteurs multivoies, ensembles d'acquisition multi - paramètres, etc.
* La sélection des moyens de traitement associés aux outils d’acquisition

Le choix est complexe : des systèmes d'acquisition et de traitement trop simplistes peuvent s'avérer insuffisants pour prévenir des défaillances graves, alors que des ensembles complexes peuvent s'avérer superflus pour détecter des défaillances bien connues telles que les détériorations de paliers à roulements.

Description succincte des moyens de surveillance périodique (off- line)

Tous les matériels utilisés pour cette fonction sont portatifs ; ils comprennent principalement :

* Les contrôleurs de roulements, destinés, comme leur nom l'indique, à la surveillance de l'état mécanique des roulements à billes et à rouleaux. Leur utilisation se fait en mesures ponctuelles. Ils sont utilisables par des opérateurs mécaniciens non-spécialistes des vibrations.
* Les contrôleurs de roulements et de vibrations, qui comportent, outre la fonction précédente, la possibilité de mesurer l'amplitude globale des vibrations ; certains de ces contrôleurs sont à lecture directe pour mesures ponctuelles, d'autres peuvent être raccordés, en différé, à un PC avec suivi des tendances et mises en alarmes par l'utilisation de logiciels adaptés au suivi des informations recueillies. Ils sont utilisables par des opérateurs mécaniciens non-spécialistes des vibrations mais ayant reçu une formation de base sur les vibrations mécaniques.
* Les collecteurs contrôleurs de roulements et vibrations, assurent les fonctions précédentes, en général à partir des niveaux globaux de vibrations ; ils permettent en outre, une mémorisation des données et la programmation d'une série de relevés successifs, au cours de tournées ou " routes ". Les données sont déchargées dans un PC dont le logiciel de traitement et d'exploitation permet de suivre l'évolution de l'état mécanique des machines et de choisir des seuils d'alarme pour chaque machine. Ils sont utilisables par des opérateurs mécaniciens ayant une formation sérieuse sur les vibrations.
* Les collecteurs - analyseurs monovoie, avec ou non la possibilité d'entrer une voie de compte tour ; ils permettent de réaliser des tournées de mesures, comme les appareils précédents, mais ils offrent, en plus, des fonctions plus ou moins complètes d'analyses des signaux vibratoires. Les logiciels de traitement et d'exploitation complémentaire de ces signaux, après déchargement dans un PC offrent de nombreuses fonctions de présentation des résultats et facilitent l'élaboration de diagnostics sur l'état mécaniques des machines suivies. Ils sont, également, utilisables pour les équilibrages in situ des rotors de machines. Ces appareils nécessitent une solide formation sur les vibrations des machines ainsi qu'une expérience de plusieurs années pour être utilisés dans de bonnes conditions.
* Les collecteurs - analyseurs bivoies : ces appareils sont, en général, de véritables analyseurs portatifs, programmables pour les tournées de collectes de données ; ils offrent toutes les possibilités des appareils précédents avec des gammes d'analyses encore plus détaillées, utilisant de nombreuses procédures de traitement des signaux. Les logiciels de traitement sur PC de ces signaux fournissent les éléments d'aide au diagnostic pour le suivi de l'état mécanique des machines et l'expertise pour les cas difficiles. Ces appareils nécessitent une solide formation sur les vibrations des machines et le traitement des signaux ainsi qu'une expérience de plusieurs années pour être utilisés de façon optimale.

Description succincte des moyens de surveillance continue (on-line)

La surveillance continue est réalisée à partir de systèmes d'acquisition et de traitement, plus ou moins complexes, dont le ou les capteurs sont montés à poste fixe sur les machines. Les indicateurs associés sont placés dans un local technique ou une salle de contrôle, avec report des informations et des alarmes sur les tableaux ou écrans de conduite de l'installation.

Les matériels disponibles comprennent :

* Les moniteurs monovoie avec mesure du niveau global des vibrations ou surveillance du "bruit" des roulements qui permettent de détecter l'évolution des niveaux vibratoires et acoustiques, indicative de détériorations mécaniques des éléments tournants ou de cavitation. Ils comportent tous plusieurs niveaux d'alarme et de déclenchement, réglables par les utilisateurs. Sont compris, également dans ces systèmes, les dispositifs de télé-mesure vibratoire ou acoustique avec transmission hertzienne des informations (suppression des câblages d'instrumentation).
* Les moniteurs multivoies assurant les mêmes fonctions que les précédents mais sur plusieurs points de mesure et sur plusieurs machines, soit simultanément, soit en multiplexage. Les capacités et performances de ces moniteurs sont analogues, pour une même catégorie, chez les différents fournisseurs, avec des variantes sur les nombres de voies disponibles et certaines formes de présentation des résultats. Ces moniteurs mono ou multivoies sont utilisés pour la surveillance de machines simples (motopompes, moto-ventilateurs, etc.), dont les fonctions sont généralement critiques ou importantes. La simplicité de leurs réglages leur permet d'être utilisés par des opérateurs non spécialistes des vibrations.
* Les systèmes de surveillance multivoies et multifonctions qui couvrent un vaste domaine de performances :
	+ suivi des niveaux globaux des vibrations, associé à des analyses spectrales, et logiciels simples de présentation des résultats,
	+ surveillance de l'évolution de nombreux paramètres vibratoires et de fonctionnement choisis par les utilisateurs, associée à une présentation détaillée des résultats pour en faciliter l’interprétation.
	+ ils peuvent comporter des logiciels d’aide aux diagnostics qui bénéficient souvent de l'expérience des fournisseurs et se perfectionnent au fur et à mesure du retour d'expérience.
* Les systèmes de surveillance les plus complets se justifient pour des machines complexes (multi-arbres), ou de prix élevé, vitales ou critiques, sans redondance, généralement montées sur paliers fluides et équipées de capteurs de déplacement relatif. Des installations regroupant un grand nombre d’équipements vitaux peuvent aussi justifier un tel choix. Pour une exploitation optimale de leurs capacités, ces systèmes exigent des opérateurs compétents en mécanique des vibrations et en utilisation des logiciels de traitement des données. Des stages de formation sont dispensés pour leur perfectionnement.

Notons préalablement que le coût des matériels de surveillance périodique est faible par rapport aux moyens en personnel nécessaires à la mise en œuvre du suivi (constitution des données de base, description des machines, définition des routes, etc.), à la collecte des données et à l'exploitation des résultats, (voir nota 2 ci-après)

Suivi périodique (off-line)

|  |  |
| --- | --- |
| Les contrôleurs de roulements | < 1,5 k€ |
| Les mesureurs de vibrations et contrôleurs de roulements | 2,3 à 3,8 k€ |
| Les collecteurs simples | 3,8 à 5,34 k€ |
|  (non compris le coût d'un logiciel optionnel d'exploitation) | 1,52 à 2,29 k€ |
| Les collecteurs analyseurs | 9,15 à 15,24 k€ |
|  (intégrant le logiciel de traitement - pratiquement indispensable) | 7,62 à 10,67 k€ |

Suivi continu (on-line)

Les investissements à prévoir pour une installation de surveillance continue des machines varient dans des proportions considérables en fonction du nombre de points de mesures pris en compte et des performances attendues des moyens mis en œuvre.

|  |  |
| --- | --- |
| Surveillance acoustique des roulements par point ou voie de mesure | 0,3 à 0,43 k€ |
| Moniteurs mono ou multivoies, par voie | 0,9 à 2,3 k€ |
| Systèmes de surveillance, par voie à condition | 0,46 à 15 k€12 à 15,2 k€9,3 à 14 k€> 0, 3 M€ |
| d'utiliser un minimum de 30 à 50 voies de mesure (investissement initial) :pour les petits systèmespour les gros ensembles |
| pour les grandes unités industrielles avec un coût |
| par voie de mesure toujours voisin de 1,5 k€ |

Les prix des matériels utilisés à poste fixe correspondent, généralement, à des longueurs limitées de câbles reliant les capteurs à leurs moniteurs : quelques mètres ou dizaines de mètres. Pour des longueurs plus importantes exigeant des passages spécialisés, chemins de câbles, tranchées, le coût d'installation peut s'avérer supérieur au coût du matériel proprement dit.

La part du coût de personnel pour l'exploitation et l'interprétation des résultats des mesures de ces systèmes est plus difficile à chiffrer car, dans le cas général, il s'agit de spécialistes mécaniciens ayant d'autres fonctions dans les usines concernées, et qui ont reçu une formation complémentaire pour cette activité.

Il faut retenir que le coût d'investissement en matériel de mesure et de traitement ne représente qu'une faible part du coût total de la surveillance ; la part de main d'œuvre est prépondérante et de l'ordre de 80 à 90%.

Si le coût de la surveillance périodique paraît élevé en premier lieu, il s'avère après quelques années d'exploitation que les économies réalisées par ces méthodes dépassent largement deux fois ce coût en 2 à 5 ans suivant les cas.

THERMOGRAPHIE INFRAROUGE

La thermographie infrarouge est une technique qui permet de mesurer à distance et sans contact la température d'une scène observée.

La technologie des appareillages qui permettent ce type de mesure évolue sans cesse. La tendance actuelle - en ce qui concerne les caméras infrarouges dédiées à la maintenance - est la mise au point de caméras toujours plus :

* précises/fiables dans les mesures qu'elles permettent d'obtenir ;
* conviviales d'utilisation (notamment en ce qui concerne l'exploitation sur PC des images infrarouges) grâce à la numérisation de l'image, et la sortie de logiciels toujours plus performants ;
* maniables et de faible encombrement, ce gain étant obtenu en partie grâce aux nouveautés concernant les systèmes de refroidissement (ou maintien en température des systèmes).

La mise en place d'une maintenance conditionnelle associée à des moyens de surveillance thermographique procédera, comme précédemment, de façon sélective :

* La sélection des équipements qui feront l'objet de contrôles et suivis par la thermographie infrarouge
	+ parmi les installations électriques,
	+ parmi les installations dotées de matériaux calorifuges et réfractaires,
	+ parmi les installations dont certaines défaillances se manifestent par des échauffements détectables préventivement par l'outil thermographie infrarouge
* La sélection des composants et des défaillances potentielles dont la connaissance par retour d’expérience des exploitants, fournisseurs, constructeurs, spécialistes, ... aura permis d’évaluer les risques et leur gravité.
* La connaissance des symptômes annonçant la défaillance des composants déjà rencontrée et ayant fait l’objet de retour d’expérience des concepteurs et acteurs aux différents stades du cycle de vie.
* La mise en place de la méthode de surveillance la mieux adaptée et à l'importance des équipements, sachant qu'un contrôle par thermographie infrarouge est quasiment toujours mis en œuvre actuellement dans le cadre de suivis périodiques pour les applications de maintenance.
* La périodicité est le paramètre à fixer, suivant la vitesse connue et/ou estimée de dégradation de l'équipement. Elle est très variable suivant le type d'équipement surveillé. La fréquence peut être accélérée si les symptômes précoces le justifient.
* La sélection des moyens de mesure qui permettront de suivre les paramètres retenus :
	+ choix d'un " imageur " ou d'un mesureur thermique,
	+ choix du mode de collecte des images infrarouges (enregistrement ponctuel des images ou continu du film du contrôle).
* La sélection des moyens de traitement associés aux outils d’acquisition :
* Dans la majorité des cas, un logiciel spécifique est associé à la caméra infrarouge retenue, et développé par le fabricant de la caméra.

Les appareillages infrarouges comprennent notamment :

* Les thermomètres infrarouges sans contact, destinés à la mesure à distance de la température d'une cible. La taille de cette cible dépend notamment de la distance thermomètre - cible, et du type de laser dont le thermomètre est équipé. Suivant le degré de perfectionnement du thermomètre, il permet ou non réaliser les fonctions suivantes :
	+ faire varier l'émissivité,
	+ mesurer les températures minima et maxima de la cible visée,
	+ enregistrer les températures mesurées...
	+ Ils sont utilisables par des opérateurs non-spécialistes de la thermographie infrarouge.
* Les " imageurs " thermiques, destinés à visualiser la température d'une scène observée. Ils ne permettent pas la mesure de températures.
* Les caméras infrarouges de mesure thermique permettent la visualisation et la mesure de la température d'une scène observée. Les images peuvent être enregistrées puis traitées de façon plus approfondies sur PC.

Coût de maintenance annuelle

Les coûts annuels à intégrer sont l'étalonnage des équipements (sauf pour les imageurs thermiques) : de 0,6 à 2,3 k€

La formation des opérateurs est nécessaire et ne doit pas être négligée; il dépend cependant des acteurs à initier ou former, de leur formation de base et de leurs expériences antérieures.

ENDOSCOPIE

L'endoscopie est la technique qui permet de visualiser à distance toute zone d'un équipement à priori non accessible sans démontage par l'introduction d'un appareillage adapté.

La mise en place d'une maintenance conditionnelle associée à des moyens de surveillance endoscopiques procédera, comme précédemment, de façon sélectives :

* La sélection des équipements qui feront l'objet d'inspections périodiques ou ponctuelles par endoscopie:
	+ parmi les machines tournantes (moteurs, turbines...),
	+ parmi les cavités (ballons, échangeurs...),
* La sélection des composants et des défaillances potentielles dont la connaissance par retour d’expérience des exploitants, fournisseurs, constructeurs, spécialistes, ... aura permis d’évaluer les risques et leur gravité.
* La connaissance des symptômes annonçant la défaillance des composants déjà rencontrée et ayant fait l’objet de retour d’expérience des concepteurs et acteurs aux différents stades du cycle de vie.
* Choix de la méthode de surveillance la mieux adaptée à la politique de maintenance retenue, aux moyens disponibles (financiers et personnels), et à l'importance des machines.

L'endoscopie permet de contrôler et/ou de suivre l'évolution de l'état d'un équipement, par la surveillance visuelle, au cours d'inspections périodiques ou ponctuelles, de zones inaccessibles (sauf démontage important). La plupart des contrôles endoscopiques nécessitent l'arrêt de l'équipement. La fréquence des périodicités peut être accélérée en cas de visualisation d'une anomalie qui ne nécessite pas encore d'intervention corrective.

La sélection des moyens de mesure qui permettront de réaliser la surveillance choisie doivent respecter les critères suivants :

* l'endoscope : souple ou rigide. Choix de ses caractéristiques (diamètre - longueur...) ;
* le générateur de lumière. Son rôle est de fournir la lumière qui permettra d'éclairer la scène, à l'extrémité de l'endoscope. Le but est d'obtenir la meilleure intensité lumineuse au moindre encombrement et moindre coût.
* La sélection des moyens de traitement associés aux outils d’acquisition : magnétoscope, enregistrement numérique pour traitement informatique ultérieur, appareil photographique...

En fonction des zones auxquelles l'utilisateur voudra pouvoir accéder, les critères suivants devront être examinés :

* les caractéristiques géométriques nécessaires : diamètre, longueur ;
* la direction, l'angle de visualisation ;
* caractéristique de l'objectif qui peut être à vision non directe (jusqu'à 110°pour les endoscopes rigides) ;
* le domaine de visualisation recherché : certains endoscopes peuvent être équipés d'objectifs interchangeables ;
* le milieu dans lequel l'endoscope doit pouvoir être plongé

Le coût d'un endoscope dépend d'abord de son diamètre et de sa longueur. Les gammes de prix qui suivent sont donc données à titre purement indicatif. Deux nombreux autres critères peuvent faire varier les prix de façon importante (béquillage, revêtements spéciaux...).

|  |  |
| --- | --- |
| Les endoscopes rigides | de 1,22 à 4,57 k€ |
| Les endoscopes souples (fibroscopes) | de 1,52 à 30 k€ |
| Les vidéoendoscopes | de 7,7 à 61 k€ |

A ce coût, il faut ajouter celui d'un générateur de lumière et le coût de la formation des opérateurs Une formation succincte, donnée dans la plupart des cas par le fournisseur du matériel suffit.

LES ANALYSES D’HUILE

D’une manière générale, tous les mécanismes lubrifiés, à la condition que le graissage ne se fasse à fond perdu, sont susceptibles d’être surveillés dans leur fonctionnement par analyse de leur lubrifiant en service.

Les résultats permettent de déceler des anomalies caractéristiques telles que :

* la contamination par des particules internes à l’équipement
* l’évolution par comparaison des résultats obtenus à chaque analyse
* le type d’usure
* la pollution par des agents extérieurs

Equipements concernés par l’analyse d’huile :

* Les transports des personnes, des marchandises et ferroviaire.
* Les industries (moteurs .réducteurs, les compresseurs, les systèmes hydrauliques)
* Le matériel agricole,
* La marine, l’aviation...

Composants et défaillances :

* Sur moteur thermique : problèmes d'étanchéité de la filtration d'air, infiltration de liquide de refroidissement
* Sur multiplicateurs, réducteurs et engrenages : mauvais état d'un roulement ou d'un palier, transmission défectueuse (engrenages endommagés)...
* Sur les systèmes hydrauliques : pollution interne telle que la cavitation, défaut d’étanchéité, défaut de filtration ...
* La connaissance des symptômes de dégradation et de contamination des lubrifiants annonce l’altération des caractéristiques physiques des huiles (performances en tant que lubrifiant).

Mise en place de la méthode

Sur site industriel :

* Par prélèvement d’échantillons et examens visuels (transparence, couleur, dépôts) des lubrifiants en service.
* Par un suivi continu de l’évolution des paramètres techniques tels que les schémas, température, débit, pression de fonctionnement et les historiques des vidanges et appoints d’huile, des opérations en maintenance corrective et des anomalies de fonctionnement pour chaque machine.

En laboratoire :

* Par analyses physico-chimiques évaluant la qualité lubrifiante de l’huile, par la détermination de la teneur en produits d’usure, par examen microscopique et comptage de particules en suspension dans l'huile. L’interprétation de certains résultats de mesure est souvent délicate notamment parce que l’évolution, jugée anormale, d’un élément de l’analyse peut avoir plusieurs causes, mais, grâce à une meilleure connaissance des phénomènes d’usure et de dégradation des matériaux ainsi qu’au développement de nouvelles technologies assistées de l’aide apportée par l’informatique, la maintenance conditionnelle par l’analyse des huiles représentera un outil de progrès à la disposition des responsables de service maintenance. Des plans d’analyses sont préétablis par les laboratoires (plan d’analyse moteur, engrenages sous carters, etc.).

Description succincte des différents moyens d’analyse :

* Analyses physico-chimiques
	+ La viscosité est essentielle puisqu’en comparaison avec celle du lubrifiant usagé permet de vérifier ses propriétés d’écoulement mais aussi son éventuel dilution par du carburant. Selon la norme NF T 60-100, il faut mesurer le temps d’écoulement d’une quantité de lubrifiant à travers un capillaire pourvu de deux repères déterminant une constante et ce, à une température donnée.
	+ L’indice de viscosité (VI) caractérise le comportement de la viscosité en fonction de la température. Pour analyser l’huile donnée, on choisit deux huiles de référence, une huile 0 et une huile 100 ayant même viscosité à 10013 que l’huile à caractériser puis on compare leur viscosité cinématique à 4010.
	+ Recherche et dosage de l’eau par Aquatest ou par la méthode du réactif Karl Fischer selon la norme ASTM D-1744-64 ou par chromatographie en phase gazeuse (CPG), permettront de déterminer de la teneur en eau (pourcentage d’eau) contenu dans un volume donné d’huile en service.
	+ Mesure du point éclair en vase clos selon la norme NF T 60-118 à l’aide de l’appareil Pensky Martens, permet d’estimer le niveau de dilution par le combustible d’un lubrifiant usagé.
	+ Essai à la tache : permet l’analyse photométrique de la tâche en évaluant le pouvoir dispersant résiduel (mérite dispersif) d’une huile usagée et la concentration des résidus insolubles de la combustion, et en évaluant le démérite pondéré (DP) de la tâche d’huile, notion représentant une combinaison du manque de dispersion de l’huile et la pollution par des produits insolubles.
	+ Indice d’Acide Total (T.A.N.) : est utilisé pour des lubrifiants dont le temps de service est élevé et permet de vérifier le niveau d’acidité du lubrifiant, de déterminer l’oxydation de l’huile, la présence de contaminants et la dépréciation des additifs. Il est mesuré suivant les normes : NF T 60-112 et ASTM D664.Dans le cas où l’acidité deviendrait trop importante et donc corrosive, l’indice d’acidité total devient un déclencheur de vidange.
	+ Indice de Base Total (T.B.N.) : permet de vérifier la réserve d’alcalinité de l’huile selon norme ASTMD 2896. Ce contrôle permet d’apprécier la faculté du produit à rester en service et de vérifier l’aptitude du lubrifiant à neutraliser l’acidité contenue dans l’huile devenant corrosif pour les éléments métalliques de l’organe lubrifié.
* Analyses spectrométriques
	+ Analyse spectrométrique à émission optique : permet de déterminer de manière rapide les concentrations, exprimées en ppm (particules par million) en masse, des différents éléments présents dans les huiles, soit sous forme d’additifs tels que le calcium (Ca) ou le Magnésium (Mg) ; sous forme de particules d’usure métalliques comme le fer (Fe), le nickel (Ni), le chrome (Cr), l’étain (Sn), le cuivre (Cu) ou l’aluminium (Al), ou des contaminants solide divers (poussières atmosphériques, silicone, etc.).
* Analyse spectrométrique à absorption : sert à déterminer la structure chimique générale d’un corps ou d’un mélange de corps ainsi que la concentration dans le mélange des composés à l’aide d’un rayonnement infra-rouge. La spectrométrie d’absorption permet d’identifier la nature des hydrocarbure de l’huile de base, la nature des additifs et de suivre leur état par une analyse différentielle « huile neuve/huile en service ».

Pollution gravimétrique : cette méthode est principalement utilisée pour le contrôle des fluides dont la contamination particulière est élevée (fluides de lubrification et hydraulique générale sans exigence particulière de propreté). Elle renseigne sur le niveau de contamination globale d’un fluide, et fournit par conséquent des informations sur la propreté du circuit

* Comptage de particules : surveillance des dimensions et des quantités de particules contaminantes solides dans les huiles hydrauliques. Le niveau de propreté ou de contamination est établit selon le code ISO 4406. Si l'échantillon contient plus de 300 ppm d'eau (c’est-à-dire l’équivalent de 0,3% d’eau présent dans l’échantillon), ce test ne peut être effectué adéquatement. Les méthodes employées (en laboratoire) sont les comptages au microscope et automatique.
* Analyses ferrographiques :
	+ Analyse ferrographique quantitative (ou à lecture directe) : permet de déterminer des quantités relatives de petites et grosses particules ferreuses pour indiquer tout changement dans le taux et la sévérité de l'usure dans les roulements à éléments rotatifs et les réducteurs à engrenages.
	+ Analyse ferrographique analytique : procédure de diagnostic très avancé pour détecter les grosses particules jusqu'à 100 microns. L'examen microscopique des particules d'usure, des contaminants et des produits de dégradation par oxydation en suspension dans un échantillon représentatif d'huile usée, informe sur l'évolution du mode d'usure en place. Elle est utilisée pour effectuer une étude approfondie des particules contaminantes lorsque la ferrographie à lecture directe indique une usure importante ou anormale. Egalement utilisée pour les systèmes hydrauliques complexes.

|  |  |
| --- | --- |
| - paramètres de base (viscosité, % d’eau, métaux, usure) : | 30 € |
| - programme d’analyse complet pour industriels (dégressivité possible) : | 45 à 75 € |
| - analyses spécifiques en laboratoire : | 75 à 150 € |