

Robert LEGENDRE

**Mémento
de
Maintenance
Préventive**

Robert LEGENDRE

Mémento de Maintenance préventive

Editeur : 979-10-96361

ISBN : 979-10-96361-01-4

EAN : 9791096361014

R.LEGENDRE 38 Rue Taine 75012 PARIS Tél 01 43 40 54 56
Legendre38@yahoo.fr

Préface

Dans la définition de la maintenance préventive, nous incluons des contrôles, visites et interventions de maintenance effectuées préventivement.

La maintenance préventive s'oppose en cela à la maintenance corrective déclenchée par des perturbations ou par les événements, et donc subie par la Maintenance.

La maintenance préventive comprend :

- les contrôles ou visites,
- les expertises, les opérations et les remplacements effectués à la suite des contrôles, visites, surveillances,
- les remplacements systématiques,
- la maintenance conditionnelle,
- La lubrification.

La maintenance préventive ne doit pas consister à dire à un agent de maintenance : « allez voir si l'état de tel organe est bon » (à travers une procédure quelconque) Dans ce cas, si l'état est bon, on ne dit rien ; s'il n'est pas bon, il faut intervenir de suite, ce qui nécessite forcément une disponibilité en pièce de rechange. Il s'agit d'une détection d'anomalie et non de maintenance préventive.

Au contraire, la maintenance préventive doit consister à suivre l'évolution d'un état, de manière à prévoir une intervention dans un délai raisonnable (1 à 2mois par ex.) et l'achat de la pièce de remplacement nécessaire (dont on n'a pas besoin de tenir en stock, si le délai normal le permet)

Par ailleurs, comme pour sa propre voiture, il faut déterminer la fréquence de visite ou intervention de maintenance préventive suivant le taux d'usure ou d'utilisation (heures de marche, tonnes produites...), quitte à reconvertir les fréquences en déclenchements calendaires si l'on est assuré d'une utilisation régulière du matériel concerné.

.

La maintenance préventive est certainement une méthode majeure dans la maintenance

Certes ce mémento technique est loin d'être exhaustif, mais nous espérons qu'il répond bien à l'essentiel des préoccupations techniques en maintenance d'une manière que nous espérons assez pratique

R. LEGENDRE



Le Mémento de Maintenance Préventive est un véritable **mode opératoire**, avec tous les détails nécessaires, pour la réalisation du plan, des gammes et du planning de maintenance préventive de la page 39 à la page 282.

Sommaire

	Page	
Bases de la gestion de maintenance	5
▪ Différentes activités.....	6	
▪ Coûts de maintenance.....	7	
▪ Types de maintenance.....	10	
Défaillances	15	
▪ Définition de la défaillance d'un matériel	16	
▪ Connaissance d'une défaillance d'un matériel.....	17	
▪ Principaux modes de défaillances électromécaniques.....	19	
▪ Types de causes de défaillances du matériel.....	21	
▪ Non disponibilité propre et non disponibilité induite.....	22	
▪ Causes des pertes de disponibilité.....	23	
▪ Chiffrage des pertes.....	25	
Généralités sur la maintenance préventive	27	
▪ Définition.....	28	
▪ Objectifs visés.....	30	
▪ Méthode de maintenance préventive.....	31	
Nécessité de maintenance préventive	33	
▪ Classement des défaillances et chiffrage des pertes.....	33	
▪ Gains espérés.....	37	
Contrôles de maintenance préventive	39	
▪ Contrôles sensoriels.....	40	
▪ Inspection du sous-sol.....	42	
▪ Inspection des bâtiments et ouvrages.....	45	
▪ Inspection des tuyauteries et circuits.....	47	
▪ Inspection des machines.....	53	
▪ Moyens de contrôles assez simples.....	59	
▪ Endoscopie.....	64	
▪ Mesures de vibrations.....	67	
▪ Analyses d'huile.....	76	
▪ Thermographie.....	83	
▪ Courant de Foucault.....	86	
▪ Ressuage.....	89	
▪ Magnétoscopie.....	93	
▪ Contrôles par ultrasons.....	96	
▪ Contrôle des vannes.....	102	
▪ Contrôle d'isolement d'un moteur.....	105	...
Maintenance conditionnelle	107	
▪ Mesure et analyse de vibrations.....	108	
▪ Suivi des roulements peu accessibles.....	109	
▪ Suivi des températures.....	110	
Maintenance systématique	111	
▪ Péalables.....	112	
▪ Schéma logique de maintenance préventive.....	115	
▪ Plan de maintenance préventive.....	116	

▪ Gammes de maintenance préventive.....	121
▪ Auto-maintenance.....	124
▪ Lubrification.....	129
▪ Planification.....	153
▪ Définition des opérations.....	157
▪ Modes opératoires.....	236
▪ Réalisation.....	280

Bases de la gestion maintenance

	Page
Différentes activités.....	6
Coûts de maintenance.....	7
Types de maintenance.....	10
.....	

Différentes activités

Classement suivant les natures de travaux et d'activités

Il s'agit de faire la distinction entre le Coût total pris en charge par le service maintenance (ou chiffre d'affaires « entretien ») et le Coût de maintenance :

1. Maintenance courante

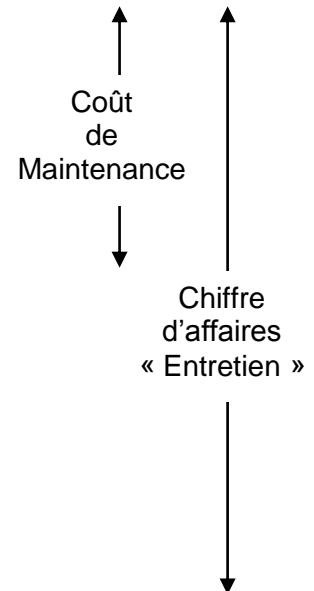
- 1.1. Dépannage
- 1.2. Réparations hors dépannage (on peut faire la distinction entre les suites à visites et les réparations pour correctif)
- 1.3. Visites préventives et graissage
- 1.4. Modifications pour raisons de maintenance

2. Gros entretien (souvent en partie des travaux de maintenance et en partie des travaux de modifications)

3. Prestations pour travaux neufs

4. Prestations diverses

- 4.1. Modifications pour raisons d'exploitation
- 4.2. Modifications pour sécurité
- 4.3. Modifications pour hygiène-environnement
- 4.4. Interventions sur outillages
- 4.5. Etc.



Classement suivant les natures de dépenses

- Coût main d'œuvre
- Coût des sorties magasin
- Coût des achats directs (de pièces et fournitures)
- Coût de la sous-traitance maintenance, en distinguant au moins deux types :
 - sous-traitance au forfait,
 - sous-traitance en régie contrôlée,afin de pouvoir cerner au mieux le niveau de main d'œuvre.

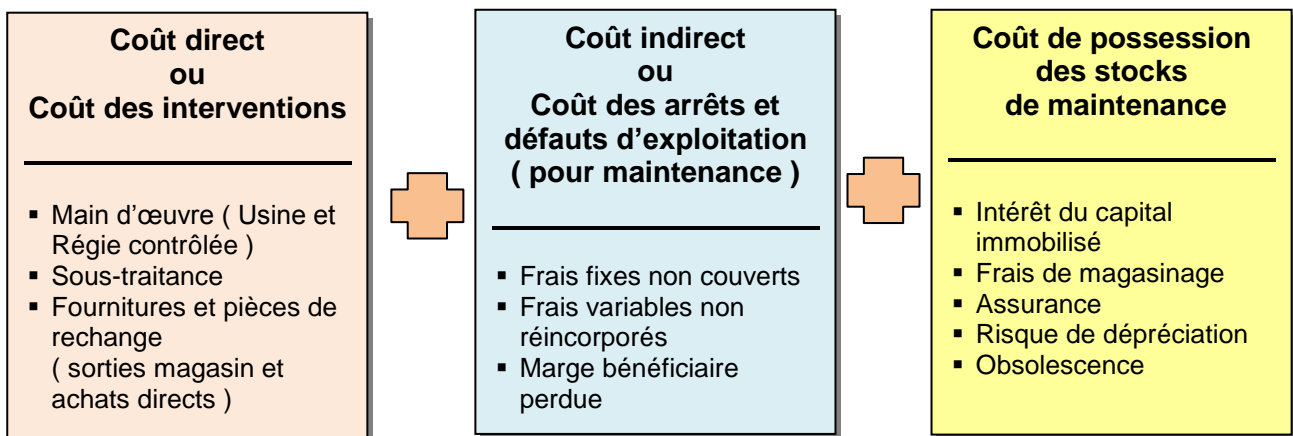
Coûts de maintenance

Coût global

La maintenance est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé.

Nous dirons également que : **maintenir du matériel, ce n'est pas dépanner ou guérir ; c'est effectuer des opérations (dépannage, graissage, visite, réparation, amélioration, etc.) qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la continuité et la qualité de l'exploitation (fabrication ou service)**.

Bien maintenir, c'est assurer ces opérations au **coût global optimum**.



Chacun de ces trois éléments est en relation avec les deux autres.

Exemples :

- si le coût des stocks est bas, peut-être manque-t-on de pièces de rechange, ce qui a une incidence sur le coût indirect ;
- si le coût direct est faible, peut-être ne fait-on pas assez de maintenance préventive au détriment du coût indirect ;
- etc.

C'est pourquoi il est toujours recommandé que le Chef maintenance ait la responsabilité de la gestion des stocks de maintenance.

Différents coûts de maintenance

Coût direct

C'est le coût des prestations :

- la main d'œuvre (frais de structure et main d'œuvre opérationnelle)
- les sorties de magasins,
- les achats directs,
- la sous-traitance (régie contrôlée, forfaits, bordereaux, etc.)

Le coût main d'œuvre peut être calculé de deux manières différentes.

Entreprises ayant peu de sous-traitance maintenance

Il y a un seul budget de maintenance, et le coût main d'œuvre est calculé de la manière suivante :
Nombre d'heures opérationnelles x Taux horaire.

Pour le calcul de ce taux horaire, on détermine d'abord le coût de fonctionnement du Service Maintenance qui est la somme des éléments suivants :

- Salaires + charges sociales
- + Frais de structure Maintenance
- + Coût d'amortissement des bureaux, ateliers et machines du service Maintenance
- + Coûts divers : formation, fournitures, etc.
- + Consommables (les petites pièces) *pas dans toutes les entreprises*
- + Energie consommée par la maintenance
- + Charges réparties de l'usine ou administration (direction, personnel, comptabilité, salaires, etc.)
pas dans toutes les entreprises
- + Charges imputées par le siège, *pas dans toutes les entreprises*

Cette somme est divisée par le nombre d'heures opérationnelles prévisionnelles, ce qui donne un taux horaire pour l'exercice (parfois modulé suivant les spécialités)

Entreprises ayant beaucoup de sous-traitance maintenance

Si tout était sous-traité, le calcul précédent donnerait un taux horaire infini.

Dans ce cas, on a donc deux budgets maintenance :

- un budget de coût variable, avec un taux horaire qui est simplement égal aux salaires + charges sociales,
- un budget dit de « frais généraux de maintenance » où l'on retrouve les coûts de structure.

Les quelques remarques précédentes montrent combien il est difficile de comparer des coûts de maintenance entre entreprises différentes.

De plus :

- souvent le coût direct de maintenance est pollué par des éléments divers dont les petites modifications pour raisons d'exploitation, de sécurité, de conditions de travail,
- le coût des prestations de maintenance faites par le personnel d'exploitation n'est souvent pas connu,
- parfois les coûts des sorties magasins sont faux du fait de l'existence de « magasins pirates » et de l'imputation à l'achat de pièces de rechange sur des sections d'exploitation.

Coût indirect

Le coût indirect est le coût des arrêts et défauts d'exploitation pour raison de maintenance.

Il comprend :

- Les frais fixes non couverts (amortissement du matériel, frais de structure)
- Les frais variables non réincorporés (personnel de fabrication en attente, matière perdue, frais énergétiques,...)
- La marge bénéficiaire perdue.

Remarquons que le taux horaire de production peut varier suivant les besoins de l'entreprise et l'engagement du matériel.

Les pertes de temps connues et mesurées sont généralement :

- arrêts programmés,
- pannes, sur lesquelles intervient le service Maintenance,
- pannes, sur lesquelles intervient directement l'Exploitation (parfois)

Mais toutes les pertes ne sont pas identifiées correctement et notamment :

- pertes de temps dues à la maintenance :
 - micro-arrêts,
 - ralentissements,
 - aléas divers.
- pertes de qualité dues à la maintenance :
 - rebuts,
 - seconds choix,
 - retravail.

Coût des stocks de maintenance

Coût de possession des stocks de maintenance

Le coût de possession des stocks de maintenance comprend :

- L'intérêt du capital immobilisé ;
- Les frais de magasinage.
- Les frais d'assurance.
- L'obsolescence (pièces abandonnées quand le matériel est désinstallé)
- Le risque de dépréciation.

En général le coût de possession est égal à 25% de la valeur du stock / an.

Valeurs pour comparaisons

Valeur réactualisée du matériel

Il s'agit de la valeur à neuf, ou valeur de remplacement, du matériel hors génie civil.

Elle est recalculée par l'assureur chaque année.

On situe généralement le coût de maintenance par rapport à cette valeur réactualisée, pour un même niveau d'activité (5 jours / semaine) ou feu continu.

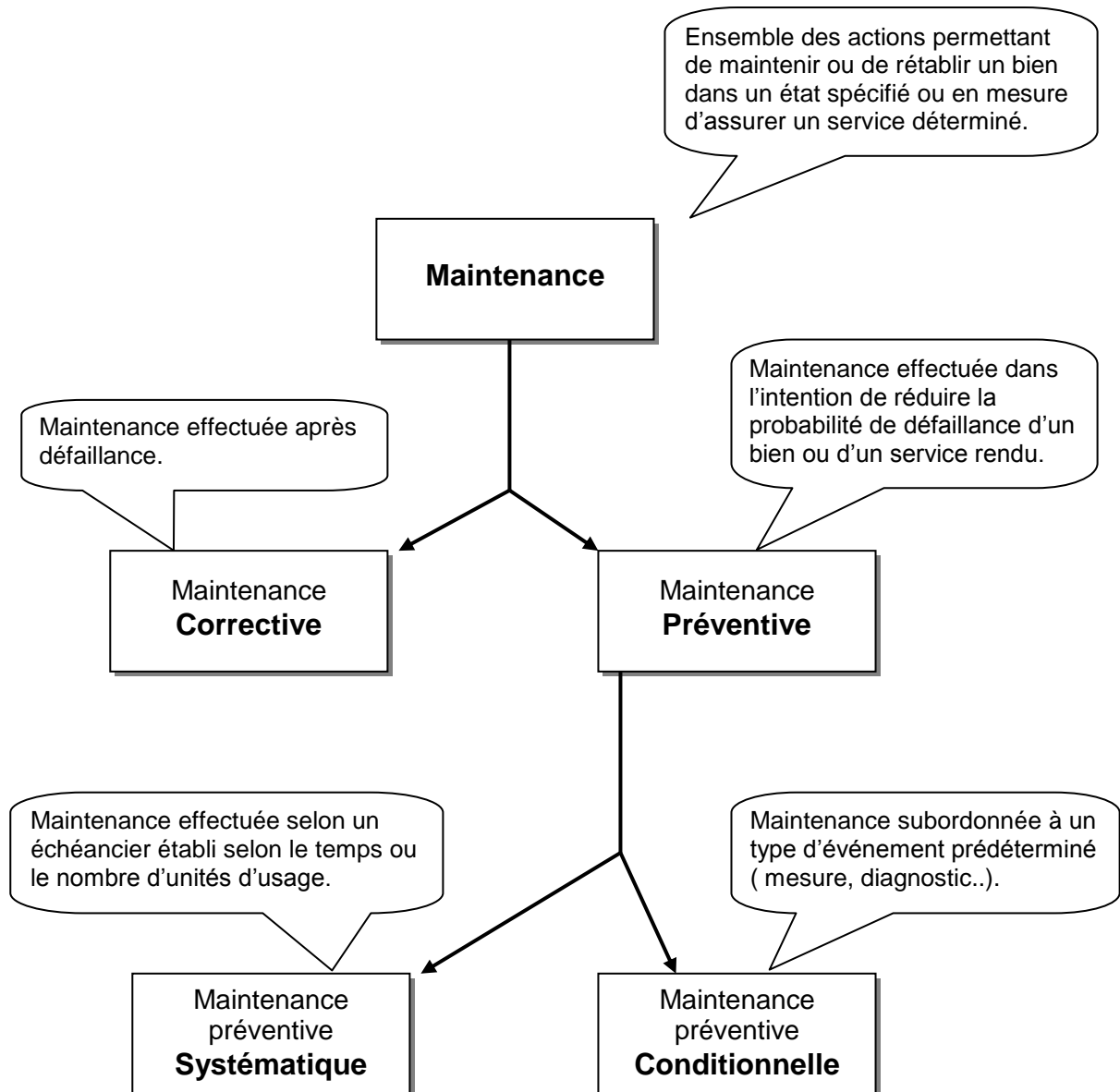
Valeur ajoutée d'exploitation

Le « prix de revient usine, ou administration » comprend les paramètres suivants : matières premières d'exploitation – matières auxiliaires d'exploitation – matières consommables d'exploitation – opérations d'exploitation – énergie et fluides – amortissement du matériel – maintenance du matériel (main d'œuvre, fournitures, pièces de rechange, sous-traitance) – manutention, transports – sécurité, hygiène – environnement – formation – frais généraux.

La valeur ajoutée d'exploitation, ou coût de transformation, est égale à ce prix de revient usine ou administration moins le coût des matières premières.

Types de maintenance

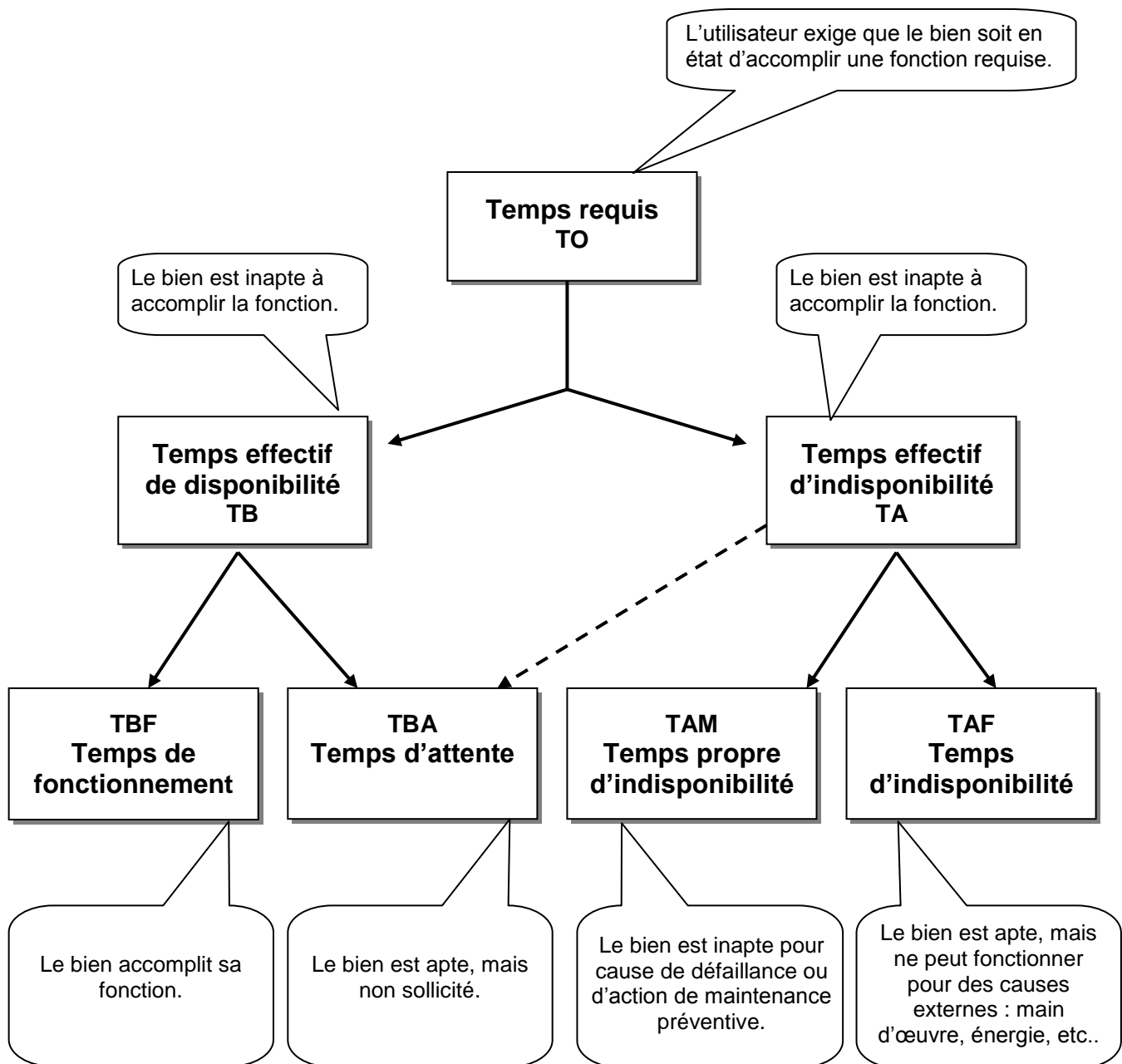
Types de maintenance (Norme Afnor)



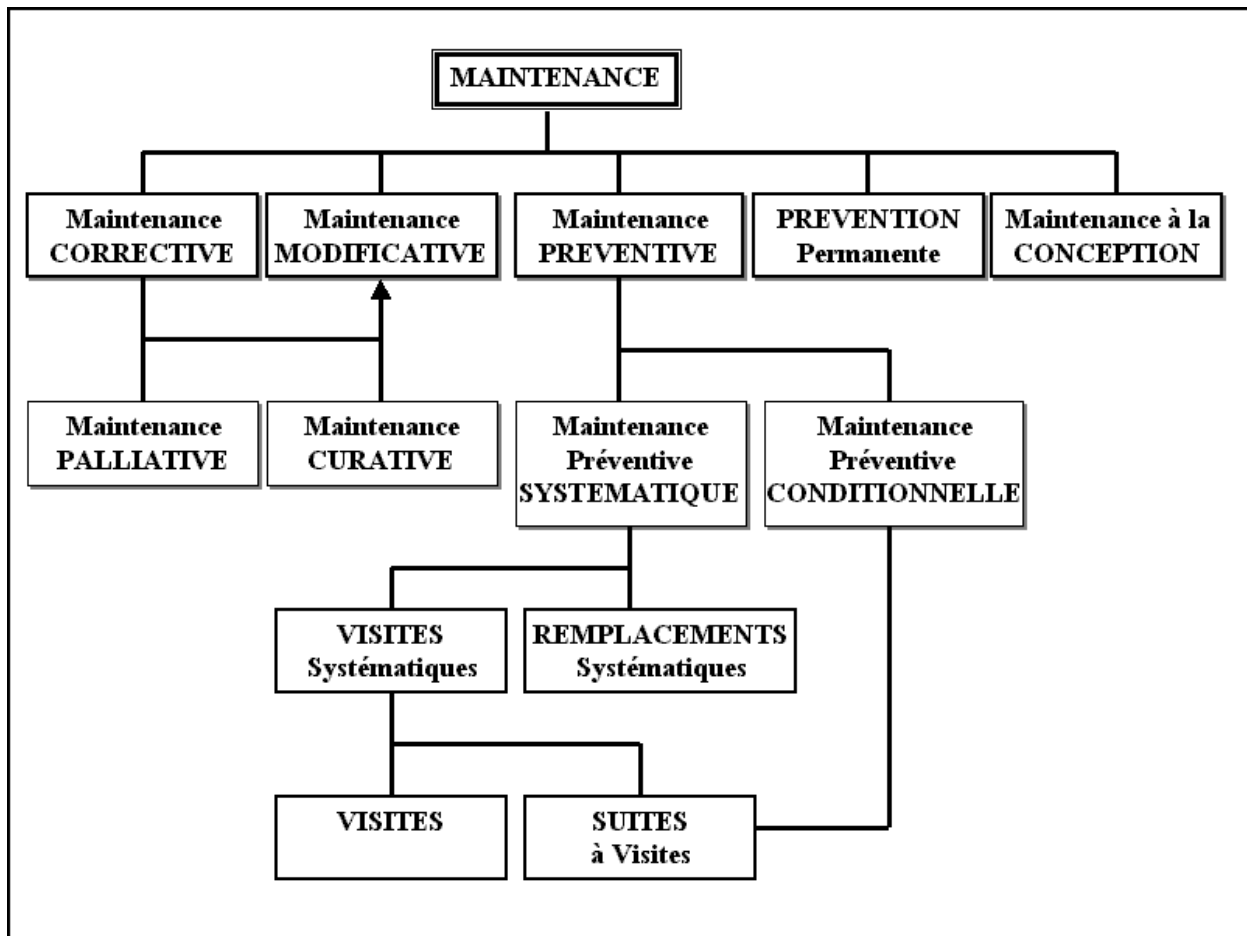
Défaillances (Norme Afnor)



Temps relatifs à la maintenance (Norme Afnor)



Ensemble des méthodes de maintenance



Maintenance corrective

Maintenance effectuée après défaillance.

Elle comprend :

- la maintenance palliative, c'est-à-dire les dépannages ;
- la maintenance curative, c'est-à-dire les réparations sur site ou en atelier.

Maintenance modificative

C'est le rôle de la maintenance de toujours améliorer la situation concernant le matériel en :

- améliorant la fiabilité par des analyses de défaillances, une amélioration du savoir-faire, etc.
- améliorant la maintenabilité, notamment les méthodes et outils de maintenance.

Maintenance préventive

Maintenance effectuée dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou d'un service rendu.

Prévention permanente

La prévention permanente a tout simplement pour but de donner au matériel ce dont il a besoin pour bien se comporter d'une manière permanente.

Le graissage et la lubrification en font partie, ainsi que le nettoyage, les contrôles de pressions, etc.

Maintenance à la conception

La prise en compte de la maintenance à la conception est importante, car à ce moment-là les gains potentiels sont très importants.

Il est connu que les coûts d'exploitation du matériel se créent au tout début des études : dépenses réelles faibles, mais coûts induits déjà définis à plus de 70%.

C'est pourquoi, il est nécessaire d'apporter le maximum de réflexion dans les premières phases : définition des spécifications – conception-études.

Pour atteindre cet objectif il est souhaitable d'établir :

Un Cahier des charges Maintenance à la Conception

- ❑ Objectifs de fiabilité et disponibilité.
- ❑ Marche en mode dégradé de fonctionnement
- ❑ Règles de maintenabilité
 - Modularité
 - Implantation
 - Accessibilité
 - Sécurité
 - Manutention
 - Standardisation
 - Repérage
- ❑ Aides à la maintenance conditionnelle et au diagnostic
- ❑ Aides à l'exploitation
 - Documentation technique
 - Plan de maintenance des équipements
 - Formation
- ❑ Procédures de réception spécifique maintenance

Des standards techniques

- ❑ Ils sont établis par technologies.
- ❑ Ils comprennent, en principe, les thèmes suivants :
 - Plans et schémas.
 - Spécifications générales suivant la technologie.
 - Spécifications particulières suivant les équipements.
 - Matériels imposés.

Défaillances

	Page
Définition de la défaillance d'un matériel.....	16
Connaissance d'une défaillance d'un matériel.....	17
Principaux modes de défaillances électromécaniques.	19
Types des causes de défaillances du matériel.....	21
Non disponibilité propre et non disponibilité induite	22
Coûts des pertes de disponibilité.....	23
Chiffrage des pertes.....	25

Définition de la défaillance d'un materiel

Définition de l'AFNOR : « Défaillance : altération ou cessation d'un bien à accomplir une fonction requise ».

- ➔ « failure » : traduction anglaise,
- ➔ panne, avarie, incident sont des synonymes,
- ➔ dégradation : défaillance progressive,
- ➔ défaillance partielle : altération du fonctionnement,
- ➔ défaillance complète : panne : cessation de fonctionnement,
- ➔ défaillance catalectique : soudaine et complète,
- ➔ défaillance par dégradation : progressive et partielle,
- ➔ défaillance aléatoire : taux de défaillance constant,
- ➔ défaillance d'usure : taux croissant.

Connaissance d'une défaillance d'un matériel

Une défaillance peut être caractérisée par les éléments suivants.

Manifestation

- ✓ Caractère :
 - .- fugitif,
 - .- permanent.
- ✓ Vitesse :
 - .- soudaine et complète,
 - .- progressive,
 - .- intermittente.

Amplitude

- ✓ Partielle (mode dégradé).
- ✓ Complète (perte de fonction).

Conséquences

- ✓ Arrêt complet de production.
- ✓ Ralentissement de production.
- ✓ Surcoût de production.
- ✓ Perte ou diminution de qualité.
- ✓ Défaillance d'un élément du matériel sans incidence immédiate sur la production.

Aptitude a être détectée

- ✓ Imprévue, tout à fait inattendue.
- ✓ Prévisible, attendue (usure constatée par exemple.

Identification

- ✓ Situation :
 - .- espace : localisation,
 - .- temps : date, nombre d'unités d'usage.
- ✓ Nature :
 - .- mécanique,
 - .- électrique,
 - .- électronique,
 - .- hydraulique,
 - .- pneumatique,
 - .- autre.

Causes

- ✓ Processus intrinsèque :
 - .- qualité des composants,
 - .- usure normale,
 - .- dimensionnement des composants,
 - .- matériels doublés,
 - .- redondance de fonctions, fonctionnement en général.
- ✓ Processus extrinsèque :

- .- accident (choc),
- .- absence ou non respect de modes opératoires,
- .- fausses manœuvres et surcharges,
- .- mauvais entretien,
- .- environnement : température, humidité, poussières, vibrations, etc.,
- .- influence extérieure : coupure d'électricité, orage, etc.
- .- autre

Principaux modes des défaillances électromécaniques

Il ne s'agit là qu'une partie des défaillances. Mais il est nécessaire de les comprendre car elles nécessitent souvent des analyses techniques.

La « santé-matière »

Il s'agit de défauts pré-existants dans les pièces en service, et à l'origine d'initiation de défaillances lorsqu'ils ne sont pas détectés lors des contrôles :

- a. défauts lors de l'élaboration de la matière,
- b. défauts lors de l'élaboration de la pièce finie,
- c. défauts lors du montage.

Les modes de défaillances mécaniques en fonctionnement

- a. **Choc** : il s'agit le plus souvent d'accident de conduite, de manipulation.
- b. **Surcharge** : dépassement de charge nominale entraînant une déformation permanente ou une rupture (traction, flexion, flambage...)
- c. **Fatigue** : il s'agit d'efforts (vibrations) alternés et répétés entraînant une rupture, même en deçà de la limite élastique (loi de Wôlher).
- d. **Fatigue thermique** : elle entraîne dilatations, déformations plastiques, brûlures ou fusion.
- e. **Fluage** : déformation devenant permanente avec le temps, sous l'effet conjugué de contraintes mécaniques et thermiques.
- f. **Usure** : conséquence du frottement, elle est expliquée de façon moderne par la « délamination » (fatigue des sous-couches) et entraîne une perte de matière des surfaces en contact.
3 phases :
 - Le rodage initial,
 - L'usure douce, ou grippage épidermique : chaque arrachement met à nu la structure cristalline,
 - Le grippage, usure rapide par transfert de métal (symptôme : écaillage)
- g. **Abrasion** : une surface est rayée par un corps de dureté supérieure.
- h. **Erosion** : une surface est rongée sous l'effet d'impacts de particules solides ou liquides à grandes vitesses ($e = \frac{1}{2} mV^2$)
- i. **Corrosion**

Corrosion électrochimique : elle affecte les métaux en milieu aqueux :

- corrosion atmosphérique (l'électrolyte est apporté par l'eau contenue dans l'atmosphère)
- corrosion galvanique (deux métaux de natures différentes sont réunis par une solution aqueuse conductrice et forment une pile : transfert des ions de l'anode métallique)
- corrosion par aération différentielle, ou par l'oxygène, ou par goutte d'eau (les zones fortement oxygénées sont pôles + ou cathodes, les zones pauvres en oxygène sont anodiques)
- corrosion caverneuse, ou par piqûres, ou sous tension, sur surfaces immergées.

Corrosion chimique : la mise en contact avec des produits agressifs entraîne une corrosion chimique : réaction chimique avec perte régulière de matière, formation de piqûres ou fissuration par corrosion inter-granulaire.

Les agents corrosifs peuvent être :

- des acides,
- des hydracides,
- des composés halogénés ou alcalins,
- des atmosphères réductrices ou oxydantes (attention aux additifs des lubrifiants)
-

Corrosion électrique : sous l'effet de courants vagabonds, deux surfaces métalliques voisines peuvent être soumises à une différence de potentiel suffisante pour créer un arc, entraînant une abrasion (symptôme : la cratérisation)

Origines des fuites :

- mauvaises mises à la terre,
- courants induits sur les machines électriques,
- charges électrostatiques, provenant des frottements.

Corrosion bactérienne : les huiles de coupe et les eaux industrielles contiennent souvent des « ferro-bactéries » aérobies ou anaérobies.

Une bactérie se divise toutes les vingt minutes, donnant naissance à un milliard de bactéries en douze heures.

Les bactéries aérobies donnent des acides, les anaérobies attaquent les produits sulfatés pour donner du SH₂.

Corrosion de contact, ou « fretting corrosion » : elle survient lorsque deux pièces sont en contact et sont soumises à des vibrations (ex : bague extérieure d'un roulement dans son logement : formation de Fe₂O₃ en poussière rougeâtre très abrasive)

Cavitation : elle se manifeste sur des pièces en contact avec une zone de turbulence liquide (et non laminaire)

Des bulles se forment qui, sous l'effet de la pression externe, implosent et génèrent une onde de choc accompagnée d'une température ponctuelle élevée.

Effets : pompes (voir amorçages, démarrages...), turbines, hélices, etc.

Les modes de défaillances électriques

- Rupture de liaison électrique** : c'est le plus souvent la conséquence d'une cause extrinsèque, telle qu'un choc, une surchauffe ou une vibration donnant parfois une défaillance fugitive.
- Collage ou usure des contacts** : les contacts sont souvent les maillons faibles d'un circuit électrique.
- Claquage** d'un composant.
- Parasites ou micro-coupures** : les parasites ou micro-coupures affectent la très basse tension (automatismes électroniques) quand les circuits ne sont pas protégés par onduleurs, transformateurs d'isolement, etc.

Ces modes de défaillance présentent un caractère catalectique qui les rend difficiles à prévenir. Par contre, il est possible d'agir sur les phénomènes extérieurs qui les génèrent.

Dans le domaine électronique, le « déverminage » a pour but d'éliminer les composants ayant un point faible qui risquerait d'apparaître en fonctionnement.

Types de causes de défaillances du matériel

A toute défaillance, il y a une cause qui peut être bien souvent éliminée, ou réduite.

Nous avons identifié 20 types de causes différentes, soit :

- des causes liées à la technologie ou à la conception :
 - mauvaise conception d'origine
 - modification inadaptée
 - usure normale
 - dérèglement dans le temps
 - protections insuffisantes
- des causes dues à l'utilisation :
 - mode opératoire inexistant ou non respecté
 - fausse manœuvre
 - surcharge accidentelle ou permanente
 - nettoyage insuffisant ou inadapté
- des causes dues à la maintenance :
 - graissage insuffisant ou inadapté
 - entretien insuffisant ou inadapté
 - non respect des règles de l'art
 - mode opératoire inexistant ou non respecté
- des causes dues à la matière travaillée :
 - matière dégradant le matériel
 - matière se cassant, se bloquant ou se bouchant
- des causes dues à l'environnement :
 - Température
 - poussières
 - vibrations
 - humidité
 - lumière

Non disponibilité propre et non disponibilité induite

Lorsque plusieurs machines sont en ligne, sans stocks intermédiaires entre elles, l'arrêt de l'une entraîne l'arrêt des autres.

Imaginons quatre machines en ligne ayant chacune un taux de défaillance de 5 %.

Durant 100 heures d'engagement du matériel, chaque machine est en arrêt propre de 5 heures.

Comme l'effet de coïncidence est extrêmement rare, on peut dire que la ligne a un taux de disponibilité de $0,95 \times 0,95 \times 0,95 \times 0,95 = 0,815$

Son taux de défaillance est donc de 18,5 %

Dans ce cas, on peut dire que pour chaque machine :

- la non disponibilité propre est de 5 %,
- la non disponibilité induite est de 13,5 %,
- la non disponibilité totale est de 18,5 %.

On mesure là tout l'intérêt qu'il y a à fiabiliser le matériel, lorsque l'on veut automatiser et mettre des machines en ligne, ou réaliser un programme de « Juste à Temps ».

Coûts des pertes de disponibilité

Une perte de disponibilité peut avoir les conséquences suivantes.

Coût direct de production

Frais fixes non couverts

- part de l'investissement non ou insuffisamment productif ;
- frais de structure ;
- part du coût de bâtiment abritant le matériel concerné,
- frais fixes divers.

Frais variables non réincorporés :

- coût de main d'œuvre du personnel de fabrication, ou d'exploitation, non productif ;
- frais énergétiques, si le matériel est maintenu en chauffe par exemple.

Dépenses supplémentaires pour assurer la production :

- personnel supplémentaire pour suppléer totalement ou partiellement aux conséquences d'une défaillance ;
- transferts sur d'autres outils de production ;
- heures supplémentaires ;
- sous-traitance d'opérations de production à l'extérieur,
- etc.

Un coût d'intervention de dépannage

(quand la maintenance doit intervenir)

Main d'œuvre d'intervention

- sur site (équipes de dépannage) ;
- en atelier (pour réparation en atelier central par exemple.

Sous-traitance éventuelle

en régie contrôlée, au forfait sur site, ou à l'extérieur pour réparations et remises en état.

Achats de pièces

sans négliger les coûts administratifs qu'ils engendrent.

Sorties de magasin

avec la nécessité d'avoir des pièces en stock pour les urgences, d'où un coût de possession des stocks de pièces de rechange (environ 25 % de la valeur du stock par an).

Coût de non-qualité du produit

Défaillance du matériel entraînant un arrêt

avant ou après l'arrêt :

- défauts nécessitant des retouches du produit ;
- défauts déclassant le produit en second choix ;
- rebuts (dont ceux nécessités par la mise au point après redémarrage).

Défaillance du produit, due au matériel

- rebuts ;
- retouches nécessaires ;
- produit déclassé ;
- retravail nécessaire,
- « usage matière » : produit sur le haut de la tolérance.

Marge bénéficiaire perdue

Dans le cas où le programme de vente est égal ou supérieur à la capacité de production ; à noter que ce sont toujours les dernières unités produites qui rapportent le plus.

Dégradation dans le climat de travail

- relations fabrication/personnel de maintenance ;
- insatisfaction du personnel de maintenance.

Chiffrage des pertes

Coût des arrêts en production sans intervention de maintenance

Les frais généraux usine sont répartis entre deux prestataires : Fabrication et Maintenance.

De ce fait le taux horaire des pertes de temps est égal à :

$$\frac{\text{Frais généraux Usine part Fabrication} + \text{frais généraux Fabrication}}{\text{Total des heures d'ouverture des Lignes de Fabrication}} \quad (\text{à moduler éventuellement})$$

+

$$\frac{\text{Valeur annuelle d'amortissement de la ligne de Fabrication considérée}}{\text{Nombre des heures d'ouverture de la Ligne considérée}}$$

+

Coût social horaire de la main d'œuvre de Fabrication sur la ligne considérée.

+

Coût énergétique horaire s'il y a dépense lors des arrêts.

On peut y ajouter parfois les dépenses supplémentaires pour assurer la production.

Coût des arrêts en production avec intervention de maintenance

Dans leur majorité, les coûts de maintenance sont rapportés aux lignes de fabrication.

Si l'on s'en tient strictement aux coûts des pertes de disponibilité, c'est aux heures perdues valorisées par le taux horaire précédent et sur lesquelles est intervenue la maintenance qu'il faut ajouter le coût de dépannage.

Coût des arrêts programmés pour maintenance

$$\frac{\text{Frais généraux Usine part Fabrication} + \text{frais généraux Fabrication}}{\text{Total des heures d'ouverture des Lignes de Fabrication}} \times \text{durée de l'arrêt}$$

+

$$\frac{\text{Valeur annuelle d'amortissement de la ligne de Fabrication considérée}}{\text{Nombre des heures d'ouverture de la Ligne considérée}} \times \text{durée de l'arrêt}$$

+

Coût social horaire de la main d'œuvre de Fabrication présente sur la ligne considérée.

+

Dépenses de maintenance.

Marge bénéficiaire perdue

Le chiffrage doit être fait par la Direction Commerciale : volume des pertes de vente x bénéfice unitaire appliqué.

Cela doit permettre de fixer un objectif obligatoire de réduction des pertes.

Rebuts

Les pertes en heures sont déjà valorisées par un taux horaire.

S'y ajoute le coût de la matière perdue.

Généralités sur la maintenance préventive

	Page
Définition.....	28
Objectifs visés.....	30
Méthodes de maintenance préventive.....	31

Définition

Dans la définition de la maintenance préventive, nous incluons des contrôles, visites et interventions de maintenance effectuées préventivement.

La maintenance préventive s'oppose en cela à la maintenance corrective déclenchée par des perturbations ou par les événements, et donc subie par la Maintenance.

Indépendamment de la lubrification, de la prévention permanente, des modifications, de la maintenance à la conception, en maintenance il y a deux groupes de méthodes de base :

Maintenance corrective (dépannage ou réparation) correspondant à une attitude de défense.

Maintenance préventive, correspondant à une attitude d'attaque.

Les méthodes de maintenance diffèrent selon l'utilisation et le type de matériel.

Maintenance corrective	Maintenance préventive		
	A Conditionnelle + suites à détections	Maintenance systématique	
		B Visites périodiques + suites à visites	C Remplacements systématiques
1. Improvisation 2. Moyens classiques : - documentation technique opérationnelle - gestion F.P.R. - formation du personnel 3. Moyens plus élaborés : - schémas logiques et check-lists de dépannage - gammes types de réparations - systèmes d'auto diagnostic - systèmes experts	En cours de marche - en continu - périodiquement	1. En cours de marche 2. A l'arrêt sans démontage 3. A l'arrêt avec pré-démontage partiel « sur le tas » 4. A l'arrêt avec démontage « sur le tas » ou à l'atelier	- de pièces - d'organes - d'appareils ou machines complètes

A chaque matériel correspond une et une seule méthode de maintenance qui est fonction de son utilisation : la méthode la plus économique.

La maintenance préventive comprend :

- les contrôles ou visites,
- les expertises, les opérations et les remplacements effectués à la suite des contrôles, visites, surveillances.
- les remplacements systématiques,
- la maintenance conditionnelle.

La maintenance préventive ne doit pas consister à dire à un agent de maintenance : « allez voir si l'état de tel organe est bon » (à travers une procédure quelconque) Dans ce cas, si l'état est bon,

on ne dit rien ; s'il n'est pas bon, il faut intervenir de suite, ce qui nécessite forcément une disponibilité en pièce de rechange. Il s'agit d'une détection d'anomalie et non de maintenance préventive.

Au contraire, la maintenance préventive doit consister à suivre l'évolution d'un état, de manière à prévoir une intervention dans un délai raisonnable (1 à 2mois par ex.) et l'achat de la pièce de remplacement nécessaire (dont on n'a pas besoin de tenir en stock, si le délai normal le permet)

Par ailleurs, comme pour sa propre voiture, il faut déterminer la fréquence de visite ou intervention de maintenance préventive suivant le taux d'usure ou d'utilisation (heures de marche, tonnes produites...), quitte à reconvertir les fréquences en déclenchements calendaires si l'on est assuré d'une utilisation régulière du matériel concerné.

Objectifs visés

- Augmenter la fiabilité d'un matériel pour réduire les temps d'arrêt dus aux défaillances.
- Diminuer les défaillances et imprévus pour réduire le coût direct de maintenance (réduction des « casses »)
- Améliorer la qualité des produits.
- Assurer la sécurité (moins d'improvisations dangereuses)
- Augmenter la durée de vie efficace d'un matériel.
- Améliorer l'ordonnancement des travaux, et par conséquent les relations avec la fabrication
- Améliorer les prévisions et la programmation pour diminuer les coûts.
- Améliorer le climat des relations humaines (une panne imprévue est toujours génératrice de tension)

Méthodes de maintenance préventive

maintenance systématique

Définition Afnor : « Maintenance préventive effectuée selon un échéancier établi suivant le temps ou le nombre d'unités d'usage »

a. Les remplacements systématiques

Selon un échéancier défini, on remplace systématiquement un composant, un organe ou un sous-ensemble complet.

En principe, dans la mise en place d'une maintenance préventive, il vaut toujours mieux commencer par des visites systématiques, plutôt que par des remplacements systématiques, sauf dans les cas suivants :

- lorsque des raisons de sécurité s'imposent,
- lorsque le coût de l'arrêt de production est disproportionné par rapport au coût du remplacement,
- lorsque le coût de la pièce concernée est si faible qu'il ne justifie pas de visites systématiques (on ne visite pas un joint : on le remplace)

b. Les visites systématiques

On détermine l'état d'un organe par une visite faite selon un échéancier défini.

L'état est mesuré par une valeur (épaisseur, température, intensité, etc.) ou par une appréciation visuelle :

1. RAS
2. Début de dégradation
3. Dégradation avancée
4. Danger

On peut parler alors de « maintenance prédictive »

Cette solution est en général facile à mettre en place ; elle comporte plusieurs formules entre lesquelles on peut choisir en fonction d'impératifs techniques et de critères économiques.

Visites lorsque la machine est en marche

Ce sont des opérations peu coûteuses en général.

Exemples :

- contrôle de la qualité de l'huile,
- contrôle de températures,
- mesure de vibrations,
- mesure d'épaisseurs,
- mesures électriques : tension, intensité..
- etc..

Ces visites se développent considérablement grâce à l'utilisation d'outillages spéciaux ou d'appareils de mesure permettant d'effectuer des contrôles non destructifs en marche (C.N.D.) et par conséquent sans arrêter la fabrication.

Il faut veiller à bien définir la testabilité de l'organe concerné, dans ce cas.

Dans le cadre des visites en marche, on doit veiller à utiliser des informations existantes dans l'entreprise, pour le suivi de la dégradation des matériels :

- indicateur de qualité,
- rendement d'un matériel.

Visites à l'arrêt

Les visites à l'arrêt peuvent s'effectuer :

- sans démontage,
- avec démontage partiel (révision partielle)
- avec démontage totale (révision totale)

Autant faire se peut, il faut éviter d'arrêter le matériel pour le visiter.

Une double réflexion est à faire :

- certains travaux ne pourraient-ils pas être faits en marche ?
- peut-on prévoir le préventif hors du temps de production ? (horaires décalés, sous-traitance...)

Maintenance conditionnelle

Définition Afnor : maintenance subordonnée à un type d'événement prédéterminé (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure...)

La maintenance conditionnelle permet d'assurer le suivi en continu du matériel en service, et la décision d'intervention est prise lorsqu'il y a évidence expérimentale de défaut imminent, ou approche d'un seuil de dégradation prédéterminé.

Conditions de mise en place

Deux conditions sont nécessaires :

- que le matériel s'y prête : existence d'une dégradation progressive et détectable,
- que le matériel soit suffisamment critique pour mériter cette forme de maintenance préventive qui est coûteuse.

Choix des paramètres mesurables

Les paramètres mesurables sont nombreux :

- pressions,
- débits,
- températures,
- niveau de vibrations et de bruits,
- fréquence de vibration,
- teneurs en résidus d'usure pour les lubrifiants,
- signatures électriques et magnétiques,
- extensométrie,
- etc.

Détermination des seuils

Il est nécessaire de fixer un seuil d'alarme avant le seuil d'admissibilité. Une période d'expérimentation est nécessaire pour fixer ces seuils, en particulier le seuil d'admissibilité au-delà duquel un arrêt de fonctionnement s'impose.

Télesurveillance

La télesurveillance est une maintenance conditionnelle informatisée sur le process.

La gestion des actions, de type conditionnel, sur des chaînes de production est réalisée à l'aide de modules de progiciel.

L'enregistrement et la mise en mémoire des paramètres physiques captés peuvent être ainsi réalisés.

Après traitement des informations, des décisions d'actions peuvent être prises. Si l'on agit en retour sur des actionneurs corrigeant l'état du process, on parle alors de « monitoring ». Il reste alors à mettre en œuvre des interventions préventives pour remettre à niveau l'état dégradé

Nécessité de maintenance préventive ?

Classement des défaillances et chiffrage des pertes

Notre expérience nous a conduit à distinguer 3 types de défaillances du matériel :
Défaillances extrinsèques – Défaillances dispersées – Défaillances intrinsèques

Une défaillance extrinsèque a une cause qui est spécifique à un organe, à une fonction, à un produit où elle apparaît ; cette cause n'est pas due à la dégradation normale d'un organe.

La défaillance peut survenir plusieurs fois par an.

Notre démarche consiste à analyser systématiquement le phénomène du point de vue physique.

Le chapitre « **Aides aux diagnostics de défaillances** » apporte des solutions en termes de causes et remèdes pour ce type de défaillance.

Les défaillances dispersées ont une cause qui est générale à plusieurs organes, ou plusieurs fonctions, ou plusieurs produits où elles apparaissent.

Il s'agit de trouver un point commun à des défaillances semblables. Ce point commun est **très souvent une ou plusieurs règles de l'art** non respectées.

Le chapitre « **Règles de l'art en maintenance** » présente 75 règles de l'art.

Une défaillance intrinsèque a pour cause l'usure ou dégradation normale d'un organe.

En général, elle nécessite le remplacement de l'organe et elle ne survient qu'au maximum une fois dans l'année.

On évite les pannes par la maintenance préventive.

Les chapitres « **Contrôles de maintenance préventive** » et « **Standards de maintenance préventive** » apportent les réponses d'ordre technique quant à ce besoin.

Il existe également des défaillances inopinées qui se manifestent en dehors des données habituelles. Etant causées par une variation inattendue des conditions de fabrication, il faut simplement prendre des mesures de remise en état pour revenir à l'état normal.

Si vous avez des historiques de pannes nous vous proposons de les transférer sur Excel comme le montre l'exemple de la page 36. Puis vous créez deux colonnes. Sur la première colonne vous identifiez les types de pannes :

- ✓ R : R1, R2, R3,...pour les défaillances répétitives ;
- ✓ D : D1, D2, D3,... pour les défaillances dispersées ;
- ✓ P : P1, P2, P3, ... pour les défaillances intrinsèques.

Il est conseillé de faire les classements dans cet ordre, en lisant bien les commentaires des dépanneurs et en les interprétant.

A titre d'information, concernant les défaillances dispersées les thèmes les plus courants sont les suivants.

Mécanique :

- Desserrages, vibrations
- Détériorations de mécanismes
- Problèmes de graissage, grippages de paliers, échauffements
- Fréquents remplacements de roulements
- Fuites
- Problèmes hydrauliques
- Casses et bris d'arbres notamment
- Problèmes fréquents sur pompes
- Pertes de vitesses

Electricité :

- Déclenchements de lignes automatisées ou pertes de fonctions
- Déclenchements généraux ou sur circuits
- Arrêts moteurs sans remplacements
- Arrêts moteurs avec remplacements
- Pertes partielles de fonctions
- Problèmes de détecteurs
- Défauts de câblages, connectique
- Fonctions défaillantes
- Micro-arrêts

Après classements des résultats, grâce à Excel, on obtient un véritable plan de fiabilisation.

Pour voir l'intérêt d'une maintenance préventive, on va utiliser la deuxième colonne.

En effet, une majorité des défaillances (répétitives, dispersées, intrinsèques) peuvent faire l'objet d'un suivi de dégradation : on les identifie par la lettre P.

C'est le cas de la majorité des défaillances mécaniques. Ce n'est pas le cas en électricité pour les défaillances dues à des parasites, micro-coupures, harmoniques, etc...

On peut ensuite chiffrer le total des défaillances P : se reporter au chapitre « Chiffrage des pertes » page 25.

Si l'on n'a pas d'historiques, on peut estimer que la maintenance préventive permet de couvrir près de 80% des pertes.

Si l'on ne peut pas chiffrer, il faut alors estimer l'impact sur la qualité de service.

Nécessité de maintenance préventive ?

Examen des historiques sur une période de six à douze mois

- Fonctions
- Organes
- Produits

DEFAILLANCES

- Franches
- Ralentissements
- Micro-Arrêts

Extrinsèques

Dispersées

Intrinsèques

Par défaillance

Par groupe de défaillances

Uniques dans la période

1. Description physique du phénomène

2. Conditions nécessaires

3. Éléments répondant aux conditions nécessaires

CAUSE PROBABLE
(90 % des cas)

POINT COMMUN
(80 % règles de l'art)

PREVENTIF
(à examiner)

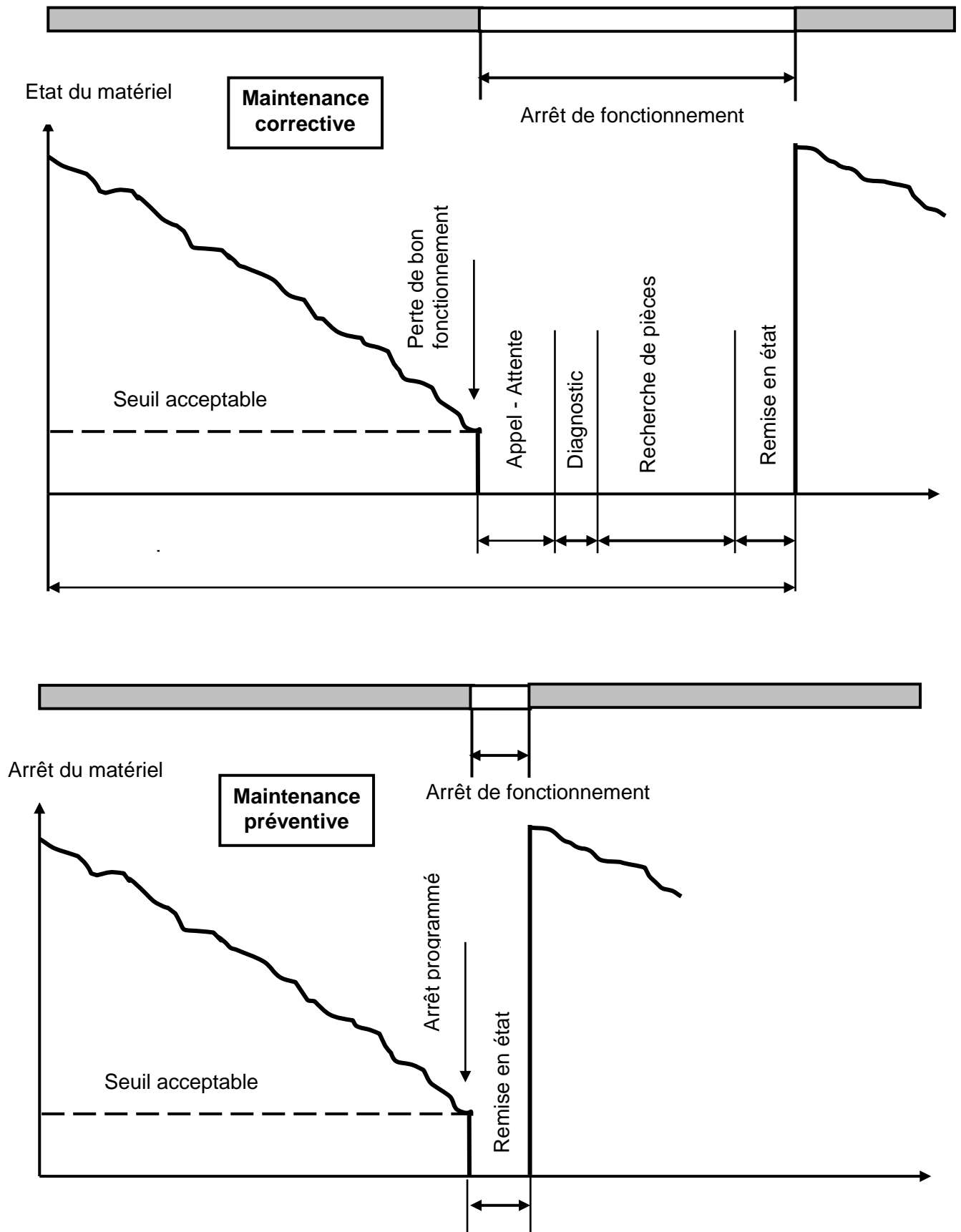
V é r i f i c a t i o n

SOLUTION

M i s e e n o e u v r e

Date	Poste	Machine	Durée	Code	Code	Anomalie
02/01/2015	1	U 2	01:00			Remplacé disjoncteur principale ascenseur
03/01/2015	1	EST 5	01:30			Def KUK - remplacé rail + THK palette + remplacé detecteur
04/01/2015	1	U3 KM	00:15			Réglage detecteur porte
05/01/2015	2	EST 5	03:00			Changé amortisseur aiguillage + réglage coupe pli + interbus axe 11 aérée carte
06/01/2015	2	PU 7	01:30			Remis en etat embrayage + changé roulement detour spool + réfixé vis san fin translation tête 2
07/01/2015	2	Textile 1				Def variation largeur coupe divers réglages
08/01/2015	2	Conv UAP 2	02:30			Def cycle convoyage lots UAP 1 remis en cycle
09/01/2015	2	KM 13	00:45			Eliminé bourrage du convoyeur pli
10/01/2015	2	KM 5	02:30			Def avance cloche droite changé 2 distributeurs + changé 1 distributeur mauvaise config
11/01/2015	2	KM 6	02:00			Remis en etat barre ventouse + refixé divers vérins
12/01/2015	2	EST 4	02:00			Def moteur convoyage surcharge inversé carte CNC axe 4 avec 5 + relance avec difficulté
13/01/2015	2	EST 2	02:30			Def avance servicer BdR changé clapet pilote + vanne régulatrice + fixé cable detecteur
14/01/2015	2	Pulvérisatrice 3	01:00			Def cycle retournement avec pneu renault (UAP1) divers essais sans résultat enlevé rouleau
15/01/2015	2	Apex 2	03:00			Def mise sous pression remis en cycle
16/01/2015	2	KM 14	00:30			Nettoyage + réglage barrière immatérielle
17/01/2015	2	EST 3	01:30			Interbus OBF relance PC avec difficulté + DRWATSOW
18/01/2015	2	KM 9	00:30			Remis en etat prémolteur
19/01/2015	2	PU 8	00:30			Remplacé couteau 1ere ceinture
20/01/2015	2	Calandre Textile	01:00			Def variateur poste enroulage 2 rearmé variateur + nettoyé filtre sur moteur
21/01/2015	2	Boudineuse 2				Def lubrification adapté nouvelle pompe + échangeur réducteur machine sup HS
22/01/2015	2	Mélangeur 1	04:30			Changé OP37 suite def lancement recette + changé distributeur graissage anneau + rechangé
23/01/2015	3	Chargeur pul 1	02:00			Def cycle divers recherche avec Mr RONZI sans résultat decision de Mr Ronzi de laisser à l'arré
24/01/2015	3	PU 11	02:00			Def cycle chargeur BdR + remplacé tête spool n°2 + éliminé def sur tête spool n°1
25/01/2015	3	Textile 1				Tendu courroie couteau + REE support detection couteau + éliminé court-circuit sur BP mise er
26/01/2015	3	PU 9	00:30			Def scanner Nettoyé et réglé
27/01/2015	3	Pulvérisatrice 1-2	01:30			Réinitialisation caméra de contrôle
28/01/2015	3	Pulvérisatrice 4	01:30			Débouché et réglage pression circuit lotion externe
29/01/2015	3	Coupeuse 18°	01:00			Def enroulage toile . Changé maillon + attache rapide chaine
30/01/2015	3	KM 5	01:15			Remplacé vérin moleteur coté gauche
31/01/2015	3	Fischer 2				Convoyeur 1B bloqué mécaniquement
01/02/2015	3	Apex 3				Def dégalbage changé distributeur sans résultat remis ancien pas distributeur neuf au magasin
02/02/2015	3	Boudineuse 2				Suite P 2. Changé pompe lubrification 2 fois + contrôle et ouverture rouleau alimentattion. Roule 5h.
03/02/2015	1	Textile 1	05:30			Def mis en route suite c/c - remplacé cellule bourrage dans feston

Gains espérés

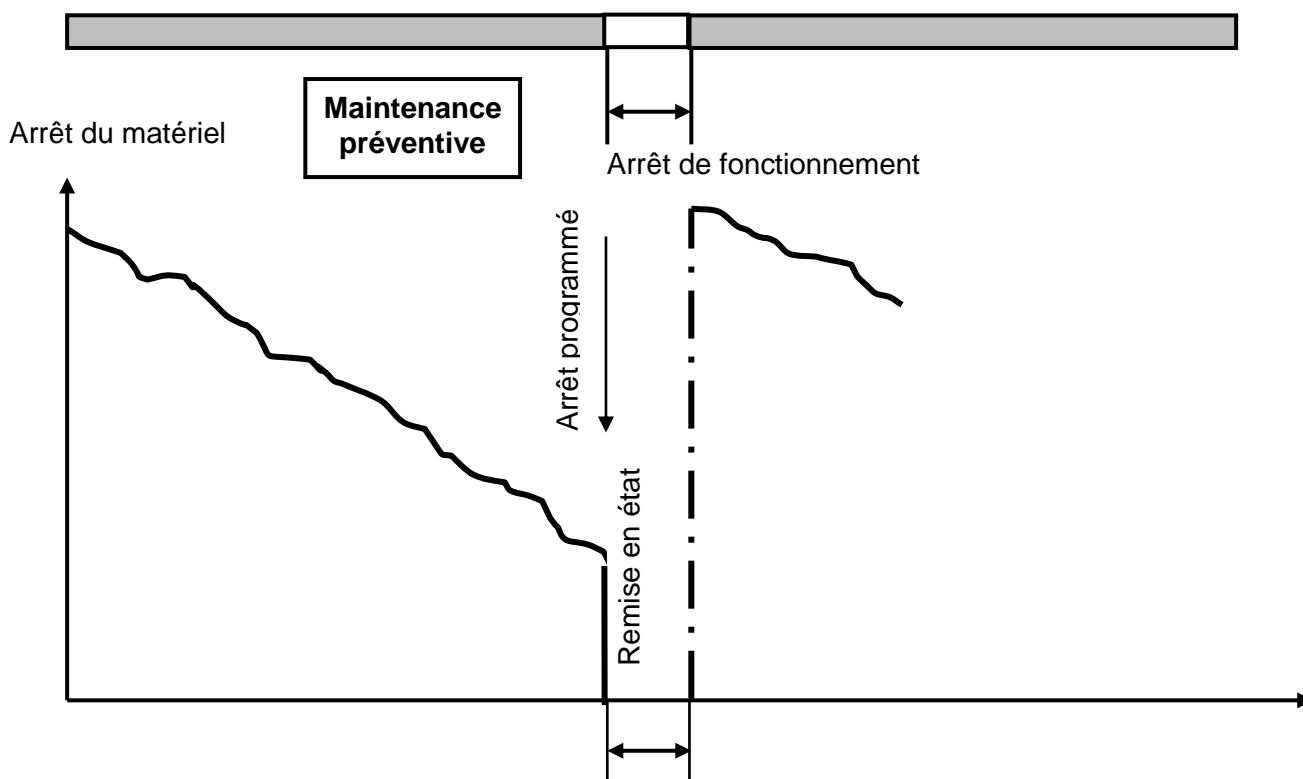


Nécessité de maintenance préventive ?

Les deux schémas précédents ont le mérite d'être « parlants ».

Mais ils sont simplificateurs pour les raisons suivantes :

- La maintenance préventive peut nécessiter des arrêts du matériel pour visites.
- En maintenance préventive, on programme des remises en état ce qui entraîne :
 - Soit des interventions de remises en état hors du temps d'engagement du matériel, ce qui amplifie les gains figurés.
 - Soit des interventions de remises en état lors du temps d'engagement du matériel, en regroupant le maximum d'interventions avec le plus de moyens possibles ce qui permet aussi d'amplifier les gains figurés.
- La simple maintenance corrective fait que souvent la dégradation est trop avancée, et qu'elle entraîne de ce fait d'autres dégradations.
- La maintenance préventive permet d'acheter des pièces pour remise en état, et évite donc les stocks coûteux, ce qui n'apparaît pas sur les schémas.



Dans la quasi totalité des cas, les interventions de remises en état et remplacements de pièces se font à des périodes où le matériel n'a pas encore atteint le seuil acceptable (schéma ci-dessus), ce qui réduit les gains. En fait, c'est là une difficulté principale pour définir une maintenance préventive non pénalisante sur le plan du coût direct de maintenance.

Contrôles de maintenance préventive

	Page
Contrôles sensoriels.....	40
Inspection du sous-sol.....	42
Inspection des bâtiments et ouvrages.....	45
Inspection des tuyauteries et circuits.....	47
Inspection des machines.....	53
Moyens de contrôle non destructifs assez simples.....	59
Endoscopie.....	64
Mesures de vibrations.....	67
Analyses d'huiles.....	76 ..
Thermographie.....	83
Courant de Foucault.....	86
Ressuage.....	89
Magnétoscopie.....	93
Contrôles par ultrasons.....	96
Contrôle des vannes.....	102
Contrôle d'isolement d'un moteur..... ;.....	105

Contrôles sensoriels

Ils sont connus ces rats du métier qui disent flegmatiquement en passant à côté d'une machine « Il faudrait jeter un p'tit coup d'œil ici ». Mais il est vrai que cette perception humaine – **voir, écouter, toucher, sentir** – tend à disparaître avec les systèmes de gestions informatiques modernes. Comment en effet résumer le sensoriel dans ce genre de système ?

Inspections audibles

Ces inspections sont faites durant les tournées. Ecoutez le bruit des équipements et notez les différences dans le temps. Le fonctionnement de la machine était doux hier et il est bruyant aujourd'hui, quel est la cause du changement ? Un crissement de courroie peut indiquer une surcharge ou une courroie détendue. Un grattement ou un bruit rythmé peut indiquer un glissement ou un frottement. Une dent cassée d'un réducteur peut être détectée pour tout « clic » ou bruit récurrent provenant de ce réducteur. Si un bruit anormal est perçu, il est important d'en trouver la source et de s'assurer qu'il ne s'agit pas d'un élément qui causera un défaut de l'équipement.

Il est parfois intéressant d'utiliser un système d'écoute comme aide à l'identification de la source de bruit. Il y a plus de trente ans, on utilisait le manche de tournevis pour écouter les paliers. Aujourd'hui il existe de petits appareils permettant de faire cette écoute par les ultrasons, les vibrations ou les ondes de chocs. Le suivi peut même être fait en continu par des systèmes « à l'écoute » de plusieurs paliers.

Inspections visuelles

Cherchez les fuites, les desserrages, vérifiez les niveaux de fluides, la peinture brûlée, les arbres ou les capots vibrants.

Assurez-vous de la bonne installation et du bon fonctionnement des manomètres. Il est d'importance majeure de connaître la pression « normale » pour tout équipement rotatif. Il faut être attentif à la sur-lubrification. Elle salit non seulement le lieu de travail mais elle réduit aussi la vie des équipements. Si l'équipement est lubrifié par bague, il est souvent facile de faire une inspection visuelle de la bague ; ce test est effectif si elle s'arrête de tourner.

Inspections tactiles

Touchez l'équipement pour vous assurer que la température est acceptable. Ou est-ce plus chaud que lors de l'inspection précédente ? Est-ce un point chaud localisé ou une surface chaude globalement ?

Ressentez-vous une légère vibration dans vos doigts ? cela indiquerait une vibration de haute fréquence ou d'un rythme accéléré.

Touchez l'arrivée et la sortie d'eau ou d'huile d'un refroidisseur ; si la température est presque semblable c'est qu'il y a un bouchon.

Simplement toucher un équipement du bout des doigts donne déjà une impression subjective de la bonne marche d'un équipement. La méthode est raisonnablement acceptable pour détecter les vibrations en pratique. Le tout est de procéder régulièrement à ces tests afin de pouvoir discerner les changements.

Odorat

Une odeur « normale » en fonctionnement qui change soudainement en une autre est un indicateur de problème potentiel.

Exemples : odeurs d'une courroie ou d'une huile qui chauffent, odeur d'une peinture qui surchauffe assez pour se décolorer, etc.

Maintenance préventive

La maintenance préventive devrait se décliner suivant trois niveaux :

➔ Contrôles par l'Exploitation

Ce sont des contrôles journaliers du bon fonctionnement des équipements, avec quelques contrôles d'états d'organes (surtout sur le plan des encrassements et bourrages), à réaliser par des opérateurs ou des rondiers. Des check-lists s'imposent.

➔ Contrôles sensoriels par la Maintenance

Ces contrôles sont en principe journaliers et concernent les inspections audibles, visuelles, tactiles et par l'odorat.

Ils peuvent être réalisés par des mécaniciens et des électriciens, ou par des graisseurs qui connaissent bien, en principe, le bruit des paliers.

➔ Contrôles spécifiques par la Maintenance

Ces contrôles sont étudiés dans le détail d'un Plan de maintenance préventive. Leur réalisation doit être le plus possible prédictive.

Les périodicités des visites peuvent être :

- calendaires (ce qui facilite les plannings)
- suivant le taux d'usure des équipements.

Pour ces contrôles on peut faire appel à des moyens de CND (contrôles Non Destructifs) tels que ceux exposés ci-après :

Inspection du sous-sol

Tassements et mouvements : généralités

Les mouvements et tassements observés en Génie civil ne sont à craindre que s'ils sont **différentiels** (tassements inégaux d'une même structure).

Ces tassements différentiels sont liés :

- A la nature du sol
 - Sol géologiquement hétérogène
 - Sol plastique (argiles, marnes)
 - Plans de glissement des roches supports
 - Remblais insuffisamment compactés
- A l'action des nappes d'eau souterraines
 - Nappe phréatique naturelle
 - Apports provenant de l'exploitation de l'usine, en particulier des effluents plus ou moins agressifs (ruptures d'égouts, par ex.)
- A la mauvaise conception des fondations
- Aux différences de répartition d'efforts : charges permanentes non prévues, poussées différentielles dues au vent sur les structures élevées, effet « bilame » de dilatation différentielle sur les structures élevées, tassement différent d'un bâtiment lourd et des canalisations enterrées qui en sortent, etc.

Il importe donc de disposer de l'étude de mécanique des sols effectuée avant construction de l'usine.

Techniques de surveillance des mouvements

Réseau de triangulation

Avant l'ouverture de chaque chantier, on place en zone stable des bornes topographiques repères, rattachées au nivellement général de l'usine.

En fin de chantier est établi la carte de nivellement des bâtiments et appareillages lourds, et des carrefours des voies de communication (chaussées, voies ferrées).

Ces levées seront reprises à intervalles réguliers (tous les 6 mois par exemple) pour détecter tout tassement différentiel anormal, en particulier ceux jouant sur la verticalité d'un ensemble.

Le nivellement des chemins de roulement de ponts roulants, portiques et voies ferrées doit être contrôlé très fréquemment. On contrôlera particulièrement le défaut de parallélisme des voies. Seule l'expérience peut en définir la fréquence.

Appareillage

Appareillage classique : mires, lunettes, niveaux, tacléomètres, tubes en « U ».

Appareillage moderne : laser topographique (contrôles de rails), telluromètres (mesure électronique des distances : radar, interférométrie)

Décision d'action

Malheureusement on ne peut jouer que sur les effets la plupart du temps (reprise de calage, bourrage de voies).

L'amélioration de la tenue des fondations est généralement une grosse opération (injections de béton).

Il est toutefois possible, si nécessaire, de porter remède à une cause très fréquente du tassement : les infiltrations d'eau dans le sous-sol.

Techniques de surveillance de la nappe phréatique

Il importe de connaître l'état et les mouvements de la nappe sur le site avant le début du chantier (niveaux d'été et d'hiver, mesure de température de la nappe).

La nappe peut descendre, dans le cas de la création d'un forage et atteindre un nouvel équilibre.

Elle peut remonter dans le cas fréquent des détériorations de canalisations enterrées (conduites d'eau, égouts).

Les mouvements de sols consécutifs aux mouvements de nappe sont aggravés dans les cas suivants :

- Présence d'argile ou de marnes (variation de volume, plasticité).
- Agressivité des effluents (action des eaux acides sur un sous sol calcaire ou argileux).
- Quand le débit d'eau de fuite entraîne le lit de sable supportant les canalisations enterrées.

La surveillance de nappe peut se faire :

- Soit par des moyens géophysiques (résistivité des sols), technique devant être mise en œuvre par une société (ou un organisme) spécialisée.
- Soit par des **piézomètres** (tubes pointus et crépinés enfoncés dans le sol) rattachés au nivellement général topographique du site, et dont on relève le niveau d'eau en équilibre avec la nappe.

Ces piézomètres sont installés :

- Soit aux endroits de prélèvements dans la nappe (« pilotage » d'un puits en période de sécheresse).
- Soit aux endroits à haut risque de fuite (égouts dans les zones à tassement différentiel : sorties de bâtiment, traversées de routes ou voies ferrées, conduites d'eau sous pression).
- Soit aux endroits où une venue d'eau souterraine peut être préjudiciable

Un affaissement anormal du sol est le risque immanquable d'une venue d'eau.

Lors d'une montée anormale de la nappe, il importe de pomper l'eau du piézomètre pour le renouveler et l'analyser. L'eau d'égout est plus chaude que l'eau de nappe et elle est souvent malodorante.

Il faut n'utiliser qu'avec prudence le marquage à la florescence (coloration des rejets à la rivière).

Examen des canalisations enterrées.

Egouts

Les égouts sont soit des buses en béton (non visitables par l'homme), soit des ovoïdes visitables.

Ils sont cimentés de façon rigide et craignent donc :

- Les tassements différentiels de terrain.
- La présence de pression, ce qui impose l'écoulement à surface libre (et non en charge).

Les tassements différentiels se constatent à la sortie des bâtiments (raccordement bâtiment égout) et sous les zones chargées (voies ferrées, routes, parcs).

Une fuite d'égout entraîne une entrée d'eau dans le sol, généralement agressive, le lessivage du lit de sable sur lequel il repose, des mouvements de terrain dus à la nouvelle présence d'eau sous le sol, ce qui aggrave encore la situation.

Le contrôle périodique se fait :

- En service, en vérifiant le bon écoulement de l'eau dans les regards (montée immédiate du niveau en cas d'obstruction).
- A l'arrêt, en effectuant une visite humaine des ovoïdes (éviter les périodes d'orage).

Il existe des caméras conçues pour inspecter les égouts, en se déplaçant sur des chariots automoteurs.

La réparation d'un égout entraîne rarement l'arrêt du site. Compte tenu du phénomène d'aggravation cumulative, il faut ouvrir une tranchée et réparer l'égout dès que possible.

Les bouchages d'égouts s'évitent soit par des chasses d'eau, soit par des nettoyeurs (tête à jet d'eau sous pression alimentée par flexible).

Conduites d'eau sous pression enterrées

Les conduites d'eau fragiles (ciment, fonte) peuvent casser sous les efforts importants, les conduites d'acier se corrodent.

Les conduites mal ancrées ou mal protégées contre les coups de bélier peuvent se déboîter, et les joints lâcher. En général, les joints modernes autorisent une certaine souplesse.

Il est utile d'avoir des compteurs amont et aval pour connaître la présence de fuites. Pour la localisation, les fuites se détectent à l'hydrophone qui amplifie le bruit de la fuite.

En ce qui concerne la résistance à la corrosion des conduites en acier, elle se détecte au niveau de la protection cathodique (courant de soutirage).

Un principe fondamental à rappeler est qu'un tuyau d'acier revêtu s'il n'a pas sa protection cathodique est plus rapidement inutilisable qu'un tuyau d'acier non protégé placé dans le sol. En effet, les courants électriques se concentrent aux zones très localisées d'isolement défectueux du revêtement.

Il faut surtout se méfier des canalisations enterrées de petit diamètre fort mal protégées en général (eau, gaz).

Inspection des bâtiments et ouvrages

Béton armé

Les désordres en béton armé sont rarement inopinés : le béton « prévient ». Les contraintes anormales se détectent par l'existence de fissures.

Il faut distinguer les fissures de retrait (courantes) des fissures anormales provoquées par les surcharges et les tassements différentiels de fondations.

Le seul procédé est l'observation visuelle des zones en tension (face inférieure des poutres ou de cisaillement (tassements différentiels).

A l'échelon de l'usine on pose un plâtre, dûment daté, sur la fissure : on constate si le plâtre lui-même se fissure ou pas (fissure stabilisée ou non).

Le ruissellement des eaux sur le béton, surtout si elles sont agressives, amène celles-ci à pénétrer, par les fissures, jusqu'aux armatures du béton.

La corrosion des armatures risque de conduire à la ruine de l'ouvrage. On peut la prévoir à la vue : la rouille développée sur l'acier étant sept fois moins dense que celui-ci, il y a expansion de matière autour de l'armature ce qui amène le décollement de la couche superficielle de béton.

Le remède consiste à étancher la fissure (enduis plastiques).

Ne jamais étayer en un seul point une poutre béton qui fléchit : il y a risque d'inverser les moments de flexion.

Bien contrôler les boulons de scellement de machines vibrantes.

Charpente métallique

Un ennemi : la corrosion. La rouille produite absorbe l'humidité et aggrave encore la situation.

Les charpentes des halles exposées à la chaleur ou secouées par les trépidations des ponts roulants (« dérouillant » automatiquement le métal) sont moins vulnérables que les charpentes exposées à l'humidité, les ambiances chimiques, l'air marin.

L'inspection se fait dans les recoins (voir la « corrosion caverneuse »).

Les ultrasons peuvent contrôler l'épaisseur du métal, des détecteurs magnétiques l'épaisseur du film de peinture protectrice.

Les points sensibles sont les pieds de charpente en contact avec le sol, exposés aux liquides (sauf s'ils sont protégés par un socle en béton). Très exposés sont les boulons de scellement qui gagneront à être traités à la graisse graphitée et protégés par un « doigt de gant ».

Toitures

Deux préoccupations :

- L'évacuation des poussières sur les toits.
- L'étanchéité dont les défauts se révèlent lors des orages.

Le problème est bien plus compliqué pour les étanchéités multicouches des toitures en terrasse, où l'eau parcourt de grandes distances entre la fissure et son empreinte sur un plafond.

Une technique s'est développée ces dernières années.

Elle consiste à survoler les toitures en hélicoptère avec une caméra infrarouge, le lendemain d'un jour de pluie. Cela permet de détecter les infiltrations d'eau. On revient le lendemain avec un

appareil neutronique (ou sonde à neutrons) pour préciser les zones à réparer (l'appareil émet des neutrons qui sont comptés en retour, l'eau captant les neutrons)

Etanchéité générale du bâtiment

Elle peut s'apprécier dans un bâtiment pressurisé par la surpression intérieure.

Sous-sols

Les sous-sols sont sujets aux inondations : infiltrations de nappes, entrées d'eaux de ruissellement, fuites de canalisation.

Il est indiqué d'avoir un **puisard** au point bas des caves en galeries, où le niveau est détecté.

Les relevés horaires de marche des pompes automatiques d'épuisement donnent une idée des quantités d'eau infiltrées.

Inspection des tuyauteries et circuits

Points à surveiller dans les circuits de fluides

Paramètres de marche

Il s'agit de contrôler que l'écoulement du fluide se fait de la façon prévue, les caractéristiques physico chimiques du fluide en mouvement ou à l'arrêt étant également celles prévues.

Les caractéristiques générales d'un fluide sont :

- le débit (vecteur vitesse dans une section)
- la pression
- la température
- la masse spécifique
- la viscosité
- la résistivité
- l'analyse physico-chimique du fluide et de ses impuretés

Le bon écoulement d'un fluide est tributaire :

- ➔ de la bonne marche du producteur de pression motrice :
 - réservoir gravitaire,
 - réservoir sous pression,
 - machine telle que pompe, ventilateur, compresseur ;
 -
- ➔ du bon état des appareils de commande et de réglage :
 - dans le lit du fluide : vannes de réglage, vannes d'arrêt,
 - reliant le fluide à l'extérieur : soupapes, purgeurs, etc...
- ➔ du bon état des capteurs du réseau de contrôle ;
- ➔ du bon état du réseau de tuyauterie et de ses organes de jonction ;
- ➔ de la bonne marche des traitements subis par le fluide :
 - traitement chimique,
 - injection de réactifs,
 - déshydratation ou réhydratation,
 - échange de température,
 - surchauffe ou désurchauffe,
 - élimination de composants,
 - filtration, centrifugation, distillation ;
- ➔ de la détente finale avec ou sans travail extérieur (moteur hydraulique).

Problèmes spécifiques aux fluides

Les problèmes des machines ainsi que ceux de la robinetterie relèvent du paragraphe « inspection des machines ».

Les problèmes spécifiques aux fluides sont les suivants.

Phénomènes transitoires de l'écoulement

- ➔ les coups de bélier (onde de pression et de dépression) ;
- ➔ la cavitation ;
- ➔ les vortex et phénomènes tourbillonnaires ou pulsatoires ;

Phénomènes perturbant de façon constante de l'écoulement

- ➔ obstructions localisées :
 - volontaires : filtres,
 - involontaires : blocage de vannerie, dépôt de corps étrangers aux points bas ou dans les changements de section ;
- ➔ obstructions générales :
 - dépôt de tartre (incrustation),
 - gelée adhérente d'algues monocellulaires.
- ➔ présences animales (moules) ou végétales (algues) ;
- ➔ présence indésirée de liquide dans un gaz (condensats de vapeur, eau et huile dans l'air comprimé) ;
- ➔ présence indésirée d'un gaz dans un liquide (poche d'air) non « mousse » (des circuits hydrauliques) ou d'autres liquides miscibles (émulsion, décantation).

Echanges thermiques par contact de liquide ou par condensation de vapeur

Fuites

- ➔ vers l'extérieur (réseau sous pression) ;
- ➔ vers l'intérieur (réseau sous vide).

Les fuites sont situées :

- ➔ aux organes d'étanchéité dynamique (fuite réduite souhaitable : presse étoupe, garniture mécanique, joint à lèvres...)
- ➔ aux organes d'étanchéité statiques (joints, raccords, brides...)
- ➔ en pleine canalisation (détérioration de celle-ci).

Problèmes de corrosion

Ils sont plus fréquents qu'avec la matière solides (produits chimiquement plus actifs).

Contrôle du traitement physicochimique du fluide

C'est un problème qui est plus d'exploitation que de maintenance.

Symptômes utilisés en maintenance prévisionnelle des fluides

Contrôle de l'écoulement

Les contrôles peuvent se faire :

- ➔ dans l'espace : variation des paramètres le long du réseau ;
- ➔ dans le temps : variation des paramètres en fonction du temps :
 - en fonction des réglages volontaires de marche,
 - en fonction des événements involontaires subis.

Les observations seront détectées :

- D'une façon globale, par la diminution du débit et l'accroissement de la perte de charge.

- ❑ Par le suivi de la perte de pression définie dans le cas des liquides par la **ligne piézométrique**.
- ❑ Par les obstructions locales (colmatage d'un filtre, obstruction d'un point bas).

Le cas échéant, on contrôlera que l'accroissement de perte de pression n'est pas dû à un accroissement de viscosité. Si cette viscosité est liée à la température, il sera plus facile de mesurer cette dernière.

Contrôle des échanges thermiques

Il se fait en général par la température (Si l'eau sort froide d'un échangeur, ce dernier a de grande chance d'être entartré ou obstrué par des bactéries anaérobies).

Dans le cas de condensation de vapeur saturante (échange de chaleur à température constante), le contrôle se fait par mesure du taux de la phase condensée.

Contrôle des fuites

- ❑ Une fuite notable se détecte aisément : nuage de vapeur, sifflement, nappe d'eau, odeur du fluide.
- ❑ Les microfuites se détectent plus difficilement.
- ❑ Beaucoup de détections se font par l'écoute des ultrasons émis.
- ❑ Pour le vide : détection à l'hélium ou aux halogènes.
- ❑ Détections particulières :
 - des fuites d'ammoniac par HCL (fumées blanches) ;
 - en zone hors danger d'inflammation, détection par inflammation des fuites de gaz combustible ;
 - détection par effet physique ou chimique de gaz particuliers (oxygène, CO, CO₂, méthane...).

Contrôle de la nature du fluide (traitement des fluides, corrosion)

- ❑ Résistivité (eau déminéralisée)
- ❑ Mesure de PH
- ❑ Mesure de potentiel Redox
- ❑ Mesure de la dureté
- ❑ Mesure de l'hydrométrie
- ❑ Mesure de la D.B.O. (demande brute d'oxygène)
- ❑ Dosage des ions.

Pour la matière vivante : contrôle par l'odeur, l'observation macroscopique (algues, moules) ou microscopique (pollens, bactéries, algues monocellulaires)

Contrôle de l'état des tuyauteries

- ❑ Contrôle de l'état interne des tuyaux par un capteur à courant de Foucault
- ❑ Contrôles en utilisant l'endoscopie
- ❑ Contrôle du bon état d'un calorifuge à distance (par pyromètre optique ou thermographie)
Ce contrôle permet aussi de détecter les fuites sous calorifuges

Capteurs de mesure pour fluides

Thermométrie

Appareils à dilatation, bilames, thermocouples, thermistances, effet Peltier, appareil infrarouge, etc...

Pressiométrie Déformation élastique (tube de Bourdon), colonne barométrique, utilisation d'un fluide relai avec membrane, capteur à jauge de contraintes, effet capacitif ou piézoélectrique.

Viscosité

Effet sur les palettes, ajustage, couple transmis à un disque fixe par un disque tournant en parallèle.

Débit

- ❑ Organes déprimogènes statistiques (diaphragme venturé, tube de Pitot, sonde de Randol)
- ❑ Turbines à hélices, à palettes, rotor excentré, engrenage, roues dentées ovoïdes.
- ❑ Autres effets mécaniques : à souffler alternativement (gaz basse pression), palette inclinable (sabre), à toupie dans ajustage conique (**rotamètre**)
- ❑ Débitmètre électromagnétique.
- ❑ Débitmètre à vortex tourbillonnaire.
- ❑ Débitmètre à corps radioactif à très faible période.
- ❑ **Mesureurs de débit sans perçage de tuyauterie :**
 - utilisation de l'effet Doppler ;
 - autre utilisation des ultrasons.Très utile en maintenance, appareils pouvant être loués.

Détection de niveau

- ❑ Bougies électriques à conduction (bougie Schwob) (inopérante avec des eaux souillées d'hydrocarbure).
- ❑ Flotteur
- ❑ Effet capacitif.
- ❑ Monture de niveau (lecture directe ou par flotteur magnétique)
- ❑ Ultrasons
- ❑ Rayons gamma

Analyses

- ❑ Cellules à potentiel de référence (PH)
- ❑ Mesure de résistivité.
- ❑ Mesure d'hygrométrie par méthodes de point de rosée, thermomètre humide, cellule au chlorure de lithium.

- ❑ Analyses chimiques à principe physique (spectre d'émission, spectre d'absorption, fluorescence, rayon X, conductibilité de l'hydrogène, absorption infrarouge du CO₂, paramagnétisme de l'oxygène)
- ❑ Analyses chimiques à principe chimique.
- ❑ Interchangeabilité des gaz combustibles par indice de Wobbe ou par calorimètre.
- ❑ Analyses biologiques par cellules de culture.
- ❑ Observations au microscope.

Circulation de produits solides discontinus

Le seul point à surveiller est le bon fonctionnement du flux des « colis individualisés ».

Méthode :

- ➔ Observation et comptage directs.
- ➔ Capteurs tactiles.
- ➔ Capteurs photoélectriques.
- ➔ Capteurs de proximité magnétiques ou inductifs
- ➔ Télévision.
- ➔ Senseur à infrarouge.

Circulation des produits solides en vrac (pondereux)

Problèmes particuliers de circulation

Ils s'apparentent quelque peu à l'écoulement des fluides notamment pour les transports de boues qui se développent fortement avec des contraintes particulières :

- ❑ Angles de talus naturel.
- ❑ Perturbations causées par l'humidité (boues compactes).
- ❑ Collages aux parois (convoyeurs, trémies)
- ❑ Phénomènes d'écoulement par gravité dans les trémies. Ils nécessitent des phénomènes particuliers d'extraction.
- ❑ Colmatages et débordements.

Cas particulier : transport pneumatique. Le problème relève des fluides avec l'abrasion accélérée des coudes de conduites en plus.

Technologies particulières des contrôles

Mesures de niveau en trémie

- ❑ Rayon gamma
- ❑ Moulinets ou palettes vibrantes
- ❑ Effet capacité
- ❑ Sondage au marteau

- ❑ Radar
- ❑ Ultrasons basse fréquence
- ❑ Palette

Mesures de débit masse

- ❑ Trémie à pesage discontinu
- ❑ Peson intégrateur sur convoyeur
- ❑ Peson à chute
- ❑ **Analyses granulométriques**
- ❑ Echantillonnage représentatif
- ❑ Passage sur série de cribles

Analyses physico-chimiques

- ❑ Humidité (paramètre le plus important) : jauge à neutrons ou discontinue.
- ❑ Analyse chimique : fluorescence, rayon X ou discontinue

Maintenance préventive

La majorité des moyens de CND évoqués sont utilisés par l'Exploitation.

Certains d'entre eux servent la maintenance prévisionnelle, tels que :

- les manomètres (contrôle du réseau d'air comprimé...)
- les débitmètres et rotamètres (notamment pour le contrôle des circuits d'huile...)
- les prises de températures.

En maintenance, par ailleurs on fait appel à certains moyens mobiles tels que :

- les détecteurs de fuite d'air par ultrasons,
- des endoscopes,
- des produits traçants avec une détection par une lampe UV ;
- des sprays avec détection par les bulles qui se forment en cas de fuites.
- les pyromètres optiques ou la thermographie
- des sondes à effet Doppler ou ultrasons pour certains cas d'analyses (assez rares)
- l'utilisation des contrôles par sonde à courant de Foucault

Inspection des machines

Dégradation des machines

Causes

- ➔ Externes : environnement, matières à traiter.
- ➔ Internes : imperfections de la machine (jeux, déséquilibre, frottements, chocs...)

Effets

- ➔ Perte de matière
 - ❑ Usure par frottement (abrasion)
 - ❑ Usure par chocs (martelage, grenailage perpendiculaire)
 - ❑ Usure par corrosion chimique ou électrochimique (couples électrolytiques)
- ➔ Perte de cohésion dans la matière, sous l'effet des contraintes (fissurations, ruptures, bris)
 - ❑ Fissuration par effet mécanique simple ou répété (fatigue)
 - ❑ Fissuration par attaque chimique (corrosion intergranulaire, corrosion sous tension)
 - ❑ Pertes de caractéristiques mécaniques par phénomène thermique, entraînant la rupture (modification de l'état cristallographique du métal, fragilisation par le froid)
 - ❑ Déformation plastique (fluage, flambage)

Manifestation de la dégradation

- ➔ Modifications géométriques sur l'épaisseur des matières, la position relative des organes, le poids.
- ➔ Rupture de la continuité (fissures, bris)
- ➔ Emission de débris (pollution des huiles, des matières et gaz d'échappements, de l'atmosphère environnante, fuites.
- ➔ Anomalies du profil et températures (échauffements et refroidissements anormaux)
- ➔ Modifications de la nature physique ou chimique de la matière (fusion, modification des cristaux, durcissements...)
- ➔ Vibrations engendrées (mouvements et autres phénomènes) y inclus les bruits par :
 - ❑ Déséquilibres statiques ou dynamiques (mouvements linéaires, balourds des pièces tournantes)
 - ❑ Défauts de montage (mauvais alignements)
 - ❑ Desserrages d'organes d'assemblage.
 - ❑ Jeux excessifs.
 - ❑ Mouvements relatifs et chocs d'organes constitutifs, aggravés par leur détérioration : roulements, engrenages, segments, clapets, glissières, marteaux, etc...
 - ❑ Phénomènes ultrasonores spéciaux.

Une vibration complexe peut toujours se décomposer en vibrations simples de différentes fréquences (analyse de Fourier) avec une amplitude, une vitesse, une accélération et une phase. Le choc est proportionnel au carré de la vitesse quadratique moyenne. Les vibrations s'accroissent d'elles-mêmes (accroissement des jeux provoqués par les chocs).

Le phénomène peut devenir catastrophique quand un organe entre en résonance avec une vibration (réponse élastique des organes aux vibrations).

En général, en montant vers les hautes fréquences :

- ✓ les amplitudes diminuent,
- ✓ les vitesses se maintiennent,
- ✓ les accélérations croissent.

Réalisation des appareillages de détection et de mesure

Mesures géométriques

- ❑ Directes : palpeurs, pieds à coulisse, micromètre, compas et cales d'épaisseur...
- ❑ Indirectes : optiques, fluidiques (micromètre Solex), emploi du rayon laser (définition d'axe)

Mesures de contraintes

Déformations élastiques (ressorts), capsules manométriques (jauges Martin Decker), jauges de contrainte, vernis craquelants.

Phénomènes lumineux

- ❑ Modification de transmission de lumière (réflexion, réfraction)
- ❑ Observation directe ou assistée
 - Comptage de passages à la cellule photoélectrique
 - Stroboscopie
 - Caméra
 - Endoscopie
 - Microscopie (observation de débris, micrographies)
 - Examen en ultra violets (fluorescences)
 - Emploi du laser (mesures géométriques...)

Phénomènes fluidiques tels que capillarité

- ❑ Ressuage

Phénomènes magnétiques

- ❑ Modification des caractéristiques magnétiques d'un ensemble
 - Utilisation des courants de Foucault
 - Détection des fissures par magnétoscopie
- ❑ Modification du champ lui-même
 - Mesure d'un entrefer (jeux)
 - Mesure d'épaisseur d'un film de peinture, considéré comme entrefer.
- ❑ Utilisation d'un champ magnétique
 - Capture des débris d'acier dans les huiles (Filtres magnétiques)

Phénomènes électriques

- ❑ Résistivité : mesure d'épaisseur, localisation des fissures.

- ❑ Mesures d'isolement : contrôle d'isolant par balai électrostatique.
- ❑ Mesures de F.e.m. (couples galvaniques de métaux différents en milieu conducteur) et d'intensité.

Analyses physico-chimiques

- ❑ Analyse des débris provenant de la machine (contenus par exemple dans les huiles, les carters, etc.) par :
 - Spectrophotométrie
 - Fluorescence, Rayon X
 - Analyse chimique traditionnelle
- ❑ Analyse des gaz par phénomène physique ou chimique (absorption infrarouge pour CO₂, paramagnétique pour oxygène, cellule à chlorure de lithium pour hygrométrie, sonde à neutrons pour teneur en eau ou en atomes d'hydrogène, etc...)
- ❑ Mesures in situ des caractéristiques mécaniques (billage)

Mesures de températures

Thermométrie dans la masse, thermométrie de surface, thermométrie des fluides refroidissant (huile, air, eau)

- ❑ Thermomètre de contact
- ❑ Thermoùètre infrarouge
- ❑ Caméra infrarouge
- ❑ Bilames
- ❑ Crayons, peintures, pastilles thermochromes
- ❑ Thermistances
- ❑ Thermocouples

Rayonnement radioactif

- ❑ Détection de fissures par photographie aux rayons X ou gamma
- ❑ Utilisation des traceurs radioactifs (éléments marqués)

Vibrations émises par la machine

- ❑ Capteur en contact avec l'organe
 - Basses fréquences (0-300 Hz) : mesure de déplacement, mesure du jeu (capteur à courants de Foucault)
 - Moyennes fréquences (300 – 1000 Hz), mesure de vitesse : capteur sismique avec masselotte ; transmission par électrodynamique ou par variation de capacité.
 - Hautes fréquences (au-delà de 1000 Hz) mesure d'accélération par capteur piézométrique (quartz avec masselotte)
- ❑ Capteur dans l'atmosphère : mesure du signal acoustique ou bruit par microphone
 - Bruits généraux
 - Fuites (ultrasons dans la bande 40 – 80 Hz)

Variations transmises à la machine

- ❑ Réponse au choc du marteau (arbre fêlé)
- ❑ Ultrasons : palpeurs émetteurs et récepteurs, en contact direct ou avec média de transmission.
Utilisation en :
 - réflexion,
 - réfraction,
 - transmission.

Mise en œuvre des mesures

Mesures d'épaisseur (pertes d'épaisseur, ou au contraire dépôts adhérent à la matière)

- ❖ Mesure directe par instruments
- ❖ Mesure indirecte par ultrasons
- ❖ Mesure magnétique (cas d'un revêtement non magnétique d'un support ferromagnétique)
- ❖ Contrôle de l'épaisseur et de la continuité d'un revêtement isolant (émail, revêtement bitumeux, peinture) par contrôle d'isolement (balais électrostatiques)

Mesures de position (par exemple : usure butée, garnitures de frein, jeux, dilatations d'arbre, position angulaire...)

- ❖ Instruments : palpeurs, pieds à coulisse, micromètre, compas et cales d'épaisseur
- ❖ Palpeur mécanique ou à ajutage d'air
- ❖ Palpeur sans contact à courant de Foucault
- ❖ Moyens optiques, stroboscopie
- ❖ Holographie laser (position dans l'espace)

Détection de fissures et autres défauts dans la masse

- ❖ Ressuage sous lumière visible ou sous ultraviolets
- ❖ Magnétoscopie
- ❖ Emission d'ultrasons (contrôles US)
- ❖ Détection par courants de Foucault
- ❖ Caméra endoscopique
- ❖ Radioscopie et radiographie aux rayons X ou gamma
- ❖ Emission acoustique ultrasonore engendrée par la fissure, avec appareillage de localisation par mesures en plusieurs points (identique en son principe à la recherche de l'épicentre d'un tremblement de terre).
- ❖ Modification des réponses élastiques, telle que la fréquence de résonance, variation de la vitesse critique ou de la réponse aux vibrations d'un arbre fêlé.

Détection de contraintes

Déformations élastiques (ressorts), capsules manométriques (jauges Martin Decker), jauges de contrainte, vernis craquelants.

Analyse des déchets

- ❖ Déchets contenus dans les huiles
 - Piège à aimant (particules ferromagnétiques)

- Comptage des particules dans l'huile : examen des dépôts sur filtres, comptage au microscope, ou par un moyen optique (opacité d'un échantillon mesuré à la cellule photoélectrique)
 - Répartition granulométrique des particules (microscope, série de microtamis)
 - Examen de la forme des particules au microscope (grains, éclats, aiguilles...)
 - Analyse des métaux contenus dans les débris (Fe, Pb, Al, Cu, Na, Mg...). Evolution de cette analyse dans le temps permettant de déterminer l'origine des débris (écaille de roulement, grain de métal antifriction ou de bague de bronze, introduction d'eau, de mazout, de graisse, etc.)
 - Spectrophotométrie, fluorescence, rayons X, analyse chimique traditionnelle.
- ❖ Déchets contenus au niveau des collecteurs des moteurs électriques (étincelage des balais : graphite et cuivre)
 - ❖ Analyse des gaz d'échappement (combustion incomplète, remontée d'huile), ou des particules métalliques contenues dans le produit fini.

Température

- ❖ Contrôle de température des paliers
- ❖ Contrôle des température d'entrée et sortie des produits
- ❖ Contrôle des montées et descentes en température, à la mise en route ou à l'arrêt : cas des machines nécessitant des variations de température homogènes (turbines vapeur)
- ❖ Contrôle de l'efficacité d'un réchauffage ou d'un refroidissement (échangeurs, huiles, ventilations)
- ❖ Contrôle des échauffements anormaux des moteurs dans leur masse (thermistances)
- ❖ Contrôle du bon état d'un calorifuge à distance (par pyromètre optique ou thermographie)

Vibrations

Voir plus loin le paragraphe consacré aux mesures de vibrations.

Vibrations parasites pouvant perturber la mesure

- Machines voisines (enregistrer la signature résiduelle à l'arrêt de la machine).
- Vibrations d'origine électrique à la fréquence du courant, ou de ses harmoniques (Par exemple, oscillations axiales d'un moteur sur palier lisse) cessant à la coupure du courant.
- Vibrations transitoires exceptionnelles :
 - effet de démarrage,
 - passage à la vitesse de résonance à la montée en régime.

Mode d'application

- Cas des machines à vitesse constante : signature vibratoire simple des grandeurs mesurées (amplitude, moyenne quadratique, vitesse ou accélération) en fonction de la fréquence.
- Cas machines à vitesses variables. Il faut noter les surfaces des grandeurs mesurées en fonction de la fréquence et de la vitesse de sortie.

Bruits

- Examen à distance par microphone (système Mécason)
- Examen par capteur d'ultrasons, par exemple pour la détection des fuites d'air comprimé.

Phénomènes de corrosion

- Examen des fuites
- Mesure de l'agressivité du milieu et ses variations par conductivimètre (salinité globale)
 - PH mètre (acidité)
 - redox mètre (potentiel d'oxydation)
- Attaque d'échantillon témoin (interprétation restrictive car un témoin isolé échappe à certaines corrosions telles que celles de couple électrolytique)
- Mesure de dégagement d'hydrogène
- Contrôle des surfaces attaquées (micrographies)
- Contrôle de l'épaisseur attaquée : ultrasons, micro-trous d'attente à profondeur déterminée (fuite se manifestant dès que l'épaisseur de corrosion atteint un certain seuil).

Nous avons exposé la panoplie des moyens de contrôles non destructifs. De fait, toutes les possibilités existent.

Encore faut-il faire un choix. Les exposés ci-après des moyens les plus courants devraient vous aider dans ce sens.

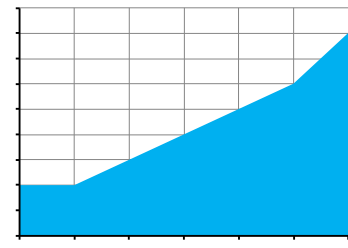
Moyens de contrôles non destructifs assez simples

■ Suivi des rendements

Dans certains cas le suivi des valeurs de paramètres de fonctionnement donne une très bonne indication de l'état de différents organes. Exemples :

- l'accroissement de vitesse de la vis d'une boudineuse pour une même production révèle une usure de la vis ;
- pour un système de refroidissement par circulation d'eau, la diminution de l'écart de T°C entre l'arrivée et la sortie d'eau indique un début de bouchage, alors que l'apport d'eau dans le système est significatif d'une fuite ;
- la baisse de température d'un réchauffeur indique la défaillance de x « épingles » de chauffage ;
- etc.

Lorsque l'exploitation est automatisée il est utile de recueillir systématiquement (1 ou 2 fois/mois) les valeurs de certains paramètres et de suivre leur évolution.



■ Outils métrologiques

mètre – réglet – pied à coulisse – micromètre – comparateur – jauges d'épaisseur – etc.

Ces outils sont essentiels pour un service de maintenance. Ils servent dans toutes les opérations de réparations, mais aussi en maintenance préventive : mesures de x pas d'une chaîne avec le mètre ou le réglet, voire le pied à coulisse pour les petites chaînes, contrôle du jeu d'un roulement au comparateur ou avec des jauges d'épaisseurs, etc...

On peut d'ailleurs imaginer des contrôles d'usure assez simples comme :

- rainure comme limite d'usure sur une glissière, semblable à l'exemple des pneus ;
- 2 références dont on peut mesurer l'écartement avec un palmer sur un arbre vertical ayant 2 roulements à rouleaux coniques ;
- Etc.

■ Tournevis et appareils de contrôles des roulements

Pour le contrôle des roulements 4 moyens sont possibles :

- ✓ le manche de tournevis ;
- ✓ l'appareil de mesure d'ondes de chocs (SPM) ;
- ✓ l'appareil de mesure d'ultrasons (SDT) ;
- ✓ l'appareil de mesure globale de vibrations.

Quel que soit le choix, un de ces outils est indispensable pour le contrôle des roulements en maintenance préventive.



■ Appareils US pour détections de fuites d'air

Pour la détection de fuites d'air comprimé ou la détection d'entrées d'air dans les installations sous vide, la meilleure solution est l'utilisation d'un appareil de détection d'ultrasons.

Trois possibilités sont offertes :

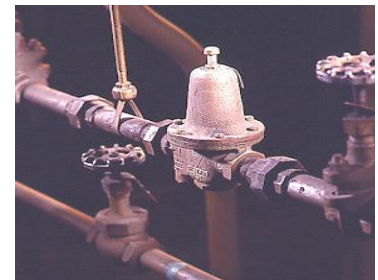
- appareil à contact direct, détection à partir de 20 Hz ;
- appareil avec détection à distance avec pointeur laser, détection à partir de 40 Hz ;
- appareil avec détection à distance avec parabole.



Les fuites d'air comprimé coûtent toujours cher, ne serait-ce qu'en consommation électrique. Aussi un appareil de détection par ultrasons paraît très utile dans un service de maintenance.

■ Appareils US pour contrôle des purgeurs

On peut utiliser l'appareil de détection par ultrasons pour contrôler le fonctionnement des purgeurs.



Objectif d'un purgeur : séparer le condensât de la vapeur

Purgeurs ouvert/fermé

- ➔ Purgeurs mécaniques (à flotteur ou à seau renversé)
- ➔ Purgeurs thermodynamiques à disque
- ➔ Purgeurs thermostatiques à bimétal

« Continuous Flow Steam Traps »

- ➔ Purgeurs thermostatiques à flotteur
- ➔ Orifices fixes

Deux modes de défaillance :

Bloqué en ouverture
Bloqué en fermeture

■ Produits traçants

Pour les autres fuites, deux solutions se présentent :

- utiliser des produits traçants avec une détection par une lampe UV ;
- utiliser des sprays (voir photo) avec détection par les bulles qui se forment en cas de fuites.



■ Tensiomètre acoustique

Pour les courroies la solution moderne consiste à utiliser un tension appelé tensiomètre (vendu par les fabricants de courroies)

Le mode opératoire est le suivant :

- ✓ Tapez légèrement sur la courroie, et relevez la valeur vibratoire à l'aide de l'appareil spécifique.
- ✓ Comparez avec la valeur de référence .
- ✓ Tendez la courroie et refaites la mesure.
- ✓ Répétez éventuellement l'opération jusqu'à l'obtention de la bonne valeur.



Une bonne formule est que le fabricant de courroies vous calcule les différentes références, mais les nouveaux appareils permettent de calculer directement la valeur. C'est un outil indispensable pour la maintenance préventive ; son prix est de l'ordre de 500 €.

■ Appareil pour contrôle de roulements à distance

Pour les roulements inaccessibles, la solution pour le suivi d'état existe sous forme de boîtiers permettant de suivre le bruit jusqu'à 8 paliers (voir notamment Mecason).

La solution est peu coûteuse.



Boîtier électronique permettant de suivre le bruit de 8 paliers

■ Mesureur de débit sans perçage de tuyauterie

L'**effet Doppler** est le décalage de fréquence d'une onde acoustique ou électromagnétique entre la mesure à l'émission et la mesure à la réception lorsque la distance entre l'émetteur et le récepteur varie au cours du temps.

Le vibromètre laser utilise le principe de l'effet Doppler et fonctionne sans contact. Il est donc particulièrement adapté pour mesurer des vibrations, là où des méthodes atteignent leurs limites ou ne peuvent tout simplement pas être utilisées. A titre d'exemple, les mesures de vibrations à la surface de matériaux liquides, sur structures extrêmement petites ou légères se font donc très facilement en utilisant un vibromètre laser.

Une autre solution consiste à faire appel aux **ultrasons**.

Le débitmètre par ultrason s'utilise pour des mesures de contrôle ou pour détecter de façon rapide le débit d'un tuyau; pourtant ce débitmètre par ultrason est un système de mesure transportable et à installation facile. Le débitmètre par ultrason travaille selon la méthode de différence dans le temps d'exécution. Le principe de mesure du débitmètre par ultrason est très simple. Dans une mesure diagonale dans un tube on a besoin de moins de temps pour une mesure en direction du courant que pour une mesure en direction contraire. Plus le débit augmente, plus on a besoin de temps pour mesurer si la mesure est contre le courant, et moins on a besoin de **temps** si la mesure est dans le sens du courant. La différence entre les temps de flux en direction du courant, ou en sens inverse, dépend directement de la vitesse du flux. Le débitmètre par ultrason utilise cet effet pour déterminer la vitesse du flux et du débit. Les capteurs non destructifs se posent sur le tube et sont fixés par exemple avec une bride. En peu de temps l'écran vous indique la vitesse du flux. Le débitmètre par ultrason peut s'utiliser dans des tubes métalliques, en plastique ou dans des tuyauteries en caoutchouc. Ces appareils se louent facilement chez les sociétés spécialisées en location d'instruments de mesure.

- **Thermomètre de contact**

Dans la majorité des cas, l'appréciation d'une température se fait à la main. Pour un roulement ou un moteur, on estime souvent que la température d'alarme est de l'ordre de 55 à 60°C au-dessus de la température ambiante.

Cependant, il est utile d'avoir au moins un thermomètre de contact pour analyses plus poussées.

- **Thermomètre infrarouge**

Lorsque les organes ne sont pas accessibles, le thermomètre infrarouge trouve son application. Il est recommandé d'avoir un thermomètre dont la déperdition par mètre ne soit guère plus supérieure à 1°C.



- **Shoremètre**

Il existe des appareils permettant de mesurer directement la dureté d'un organe, par exemple le shoremètre permet de contrôler la dureté de bandes transporteuses.



- **Stroboscope**

Le stroboscope peut être utile pour mesurer des vitesses. On le loue facilement.

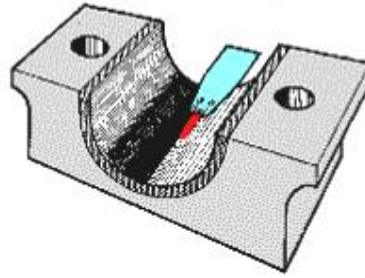
- **Fil pour contrôle des coussinets**

Le contrôle du jeu d'un coussinet se pratique par la technique du « **Plastigage** »

On détermine la valeur du jeu diamétral en mesurant la largeur d'un fil de dimensions connues après écrasement.

Il est recommandé de poser le fil plastique dans l'eau chaude pour le ramollir ; ensuite le fil est placé à sec sur le palier du vilebrequin puis écrasé lors de la mise en place et serrage au couple recommandé du chapeau de palier

Une fois le chapeau déposé, on mesure la largeur du fil écrasé grâce à l'échelle imprimée sur l'étui, qui convertit directement cette valeur en jeu.



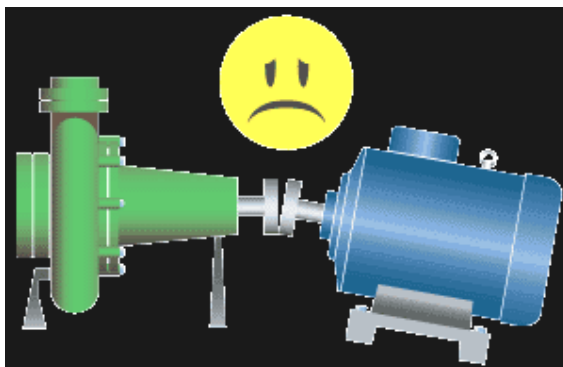
■ Appareil de lignage laser

Le bon alignement d'équipements comme les moteurs, pompes et réducteurs, est essentiel pour une bonne durée de vie des roulements.

Le contrôle des accouplements avec réglets et jauges n'est pas suffisant pour les ensembles critiques.

Le choix est à faire entre deux solutions valables :

- appliquer la méthode des deux comparateurs,
- ou utiliser un équipement de lignage laser.



Cette liste de moyens de CND simples n'est pas exhaustive. De très nombreuses possibilités existent sur le marché

Maintenance préventive

Certains moyens de CND font appel à une plus grande technicité, notamment ceux que nous présentons maintenant :

- ➔ Endoscopie
- ➔ Mesures de vibrations
- ➔ Analyses d'huile
- ➔ Thermographie
- ➔ Courant de Foucault
- ➔ Ressuage
- ➔ Magnétoscopie
- ➔ Contrôles par ultrasons
- ➔ Contrôles des vannes

Endoscopie

L'**endoscopie** est une méthode d'exploration et d'imagerie industrielle qui permet de visualiser l'intérieur (*endon* en grec) de conduits ou de cavités inaccessible à l'oeil. L'endoscope est composé d'un tube optique muni d'un système d'éclairage. Couplé à une caméra vidéo on peut ainsi retransmettre l'image sur un écran.



On retrouve dans l'industrie trois technologies:

Boroscopie : sonde optique rigide pour observation par exemple de cylindres de moteurs diesel, Ces instruments rigides utilisent un système de lentilles optiques pour transmettre une image de la zone d'inspection à l'œil et un faisceau de fibres non cohérent pour éclairer l'objet.

Flexoscopie ou fibroscopie : sonde optique souple pour observation. Les fibroscopes sont des instruments flexibles qui utilisent un faisceau de fibres cohérent pour transmettre une image à l'œil de l'inspecteur.

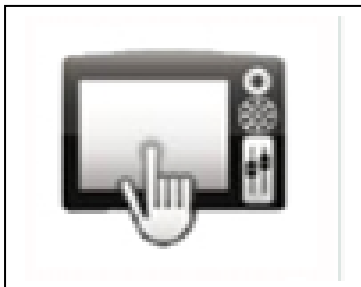


Moyen de
commande à une
seule main



Vidéoscopie : sonde avec capteur vidéo de type CCD intégré pour des applications aéronautiques,

Vidéoscopie laser : sonde de vidéoscopie avec illuminateur laser intégré pour mesures de défauts ou de jeu interne entre pièces mécaniques.



Pupitre de commande
mobile avec écran
tactile.



Exemples



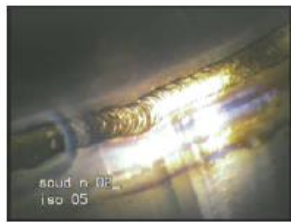
Flexoscopie : clapet de cuve



Vidéoscopie : contrôle de soudure inox



Vidéoscopie : contrôle d'une turbine à vapeur



Vidéoscopie : contrôle de soudure inox

Complément

Certains fabricants ont mis au point des moyens d'extraction de corps étrangers mariés aux endoscopes.



Prix des appareils

- Endoscope rigide : 1,5 à 5 k€
- Endoscope souple : 1 à 30 k€
- Vidéoscope : 5 à 40 k€

A ce coût il faut ajouter celui d'un générateur de lumière.

Maintenance

Dans le cas de moteurs et réducteurs tournant à basses vitesses, les analyses de vibrations ne donnent pas leur pleine efficacité.

Par contre, l'endoscopie se justifie pleinement pour le contrôle des réducteurs les plus critiques (à coupler avec des analyses d'huile), avec des contrôles semestriels ou annuels.

Sauf exceptions, dans les autres cas l'endoscopie ne se justifie pas en maintenance préventive. Par contre, on doit y faire appel pour des problèmes particuliers. Il faut alors contacter des prestataires extérieurs, ou éventuellement louer un endoscope.

Mesures de vibrations

Généralités

La détection de vibrations excessives ou anormales est l'une des manières les plus courantes pour prévoir et anticiper la panne d'un équipement. Certains mécaniciens expérimentés disent qu'en écoutant seulement le ronronnement ou en sentant les pulsations des équipements, dont ils ont la charge, ils peuvent détecter des problèmes mécaniques imminents. Une approche plus sophistiquée consiste à comparer et analyser les valeurs de fréquence, d'amplitude et de phase de la vibration, afin de d'anticiper les problèmes qui pourraient survenir sur l'équipement concerné.

L'analyse vibratoire est l'un des outils majeurs de la maintenance prédictive. Elle est utilisée pour surveiller et analyser le fonctionnement des équipements tournants critiques, d'une unité de production. Elle est essentielle dans un programme de maintenance, car les vibrations affectent directement les performances des équipements en générant les effets suivants :

- ✓ Réduction de la durée de vie des garnitures mécaniques
- ✓ Fuite excessive dans la zone des garnitures
- ✓ Détérioration des composants des équipements (bagues d'usure, douilles, roues de pompes, ...)
- ✓ Impact sur les dimensions et les tolérances critiques, telles que jeu des bagues d'usure et montage des roues.
- ✓ Réduction de la durée de vie des paliers, qui sont conçus pour supporter une charge aussi bien radiale qu'axiale mais qui n'ont pas été conçus pour supporter durablement des vibrations excessives.
- ✓ Etc

But

L'étude vibratoire permet de surveiller l'état des équipements et de diagnostiquer les défauts par la mesure et l'analyse de vibrations qu'ils génèrent. Elle est généralement conduite grâce à des accéléromètres portatifs permettant de réaliser des mesures ponctuelles ou des instruments permanents, implantés sur des points de mesure clés de ces équipements.

Les résultats de l'analyse vibratoire permettent d'éliminer les causes des vibrations anormales. Les relevés doivent être effectués périodiquement afin de contrôler l'évolution vibratoire des différents équipements.

Domaine d'application

La surveillance des vibrations doit être axée sur les équipements tournants critiques de production, tels que les alternateurs, les turbines, les pompes principales, les réducteurs afin de déterminer d'éventuels désalignements d'arbre, une usure anormale des paliers, etc.

Parfois cette méthode peut révéler d'autres défauts mécaniques ou électriques inhabituels. Elle peut également être étendue sur d'autres équipements, comme les moteurs, les compresseurs, les ramoneurs, et certaines pompes auxiliaires.

Etude vibratoire

PRINCIPE

Elles consistent à collecter des signaux vibratoires qui sont mesurés sur les parties externes de la machine (sans arrêt de celle-ci), et qui donnent des informations sur les processus de dégradations internes :

- déséquilibre d'une pièce tournante,
- désalignement de paliers,
- mauvais état de paliers,
- transmission défectueuse (engrenages ou roulements endommagés par exemple),
- surcharge.

La mesure vibratoire consiste à mesurer le déplacement, la vitesse ou l'accélération de la vibration, à l'aide d'accéléromètres, l'indicateur de base étant la vitesse exprimée en mm/s.

On peut analyser le signal de deux façons :

- analyse du niveau sonore ou vibratoire,
- analyse en fréquence du signal de vibrations.

Analyse du niveau sonore ou vibratoire

La norme ISO 2372 définit les seuils de vitesses efficaces, traduites en « décibel de vitesses VdB » suivant une loi logarithmique.

4 cas types ou groupes de machines (K-M-G-T) sont définis ; pour chaque groupe des seuils sont précisés : Bon – Permis – Juste tolérable – Non toléré.

Analyse en fréquence du signal de vibrations

Par filtration le signal de vibrations est découpé en « bandes de fréquence » ; la valeur est mesurée dans chaque bande passante.

Le spectre se présente sous forme d'un graphique montrant l'amplitude de la vibration à chaque fréquence.

Toutes les composantes du signal vibratoire sont représentées sous forme de pics et l'on peut suivre individuellement une variation d'amplitude sans qu'il y ait d'effet de masque risquant d'estomper la mise en évidence d'un défaut en développement.

Si l'on fait une analyse spectrale sur un ensemble comportant engrènements, courroies, roulements, etc, on remarque que chaque élément est concerné par un pic, et qu'il est donc possible de détecter l'origine d'un défaut et d'en suivre l'évolution.

Pour les systèmes classiques moteur-réducteur-élément entraîné (par ex. moteur-réducteur-pompe) on réalise des mesures horizontales, verticales et axiales.

Exemple des modalités de reconnaissance des principales anomalies.

Cause	Vibration		Remarques
	Fréquence	Direction	
Balourd	1 x FR	Radiale	Intensité proportionnelle à la vitesse de rotation. Déphasage de 90° sur 2 mesures orthogonales.
Défaut d'alignement	2 x FR	Axiale et radiale	Vibration axiale en générale plus importante si le défaut d'alignement comporte un écart angulaire.
Engrenages endommagés	FE = N dents x FR arbre	Radiale + axiale	Bandes latérales autour de la fréquence d'engrènement.
Détérioration de roulement	Hautes fréquences	Radiale et axiale	Ondes de choc dues aux écaillages.
Courroie en mauvais état	1, 2, 3, 4 x FP	Radiale	
Faux-rond pignon	FE pignon	Radiale + axiale	Bandes latérales autour de la fréquence d'engrènement dues aux faux-ronds.
Défaut de fixation	1, 2, 3, 4 x FR	Radiale	Aucun déphasage sur 2 mesures orthogonales.
Tourbillon d'huile	De 0,42 à 0,48 x FR	Radiale	Uniquement sur paliers lisses hydrodynamiques à grande vitesse.
Etc.	Etc.	Etc.	Etc.

FR : fréquence de rotation

FE : fréquence d'engrènement

FP : fréquence de passage de la courroie.

La chaîne de mesure a pour rôle :

- transformer la vibration mécanique en signal électrique ; c'est le rôle du capteur muni ou non d'un préamplificateur du signal ;
- transmettre le signal et le mettre en mémoire ; c'est le rôle de l'enregistreur,
- analyse le signal ; c'est le rôle de l'analyseur.

Capteur

Selon la gamme de fréquences étudiées, le capteur doit pouvoir mesurer soit le déplacement, soit la vitesse ou l'accélération.

Il existe des capteurs spécifiques à chacun de ces paramètres, mais l'accéléromètre est le type de sonde le plus utilisé en raison de sa large gamme de fréquences d'utilisation (il peut mesurer un déplacement ou une vitesse).

Enregistreur

C'est un appareil d'enregistrement analogique, ou de numérisation de signal.

Le premier type permet de prendre la mesure de plusieurs points simultanément et d'étudier le déphasage révélateur de nombreux défauts.

Le deuxième type, d'un encombrement plus faible, permet la programmation de la tournée d'inspection.

Analyseur

Analyseur de mesure globale : il se borne à donner une valeur crête ou une valeur efficace de l'amplitude du signal mesuré.

Analyseur à filtre accordable : il donne des mesures filtrées sur une gamme de fréquence choisie. De ce fait, on peut avoir une idée approximative de la forme des spectres.

Analyseur du spectre en temps réel (FFT) : il convertit les données temporelles en données fréquentielles et permet de voir tous les changements intervenus dans le domaine des fréquences. C'est un analyseur digital.

Les appareils récents sont réellement portables : le signal est numérisé dès la prise d'informations et un écran de faibles dimensions permet de voir l'allure générale du spectre.

Les analyseurs de spectres et les logiciels qui leur sont associés permettent d'effectuer un certain nombre d'opérations.

Les analyseurs courants : DUNEGAN, EDVECO, IRD, METRAVIB, SCHENCK...

Les analyseurs « haute résolution » : BRUEL et KJAER, SCIENTIFIC ATLANTA...

APPLICATIONS

Les mesures de vibrations s'appliquent spécifiquement aux machines tournantes :

- récepteurs, tels que pompes, alternateurs, compresseurs centrifuges,...
- moteurs : électriques, thermiques, ou turbo-machines,...
- transmissions : paliers, réducteurs, boîtes de vitesse...

Principes

Tous les équipements mécaniques ayant des parties tournantes génèrent des vibrations (Cf. tableau ci-dessous qui concerne le cas d'une pompe) une signature vibratoire reflète les conditions de fonctionnement de l'équipement.

En effet, les parties tournantes créent des efforts mécaniques en service normal qui changent en fonction de l'état mécanique de la machine : une modification à cause de l'usure, des changements dans l'environnement de fonctionnement, des variations de charge etc.. La signature vibratoire qui découle du mouvement est le résultat d'un déséquilibre des efforts mécaniques..

Vibrations des pompes (exemple)

Causes mécaniques des vibrations	Causes hydrauliques des vibrations	Autres causes de vibrations
<ul style="list-style-type: none"> - Composants tournants déséquilibrés (en raison de roues endommagées, chemises d'arbre non concentriques, .). - Arbre tordu ou voilé. - <u>Mauvais alignement pompe et entraînement</u> - Contraintes dues aux tuyauteries (en raison d'un mauvais calcul, résultat d'une poussée thermique...) - La masse du socle de la pompe est trop faible - Accroissement thermique de différents composants, en particulier des arbres. - Pièces de friction. - Paliers usés - Boulons de fixation desserrés. - Pièces endommagées. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fonctionnement en dehors du point de rendement adéquat de la machine. - Vaporisation - Recirculation interne - Air entrant dans le système en vortex, etc.. - Turbulence dans le système (débit non laminaire). - Coups de bélier. 	<ul style="list-style-type: none"> - Vibrations harmoniques des équipements voisins. - Fonctionnement de la pompe à une vitesse critique. - Etanchéité. - Une ligne de recirculation de refoulement de la pompe orientée vers les faces d'étanchéité

Une augmentation des vibrations signifie presque toujours que les équipements ont commencé à se détériorer. Le but de la maintenance prédictive est d'essayer de collecter suffisamment de données pour « estimer » la durée de vie résiduelle avant la destruction totale et de corriger le défaut pour éviter une avarie grave de l'équipement et un arrêt catastrophique de la production.

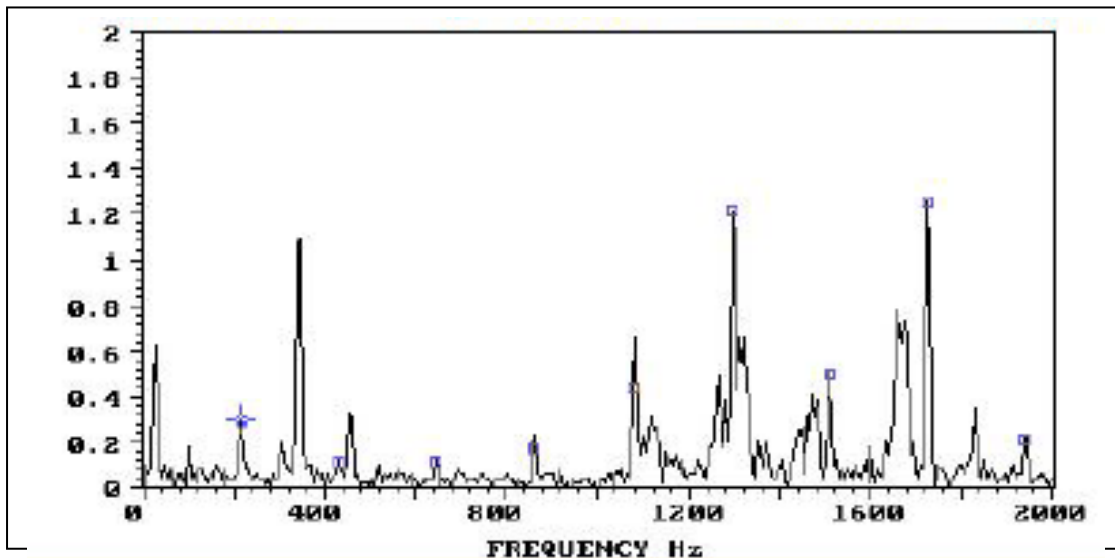
L'analyse vibratoire peut s'appliquer à tous les équipements mécaniques ayant des parties en mouvement..

Méthode

Les mesures vibratoires sont effectuées à l'aide d'un capteur en différents points des machines (généralement l'enveloppe et les couvercles de paliers des équipements dans les directions à la fois radiale et axiale).

Les données sont ensuite enregistrées sur un appareil de collecte de données portable (simple canal ou multi-canaux) raccordé au capteur. Le capteur est la plupart du temps un accéléromètre (cela peut aussi être un détecteur de déplacement ou un capteur de vitesse).

Il comprend des films piézo-électriques (sensibles à la pression) qui convertissent l'énergie mécanique en signaux électriques. Ensuite l'analyseur de vibrations permet de décomposer mathématiquement (transformé de Fourier rapide) le signal périodique électrique brut, en valeurs d'accélération, de vitesse ou de déplacement élémentaires sur une bande de fréquence considérée.



exemple de Spectre vibratoire

Les méthodes utilisées dans l'étude de vibrations sont :

- Analyse de tendance, à la fois bande large et bande étroite;
- Etude comparative,
- Etude de la signature vibratoire.

La plupart des programmes d'analyse vibratoire qui utilisent un analyseur à microprocesseur sont limités à des mesures où le système testé, fonctionne dans des conditions constantes ou stables. La mesure de vibrations dynamiques est aussi possible pendant les transitoires des équipements (démarrage, arrêt, déclenchement ...).

Méthode de surveillance

1. Suivi périodique

C'est la méthode la plus couramment utilisée. La périodicité des relevés est très variable ; très souvent elle est de six mois.

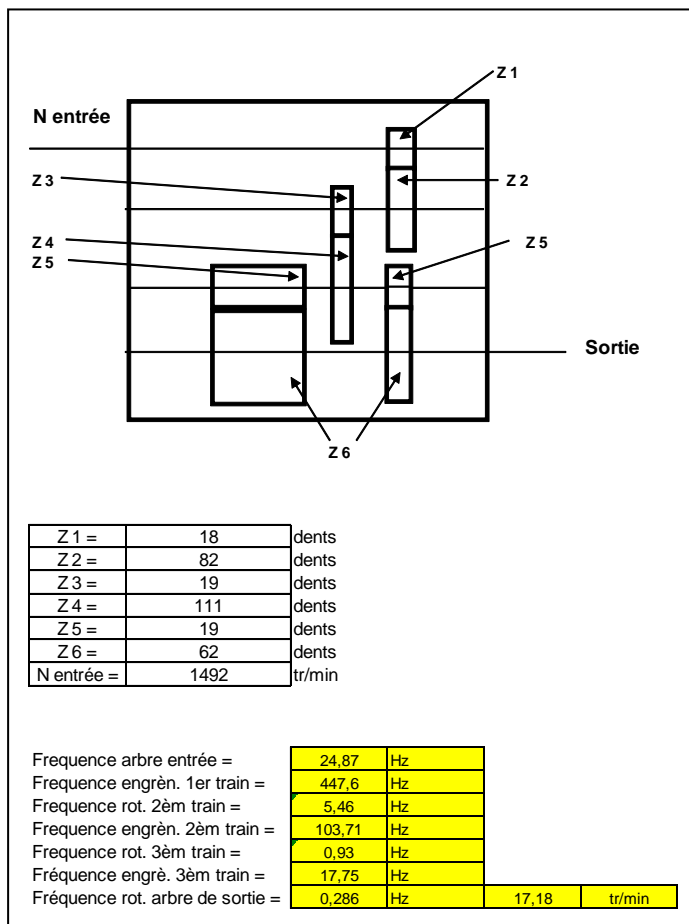
Les équipements que l'on suit le plus fréquemment sont :

- Les systèmes de pompage : moteur + accouplement + pompe, avec 9 points de mesure ; dans ce cas on suit l'état des roulements moteur et pompe + le désalignement.
- Les systèmes d'entraînement : moteur + accouplement + réducteur, avec 5 points de mesure + 4 points par ligne d'engrenage (donc au total 9, 13 ou 17.. points); dans ce cas on suit l'état des roulements moteur, roulements et pignons du réducteur + le désalignement.
- Les systèmes de ventilation : moteur + accouplement + ventilateur + paliers éventuellement ; dans ce cas, on suit l'état des roulements moteur, l'état et le balourd du ventilateur, les roulements des paliers + le désalignement.

- Les compresseurs à vis, rotatifs et centrifuges.

Le suivi des réducteurs par analyse de vibrations présente l'intérêt qu'il permet de suivre à la fois l'évolution de la dégradation des roulements mais aussi des pignons et roues dentées.

Mais il impose des contraintes, notamment de calculer préalablement des fréquences des pignons et roues dentées par la multiplication des vitesses par les nombres de dents, comme le montre l'exemple suivant.



Concernant les roulements, le logiciel calcule directement les fréquences en fonction du type et de la marque du roulement.

Roulement		Bague int.	Bague ext.	Billes	Speed cage
31319AK11	970 tr/min	149,76	108,9	87,43	6,81
22320C3	970 tr/min	142,83	99,67	85,72	6,64
30228A	314,4 tr/min	62,57	47,97	35,97	2,26
32228A	314,4 tr/min	53,63	40,69	35,98	2,26
23136	159,6 tr/min	32,76	25,76	21,48	1,17
23036C3	159,6 tr/min	36,72	29,78	24,88	1,19

Exemple

On remarque que par l'analyse de vibrations on peut détecter la géographie de la détérioration sur un roulement : bague intérieure, bague extérieure, billes ou rouleaux, cage, mais aussi les manques de lubrifiant.

Remarque importante : pour un même type de roulement le nombre de billes ou de rouleaux est différents selon les fabricants, ce qui fait varier la fréquence. Il est donc nécessaire de toujours tenir compte des changements éventuels réalisés lors de réparations.

2. Suivi continu

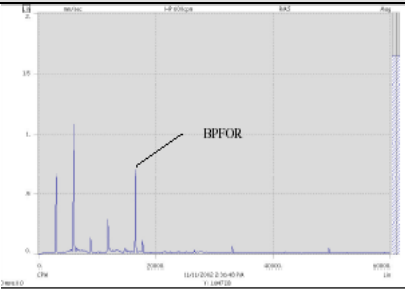
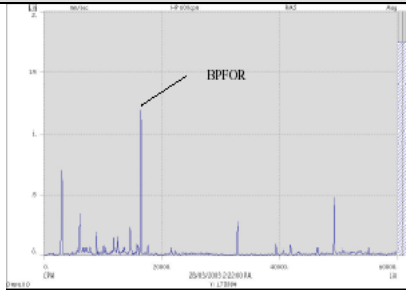
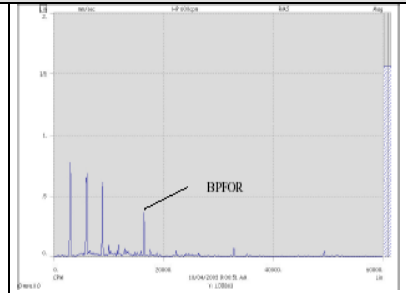
Le suivi continu (« on line ») présente l'avantage de détecter des défauts à évolution rapide et d'assurer la sécurité des installations par déclenchement de la machine à l'approche d'un seuil réputé dangereux.

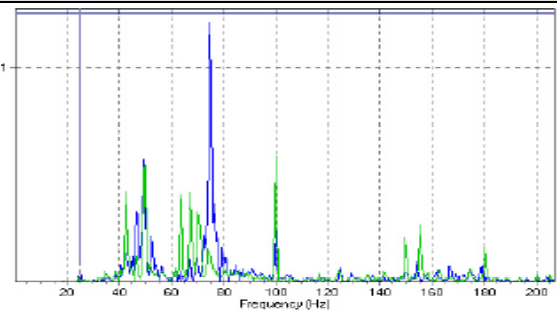
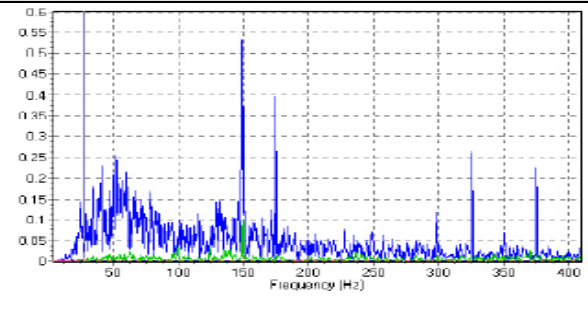
Très souvent ces systèmes permettent de suivre la valeur globale de la vibration, très peu permettent de faire des analyses spectrales. Par exemple, le suivi en continu d'un ventilateur n'exclut pas le suivi périodique pour analyse spectrale.

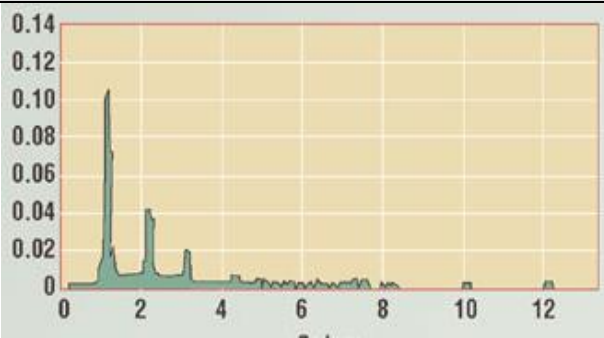
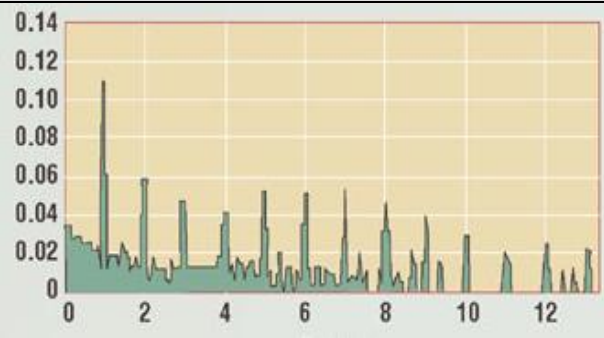
Impositions préliminaires

Pour les mesures à l'état stable, la machine doit être exempte de toute variation de ses paramètres, telles que la charge, le débit, etc. Cette approche suppose ultérieurement que toutes les fréquences de vibrations soient répétables et maintiennent une relation constante avec la vitesse de rotation de l'arbre de la machine

Exemples

PALIER POMPE ENDOMMAGE		
		
Spectre vibration référence lors de l'installation et de la mise en service de la pompe	Spectre de vibrations avant remplacement palier	Spectre de vibrations après remplacement palier

COMPARAISON	
	
Les spectres de 2 machines identiques sont enregistrés, le pic près de 75 Hz révèle un problème de desserrage mécanique	Les spectres de 2 pompes identiques fonctionnant dans les mêmes conditions de service sont enregistrés : Le 1er est une pompe installée depuis l'origine de l'installation alors que le second est celui d'une pompe neuve. La différence entre les spectres montre plus de vibration sur l'ancienne pompe

DESSERRAGE	
	
Machine saine (un pic et 2 harmoniques)	Machine avec problème de desserrage (plusieurs harmoniques sont apparents)

Maintenance

En maintenance, la mesure et analyse de vibrations présente un très grand intérêt.

L'achat d'un collecteur avec le logiciel de traitement représente un coût supérieur à 7 k€ et s'y ajoute la formation d'un technicien, ainsi que le temps nécessaire à l'élaboration des fiches techniques pour les réducteurs.

Mais l'intérêt présenté dépasse celui de la réalisation de mesures et analyses spectrales périodiques sur systèmes de pompage, réducteurs, ventilateurs, etc. En effet pour tout le contrôle de roulements, on peut utiliser un collecteur de données et ne faire l'analyse spectrale que lorsque le niveau global devient important. De fait, on peut voir d'où vient la dégradation et réagir en conséquence :

- intervenir rapidement s'il y a un problème de cage car la rupture de celle-ci peut entraîner une panne brutale avec la détérioration de tout le roulement ;
- ajouter du lubrifiant si l'analyse indique un manque ;
- prévoir un remplacement du roulement lors d'un arrêt programmé s'il s'agit d'écaillages sur bagues.

Ce genre d'analyse ne peut être fait avec des petits appareils de mesure.

L'autre alternative est bien sûr de faire réaliser périodiquement les analyses sur les équipements critiques par un prestataire extérieur.

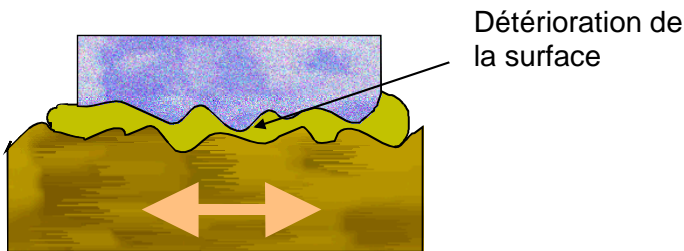
Par ailleurs les mesures et analyses de vibrations peuvent être pratiquées par des spécialistes pour détecter des problèmes sur des équipements fixes.

Pour détecter des fissures, on peut faire un modèle mathématique suivant la forme, faire un choc sur le matériel concerné et comparer les vibrations obtenues avec le modèle mathématique.

Analyses d'huile

Généralités

Le déplacement d'une surface solide sur une autre est très important pour le fonctionnement de divers types de mécanismes. La tribologie est définie comme la *science et la technologie de surfaces interactives en mouvement relatif* et inclut l'étude du frottement, de l'usure et de la lubrification.



La nature et la conséquence des interactions qui se produisent à l'interface contrôlent son comportement par friction, usure et lubrification. Au cours de ces interactions, des efforts sont transmis, de l'énergie mécanique est transformée et la nature physique et chimique, y compris la topographie de la surface des matériaux en interaction sont modifiées. La compréhension de la nature de ces interactions et la résolution de problèmes technologiques associés aux phénomènes d'interface constituent la clé de la tribologie.

But

L'analyse de l'huile fait partie de la tribologie et c'est le procédé pour déterminer l'état de l'huile de lubrification utilisée dans les équipements mécaniques ou électriques.

Après étude de l'analyse de l'huile, un programme de maintenance doit être appliqué afin d'éliminer les causes du problème. Des analyses doivent être effectuées périodiquement afin de contrôler l'évolution des équipements.

En conséquence, une analyse d'huile incluse dans un programme de maintenance prédictive permettra de :

- Diminuer le coût de la maintenance et du remplacement,
- Augmenter la fiabilité d'un équipement en service (réduction des temps d'arrêt de la machine),
- Minimiser la perte d'énergie (réduction de la consommation d'énergie par réduction de la friction),
- Augmenter l'espérance de vie de l'équipement,
- Améliorer la lubrification et diminuer le coût des lubrifiants (réduction des changements d'huile, extension de la durée de vie des lubrifiants, diminution de la consommation d'huile).
- Réduire les déchets et protéger l'environnement,
- Etc.

Limites d'application

L'analyse d'huile doit être centrée sur les équipements de production critiques, qui sont principalement des machines tournantes, telles que turbines à gaz ou à vapeur, les pompes

principales, les compresseurs, les ventilateurs, les réducteurs, les transformateurs, les moteurs diesel, etc

En effet, les équipements doivent être inclus dans l'étude d'analyse d'huile selon plusieurs critères

- Problème d'environnement,
- Disponibilité,
- Fiabilité,
- Sécurité,
- Economiques & financiers,

Etude de l'huile de lubrification

Principes

Des échantillons de lubrifiant des équipements sont prélevés à des intervalles programmés afin de déterminer l'état de la lubrification. L'évolution de la détérioration peut être un bon indicateur des conditions de fonctionnement de l'équipement.

Un échantillon d'huile neuve est prélevé pour référence pour ses caractéristiques; au cours de chaque analyse une comparaison est effectuée avec l'échantillon témoin. Quand les caractéristiques sont estimées trop éloignées de celles d'origine ou que l'évolution est trop rapide, des actions sont alors entreprises sur l'équipement concerné :

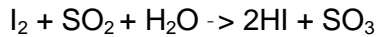
- ✓ Remplacement de l'huile,
- ✓ Remplacement des pièces d'équipements,
- ✓ Etc.

Méthode d'analyse

L'analyse de l'huile consiste en l'évaluation de l'huile elle-même et de toute contamination possible. Les résultats des essais suivants concernent différents types d'usure et de contamination. Chaque essai étudie un aspect différent de l'huile. C'est la raison des différents essais.

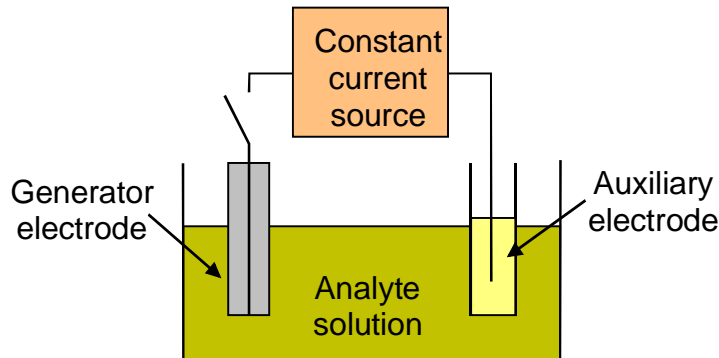
Les principaux essais sont :

- **Essais de viscosité** : il mesure la résistance d'un lubrifiant à couler à une température spécifique. L'huile est réchauffée dans un viscosimètre à une température constante déterminée. Les résultats sont ensuite comparés à la spécification de l'huile. Cet essai est valable pour déterminer l'état de l'huile et constitue un indicateur de contamination par l'eau et d'oxydation. Si la viscosité du lubrifiant diverge de +/- 10% de la valeur nominale, un changement d'huile est conseillé.
- **Essais de teneur en eau** : de l'eau peut être trouvée dans les circuits d'huile (problème de fuite, stockage incorrect, etc.) et peut être la cause de problèmes graves (corrosion, vieillissement de l'huile, modification des caractéristiques de l'huile, etc.); plusieurs essais sont possibles pour déterminer le taux de contamination :
 - La Coulométrie consiste à mesurer le courant d'électrolyse en Coulomb pour déterminer la quantité d'eau présente dans l'échantillon. L'essai le plus courant est l'essai de Karl Fischer.
 - Essai de Karl Fischer: un échantillon d'huile est ajouté à un réactif sans pyridine de Karl Fischer (les principaux composants sont les ions iode et le dioxyde de soufre). L'iode produite électrolytiquement à l'anode réagit avec l'eau contenue dans l'échantillon :



L'iode est produite en proportion directe avec la quantité d'électricité, selon la Loi de Faraday. Une mole d'iode réagit quantitativement avec une mole d'eau, donc 1 mg d'eau équivaut à 10.71 coulombs: $2I^- \rightarrow 2e^- + I_2$

Sur ce principe, la teneur en eau peut être déterminée directement à partir de la quantité d'électricité requise pour l'électrolyse. Les résultats sont rapportés soit en % d'eau ou en ppm (1 % = 10 000 ppm). C'est un essai très précis.



- L'Hydrotest consiste à mesurer le volume d'hydrogène produit à partir de la réaction de l'eau présente dans l'échantillon d'huile sur un excès d'hydruure de calcium (l'hydruure de calcium réagit fortement exothermiquement avec l'eau pour former de l'hydroxyde de calcium et de l'hydrogène gazeux).
- Crackle : le lubrifiant est testé sur une plaque chaude chauffée à une température spécifiée pour déterminer si de l'eau est présente ou non (détection si la concentration en eau est > 800 ppm). Cet essai est utilisé pour contrôler rapidement la contamination de l'eau et pour déterminer si d'autres essais sont nécessaires pour obtenir la concentration plus précisément.
- Essai infra-rouge: se référer au chapitre ci-après.
- **Essais de mesure du point d'éclair** : chaque huile a un point d'éclair connu donné dans sa spécification. Dans certaines situations, la contamination telle que solvant; combustibles ou autres produits inflammables, est présente dans le système. Ce test est un indicateur de ce type de contamination (par exemple contamination de combustible) et des risques d'incendie. L'essai consiste à augmenter progressivement la température de l'échantillon de lubrifiant à une vitesse bien définie. A intervalles réguliers, une petite flamme d'essai est passée à travers l'éprouvette contenant l'échantillon. Le point éclair est la température au moment où se produit un éclair provoqué par l'inflammation des vapeurs à la surface du liquide.
- **Essais de comptage des particules** : des particules peuvent être présentes dans le système de lubrification (nettoyage incorrect du circuit, pollution externe, mauvaise filtration, usure, etc.). Le comptage de particules mesure toutes les particules (saleté, carbone, métaux, fibre, etc.) présentes dans l'huile, supérieures à 5 microns. Cet essai fournit une bonne estimation du rendement du système de filtration.
- La méthode Laser (ou autre source lumineuse) mesure la quantité, la taille et la répartition des particules. L'huile circule à une vitesse déterminée dans un tube situé à 90 °C de la source lumineuse et un capteur enregistre la variation d'intensité de la luminosité quand une particule est détectée. Les données sont ensuite transmises à un compteur qui classe les particules en fonction de leur taille (par ex.. 5 à 15 µm, 15 à 25 µm, 25 à 50 µm, 50 à 100 µm et au-dessus 100 µm).
- Avec la Méthode optique manuelle: l'échantillon d'huile est filtré et les particules sont ensuite comptées et identifiées par un microscope à fort grossissement.

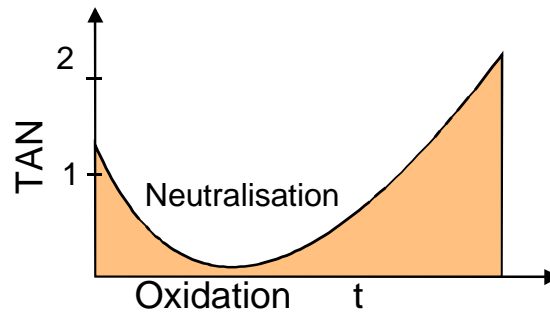
- . Avec la méthode d'Obturation des pores l'huile traverse un tamis dont la taille de maille est connue et le temps nécessaire pour obturer le tamis est déterminé. L'instrument calcule ensuite par extrapolation la répartition dans les autres gammes de taille prédéterminées.

- **Essais de moussage** : de la mousse peut se former à la surface de l'huile lorsqu'il y a introduction d'air par agitation mécanique ou soufflage. Le moussage favorise l'oxydation par l'augmentation de la surface air-huile. Dans certains systèmes il se produit une carbonisation importante de l'huile et la cavitation de la pompe est un problème. Dans ces cas, l'huile pourrait mousser et causer ces phénomènes (un très fort moussage peut désamorcer une pompe de lubrification).. Cet essai mesure la capacité de l'huile à résister au moussage et détermine la tendance au moussage de l'huile à une température spécifiée. Dans cet essai, un volume déterminé d'air est injecté dans l'huile dans un environnement contrôlé à une température spécifiée et le volume résultant de mousse est mesuré.

- **Essais infra-rouge** : durant la vie du lubrifiant en opération, les produits de l'oxydation s'accumulent dégradant l'huile qui devient légèrement acide. Si l'oxydation devient importante, le lubrifiant corrodera les surfaces critiques des équipements. De même la nitrification résultant de la combustion du combustible dans les moteurs intensifie le phénomène d'oxydation. Les essais infra-rouge sont fondés sur une technique spectrométrique pour détecter les polluants organiques, les produits de dégradation de l'huile et de l'eau dans un échantillon d'huile usée. Il est possible de détecter de nombreux problèmes par cette méthode.
Méthode de la Pollution croisée des fluides: un comptage élevé de particules ou une courte durée de vie du filtre est parfois une indication de la contamination externe qui peut être provoquée par une contamination croisée des fluides.
La méthode de l'Oxydation implique la corrosion du métal, l'épaississement de l'huile, etc.
.Avec la Nitrification: l'essai infra-rouge donne une bonne idée du rendement de combustion du combustible du moteur. En outre, cet essai peut aussi fournir des informations (mais pas une quantification) de la teneur en eau, des niveaux de soufre, glycol, dépôts de suie et dilution du combustible.

- **Mesure d'Indice de Base Totale (TBN)** : il est déterminé par titrage. La comparaison entre le volume TBN et l'huile neuve, celui de l'huile usée permet de déterminer si l'huile usée est encore capable de neutraliser les résidus acides. Ces acides sont produits par combustion (soufre dans le combustible) et l'oxydation de l'huile et des additifs. Quand l'huile a servi trop longtemps, le TBN chutera d'une manière significative.

- **Mesure d'Indice d'Acidité Totale (TAN)** : cet essai mesure le niveau d'acidité d'un système. Le niveau d'acidité du système augmente avec le temps (certaines formes de contamination peuvent aussi augmenter les niveaux d'acidité). Le TAN d'un lubrifiant usé est une mesure de son degré de dégradation par oxydation.
Essai de titrage: un échantillon d'un poids connu en solvant de titrage est titré avec une solution d'hydroxyde de potassium en un point terminal défini.
Essai de pH-mètre: cet essai peut être effectué avec un pH-mètre.



- **Ferrographie analytique** : cet essai permet d'examiner visuellement les particules d'usure présentes dans un échantillon. Dans cet essai, les particules d'usure magnétiques sont séparées de l'huile et déposées sur une lame appelée ferrogramme. L'examen au microscope permet la caractérisation du mode d'usure et des sources probables d'usure dans la machine. Les particules sont identifiées et classées en fonction de la taille, forme et métallurgie (il n'existe pas de limite de taille ou de métallurgie). Cet essai est un excellent indicateur d'une usure anormale, ferreuse (inadapté à une usure non-ferreuse). Une version automatisée de cette technique de séparation magnétique est la ferrographie à Lecture Directe.
- **Analyse spectrographique** : c'est l'analyse de la teneur en métal et des additifs. Un échantillon d'huile diluée est pulvérisé par du gaz inerte (argon) pour former un aérosol. On forme ensuite un plasma (6000 à 10000 °C) par induction magnétique. La température élevée pousse les ions métal à utiliser de l'énergie et à produire une nouvelle énergie sous forme de photons. Un spectre avec des longueurs d'ondes différentes est créé pour chaque élément. L'instrument quantifie la quantité d'énergie émise et détermine la concentration en parties par million (ppm) de 20 éléments présents dans l'échantillon. La conception des spectromètres limite leur niveau de détection à 5 microns et en dessous. Pour évaluer des particules supérieures à 5 microns, d'autres méthodes d'essai doivent être mises en œuvre (essai de comptage de particules et ou analyse de filtration).
L'analyse spectrométrique est utilisée pour évaluer l'usure des paliers ou bagues sous forme de cuivre, plomb ou étain. Elle étudie aussi les niveaux de salissure sous forme de silicium. L'usure des pompes, carters et autres points de contact peut être estimée grâce à cette information.

Elément	Code	Source éventuelle
Aluminium	Al	Pompes, Rondelles de Butée, Pistons, Paliers
Barium	Ba	Rouille et Inhibiteurs de Corrosion
Bore	B	Anticorrosion dans les Réfrigérants
Calcium	Ca	Additifs Détergent/Dispersant, Additifs Graisse; Additifs Pression Extrême
Chrome	Cr	Roulements à Rouleaux, Bagues de Piston, Parois de Cylindres
Cuivre	Cu	Alliages Laiton/Bronze, Paliers, Bagues, Rondelles de Butée, Paliers de Butée, usure cage Roulements à Rouleaux
Fer	Fe	Arbres, Engrenages, Enveloppe, Bagues de Piston, Parois de Cylindre, Roulements à Rouleaux
Plomb	Pb	Paliers, Engrenages Anti-Usure, Additifs pour pression extrême, Additifs Détergents
Magnesium	Mg	Additifs Détergents, Additifs Réfrigérants
Molybdène	Mo	Additifs Pression Extrême
Nickel	Ni	Pompes, Revêtement des Engrenages, Vannes, matière de revêtement des paliers; ailettes turbo-compresseur et parfois pièces en alliages acier inoxydable.

Phosphore	P	Additifs Anti-Usure, Additifs Engrenages Pression Extrême
Potassium	K	Additifs Réfrigérants
Silicium	Si	Additifs Salissure, Anti-Mousse
Argent	Ag	Composants en certains alliages de matériaux pour paliers.
Sodium	Na	Additifs Détergents, Additifs Réfrigérants
Etain	Sn	Alliages Paliers, Cages Paliers, Soudure
Titane	Ti	Alliage "exotique"
Vanadium	V	Ailettes turbines, Revêtements de Surface
Zinc	Zn	Additifs Anti-Usure

- **Analyse gaz dissous** : les contraintes électriques et thermiques anormales sur les appareils électriques sont invariablement accompagnées par une dégradation des matériaux isolants. Cette dégradation conduit à la production de gaz (hydrogène, monoxyde de carbone, dioxyde de carbone et hydrocarbures à faible masse moléculaire) qui peuvent provoquer certains incidents localisés de l'huile du transformateur. Cet essai très sensible fournit des informations cruciales sur les performances d'un transformateur et peut indiquer :
 - ✓ Formation d'un arc interne.
 - ✓ Surchauffe et surcharge.
 - ✓ Défaut d'isolement.

En détectant ces défauts avant la panne d'une Tranche, des réparations peuvent être réalisées efficacement avec un temps d'arrêt non programmé minimum.

- **Analyse de PCB** : cet essai détermine la présence de Poly-Chloro-Biphenyle (PCB). Une solution traitée incluant l'échantillon est analysée par chromatographie gazeuse en utilisant un détecteur à capture d'électrons, qui est sensible aux substances contenant du chlore. Ces produits chimiques, une fois utilisés de manière extensive dans des applications électriques sont maintenant classés comme dangereux pour l'environnement. Ils pouvaient se trouver dans tout équipement rempli d'huile. Maintenant la législation demande que tous les équipements contaminés au PCB soient enregistrés et signalés. Cet essai est donc essentiel pour toute huile d'isolement électrique.
- **Résistance diélectrique (tension de rupture)** : cet essai mesure la résistance d'isolement de l'huile. Quand des valeurs de panne diélectrique faibles sont trouvées, cet essai peut être utilisé pour détecter la présence de polluants de l'huile. Un échantillon d'huile est placé entre 2 électrodes avec un intervalle déterminé. Une tension à croissance constante est appliquée jusqu'à ce que l'huile décharge à un certain kV.
- **Essai de couleur** : en utilisant une source lumineuse standard, l'échantillon d'huile est comparé avec des disques de verre colorés allant de 0,5 à 8,0. Quand une correspondance exacte n'est pas trouvée et que la couleur de l'échantillon tombe entre deux couleurs standards, le plus élevé des deux couleurs est rapportée. Les observations de la couleur s'assombrissant pendant de courtes périodes est une indication soit de pollution soit de détérioration de l'huile.
- **Autres essais** : plusieurs essais normalisés sont possibles selon les impositions :
 - Dilution du Combustible de Lubrifiants Diesel
 - Essai d'Oxydation de Bombe Rotative
 - Désémulsibilité
 - Point de congélation
 - % de soufre
 - Pénétrabilité au Cône de la Graisse Lubrifiante
 - Point de Goutte des Graisses de Lubrification
 - % de sédiments dans les Graisses de Lubrification

- Chlore
- Résistivité
- Analyse de Surface des Particules d'Usure, etc ..

Impositions et contraintes préliminaires

- Prendre l'échantillon d'huile pendant que l'équipement est en service ou immédiatement après arrêt.
- 0,5 litre d'huile doit être purgé avant de prélever l'échantillon.
- Le contenant de l'échantillon doit être propre, sec et ne doit être ouvert que juste avant l'opération de remplissage.
- Eviter l'échantillonnage dans une « zone morte », il est important d'obtenir un échantillon d'huile représentatif de toute l'huile de la machine.

Exemples d'applications

Equipement	Analyse spectrographique	Essai viscosité	Essai infrarouge	Comptage de particules	Essai teneur en eau	TAN	TBN	Analyse PCB	Analyse gaz dissout	Essai couleur	Résistivité diélectrique	Ferrographie
Moteurs												
Compresseurs												
Réducteurs												
Paliers												
Hydraulique												
Turbines												
Transformateurs												
Disjoncteurs												

Maintenance

Dans le passé, on remplaçait systématiquement l'huile des réducteurs chaque année, quel que soit l'état de l'huile.

Aujourd'hui il est préférable de :

- faire des analyses d'huile périodiquement (6 mois) pour les réducteurs critiques (en général on considère les réducteurs de plus de 500 l) et remplacer l'huile suivant les résultats ;
- faire des remplacements d'huile systématiquement avec de plus grandes périodicités (3 ans par exemple) pour les autres réducteurs ;
- faire toujours des analyses d'huile hydraulique là où il y a de l'hydraulique proportionnelle ; une périodicité de 3 mois est recommandée pour espacer les recyclages.

Un contrat peut être passé avec le fournisseur de lubrifiant, ou avec un laboratoire spécialisé. Les coûts sont très variables suivant le nombre d'analyses et l'intérêt du fournisseur ou du laboratoire ..

Pour les prélèvements : voir la Règle de l'art concernée.

Thermographie

But

L'intégration de la thermographie dans un programme de maintenance prédictive permettra de surveiller le rendement thermique des systèmes critiques qui reposent sur l'échange ou la conservation de chaleur; les équipements électriques et d'autres paramètres qui amélioreront à la fois la fiabilité et le rendement des équipements. Elle peut aussi être utilisée pour détecter des problèmes (raccordements lâches ou corrodés, mauvais contacts, charges déséquilibrées, surcharge, surchauffe de paliers, enroulements coupés ou ouverts, surchauffe des balais, bagues collectrices et commutateurs, passages de refroidissement obturés...) dans une variété de systèmes et d'équipements.

Après étude thermographique, le programme de maintenance doit être appliqué afin d'éliminer les causes des problèmes. Des études doivent être réalisées périodiquement afin de surveiller l'évolution des équipements. Les études thermographiques ne sont valables que si de bonnes pratiques de maintenance sont en vigueur.

Limites d'application

Cette étude peut être appliquée à la plupart des systèmes mécaniques et électriques y compris appareillage électrique, engrenages, sous-stations électriques, transmissions, tableaux de disjoncteurs, moteurs, enveloppes, paliers; lignes vapeur et systèmes de process.

Etude thermographique

Principes

La thermographie (infra-rouge; scanners thermiques) utilise des caméras vidéo ou fixes infra-rouge conçues spécialement pour produire des images (appelées thermogrammes) qui montrent les variations thermiques de surface.

La thermographie est une technique de maintenance prédictive de surveillance de l'état des composants des équipements, de la structure et des systèmes; elle ne se limite pas aux équipements électriques mais peut aussi s'étendre aux systèmes mécaniques. Elle utilise l'instrumentation pour lire les émissions infra-rouge (température de surface) pour déterminer les conditions de fonctionnement. La détection d'anomalies thermiques (zones plus chaudes ou plus froides qu'elles ne devraient l'être) permet à un technicien expérimenté de localiser et définir une multitude de problèmes naissants sur les équipements.

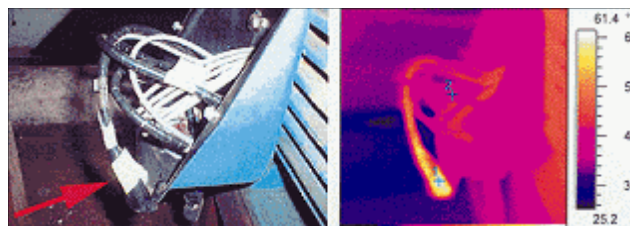
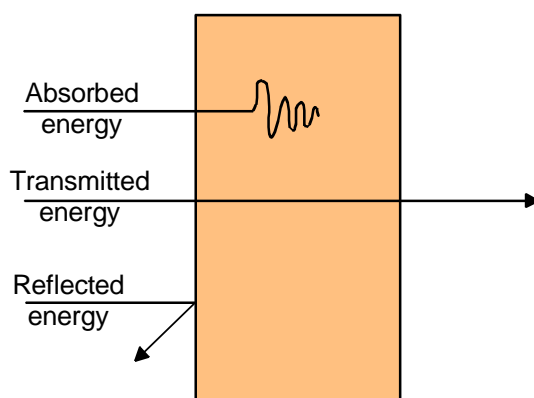


Fig.

La technologie infra-rouge fonctionne sur le principe que des objets transmettent de l'énergie ou des rayonnements. Les rayonnements infra-rouge sont une forme d'énergie émise qui frappe un

objet et est ensuite transmise, réfléchi ou absorbée. Les émissions infra-rouge sont invisibles sans instrumentation spéciale.

L'intensité des rayonnements infra-rouge d'un objet dépend de sa température de surface. L'énergie transmise et l'énergie réfléchi faussent les résultats car la plupart des équipements ont une émissivité (taux d'énergie émise par un objet) inférieure à 1 (les surfaces dont l'émissivité est équivalente à 1 sont appelées surfaces de corps noirs: pas d'énergie transmise et pas d'énergie réfléchi). C'est pourquoi il est important d'estimer l'émissivité de la surface mesurée pour obtenir la mesure la plus exacte.



Méthode

Les mesures sont effectuées avec un système de surveillance infra-rouge, elles sont prévues avec des filtres particuliers qui sont choisis en accord avec tous les facteurs qui peuvent influencer la mesure.

En fonction des données à enregistrer, trois types d'équipements sont disponibles:

- Thermomètres infra-rouge pour mesures de température sur de petites surfaces (mesure de point),
- Scanneurs en ligne (pas particulièrement utilisés dans la mesure où la maintenance prédictive est concernée),
- Image infra-rouge principalement basée sur une caméra vidéo pour contrôler une machine complète ou une pièce particulière. Le profil de l'émission thermique peut être analysé directement à partir de l'écran de l'équipement ou sur un ordinateur.

Les thermogrammes des systèmes mécaniques doivent être réalisés dans des conditions et précautions particulières telles que :

- La différence entre la température ambiante et la température de la tuyauterie doit être importante.
- L'emplacement de la mesure doit être suffisamment éloigné de la source de rayonnement qui peut fausser les résultats.
- Le calorifuge doit être retiré sur les équipements et l'essai doit être effectué après stabilisation de la température.
- Dans la mesure où la configuration des circuits est concernée, il faut prendre des précautions. La configuration des circuits peut éviter l'essai thermographique propre. Par exemple, l'essai d'un purgeur de vapeur est rarement possible: en effet, une température élevée détectée par la caméra infra-rouge peut ne pas être en cause en raison du fonctionnement incorrect du purgeur de vapeur, mais une fuite sur la vanne de by-pass.

Impositions et contraintes particulières

- Des variations de l'état de surface, telles que peinture ou autres revêtements de protection, peuvent affecter le facteur d'émissivité réel des équipements du site. Elles peuvent changer parfois radicalement aussi bien les températures de surface que la répartition de chaleur enregistrée par le scanneur infra-rouge. Si le technicien n'arrive pas à compenser cela, il sera difficile, voire impossible de diagnostiquer précisément les problèmes naissants. Dans de trop nombreux cas, ils seront omis et de sérieux dommages ou une panne catastrophique surviendront.
- En plus de l'énergie réfléchie et transmise, l'utilisateur des techniques thermographiques doit considérer l'atmosphère entre l'objet et l'instrument de mesure. La vapeur d'eau et d'autres gaz absorbent le rayonnement infra-rouge. La poussière en suspension dans l'air, l'éclairage et d'autres variables peuvent modifier les mesures de rayonnement infra-rouge. Parce que le milieu ambiant est en constante évolution, l'utilisation de techniques thermographiques nécessite des précautions extrêmes chaque fois que les données sont acquises.
- La plupart des systèmes de surveillance ou des instruments infra-rouge utilisent des filtres pour éliminer les effets négatifs de l'atténuation atmosphérique. Cependant; l'utilisateur doit reconnaître les facteurs particuliers qui affecteront la précision des données infra-rouge et appliqueront les filtres corrects ou d'autres méthodes de conditionnement du signal,
- L'équipement utilisé dans l'inspection thermographique infra-rouge peut être mis sous tension. Pour cette raison, il faut prêter attention à la sécurité et les règles de sécurité du site doivent être particulièrement respectées
- Quand cela est sûr et possible, les équipements à scanner devront être en ligne et à une charge normale avec une ligne de mire claire.

La formation à l'utilisation d'un système imageur est critique. Les variables qui peuvent affecter la précision des données thermiques et la répétabilité doivent être compensées chaque fois que les données sont acquises. En outre, l'interprétation des données infra-rouge nécessite une formation extensive et une expérience dans la conservation ou l'échange de chaleur.

Maintenance

En maintenance, on utilise de plus en plus :

- des thermomètres infrarouges
- de petites caméras infrarouges dont le coût est de l'ordre de 5000 €.



En mécanique, le thermomètre infrarouge est indispensable pour contrôler la température d'équipements inaccessibles.

La caméra infrarouge est plus utile en électricité. Si elle est achetée, on peut en profiter pour vérifier des isolations.

Dans certains cas, il est utile de faire appel à des sociétés spécialisées, notamment pour le contrôle de tuyauteries enterrées.

Courant de Foucault

Généralités

L'essai au courant de Foucault est utilisé pour indiquer des discontinuités telles que les fissures, inclusions et porosités dans les matériaux magnétiques et amagnétiques qui sont électriquement conducteurs :

- ✓ Détection de fissures en surface,
- ✓ Triage de métaux non ferreux (principalement essai de conductivité),
- ✓ Détection de fissures/corrosion sous la surface,
- ✓ Essai tubes de l'échangeur de chaleur,
- ✓ Inspection soudure ferreuse,
- ✓ Etc.

Limites d'application

En général, les méthodes standard par courant de Foucault ne sont utilisées dans l'inspection que pour des métaux non ferreux (où la pénétration du courant de Foucault est plus profonde) ou pour des applications particulières telles que l'inspection des tubes de l'échangeur de chaleur pour rechercher des fissures ou un amincissement par corrosion.

L'essai standard au courant de Foucault est principalement une technique proche de la surface. Il est utile pour détecter les décohésions de surface ou les fissures proches de la surface et les variations dans la composition de la matière. Il peut aussi être utilisé pour mesurer l'épaisseur des revêtements non électriquement conducteurs sur des couches électriquement conductrices. Dans la plupart des aciers, l'essai au courant de Foucault se limite à l'examen de la surface en raison de la perméabilité relativement élevée de ces matières. L'inspection des soudures dans les aciers ferritiques peut être problématique car la réponse dépend des modifications dans la perméabilité magnétique à travers la soudure. Cependant, des types spéciaux de détecteurs ont été développés (bobines différentielles) pour diminuer les effets sur les modifications de matière et permettre la détection de petites criques.

Essai courant de Foucault

Principes

Dans l'essai standard au courant de Foucault, une bobine circulaire avec un courant CA est placée très près d'un échantillon électriquement conducteur. Le courant alternatif dans la bobine produit une modification du champ magnétique qui interagit avec l'objet de l'essai et induit des courants de Foucault. Les variations de phase et de magnitude de ces courants de Foucault peuvent être surveillées en utilisant une deuxième bobine de "recherche" ou en mesurant les modifications du courant qui traverse la bobine "d'excitation" primaire. Les variations de la conductivité électrique ou de la perméabilité magnétique de l'objet d'essai ou la présence de criques provoqueront une modification dans le flux de courant de Foucault et une modification correspondante de la phase et de l'amplitude du courant mesuré. C'est la base d'une inspection standard au courant de Foucault (bobine plate), la technique au courant de Foucault la plus largement utilisée.

L'appareil d'essai au courant de Foucault peut se composer de ce qui suit:

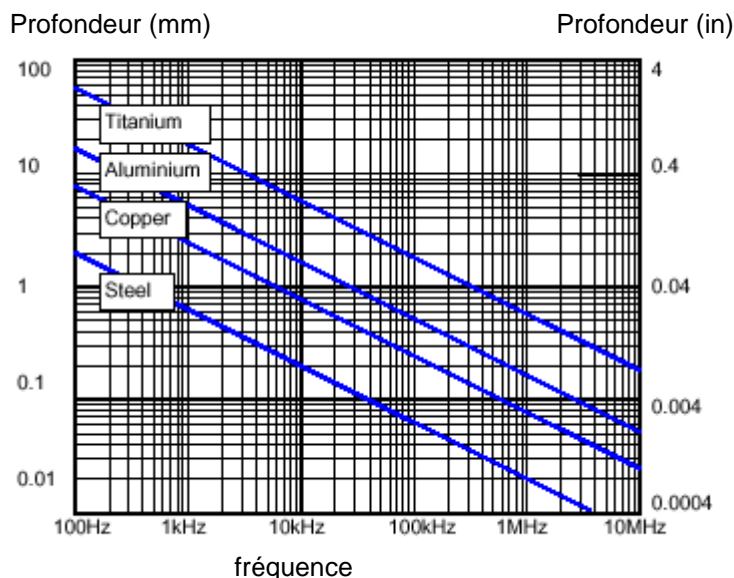
- Bobine fixe ou mobile fournie avec CA à partir d'un générateur et conçue pour s'adapter à l'objet à tester et aux discontinuités ou caractéristiques qui doivent être déterminées.

- Analyseur pour traitement des signaux de la bobine, contenant généralement un circuit en pont auquel la bobine est raccordée, un dispositif d'équilibrage d'amplitude et de phase, un amplificateur pour la tension de déséquilibre et un détecteur sensible d'amplitude ou de phase (parfois complété par un analyseur de fréquence)
- Un dispositif qui déplace l'objet à tester en fonction de la bobine ou vice versa.
- Un dispositif qui indique ou enregistre les résultats de l'essai.
- Un dispositif de marquage ou triage des objets en cours d'essai.

L'échantillon de référence de la matière équivaut à celui de l'objet en cours d'essai et contenant des discontinuités naturelles ou artificielles qui peuvent être utilisées pour calibrer l'appareil d'essai et pour interpréter les indications obtenues.

Méthode

La profondeur de pénétration du courant de Foucault dans l'objet à tester diminue avec l'augmentation de fréquence du courant alternatif du générateur.



La figure montre la profondeur de pénétration dans différents métaux en fonction de la fréquence

La perméabilité relative des matières amagnétiques est de 1. Cela signifie que le nombre de variables qui affectent l'essai est réduit.

Quand on teste des matériaux ferromagnétiques, le fait que la perméabilité relative soit notablement supérieure à 1 doit être pris en compte. Cela restreint les possibilités d'indiquer des discontinuités à une profondeur plus grande et implique aussi des perturbations par des variables des matériaux parasites qui provoquent des variations de la perméabilité.

Pour minimiser cet inconvénient, l'essai peut être effectué à une magnétisation de saturation ou à une température supérieure au point de Curie du matériau (768 °C pour l'acier).

Impositions préliminaires

- Equipements calibrés: avant de commencer l'essai, l'appareil d'essai est pré-réglé au moyen d'un échantillon de référence. La bobine est ensuite réglée géométriquement en fonction de l'objet à tester et l'angle d'amplification, de phase et la fréquence du filtre sont réglés pour

fournir le meilleur ratio signal-bruit possible. La sensibilité de la méthode d'essai est telle qu'elle détecte des défauts dans un échantillon de référence.

- Les surfaces testées doivent être nettoyées avant l'essai.

Maintenance

La méthode à courant de Foucault s'applique

1. Quand on a des tuyauteries moyennes ou grosses à contrôler. Elle est beaucoup utilisée dans l'industrie chimique et pétrochimique, toujours par des spécialistes.
2. Pour la détection de défauts de surface là où la magnétoscopie ne peut être utilisée.

Ressuage

Généralités

Le ressuage fait partie intégrante des contrôles non destructifs (C.N.D.) regroupant l'ensemble des techniques et procédés aptes à fournir des informations sur la santé d'une pièce ou d'une structure sans qu'il en résulte des altérations préjudiciables à leur utilisation ultérieure.

Il s'agit d'une méthode globale qui autorise l'examen de la surface d'une pièce

Objectifs

L'objectif des contrôles non destructifs et en particulier du ressuage est la mise en évidence de toutes les défauts susceptibles d'altérer la disponibilité, la sécurité d'emploi et/ou, plus généralement, la conformité d'un produit à l'usage auquel il est destiné. En ce sens, le contrôle non destructif apparaît comme un élément majeur du contrôle de l'état d'un équipement.

Ce procédé économique et simple de contrôle non destructif est facile à mettre en œuvre manuellement sur site. Il est insensible à l'orientation des défauts par rapport à la surface. Il permet la détection de petits défauts susceptibles de générer des fuites ou autres problèmes. Ce procédé est utilisable sur des matériaux non ferromagnétiques pour lesquels le contrôle magnétoscopique est inefficace ainsi que sur des pièces ferromagnétiques lorsque les problèmes de désaimantation sont critiques ou lorsque les pièces présente une géométrie trop complexe.

Domaine d'application

Le ressuage permet de détecter des défauts de compacité débouchant en surface sur des matériaux non poreux, métallique ou non métallique (plastiques, composites...), mais n'est pas approprié pour les surfaces sales ou très rugueuses. Le ressuage est utilisé pour le contrôle :

- ✓ des pièces moulées,
- ✓ des pièces forgées,
- ✓ après rectification et/ou traitement thermique de pièces mécaniques,
- ✓ après traitement thermique,
- ✓ sur produits laminés ou étirés
- ✓ en service (Les fissures de fatigue et de corrosion peuvent si les conditions sont favorables être mises en évidence par ressuage mais le contrôle par magnétoscopie est en général mieux adapté dans ce cas),
- ✓ des soudures
- . Avant soudage, il peut être utilisé pour effectuer un contrôle de toutes les surfaces devant recevoir des soudures (face des chanfreins par exemple) revêtements ou rechargements.
- . Pendant soudage, il peut être mis en œuvre par exemple :
 - lors d'une reprise envers pour s'assurer de l'élimination complète de défauts pouvant subsister à la racine du joint (manque de pénétration, fissures...),
 - entre passes : dans ce cas, le contrôle peut être effectué après la 1ère passe, puis toutes les passes, ou toutes les trois passes par exemple (température < 200°C)
- . Après soudage, il permet la détection des défauts suivants pourvu qu'ils débouchent à la surface : fissures, piqûres, retassures, certains manques de fusion, et les débordements.



Méthode

Principes

Le ressuage consiste à appliquer sur une surface à contrôler préalablement nettoyée, un pénétrant coloré ou fluorescent qui va pénétrer par capillarité dans les défauts débouchants (toute discontinuité, fissure ou défaut apparaissant en surface de la pièce à tester).

Après un temps d'imprégnation de 15 à 20 mn (correspondant à la pénétration du liquide d'imprégnation) à température ambiante, l'excès de pénétrant est éliminé par lavage.

Après séchage, un révélateur blanc est appliqué sur la surface à contrôler.

Le pénétrant contenu dans les défauts éventuels ressort alors dans le révélateur qui, attirant le liquide d'imprégnation retenu dans les défauts, donne une indication renforcée de ceux-ci.

Les images de défauts apparaissent immédiatement ou jusqu'à 30 mn après l'application des révélateurs (Ordre de grandeur de la sensibilité de détection d'une fissure : longueur minimale 0,5 mm, largeur 10 µm).

Méthode

Préparation

Nettoyage de toutes les parties inspectées pour enlever toute forme de graisse, huile, rouille, dépôts, composantes acides ou alcalins, peinture, ainsi que tout autre contaminant qui pourrait interférer avec le process de contrôle ou l'interprétation des résultats.

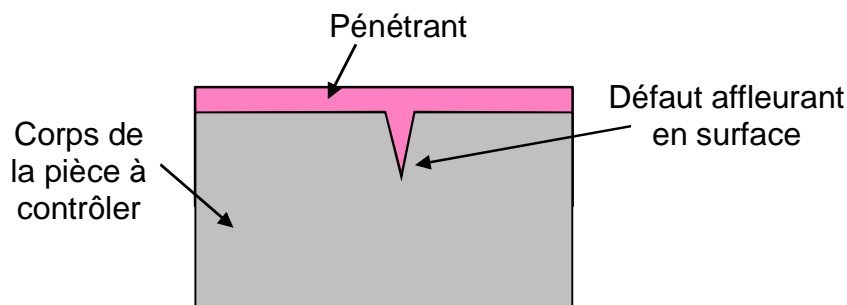
Le dégraissage peut s'effectuer à la vapeur ou à l'eau froide.

Application du pénétrant

- Application du pénétrant soit par immersion, soit par pulvérisation. La surface inspectée doit être complètement traitée par le pénétrant. Le choix du pénétrant dépend principalement de la rugosité de la surface inspectée et de la porosité du matériau.

Il y a trois types principaux de pénétrants :

- ✓ **pénétrant coloré** caractérisé par une faible sensibilité ;
 - ✓ **pénétrant pré-émulsionné**, directement lavable à l'eau ou au solvant, caractérisé par une sensibilité moyenne ;
 - ✓ **pénétrant fluorescent à post émulsion**, lavable à l'eau après émulsification avec un agent tensioactif, caractérisé par une forte sensibilité.
- Maintien de la zone inspectée sous l'action du pénétrant (10 min minimum et 1 heure maximum). La durée d'application est variable d'un type de pénétrant à l'autre.

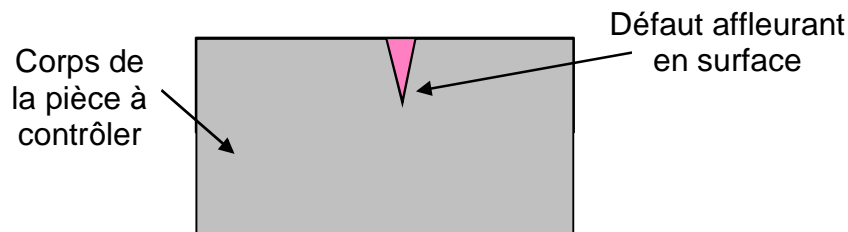


Note : Si l'application s'était prolongée au delà d'une heure ou si le pénétrant avait pour une quelconque raison séché en surface, ce dernier devrait être appliqué une nouvelle fois.

- . La vitesse à laquelle un pénétrant s'introduit dans défaut est déterminé par sa viscosité.
- . Le liquide pénétrant doit être inerte par rapport aux matériaux à contrôler.
- . Si la pièce inspectée est trop froide, l'humidité peut se condenser et bloquer la pénétration.

Elimination du pénétrant

Lavage de la surface de la pièce contrôlée pour enlever l'excès de pénétrant. Cette opération est délicate puisqu'un rinçage excessif enlèverait le pénétrant présent à l'intérieur des défauts et à l'inverse un rinçage insuffisant risque de perturber les interprétations en révélant des défauts inexistant.



Séchage

Les pièces/zones contrôlées sont superficiellement séchées : séchage par soufflage d'air à moins de 1,7 bar et à une distance d'au moins 30 cm de la surface examinée ou séchage en air chaud circulant dans une étuve de séchage entre 60°C et 70°C pendant 10 min au maximum.

Puis maintien de la zone inspectée sous l'action du pénétrant : 10 min minimum et 1 heure maximum.

Application du révélateur

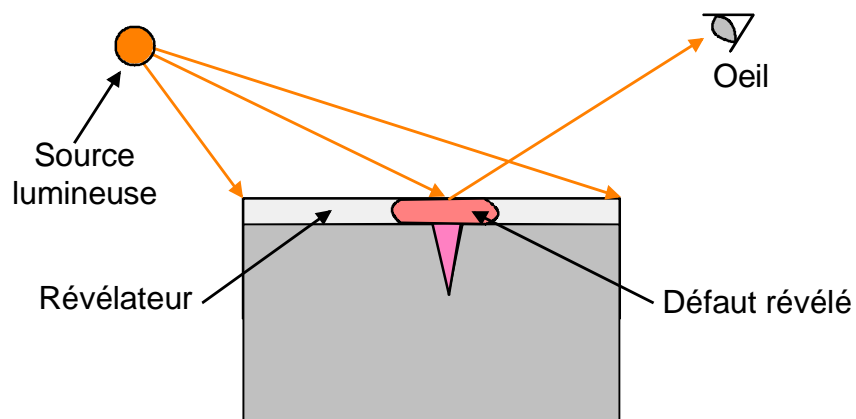
Application du révélateur dès que possible après le séchage. Celui-ci peut être sous forme liquide ou de poudre.

Révélateurs secs : poudre blanche qui se dépose sur les zones de ressuage.

Révélateurs humides : principalement utilisés avec des supports liquides volatils, ils se déposent sur toute la surface contrôlée et forment un dépôt contrastant.

Analyse/interprétation des résultats

- Eclairage de la surface examinée par une source de lumière appropriée dépendante du type de pénétrant choisi (par exemple le contrôle avec des pénétrants fluorescent nécessite une source lumineuse UV dans une enceinte dont l'intensité en lumière blanche ne doit pas dépasser 5 lux).
- Examen des surfaces à inspecter (entre 10 minutes minimum et trois heures maximum après application du révélateur, en deçà de cet intervalle le processus de contrôle devrait être repris depuis le début).



Maintenance

Il nous paraît nécessaire que tout service de maintenance ait des produits pour ressuage. L'application et l'examen peuvent être faits par les Techniciens Méthodes Maintenance.

Lorsque sur un équipement des fissures sont révélées par le ressuage, on peut alors approfondir par la magnétoscopie ou le contrôle US

Magnétoscopie

Généralités

La magnétoscopie fait partie intégrante des contrôles non destructifs (C.N.D.) regroupant l'ensemble des techniques et procédés aptes à fournir des informations sur la santé d'une pièce ou d'une structure sans qu'il en résulte des altérations préjudiciables à leur utilisation ultérieure.

Il s'agit d'une méthode globale qui autorise l'examen de la surface d'une pièce

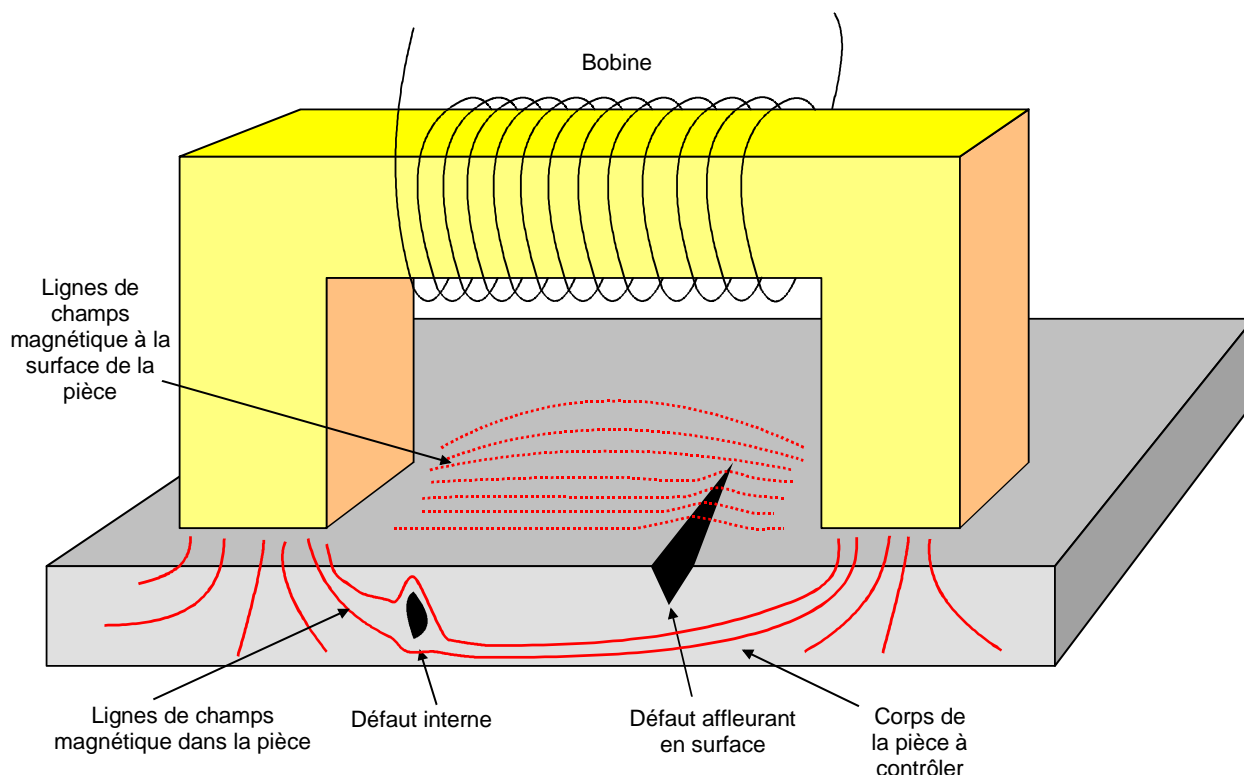
Domaine d'application

La magnétoscopie permet de détecter des défauts superficiel débouchants en surface ou sous-cutanés (jusqu'à 10mm de profondeur) sur des matériaux ferromagnétiques (Les matériaux non ferromagnétiques comme l'aluminium, le cuivre ou certains aciers inoxydables ne pourront être contrôlés avec ce procédé). Les défauts ne peuvent être détectés que s'ils sont orientés normalement aux lignes de champs

Méthode

Principes

La magnétoscopie consiste à créer un flux d'induction magnétique intense dans des structures ferromagnétiques entraînant, au droit des défauts, des flux de fuite qui sont mis en évidence par des traceurs magnétiques finement micronisés et déposés à la surface des matériaux.



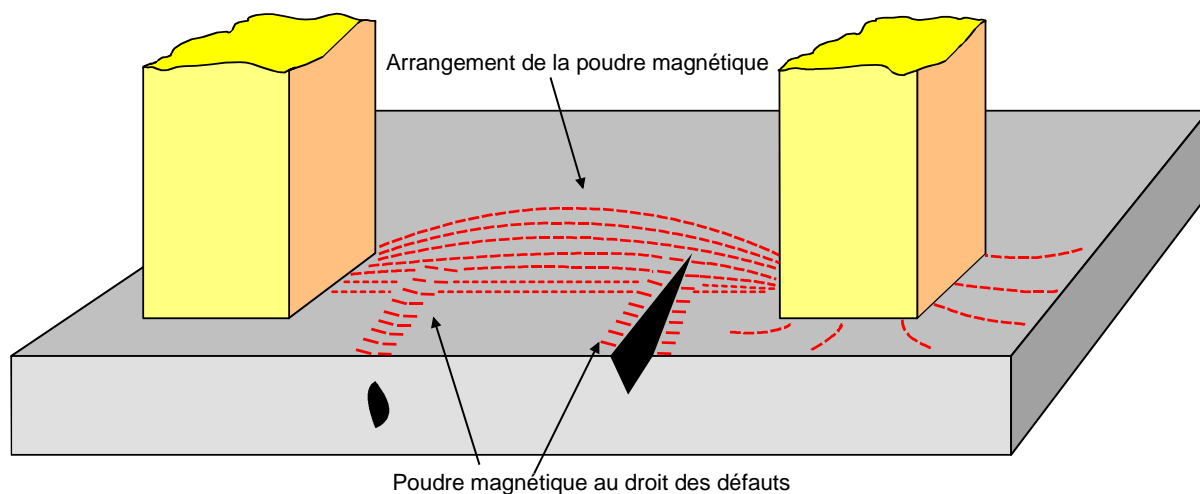
Moyens nécessaires

- ✓ Solvant
- ✓ Fond blanc
- ✓ Poudre ou liquide révélateur (magnétique)
- ✓ Pince magnétique (courant AC ou DC)
- ✓ Lampe UV (si magnétoscopie fluorescente)



Mode opératoire

- Dégraissage de l'élément à examiner à l'aide d'un solvant et d'un chiffon propre non pelucheux.
- Application du fond blanc.
- Pulvérisation de la liqueur magnétique suivant deux directions perpendiculaires, ou application d'une poudre avec un liant.
- Magnétisation avec la pince magnétique.



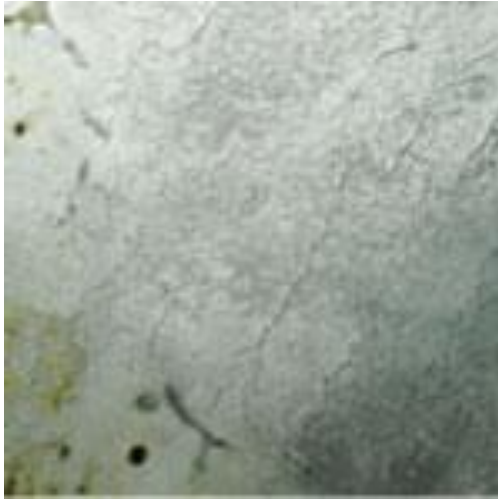
Interprétation des défauts

Quel que soit le type de magnétoscopie (coloré ou fluorescent), les indications qui peuvent être décelées sont :

- soit de forme arrondie,
- soit de forme linéaire.

En magnétoscopie de type coloré, l'indication se manifeste à l'oeil. Dans le cas d'un magnétoscopie fluorescente, une lampe ultraviolette est nécessaire

L'importance du défaut est caractérisée par la grosseur de l'indication.



Maintenance

L'achat d'un matériel de magnétoscopie et la formation d'un personnel ne se justifie que pour l'industrie lourde : sidérurgie, cimenteries, etc.

Généralement on fait appel à la magnétoscopie dans les cas suivants :

- examen plus approfondi suite à un ressuage ;
- examens systématiques lors de grands entretiens, pour des tourillons par exemple ;
- examens complets lorsqu'il y a des doutes sur des équipements.

La magnétoscopie est plus facile à mettre en œuvre que les contrôles US ; mais elle ne permet pas d'examiner la qualité des soudures, ou des fissurations transversables dans un arbre.

On peut facilement faire appel à un prestataire pour des examens magnétoscopiques. D'ailleurs toute société de maintenance devrait avoir ce moyen.

Contrôles par Ultrasons

Applications générales des oscillations ultrasoniques

La fréquence d'une impression sonore (le ton) est limité aux environs de 20000 Hz ; le son ayant des fréquences plus élevées s'appelle ultrason.

Actuellement, la bonne conductibilité du son dans des matières liquides ou solides est utilisée dans divers domaines de la technique.

On distingue deux groupes d'applications : les applications énergétiques et les applications diagnostiques.

Applications énergétiques

Dans ces cas là l'énergie du son est utilisée pour son action sur une matière déterminée.

Le rinçage, l'émulsification, le soudage, le massage médical, etc. par ultrason en sont des exemples.

Applications diagnostiques

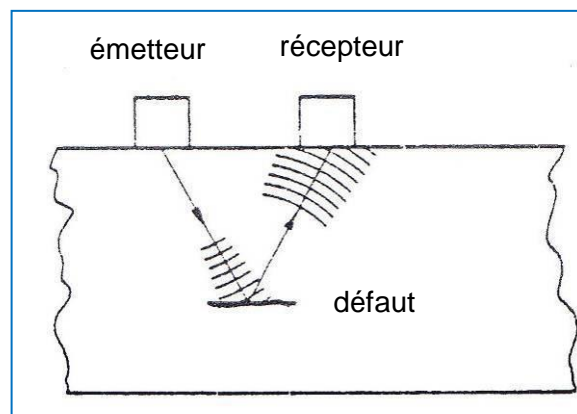
On utilise les ultrasons comme porteurs de signaux, afin d'indiquer une certaine situation.

Les appareils échographiques médicaux, le sondeur à ultrasons (pour mesurer les profondeurs des eaux ou pour détecter des bancs de poissons), et les « appareils Sonar » pour localiser les sous-marins à grande distance, font notamment partie de ce deuxième groupe.

Le sondeur à ultrasons utilise une deuxième caractéristique de la propagation des ondes, à savoir la réflexion des ondes sonores sur le fond de mer. A cet effet, l'émetteur situé à la coque du navire émet une courte impulsion sonore. Celle-ci est réfléchiée par le fond de la mer pour être recaptée par un récepteur. En même temps on mesure le temps de parcours de l'impulsion. Partant de la vitesse connue du son dans l'eau, il est facile de calculer la profondeur.

La bonne conductibilité du son dans les matières solides s'applique également à l'essai des matériaux. On utilise la caractéristique de la réflexion des ondes sonores. Ainsi il est possible de détecter les défauts internes d'une manière non destructive. Puisque l'intensité sonore augmente à raison du carré de la fréquence, le contrôle du matériau s'effectue à l'aide d'ultrasons, les fréquences courantes se situent entre 0,5 et 15 MHz.

Une méthode d'essai non destructif des matériaux par ultrasons est la méthode par impulsion-écho. Celle-ci consiste à émettre un son dans la pièce à examiner et à mesurer et interpréter les modifications subies par le son dans la pièce.



Dans cette méthode, qui est d'ailleurs la plus courante, la partie des ultrasons réfléchis par les interfaces ou les défauts est recaptée et évaluée électroniquement.

A cet effet, les deux valeurs suivantes sont d'une grande importance.

Le temps de parcours nécessaire pour que le son puisse aller et retourner entre la surface de l'objet et le réflecteur, et la puissance (l'intensité) du signal sonore réfléchi. Le temps de parcours constitue une mesure de la distance jusqu'au réflecteur, tandis que l'intensité constitue une mesure des caractéristiques de réflexion du réflecteur (fissure par ex.)

Il est facile à comprendre que le son continu n'est pas utilisable pour les mesures du temps de parcours. En effet, par des courtes impulsions sonores, on peut mesurer une durée déterminée entre l'émission et la réception. Lors de la méthode par impulsion-écho, un émetteur d'ultrasons doit donc produire des impulsions sonores très courtes.

Génération des ondes ultrasoniques

Comme émetteur et récepteur d'ultrasons, on utilise surtout des plaquettes, découpées de certains cristaux (transducteurs piézo-électriques).

Si une telle plaquette n'est sujette à aucune force externe, les charges électriques se rangent dans une certaine symétrie cristalline, si bien qu'elles se neutralisent. Par l'effet d'une pression externe, l'épaisseur de la plaquette change, et avec elle la symétrie des charges. Il se crée un champ électrique et la tension peut se mesurer aux deux surfaces argentées du transducteur. Cet effet s'appelle effet piézo-électrique direct. Par cet effet direct, les variations de pression, et donc les ondes sonores, se transforment en variations de tension électrique : la plaquette agit comme récepteur.

L'effet piézo-électrique est réversible (effet piézo-électrique réciproque). Si l'on soumet les surfaces de contact de la plaquette à une tension, son épaisseur change. La plaquette devient plus épaisse ou plus mince suivant que la tension est positive ou négative. Si l'on la soumet à une tension alternative à haute fréquence, le transducteur vibre à la fréquence de la tension alternative. Une impulsion électrique courte de moins d'une microseconde et d'une tension de 300 à 1000 V incite le transducteur à vibrer dans sa propre fréquence de résonance. Celle-ci dépend de l'épaisseur du matériau de la plaquette. Plus la plaquette est mince, plus sa fréquence de résonance est élevée. Pour ce faire, on peut émettre un signal ultrasonique ayant une fréquence principale bien déterminée.

Un cristal piézo-électrique que l'on rencontre dans la nature est le quartz (cristal de roche). Il était fréquemment utilisé dans les premières années des contrôles par ultrasons.

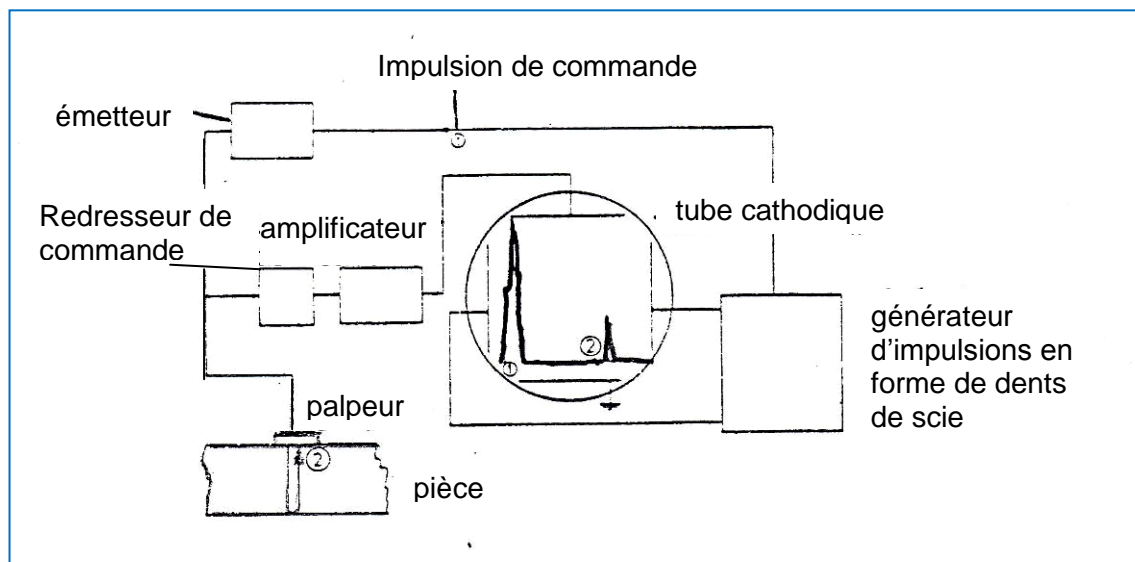
Dans les palpeurs modernes, le quartz est remplacé par des céramiques polarisées ou des cristaux cultivés artificiellement.

Les principaux matériaux utilisés sont : le zirconate-titanate de plomb, le titanate de baryum (80 % des palpeurs), le metaniobate de plomb, le sulfate de lithium, le quartz, le niobate de lithium.

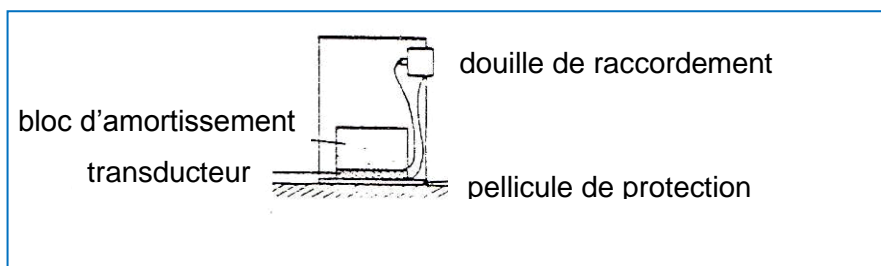
L'équipement pour le contrôle par ultrasons

L'équipement comprend :

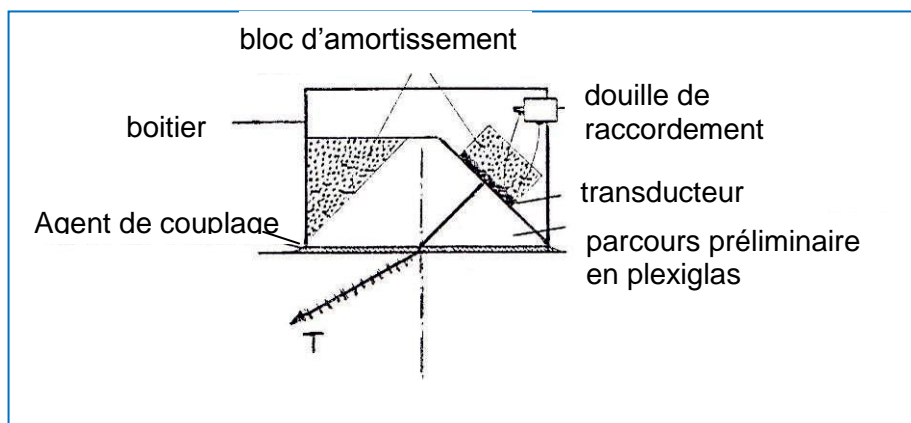
- un appareil portable avec un tube cathodique, un générateur d'impulsions, un amplificateur, un redresseur de commande et un émetteur ;
- un palpeur..



Dans la pratique on utilise des palpeurs pourvus de transducteurs piézo-électriques. Ceux-ci sont collés sur un parcours préliminaire plan parallèle ou cunéiforme en plastique, suivant qu'il s'agit d'une émission perpendiculaire ou oblique. La partie supérieure du transducteur est solidement fixée à un bloc d'amortissement destiné à atténuer le plus vite possible les vibrations de résonance du transducteur.



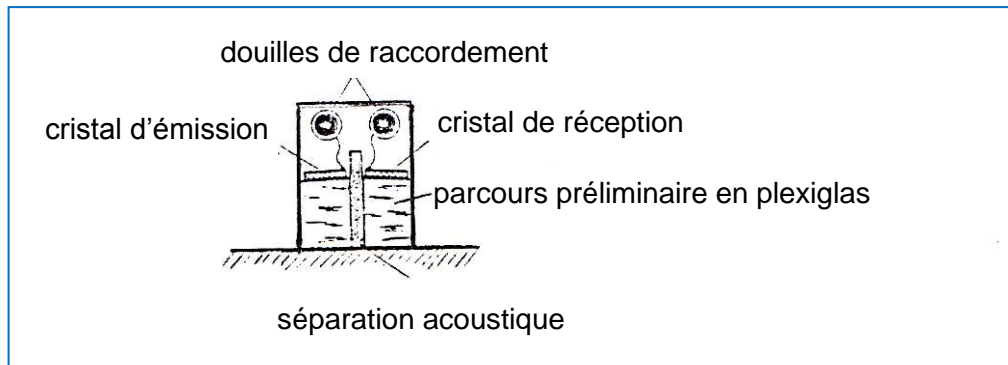
Palpeur normal ou palpeur droit



Palpeur d'angle ou palpeur oblique

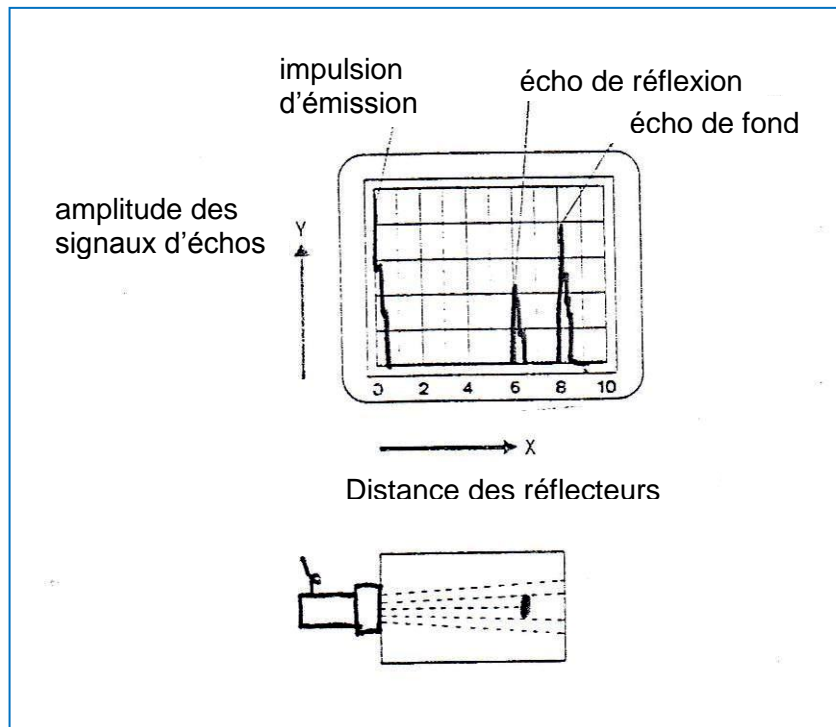
Le palpeur doit toujours émettre ou recevoir des impulsions sonores sous un angle d'incidence fixe par rapport à la perpendiculaire dans la pièce en examen, ce qui justifie parfois l'utilisation de palpeurs d'angle.

Un troisième type de palpeur se compose de deux transducteurs acoustiques électriques, séparés l'un de l'autre, le premier agissant comme émetteur et le deuxième comme récepteur. Ce type de palpeur est utilisé pour examiner des objets minces ou pour détecter des défauts sous-jacents.

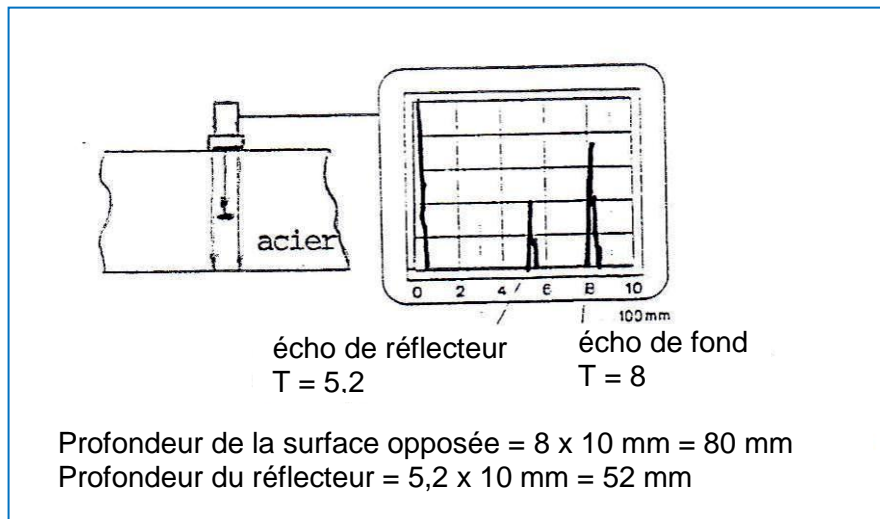


Les contrôles réalisés

Généralement on peut connaître d'une part l'épaisseur de la pièce (par l'écho de fond) et la présence de défauts (par l'écho de réflexion)



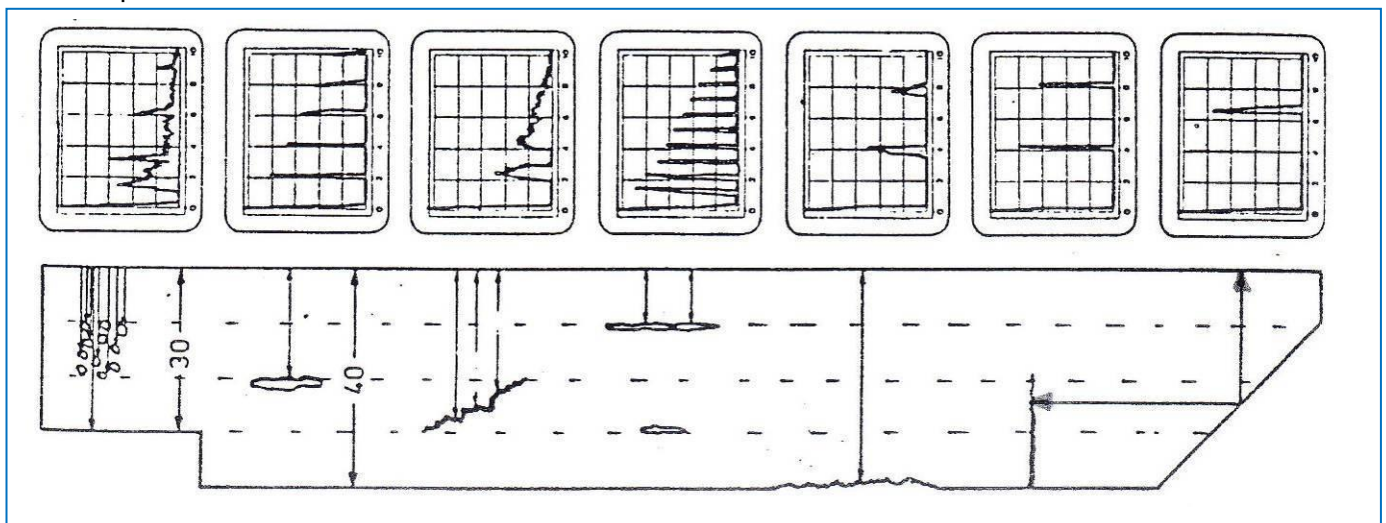
Pour cela, on réalise un calibrage. Le calibrage permet de faire correspondre la largeur Le calibrage permet de faire correspondre la largeur entière de l'écran à une certaine distance dans le matériau à contrôler. Pour le calibrage on utilise un bloc de calibrage plan-parallèle d'une épaisseur connue et composé du même matériau que la pièce à examiner.



Le contrôle par ultrason révèle que l'image de l'écran est indispensable à l'interprétation du contrôle.

En effet, la forme et l'emplacement des échos fournissent d'importantes informations concernant la nature des réflexions correspondantes. L'interprétation demande néanmoins une grande expérience et des exercices pratiques.

La figure suivante montre schématiquement quelques défauts avec les images de l'écran correspondantes.

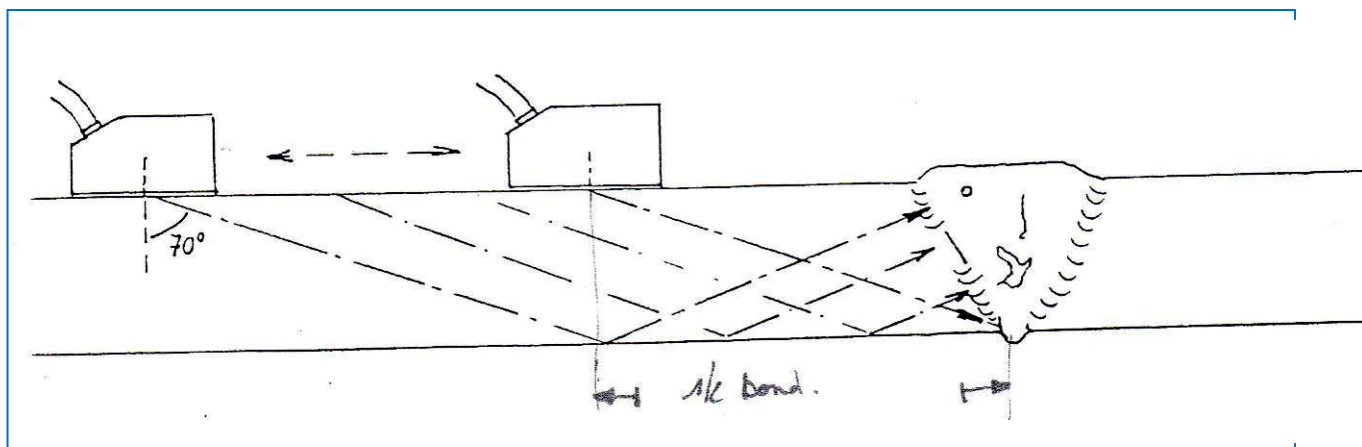


Les deux réflecteurs de l'extrême droite ne peuvent pas se détecter au moyen de palpeurs droits, puisqu'ils ne sont pas atteints d'une manière perpendiculaire. Une des règles de base les plus importantes dans la détection de réflecteurs est la « règle d'or du contrôle ultrasonique » : **il faut atteindre les réflecteurs le plus perpendiculairement possible**. Uniquement dans ce cas on obtient un écho maximal.

Si l'on utilise des palpeurs à émission perpendiculaire, des défauts obliques ou perpendiculaires à la surface de contact ne peuvent pas être détectés, étant donné que le son ne réfléchit pas directement au palpeur. Afin de détecter et d'interpréter de tels défauts, on utilise des palpeurs à émission oblique.

Des palpeurs d'angle standard se fabriquent avec les angles d'émission suivants des ondes transversales dans l'acier : 35°, 45°, 60°, 70° et 80°.

Pour le contrôle de soudures, les palpeurs de 70° sont le plus en usage pour les épaisseurs de tôles jusqu'à 35-40 mm. Pour les épaisseurs supérieures on a recours aux angles de 60°, 45° et même parfois 35°.



Note : bien entendu on utilise toujours un agent de couplage plus ou moins épais qui peut être de l'eau, l'huile, la glycérine, la colle à tapisser, etc .

Maintenance

Les remarques sont identiques à celles que nous avons formulées pour la magnétoscopie. L'achat d'un matériel de contrôle US et la formation d'un personnel ne se justifie que pour l'industrie lourde : sidérurgie, cimenteries, etc.

Généralement on fait appel à un contrôle US dans les cas suivants :

- examen plus approfondi suite à un ressuage ;
- examens systématiques lors de grands entretiens, pour des mesures d'épaisseurs ou la recherche de fissures éventuelles ;
- examens complets lorsqu'il y a des doutes sur des équipements.

Par rapport à la magnétoscopie, le contrôle US permet d'examiner la qualité des soudures, ou des fissurations transversables dans un arbre.

On peut facilement faire appel à un prestataire pour des contrôles US. D'ailleurs toute société de maintenance devrait avoir ce moyen.

Pour les soudures critiques réalisées à l'extérieur, il est souvent nécessaire d'imposer un contrôle par ultrasons. Malheureusement trop d'entreprises réalisent ces travaux sans avoir ce moyen de contrôle.

Contrôle des vannes

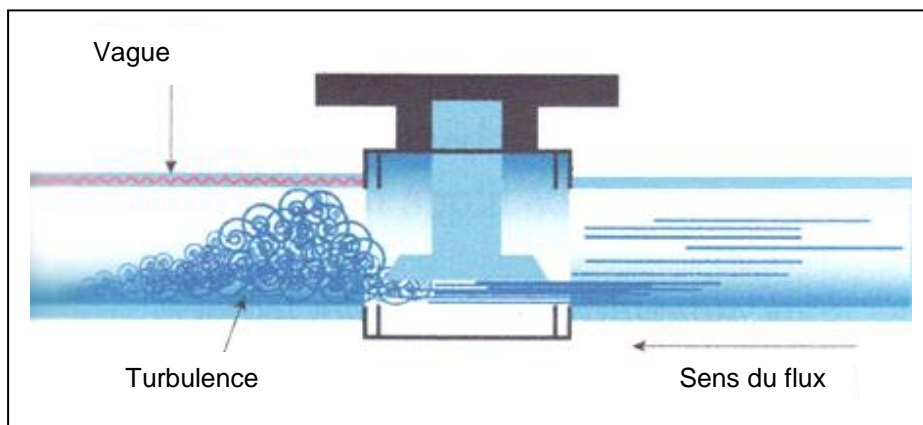
Méthode acoustique

Principe de base de la méthode

Le principe de base de la méthode acoustique, est d'identifier les signaux de fuites par l'intermédiaire des ultrasons au niveau de l'obturateur d'un organe de robinetterie **SANS PERTE DE PRODUCTION**.

Les signaux ultrasonores émis peuvent avoir plusieurs origines :

- ✓ l'écoulement variable présentant des turbulences,
- ✓ la cavitation,
- ✓ le passage d'un liquide en vapeur,
- ✓ les mouvements de pièces mécaniques.



Plusieurs facteurs vont influencer la propagation et l'atténuation du signal de fuite, donc l'amplitude et la distribution spectrale dans les organes et les tuyauteries :

- ✓ la différence de pression de part et d'autre de l'organe,
- ✓ la nature du matériau constituant la vanne et les tuyauteries,
- ✓ la géométrie de la vanne et des tuyauteries associées,
- ✓ la présence de brides avec joints d'étanchéité,
- ✓ la nature du fluide,
- ✓ la température du fluide véhiculé,
- ✓ la présence de gaz dissous dans le fluide,
- ✓ la sensibilité des capteurs utilisés et leur position sur la vanne ou sur les tuyauteries,
- ✓ le bruit de fond ambiant.

Pour déterminer la non étanchéité d'un organe de robinetterie, on utilise un analyseur numérique équipé de capteurs.

Modes opératoires

Différentes modes opératoires de contrôle acoustique sont mis en application en fonction de la configuration du circuit sur lequel sont disposés les organes à tester.

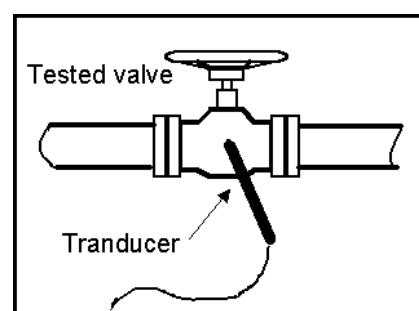
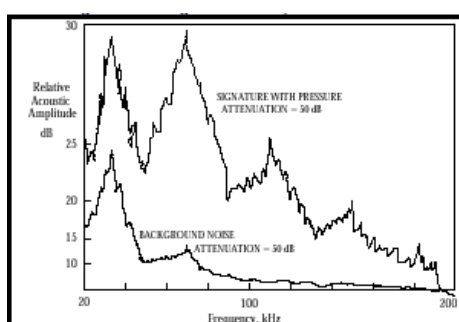
Pour détecter une fuite, une ou plusieurs signatures sont enregistrées dans différentes conditions de fonctionnement du circuit, à l'aide de capteurs positionnés à des emplacements différents.

C'est la comparaison finale des signatures qui permet de déterminer le degré d'inétanchéité de l'organe testé.

Sélection du mode opératoire

Comparaison des signatures :

Ce mode opératoire est utilisé lorsqu'il est possible d'éliminer la pression au niveau de l'obturateur. La différence entre les deux signatures traduit le niveau de fuite. La première mesure est effectuée avec la vanne fermée (signature de pression) ; ensuite la vanne est ouverte et une seconde mesure est prise (signature bruit de fond). La vanne ne fuit pas quand les signatures de pression et de bruit de fond sont sensiblement égales.



Mode différentiel :

Ce mode opératoire est utilisé lorsqu'il n'est pas possible d'ouvrir la vanne testée. Dans ce cas, trois mesures sont nécessaires. Les signatures sont mesurées sur la vanne au plus proche du siège, en amont (sur la vanne ou sur la tuyauterie) et en aval à égale distance.

Comparaison directe :

Quand l'objectif est de déterminer rapidement quelles sont les vannes non-étanches dans un groupe de vannes identiques (tailles identiques et mêmes technologies) à la même pression, il est possible de n'enregistrer que les signatures sous pression et de les comparer les unes aux autres en les classant selon la sévérité de la fuite.

Mise en application de la méthode acoustique

La méthode acoustique de détection de fuite permet de répondre à plusieurs objectifs :

- **Réduction des pertes énergétiques :**

Les organes testés actuellement sont principalement des soupapes de protection, des vannes d'isolement de purges installées sur la tranche et dont les fuites en service ne sont pas détectables (lignes non instrumentées). La révision des organes est programmée en fonction du résultat des tests.

- **Dans le cadre de la maintenance préventive :**

Déterminer la priorité de visite interne des organes pendant un arrêt de tranche,
Reporter la visite interne d'un organe dans le cas d'une visite programmée pour lequel le taux de fuite s'avère faible après test acoustique.

A partir de cette méthode, d'autres objectifs peuvent être définis :

- **Réduction des effluents :**

Un contrôle des organes en limite d'un circuit véhiculant des effluents ou des produits chimiques permet de réduire le volume d'effluents à traiter.

- **Contrôle des organes frontière à la réalisation d'une épreuve hydraulique :**

La réalisation d'un test préalable permet de détecter les organes non-étanches et de ne visiter que le strict nécessaire.

- **Dans le cadre de la maintenance fortuite :**

S'assurer du bien fondé d'une demande d'intervention sur un organe qualifié non-étanche, localiser un organe non-étanche parmi un groupe.

- **Contrôle de l'instrumentation des vannes réglantes :**

La méthode acoustique permet de vérifier en temps réel le bon réglage de l'instrumentation d'une vanne réglante, normalement fermée.

Il suffit de réaliser le test et de se placer sur la fréquence ou le niveau acoustique le plus important. En agissant sur l'instrumentation, on constate directement la variation du niveau acoustique et de ce fait, l'évolution du taux de fuite.

Evaluation qualitative et quantitative de la sévérité des fuites

Deux types d'évaluations peuvent être envisagés :

- ➔ Dans le cadre de la maintenance, la sévérité des fuites est estimée en fonction de la différence entre les signatures de pression et de bruit de fond comme suit :

Fuite importante	Différence au-dessus de 24 dB
Fuite moyenne	Différence entre 10 dB et 24 dB
Fuite minime	Différence en dessous de 10 dB
- ➔ Dans le cadre d'une étude énergétique, un modèle de calcul permet d'estimer les pertes énergétiques résultantes des fuites constatées. La synthèse des résultats permet d'estimer directement l'énergie perdue par le fait de ces fuites.

Conditions requises pour l'application de la méthode

Vanne en position fermée,
Pression différentielle minimale de 0.5 bar.

Maintenance

A l'heure actuelle peu de vannes « repassent ».

Donc ce type de contrôle devrait être réservé à des vannes critiques, d'autant plus qu'il nécessite des appareils de mesure assez sensibles.

Contrôle d'isolement d'un moteur

Dans ce test, le châssis du moteur est mis à la terre et l'instrument d'essai (mégohmmètre) impose une tension CC sur les enroulements du moteur. La lecture de l'instrument est réalisée en mégohms.

Un enroulement sain donne une lecture en centaines ou milliers de mégohms. La norme ANSI/IEEE 43 IEEE, indique pour l'essai de résistance d'isolement des Machines Tournantes comme minimum **acceptable, une mesure d'1 mégohm plus 1 mégohm par kV de la tension nominale des moteurs**. La résistance minimum acceptable pour un moteur de 460 V, est par exemple de 1.46 mégohms. Attention, cependant, certaines règles peuvent imposer que le moteur soit rembobiné alors que la résistance enroulement à la terre est encore bien au-dessus de la valeur minimum acceptable

Impositions :

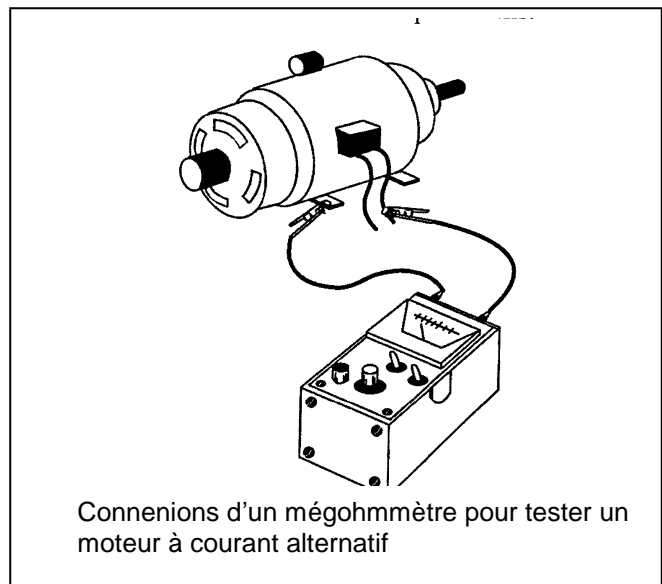
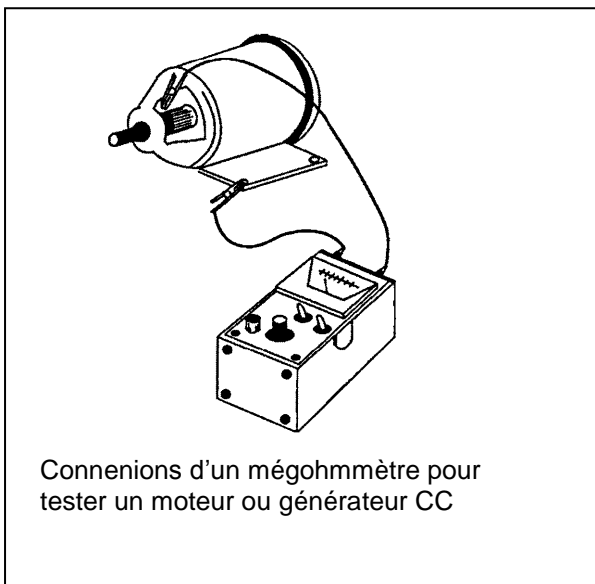
- Pour effectuer des essais d'isolement du stator, le moteur doit être sec.
Dans le cas contraire une opération de séchage préliminaire doit être réalisée avant de procéder aux essais.

- Les câbles d'alimentation électrique seront déconnectés avant les essais.

Attention : déchargez les enroulements dès la mesure terminée, pour prévenir tout risque de choc électrique.

Si vous n'obtenez pas la valeur de résistance de référence, les enroulements sont trop humides et doivent être séchés en étuve à 90°C pendant 12 à 16 heures et ensuite à 105°C pendant 6 à 8 heures. Les éventuels bouchons de trou de purge et couvercles de la boîte à bornes doivent être retirés pendant le séchage en étuve.

Des contrôles d'isolement sur moteurs en service doivent être faits régulièrement : voir maintenance préventive.



Maintenance conditionnelle

Définition Afnor : maintenance subordonnée à un type d'événement prédéterminé (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure...)

La maintenance conditionnelle permet d'assurer le suivi en continu du matériel en service, et la décision d'intervention est prise lorsqu'il y a évidence expérimentale de défaut imminent, ou approche d'un seuil de dégradation prédéterminé.

Les mêmes outils peuvent être utilisés en maintenance conditionnelle et en maintenance systématique : l'exemple typique est celui des mesures et analyses de vibrations.

Conditions de mise en place

Deux conditions sont nécessaires :

- que le matériel s'y prête : existence d'une dégradation progressive et détectable,
- que le matériel soit suffisamment critique pour mériter cette forme de maintenance préventive qui est coûteuse.

Choix des paramètres mesurables

Les paramètres mesurables sont nombreux :

- pressions,
- débits,
- températures,
- niveau de vibrations et de bruits,
- fréquence de vibration,
- teneurs en résidus d'usure pour les lubrifiants,
- signatures électriques et magnétiques,
- extensométrie,
- etc.

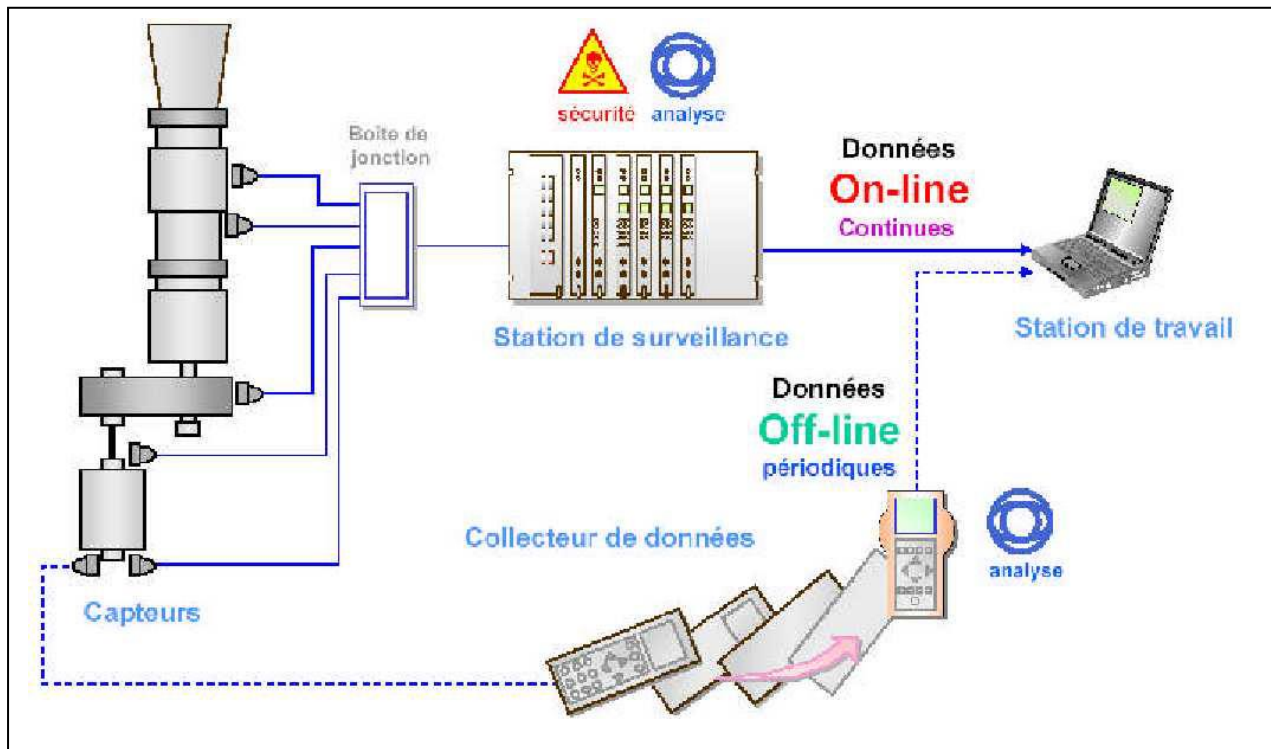
Détermination des seuils

Il est nécessaire de fixer un seuil d'alarme avant le seuil d'admissibilité. Une période d'expérimentation est nécessaire pour fixer ces seuils, en particulier le seuil d'admissibilité au-delà duquel un arrêt de fonctionnement s'impose.

Mesure et analyse de vibrations

En maintenance conditionnelle l'exemple le plus typique est celui des mesures et analyses de vibrations.

Des capteurs sont fixés sur les zones à surveiller ; les câblages passent par un transmetteur et les informations sont envoyées en continu à un point de surveillance qui peut être le pupitre d'un opérateur ou un écran spécifique en maintenance. Il y a généralement une ou deux alarmes (« alerte » + « danger »). Suivant le nombre de capteurs il y a simplement alarme, ou on peut faire une analyse spectrale à distance (ce qui est le plus intéressant lorsque l'équipement est difficile d'accès ou qu'il est éloigné du point de contrôle).



- On-line : il s'agit là de maintenance conditionnelle.
- Off-line : c'est de la maintenance systématique car les contrôles sont périodiques, bien que le moyen de base soit le même (mesure de vibrations).

Le câblage peut être interne à l'entreprise, ou le réseau téléphonique, ou on peut utiliser une liaison par satellite (solution utilisée par certaines plateformes pétrolières).

Notons que très souvent on double le suivi vibratoire par un suivi de température.

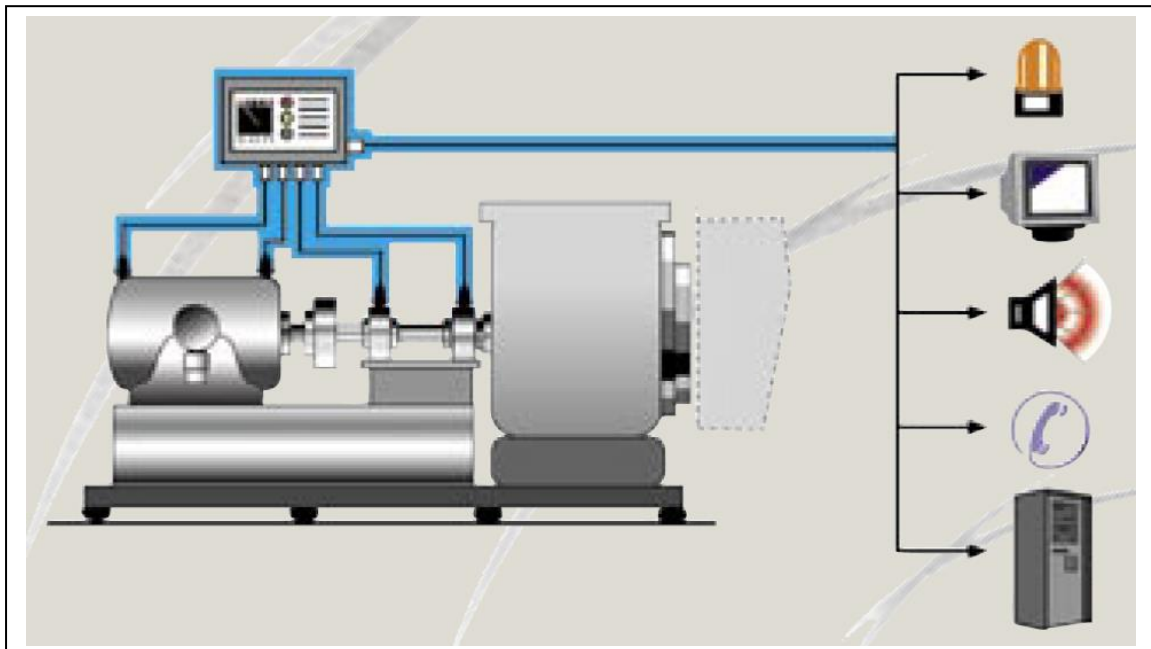
Un roulement peu graissé va commencer par engendrer des vibrations, mais un roulement trop graissé va chauffer et bleuir. Le résultat sera le même : des écaillages et une détérioration.

Suivi de roulements peu accessibles

Il existe parfois des applications où les roulements ne sont pas accessibles en marche. pour les contrôles classiques.

Le *MECASON* est inspiré du "mécano" qui utilise un tournevis collé à l'oreille appuyé sur la surface de la machine pour écouter les bruits internes.

Intégrant des capteurs acoustiques spécialement conçus pour cet usage, installés en permanence sur la surface de la machine et positionnés aussi proche que possible des organes mécaniques à surveiller (roulement, pignon, clapet, etc.), *MECASON* écoute et quantifie en continu le bruit interne émis par les organes essentiels de votre machine, signalant la dérive, bien avant la panne. Ainsi, mieux que de détecter l'approche d'une défaillance mécanique, le système permet généralement d'éviter la détérioration en suscitant une opération de maintenance précoce.



Le système met sous écoute permanente les machines, pour un budget compatible avec des machines de la centaine de kW et même moins. Surfranchissement de seuils, celui-ci vous invitera à effectuer une visite et probablement une intervention, une des machines "ne tournant pas comme d'habitude".

Il permet ainsi de limiter les interventions systématiques et surtout d'agir dès que nécessaire afin d'éviter la panne, et même généralement la dégradation.

Pour contrôler tous les points critiques d'une même machine, le boîtier électronique *MECASON* dispose de huit entrées. La surveillance est assurée par scrutation cyclique des différents capteurs.

Il existe des systèmes semblables avec accéléromètres (IFM par exemple).

Suivi des températures

Il existe de multiples moyens de suivre les températures par contact ou non.

En maintenance conditionnelle, le moyen le plus connu est le suivi de température sur moteur. Cela devrait être prévu sur tous les moteurs difficiles d'accès en marche.

Citons également le suivi de température par infra-rouge des boîtes d'essieux sur les lignes ferroviaires. Pour les TGV des systèmes informatiques permettent de suivre l'évolution dans le temps des boîtes d'essieux de chaque rame.

Maintenance systématique

	Page
Préalables.....	112
Schéma logique de maintenance préventive.....	115
Plan de maintenance préventive.....	116
Gammes de maintenance préventive.....	121
Auto-maintenance.....	124
Lubrification.....	129
Planification.....	153
Définition des opérations.....	157
Modes opératoires.....	236
Réalisation.....	280

Préalables

→ Sélectivité

Comme dans tout domaine il convient de faire de la sélectivité en maintenance préventive. Afin de ne pas surveiller inutilement des machines qui n'ont pas une importance capitale, on établit souvent le classement suivant.

- Machines **Vitales** : machines non doublées dont la panne entraîne l'arrêt de la production. Les frais et les délais de remise en état sont importants. Les pertes de production sont inacceptables.
- Machines **Importantes** : machines doublées ou non dont la panne entraîne une baisse sensible de production. Les frais et délais de remise en état sont importants . Les pertes de production aussi.
- Machines **Secondaires** : machines doublées ou dont une panne ne remet pas en cause les capacités de production.

→ Maintenance préventive sensorielle, ou « audio-visuelle »

Ils sont connus ces rats du métier qui disent flegmatiquement en passant à côté d'une machine « Il faudrait jeter un p'tit coup d'œil ici ». Mais il est vrai que cette perception humaine – **voir, écouter, toucher, sentir** – tend à disparaître avec les systèmes de gestions informatiques modernes. Comment en effet résumer le sensoriel dans ce genre de système ? Ces contrôles peuvent être réalisés par des mécaniciens et des électriciens, ou par des graisseurs qui connaissent bien, en principe, le bruit des paliers.

Avec l'expérience, nous avons découvert que ces contrôles sensoriels sont les plus importants. Si l'on ne veut faire qu'un minimum de maintenance préventive il faut alors au moins :

✚ Avoir une visite journalière d'une heure par un mécanicien, un électricien et peut-être un graisseur. Ces hommes doivent être toujours les mêmes.

✚ Veiller à bien identifier toutes les anomalies en marche deux ou trois jours avant un arrêt technique.

Bien sûr, si l'on réalise un plan de maintenance préventive complet, il faut garder ces contrôles quotidiens.

→ Nomenclature fonctionnelle

D'une manière générale, le classement du matériel est fonctionnel au regard de l'exploitation ; il se superpose avec les imputations comptables.

C'est au dernier niveau que sont définies les opérations de maintenance préventive ainsi que les pièces de rechange.

Note : dans les grosses usines, on peut intercaler la notion de SECTEUR entre USINE et ATELIER.

Atelier, Section ou Centre de frais

Le niveau de nomenclature correspond à une imputation comptable (de ce fait, grâce à la nomenclature, le coût de maintenance peut être imputé directement au prix de revient).

Chaîne d'Exploitation

Une chaîne d'exploitation est un ensemble homogène d'installations, machines et appareils dont l'usure ou la diminution de rendement est fonction du même nombre d'unités mises en œuvre (ou d'une fraction constante de cette quantité) dont l'unité caractérise le mieux l'utilisation (heures de marche, pièces, tonnes, etc.)

Ce classement par chaînes d'exploitation permet :

- de séparer les coûts fixes (matériels dont l'usure est liée au temps calendaire) des coûts variables (matériels dont l'usure est liée à l'utilisation), dans le domaine de la maintenance,
- de simplifier le suivi de l'utilisation du matériel,
- d'adapter la maintenance à cette utilisation (notamment la maintenance préventive),
- de faciliter la coordination et le regroupement des travaux lors d'un arrêt.

Unité d'intervention

Une unité d'intervention (communément appelée U.I.) est un ensemble d'organes ou d'appareils qui concourant à une fonction complète, mais limitée, de production.

En principe, une unité d'intervention comprend :

- Un organe de commande.
- Un organe moteur.
- Une transmission.
- Un organes, ou sous-ensemble de fonction.
- Des organes d'asservissement, de régulation et de contrôle (sauf dans le cas d'un asservissement d'une chaîne d'exploitation : dans ce cas, on fait une UI spécifique).

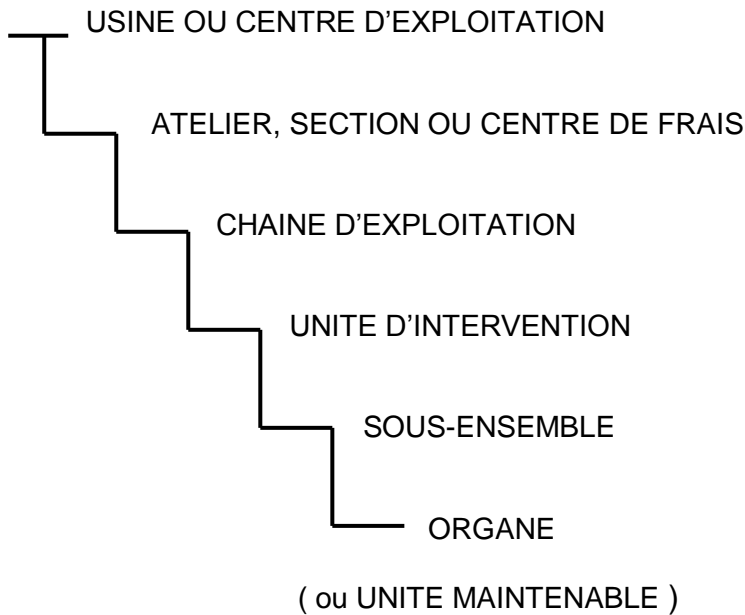
En général :

- le suivi des historiques et des coûts est fait au niveau des UI (le regroupement des coûts étant fait ensuite au niveau des chaînes d'exploitation et ateliers ou sections),
- les dossiers techniques sont faits par UI type.

Sous-ensemble et Organe

Ce sont des parties d'unités d'intervention. Leur identification permet de réaliser certains suivis et analyses techniques.

C'est à ce niveau que sont définies les opérations de maintenance préventive ?



→ Participation

Nos travaux dans de multiples entreprises, en France et à l'étranger, nous ont montré que c'est une erreur de vouloir faire participer tout le personnel de maintenance à la maintenance préventive.

Les 2 principales raisons, que nous avons découvertes, sont :

- Les techniciens et ouvriers (surtout mécaniciens) n'aiment pas remplir de rapports.
- Il est essentiel que le « visiteur » connaisse bien le matériel : son comportement, son niveau de bruit habituel, sa température, ses anomalies les plus courantes.

Sur ce plan, notre recommandation assez forte est :

- Un visiteur (partiel ou plusieurs) mécanicien attitré.
- Un visiteur (partiel ou plusieurs) électricien attitré.
- Eventuellement un visiteur graisseur attitré.

De ce fait, il ne faut pas avoir des gammes avec des photos de parties d'équipements, puisque les visiteurs connaissent très bien la technique et le matériel.

→ Responsabilisation

On pense parfois qu'il faut responsabiliser les ouvriers et techniciens en les laissant décider de ce qu'il faut contrôler sur un équipement. C'est un mauvais choix ; au contraire il faut être précis pour deux raisons :

- le principe même de la maintenance prédictive exige que l'on identifie chaque anomalie potentielle et que l'on suive son évolution ;
- très généralement, les ouvriers et techniciens demandent que l'on soit précis.

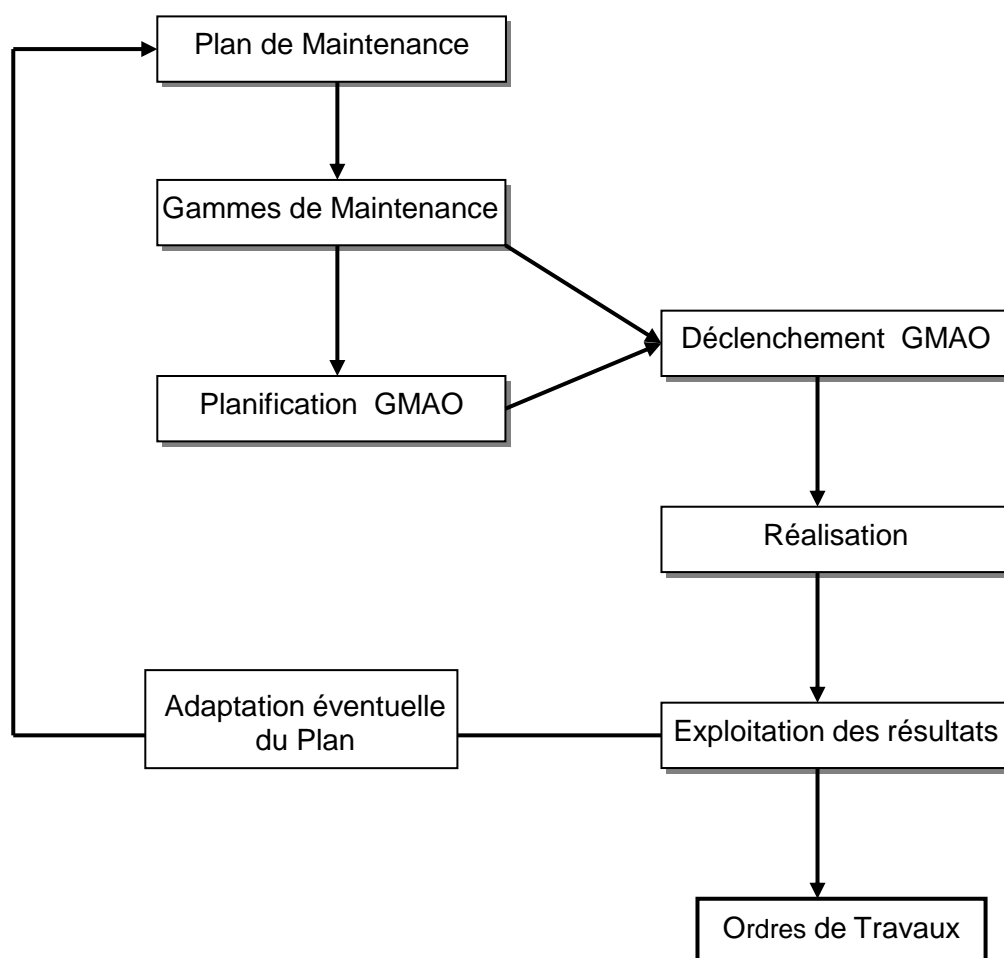
→ Choix des moyens

Avant de commencer, il est bien sûr nécessaire de décider quels moyens de contrôles non destructifs on va éventuellement utiliser.

→ Décision sur les arrêts techniques

Avant de commencer de réaliser le plan de maintenance préventif, il y a intérêt à examiner toutes les possibilités d'arrêts techniques car certains contrôles doivent être faits à l'arrêt de même que les réparations. Il faut utiliser toutes les possibilités offertes par l'exploitation : changements d'outillages, nettoyages, etc..

Schema logique de maintenance préventive



Dans la définition de la maintenance préventive, nous incluons des contrôles, visites et interventions de maintenance effectuées préventivement.

La maintenance préventive s'oppose en cela à la maintenance corrective déclenchée par des perturbations ou par les événements, et donc subie par la Maintenance.

La maintenance préventive comprend :

- les contrôles ou visites,
- les expertises, les opérations et les remplacements effectués à la suite des contrôles, visites, surveillances.
- les remplacements systématiques,
- la maintenance conditionnelle,
- la lubrification-graissage,
- le nettoyage.

Plan de maintenance préventive

Nous proposons la mise en place de la forme moderne de maintenance préventive : la **Maintenance Prédictive** :

» On détermine l'état d'un organe par une visite faite selon un échéancier défini.

L'état est mesuré par une valeur (épaisseur, température, intensité, etc.) ou par une appréciation visuelle :

1. RAS
2. Début de dégradation
3. Dégradation avancée
4. Danger

Il comprend également les opérations de lubrification.

Ce plan de maintenance préventive est établi avec le **tableur Excel**. On peut parfois un plan de maintenance mécanique et un plan de maintenance électrique suivant l'organisation de l'entreprise.

Le Plan de Maintenance Préventive est à la fois :

- Un document de travail : c'est l'outil qui permet de lister les opérations de maintenance préventive en passant en revue systématiquement tous les organes concernés.
- Un document de synthèse, car il rassemble d'une manière permanente toutes opérations de maintenance préventive, indépendamment des documents de réalisation.

Dans l'ordre de la nomenclature du matériel, le plan de maintenance définit par unité maintenable (organe ou ensemble d'organes) les opérations à réaliser :

- ✓ Descriptif de chaque opération (mesurer – contrôler – évaluer – faire) ; dans les opérations sont compris le graissage, les nettoyages.
- ✓ Valeur de référence éventuellement
- ✓ Situation du matériel (Marche – Arrêt)
- ✓ Périodicité ou Intervalle calendaire
- ✓ Durée
- ✓ Corps de métier (dont les opérateurs)
- ✓ Nombre d'intervenants
- ✓ Consignes de sécurité
- ✓ Mode opératoire éventuellement

Pour l'organisation il est souhaitable que :

Chaque périodicité soit un multiple de la périodicité inférieure (ex : 600 – 1800 – 3600 – 7200 h) dans l'année.

Ou mieux que chaque intervalle calendaire soit multiple de l'intervalle inférieur (ex : 1 jour, 1 sem, 2 sem. 1 mois, 3 mois, 6 mois, 12 mois)

Nous proposons des standards de maintenance préventive pour des organes types, ce qui permet de gagner beaucoup de temps dans l'établissement du Plan.

Nous vous proposons ci-après des standards de maintenance préventive pour des organes types.

- ✓ Ces standards sont établis pour une dureté de service moyenne ; si elle était élevée il faudrait alors diminuer les périodicités.
- ✓ Les périodicités sont calendaires ; elles pourraient être converties en taux d'usure (heures de marche ou nombres d'unités produites) en considérant que 1 an équivaut à 7 000 heures (avec un taux de 20 % d'arrêts divers par an).

✓ Les significations des différentes abréviations sont les suivantes :

I :c'est le type d'intervention (visite), soit :

V : mesurer d'une valeur (jeu, dB, vibration, T°C,...)

E : estimation d'un état, soit : 1 = RAS

2 = début de dégradation

3 = dégradation avancée

4 = danger

C : contrôle ; exemple contrôle d'un accouplement : on démonte et on vérifie l'état des tampons que l'on remplace immédiatement si nécessaire.

F : il s'agit de « faire » ; exemples : graisser, vidanger, remplacer, etc.

Csg :cela concerne la consignation nécessaire, soit :

E : consignation électrique ;

H : consignation hydraulique (en plus de la consignation électrique)

M : consignation mécanique (en plus de la consignation électrique)

P : consignation pneumatique (en plus de la consignation électrique)

Min :temps net en minutes pour l'opération ; une majoration pour déplacements est ajoutée quand toutes les opérations sont entrées dans la gamme.

Nb :nombre d'intervenants.

Mét. :corps de métiers, soit pour les gammes suivantes :

ME ou **EM** : mécanicien ou électromécanicien

VS : technicien spécialisé pour certains CND comme mesures de vibrations, suivis des analyses d'huile, mesures avec appareils US, etc.

FA : opérateur ou rondier de fabrication

GR : graisseur

SP : spécialiste

RE : technicien de régulation (instrumentiste)

AG : organisme agréé

EL : électricien

APM : intervention à l'**Arrêt**, en **Marche** ou en **Arrêt Partiel** (pendant un changement d'outillage par exemple)

Périod. : nombre de semaines, mois ou années (toujours sous-multiples ou multiples de 12 mois, pour pouvoir reconduire les plannings annuels.

U :semaine, mois, ou année.

PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE : MPS												
N°	Opérations	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Péri.	U	Fiche	
	Chariot de compression											
	Guide du poussoir											
	Contrôler l'étanchéité du motoréducteur		C	E	1	1	ME	A	1	M		1MEA1M
	Vidanger le réducteur		F	E		1	GR	A	1	A		1GRA1A
	Moteur : vérifier la plaque à bornes et les connexions.	M	C	E	10	1	EL	A	2	A		1ELA2A
	Moteur : mesurer le niveau de bruit des roulements	< 65 db	V		5	1	ME	M	3	M		1MEM3M
	Moteur : vérifier l'état (propreté carcasse/grille) souffler nettoyer.		C	E	10	1	EL	A	3	M		1ELA3M
	Evaluer l'usure des chaînes 1/2"		E	E	3	1	ME	A	3	M		1MEA3M
	Graisser les chaînes 1/2"						GR					GR
	Graisser les paliers		F				GR					GR
	Contrôler les paliers linéaires		F	E	3	1	ME	A	3	M		1MEA3M
	Graisser les paliers linéaires						GR					GR
	Contrôler les roues de guidage		C	E	3	1	ME	A	3	M		1MEA3M
	Vérifier s'il n'y a pas de bruit inhabituel, si les mouvements sont sans saccade		C		1	1	ME	M	1	M		1MEM1M
	Poussoir											
	Contrôler l'étanchéité du motoréducteur		C	E	1	1	ME	A	1	M		1MEA1M
	Vidanger le réducteur		F	E		1	GR	A	1	A		1GRA1A
	Moteur : vérifier la plaque à bornes et les connexions.	M	C	E	10	1	EL	A	2	A		1ELA2A
	Moteur : mesurer le niveau de bruit des roulements	< 65 db	V		5	1	ME	M	3	M		1MEM3M
	Moteur : vérifier l'état (propreté carcasse/grille) souffler nettoyer.		C	E	10	1	EL	A	3	M		1ELA3M
	Courroies crantées AT20-50 : contrôler la tension et régler si nécessaire.		C	E	4	1	ME	A	1	M		1MEA1M
	Courroies crantées AT20-50 : évaluer l'usure.		E	E	2	1	ME	A	1	M		1MEA1M
	Graisser les paliers		F				GR					GR
	Contrôler les roues de guidage		C	E	3	1	ME	A	1	M		1MEA1M
	Evaluer l'état des butées caoutchouc (4)		E	E	3	1	ME	A	3	M		1MEA3M
	Contrôler l'usure des guides		E	E	3	1	ME	A	3	M		1MEA3M
	Vérifier s'il n'y a pas de bruit inhabituel, si les mouvements sont		C		1	1	MF	M	1	M	

Pour les cellules de cette colonne nous proposons d'appliquer la fonction »CONCATENER» de Excel : assembler plusieurs chaines de caractères de façon à n'en former qu'une. Il s'agit ici des caractères Nb, Mét, APM, Péri., U.
Quand une cellule est activée, il suffit de tirer vers le bas pour que toutes les cellules le soient. Vérifiez rapidement que tous les caractères se touchent.

T10										=CONCATENER(N10;O10;P10;Q10;R10)										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE : MPS																			
2	N°	Opérations								Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Péri.	U	Fiche	
3		Chariot de compression																		
4		Guide du poussoir																		
5		Contrôler l'étanchéité du motoréducteur									C	E	1	1	ME	A	1	M		1MEA1M
6		Vidanger le réducteur									F	E		1	GR	A	1	A		1GRA1A
7		Moteur : vérifier la plaque à bornes et les connexions.								M	C	E	10	1	EL	A	2	A		1ELA2A
8		Moteur : mesurer le niveau de bruit des roulements								< 65 db	V		5	1	ME	M	3	M		1MEM3M
9		Moteur : vérifier l'état (propreté carcasse/grille) souffler nettoyer.									C	E	10	1	EL	A	3	M		1ELA3M
10		Evaluer l'usure des chaines 1/2"									E	E	3	1	ME	A	3	M		1MEA3M
11		Graisser les chaines 1/2"													GR					GR
12		Graisser les paliers									F				GR					GR
13		Contrôler les paliers linéaires									F	E	3	1	ME	A	3	M		1MEA3M
14		Graisser les paliers linéaires													GR					GR
15		Contrôler les roues de guidage									C	E	3	1	ME	A	3	M		1MEA3M
16		Vérifier s'il n'y a pas de bruit inhabituel, si les mouvements sont sans									C		1	1	ME	M	1	M		1MEM1M
17		Poussoir																		
18		Contrôler l'étanchéité du motoréducteur									C	E	1	1	ME	A	1	M		1MEA1M
19		Vidanger le réducteur									F	E		1	GR	A	1	A		1GRA1A
20		Moteur : vérifier la plaque à bornes et les connexions.								M	C	E	10	1	EL	A	2	A		1ELA2A
21		Moteur : mesurer le niveau de bruit des roulements								< 65 db	V		5	1	ME	M	3	M		1MEM3M
22		Moteur : vérifier l'état (propreté carcasse/grille) souffler nettoyer.									C	E	10	1	EL	A	3	M		1ELA3M
23		Courroies crantées AT20-50 : contrôler la tension et régler si									C	E	4	1	ME	A	1	M		1MEA1M
24		Courroies crantées AT20-50 : évaluer l'usure.									E	E	2	1	ME	A	1	M		1MEA1M
25		Graisser les paliers									F				GR					GR
26		Contrôler les roues de guidage									C	E	3	1	ME	A	1	M		1MEA1M
27		Evaluer l'état des butées caoutchouc (4)									E	E	3	1	ME	A	3	M		1MEA3M
28		Contrôler l'usure des guides									E	E	3	1	ME	A	3	M		1MEA3M
29		Vérifier s'il n'y a pas de bruit inhabituel, si les mouvements sont sans									C		1	1	ME	M	1	M		1MEM1M
30		Chambre de compression																		
31		Lances																		
32		Contrôler l'étanchéité du motoréducteur									C	E	1	1	ME	A	1	M		1MEA1M
33		Vidanger le réducteur									F	E		1	GR	A	1	A		1GRA1A
34		Moteur : vérifier la plaque à bornes et les connexions.								M	C	E	10	1	EL	A	2	A		1ELA2A
35		Moteur : mesurer le niveau de bruit des roulements								< 65 db	V		2	1	ME	M	3	M		1MEM3M
36		Moteur : vérifier l'état (propreté carcasse/grille) souffler nettoyer.									C	E	10	1	EL	A	3	M		1ELA3M
37		Graisser les paliers									F				GR					GR

On peut connaître les temps totaux des visiteurs en créant des tableaux « Mécanique à l'arrêt », « Mécanique en marche », etc... La deuxième colonne applique la fonction « SOMME.SI » de Excel : additionne des cellules spécifiées selon un certain critère. Les cellules sont celles de la colonne M et les critères ceux de la colonne T correspondant à ceux de la première colonne du tableau. Un facteur multiplicateur pour l'année est appliqué pour l'année selon la périodicité, à la 3^{ème} colonne.

Plan de maintenance [Mode de compatibilité] - Microsoft Excel utilisation non commerciale

Fichier Accueil Insertion Mise en page Formules Données Révision Affichage

Coller Presse-papiers Police Alignement Nombre Style Cellules Édition

V11 =SOMME.SI(T:T;"1MEA1M";M:M)

PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE : MPS										Mécanique à l'arrêt			Mécanique en marche			Electricité à l'arrêt				
N	Opérations	Valeur	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Péri.	U	Fiche	M	x	Par an	Min	x	Par an	Min			
1											1ME, Arrêt, 3M	10	4	4004	1S	0	1EL, Arrêt, 2A	2230		
2											1ME, Arrêt, 1A	0	1	0	1ME, Marche, 3M	962	4	3848		
3											1ME, Arrêt, 2A	0	26	0	1ME, Marche, 1M	273	12	3276		
4											1ME, Arrêt, 2M	0	6	0	1ME, Marche, 48s	0	0	1EL, Arrêt, 6M	0	
5											1ME, Arrêt, 6S	5	9	477	1ME, Marche, 96s	0	0	1EL, Arrêt, 1A	2400	
6											1ME, Arrêt, 12S	8	4,50	369	1ME, Marche, 12s	0	0	1EL, Arrêt, 3A	0	
7											1ME, Arrêt, 2M	0	6,00	0						
8											1ME, Arrêt, 1M	8,23	12,00	9876						
9											2ME, Arrêt, 1A	0	1,00	0						
10											2ME, Arrêt, 2A	0	1,00	0						
11											1ME, Arrêt, 4M	0	3,00	0						
12											1ME, Arrêt, 18S	1032	3,00	3096						
13											TOTAL	17822					TOTAL	7124		
14											Nb Hrs	297					Nb Hrs	119		
15																				
16																				
17																				
18																				
2661	Convoyeur 10																			
2662	Contrôler l'étanchéité du motoréducteur SEW SA57DT90L4										C	E	1	1	ME	A	18	S	M80	1MEA18S
2663	Vidanger le réducteur										F	E	1	1	GR	A	1	A	M85	1GRA1A
2664	Moteur : vérifier la plaque à bornes et les connexions.										C	E	10	1	EL	A	2	A	M85	1ELA2A
2665	Moteur : mesurer le niveau de bruit des roulements										V	5	1	ME	M	3	M	M78	1MEM3M	
2666	Moteur : vérifier l'état (propreté carcasse/grille) souffler nettoyer.										C	E	10	1	EL	A	1	A	M88	1ELA1A
2667	Evaluer l'usure de la bande										E	E	2	1	ME	A	18	S	M80	1MEA18S
2668	Evaluer la tension de la bande										C	E	2	1	ME	A	18	S	M80	1MEA18S
2669	Graisser les paliers														GR				GR	
2670	Contrôler l'état du tambour moteur										E	E	2	1	ME	A	18	S	M80	1MEA18S
2671	Contrôler l'état du tambour de queue										E	E	2	1	ME	A	18	S	M80	1MEA18S
2672	Vérifier s'il n'y a pas de bruit inhabituel, si les mouvements sont sans										C		1	1	ME	M	1	M	M79	1MEM1M
2673	Convoyeur 11																			
2674	Contrôler l'étanchéité du motoréducteur SEW SA57DT90L4										C	E	1	1	ME	A	18	S	M80	1MEA18S
2675	Vidanger le réducteur										F	E	1	1	GR	A	1	A	M85	1GRA1A
2676	Moteur : vérifier la plaque à bornes et les connexions.										C	E	10	1	EL	A	2	A	M85	1ELA2A
2677	Moteur : mesurer le niveau de bruit des roulements										V	5	1	ME	M	3	M	M78	1MEM3M	
2678	Moteur : vérifier l'état (propreté carcasse/grille) souffler nettoyer.										C	E	10	1	EL	A	1	A	M88	1ELA1A
2679	Evaluer l'usure de la bande										E	E	2	1	ME	A	18	S	M80	1MEA18S
2680	Evaluer la tension de la bande										C	E	2	1	ME	A	18	S	M80	1MEA18S
2681	Graisser les paliers														GR				GR	

Le chiffage peut se faire en cours d'élaboration du plan. C'est le cas ici puisque des cases sont vides. A la fin il faut majorer le total de 15% pour tenir compte des déplacements entre contrôles. Si le chiffre est trop élevé face aux moyens possibles il faut reprendre les périodicités (non les opérations) tout en veillant à ce que chaque périodicité soit un sous-multiple ou un multiple de 12 mois.

Prêt

75 %

17:02 08/10/2016

Gammes de maintenance préventive

Une gamme de maintenance est établie à partir du plan de maintenance préventive en faisant un « copier-coller » des opérations :

- de même périodicité ou intervalle calendaire,
- à faire dans la même situation du matériel (marche ou arrêt)
- par un même corps de métier,
- avec un même nombre de personnes.

A chaque fois le numéro de la gamme est inscrit dans la colonne « fiche ».

En général, on fait en sorte que la durée d'une gamme corresponde à celle d'un arrêt programmé, ou à la journée de travail, ou demi-journée de travail (afin de bien occuper le personnel) pour une réalisation par du personnel de maintenance.

Mais attention, le total des temps calculés de la gamme doit être majoré pour tenir compte des déplacements entre opérations (0% pour une opérations, 10 à 20% pour plusieurs opérations).

La forme de gamme que nous proposons est en format paysage ; elle est vraiment prévue pour de la maintenance prédictive. En effet on peut suivre un état dans le temps, avec 8 colonnes.

Si le plan de maintenance préventive est important, on peut demander à un informaticien connaissant bien Excel de faire un programme pour créer les gammes automatiquement à partir du Plan. Mais ce travail informatique demande du temps.

M04	N°	Périod.	M/A	Pers.		Hrs	Nom					Quand les transferts sont faits et que l'on a calculé le temps pour la gamme, on doit masquer les 7 Colonnes ci-après pour obtenir la gamme sous sa forme définitive (page suivante).				
	M04	3M	A	1	ME	2	Temps en hrs									
GAMME PREVENTIVE						Atelier MPS					Jour				Mois . An	
N°	Opérations						Valeur	I	Csg	Min	Nb				Mét.	APM
1																
5	Mettre la machine en sécurité et placer son cadenas. Prévenir l'opérateue.															
6																
4																
5	MACHINE MULTIPACK 3															
6	Convoyeur d'entrée et croix de retournement N°101 et 102															
7	Contrôler l'état des rouleaux							E	E	2	1	ME	A	3	M	
8	Convoyeur à butées N°103															
9	Evaluer l'usure des bandes							E	E	2	1	ME	A	3	M	
10	Evaluer la tension des bandes							C	E	2	1	ME	A	3	M	
11	Convoyeur à butées N°104															
12	Evaluer l'usure des bandes							E	E	2	1	ME	A	3	M	
13	Evaluer la tension des bandes							C	E	2	1	ME	A	3	M	
14	Accumulateur															
15	Convoyeur 105															
16	Evaluer l'usure de la bande							E	E	2	1	ME	A	3	M	
17	Evaluer la tension de la bande							C	E	2	1	ME	A	3	M	
18	Contrôler l'état des rouleaux							C	E	2	1	ME	A	3	M	
19	Bandes supérieures N°108															
20	Evaluer l'usure des bandes							E	E	2	1	ME	A	3	M	
21	Evaluer la tension de la bande							C	E	2	1	ME	A	3	M	
22	Contrôler les roues de guidage des bandes : usure et position							C	E	4	1	ME	A	3	M	
23	Contrôler les roues de guidage en PUR, et régler le jeu si néc par excentrique							C	E	4	1	ME	A	3	M	
24	Poussoir d'alimentation N°109															
25	Evaluer l'usure de la bande							E	E	2	1	ME	A	3	M	
26	Evaluer la tension de la bande							C	E	2	1	ME	A	3	M	
27	Contrôler les roues de guidage montée/descente (12)							C	E	4	1	ME	A	3	M	
28	Contrôler l'usure des guides							C	E	4	1	ME	A	3	M	
Si I=V ; Noter la valeur																
Si I=F : 1 = Travail effectué 4 = Travail à faire																
Si I = E : 1 = RAS 2 = Début de dégradation 3 = Dégradation avancée 4 = Intervention immédiate																
Si I = C : 1 = Vu 2 = Remise en état à prévoir 4 = Urgence																

Quand les transferts sont faits et que l'on a calculé le temps pour la gamme, on doit masquer les 7 Colonnes ci-après pour obtenir la gamme sous sa forme définitive (page suivante).

		N°	Périod.	M/A	Pers.		Hrs			Nom								
		M04	3M	A	1	ME	2			Temps en hrs								
GAMME PREVENTIVE							Atelier MPS			Jour								
										Mois . An								
N°	Opérations								Valeur	I								
1	Mettre la machine en sécurité et placer son cadenas. Prévenir l'opérateue.																	
5																		
6																		
4																		
5	MACHINE MULTIPACK 3																	
6	Convoyeur d'entrée et croix de retournement N°101 et 102																	
7	Contrôler l'état des rouleaux									E								
8	Convoyeur à butées N°103																	
9	Evaluer l'usure des bandes									E								
10	Evaluer la tension des bandes									C								
11	Convoyeur à butées N°104																	
12	Evaluer l'usure des bandes									E								
13	Evaluer la tension des bandes									C								
14	Accumulateur																	
15	Convoyeur 105																	
16	Evaluer l'usure de la bande									E								
17	Evaluer la tension de la bande									C								
18	Contrôler l'état des rouleaux									C								
19	Bandes supérieures N°108																	
20	Evaluer l'usure des bandes									E								
21	Evaluer la tension de la bande									C								
22	Contrôler les roues de guidage des bandes : usure et position									C								
23	Contrôler les roues de guidage en PUR, et régler le jeu si néc par excentrique									C								
24	Poussoir d'alimentation N°109																	
25	Evaluer l'usure de la bande									E								
26	Evaluer la tension de la bande									C								
27	Contrôler les roues de guidage montée/descente (12)									C								
28	Contrôler l'usure des guides									C								
Si I=V ; Noter la valeur																		
Si I=F : 1 = Travail effectué 4 = Travail à faire																		
Si I = E : 1 = RAS 2 = Début de dégradation 3 = Dégradation avancée 4 = Intervention immédiate																		
Si I = C : 1 = Vu 2 = Remise en état à prévoir 4 = Urgence																		

Auto-maintenance

(Souvent appelée TPM)

Les travaux devenant de moins en moins manuels mais de plus en plus de conduite et surveillance, il est raisonnable d'envisager un partage des tâches de maintenance entre les personnels de Maintenance et Fabrication.

Les avantages que l'on peut en retirer sont :

- sur le plan humain, un enrichissement des tâches des opérateurs ;
- sur le plan économique :
 - une meilleure surveillance du matériel,
 - des opérations de surveillance, ou préventives, moins coûteuses,
 - certains temps d'intervention réduits,
 - une meilleure assistance au diagnostic lors des pannes,
 - une assistance à certaines interventions, évitant ainsi le déplacement d'un binôme Maintenance.

Les tâches que l'on peut confier au personnel de Fabrication sont :

- ✓ les travaux de 1^{er} niveau :
réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'organes accessibles sans aucun démontage d'équipement ou échange d'éléments accessibles en toute sécurité.
- ✓ les travaux de 2^{ème} niveau :
dépannages par échange standard d'éléments prévus à cet effet ou **d'opérations mineures de maintenance préventive**.
- ✓ l'assistance nécessaire lorsqu'un agent de maintenance a besoin d'être secondé ; on évite ainsi le déplacement systématique d'un « binôme maintenance » à chaque intervention.

Mais attention :

- Il faut que les tâches confiées aux opérateurs de fabrication soient bien identifiées et bien formalisées, ne serait-ce que pour des raisons de sécurité ; il ne s'agit pas de faire n'importe quoi.

Pour ce faire, il est souhaitable de réaliser un « manuel opérateur » :

- descriptif concis de la machine,
- consignes de fabrication :
 - . mise en chauffe,
 - . mise en marche,
 - . conduite,
 - . arrêt et mise en sommeil.
- consignes de réglage,
- auto-contrôle qualité, et même vitesse ou cadence machine,
- consignes de maintien en l'état de la machine (préventif)
- aides aux dysfonctionnements (petits dépannages)
- La prise en charge de tâches de maintenance nécessite des formations ponctuelles, mais rapides et fréquentes du personnel de fabrication.
- Les opérations prises en charge par la Fabrication doivent être suivies dans les coûts et les historiques de maintenance (notamment les suivis de maintenance préventive)
- Cette prise en charge ne doit pas aboutir à la constitution de petites équipes d'entretien dépendant de la Fabrication. En effet, dans ce cas, on n'atteint pas les objectifs recherchés, et le résultat obtenu va à l'encontre de l'optimisation des moyens.

Ce partage de tâches Maintenance / Fabrication est grandement facilité par la prise en compte de la maintenance au stade de la conception des matériels, car on peut alors penser « conception modulaire » pour faciliter le remplacement d'organes

On constate trop souvent que l'auto-maintenance est bien décrite et bien formalisée, que les opérateurs remplissent les tableaux de suivis, mais que les opérations prévues ne sont pas faites.

De fait il faut que l'exploitation soient bien partie prenante ; le fait de participer à des réunions demandées par la maintenance ne suffit pas. Il est impératif que l'auto-maintenance (TPM) soit contrôlée par les chefs d'équipe.

Nous donnons ci-après deux exemples.

1^{er} exemple

Il s'agit d'un poste à souder que l'on rencontre dans l'industrie ferroviaire, la construction d'autocars, de navires, etc.

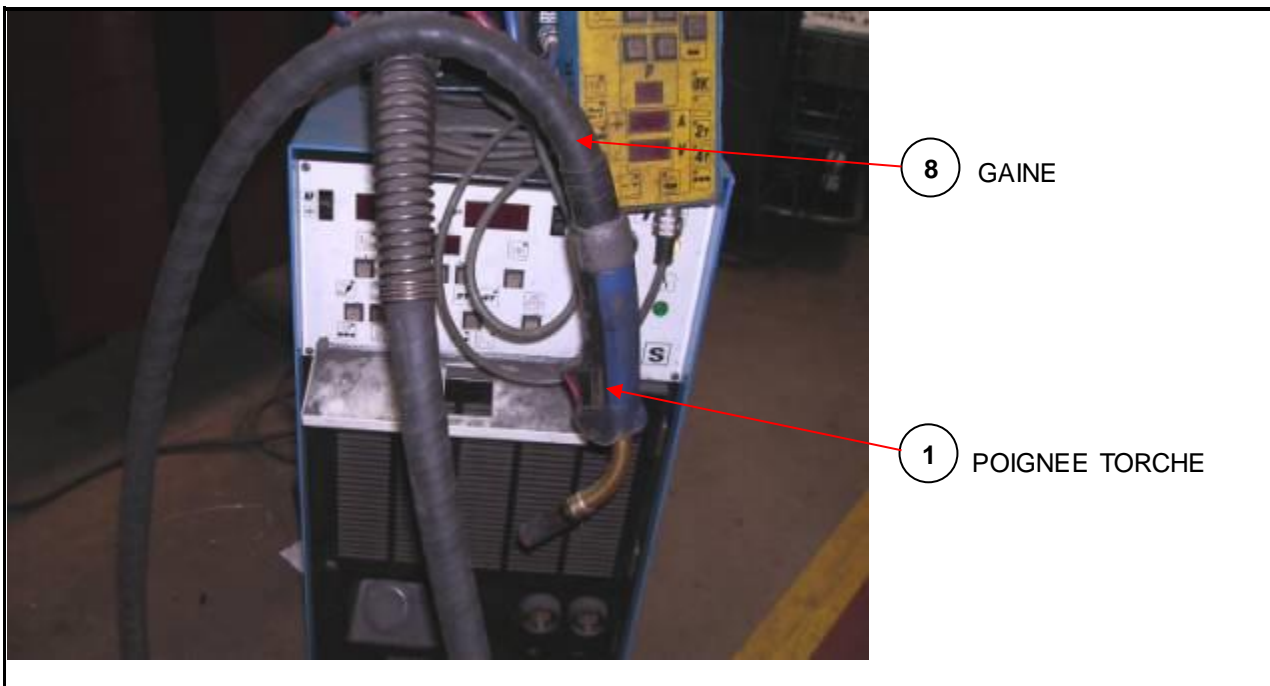
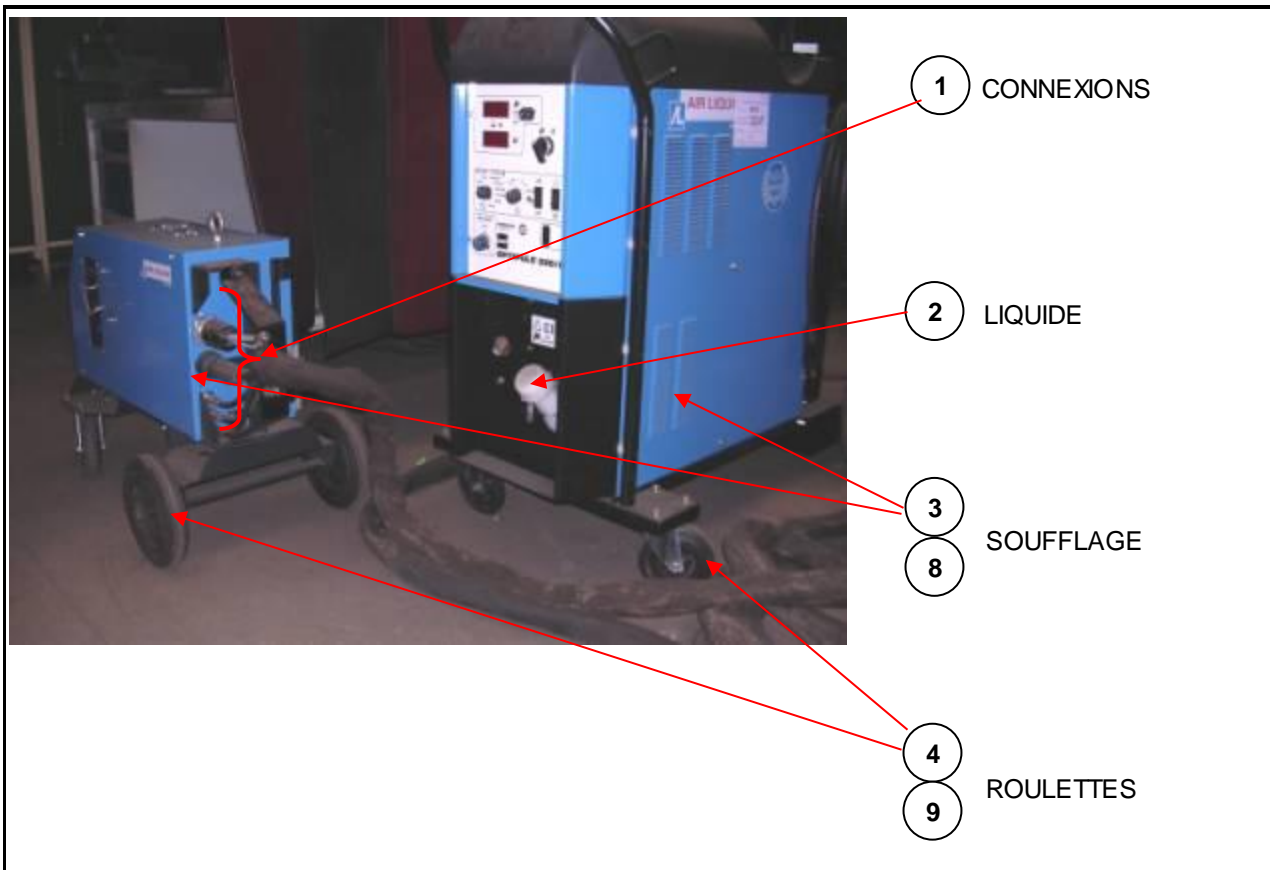
Ce poste à souder est personnalisé, ce qui est une garantie pour la réalisation des opérations préventives.

2^{ème} exemple

Il s'agit d'une cimenterie avec des rondiers de fabrication. C'est la Production elle-même qui a demandé à ce qu'ils fassent des contrôles de maintenance préventive.

POSTE A SOUDER

FICHE TECHNIQUE n°1 (FT1)



Modification	Date	Indice	Mise à jour	Validation

FICHE D'ENREGISTREMENT DES OPERATIONS DE NIVEAU 1																	
BATIMENT :			N°INVENTAIRE POSTE : / DEVIDOIR:														
SEMAINE : _____																	
			N° Poinçon														
			Lundi			Mardi			Mercredi			Jeudi			Vendredi		
N°	Opération		M	AM	N	M	AM	N	M	AM	N	M	AM	N	M	AM	N
	Poste à souder																
1	Contrôle des connexions ? FT1																
2	Faire l'appoint en liquide de refroidissement? FT1																
3	Soufflage du poste à souder? FT1																
4	Contrôle de l'état des roulettes? FT1																
	Dévidoir																
5	Contrôle des raccords torche? FT2																
6	Contrôle de l'axe bobine? FT2																
7	Contrôle de l'état des galets? FT2																
8	Soufflage du dévidoir? FT1																
9	Contrôle de l'état des roulettes? FT1																
	Torche																
10	Contrôle de la gaine? FT1																
11	Contrôle de la poignée? FT1																
Remarque: Lors du remplacement du fil, veuillez à ce qu'il soit dégagé de 30 cm par rapport à la gaine au niveau de la torche																	



RONDES CRU-CARRIERE Poste A		S :						
PLANCHER DELAYEURS		L	M	M	J	V	S	D
Contrôle délayeurs :								
* Contrôler la T° réducteur								
* Contrôler si pas de bruit anormal (moteur , réducteur , chaînes ...)								
* Contrôler les tôles de recouvrement délayeurs								
* Contrôler visuellement le passage de pâte aux grilles								
* Contrôler état général des sectionneurs								
Contrôle des Hazemaq								
* Contrôler si pas de bruit anormal								
* Contrôler la température des paliers								
* Contrôler les vibrations anormales								
* Contrôler si évacuations eau bouchées								
* Contrôler l'étanchéité des portes								
Contrôle des consommables ou pièces de rechange								
* Contrôler si présence de palettes de TPP sur le plancher								
* Contrôler si présence de palette de toiles de tamis								
* Contrôler si présence de manilles (petites et grandes)								
* Contrôler si bac mitrilles à vider								
* Contrôler si présence d'échelles sur le plancher (placées sur leur support)								
LES CUVES								
* Contrôler compressage								
* Contrôler si pas de repassage aux vannes de remplissage								
* Contrôler si pas de fuites								
* Contrôler l'état général du béton (fissures...)								
LES BASSINS								
* Contrôler compressage (tuyaux bouchés , vannes HS...)								
* Contrôler le mélangeur , galet , vibrations....								
* Contrôle visuel de la pâte (viscosité , humidité , couleur homogène...)								
* Contrôler goulottes de répartition de la pâte								
* Contrôler le rail								
LES AJOUTS								
Contrôle délayeurs :								
* Contrôler la T° réducteur								
* Contrôler si pas de bruit anormal (moteur , réducteur , dans le délayeur...)								
* Contrôler les tôles de recouvrement délayeurs								
* Contrôler visuellement le passage de pâte aux grilles								
* Contrôler état général des sectionneurs								
Contrôle des tamis								
* Contrôler étanchéité des portes								
* Contrôler visuellement la pâte finie au bac sortie tamis (cailloux ?)								
* Contrôler vannes manuelles eau								

Lubrification

Produits lubrifiants

Frottement

Les surfaces présentent toujours un grand nombre d'aspérités.

Quand les surfaces glissent l'une sur l'autre :

- les aspérités s'accrochent entre elles et se brisent ;
- les aspérités d'une surface dure labourent une surface plus tendre ;
- les aspérités portées à haute température peuvent se coller ou se souder, ce qui conduit à des arrachements importants.

Rôle des lubrifiants

Un lubrifiant a plusieurs rôles :

1. Lubrifier

C'est bien sûr le rôle principal d'un lubrifiant, et c'est celui qui est le plus perceptible.

2. Refroidir

Le lubrifiant permet d'évacuer la chaleur produite par le frottement ou provenant d'une source extérieure.

3. Protéger

Bien entendu le lubrifiant protège contre la rouille et la corrosion.

4. Nettoyer

Le lubrifiant agit comme un filtre à particules en piégeant les particules provenant :

- soit de l'usure du matériel (les analyses d'huile permettent de mesurer celle-ci)
- soit de la pollution externe.

5. Assurer l'étanchéité

Il forme un matelas de protection et visqueux entre les pièces mécaniques.

Additifs des lubrifiants

Très généralement aux lubrifiants de base sont ajoutés des additifs qui ont une grande importance. Les principaux additifs utilisés sont les suivants.

Anti-usure, Extrême pression

Comme le nom l'indique, ces additifs augmentent la résistance à l'usure et aux pressions. Ils sont couramment employés.

Anti-oxydants

Sous l'action du temps, de l'oxygène, de la température, des particules d'usure métalliques, les huiles se détériorent en s'oxydant. Les additifs anti-oxydants réduisent cette détérioration en détruisant les produits d'oxydation et en neutralisant les catalyseurs métalliques présents.

Anti-corrosion

Ces additifs complètent l'action des anti-oxydants. Ils ont pour but d'empêcher le passage de métaux dans l'huile, en passivant les surfaces métalliques.

Par ailleurs, ces produits contiennent des additifs polaires qui augmentent la protection contre la rouille.

Anti-mousse

L'air qui se sépare de l'huile s'accumule à la surface pour former des bulles qui constituent la mousse. Cette mousse favorise l'oxydation de l'huile. Pour détruire cette mousse, on utilise des silicones en faibles quantités (5 à 20 ppm).

Améliorants d'indice de viscosité.

Dans certains cas, le matériel doit fonctionner à des températures différentes. Il se posent alors des problèmes de démarrage (entre l'été et l'hiver).

Si l'on ajoute à une huile fluide (permettant donc un démarrage facile) un composé de masse moléculaire élevée (un polymère), la présence de celui-ci freinera le mouvement des molécules et l'huile sera épaissie. Mais cet effet épaississant ne sera pas le même à froid (plus faible) qu'à chaud (plus élevé). L'indice de viscosité est donc augmenté dans ce cas.

Abaisseurs de point d'écoulement

Ils concernent les comportements à basses températures, c'est-à-dire entre -10°C et -50°C.

Pour toutes les huiles, tendance naphténique ou paraffinique, les additifs abaisseurs de point d'écoulement donnent une fluidité suffisante aux huiles jusqu'à -30°C ou -40°C.

Détergents

Dans certaines applications (essentiellement des huiles de travail) on peut être amenés à ajouter des détergents pour nettoyer les tuyauteries en permanence.

Remarque

De plus en plus les « additifs » utilisés sont multifonctionnels.

Caractéristiques des lubrifiants

Les caractéristiques des huiles sont normalisées, mais il y a plusieurs organismes de normalisation avec autant de méthodes différentes :

- ✓ américain : A.S.T.M. (American Society for Testing and Materials)
- ✓ français : A.F.N.O.R. (Association Française de NORmalisation)
- ✓ anglais : I.P. (Institute of Petroleum)
- ✓ allemand : D.I.N. (Deutsche Institut für Normung)
- ✓ international : I.S.O. (International Standard Organisation)

Masse volumique

C'est la masse de l'unité de volume qui se mesure en kg/m³ ou Kg/litre ou g/cm³ et se pratique généralement à 15°C.

Viscosité

C'est la force qui s'oppose au glissement des différentes couches d'un fluide. Plus cette force est importante, plus grande est la viscosité.

- Viscosité dynamique : on la mesure à l'aide d'appareils constitués par un cylindre tournant dans un stator ; elle est exprimée en Centipoises (cP).
- Viscosité cinématique : dans ce cas, on mesure le temps d'écoulement d'un volume déterminé d'huile au travers d'un tube capillaire étalonné. La viscosité cinématique est la plus utilisée ; elle est le plus souvent mesurée à une température de 40°C en centistokes (cSt ou mm²/s). Il existe une classification pratique des viscosités mise en place par ISO s'appliquant à toutes les huiles industrielles. Elle est composée de 18 grades couvrant les viscosités entre 1,98cSt et 1650 cSt.

Indice de viscosité

Les huiles minérales ont une viscosité qui varie beaucoup avec la température. Mais cette variation est moins importante pour certaines que pour d'autres.

Les huiles ont été classées arbitrairement pour chaque viscosité à 100°C par rapport à des huiles de base :

- ✓ une dont la viscosité varie le plus avec la température, et à laquelle on a donné l'indice 0 ;
- ✓ l'autre dont la viscosité varie le moins et à laquelle on a donné l'indice 100.

Couleur

L'identification de la couleur se fait en comparant cette couleur avec des étalons de verre colorés sous une source d'éclairage déterminée. La mesure s'exprime par un nombre : 0,5 – 1 – 1,5 ... 8.

Point d'éclair et point de feu

Point d'éclair : c'est la température à laquelle une huile émet suffisamment de vapeur pour qu'en présence d'une flamme se produise une explosion qui s'arrête immédiatement : un « éclair ».

Point de feu : c'est la température à laquelle, dans les mêmes conditions, la combustion de l'huile dure au moins 5 secondes.

De fait, on parle ici de température de l'ordre de 400°C.

Ces indices ne présentent d'intérêt que dans le cas d'analyses de problèmes avec des huiles moteur.

Indice d'acide

Il s'exprime en mg de KOH par gramme de produit. Il indique la présence d'acide dans une huile.

Point d'écoulement

La viscosité de l'huile s'élève quand la température diminue.

On utilise une méthode conventionnelle qui fixe la température à laquelle une huile ne coule plus : c'est le point d'écoulement.

Les huiles naphéniques fluides possèdent un point d'écoulement inférieur à -40°C.

Les huiles paraffiniques non additivées, ont un point d'écoulement entre -8°C et -15°C ; on améliore ce résultat avec des additifs.

Différents types de lubrifiants

Les différents types de lubrifiants sont les suivants.

- Les Huiles minérales
Elles sont issues du raffinage du pétrole brut.
- Les Huiles grasses
Leur origine est animale ou végétale (huiles de colza, de ricin, de lanoline)
- Les Huiles synthétiques
Elles sont obtenues par synthèse chimique.
- Les graisses
Les graisses sont des huiles épaissies par un gélifiant.
- Les Lubrifiants solides
Ils sont issus de la cristallisation lamellaire de certains produits (graphite, bisulfure de molybdène)

Huiles minérales

Elles sont issues du raffinage, et ce sont les plus utilisées.

Leurs avantages sont les suivants :

- elles sont les moins coûteuses ;
- leur gamme de viscosités est très étendue ;
- on peut facilement modifier leur comportement d'origine par l'adjonction d'additifs.

Huiles grasses

Elles sont d'origine animale ou végétale (huiles de colza, de ricin, de lanoline). On les utilise là où les huiles minérales ou de synthèse ne sont pas recommandées, principalement dans l'agro-alimentaire. Elles sont généralement de viscosité faible et elles sont sensibles au vieillissement par oxydation.

Huiles de synthèse

On appelle des huiles de synthèse ou huiles synthétiques des lubrifiants fabriqués par l'industrie chimique et qui peuvent avantageusement remplacer les huiles minérales.

Elles présentent un intérêt quand les conditions d'utilisation sont difficiles : températures très élevées ou trop basses, risque d'incendie, présence de radiations.

Par ailleurs elles donnent des économies de temps de maintenance et de dépenses d'achats qui sont appréciables car elles durent beaucoup plus longtemps que les huiles minérales.

Le tableau ci-après donne les principales huiles de synthèse utilisées.

	Plage de viscosité cSt	V.I.	Point Ecou °C	Pouvoir Lubrifiant	Stabilité thermique	Résistance à l'oxydation	Résistance au feu	Résistance à l'hydrolyse	Volatilité	Prix / huile minérale
Diesters	20/30	130 / 150	-15 / 50	B	B	B	O	M	TB	2
Esters complexes	50/70	120 / 140	-15 / 30	B	B	B	O	B	TB	4
Esters phosphatés	F	F	-10 / 20	B	M	B	TB	F	B	4
Polyglycols	B	160	-30	B	M	M	F	B	B	2
Alkylats	F	60 / 100	-30	M	M	B	O	B	M	1
Polyalpha-olefines	F	150	-30	M	M	B	O	B	TB	2 à 3
Silicones	B	200	-20 / -80	F	TB	B	M	B	M	> 10
Silicates	M	180	-50	F	B	B	F	F	M	> 5
Polyphenyls Ethers	F	F	-10	B	TB	TB	F	TB	TB	> 15
Dérivés halogènes	M	F	Var.	B	TB	TB	TB	M	B	> 15

O : Mauvais

F : Faible

M : Moyen

B : Bon

TB : Très Bon

En choisissant une huile de synthèse, il faut vérifier qu'il n'y a pas d'incompatibilité avec les joints et peintures.

Graisses

Les graisses sont des huiles (minérales ou de synthèse) épaissies par un gélifiant ; l'importance de celui-ci conditionne la consistance de la graisse.

Gélifiants

Les gélifiants sont de deux types : les savons et les composés inorganiques.

Savons

Les savons sont fabriqués à partir de

- ✓ corps gras tels qu'on les trouve dans la nature ;
- ✓ métaux.

Les types principaux sont les suivants :

- ✓ Calcium
- ✓ Sodium
- ✓ Lithium
- ✓ Calcium – Lithium
- ✓ Aluminium

Les graisses classiques au lithium, calcium, sodium représentent la majeure partie des graisses.

On les utilise pour des conditions opératoires normales, jusqu'à 150°C maximum. Au-delà il faut faire appel à des compositions particulières avec des huiles de synthèse telles que Lithium-Silicone (jusqu'à 200°C)

Composés inorganiques

Ce sont des argiles, notamment la bentonite et l'hectorite.

Leur pouvoir gélifiant est très élevé et ils donnent en général des graisses sans point de goutte et dont la tenue en température est limitée par celle de l'huile utilisée.

Huiles

Elles constituent 80 à 95% de la masse de la graisse. On utilise soit des huiles minérales (majorité des cas), soit des huiles de synthèse.

Huiles minérales

Les huiles fluides donnent des graisses utilisables à basse température et grande vitesse.

A l'inverse les huiles visqueuses donnent des graisses utilisables à haute température et faible vitesse ;

On utilise couramment des graisses faites avec des huiles de viscosité moyenne, c'est notamment le cas des graisses multifonctionnelles.

Huiles de synthèse

Sont utilisés principalement :

- ✓ les diesters pour des températures jusqu'à -50°C ;
- ✓ les silicones pour des hautes températures jusqu'à 300°C.

Additifs

Les types d'additifs sont les mêmes que ceux des huiles.

Mais de plus on rencontre couramment des graisses renforcées avec des lubrifiants solides tels que le bisulfure de molybdène et le graphite.

Caractéristiques des graisses

Il y a plusieurs méthodes utilisées pour ces caractéristiques qui sont principalement les suivantes.

Consistance

C'est en fait la dureté de la graisse qui se ramollit avec la température.

Le classement par consistance est fait principalement à partir de normes N.L.G.I. basées sur la pénétration d'un cône métallique dans un échantillon de graisse. Les valeurs vont de 000 à 6 :

- ✓ on utilise les graisses de consistance 0 pour le graissage des engrenages sous carter ;
- ✓ les graisses de consistance 1 sont plutôt utilisées dans certains systèmes mécaniques ;
- ✓ les graisses de consistance 2 et 3 sont le plus utilisées pour le graissage des roulements
- ✓ enfin les graisses les plus dures, 4 à 6, sont appliquées à la palette.

Résistance à la chaleur

La température à laquelle une graisse au repos commence à couler s'appelle le « point de goutte ».

Généralement la température maximum d'utilisation d'une graisse doit être à 7/10 de son point de goutte.

Résistance à l'eau

Une caractéristique importante d'une graisse est qu'elle ne doit pas être entraînée par l'eau.

	Point de goutte	Température maxi en pointe	Température maxi en continu	Température mini en pointe	Température mini en continu	Résistance à l'eau	Ptotection contre la rouille	Vitesse
Calcium	100°C	70°C	50°C	-20°C	0°C	E	M	Basse
Calcium - Plomb	100°C	90°C	50°C	-20°C	0°C	E	E	Basse
Sodium	150°C	100°C	80°C	-30°C	0°C	B	TB	Moyenne
Lithium	185°C	125°C	110°C	-30°C	-10°C	B	B	Grande
Lithium - Calcium	180°C	140°C	120°C	-30°C	-10°C	E	E	Très élevée
Bentone / huile minérale		170°C	150°C			E	M	Basse
Bentone / ester				-70°C		E	B	

E : excellente

B : bonne

M : mauvaise

Note : ces valeurs de base sont généralement améliorées par des additifs.

Principales utilisations

Consistance

La consistance des graisses est donnée par l'échelle NLGI (National Lubricating Grease Institute).

Les graisses pour roulements sont généralement de consistance 1, 2 ou 3

Il est nécessaire que cette consistance ne varie pas :

- ✓ en fonction des températures d'utilisation ;
- ✓ sous l'effet du malaxage en fonctionnement (dans le cas d'applications avec vibrations, il faut choisir des graisses à grande stabilité mécanique).

Températures d'utilisation

- ✓ Les graisses à la chaux sont stabilisées par addition de 1 à 3 % d'eau environ. Elles peuvent être employées jusqu'à une température maximale de l'ordre de + 60°C ; au-dessus, l'eau s'évapore et la graisse se décompose en huile minérale et savon. Certaines graisses plus résistantes à la chaleur (complexe de calcium) conviennent jusqu'à + 120°C.
- ✓ Les graisses à la soude peuvent être utilisées dans la gamme de température – 30 à + 80°C ; certaines graisses d'excellente qualité conviennent jusqu'à + 120°C.
- ✓ Les graisses au lithium peuvent généralement être utilisées de – 30 à + 110°C ; certaines graisses de très bonne qualité peuvent être employées jusqu'à + 150°C.
- ✓ Les graisses aux gels, épaissies à l'aide d'agents inorganiques (gel de silice ou bentone par exemple) admettent, pendant de courtes périodes, des températures plus élevées que les graisses au lithium.
- ✓ Les graisses aux silicones ou diesters, fabriquées à partir d'huiles synthétiques, sont utilisables dans une gamme de température plus étendue que celle des graisses à base d'huile minérale.

Propriétés anti-rouille

- ✓ Les graisses à la soude peuvent absorber de petites quantités d'eau, en formant une émulsion, sans réduction sensible de leur pouvoir lubrifiant. Elles assurent de ce fait une bonne protection anti-rouille en présence d'humidité (condensation ou petites entrées d'eau à l'intérieur du palier). Cependant, en présence d'eau en quantité importante, elles perdent leur pouvoir lubrifiant et peuvent être entraînées hors du palier.
- ✓ Les graisses au lithium ou à la chaux ne se dissolvent pratiquement pas dans l'eau et n'assurent donc aucune protection contre la corrosion. Elles ne peuvent être employées qu'additionnées d'un produit anti-rouille.
- ✓ Les graisses avec additifs EP (additifs extrême pression, en général à base de composés de plomb) ont de bonnes propriétés anti-rouille. Elles ne sont pas solubles dans l'eau et adhèrent très bien sur les surfaces des roulements. Elles conviennent donc aux montages exposés à des pénétrations d'eau.

Résistances aux fortes charges

Pour les roulements très chargés, il est conseillé d'employer des graisses avec additifs EP, ces additifs améliorant la résistance du film lubrifiant.

Miscibilité

Lorsqu'on envisage d'utiliser une autre graisse que celle employée jusqu'alors, il est indispensable de tenir compte des possibilités de mélange pour éviter tout risque de détérioration.

- ✓ Il n'y a aucun inconvénient à mélanger deux graisses obtenues à partir d'huiles de base de même type et du même produit épaississant.
- ✓ Les graisses à la soude ne peuvent être mélangées qu'entre elles.
- ✓ Les graisses à la chaux et les graisses au lithium peuvent être mélangées entre elles, mais non aux graisses à la soude.

- ✓ Il est possible que le mélange de graisses compatibles entraîne une diminution de la consistance, sans que les propriétés lubrifiantes en soient pour autant nécessairement affectées.
- ✓ Dans les applications où une baisse de consistance pourrait donner lieu à des fuites, il est conseillé de réduire les intervalles de graissage jusqu'à ce que la nouvelle graisse ait entièrement remplacé l'ancienne.

Lubrifiants solides

Les huiles et les graisses ont des limites que l'on peut franchir en utilisant des lubrifiants solides notamment dans les cas suivants :

- ✓ températures inférieures à -70°C ou supérieures à 300°C,
- ✓ charges très élevées,
- ✓ fonctionnement dans le vide.

On distingue trois types de lubrifiants solides :

- ✓ certains matériaux plastiques ;
- ✓ des métaux ;
- ✓ des solides clivables.

Matériaux plastiques

On utilise parfois le nylon, le polyéthylène, le polytétrafluoréthylène, etc. comme lubrifiants solides. Le plus couramment utilisé est le PTFE (« téflon »). C'est un bon lubrifiant mais il supporte mal les efforts mécaniques.

Métaux

Dans certains cas (rares) il y a frottement direct métal sur métal ; par contre les cas avec présence d'un film d'oxyde sont plus nombreux.

Ces applications sont :

- ✓ après traitement de surface (sulfuration par exemple) ;
- ✓ avec des métaux mous : étain, plomb, argent, etc.).

Solides clivables

Ce sont essentiellement 2 types de solides :

- ✓ le graphite,
- ✓ le bisulfure de molybdène MoS₂.

Le bisulfure de molybdène est le plus utilisé.

L'avantage du graphite est qu'il résiste à des températures allant jusqu'à 600°C alors que le bisulfure de molybdène est limité à 450°C.

Les applications sont diverses :

- ✓ On fabrique des coussinets et des cages de roulements par incorporation du graphite et du bisulfure à divers matériaux : résines, fibres, téflon, poudre de métal.
- ✓ L'un et l'autre peuvent être appliqués directement sur des surfaces propres, la force nécessaire pour obtenir une bonne adhérence étant d'environ 15 bars.
- ✓ Après préparation des surfaces à partir de pâtes spéciales, ils peuvent être mis en suspension dans un lubrifiant liquide ou plastique.
- ✓ Avec un élément filmogène constitué de composés inorganiques ou de résines, on réalise des films chargés de graphite et de bisulfure.

A noter que les particules de ces deux lubrifiants sont très faibles : de l'ordre de 1µ.

Lubrification des roulements

Choix du type de lubrification

Pour le choix du type de lubrification, une bonne méthode consiste à considérer la vitesse linéaire au centre des corps roulants, soit approximativement à $\frac{D + d}{2}$

Cette vitesse est donc : $3,14 \times \frac{D + d}{2} \times \text{RPM}$

$V < 500 \text{ m/min}$ \Rightarrow lubrification à la graisse

$500 < V < 1000 \text{ m/min}$ \Rightarrow lubrification par bain d'huile

$1000 < V < 1500 \text{ m/min}$ \Rightarrow lubrification par circulation d'huile

$1500 < V < 2000 \text{ m/min}$ \Rightarrow lubrification par jets d'huile

$V > 2000 \text{ m/min}$ \Rightarrow lubrification par brouillard d'huile

Lubrification à la graisse

Lorsque la lubrification est faite avec une graisse, celle-ci doit remplir environ 50% des volumes du logement, et pas au-delà de 60% pour éviter les échauffements aux grandes vitesses.

Graissage manuel

Intervalles de graissage et quantités d'appoint

Les intervalles de graissage et les quantités d'appoint sont déterminés par empirisme.

Deux méthodes peuvent être considérées.

1^{ère} méthode

Quantité d'appoint

La quantité de graisse nécessaire pour chaque appoint est :

$$G = 0,005 D.B$$

où

G est la quantité de graisse en grammes

D est le diamètre extérieur du roulement en mm

B est la largeur totale du roulement en mm (H pour les butées)

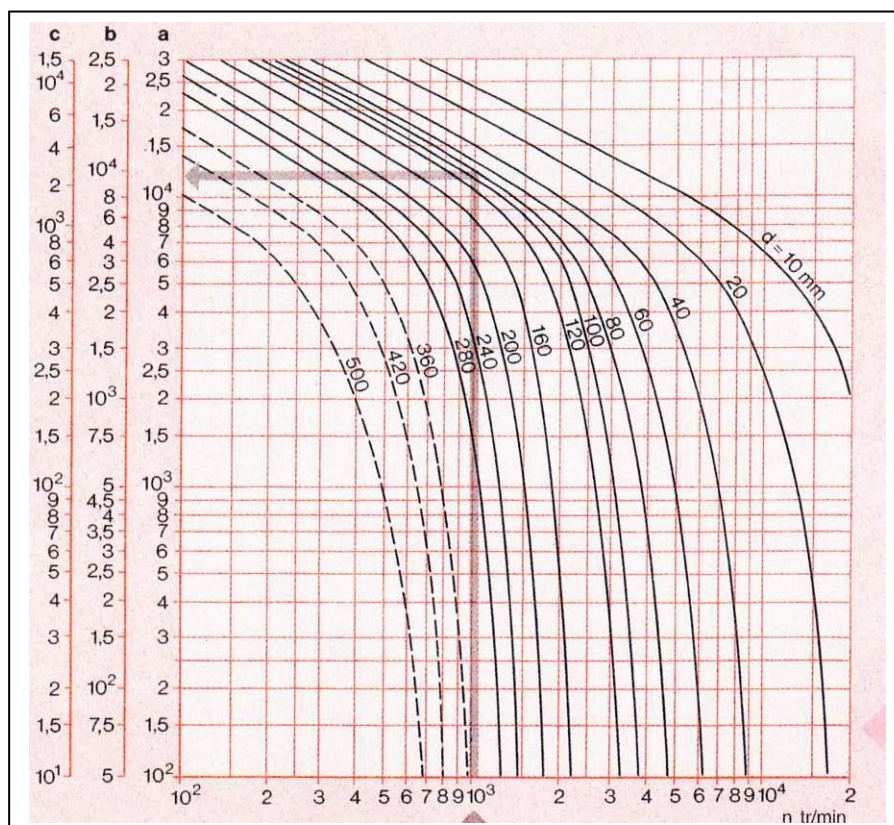
Après plusieurs appoints, il est nécessaire d'ouvrir le palier et de retirer la graisse usée avant d'introduire la graisse neuve.

Les intervalles de graissage dépendent surtout du type et de la taille du roulement, de la vitesse de rotation, de la température de fonctionnement et de la qualité de graisse utilisée.

Les valeurs données par le diagramme ci-après s'appliquent à des roulements montés dans des machines stationnaires, fonctionnant sous charge et à température normales.

Intervalle de relubrification.
Heures de fonctionnement
(Doc SKF)

Document SKF



- a : roulements à billes
- b : roulements à rouleaux cylindriques
- c : roulements à rotule sur rouleaux, ou à rouleaux coniques
- roulements à rouleaux cylindriques jointifs : 0,2 Tc
- butées à billes ou à rouleaux cylindriques : 0,5 Tc

Elles sont valables dans le cas de graisses d'une qualité moyenne, résistant au vieillissement, et sous réserve que les températures de fonctionnement, mesurées sur bague extérieure, n'excèdent pas 70°C. Au-delà, la valeur ainsi déterminée doit être divisée par 2 pour chaque augmentation de 15°C.

Inversement, si les températures de fonctionnement sont inférieures à 70°C, les intervalles de graissage peuvent atteindre jusqu'à 2 fois les valeurs du diagramme (températures de fonctionnement de 50°C et au-dessous).

Dans les petits roulements, la graisse est consommée assez lentement pour que, le plus souvent, tout appoint soit inutile.

Si la graisse risque d'être souillée par des matières étrangères, des intervalles de lubrification plus courts peuvent se révéler nécessaires. Il en est de même lorsque la graisse doit assurer une protection particulièrement efficace contre l'humidité.

2^{ème} méthode

On peut par exemple utiliser les valeurs suivantes qui indiquent les quantités de graisse à utiliser en appoint dans l'année pour des roulements fonctionnant 8000 heures :

- ✓ 100 cm³ par cm d'alésage pour les roulements à simple rangée de billes ou de rouleaux et d'alésage compris entre 20 et 100 mm.
- ✓ 200 cm³ par cm d'alésage pour les roulements à double rangée de billes ou de rouleaux et d'alésage compris entre 20 et 100 mm.

- ✓ 75 cm³ par cm d'alésage pour les roulements à simple rangée de billes ou de rouleaux et d'alésage compris entre 100 et 250 mm.
- ✓ 150 cm³ par cm d'alésage pour les roulements à double rangée de billes ou de rouleaux et d'alésage compris entre 100 et 250 mm.

Pour des alésages différents on peut appliquer une règle de trois sur ces valeurs.

Ces quantités sont à répartir en fonction des périodicités retenues.

3^{ème} méthode

Les deux premières méthodes sont basées sur des évaluations empiriques. De fait, suivant la configuration (joints, chicanes, « soupape à graisse » ou non, ...) le roulement « consomme » plus ou moins de graisse.

Pour l'organisation, il vaut mieux se fixer une périodicité fixe des tournées de graissage (par exemple 3 mois) et laisser le graisseur apprécier les quantités de remplissage (surtout ne pas bourrer le roulement de graisse car il va chauffer).

Dans le passé les graisseurs écoutaient « leurs » roulements avec le manche d'un long tournevis. Aujourd'hui cela paraît archaïque ! On remarque cependant que dans de nombreux pays anglo-saxons les graisseurs sont dotés d'appareils de mesure d'ultrasons pour l'écoute des roulements lors du graissage : ils arrêtent de graisser lorsque le bruit devient faible. A méditer !

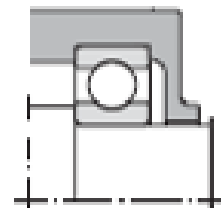


Evacuation du trop plein de graisse

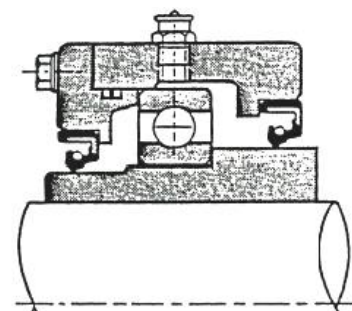
Un remplissage trop important conduit à un malaxage intense, à un grand échauffement, et en final à la détérioration du roulement.

Il faut toujours faciliter l'évacuation de trop-plein. Plusieurs solutions existent :

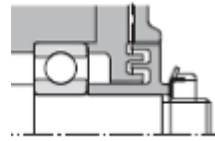
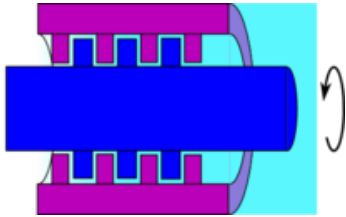
1. Avoir une étanchéité avec jeu.



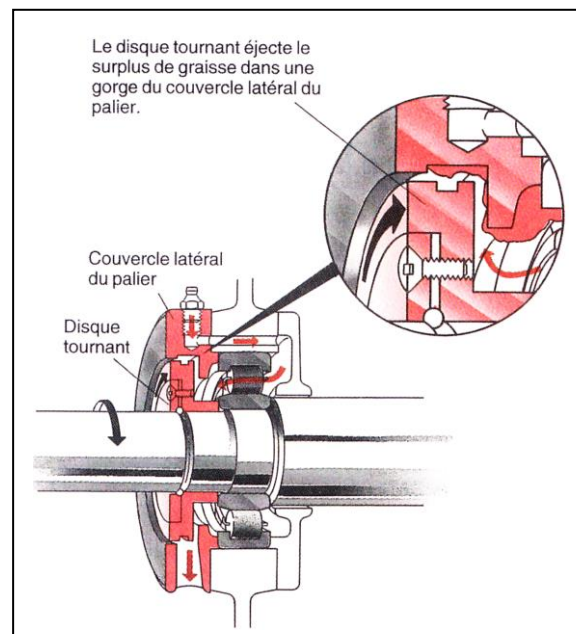
2. Avoir un joint à lèvres tourné vers l'extérieur.



3. Avoir des étanchéités en chicanes frontales ou radiales.



4. Prévoir une « soupape à graisse ». Il s'agit d'un disque qui chasse l'excès de graisse par centrifugation, comme le montre le schéma ci-après.
5. Une solution alternative consiste à faire un trou au milieu d'une chicanne pour une éjection vers le bas.



Document SKF

Si aucun dispositif n'est prévu, il faut surveiller l'échauffement des roulements.

S'il y a échauffement, ne remplacez pas le roulement mais retirez de la graisse de celui-ci. Dans 75 % des cas le problème vient de là.

Graisseurs à main

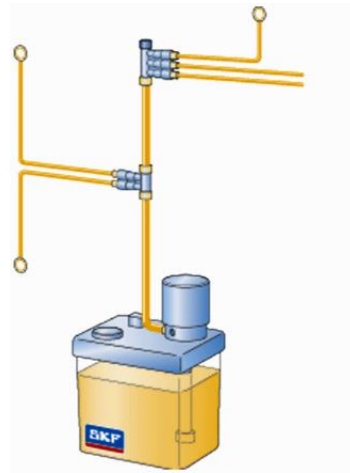
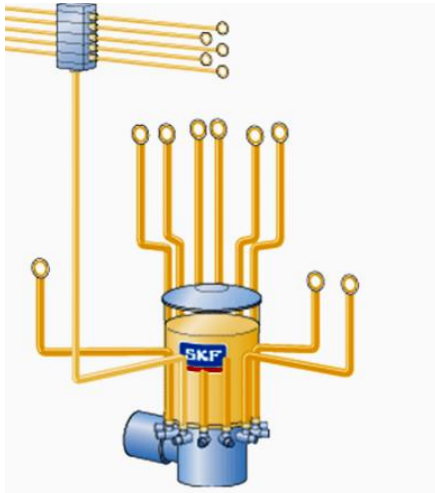
Il y a des graisseurs à main et des graisseurs avec batterie. On peut utiliser des cartouches ce qui permet de faire des « routes » de graissage plus grandes.

Les graisseurs pneumatiques sont moins pratiques.



Graissage centralisé

Une solution qui permet des gains de temps est le graissage centralisé. Il existe de multiples modèles à commandes manuelles (de moins en moins) ou électriques.



Ces systèmes sont pratiques mais nécessitent une certaine surveillance :

1. s'assurer du bon fonctionnement de la pompe, une fois par jour, ou au moins par semaine, par un opérateur de production ;
2. contrôler le fonctionnement des répartiteurs ou des doseurs, trimestriellement ;
3. s'il n'y a pas de pressostat s'assurer que la graisse arrive bien à chaque point de graissage, trimestriellement, ou au minimum une fois par semestre.

La remarque concernant le trop plein de graisse est d'application.

Emploi de graisseurs automatiques

Les graisseurs automatiques sont particulièrement intéressants dans les cas suivants :

- paliers en hauteur ;
- accès interdits en marche pour des raisons de sécurité.

Dans les autres cas, ils peuvent être intéressants sur le plan économique si les périodicités programmées sont importantes (1 an)

Il est conseillé d'avoir des graisseurs translucides dont on peut contrôler le niveau lors d'arrêts.

La remarque concernant le trop plein de graisse est d'application



Lubrification à l'huile

La lubrification à l'huile s'impose :

- lorsque les vitesses de rotation ou les températures d'utilisation sont trop élevées pour permettre l'emploi de graisse avec une sécurité suffisante ;
- lorsque le lubrifiant doit contribuer au refroidissement du palier lui-même ou d'organes annexes ;

- quand d'autres éléments voisins, des engrenages par exemple, doivent recevoir le même lubrifiant que les roulements.

Types d'huiles

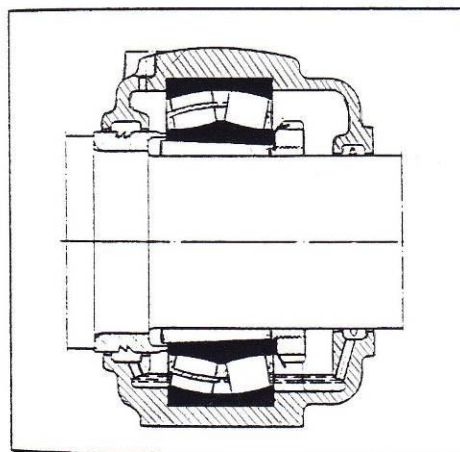
Pour la lubrification des roulements, on utilise presque toujours des huiles minérales pures. Les huiles de synthèse n'ont jusqu'à présent trouvé des applications que dans des conditions assez spéciales (températures très élevées par exemple) ou comme huiles de base pour certaines graisses.

Modes de lubrification à l'huile

La **lubrification par bain d'huile** est le procédé le plus simple, mais elle ne convient qu'aux faibles vitesses de rotation.

Lorsque le roulement est à l'arrêt, le niveau d'huile doit se situer un peu au-dessous du centre de l'élément roulant le plus bas.

Lorsqu'elle est faite à l'huile, le niveau de celle-ci devra se situer près du centre de la bille ou du rouleau le plus bas, s'il s'agit d'un système par barbotage.

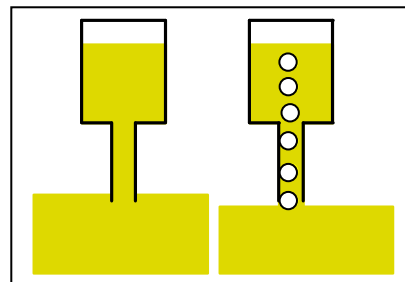


Remplisseur automatique

Certaines machines sont parfois équipées de systèmes très astucieux de remplissage automatique.

L'huile descend seulement lorsque le niveau descend en dessous du tube de remplissage et que l'air peut alors pénétrer dans le réservoir.

Dans certains cas il y a un robinet sur le tube ce qui permet un remplissage du réservoir par le dessus ; dans les autres cas, il faut retourner le système et remplir par le bas.



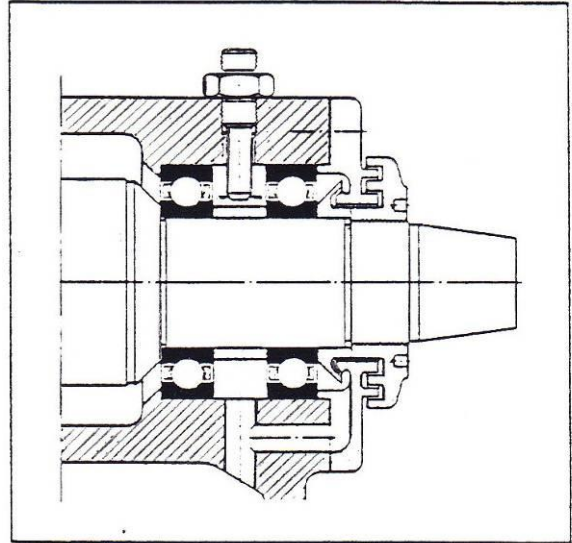
Entraînement d'huile par bague

La lubrification est assurée par une grande bague, en laiton généralement, montée sur l'arbre tournant. La bague trempe dans l'huile du réservoir et, par traînée visqueuse, lubrifie l'arbre sur lequel l'huile se répartit jusqu'aux roulements. Il faut s'assurer régulièrement de la rotation de la bague ; si la bague s'arrête, alors la lubrification s'arrête aussi.

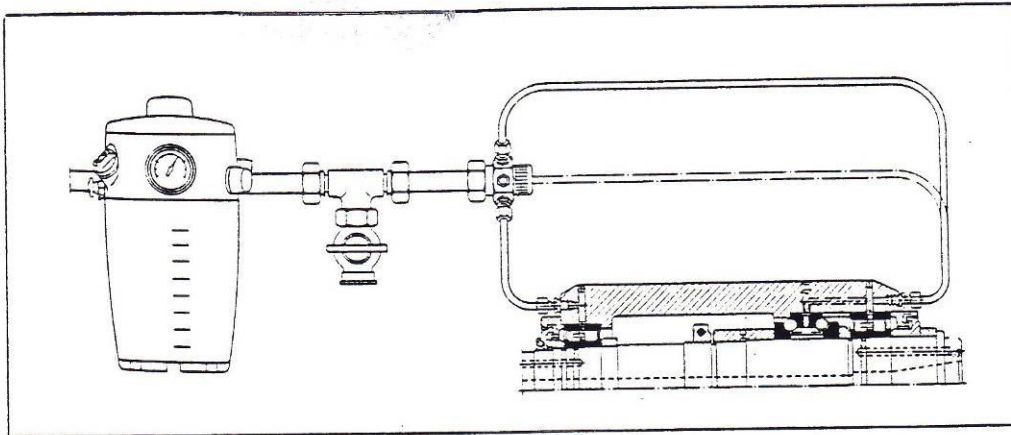
Aux vitesses et aux températures de fonctionnement élevées l'huile vieillit plus rapidement et doit être renouvelée plus souvent. On utilise alors un **système à circulation**, par exemple au moyen d'une pompe : l'huile est amenée d'un côté du roulement, le traverse et s'évacue du côté opposé. Elle est ensuite filtrée, éventuellement refroidie, puis remise dans le circuit.

Aux vitesses élevées, il faut que l'huile pénètre en quantité suffisante et assure un bon refroidissement.

La **lubrification par jet d'huile** est un système particulièrement efficace à ce point de vue. Sous la pression d'une pompe, l'huile est injectée latéralement dans le roulement par un ou plusieurs gicleurs.



La **lubrification par brouillard d'huile** consiste à amener sous pression un mélange d'air et d'huile pulvérisée jusqu'au point à lubrifier.



Le brouillard d'huile est formé par un pulvérisateur où l'air comprimé sec est filtré et détendu à une pression de 0,05 à 0,1 Mpa.

Des canalisations conduisent le brouillard aux points à lubrifier où il se répand comme un gaz.

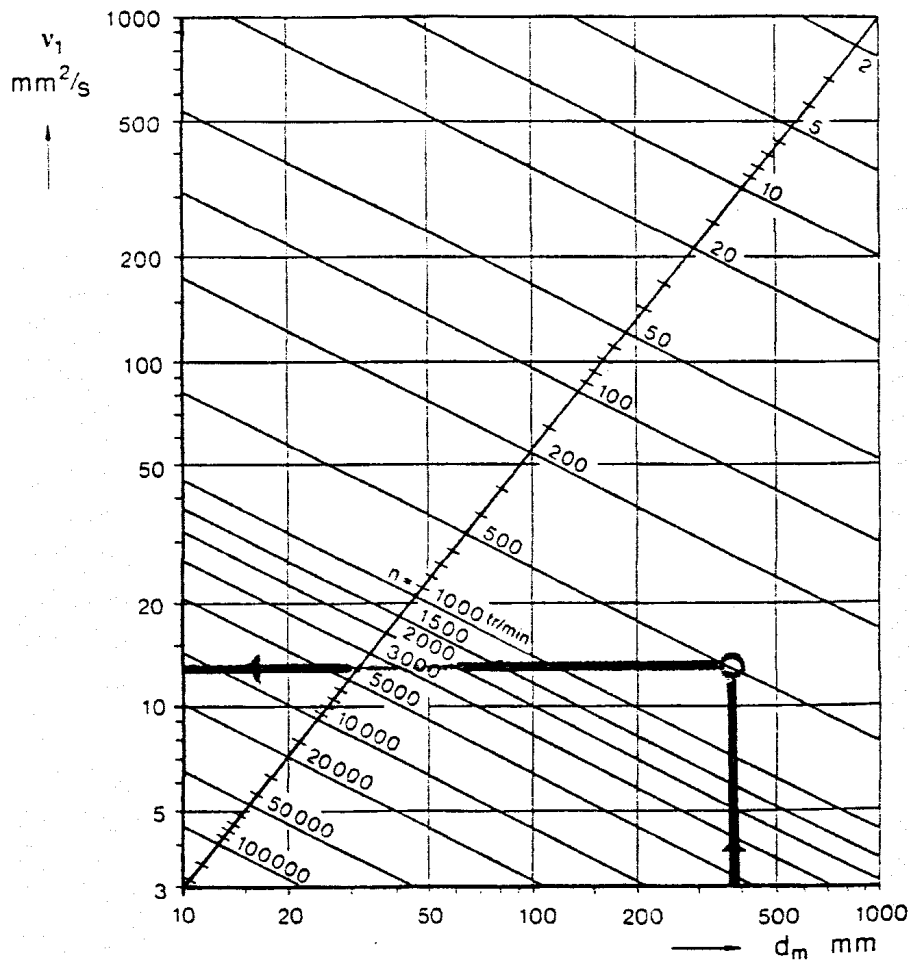
Toutefois on dispose en général dans chacune des canalisations finales un raccord de condensation dans lequel le brouillard se dissocie. L'huile arrive par gouttes tandis que l'air est évacué par les étanchéités après avoir traversé et refroidi le roulement ; il se crée en outre dans le palier une légère surpression qui s'oppose à la pénétration d'impuretés.

Note : en maintenance, il faut veiller

1. à ne pas obstruer les sorties par lesquelles l'air doit s'échapper ;
2. à ce que ces entrées ne donnent sur des courroies que l'huile peut détruire.

Choix de l'huile

La viscosité V_1 nécessaire, à la température de fonctionnement, pour assurer une lubrification correcte peut être tirée du diagramme ci-après valable pour les huiles minérale.



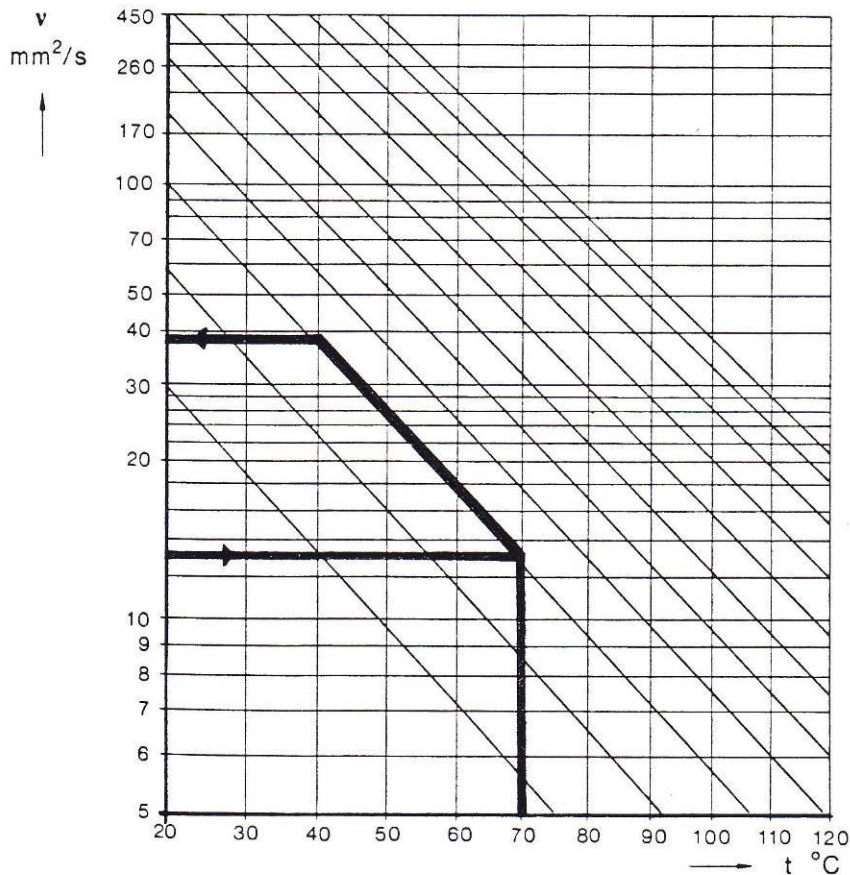
La température de fonctionnement étant connue expérimentalement, la viscosité V correspondant à la température internationale de référence de 40°C est alors obtenue à partir du diagramme suivant (V_1 est reportée en ordonnée, ce qui avec la température de fonctionnement mentionnée en abscisse permet de déterminer la ligne d'abaque) basé sur un indice de viscosité de 85.

La durée d'un roulement peut, en principe, être allongée par l'emploi d'une viscosité supérieure à V_1 . Il y a cependant souvent, en pratique, une limite à l'amélioration de lubrification qui peut être obtenue de cette façon, l'augmentation de la viscosité entraînant une élévation de la température de fonctionnement.

Lorsque le rapport de viscosité $K = V/V_1$ est inférieur à 1, une huile avec additifs EP est recommandée ; si ce rapport est inférieur à 0,4, elle est indispensable. Même lorsque K est supérieur à 1, elle est susceptible d'améliorer la sécurité de fonctionnement des roulements à rouleaux de moyennes et de grandes dimensions.

Exemple :

Pour un roulement d'alésage $d = 340$ mm, et de diamètre extérieur $D = 420$ mm, soit $d_m = 0,5 (d + D) = 380$ mm, tournant à 500 tr/min, le premier diagramme indique que la viscosité cinématique minimale V_1 doit être de $13 \text{ mm}^2 / \text{s}$ à la température de fonctionnement. Si l'on estime celle-ci à 70°C , on voit, d'après le deuxième diagramme, qu'il faut choisir une huile de viscosité minimale de $39 \text{ mm}^2 / \text{s}$ à la température de référence de 40°C .



I

Dans le cas d'une lubrification par bain d'huile, en conditions normales, on peut appliquer les périodicités suivantes.

Températures de fonctionnement	Périodicité des vidanges
$\leq 60^{\circ}\text{C}$	1 an
100°C	3 mois
125°C	1 mois
135°C	1 semaine

Dans un système à circulation d'huile, les intervalles dépendent, d'une part du nombre de rotations de l'huile dans le circuit par unité de temps, d'autre part de la présence éventuelle d'un système de refroidissement du lubrifiant.

Seuls des essais ou des examens fréquents de l'huile permettent donc de déterminer le moment opportun pour procéder au renouvellement.

Il en est de même pour la lubrification par jet d'huile.

Dans le cas d'une lubrification par brouillard d'huile, le lubrifiant n'est en général pas récupéré. Mais il est impératif de vérifier le nombre de gouttes consommées par min. (suivant recommandation du constructeur) une fois par équipe (à figurer dans les consignes permanentes), ou le système à pressostat : une fois toutes les 100 heures environ, suivant le type de système à brouillard d'huile.

Maintenance

En Mécanique, pour une bonne maintenance des équipements, il y a trois procédés à respecter :

- ➔ **Serrer** correctement avec toutes les précautions nécessaires pour éviter les desserrages.
- ➔ Respecter les **tolérances ISO** (jeu – serrage).
- ➔ **Graisser** correctement en quantité et en qualité.

Le graissage est une fonction nécessaire dans la maintenance, alors qu'elle est actuellement trop négligée.

Nous ne pouvons que recommander les points suivants.

- ✓ Appliquer la troisième méthode que nous avons décrite.
- ✓ Sélectionner des graisseurs qui soient des hommes sérieux et méticuleux, et d'abord des mécaniciens. Un graisseur qui sait « écouter » les roulements apporte beaucoup en maintenance (en général il y a plus de roulements qui chauffent parce que trop graissés que de roulements en manque de graisse, et souvent on remplace les roulements plutôt que d'enlever simplement de la graisse).
- ✓ Donner la formation nécessaire à ces graisseurs :
 - connaissance des roulements, coussinets, réducteurs, chaînes et cables.
 - connaissance de la technique de lubrification.
- ✓ Confier des visites « sensorielles » à ces graisseurs.

Lubrification des coussinets et glissières

Emploi de lubrifiants solides

Les différents métaux utilisés dans les coussinets et les glissières sont :

- ✓ Le bronze qui possède de bonnes propriétés de frottement .
- ✓ Le régule (appelé aussi « métal blanc ») qui est le premier alliage anti-friction utilisé après le bronze ; il est coulé en épaisseur importante sur une armature d'acier. Il ne supporte pas d'élévation importante de la température. On l'utilise notamment pour les coussinets des cylindres d'appui des laminoirs et dans tous les cas où il y a supportage dynamique avec de l'huile sous pression.
- ✓ Les aluminium-étain qui conviennent bien à haute température.
- ✓ Les cupro-plomb pour leur grande résistance mécanique.

	Charge supportée	Température acceptée
Bronze	600 bar	100°C
Régule	200 bar	80°C
Aluminium-étain	600 bar	150°C
Cupro-plomb	300 bar	100°C

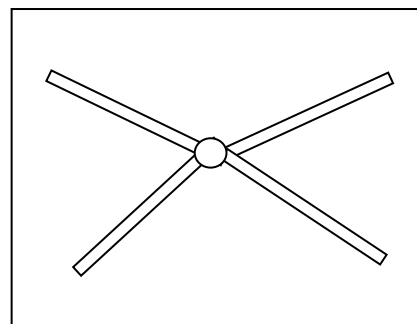
Pour les petites applications, on choisit des coussinets sans lubrifiant solide ; les fabricants de roulements en vendent de nombreux types.

Emploi de la graisse

Pour les applications importantes on choisit la graisse ou l'huile.

Concernant la graisse il convient de veiller à ce que celle-ci se répartisse bien.

C'est pourquoi il est judicieux de faire appel aux « pattes d'araignée » pour cette répartition.



Emploi de l'huile

Lorsque l'on choisit la lubrification à l'huile : il est possible de choisir la viscosité de l'huile nécessaire.

Dans le tableau suivant :

$$\text{pression diamétrale} = \text{Charge} / \text{Alésage} \times \text{longueur du palier}$$

Pression diamétrale bars	Vitesse en m/min	Viscosité ISO en cSt à 40°C
2 à 10 b	300	46
	300 / 800	32
10 à 70 b	60	220
	60 / 300	80
70 b	300 / 500	46
	50 / 150	150
	150	100

Pour la lubrification à l'huile, en général les coussinets ont une petite poche pour l'arrivée du lubrifiant ; cette poche a une forme qui permet la formation d'un coin d'huile.

Concernant les paliers fluides (arrivée d'huile sous pression), il y a souvent des buses d'entrée et des buses de sortie. Il ne faut surtout pas modifier le type sans l'accord du constructeur, sous peine d'avoir de nombreux problèmes.

Maintenance

Pour la lubrification à la graisse, nos remarques concernant les graisseurs s'appliquent également ici.

Concernant la lubrification à l'huile, en général il ne faut pas modifier ce qui a été prévu par le constructeur sans le consulter, et les paliers en règle ne peuvent être réalisés que par des sociétés spécialisées.

Lubrification des réducteurs

Mise en œuvre des lubrifiants

Lubrification à la graisse

Ce type de lubrification est quelquefois nécessaire :

- ✓ pour des engrenages nus : cela évite les projections d'huile ;
- ✓ pour les engrenages sous carter lorsque les conditions d'étanchéité ne peuvent pas être tenues avec l'huile.

On emploie alors :

- ✓ des graisses fluides grade 0 pour les engrenages sous carter ;
- ✓ des graisses plus épaisses additivées au bisulfure de molybdène pour les engrenages nus.

Bain d'huile

La lubrification par bain d'huile est pratiquée pour les vitesses maximales au primitif suivantes :

- ✓ 12 m/s pour les engrenages droits et hélicoïdaux ;
- ✓ 10 m/s pour les réducteurs à vis (vitesse de la vis).

Le niveau d'huile dans le carter est le suivant :

- Engrenages droits et hélicoïdaux : recouvrir une dent pour les gros modules, 2 à 3 fois la hauteur d'une dents pour les petits modules.
- Engrenages coniques : recouvrir la face d'une dent en position basse.
- Engrenages à vis :
 - ✓ vis en haut : 1/3 du diamètre de la roue ;
 - ✓ vis en bas : 1/2 du diamètre de la vis ;
 - ✓ vis verticale : 3/4 du rayon de la roue.

Circulation d'huile

La lubrification par circulation d'huile est pratiquée pour les vitesses au primitif suivantes :

- ✓ >12 m/s pour les engrenages droits et hélicoïdaux ;
- ✓ >10 m/s pour les réducteurs à vis (vitesse de la vis).

Viscosités

C'est le constructeur qui peut le mieux conseiller les huiles à utiliser. Néanmoins nous donnons ci-après une indication concernant la viscosité des engrenages droits, hélicoïdaux et conique en tenant compte de la charge.

La viscosité en donnée en cSt à 40°C.

Charge linéaire en daN/mm	Vitesse tangentielle au primitif - m/s						
	< 0,5	0,5 à 1	1 à 2,5	2,5 à 5	5 à 12	12 à 25	> 25
	Bain					Circulation	
5 à 10	460	320	220	150	100	68	46
10 à 25	460	460	320	220	150	100	68
25 à 75	680	460	460	320	220	150	100
> 75	680	680	460	460	320	220	150

Maintenance

Les points suivants sont recommandés :

- Contrôler régulièrement l'absence de fuites et le bruit : une fois / semaine si possible.
- Contrôler régulièrement le niveau d'huile quand c'est possible : une fois / mois par exemple. S'il n'y a pas de voyant, on peut alors faire des ajouts jusqu'au trop plein par exemple une fois par semestre.
- Pour les réservoirs et réducteurs contenant au moins 500 litres, il est conseillé de faire des analyses d'huile une fois par semestre. Ce sont les résultats qui dicteront la nécessité de vidanger ou non.
- Lorsqu'il n'y a pas d'analyse d'huile, il est conseillé de faire une vidange par an pour les huiles minérales et tous les 3 ans pour les huiles de synthèse. Bien entendu pour les petits réducteurs et motoréducteurs, on peut augmenter cette fréquence et passer par exemple à 3 ans pour les huiles minérales.
- Lorsque l'atmosphère est poussiéreuse, les reniflards doivent être nettoyés une fois par mois.

Lubrification des compresseurs

C'est le constructeur qui peut le mieux conseiller les huiles à utiliser, suivant le type de compresseur.

Maintenance



Concernant la maintenance voici les principaux points à prendre en considération, en dehors des points de graissage.

- Purge des circuits de refoulement
Le compresseur peut être équipé de réfrigérants et d'assécheurs qui entraînent des condensations. Il faut donc purger régulièrement.
- Filtration de l'air aspiré
L'entretien des filtres d'aspiration doit être effectué régulièrement. Pour rappel des filtres encrassés diminuent la pression à l'entrée du compresseur et ils entraînent une élévation de température de l'air refoulé.
- Entretien des séparateurs d'huile
Particulièrement pour les compresseurs rotatifs et à vis à injection d'huile, il faut veiller à l'entretien des séparateurs (voir recommandations du constructeur) et des filtres de refoulement.
- Contrôle du débit d'huile
Bien entendu il faut contrôler régulièrement les débits d'huile (tournée de maintenance). Pour les compresseurs alternatifs on peut se poser la question du choix du débit. En première approximation, on peut adopter un débit de base de 0,6 à 0,8 cm³ par 1000m² balayés par le piston pour une pression de refoulement de 10 bars. Si le compresseur est à double effet il faut tenir compte de la surface balayée à l'aller et au retour du piston.

Lubrification des chaînes et câbles

Chaînes

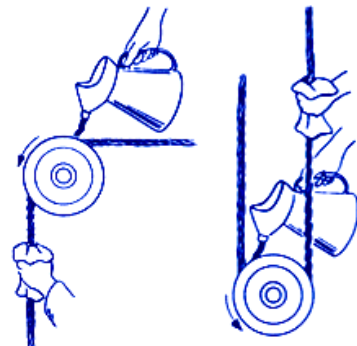
Pour la lubrification des chaînes, il a trois possibilités.

1. Graissage automatique par pinceau.

2. Graissage automatique par pulvérisation.

3. Graissage manuel.
Dans ce cas un graissage trimestriel est recommandé.

Câbles

Il y a une importante friction des câbles sur les tambours. C'est pour quoi il est recommandé de les graisser, une fois par an normalement ou par semestre quand l'utilisation est importante.

Mais la graisse sur les câbles recueille beau coup de poussières. C'est pourquoi il est impératif de bien nettoyer avant de graisser. La seule solution est fastidieuse : verser un produit nettoyant sur le câble puis le nettoyer avec un chiffon que l'on presse autour en descendant.



Maintenance

Une chaîne non lubrifiée ne peut pas avoir une grande durée de vie.

De même un câble de pont de roulant doit être remplacé assez souvent (2 à 3 ans) s'il n'est pas graissé (fréquence 6 mois)

Il est vrai que certains environnements empêchent le graissage ou rend celui-ci inefficace (cimenteries, siédérurgie à chaud par exemple)

Planification

Pour le matériel fixe dont l'utilisation est constante, il y a un grand intérêt à donner des périodicités calendaires.

De ce fait, on peut alors réaliser des plannings pour lisser la charge. Il ne faut pas oublier que souvent la mise en œuvre de la maintenance préventive ne se fait pas bien pour des raisons de disponibilité de personnel opérationnel.

Si l'on a veillé à ce que les périodicités soient des sous-multiples ou multiples de 12 mois, on peut avoir des plannings qui se reconduisent d'année en année.

Pour la réalisation d'un planning il faut commencer par les gammes de faible périodicité (1sem, 1 mois), puis placer les gammes de plus grande périodicité jusqu'à 12 mois. Les gammes de plus de 1 an sont notées sur le côté pour mémoire.

N° FICHE	Périodicité	M/A	NB	Métier	Durée hrs	Voir colonne BK	PLANNING PREVENTIF ELO 1- ANNEE :																											
							SEMAINES																											
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
0																																		
01	1A	A	1	EL	7																													
02	1A	A	1	EL	6																													
03	1A	A	1	EL	6																													
04	1A	A	1	EL	7,5																													
05	1A	A	1	EL	3,5			3																										
06	4 M	A	1	EL	2,5					3											3													
07	4 M	A	1	EL	2						2													2										
08	2 S	A	1	EL	3,5		3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5						
09	2 S	A	1	EL	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
10	2 M	A	1	EL	2		2				2										2						2							
11	2 M	A	1	EL	1			1					1							1														
12	6 M	A	1	EL	2,5									3																				
13	6 M	A	1	EL	6,5		1									7																		
14	6 M	A	1	EL	2													2																
15	3A	A	1	EL	4																													
16																																		
17																																		
21	3M	M	1	ME	4					4										4														
22	3M	M	1	ME	3			3										3																
23	2S	M	1	ME	1,5		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1							
24	1A	A	1	ME	2			2																										
25	1A	A	1	ME	8									8																				
26	1A	A	1	ME	7															7														
27	1A	A	1	ME	8																													
28	1A	A	1	ME	8																													
29	1A	A	1	ME	7																													
30	3 M	M	1	ME	2		2											2																
31	2A	A	1	ME	8	X																												

Pour les cellules de cette colonne nous proposons d'appliquer la fonction »CONCATENER« de Excel : assembler plusieurs chaines de caractères de façon à n'en former qu'une. Il s'agit ici des caractères M/A,Métier. Quand une cellule est activée, il suffit de tirer vers le bas pour que toutes les cellules le soient. Vérifiez rapidement que tous les caractères se touchent (il peut y avoir un défaut)..

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the 'Formules' ribbon selected. The active cell is B34, containing the formula `=C34&""&E34`. The spreadsheet displays a Gantt chart in columns AL through BS, with rows 26 through 45. The Gantt chart uses yellow cells to represent durations. To the right of the Gantt chart, there is a summary table with columns for years (2007-2015) and rows for tasks (MME, AME). The cell B34 is highlighted, and a red arrow points to it, indicating the application of the CONCATENATE function to the 'M/A' and 'Métier' columns.

	A	B	C	D	E	F	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS
1	N° FICHE	Périodicité	M/A	NB	Métier	Durée hrs																																		
2																																								
3																																								
4							31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52												
5																																								
26	23	2S	M	1	ME	1,5	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1											
27	24	1A	A	1	ME	2																																		
28	25	1A	A	1	ME	8																																		
29	26	1A	A	1	ME	7																																		
30	27	1A	A	1	ME	8																																		
31	28	1A	A	1	ME	8					8																													
32	29	1A	A	1	ME	7							7																											
33	30	3 M	M	1	ME	2											2																							
34	31	2A	A	1	ME	8																																		
35	32	2A	A	1	ME	8																																		
36	33	2A	A	1	ME	8																																		
37	34	2A	A	1	ME	8																																		
38	35	2A	A	1	ME	3																																		
39	36	3M	A	1	ME	5												5																						
40	37	2A	A	1	ME	2																																		
41	38	1A	A	1	ME	8																																		
42	39	2A	A	1	ME	2																																		
43	40	6M	A	1	ME	5																																		
44	41	4S	M	1	ME	1			1				1								1																			
45	42	2A	A	1	ME	4																																		

On peut calculer les temps par corps de métier et situation (marche ou arrêt) On applique la fonction « SOMME.SI » de Excel : additionne des cellules spécifiées selon un certain critère. Les cellules sont celles des colonnes Q6 à Q51 et les critères ceux de la colonne BJ . Quand on répartit les gammes, on a intérêt à lisser au maximum les charges quitte à changer quelques périodicités de une ou deux semaines.

Mise en page

Affichages classeur

Écran

Afficher

Zoom

Fenêtre

Macros

Q56

Définition des opérations

Standards

Nous vous proposons ci-après des standards de maintenance préventive pour des organes types.

- ✓ Ces standards sont établis pour une dureté de service moyenne ; si elle était élevée il faudrait alors diminuer les périodicités.
- ✓ Les périodicités sont calendaires ; elles pourraient être converties en taux d'usure (heures de marche ou nombres d'unités produites) en considérant que 1 an équivaut à 7 000 heures (avec un taux de 20 % d'arrêts divers par an).
- ✓ Les significations des différentes abréviations sont les suivantes :

I :.....c'est le type d'intervention (visite), soit :

V : mesurer d'une valeur (jeu, dB, vibration, T°C,...)

E : estimation d'un état, soit : 1 = RAS

2 = début de dégradation

3 = dégradation avancée

4 = danger

C : contrôle ; exemple contrôle d'un accouplement : on démonte et on vérifie l'état des tampons que l'on remplace immédiatement si nécessaire.

F : il s'agit de « faire » ; exemples : graisser, vidanger, remplacer, etc.

Csg :.....cela concerne la consignation nécessaire, soit :

E : consignation électrique ;

H : consignation hydraulique (en plus de la consignation électrique)

M : consignation mécanique (en plus de la consignation électrique)

P : consignation pneumatique (en plus de la consignation électrique)

Min :.....temps net en minutes pour l'opération ; une majoration pour déplacements est ajoutée quand toutes les opérations sont entrées dans la gamme.

Nb :.....nombre d'intervenants.

Mét. :....corps de métiers, soit pour les gammes suivantes :

ME ou **EM** : mécanicien ou électromécanicien

VS : technicien spécialisé pour certains CND comme mesures de vibrations, suivis des analyses d'huile, mesures avec appareils US, etc.

FA : opérateur ou rondier de fabrication

GR : graisseur

SP : spécialiste

RE : technicien de régulation (instrumentiste)

AG : organisme agréé

EL : électricien

APM : intervention à l'Arrêt, en **Marche** ou en **Arrêt Partiel** (pendant un changement d'outillage par exemple)

Périod. : nombre de semaines, mois ou années (toujours sous-multiples ou multiples de 12 mois, pour pouvoir reconduire les plannings annuels.

U :.....semaine, mois, ou année.

Il y a 109 standards de maintenance mécanique et 75 en maintenance électrique

Organes de transmission

Accouplement à chaîne										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Démonter coquilles, évaluer l'usure de la chaîne.		E	E	15	1	ME	A	2	A	
Évaluer l'usure des pignons.		E	E	3	1	ME	A	2	A	
Contrôler le serrage des boulons.		C	E	5	1	ME	A	6	M	
Remplacer la graisse de la chaîne et des pignons.		F	E	10	1	ME	A	2	A	

Accouplement à tampons										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Démonter le carter de protection et évaluer l'usure des tampons,		E	E	15	1	ME	A	2	A	
Contrôler le serrage des boulons accessibles.		C	E	3	1	ME	A	6	M	

Accouplement à dentures										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Désaccoupler cloches et évaluer usure dentures mâles.		E	E	90	2	ME	A	2	A	
Évaluer usure dentures femelles.		E	E	1	2	ME	A	2	A	
Contrôler le serrage des boulons.		C	E	5	1	ME	A	6	M	
Remplacer la graisse des dentures.		F	E	60	1	ME	A	2	A	

Note : les valeurs sont données pour des accouplements moyens. Quand l'accouplement est important et difficile à démonter, il faut revoir le temps imparti. (on peut aller jusqu'à 180 voire 240 min dans certains cas, et 2 hommes sont nécessaires pour les gros accouplements) et même la périodicité : 3 ou même 4 ans au lieu de deux; ce n'est pas grave car les accouplements plus gros s'usent moins vite en général.

Accouplement à ressort										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Démonter coquilles et évaluer l'usure du ressort.		E	E	15	1	ME	A	2	A	
Évaluer l'usure des encoches.		E	E	3	1	ME	A	2	A	
Contrôler le serrage des boulons.		C	E	5	1	ME	A	6	M	
Nettoyer et graisser.		F	E	10	1	ME	A	2	A	

Accouplement multidisques										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Démonter coquilles et évaluer l'état des disques.		E	E	8	1	ME	A	2	A	
Contrôler le serrage des boulons.		C	E	2	1	ME	A	6	M	

Accouplement à bandage										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Evaluer l'état et le vieillissement du bandage.		E	E	5	1	ME	A	6	M	
Contrôler le serrage des boulons.		C	E	3	1	ME	A	6	M	

Cardan de transmission										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler le serrage des boulons.		C	E	3	1	ME	A	3	M	
Evaluer le jeu dans les croisillons et cannelures.		E	E	4	1	ME	A	3	M	
Graisser.		F	E	4	1	GR	A	3	M	

Accouplement magnétique										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler l'alignement (les aimants ne doivent pas se toucher)		C	E	15	1	ME	A	3	M	

Accouplement petit										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Evaluer le jeu sans démontage.		E	E	6	1	ME	A	6	M	
Contrôler le serrage des boulons.		C	E	2	1	ME	A	6	M	

Accouplement rigide										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler le serrage des boulons.		C	E	5	1	ME	A	6	M	


Frein électromagnétique à courant direct										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler l'usure des garnitures.		C	E	10	1	ME	A	6	M	
Mesurer et régler l'entrefer.		V	E	15	1	ME	A	6	M	
Contrôler l'absence de projections d'huile sur le frein		C		2	1	ME	M	1	M	

Frein electromagnétique à courant d'opposition										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler l'usure des garnitures.		C	E	10	1	ME	A	6	M	
Contrôler l'absence de projections d'huile/graisse sur frein		C		2	1	ME	M	1	M	

Frein à machoires										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler l'absence de corps gras au tambour.		C	E	2	1	ME	A	6	M	
Contrôler pivotement articulations et absence jeu excessif.		C	E	3	1	ME	A	6	M	
Mesurer l'épaisseur des garnitures.	2mm Mini	V	E	3	1	ME	A	6	M	
Contrôler l'état de la bobine, le serrage des connexions.		C	E	5	1	EL	A	6	M	

Frein à disque										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler l'absence de corps gras sur disque.		C	E	2	1	ME	A	6	M	
Mesurer l'épaisseur des garnitures.	2mm Mini	V	E	3	1	ME	A	6	M	
Evaluer l'état du disque.		E	E	2	1	ME	A	6	M	
Evaluer état tiges-guides du flasque freinage, des ressorts.		E	E	3	1	ME	A	6	M	
Contrôler état de la bobine, serrage des connexions.		C	E	5	1	EL	A	6	M	

Chaîne de transmission et tourteaux										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Evaluer l'usure de la chaîne.		E	E	15	1	ME	A	6	M	
Contrôler la tension de chaîne.		C	E	3	1	ME	A	6	M	
Evaluer l'état des pignons.		E	E	3	1	ME	A	6	M	
Graisser la chaîne.		F	E	5	1	GR	A	6	M	
Contrôler visuellement la tension de chaîne et le bon fonctionnement de la transmission		C		2	1	ME	M	1	M	
Note : Voir la règle de l'art. L'usure de la chaîne peut être déterminée à l'aide d'une règle de mesure fournie par le fabricant de chaînes, lorsque les pas sont peu importants. Sinon, on peut fixer une distance limite pour un nombre de pas déterminé. Par ailleurs, il est utile de réaliser des gabarits de contrôle des dentures de tourteaux.										

Courroie trapézoïdale 1 brin et poulies (hors paliers)									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler visuellement en marche l'état de la courroie		C		1	1	FA	M	1	S
Contrôler visuellement en marche l'état des poulies (corps étrangers...)		C		1	1	FA	M	1	S
Evaluer l'usure de courroie.		E	E	6	1	ME	A	3	M
Contrôler la tension de courroie et régler si nécessaire.		C	E	4	1	ME	A	3	M
Evaluer l'usure des gorges de poulies.		E	E	4	1	ME	A	3	M
Contrôler l'état des poulies (liaisons avec arbres).		C	E	3	1	ME	A	3	M
<p>Note : Voir la règle de l'art. La solution moderne consiste à utiliser un tensiomètre fourni par tous les fabricants de courroies. De même pour des gabarits de contrôle des gorges de poulies.</p> 									

Courroie crantée et poulies (hors paliers)									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Evaluer l'état de la courroie.		E	E	3	1	ME	A	3	M
Contrôler et régler la tension si nécessaire.	Nulle	F	E	4	1	ME	A	3	M
Evaluer l'usure des gorges de poulies.		E	E	4	1	ME	A	3	M
Contrôler l'état des poulies (liaisons avec arbres).		C	E	3	1	ME	A	3	M
Contrôler visuellement en marche l'état des poulies (corps étrangers...)		C		1	1	FA	M	1	S
Contrôler visuellement en marche la tension et l'état de la courroie	Tens.nulle	C		1	1	FA	M	1	S
Note : Idem à la remarque précédente.									

Crémaillère									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Evaluer l'état de la crémaillère.		E	E	0	1	ME	A	1	A
Evaluer l'état du pignon.		E	E	0	1	ME	A	1	A
Contrôler fixations et resserrer si nécessaire.		C	E	0	1	ME	A	1	A
Evaluer le jeu dans le pignon.		E	E	0	1	ME	A	1	A
Graisser légèrement.		F	E	0	1	ME	A	1	A

Coupleur à écope										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Noter la température de l'huile		V		1	1	ME	M	1	M	
Contrôler l'étanchéité du corps		C		3	1	ME	M	1	M	
Contrôler le lignage.		C	E	60	1	ME	A	1	A	
Contrôler l'étanchéité et l'état des flexibles hydrauliques		C		3	1	ME	M	1	M	
Contrôler la température des flexibles hydrauliques		C		1	1	ME	M	1	M	
Contrôler le niveau (point zéro).Faire un ajout si nécessaire		C	E	10	1	GR	AP	1	M	

Coupleur de démarrage										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler le niveau; faire l'appoint si nécessaire.		F	E	20	1	GR	A	6	M	
Contrôler l'étanchéité du corps.		C		3	1	ME	M	1	M	

Goupille de cisaillement										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler la goupille : état, position, origine.		C	E	5	1	ME	A	6	M	

Limiteur de couple mécanique										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Evaluer l'usure des garnitures.		E	E	30	1	ME	A	1	A	
Contrôler le réglage.		C	E	10	1	ME	A	6	M	

Limiteur de couple hydraulique										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler le niveau d'huile (voit M.O. et valeur). Faire l'appoint si nécessaire.		C	E	5	1	ME	AP	6	M	

Note : le réglage du limiteur est donné par la position du trou de remplissage. Si la valeur de cette position est perdue, on peut procéder comme suit. Faites un repère sur le manchon amont et sur le manchon aval, puis faites une mesure de vitesse au stroboscope. La valeur de glissement doit être de 2 à 3 %. Sinon il faut ajouter ou enlever de l'huile. Bien sûr quand le bon volume d'huile est trouvé il faut noter la position du trou d'entrée d'huile sur la gamme.

Tendeur de chaîne										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler la fixation et le bon fonctionnement.		C	E	5	1	ME	A	6	M	

Engrenage										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Graisser l'engrenage.		F	E	5	1	GR	A	3	M	
Evaluer l'état et la fixation des pignons.		E	E	8	1	ME	A	6	M	

Réducteur critique à bain d'huile									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler le serrage des fixations, resserrer si nécessaire.		C		5	1	ME	M	2	A
Prise d'échantillon d'huile		F		20	1	VS	M	6	M
Réaliser une analyse vibratoire, avec le moteur : 9 points		V		60	1	VS	M	6	M
Contrôler le niveau d'huile, faire un ajout si nécessaire		C		5	1	GR	M	1	S
Vérifier en marche si vibrations ou bruits anormaux.		C		1	1	GR	M	1	M
Contrôler l'état du reniflard.		C		1	1	GR	M	1	S
Note : l'analyse d'huile est la solution la plus efficace pour adapter le moment de la vidange d'huile à la dégradation de celle-ci. Si on ne fait pas d'analyse d'huile, il faut prévoir des vidanges : 1 fois/an pour les huiles classiques, 1 fois/3 ans pour les huiles de synthèse.									

Réducteur à circulation d'huile										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler l'étanchéité du carter		C		2	1	GR	M	1	S	
Réaliser une analyse vibratoire, avec le moteur : 9 points		V		60	1	VS	M	6	M	
Lubrification du réducteur										
Contrôler le niveau d'huile		C		1	1	GR	M	1	S	
Démontage et nettoyage du filtre		F		30	1	GR	M	3	M	
Contrôler le Delta P du filtre et agir si nécessaire		C		1	1	GR	M	1	S	
Contrôler l'étanchéité de la pompe		C		1	1	GR	M	1	S	
Prise d'échantillon d'huile pour analyse		F		20	1	VS	M	6	M	
Contrôler la température de sortie si elle n'est pas suivie par le superviseur		V		1	1	GR	M	1	M	
Contrôler le débit s'il n'est pas suivi par le superviseur		V		1	1	GR	M	1	M	
Réfrigérant réducteur										
Contrôler débit eau		C		1	1	GR	M	1	S	
Contrôler différence de T° entrée/sortie		C		1	1	GR	M	1	S	

Remarque : très souvent les réducteurs de moyenne importance ne permettent pas de contrôler le niveau d'huile. Par ailleurs l'analyse d'huile nécessite du temps et de l'argent, ce qui ne se justifie généralement pas dans le cas de réducteurs de moyenne importance. De ce fait on ne contrôle pas le niveau d'une part, et par sécurité des vidanges sont prévues à périodicité de 3 (voire 4 ans). Si cependant on estime qu'il y a un risque on peut rajouter de l'huile jusqu'au trop plein 1 fois/6 mois.

Réducteur de moyenne importance									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Vérifier en marche si vibrations ou bruits anormaux		C		1	1	GR	M	1	M
Contrôler le serrage des fixations, resserrer si nécessaire		C		3	1	ME	M	6	M
Vidanger et remplacer l'huile		C	E	60	1	GR	A	3	A

Réducteur vertical									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Vidange d'huile.		F	E	0	1	GR	A	1	A
Contrôler les fixations, resserrer si nécessaire		C		4	1	ME	M	3	M
Vérifier en fonctionnement si vibrations ou bruits anormaux		C		1	1	FA	M	1	S
Prélèvement d'huile pour analyse		F		10	1	VS	M	6	M
Contrôle de niveau, faire un ajout si nécessaire		C	E	5	1	GR	AP	1	M
Graisser les roulements		F		6	1	GR	M	2	M
Contrôler l'état du reniflard		C		1	1	ME	M	3	M

Motoréducteur									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Vidanger et remplacer l'huile		C	E	45	1	GR	A	3	A
Contrôler le serrage du boulon de fixation du bras de réaction		C		1	1	ME	M	6	M
Contrôler l'état du reniflard.		C	E	1	1	GR	M	1	S
Vérifier en fonctionnement si vibrations ou bruits anormaux		C		1	1	FA	M	1	S

Note pour l'inspection des réducteurs et réservoirs :

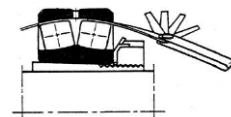
1. Il est important de prendre note des modifications du lubrifiant : odeur, couleur.
2. Si le réservoir est de faible dimension et qu'une fuite est détectée, vérifiez immédiatement le niveau car la fuite peut vider rapidement le réservoir.
3. Maintenez les niveaux corrects. Le manque d'huile dégrade rapidement les équipements.
4. Recherchez la raison d'une augmentation de niveau; de l'eau peut entrer dans le système. Un simple test est de verser du lubrifiant sur un tissu ou un buvard. L'huile sera absorbée par le tissu ou le papier mais l'eau perlera en surface. On peut éviter de remplacer l'huile en vidangeant partiellement car la plus grande quantité d'eau se trouve au fond du réservoir.

Roulements

2 Paliers avec roulements, graissage, brouillard d'huile, accès direct en fonctionnement									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler la température et l'absence de bruits anormaux		E		1	1	GR	M	2	S
Mesurer le niveau de bruit des roulements, avec appareil de mesure ondes de chocs, ou niveau global de vibrations, ou ultrasons	Maxi 65 db	V		2	1	ME	M	3	M
Graisser		F		6	1	GR	M	2	M
Vérifier les points de graissage (si grais. central.) (ou)		C		6	1	GR	M	2	M
Remplacer les graisseurs automatiques (ou)		F		8	1	GR	M		
Voir le niveau des graisseurs programmés. Remplacer si nécessaire (ou)		C		4	1	GR	M	1	M
Note : le niveau de bruit relevé est la valeur la plus haute; en effet dans tous les cas ce seront les deux roulements qui seront remplacés ensemble. La mesure de bruit peut être faite avec un collecteur de données (vibrations) ou un appareil SPM, SKF, SDT, etc...									

2 Paliers avec roulements, graissage, brouillard d'huile, accès indirect en fonctionnement									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Mesurer le niveau de bruit des roulements, avec appareil de mesure ondes de chocs, ou niveau global de vibrations, ou ultrasons	Maxi 65 db	V		2	1	ME	M	3	M
Graisser		F	E	6	1	GR	A	2	M
Vérifier les points de graissage (si grais. central.) (ou)		C	E	6	1	GR	A	2	M
Remplacer les graisseurs automatiques (ou)		F	E	8	1	GR	A		
Voir les niveaux des graisseurs programmés. Remplacer si nécessaire (ou)		C	E	6	1	GR	A	1	M
Note : le niveau de bruit relevé est la valeur la plus haute; en effet dans tous les cas ce seront les deux roulements qui seront remplacés ensemble. La mesure de bruit peut être faite avec un collecteur de données (vibrations) ou un appareil SPM, SKF, SDT, etc...									

2 Paliers avec roulements, graissage, brouillard d'huile, aucun accès									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Démonter partiellement. Mesurer le jeu des 2 roulements		E	E		1	ME	A	1	A
Graisser		F	E	6	1	GR	A	2	M
Vérifier les points de graissage (si grais.central.) (ou)		C	E	6	1	GR	A	2	M
Remplacer les graisseurs automatiques (ou)		F	E	8	1	GR	A		
Voir les niveaux des graisseurs programmés. Remplacer si nécessaire (ou)		C	E	6	1	GR	A	1	M
<p>Sur la gamme il est nécessaire d'indiquer la valeur de jeu de référence.</p> <p>Pour mesurer le jeu, 2 méthodes sont possibles</p> <p><u>1ère méthode</u> : on mesure avec une jauge</p> <p>1. Si les roulements tournent lentement on peut passer à des périodicités de 2 ans.</p> <p>2. Les temps nécessaires pour la mesure sont très variables, souvent de l'ordre de 60 min.</p> <p><u>2ème méthode</u> : on utilise la pince à talons pour bouger le roulement et un comparateur</p>									



2 Paliers avec roulements, bain d'huile, accès direct en fonctionnement									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler la température et l'absence de bruits anormaux		E		1	1	GR	M	2	S
Mesurer le niveau de bruit des roulements, avec appareil de mesure ondes de chocs, ou niveau global de vibrations, ou ultrasons	Maxi 65 db	V		2	1	ME	M	3	M
Contrôler le niveau d'huile, faire un ajout si nécessaire		C	E	5	1	GR	AP	1	M
Vidange d'huile.		F	E	0	1	GR	A	1	A
<p>Note : l'analyse d'huile est la solution la plus efficace pour adapter le moment de la vidange d'huile à la dégradation de celle-ci.</p> <p>Si on ne fait pas d'analyse d'huile, il faut prévoir des vidanges : 1 fois/an pour les huiles classiques, 1 fois/3 ans pour les huiles de synthèse.</p> <p>Note : le niveau de bruit relevé est la valeur la plus haute; en effet dans tous les cas ce seront les deux roulements qui seront remplacés ensemble.</p> <p>La mesure de bruit peut être faite avec un collecteur de données (vibrations) ou un appareil SPM, SKF, SDT, etc...</p>									

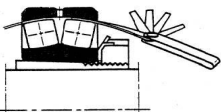
2 Paliers avec roulements, bain d'huile, accès indirect en fonctionnement									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Mesurer le niveau de bruit des roulements, avec appareil de mesure ondes de chocs, ou niveau global de vibrations, ou ultrasons	Maxi 65 db	V		2	1	ME	M	3	M
Contrôler le niveau d'huile. Faire un ajout si nécessaire		C	E	5	1	GR	A	1	M
Vidange d'huile		F	E	0	1	GR	A	1	A
<p>Note : l'analyse d'huile est la solution la plus efficace pour adapter le moment de la vidange d'huile à la dégradation de celle-ci.</p> <p>Si on ne fait pas d'analyse d'huile, il faut prévoir des vidanges : 1 fois/an pour les huiles classiques, 1 fois/3 ans pour les huiles de synthèse.</p> <p>Note : le niveau de bruit relevé est la valeur la plus haute; en effet dans tous les cas ce seront les deux roulements qui seront remplacés ensemble.</p> <p>La mesure de bruit peut être faite avec un collecteur de données (vibrations) ou un appareil SPM, SKF, SDT, etc...</p>									

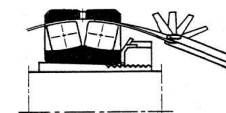
2 Paliers avec roulements, bain d'huile, aucun accès									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Démonter partiellement. Mesurer le jeu des 2 roulements		E	E		1	ME	A	1	A
Contrôler le niveau d'huile, faire un ajout si nécessaire		C	E	5	1	GR	A	1	M
Vidange d'huile		F	E	0	1	GR	A	1	A
<p>Note : l'analyse d'huile est la solution la plus efficace pour adapter le moment de la vidange d'huile à la dégradation de celle-ci.</p> <p>Si on ne fait pas d'analyse d'huile, il faut prévoir des vidanges : 1 fois/an pour les huiles classiques, 1 fois/3 ans pour les huiles de synthèse.</p> <p>Note : le niveau de bruit relevé est la valeur la plus haute; en effet dans tous les cas ce seront les deux roulements qui seront remplacés ensemble.</p> <p>La mesure de bruit peut être faite avec un collecteur de données (vibrations) ou un appareil SPM, SKF, SDT, etc...</p>									

2 Paliers avec roulements, circulation d'huile, accès direct en fonctionnement										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler la T°C et l'absence de bruits anormaux		E		1	1	GR	M	2	S	
Mesurer le niveau de bruit des roulements, avec appareil de mesure ondes de chocs, ou niveau global de vibrations, ou ultrasons	Maxi 65 db	V		2	1	ME	M	3	M	
Contrôler les buses de circulation d'huile		C	E		2	ME	A	1	A	
Note : le niveau de bruit relevé est la valeur la plus haute; en effet dans tous les cas ce seront les deux roulements qui seront remplacés ensemble. La mesure de bruit peut être faite avec un collecteur de données (vibrations) ou un appareil SPM, SKF, SDT, etc...										

2 Paliers avec roulements, circulation d'huile, accès indirect en fonctionnement									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Mesurer le niveau de bruit des roulements, avec appareil de mesure ondes de chocs, ou niveau global de vibrations, ou ultrasons	Maxi 65 db	V		2	1	ME	M	3	M
Contrôler les buses de circulation d'huile		C	E		2	ME	A	1	A
Note : le niveau de bruit relevé est la valeur la plus haute; en effet dans tous les cas ce seront les deux roulements qui seront remplacés ensemble. La mesure de bruit peut être faite avec un collecteur de données (vibrations) ou un appareil SPM, SKF, SDT, etc...									

2 Paliers avec roulements, circulation d'huile, sans accès en fonctionnement										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Démonter partiellement. Mesurer le jeu des 2 roulements		E	E		1	ME	A	1		A
Contrôler les buses de circulation d'huile		C	E		2	ME	A	1		A
<p>Sur la gamme il est nécessaire d'indiquer la valeur de jeu de référence.</p> <p>Pour mesurer le jeu, 2 méthodes sont possibles</p> <p><u>1ère méthode</u> : on mesure avec une jauge</p> <p>1. Si les roulements tournent lentement on peut passer à des périodicités de 2 ans.</p> <p>2. Les temps nécessaires pour la mesure sont très variables, souvent de l'ordre de 60 min.</p> <p><u>2ème méthode</u> : on utilise la pince à talons pour bouger le roulement et un comparateur</p>										





Pompes

Pompe centrifuge avec garniture à tresse									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler les fixations		C		3	1	ME	M	3	M
Contrôler la fuite normale au presse-étoupe. Resserrer si nécessaire	15/30 g/min	C		4	1	ME	M	1	M
Contrôler l'étanchéité du corps et des brides		C		2	1	ME	M	1	M
Graisser les roulements (ou)		F		6	1	GR	M	2	M
Remplacer les graisseurs automatiques (ou)		F		8	1	GR	M	0	h
Contrôler l'absence de bruit,vibrations en marche		C		1	1	GR	M	1	S
Contrôler débit et pression		C		2	1	GR	M	1	S
Mesurer le niveau de bruit des roulements	Maxi 65 db	V		2	1	ME	M	3	M
Note : le niveau de bruit relevé est la valeur la plus haute; en effet dans tous les cas ce seront les deux roulements qui seront remplacés ensemble. La mesure de bruit peut être faite avec un collecteur de données (vibrations) ou un appareil SPM, SKF, SDT, etc...									

Pompe centrifuge avec garniture mécanique simple effet									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler les fixations		C		3	1	ME	M	3	M
Contrôler l'étanchéité du corps et des brides		C		2	1	ME	M	1	M
Contrôler l'absence de fuite due à la garniture		C		2	1	ME	M	1	M
Contrôler l'absence de bruits,vibrations en marche		C		1	1	FA	M	1	S
Contrôler débit et pression		C		2	1	FA	M	1	S
Graisser les roulements (ou)		F		6	1	GR	M	2	M
Remplacer les graisseurs automatiques (ou)		F		8	1	GR	M		
Mesurer le niveau de bruit des roulements	Maxi 65 db	V		2	1	ME	M	3	M
Note : le niveau de bruit relevé est la valeur la plus haute; en effet dans tous les cas ce seront les deux roulements qui seront remplacés ensemble. La mesure de bruit peut être faite avec un collecteur de données (vibrations) ou un appareil SPM, SKF, SDT, etc...									

Pompe centrifuge avec garniture mécanique double effet									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler les fixations		C		3	1	ME	M	3	M
Contrôler l'étanchéité du corps et des brides		C		2	1	ME	M	1	M
Contrôler l'absence de fuite due à la garniture		C		2	1	ME	M	1	M
Contrôler le Delta P entre fluide de barrage et refoulement	1,5 bar	C		2	1	ME	M	1	M
Noter valeur température fluide de barrage	< 65°C	V		2	1	ME	M	1	M
Actionner purge d'air		F		4	1	ME	M	3	M
Contrôler l'absence de bruit,vibrations en marche		C		1	1	FA	M	1	S
Contrôler débit et pression		C		2	1	FA	M	1	S
Graisser les roulements (ou)		F		6	1	GR	M	2	M
Remplacer les graisseurs automatiques (ou)		F		8	1	GR	M		
Mesurer le niveau de bruit des roulements	Maxi 65 db	V		2	1	ME	M	3	M
Note : le niveau de bruit relevé est la valeur la plus haute; en effet dans tous les cas ce seront les deux roulements qui seront remplacés ensemble. La mesure de bruit peut être faite avec un collecteur de données (vibrations) ou un appareil SPM, SKF, SDT, etc...									

Pompe hydraulique à palettes									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler les fixations		C		3	1	ME	M	3	M
Contrôler l'étanchéité du corps et des brides		C		2	1	ME	M	1	M
Contrôler l'absence de fuite due à la garniture		C		1	1	ME	M	1	M
Contrôler l'absence de bruit et vibrations en marche		C		1	1	FA	M	1	S
Contrôler débit et pression de refoulement		C		2	1	FA	M	1	S
Graisser les roulements (ou)		F		6	1	GR	M	2	M
Remplacer les graisseurs automatiques (ou)		F		8	1	GR	M		
Mesurer le niveau de bruit des roulements	Maxi 65 db	V		2	1	ME	M	3	M
Note : le niveau de bruit relevé est la valeur la plus haute; en effet dans tous les cas ce seront les deux roulements qui seront remplacés ensemble. La mesure de bruit peut être faite avec un collecteur de données (vibrations) ou un appareil SPM, SKF, SDT, etc...									

Pompe hydraulique à pistons									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler position plateau/consigne		C	E	30	1	EL	A	1	A
Contrôler les fixations		C		3	1	ME	M	3	M
Contrôler l'étanchéité du corps et des brides		C		3	1	ME	M	1	M
Contrôler l'absence de fuite due à la garniture		C		2	1	ME	M	1	M
Contrôler l'absence de bruit et vibrations en marche		C		1	1	FA	M	1	S
Contrôler débit et pression de refoulement		C		2	1	FA	M	1	S
Graisser les roulements (ou)		F		6	1	GR	M	2	M
Remplacer les graisseurs automatiques (ou)		F		8	1	GR	M	0	
Mesurer le niveau de bruit des roulements	Maxi 65 db	V		2	1	ME	M	3	M
Note : le niveau de bruit relevé est la valeur la plus haute; en effet dans tous les cas ce seront les deux roulements qui seront remplacés ensemble. La mesure de bruit peut être faite avec un collecteur de données (vibrations) ou un appareil SPM, SKF, SDT, etc...									

Pompe type "Fuller"									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Moteur									
Graisser les roulements		F		5	1	GR	M	3	M
Accouplement GV									
Démonter carter de protection et évaluer l'usure des tampons.		E	E	15	1	ME	A	2	A
Contrôler le serrage des boulons.		C	E	3	1	ME	A	6	M
Roulements									
Graisser les roulements		F		5	1	GR	M	3	M
Contrôler l'absence de bruits,vibrations en marche		C		1	1	ME	M	1	S
Pression d'air									
Relever la pression d'air [bar]	0,8<p<1,8	V		1	1	ME	M	1	M
Structure générale									
Contrôler la position Centrale Vis		C		1	1	ME	M	1	M
Contrôler le clapet anti-retour (vérifier qu'il flotte librement)		C		1	1	ME	M	1	M
Estimer l'état du soufflet compensateur métallique		C		1	1	ME	M	1	M
Contrôler l'étanchéité des tresses au passage d'arbre		C		1	1	ME	M	1	M
Graissage centralisé									
Contrôler le niveau de graisse du graissage centralisé		F		5	1	GR	M	0,5	S
Contrôler l'état des durites de graissage		F		5	1	GR	M	1	M

Soupapes, Tuyauteries, Filtres

Bâche à huile hydraulique									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler la température		C		2	1	GR	M	1	M
Remplacer la cartouche du reniflard		F		10	1	GR	M	1	A
Faire un prélèvement d'huile pour analyse		F		5	1	GR	M	6	M
Vidange périodique en l'absence d'analyse.		F	H		1	GR	A	2	A
Noter la valeur du niveau, si lecteur existant (ou)		V		2	1	GR	M	1	M
Evaluer la valeur du niveau (ou)		E		2	1	GR	M	1	M
Note : l'analyse d'huile est la solution la plus efficace pour adapter le moment de la vidange d'huile à la dégradation de celle-ci. Si on ne fait pas d'analyse d'huile, il faut prévoir des vidanges : 1 fois/2 ans, de tout le circuit et pas seulement du réservoir.									

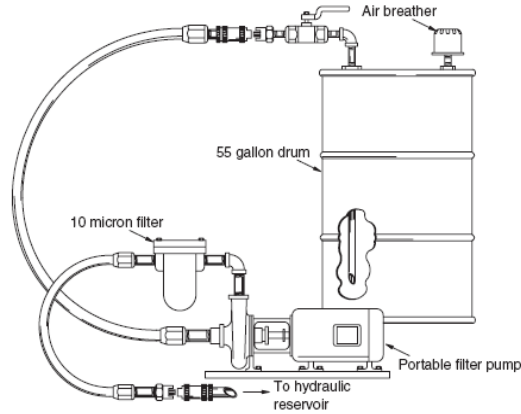
Ballon d'air fixe									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler le fonctionnement du manomètre		C		3	1	RE	M	3	M
Contrôler le fonctionnement du purgeur automatique (électrov.autom.)		C		5	1	RE	M	3	M
Réaliser la visite réglementaire.		F	E		1	AG	A	3	A
Dépose des soupapes.		F	E	60	2	ME	A	3	A
Tarage des soupapes.		F	E		1	SP	A	3	A
Préparer une réépreuve (nettoyage...).		F	E	30	2	ME	A	10	A
Réaliser une réépreuve.		F	E	0	1	AG	A	10	A
Préparer la visite réglementaire (nettoyage...).		F	E	30	2	ME	A	3	A

Ballon d'air mobile									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Préparer la visite réglementaire (nettoyage...).		F	E	30	2	ME	A	3	A
Contrôler le fonctionnement du manomètre		C		3	1	RE	M	3	M
Contrôler le fonct. du purgeur autom.(électrov. temporisée)		C		5	1	RE	M	3	A
Réaliser la visite réglementaire.		F	E		1	AG	A	3	A
Dépose des soupapes.		F	E	60	2	ME	A	3	A
Tarage des soupapes.		F	E		1	SP	A	3	A
Préparer une réépreuve (nettoyage...).		F	E	30	2	ME	A	3	A
Réaliser une réépreuve.		F	E	0	1	AG	A	3	A

Filtration circuit hydraulique										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Remplacement des cartouches de filtres sur circuit. Consignation H !		F	H		1	ME	A	6	M	
Contrôler les indicateurs de colmatage		C			1	ME	M	1	M	
Nettoyer les bouchons d'épuration magnétique. Consignation H !		F	H		1	ME	A	6	M	

Note : Un bon fonctionnement de l'**hydraulique proportionnelle** nécessite une filtration de 3 à 10µ, ce qui est très très peu. Sinon les servo valves ou autres distributeurs proportionnels fonctionnent très mal.

Tous les 3 mois il faut faire des **recyclages** avec des appareils similaires à celui figurant ci-après. Ces recyclages doivent se faire par circuit quand les vérins sont petits et éloignés du Les fabricants de matériels hydrauliques fournissent ce genre d'appareils.



Filtre - Lubrificateur - Régulateur d'air comprimé										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler la pression au régulateur	bar	C		2	1	GR	M	1	S	
Purger le filtre		F		3	1	GR	M	1	M	
Nettoyer cuve et filtre.		F	E	10	1	GR	A	6	M	
Contrôler le débit d'huile au lubrificateur		C		1	1	GR	M	1	M	
Cont. le niveau d'huile. Faire l'appoint si néces.(march/arr.)		C		3	1	GR	M	1	M	

Accumulateur hydraulique à azote										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler la pression avec un vérificateur-gonfleur		C		15	1	ME	M	6	M	
Contrôle réglementaire du corps.		C	H	60	1	ME	A	3	A	

Soupape de sureté										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler l'état et le bon fonctionnement.		C	E	10	1	ME	A	1	A	
Contrôler le tarage.		C	E	90	2	ME	A	1	A	

Tuyauterie de graissage centralisé										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler les fixations, resserrer si nécessaire		C		0	1	GR	M	3	M	
Evaluer l'état de la tuyauterie		E		0	1	GR	M	3	M	
Contrôler l'absence de fuites raccords/brides.Ress. si néc.		C		0	1	GR	M	3	M	
Contrôler l'inversion des répartiteurs		C		0	1	GR	M	3	M	

Tuyauterie, fluide neutre										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler les fixations. Resserrer si nécessaire		C		0	1	GR	M	3	M	
Evaluer l'état de la tuyauterie		E		0	1	GR	M	3	M	
Contrôler l'absence de fuites raccords/brides.Ress. si néc.		C		0	1	GR	M	3	M	

Circuit d'air régulé										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler le fonctionnement du purgeur automatique		C		3	1	RE	M	1	M	
Note : il existe des appareils CND permettant de contrôler ce fonctionnement										

Circuit d'air industriel										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler le fonctionnement des purgeurs automatiques		C			1	RE	M	1	M	
Purger les chambres des transmetteurs des pts mes.débit		F			1	RE	M	1	M	

Vérins

Vérin hydraulique simple effet									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Faire movt.complet et contrôler l'étanchéité (joint,tuyaut.). Consignation partielle		C		3	2	ME	A	1	A
Evaluer l'état des tuyauteries de raccordement.		E	H	3	2	ME	A	1	A
Evaluer l'état de la fixation.		E	H	1	2	ME	A	1	A
Evaluer l'état de la chape.		E	H	1	2	ME	A	1	A
Evaluer l'état de la tige.		E	H	1	2	ME	A	1	A
Régler l'amortisseur si nécessaire.		F	H	5	2	ME	A	1	A
Note : une ou deux semaines avant le contrôle à l'arrêt, il est utile d'écouter le vérin en marche pour savoir si l'amortisseur doit être réglé.									

Vérin hydraulique simple effet critique									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Faire movt.complet et contrôler l'étanchéité (joint,tuyaut.). Consignation partielle		C		3	2	ME	A	6	M
Evaluer l'état des tuyauteries de raccordement.		E	H	3	2	ME	A	6	M
Evaluer l'état de la fixation.		E	H	1	2	ME	A	6	M
Evaluer l'état de la chape.		E	H	1	2	ME	A	6	M
Evaluer l'état de la tige. Consignation H !		E	H	1	2	ME	A	6	M
Régler l'amortisseur si nécessaire. Consignation H !		F		5	2	ME	A	6	M
Note : une ou deux semaines avant le contrôle à l'arrêt, il est utile d'écouter le vérin en marche pour savoir si l'amortisseur doit être réglé.									

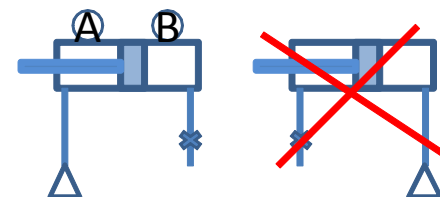
Vérin hydraulique double effet									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Faire movt.complet et contrôler l'étanchéité (joint,tuyaut.). Consignation partielle		C		3	2	ME	A	1	A
Contrôler l'absence de fuite interne (joint piston). Consignation partielle		C		6	2	ME	A	1	A
Evaluer l'état des tuyauteries de .		E	H	3	2	ME	A	1	A
Evaluer l'état de la fixation.		E	H	1	2	ME	A	1	A
Evaluer l'état de la chape.		E	H	1	2	ME	A	1	A
Evaluer l'état de la tige.		E	H	1	2	ME	A	1	A
Régler l'amortisseur si nécessaire.		F	H	5	2	ME	A	1	A
Contrôler le système de pilotage		C		5	1	RE	M	6	M

Note 1 : une ou deux semaines avant le contrôle à l'arrêt, il est utile d'écouter le vérin en marche pour savoir si l'amortisseur doit être réglé.

Note 2 : Pour la contrôle de la fuite interne, 2 méthodes sont possibles.

1ère méthode : on mesure la vitesse de déplacement du vérin.

2ème méthode : c'est la méthode "Pascal". Sur le vérin représenté, en A la surface de vérin est la plus faible mais la pression est la plus forte; en B c'est l'inverse. On amène le piston en position médiane et on bloque la sortie B. S'il y a une fuite interne, cette fuite se fait de la haute pression (A) vers la basse pression (B) et en conséquence entraine la sortie de tige vers la gauche. Il est conseillé de faire une marque au niveau de la chape, et d'attendre une heure pour observer le mouvement.



Vérin hydraulique double effet critique									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Faire movt.complet et contrôler l'étanchéité (joint, tuyaut.) Consignation partielle		C		3	2	ME	A	6	M
Contrôler l'absence de fuite interne (joint piston). Consignation partielle		C		6	2	ME	A	6	M
Evaluer l'état des tuyauteries de raccordement.		E	H	3	2	ME	A	6	M
Evaluer l'état de la fixation.		E	H	1	2	ME	A	6	M
Evaluer l'état de la chape.		E	H	1	2	ME	A	6	M
Evaluer l'état de la tige.		E	H	1	2	ME	A	6	M
Régler l'amortisseur si nécessaire.		F	H	5	2	ME	A	6	M
Contrôler le système de pilotage		C		5	1	RE	M	3	M
Note 1 : une ou deux semaines avant le contrôle à l'arrêt, il est utile d'écouter le vérin en marche pour savoir si l'amortisseur doit être réglé.									
Note 2 : voir méthode "Pascal" expliquée ci-dessus									

Vérin pneumatique									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Chronométrer le temps de déplacement	V	V	E	4	1	EM	AP	6	M
Contôler l'ensemble du mécanisme		C	E	3	1	EM	A	6	M
Contrôler le fonctionnement et l'état général des détecteurs		C	E	15	1	EM	AP	6	M
Contrôler l'état des régulateurs de débit (RDU) : voir mode opératoire		C	E	2	1	ME	AP	1	M
Note : la mesure du temps de déplacement a pour but de vérifier s'il n'y a pas de fuite interne. Une autre méthode consiste à plonger l'embout d'une tuyauterie dans un seau d'eau et à amener le piston de ce côté, puis d'observer s'il y a ou non des bulles d'air.									

Vérin électrique										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Evaluer l'état des axes de fixation.		E	E	3	1	ME	A	1	A	
Contrôler le serrage des fixations.		C	E	2	1	ME	A	1	A	
Contrôler l'état du joint racleur.		C	E	2	1	ME	A	1	A	
Contrôler l'absence de fuites de graisse		C		2	1	ME	M	3	M	
Contrôler le réglage des fins de course incorporés (si exist.)		C		5	1	EL	M	6	M	
Contrôler l'alignement de la partie entraînée.		C	E	5	1	ME	A	1	A	

Vérin mécanique à vis										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler le serrage des fixations.		C	E	2	1	ME	A	6	M	
Nettoyer la vis de levage.		F	E	10	1	ME	A	3	M	
Mesurer le jeu vis-écrou (doit être <50% profondeur filets).		V	E	5	1	ME	A	1	A	
S'assurer que le vérin travaille dans l'axe (alignement).		C	E	3	1	ME	A	1	A	

Vis de translation										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Graisser.		F	E	5	1	ME	A	3	M	
Evaluer l'usure des paliers. Mentionner les usures particulières.		E	E	10	1	ME	A	3	M	
Evaluer l'état et jeu vis-écrou. Mentionner les usures particulières.		E	E	10	1	ME	A	3	M	

Matériels divers

Amortisseur à piston									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Evaluer l'état général.		E	E	3	1	ME	A	6	M
Contrôler la fixation et le positionnement.		C	E	5	1	ME	A	6	M
Evaluer l'efficacité		E		10	1	ME	M	3	M

Chaine porte-cables ou flexibles									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Avec movts lents évaluer l'état des fixations&articulations		E		0	1	ME	M	1	A
Evaluer l'état des fixations d'extr.&articulations(mvts lents)		E		0	1	ME	M	6	M

Cable de levage									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Evaluer l'usure du cable.		E	E	0	1	ME	A	6	M
Contrôler l'absence de fils cassés.		C	E	0	1	ME	A	6	M

Chaine de levage de matériel									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler l'état des maillons : usure,criques,entailles,pliage.		C	E	0	1	ME	A	6	M

Chaine de levage avec personnel									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler l'état des maillons : usure,criques,entailles,pliage.		C	E	0	1	ME	A	3	M

Galet de translation									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Evaluer l'état du chemin de roulement.		E	E	8	1	ME	A	1	A
Evaluer l'état du galet.		E	E	2	1	ME	A	1	A
Contrôler fixations et resserrer si nécessaire.		C	E	3	1	ME	A	1	A
Evaluer le jeu dans le galet.		E	E	4	1	ME	A	1	A
Graisser.		F	E	3	1	GR	A	3	M

Graissage centralisé										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler le niveau et ré-alimenter si nécessaire		C		10	1	GR	M	1	S	
Contrôler le fonctionnement de la pompe		C		3	1	GR	M	1	S	
Nettoyer le filtre de départ		F	E	6	1	GR	A	3	M	
Contrôler la position des tiges indicatrices des doseurs		C		10	1	GR	M	3	M	

Pulvérisation d'huile										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler le fonctionnement, débit d'huile & pression d'air		C		2	1	FA	M	1	S	

Rail de roulement										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler planéité et bon état du rail, à l'aide d'une règle. Consignation E !		C	E	0	2	ME	A	1	A	
Contrôler les fixations		C		4	1	ME	M	3	M	

Trémie										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler et évaluer l'état de la trémie.		E	E	10	1	ME	A	6	M	

Fixation élastique trémie										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler l'état de la fixation.		C	E	3	1	ME	A	6	M	

Volet à commande électrique										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler le bon fonctionnement en faisant une ouverture / fermeture		C		5	1	ME	M	1	A	
Vérifier le bon état des lamelles		C		1	1	ME	M	1	A	
Contrôler la présence du moyen de manœuvre manuelle		C		3	1	ME	M	1	A	

Convoyeurs

Ensemble									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler l'état et la propreté		C		2	1	FA	M	1	S
Contrôler la protection grillagée		C		6	1	ME	M	3	M
Arrêt d'urgence : voir Electricité									

Tambour moteur (moteur dans le tambour)									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Vidanger et remplir d'huile. Consignation E !		F		15	1	GR	A	1	A
Démonter et remettre en état. Consignation E !		C	E	480	2	ME	A	2	A
Contrôler l'absence de fuite d'huile		C		1	1	ME	M	6	M
Evaluer l'usure du revêtement et contrôler l'état de surface. Consignation E !		E	E	8	1	ME	A	6	M
Contrôler visuellement l'état du revêtement ou état de surface		C		2	1	ME	M	1	M
Contrôler les fixations du tambour		C		1	1	ME	M	1	M

Tambour de tête ou de queue									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler T°C et absence de bruits anormaux des paliers		C		1	1	FA	M	1	S
Graisser les paliers (ou)		F		6	1	GR	M	2	M
Remplacer les graisseurs automatiques (ou)		F		8	1	GR	M		
Evaluer l'état de surface.		C	E	6	1	ME	A	6	M
Mesurer le niveau de bruit des roulements, avec appareil de mesure ondes de chocs, ou niveau global de vibrations, ou ultrasons	Maxi 65 db	V		1	1	ME	M	3	M
Contrôler visuellement l'état du revêtement, la surface du tambour		C		2	1	ME	M	1	M

Note : le niveau de bruit relevé est la valeur la plus haute; en effet dans tous les cas ce seront les deux roulements qui seront remplacés ensemble.

Sur la gamme il est nécessaire d'indiquer la valeur de jeu de référence.

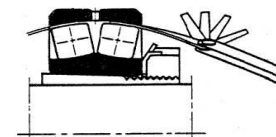
Si les roulements tournent lentement (moins de 200 rpm) pour mesurer le jeu, 2 méthodes sont possibles

1ère méthode : on mesure avec une jauge

1. On peut passer à des périodicités de 2 ans.

2. Les temps nécessaires pour la mesure sont très variables, souvent de l'ordre de 60 min.

2ème méthode : on utilise la pince à talons pour bouger le roulement et un comparateur



Roulements sans paliers										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler et signaler les roulements qui ne tournent pas librement		C			1	FA	M	1	S	
Contrôler l'état d'usure des roulements.		C	E		1	ME	A	3	M	

Bavette										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Evaluer l'état d'usure.		E	E	3	1	ME	A	3	M	
Contrôler l'efficacité de la bavette		C		1	1	FA	M	1	S	

Racleur										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Evaluer l'état d'usure.		E	E	3	1	ME	A	1	M	
Contrôler l'efficacité du racleur		C		1	1	FA	M	1	S	

Station autocentreuse										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôle du pivotement.		C	E	3	1	ME	A	3	M	
Contrôle des diabolos latéraux.		C	E	3	1	ME	A	3	M	
Contrôler visuellement le centrage de bande		C		1	1	FA	M	1	S	
Evaluer l'état d'usure des roulements.		E	E	3	1	ME	A	3	M	
Contrôler visuellement les roulements qui ne tournent pas ou manquent		C		1	1	FA	M	1	S	

Dispositif de tension										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler le système de tension.		C	E	5	1	ME	A	3	M	
Contrôler visuellement la tension de bande		C		1	1	FA	M	1	S	

Bande transporteuse										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Evaluer l'usure face porteuse, et roulante + talon.		E	E	5	1	ME	A	3	M	
Contrôler l'épaisseur.		C	E	5	1	ME	A	3	M	
Contrôler l'état de la jonction.		C	E	3	1	ME	A	3	M	
Contrôler le centrage		C		1	1	FA	M	1	S	
Contrôler visuellement l'état général		C		1	1	FA	M	1	S	

Transporteur avec tambours de contrainte : exemple									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Tambour de tête									
Contrôler T°C et absence de bruits anormaux des paliers		C		1	1	GR	M	1	S
Graisser les paliers		F		6	1	GR	M	2	M
Roulements : contrôler l'état et mesurer le jeu	max: 0,08 mm	V	E	60	1	ME	A	2	A
Evaluer visuellement l'état du revêtement, la surface du tambour		E		2	1	ME	A	3	M
Tambour de contrainte de tête									
Contrôler T°C et absence de bruits anormaux des paliers		C		1	1	GR	M	1	S
Graisser les paliers		F		6	1	GR	M	2	M
Roulements : contrôler l'état et mesurer le jeu	max: 0,05 mm	V	E	60	1	ME	A	2	A
Evaluer visuellement l'état du revêtement, la surface du tambour		E	E	2	1	ME	A	3	M
Tambour de queue									
Contrôler T°C et absence de bruits anormaux des paliers		C		1	1	GR	M	1	S
Graisser les paliers		F		6	1	GR	M	2	M
Roulements : contrôler l'état et mesurer le jeu	max: 0,07 mm	V	E	60	1	ME	A	2	A
Evaluer visuellement l'état du revêtement, la surface du tambour		E	E	2	1	ME	A	3	M
Tambour de contrainte de queue									
Contrôler T°C et absence de bruits anormaux des paliers		C		1	1	GR	M	1	S
Graisser les paliers		F		6	1	GR	M	2	M
Roulements : contrôler l'état et mesurer le jeu	max: 0,05 mm	V	E	60	1	ME	A	2	A
Evaluer visuellement l'état du revêtement, la surface du tambour		E	E	2	1	ME	A	3	M
Rouleaux									
Contrôler et remplacer les rouleaux qui ne tournent pas librement		C	E	60	2	ME	A	3	M
Bande transporteuse									
Evaluer l'usure face porteuse, et roulante		E	E	5	1	ME	A	3	M
Contrôler l'épaisseur.		C	E	5	1	ME	A	3	M
Evaluer l'état de la jonction.		E	E	3	1	ME	A	3	M
Contrôler la tension de la bande		C		1	1	FA	M	1	S
Contrôler le centrage de la bande		C		1	1	FA	M	1	S
Evaluer visuellement l'état général		E		1	1	FA	M	1	S
Contrôler le système de tension.		C	E	5	1	ME	A	3	M

Accouplement PV									
Démonter carter de protection et évaluer l'usure des tampons.		E	E	15	1	ME	A	2	A
Contrôler le serrage des boulons.		C	E	3	1	ME	A	2	A
Motoréducteur									
Vérifier en marche si vibrations ou bruits anormaux		C		1	1	GR	M	1	S
Réaliser une mesure du bruit		V		3	1	ME	M	6	M
Contrôler le serrage des fixations, resserrer si nécessaire		C		3	1	ME	M	6	M
Vidanger et remplacer l'huile		C	E	45	1	GR	A	3	A
Contrôler l'état du reniflard.		C	E	1	1	GR	M	1	S
Note : ici, plusieurs contrôles se font en marche car la vitesse est faible.									

Elevateur à chaîne et godets									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Chaîne à godets									
Mesurer l'allongement de chaîne sur une longueur de 20 pas, 1er secteur.	Max :	V	E	13	2	ME	A	1	A
Mesurer le diamètre d'une douille de la chaîne, 1er secteur.	Min :	V	E	1	2	ME	A	1	A
Mesurer l'allongement de chaîne sur une longueur de 20 pas, 1er secteur.	Max :	V	E	13	2	ME	A	1	A
Mesurer le diamètre d'une douille de la chaîne 2ème secteur	Min :	V	E	1	2	ME	A	1	A
Mesurer l'allongement de chaîne sur une longueur de 20 pas, 1er secteur.	Max :	V	E	13	2	ME	A	1	A
Mesurer le diamètre d'une douille de la chaîne, 3ème secteur.	Min :	V	E	1	2	ME	A	1	A
Evaluer l'état général des maillons (alignement des poulies)		E	E	30	2	ME	A	1	A
Evaluer l'état et les fixations des godets		E	E	30	2	ME	A	1	A
Evaluer l'état de la bavette de chute à la tête		E	E	5	2	ME	A	1	A
Mesurer l'épaisseur de la bande de roulement de la poulie de tête.	Min :	V	E	15	2	ME	A	1	A
Contrôler la fixation sur l'arbre de la poulie de tête.		C	E	2	2	ME	A	1	A
Graisser les roulements de la poulie de tête		F	E	10	1	GR	A	2	M
Mesurer le jeu des roulements de la poulie de tête	Max :	V	E	180	2	ME	A	2	A
Mesurer l'épaisseur des bandes de roulement des secteurs de la poulie de pied.	Min :	V	E	5	2	ME	A	6	M
Contrôler la fixation sur l'arbre de la poulie de pied.		C	E	2	2	ME	A	6	M
Mesurer le jeu entre palier et douille de l'axe de la poulie de pied.	Max :	V	E	2	2	ME	A	6	M
Contrôler l'étanchéité des passages d'arbres de la poulie de pied		V	E	1	2	ME	A	6	M
Evaluer l'état des glissières du contre-poids.		E	E	2	2	ME	A	6	M

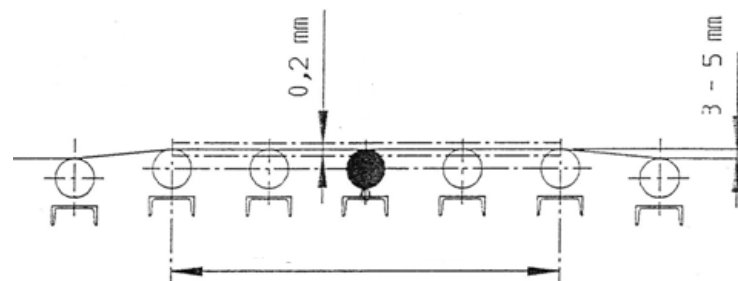
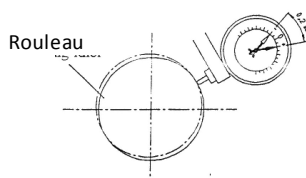
Réducteur									
Contrôler le serrage des fixations, resserrer si nécessaire.		C		5	1	ME	M	2	A
Réaliser une analyse vibratoire		V		45	1	VS	M	6	M
Vidanger et remplacer l'huile		C	E	45	1	GR	A	5	A
Vérifier en marche si vibrations ou bruits anormaux.		C	E	1	1	GR	M	1	M
Contrôler l'état du reniflard.		C	E	1	1	GR	M	1	S
Accouplement GV									
Démonter le carter de protection et évaluer l'usure des tampons.		E	E	15	1	ME	A	6	M
Contrôler le serrage des boulons.		C	E	3	1	ME	A	6	M
Entrainement par vireur									
Vidanger et remplacer l'huile		C		45	1	GR	A	5	A
Démonter le carter de protection et évaluer l'usure des tampons.		E	E	15	1	ME	A	6	M
Contrôler le serrage des boulons.		C	E	3	1	ME	A	6	M
Vérification du bon fonctionnement de l'anti-retour.		C	E	1	1	ME	A	2	A
Contrôler le niveau d'huile de l'anti-retour et faire appoint si nécessaire		C	E	1	1	GR	A	2	A
Vérification du bon fonctionnement de la roue libre.		C	E	2	1	ME	A	2	A

Chaîne à raclettes									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Chaîne à raclettes									
Evaluer l'état des raclettes (usure, cintrage)		E	E	5	1	ME	A	6	M
Mesurer l'allongement de la chaîne, pas 6 maillons	Max 1520 mm	V	E	60	2	ME	A	1	A
Tourteau de pied									
Evaluer l'état du tourteau		E	E	10	2	ME	A	1	A
Graisser les roulements		F		5	1	GR	M	3	M
Mesurer le jeu des roulements	Max : 0,4mm	V	E	90	2	ME	A	2	A
Contrôler le tourteau et retendre la chaîne si nécessaire		C		5	1	ME	M	1	S
Vérifier le centrage de la chaîne		C	E	10	2	ME	A	1	A
Tourteau de tête									
Evaluer l'état du tourteau		E	E	10	2	ME	A	1	A
Graisser les roulements		F		5	1	GR	M	3	M
Mesurer le jeu des roulements	Max : 0,4mm	V	E	90	2	ME	A	2	A
Contrôler le tourteau		C		5	1	ME	M	1	S

Motoréducteur									
Vidanger et remplacer l'huile		C	E	45	1	GR	A	5	A
Contrôler en marche si vibration, T° ou bruit anormaux		C		1	1	GR	M	1	S
Contrôler le serrage des boulons de fixation		C		1	1	ME	M	6	M
Contrôler l'absence de fuites d'huile		C		1	1	GR	M	1	S
Mesurer le niveau de bruit des roulements, avec appareil de mesure ondes de chocs, ou niveau global de vibrations, ou ultrasons		V		5	1	VS	M	6	M

Bande doseuse									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Structure générale de la trémie									
Contrôler l'état général de la trémie (fuite)		C		4	1	GR	M	1	S
Motoréducteur									
Vidanger et remplacer l'huile		C		45	1	GR	A	5	A
Contrôler en marche si vibration, T° ou bruit anormaux		C		1	1	GR	M	1	S
Contrôler le serrage des boulons de fixation		C		1	1	ME	M	6	M
Contrôler l'absence de fuites d'huile		C	E	1	1	GR	M	1	S
Mesurer le niveau de bruit des roulements, avec appareil de mesure ondes de chocs, ou niveau global de vibrations, ou ultrasons		V		5	1	VS	M	6	M
Bande transporteuse									
Contrôler la tension de la bande		C		1	1	FA	M	1	S
Contrôler le centrage de la bande		C		1	1	FA	M	1	S
Evaluer l'état général de la bande		E	E	10	1	ME	A	3	M
Evaluer l'état de la jonction		E	E	2	1	ME	A	3	M
Evaluer l'état des bavettes latérales		E	E	2	1	ME	A	3	M
Tambours et rouleaux									
Evaluer l'état du tambour de tête		E	E	2	1	ME	A	6	M
Graisser les roulements du tambour de tête		F		5	1	GR	M	3	M
Evaluer l'état du tambour de queue		E		2	1	ME	A	6	M
Graisser les roulements du tambour de queue		F		5	1	GR	M	3	M
Evaluer l'état du racleur		E	E	2	1	ME	A	6	M
Evaluer l'état des rouleaux des batteries inférieurs		E	E	5	1	ME	A	6	M
Evaluer l'état des rouleaux des batteries supérieurs		E	E	60	2	ME	A	6	M
Contrôler la géométrie des rouleaux peseur (voir schéma en annexe)		C	E	30	2	ME	A	6	M
Nettoyer et contrôler le voile des rouleaux peseur	max: 0,2 mm	C	E	60	2	ME	A	1	A

Note : Le rouleau de mesure doit être aligné par rapport aux rouleaux limiteurs.
En aucun cas le rouleau de mesure ne doit se trouver en dessous du niveau des rouleaux limiteurs.
Les rouleaux de mesure et limiteurs doivent être surtordus avec une tolérance de faux-rond < 0,2 mm, afin d'obtenir la tolérance d'alignement. Réglez la même tolérance d'alignement du côté gauche et du côté droit des rouleaux, afin de garantir le parallélisme par rapport aux tambours du convoyeur.



Grand convoyeur à écailles avec galets ("reedler")										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Motoréducteur et accouplements										
Vidanger et remplacer l'huile		C	E	45	1	GR	A	5	A	
Contrôler en marche si vibration, T° ou bruit anormaux		C		1	1	GR	M	1	S	
Contrôler le serrage des boulons de fixation		C		1	1	ME	M	6	M	
Contrôler l'absence de fuites d'huile		C		1	1	GR	M	1	S	
Mesurer le niveau de bruit des roulements, avec appareil de mesure ondes de chocs, ou niveau global de vibrations, ou ultrasons		V		5	1	VS	M	6	M	
Contrôler le bras de couple		C	E	3	1	GR	A	3	M	
Remplir et contrôler le limiteur de couple à huile		C	E	15	1	GR	A	3	M	
Chaîne côté canal										
Mesurer l'allongement de la chaîne, pas 6 maillons		V	E	60	2	ME	A	1	A	
Remplir d'huile le pulvérisateur, et contrôler son fonctionnement		F		20	1	GR	M	1	S	
Chaîne côté haine										
Mesurer l'allongement de la chaîne, pas 6 maillons		V	E	60	2	ME	A	1	A	
Écailles										
Evaluer l'état des écailles		E	E	5	1	ME	A	6	M	
Contrôler les fixations		C	E	60	1	ME	A	1	A	
Contrôler l'état des galets		C	E	30	1	ME	A	1	A	
Contrôler l'état des rails		C	E	15	1	ME	A	1	A	

Tourteau de pied côté haine									
Evaluer l'état du tourteau		E	E	10	1	ME	A	1	A
Graisser les roulements		F		5	1	GR	M	3	M
Mesurer le jeux des roulements	Max : 0,4mm	V	E	90	2	ME	A	2	A
Contrôler le tourteau et retendre la chaine si nécessaire		C		5	1	ME	M	1	S
Vérifier le centrage de la chaine		C	E	10	1	ME	A	1	A
Tourteau de tête côté haine									
Evaluer l'état du tourteau		E	E	10	1	ME	A	1	A
Graisser les roulements		F		5	1	GR	M	3	M
Mesurer le jeux des roulements	Max : 0,4mm	V	E	90	2	ME	A	2	A
Contrôler le tourteau		C		5	1	ME	M	1	S
Tourteau de pied côté canal									
Evaluer l'état du tourteau		E	E	10	1	ME	A	1	A
Graisser les roulements		F		5	1	GR	M	3	M
Mesurer le jeux des roulements	Max : 0,4mm	V	E	90	2	ME	A	2	A
Contrôler le tourteau et retendre la chaine si nécessaire		C		5	1	ME	M	1	S
Vérifier le centrage de la chaine		C	E	10	1	ME	A	1	A
Tourteau de tête côté canal									
Evaluer l'état du tourteau		E	E	10	1	ME	A	1	A
Graisser les roulements		F		5	1	GR	M	3	M
Mesurer le jeux des roulements	Max : 0,4mm	V	E	90	2	ME	A	2	A
Contrôler le tourteau		C		5	1	ME	M	1	S

Vis transporteuse de matières en poudre ou granulats									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Motoréducteur									
Vidanger et remplacer l'huile		C	E	45	1	GR	A	5	A
Contrôler en marche si vibration, T° ou bruit anormaux		C		1	1	GR	M	1	S
Contrôler le serrage des boulons de fixation		C		1	1	ME	M	6	M
Contrôler l'absence de fuites d'huile		C		1	1	GR	M	1	S
Mesurer le niveau de bruit des roulements, avec appareil de mesure ondes de chocs, ou niveau global de vibrations, ou ultrasons		V		5	1	VS	M	6	M
Vis									
Graisser les roulements		F		5	1	GR	M	3	M
Contrôler en marche si vibration, T° ou bruit anormaux		C		1	1	GR	M	1	S
Evaluer l'état des spires		E	E	30	1	ME	A	1	A
Contrôler l'étanchéité des tresses		C		1	1	GR	M	1	S
Vérifier le jeu des roulements		V		90	1	ME	A	2	A

Chaîne et balancelles									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Evaluer l'usure de la chaîne, avec règle appropriée.		E	E		1	ME	A	3	M
Contrôler la tension de chaîne.		C	E		1	ME	A	3	M
Evaluer l'état des pignons.		E	E		1	ME	A	3	M
Graisser la chaîne.		F	E		1	ME	A	3	M
Contrôler visuellement la tension de chaîne et le bon fonctionnement de transmission		C			1	ME	M	3	M
Contrôler l'état des balancelles		B			1	ME	A	3	M
Contrôler les galets et les axes		B			1	ME	A	3	M

Compresseurs et sécheurs d'air

Compresseur alternatif									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Alimentation d'air									
Nettoyer le filtre d'aspiration		F		5	1	ME	M	1	M
Contrôler l'efficacité du silencieux d'admission		C		3	1	ME	M	1	M
Contrôler l'absence de fuites sur le circuit		C			1	ME	M	1	S
Drains									
Purger drains : compresseur, refroidissement intermédiaire, réservoir		F		15	1	ME	M	1	J
Alimentation en huile									
Noter la température		V		0	1	ME	M	1	M
Noter la pression		V			1	ME	M	1	M
Contrôler le bon fonctionnement de la pompe à huile		C		3	1	ME	M	1	J
Contrôler la température	< 65°C	C		2	1	ME	M	1	J
Contrôler la pression		C		2	1	ME	M	1	J
Refroidissement par eau									
Contrôler la circulation d'eau		C		2	1	ME	M	1	J
Ailettes de refroidissement									
Nettoyer.		F	E	15	1	ME	A	3	M
Clapets									
Nettoyer les clapets.		F	E	15	1	ME	A	6	M
Contrôler les clapets et remplacer ceux d'usure avancée.		C	E	60	1	ME	A	6	M
Courroies : voir Transmission									
Régulation									
Contrôler le bon fonctionnement de la régulation		C		5	1	ME	M	1	S
Soupapes de sûreté									
Contrôler l'ouverture		C		15	1	ME	M	1	M
Contrôler le tarage.		C	E	60	1	ME	A	1	A
Contrôler l'état, nettoyer.		C	E	30	1	ME	A	1	A
Organes mécaniques									
Contrôler les serrages.		C	E	15	1	ME	A	6	M
Ensemble compresseur									
Contrôler le débit		C		5	1	ME	M	1	M

Compresseur à vis									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôles journaliers									
Vérifier le niveau de coolant, en remettre si nécessaire		C			1	ME	M	1	J
Contrôler l'absence d'alarme		C			1	ME	M	1	J
Contrôler l'absence de fuite		C			1	ME	M	1	J
Contrôler l'absence de bruit anormal		C			1	ME	M	1	J
Contrôler l'indicateur de colmatage huile		C			1	ME	M	1	J
Contrôler l'indicateur de colmatage air		C			1	ME	M	1	J
Lorsque la lampe témoin de l'élément séparateur clignote, vérifier la différence de pression. Si la perte de charge est 0 ou supérieure à 0,7 bar, changer l'élément séparateur.		C			1	ME	M	1	J
Total				12					
Roulements moteur									
Graisser les roulements du moteur		F		12	1	GR	M	3	M
Huile									
Vérifier l'absence de corps étrangers dans les nids d'abeille pour l'huile 3 mois ou 6 mois		C	E	120	1	ME	A	6	M
Coolant									
Remplacer le coolant, l'élément séparateur et le filtre coolant		F	E	120	1	ME	A	2	A
Ventilateur									
Démonter le ventilateur pour remplacer les roulements du moteur		F	E	150	1	ME	A	2	A
Protection haute température									
Vérifier le fonctionnement de la protection haute température		C		10	1	ME	M	3	M
TOTAL : 10 min - 1 an									
Tamis de retour									
Vérifier que le tamis de retour n'est pas bouché, nettoyer si nécessaire		C	E	45	1	ME	A	6	M
Soupape de sécurité									
Remplacer la soupape de sécurité		F	E	60	1	ME	A	4	A
Note : en général le constructeur recommande de remplacer le jeu vis au bout de 4 ans									

Sécheur d'air par absorption (ou déliquescence)									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler la pression dans le réservoir		C		2	1	FA	M	1	J
Purger les condensats dont ceux du réservoir amont		F		15	1	ME	M	1	J
Faire l'appoint de charge au dessiccateur (dépressur.réserv).		F	E	30	1	ME	A	3	M
Réaliser la visite réglementaire du réservoir.		F	E	60	1	AG	A	3	A
Réaliser une ré-épreuve du réservoir.		F	E	120	1	AG	A	10	A

Sécheur d'air par réfrigération										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler la pression d'alimentation air	bar	C		3	1	FA	M	1	J	
Contrôler la charge en liquide frigorigène.		C	E	10	1	ME	A	3	M	
Nettoyage extérieur du condenseur frigo.Soufflage < 2bars.		F	E	10	1	ME	A	3	M	
Contrôler l'état des ailettes. Peigner si besoin.		C	E	10	1	ME	A	3	M	
Nettoyer le ventilateur.		F	E	10	1	ME	A	3	M	
Contrôler le fonctionnement du purgeur auto		C		5	1	ME	M	1	M	
Contrôler le fonctionnement des vannes de régulation		C		30	1	RE	M	3	M	
Contrôler le fonctionnement des sécurités		C		15	1	RE	M	3	M	
Contrôler le fonctionnement du ventilateur		C		2	1	FA	M	1	J	
Contrôler le point de rosée à l'évaporateur	°C	C		2	1	FA	M	1	J	

Sécheur d'air par adsorption (ou régénération)										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler la pression des réservoirs		C		2	1	FA	M	1	J	
Contrôler programmeur, résistances thermostat, by-pass.		C	E	60	1	RE	A	6	M	
Remplacer la charge de billes d'alumine.		F	E	30	2	ME	A	1	A	
Purger les cyclones		F		6	1	ME	M	1	M	
Contrôler le colmatage des cartouches filtrantes		C		6	1	ME	M	1	M	
Réaliser la visite réglementaire des réservoirs.		F	E	60	1	AG	A	3	A	
Préparer une ré-épreuve des réservoirs.		F	E	60	2	ME	A	10	A	
Réaliser une ré-épreuve des réservoirs.		F	E	120	1	AG	A	10	A	
Dépose et tarage des soupapes.		F	E	120	2	ME	A	3	A	
Réaliser la visite réglementaire des cyclones.		F	E	60	1	AG	A	3	A	
Réaliser la ré-épreuve des cyclones (entrée/sortie).		F	E	120	1	AG	A	10	A	

La consommation d'air comprimé coûte cher en consommation électrique et en maintenance des compresseurs. deux mesures sont conseillées :

1. placer des compteurs aux endroits stratégiques pour suivre la consommation mensuellement ;
2. si la consommation augmente, rechercher l'origine des fuites avec un appareil ultrasons.



Hydraulique

Moteur hydraulique									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Vérifier l'absence de fuite		C	H	1	1	ME	A	1	M
Contrôler les fixations		C	H	4	1	ME	A	1	M
Tuyauteries et flexibles : Contrôler l'état et l'absence de fuite		C	H	2	1	ME	A	1	M
Evaluer l'usure du pignon		E	H	15	1	ME	A	1	A
Contrôler le frein (voir mode opératoire)		C	H	30	2	ME	A	6	M

Groupe hydraulique									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Groupes moto-pompes, en marche									
Contrôler l'absence de fuite		C		2	1	ME	M	3	M
Contrôler le bruit des moteur et des pompes		C		4	1	ME	M	3	M
Remplacer les filtres d'huile		F	H	45	1	ME	A	3	M
Vérifier la plaque à bornes et les connexions. Consignation E !		C	E	10	1	EL	A	1	A
Accouplement									
Démonter coquilles et évaluer l'usure des tampons. Consignation E !		E	H	45	1	ME	AP	2	A
Réservoir d'huile									
Vidange et remplacer l'huile		F	H	60	1	ME	A	1	A
Accumulateur d'huile									
Contrôler la pression d'azote		V	H	15	1	ME	A	6	M
Tuyauteries et flexibles									
Contrôler		C	H	150	1	ME	A	3	M
Ensemble du groupe									
Contrôler la température de l'huile		C		3	1	ME	M	1	S

Ensemble hydraulique dans le cas d'une hydraulique proportionnelle									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Faire un recyclage de chaque circuit, pour filtration avec appareillage dédié et mobile				240				3	M

Brouillard d'huile

Générateur de brouillard d'huile									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Alimentation d'air comprimé									
Contrôler la pression d'alimentation	bar	C		3	1	FA	M	1	S
Contrôler la pression au régulateur	bar	C		3	1	FA	M	1	S
Noter la valeur de la pression d'alimentation	bar	C		0	1	ME	M	1	M
Nettoyer ou remplacer la cartouche filtrante.		F	E	10	1	GR	A	3	M
Purger		F		10	1	GR	M	1	M
Pompe d'alimentation en huile									
Contrôler la pression de sortie	bar	C		1	1	FA	M	1	J
Noter la valeur de la pression (1 fois/mois)	bar	V		0	1	ME	M	1	M
Contrôler l'absence de bruit, vibrations en fonctionnement		C		1	1	FA	M	1	J
Remplacer la cartouche filtrante.		F		20	1	GR	A	3	M
Roulement moteur : mesurer le niveau de bruit	Max : 65 db	V		2	1	ME	M	3	M
Contrôler l'absence de fuite autre que fonctionnelle		C		3	1	ME	M	1	M
Roults moteur et pompe: graisser ou vérifier le point graissage (si gr.central)		F		10	1	GR	M	3	M
Remplacer les graisseurs automatiques (ou)		F		8	1	GR	M	6	M
Réchauffeur									
Contrôler la température sortie réchauffeur	°C	C		1	1	FA	M	1	J
Noter la température (1 fois/mois)	°C	V		1	1	FA	M	1	M
Générateur									
Nettoyer crépine d'aspiration.		F	E	15	1	ME	A	3	M
Nettoyer tête d'atomisation.		F	E	15	1	ME	A	3	M
Nettoyer cuve.		F	E	90	1	ME	A	6	M
Contrôler l'état du détecteur de brouillard.		C	E	10	1	ME	A	6	M
Contrôler le niveau d'huile à la cuve. Faire l'appoint si nécessaire		C		3	1	GR	M	1	J
Contrôler la pression du brouillard d'huile(+/- 10 bars)		C		2	1	FA	M	1	J
Noter la valeur de la pression du brouillard d'huile (1 fois/mois)		V		0	1	MA	M	1	M
Ajutages/événements									
Nettoyer les gicleurs.		F	E	0	1	ME	A	1	A
Contrôler les seuils de défaut (réglage du pressostat).		C	E	15	1	ME	A	3	M
Contrôler la circulation, présence d'huile.		C	E	0	1	GR	A	1	M

Connectique									
Contrôler l'état de la connectique.		C	E	30	1	EL	A	6	M
Raccords, tuyauterie, appareils en ligne									
Détecter fuites		C		0	1	ME	M	3	M
Récupérations condensats									
Purger (si non automatique)		F		0	1	ME	M	1	J

Groupe Diesel

Groupe Diesel										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Moteur										
Vérifier, régler les régimes moteur		C	E	15	1	ME	A	3	M	
Régler le jeu des soupapes.		F	E	75	1	ME	A	3	M	
Evaluer l'état de l'amortisseur de vibrations du vilebrequin		E	E	30	1	ME	A	1	A	
Vidanger l'huile		F	E	30	1	GR	A	1	M	
Contrôler l'état du turbo-compresseur, si existant		C	E	10	1	ME	A	1	M	
Contrôler la tuyauterie et le serrage colliers de l'adm. d'air		C	E	15	1	ME	A	1	A	
Contrôler le niveau d'huile. Faire l'appoint si nécessaire		C		5	1	GR	M	1	S	
Système de refroidissement										
Contrôler les flexibles, serrages brides, colliers			E	10	1	ME	A	1	A	
Nettoyer/ Veiller à chasser l'air du circuit		F	E	60	1	ME	A	2	A	
Evaluer l'état du ventilateur		E	E	15	1	ME	A	1	A	
Contrôler la tension courroie		C	E	3	1	ME	A	1	M	
Graisser les paliers du ventilateur		F	E	5	1	GR	A	1	M	
Contrôler le niveau du liquide. Faire l'appoint si nécessaire		C		3	1	ME	M	1	J	
Filtres										
Purger le filtre de la pompe carburant s'il y a présence d'eau ou dépôts		F	E	3	1	ME	A	1	J	
Nettoyer le filtre de la pompe carburant		F	E	3	1	ME	A	1	S	
Purger le filtre à air, ou vérifier l'indicateur de colmatage		F	E	3	1	ME	A	1	J	
Remplacer le filtre à huile		F	E	5	1	ME	A	1	J	
Remplacer le tamis du filtre alimentation carburant		F	E	10	1	ME	A	1	M	
Remplacer l'élément filtrant du filtre à air		F	E	10	1	ME	A	1	A	
Tube de ventilation du carter moteur										
Nettoyer		F	E	5	1	ME	A	1	M	
Alternateur										
Contrôler la tension courroie		C	E	3	1	ME	A	1	M	
Graisser les paliers de l'alternateur		F	E	5	1	GR	A	1	M	
Evaluer l'état de l'alternateur		E	E	15	1	ME	A	1	A	

Batteries									
Mesurer la concentration de l'électrolyte av.un pèse acide	> 18° Baumé	C	E	10	1	ME	A	1	M
Renouveler l'électrolyte		F	E	60	1	ME	A	2	A
Contrôler le serrage des cosses, nettoyer et graisser		C	E	10	1	ME	A	6	M
Contrôler le niveau d'électrolyte. Appoint si nécessaire		C	E	4	1	ME	A	1	S
Thermostats									
Contrôler la température d'ouv/ferm. des org. commandes		C	E	5	1	ME	A	1	A

Ventilateur

Ventilateur									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Chaise									
Contrôler les fixations		C		3	1	ME	M	3	M
Canon/Paliers									
Contrôle auditif et de température		C		3	1	ME	M	1	M
Graisser les roulements		F		3	1	GR	M	3	M
Remplacer les graisseurs automatiques (ou)		F		8	1	GR	M	6	M
Contrôler la fixation des paliers		C		2	1	ME	M	1	M
Corps/Volute									
Contrôler l'état du soufflet /liaison souple/joints		C		3	1	ME	M	3	M
Evaluer l'état de la volute.		E	E	10	1	ME	A	6	M
Turbine									
Evaluer l'état de la turbine.		E	E	5	1	ME	A	6	M
Ensemble									
Mesure d'intensité avec pince ampèremétrique		V		5	1	EL	M	1	M
Contrôle de pression et/ou dépression		C		3	1	FA	M	1	J
Mesure de vibrations avec analyse spectrale		V		45	1	VS	M	3	M
Filtre									
Contrôle de l'encrassement et de l'état.		C	E	10	1	ME	AP	1	M

Surpresseur centrifuge									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Réaliser analyse vibratoire		V		45	1	VS	M	6	M
Contrôler le niveau d'huile, faire un ajout si nécessaire		C		10	1	GR	A	1	M
Vérifier en marche si vibrations ou bruits anormaux.		V		5	1	ME	M	3	M
Vérifier l'état du filtre à l'aspiration		V		1	1	GR	M	1	M
Vérifier l'état du clapet anti retour		V		30	1	ME	A	6	M
Estimer l'état du soufflet compensateur c/c tuyauterie de refoulement		C		1	1	ME	M	3	M
Vérifier le bon fonctionnement de la soupape de surpression		V		5	1	ME	M	3	M
Contrôle des jeux interne du supresseur		C		60	2	ME	A	2	A
Contrôler visuellement en marche l'état des courroies		C		10	1	ME	M	3	M
Evaluer l'usure des courroies.		E		6	1	ME	A	6	M
Contrôler la tension des courroies et régler si nécessaire.		C		15	1	ME	A	6	M
Evaluer l'usure des gorges des poulies.		E		4	1	ME	A	6	M
Contrôler l'état des poulies (liaisons avec arbres).		C		3	1	ME	A	6	M

Ponts roulants, palans et treuil

Pont roulant de production									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Levage									
Moteur									
Frein									
Mesurer l'entrefer du frein et le régler si nécessaire		C			2	EM	A	6	M
Evaluer l'état du disque frein		E			2	EM	A	6	M
Réducteur									
Contrôler le niveau d'huile		C			2	EM	A	6	M
Vidanger et remplacer l'huile		F			2	EM	A	2	A
Soulever la moitié supérieure et vérifier l'état général mécanique		C			2	EM	A	2	A
Tambour									
Graisser les paliers		F			2	EM	A	6	M
Guide cable									
Graissage		F			2	EM	A	6	M
Evaluer l'état du guide cable		E			2	EM	A	6	M
Evaluer l'état du ressort du guide cable		E			2	EM	A	6	M
Graissage au pinceau		F			2	EM	A	6	M
Cable									
Graissage au pinceau		F			2	EM	A	6	M
Vérifier l'état		C			2	EM	A	6	M
Mouflage									
Vérifier le crochet et sa rotation ainsi que le linguet de sécurité		C			2	EM	A	6	M
Evaluer l'état de la poulie de mouflage		E			2	EM	A	6	M
Graisser les poulies de moufler et les poulies de renvoi		F			2	EM	A	6	M
Fin de course									
Limiteur de charge									
Contrôler son bon fonctionnement		C			2	EM	A	6	M
Déplacement									
Moteur									
Frein									
Mesurer l'entrefer du frein et le régler si nécessaire		C			2	EM	A	6	M
Evaluer l'état du disque frein		E			2	EM	A	6	M

Réducteur									
Contrôler le niveau d'huile		C			2	EM	A	6	M
Vidanger et remplacer l'huile		F			2	EM	A	2	A
Soulever la moitié supérieure et vérifier l'état général mécanique		C			2	EM	A	2	A
Galets de roulement									
Contrôler leur état		C			2	EM	A	6	M
Mesurer le jeu des roulements de galets		V			2	EM	A	1	A
Galets guide									
Contrôler leur état		C			2	EM	A	1	A
Mesurer le jeu des roulements de galets		V			2	EM	A	2	A
Translation									
Moteur									
Frein									
Mesurer l'entrefer du frein et le régler si nécessaire		C			2	EM	A	6	M
Evaluer l'état du disque frein		E			2	EM	A	6	M
Réducteur									
Contrôler le niveau d'huile		C			2	EM	A	6	M
Vidanger et remplacer l'huile		F			2	EM	A	2	A
Soulever la moitié supérieure et vérifier l'état général mécanique		C			2	EM	A	2	A
Galets du chariot									
Contrôler l'état des galets					2	EM	A		
Mesurer le jeu des roulements de galets		V			2	EM	A	1	A
Rails de roulement									
Contrôler l'état des rails		C			2	EM	A	1	A
Contrôler l'état des butoirs		C			2	EM	A	1	A
Partie électrique									
Câbles plats d'alimentation et chariot porte câbles									
Vérifier l'état de l'ensemble		C			2	EM	A	6	M
Borniers et branchements									
Vérifier leurs états		C			2	EM	A	6	M
Bruits									
Vérifier l'absence de bruits parasites durant le fonctionnement des moteurs, des réducteurs et des divers éléments du palan et du chariot. Par sécurité la nacelle doit être en dessous du pont, le contrôle se fait à deux.		C			2	EM	A	6	M
Temps Total opérations à 6 mois				180					
Note : pour contrôler le jeu des roulements de galets on monte ceux-ci de quelques millimètres à l'aide d'un vérin manuel, puis on utilise la pince à talons pour bouger chaque roulement et un comparateur									

Pont roulant de maintenance									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Levage									
Moteur									
Frein									
Mesurer l'entrefer du frein et le régler si nécessaire		C			2	EM	A	2	A
Evaluer l'état du disque frein		E			2	EM	A	2	A
Réducteur									
Contrôler le niveau d'huile		C			2	EM	A	2	A
Vidanger et remplacer l'huile		F			2	EM	A	5	A
Soulever la moitié supérieure et vérifier l'état général mécanique		C			2	EM	A	5	A
Tambour									
Graisser les paliers		F			2	EM	A	2	A
Guide cable									
Graissage		F			2	EM	A	2	A
Evaluer l'état du guide cable		E			2	EM	A	2	A
Evaluer l'état du ressort du guide cable		E			2	EM	A	2	A
Graissage au pinceau		F			2	EM	A	2	A
Cable									
Graissage au pinceau		F			2	EM	A	2	A
Vérifier l'état		C			2	EM	A	2	A
Mouflage									
Vérifier le crochet et sa rotation ainsi que le linguet de sécurité		C			2	EM	A	2	A
Evaluer l'état de la poulie de mouflage		E			2	EM	A	2	A
Graisser les poulies de moufler et les poulies de renvoi		F			2	EM	A	2	A
Fin de course									
Limiteur de charge									
Contrôler son bon fonctionnement		C			2	EM	A	2	A
Déplacement									
Moteur									
Frein									
Mesurer l'entrefer du frein et le régler si nécessaire		C			2	EM	A	2	A
Evaluer l'état du disque frein		E			2	EM	A	2	A

Réducteur								
Contrôler le niveau d'huile		C			2	EM	A	2 A
Vidanger et remplacer l'huile		F			2	EM	A	5 A
Soulever la moitié supérieure et vérifier l'état général mécanique		C			2	EM	A	5 A
Galets de roulement								
Contrôler leur état		C			2	EM	A	5 A
Mesurer le jeu des roulements de galets		V			2	EM	A	5 A
Galets guide								
Contrôler leur état		C			2	EM	A	5 A
Mesurer le jeu des roulements de galets		V			2	EM	A	5 A
Translation								
Moteur								
Frein								
Mesurer l'entrefer du frein et le régler si nécessaire		C			2	EM	A	2 A
Evaluer l'état du disque frein		E			2	EM	A	2 A
Réducteur								
Contrôler le niveau d'huile		C			2	EM	A	2 A
Vidanger et remplacer l'huile		F			2	EM	A	2 A
Soulever la moitié supérieure et vérifier l'état général mécanique		C			2	EM	A	2 A
Galets du chariot								
Contrôler l'état des galets					2	EM	A	
Mesurer le jeu des roulements de galets		V			2	EM	A	5 A
Rails de roulement								
Contrôler l'état des rails		C			2	EM	A	5 A
Contrôler l'état des butoirs		C			2	EM	A	5 A
Partie électrique								
Câbles plats d'alimentation et chariot porte câbles								
Vérifier l'état de l'ensemble		C			2	EM	A	2 A
Borniers et branchements								
Vérifier leurs états		C			2	EM	A	2 A
Bruits								
Vérifier l'absence de bruits parasites durant le fonctionnement des moteurs, des réducteurs et des divers éléments du palan et du chariot. Par sécurité la nacelle doit être en dessous du pont, le contrôle se fait à deux.		C			2	EM	A	2 A
Temps Total opérations à 2 ans				180				
Note : pour contrôler le jeu des roulements de galets on monte ceux-ci de quelques millimètres à l'aide d'un vérin manuel, puis on utilise la pince à talons pour bouger chaque roulement et un comparateur								

Palan électrique avec frein à mâchoires									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Organes de suspension									
Contrôler leur état.		C	E	5	1	ME	A	1	A
Cable									
Contrôler l'état sur toute la longueur et au point fixe.		C	E	15	1	ME	A	1	A
Contrôler le serrage des fixations sur tambour.		C	E	5	1	ME	A	1	A
Point fixe									
Contrôler le serrage des fixations.		C	E	5	1	ME	A	1	A
Frein à mâchoires									
Contrôler l'absence de corps gras à la poulie.		C	E	2	1	ME	A	6	M
Contrôler le pivotement des articulations et leur jeu.		C	E	4	1	ME	A	6	M
Mesurer l'épaisseur des garnitures.	2mm Mini	V	E	5	1	ME	A	6	M
Contrôler l'état de la bobine, le serrage des connexions.		C	E	5	1	EL	A	6	M
Fins de course									
S'assurer du bon fonct. tige de commande. Graisser légèrement.		C	E	4	1	EL	A	6	M
Contrôler le réglage des butées: 10cm tambour, 10cm sol.		C	E	15	1	EL	A	6	M
Guide cable									
Evaluer l'état de la partie engagée dans la rainure tambour.	usur.50%max	E	E	5	1	ME	A	1	A
Contrôler libre coulissement sur tige com. fin de course.		C	E	4	1	ME	A	6	M
Moufle									
Evaluer l'état de la poulie.		E	E	4	1	ME	A	1	A
Evaluer l'état du crochet (pas de déformation, présence du linguer de sécurité).		E	E	3	1	ME	A	1	A
Evaluer l'état des axes.		E	E	4	1	ME	A	1	A
Graisser les axes.		F	E	5	1	GR	A	6	M

Palan électrique avec frein à disque										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Organes de suspension										
Contrôler leur état.		C	E	5	1	ME	A	1	A	
Cable										
Contrôler l'état sur toute la longueur et au point fixe.		C	E	15	1	ME	A	1	A	
Contrôler le serrage des fixations sur tambour.		C	E	5	1	ME	A	1	A	
Point fixe										
Contrôler le serrage des fixations.		C	E	5	1	ME	A	1	A	
Frein à disque										
Contrôler l'absence de corps gras sur disque.		C	E	3	1	ME	A	6	M	
Mesurer l'épaisseur des garnitures.	2mm Mini	V	E	5	1	ME	A	6	M	
Evaluer l'état du disque.		E	E	4	1	ME	A	6	M	
Evaluer l'état des tiges-guides du flasque de frein.+ressorts.		E	E	5	1	ME	A	6	M	
Contrôler la bobine, le serrage des connexions.		C	E	5	1	EL	A	6	M	
Fins de course										
S'assurer du bon fonct. tige de commande. Graisser légèrement.		C	E	4	1	EL	A	6	M	
Contrôler le réglage des butées: 10cm tambour, 10cm sol.		C	E	15	1	EL	A	6	M	
Guide cable										
Evaluer l'état de la partie engagée dans la rainure tambour.	usur.50%max	E	E	5	1	ME	A	1	A	
Contrôler libre coulissement sur tige com. fin de course.		C	E	4	1	ME	A	6	M	
Moufle										
Evaluer l'état de la poulie.		E	E	4	1	ME	A	1	A	
Evaluer l'état du crochet (pas de déformation, présence du linguer de sécurité).		E	E	3	1	ME	A	1	A	
Evaluer l'état des axes.		E	E	4	1	ME	A	1	A	
Graisser les axes.		F	E	5	1	GR	A	6	M	

Treuil									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Câbles									
Estimer l'état des câbles		E		5	1	ME	M	6	M
Contrôler le bon positionnement des câbles dans les rainures du tambour		C		1	1	ME	M	6	M
Contrôler le bon serrage de la clame de fixation des câbles		C		1	1	ME	M	6	M
Motoréducteur									
Vérifier en marche si vibrations ou bruits anormaux		C		1	1	ME	M	1	M
Réaliser une mesure de bruit		V		3	1	ME	M	6	M
Contrôler le serrage des fixations, resserrer si nécessaire		C		3	1	ME	M	3	M
Vidanger et remplacer l'huile		C		20	1	GR	A	3	A
Système de cable mou et poulies									
Contrôler la libre rotation des poulies		C		5	1	ME	M	1	M
Evaluer l'état des poulies		E		3	1	GR	M	3	M
Evaluer l'état des galets de câble mou		E		1	1	GR	M	3	M
Contrôler la libre rotation des galets		C		1	1	GR	M	1	M

Moteurs

Moteur à courant continu									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler la température et l'absence de bruits anormaux		C		1	1	VS	M	1	S
Vérifier l'état (propreté carcasse/grille) soufflage nettoyage (3)..		C	E	10	1	EL	A	6	M
Vérifier la plaque à bornes et les connexions.		C	E	10	1	EL	A	1	A
Vérifier les fixations.		C	E	3	1	EL	A	6	M
Evaluer l'usure des balais et porte-balais.		E	E	5	1	EL	A	1	M
Evaluer l'usure du collecteur.		E	E	5	1	EL	A	1	M
Mesurer l'isolement/masse induit (1)		V	E	10	1	EL	A	1	A
Mesurer l'isolement/masse inducteur (1)		V	E	10	1	EL	A	1	A
Mesurer le niveau de bruit du roulement côté entraînement (4).	Maxi 65 db	V		2	1	ME	M	3	M
Mesurer le niveau de bruit du roulement côté opposé entraînement (4).	Maxi 65 db	V		1	1	ME	M	3	M
Mesurer la température carcasse moteur	55°+T°amb	V		2	1	ME	M	3	M
Remplacer les filtres, s'il y en a.		F	E	5	1	EL	A	2	S
Graisser les roulements (2)		F		6	1	GR	M	2	M

(1) : Les mesures d'isolement doivent être prévues dans les deux cas suivants :

1. **le moteur est assez chargé**; rappelons le constat suivant : pour les enroulements à fils émaillés, une élévation de température de 10 % diminue la longévité des isolants de moitié. Puisque la température dépend du carré de l'intensité, on en déduit qu'une telle élévation correspond à une élévation de courant de 5 %.
2. **il y a de l'humidité** ou des projections de liquide; dans certains cas on doit même passer à des périodicités de 6 ou 3 mois.

(2) : Souvent les roulement sont pré graissés, sion il faut soit graisser, soit remplacer les graisseurs automatiques, soit contrôler le niveau d'huile, le système de circulation d'huile, le système de refroidissement et nettoyer celui-ci, avec une périodicité de 3 mois.

(3) : Parfois il faut nettoyer la grille bien plus souvent. Par exemple, si on travaille un produit comme la cellulose, il faut brosser une fois par jour; ce doit être dans la tâche journalière d'un opérateur.

(-) : Les gros moteurs critiques nécessitent que l'on vérifie leur état.. Les essais de contrôle suivants devraient être faits une fois par an : Essai de résistance des enroulements - Essai Index de Polarisation - Essai d'écart à la loi d'ohm CC (HiPot) - Essai de surtension transitoire. Voir leur description dans les pages précédentes.

Moteur asynchrone triphasé à cage									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler la température et l'absence de bruits anormaux		C		1	1	VS	M	1	S
Vérifier l'état (propreté carcasse/grille) soufflage nettoyage (3)..		C	E	10	1	EL	A	6	M
Vérifier la plaque à bornes et les connexions.		C	E	10	1	EL	A	1	A
Vérifier les fixations.		C	E	3	1	EL	A	6	M
Evaluer l'usure des balais et porte-balais.		E	E	5	1	EL	A	1	M
Evaluer l'usure du collecteur.		E	E	5	1	EL	A	1	M
Mesurer l'isolement/masse inducteur (1)		V	E	10	1	EL	A	1	A
Mesurer le niveau de bruit du roulement côté entraînement (4).	Maxi 65 db	V		2	1	ME	M	3	M
Mesurer le niveau de bruit du roulement côté opposé entraînement (4).	Maxi 65 db	V		1	1	ME	M	3	M
Mesurer la température carcasse moteur	55°+T°amb	V		2	1	ME	M	3	M
Remplacer les filtres, s'il y en a.		F	E	5	1	EL	A	2	S
Graisser les roulements (2)		F		6	1	GR	M	2	M

(1) : Les mesures d'isolement doivent être prévues dans les deux cas suivants :

1. **le moteur est assez chargé**; rappelons le constat suivant : pour les enroulements à fils émaillés, une élévation de température de 10 % diminue la longévité des isolants de moitié. Puisque la température dépend du carré de l'intensité, on en déduit qu'une telle élévation correspond à une élévation de courant de 5 %.
2. **il y a de l'humidité** ou des projections de liquide; dans certains cas on doit même passer à des périodicités de 6 ou 3 mois.

(2) : Souvent les roulements sont pré graissés, sion il faut soit graisser, soit remplacer les graisseurs automatiques, soit contrôler le niveau d'huile, le système de circulation d'huile, le système de refroidissement et nettoyer celui-ci, avec une périodicité de 3 mois.

(3) : Parfois il faut nettoyer la grille bien plus souvent. Par exemple, si on travaille un produit comme la cellulose, il faut brosser une fois par jour; ce doit être dans la tâche journalière d'un opérateur.

(-) : Les gros moteurs critiques nécessitent que l'on vérifie leur état.. Les essais de contrôle suivants devraient être faits une fois par an : Essai de résistance des enroulements - Essai Index de Polarisation - Essai d'écart à la loi d'ohm CC (HiPot) - Essai de surtension transitoire. Voir leur description dans les pages précédentes.

(4) : Ce peut être des mesures de vibrations conjuguées avec celles de l'équipement entraîné.

Moteur asynchrone triphasé à rotor bobiné										
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U	
Contrôler la température et l'absence de bruits anormaux		C		1	1	VS	M	1	S	
Vérifier l'état (propreté carcasse/grille) soufflage nettoyage (3)..		C	E	10	1	EL	A	6	M	
Vérifier la plaque à bornes et les connexions.		C	E	10	1	EL	A	1	A	
Vérifier les fixations.		C	E	3	1	EL	A	6	M	
Evaluer l'usure des balais et porte-balais.		E	E	5	1	EL	A	1	M	
Evaluer l'usure du collecteur.		E	E	5	1	EL	A	1	M	
Mesurer l'isolement/masse induit (1)		V	E	10	1	EL	A	1	A	
Mesurer l'isolement/masse inducteur (1)		V	E	10	1	EL	A	1	A	
Mesurer le niveau de bruit du roulement côté entraînement (4)	Maxi 65 db	V		2	1	ME	M	3	M	
Mesurer le niveau de bruit du roulement côté opposé entraînement.(4)	Maxi 65 db	V		1	1	ME	M	3	M	
Mesurer la température carcasse moteur	55°+T°amb	V		2	1	ME	M	3	M	
Remplacer les filtres, s'il y en a.		F	E	5	1	EL	A	2	S	
Graisser les roulements (2)		F		6	1	GR	M	2	M	

(1) : Les mesures d'isolement doivent être prévues dans les deux cas suivants :

1. **le moteur est assez chargé**; rappelons le constat suivant : pour les enroulements à fils émaillés, une élévation de température de 10 % diminue la longévité des isolants de moitié. Puisque la température dépend du carré de l'intensité, on en déduit qu'une telle élévation correspond à une élévation de courant de 5 %.
2. **il y a de l'humidité** ou des projections de liquide; dans certains cas on doit même passer à des périodicités de 6 ou 3 mois.

(2) : Souvent les roulement sont pré graissés, sion il faut soit graisser, soit remplacer les graisseurs automatiques, soit contrôler le niveau d'huile, le système de circulation d'huile, le système de refroidissement et nettoyer celui-ci, avec une périodicité de 3 mois.

(3) : Parfois il faut nettoyer la grille bien plus souvent. Par exemple, si on travaille un produit comme la cellulose, il faut brosser une fois par jour; ce doit être dans la tâche journalière d'un opérateur.

(-) : Les gros moteurs critiques nécessitent que l'on vérifie leur état.. Les essais de contrôle suivants devraient être faits une fois par an : Essai de résistance des enroulements - Essai Index de Polarisation - Essai d'écart à la loi d'ohm CC (HiPot) - Essai de surtension transitoire. Voir leur description dans les pages précédentes.

(4) : Ce peut être des mesures de vibrations conjuguées avec celles de l'équipement entraîné.

Moteur brushless									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler la température et l'absence de bruits anormaux		C		1	1	VS	M	1	S
Vérifier l'état (propreté carcasse/grille) soufflage nettoyage (3)..		C	E	10	1	EL	A	6	M
Vérifier la plaque à bornes et les connexions.		C	E	10	1	EL	A	1	A
Vérifier les fixations.		C	E	3	1	EL	A	6	M
Evaluer l'usure des balais et porte-balais.		E	E	5	1	EL	A	1	M
Evaluer l'usure du collecteur.		E	E	5	1	EL	A	1	M
Mesurer l'isolement/masse inducteur (1)		V	E	10	1	EL	A	1	A
Mesurer le niveau de bruit du roulement côté entraînement (4).	Maxi 65 db	V		2	1	ME	M	3	M
Mesurer le niveau de bruit du roulement côté opposé entraînement (4).	Maxi 65 db	V		1	1	ME	M	3	M
Mesurer la température carcasse moteur	55°+T°amb	V		2	1	ME	M	3	M
Remplacer les filtres, s'il y en a.		F	E	5	1	EL	A	2	S
Nettoyage de la partie électronique		F	E	15	1	EL	A	1	A
Contrôler la signalisation des alarmes (local et/ou distance)		C		10	1	EL	M	3	M
Réaliser une thermographie infra des connexions et cables		F		10	1	ST	M	1	A
Graisser les roulements (2)		F		6	1	GR	M	2	M

(1) : Les mesures d'isolement doivent être prévues dans les deux cas suivants :

1. **le moteur est assez chargé**; rappelons le constat suivant : pour les enroulements à fils émaillés, une élévation de température de 10 % diminue la longévité des isolants de moitié. Puisque la température dépend du carré de l'intensité, on en déduit qu'une telle élévation correspond à une élévation de courant de 5 %.
2. **il y a de l'humidité** ou des projections de liquide; dans certains cas on doit même passer à des périodicités de 6 ou 3 mois.

(2) : Souvent les roulement sont pré graissés, sion il faut soit graisser, soit remplacer les graisseurs automatiques, soit contrôler le niveau d'huile, le système de circulation d'huile, le système de refroidissement et nettoyer celui-ci, avec une périodicité de 3 mois.

(3) : Parfois il faut nettoyer la grille bien plus souvent. Par exemple, si on travaille un produit comme la cellulose, il faut brosser une fois par jour; ce doit être dans la tâche journalière d'un opérateur.

(-) : Les gros moteurs critiques nécessitent que l'on vérifie leur état.. Les essais de contrôle suivants devraient être faits une fois par an : Essai de résistance des enroulements - Essai Index de Polarisation - Essai d'écart à la loi d'ohm CC (HiPot) - Essai de surtension transitoire. Voir leur description dans les pages précédentes.

(4) : Ce peut être des mesures de vibrations conjuguées avec celles de l'équipement entraîné.

Appareils

Contacteur à barreaux									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôle de l'état des contacts. Changer ceux-ci quand la cote d'écrasement dépasse 50% de la valeur initiale		C	E	13	1	EL	A	2	A
Vérification des serrages.		C	E	2	1	EL	A	2	A

Sectionneur	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôle du fonctionnement du sectionneur.		C		2	1	EL	A	2	A
Vérification des serrages.		C		1	1	EL	A	2	A

Relais thermique	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôle de la valeur de réglage		C		2	1	EL	M	1	A
Vérification des serrages.		C		2	1	EL	A	1	A

Relai à maximum d'intensité (magnétique)	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôle de la valeur de réglage		C		2	1	EL	M	1	A
Vérification des serrages.		C		2	1	EL	A	1	A

Dynamo tachymétrique	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler la valeur mesurée	Dérive	C		10	1	EL	M	3	M
Evaluer l'état des balais et du collecteur.		E	E	5	1	EL	A	6	M
Evaluer l'état de la fixation de l'accouplement.		E	E	3	1	EL	A	6	M
Contrôler les connexions.		C	E	2	1	EL	A	6	M

Codeur	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler l'état et la fixation de l'accouplement.		C	E	2	1	EL	A	6	M
Contrôler l'état du câble et du connecteur.		C	E	1	1	EL	A	6	M
Contrôler l'état et la tension (nulle) de la courroie crantée.		C	E	3	1	EL	A	6	M

Accumulateur électrique	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Mesurer le degré concentration électrolyte av pèse acide.	>18°Baumé	V	E	20	1	EL	A	1	M
Renouveler l'électrolyte.		F	E	30	1	EL	A	2	A
Contrôler le serrage des cosses.		C	E	5	1	EL	A	6	M
Nettoyer, graisser les cosses.		F	E	10	1	EL	A	6	M
Contrôler le niveau d'électrolyte. Appoint si nécessaire en eau distillée.		C	E	10	1	EL	A	1	M

Convertisseur analogique I/P I/I P/I I/U	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Etalonnage. Contrôle du signal analogique avec émetteur et multimètre.		C		30	1	RE	M	1	A
Comparaison par rapport à la mesure physique		C		10	1	RE	M	1	A

Variateur de vitesse électronique	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Nettoyage du variateur.		F	E	15	1	EL	A	1	A
Contrôler la signalisation des alarmes (local et/ou distance)		C		10	1	EL	M	3	M
Réaliser une thermographie infra des connexions et câbles		F		10	1	ST	M	1	A
Contrôler le fonctionnement de la climatisation de 20 à 25°		C		5	1	EL	M	3	M

Electrodistributeur	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler les fixations et resserrer si nécessaire		C		3	1	ME	M	3	M
Contrôler l'étanchéité		C		3	1	ME	M	3	M

Ampèremètre-indicateur	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Nettoyage de l'indicateur		F		2	1	EL	M	2	A
Contrôler bon fonctionnement en comparant la mesure physique		C		18	1	EL	M	2	A

Commande locale, coffret électrique	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Dépoussiérage extérieur et intérieur.		F	E	10	1	EL	A	2	A
Contrôle des étanchéités, cables, serrages et connexion.		C	E	10	1	EL	A	2	A

Convertisseur pneumatique	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Etalonnage avec colonne et émetteur de pression.		C		40	2	RE	A	1	A
Comparaison par rapport à la mesure physique.		C		10	1	RE	M	1	A

Arrêt d'urgence coup de poing et bris de glace	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Dépoussiérage intérieur et extérieur.		F		3	2	EL	A	2	M
Contrôle visuel de la boîte de dérivation.		C		3	2	EL	A	2	M
Essai avec "Préventa", sous tension.		C		3	2	EL	A	2	M
Essai avec ohmètre (ou)		C		3	2	EL	A	2	M
Vérification des connexions + essais avec l'Exploitation.		C		6	2	EL	A	2	M

Arrêt d'urgence avec cable	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Dépoussiérage extérieur et intérieur.		F		3	2	EL	A	2	M
Vérification du cable, des boutons, des poulies, ressort.		C		8	2	EL	A	2	M
Contrôle visuel des boîtes de dérivation.		C		3	2	EL	A	2	M
Essai avec "Préventa", sous tension.		C		3	2	EL	A	2	M
Essai avec ohmètre(ou)		C		3	2	EL	A	2	M
Vérification des connexions + essais avec Exploitation.		C		6	2	EL	A	2	M

Collecteur à bagues (système de relevage)	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôle des informations fins de course.		C	E	60	0	EL	A	1	A
Contrôle des bagues et charbons.		C	E	60	1	EL	A	1	A

Interrupteur ou sectionneur local	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Dépoussiérage extérieur/intérieur.		F	E	10	1	EL	A	3	M
Contrôle du fonctionnement, à l'ohmètre.		C	E	5	2	EL	A	3	M
Contrôle de la possibilité de mise en place du cadenas.		C	E	2	1	EL	A	3	M

Prise de courant 125 amp / 63 amp / 32 amp	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Vérification de l'état de la prise (plots, isolants, protection, visserie).		C	E	10	1	EL	A	3	M

Fiche 125 amp / 63 amp / 32 amp	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Vérification de l'état de la fiche (plots, isolants, protection, visserie).		C		10	1	EL	A	3	M

Cable d'alimentation électrique mobile	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Vérification de l'état du cable (isolant et mécanique).		C		5	1	EL	A	3	M

Cordons chauffants	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôle du fonctionnement.		C		5	1	EL	A	1	A
Contrôle des différents départs électriques.		C		0	1	EL	A	1	A
Contrôle des boîtes de dérivation.		C	E	10	1	EL	A	1	A

Alarme sonore ou visuelle	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôle du fonctionnement par simulation à partir du poste électrique		C		10	2	EL	AP	1	A

Chariots porte guirlande électrique et rail de guidage	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôle du fonctionnement et nettoyage des chariots.		C	E	120	2	EL	A	2	M
Contrôle de l'alignement du rail de guidage.		C	E	20	2	EL	A	3	M
Remplacement des chariots.		F	E	480	3	EL	A	4	A

Guirlande électrique	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Evaluation de l'état du câble		E	E	120	2	EL	A	3	M

Eclairage de secours	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôle du fonctionnement		C		3	1	EL	M	1	M

Sono	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
A partir du tableau de teste contrôler le bon fonctionnement de chaque amplificateur		C		0	1	EL	M	1	S
Inspection visuelle du matériel extérieur		C		0	2	EL	M	1	M
Tester les systèmes d'alerte et d'alarme		C		0	2	EL	M	1	M
Inspection visuelle du cablage des connexions et des composants mécaniques		C	E	0	1	EL	A	3	M
Nettoyage et dépoussiérage des équipements		F	E	0	1	EL	A	3	M
Faire essai entre salles et hauts parleurs.		C		0	2	EL	M	3	M

Commande de signalisation	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
A partir du clavier de commande, vérifier : le positionnement des caméras, et des projecteurs infrarouges, le réglage des zooms, le focus, l'image sur les moniteurs		C		0	1	EL	M	1	S
Inspection visuelle du câblage des connexions et des composants mécaniques		C		0	1	EL	M	3	M
Vérifier les mouvements horizontaux et verticaux des têtes pivotantes des supports des caméras		C		0	2	EL	M	3	M
Vérifier le bon fonctionnement des résistances de chauffage des boîtiers des caméras.		C		0	2	EL	M	3	M

Appareils de régulation

Régulateur	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Nettoyer extérieurement et intérieurement		F		5	1	RE	M	2	A
Contrôler les connexions		C		5	1	RE	M	2	A
Contrôler le signal entrée-sortie. Etalonner + Vérifier la programmation		C		10	1	RE	M	2	A

Enregistreur	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Nettoyer extérieurement et intérieurement		F		5	1	RE	M	2	A
Contrôler les connexions		C		5	1	RE	M	2	A
Etalonner		F		10	1	RE	M	2	A

Analyseur in situ	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Vérifier les alignements mécaniques		C		10	1	RE	M	3	M
Vérifier le débit du système de nettoyage		C		10	1	RE	M	3	M
Vérifier le débit d'air de référence		C		10	1	RE	M	3	M
Evaluer l'état de la mécanique .Régulation en manuel et sécurités shuntées		E		20	1	RE	M	3	M
Contrôler l'étalonnage. Régulation en manuel et sécurités shuntées		C		10	1	RE	M	3	M

Analyseur échantillonné	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Vérif.débit d'échantillon.Régulation en manuel et sécurités shuntées		C		20	1	RE	M	3	M
Contrôler les pièges à condensats (bouchages)		C		20	1	RE	M	3	M
Remplacer les filtres papiers		F		20	1	RE	M	3	M
Etalonner avec bouteille de gaz étalon. Régulation en manuel et sécurités shuntées		F		60	1	RE	M	3	M

Analyseur/Détecteur de gaz	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler les connexions		C		15	1	RE	M	6	M
Contrôler les éléments filtrants et les lignes		C		60	1	RE	M	1	S
Passer les gaz étalons et étalonner		F		90	1	RE	M	1	M
Nettoyer extérieurement et intérieurement		F		15	1	RE	M	6	M

Analyseur/Détecteur Arsine	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler le bon fonctionnement		C		5	1	RE	M	1	J
Contrôler les lignes et remplacer les filtres		C		15	1	RE	M	1	M
Remplacer cassette		F		10	1	RE	M	1	M
Contrôler et étalonner les alarmes		C		30	1	RE	M	1	M

Sonde de niveau - Système capacitif	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Nettoyer la sonde		F		10	2	RE	M	1	A
Contrôler les connexions		C		10	2	RE	M	1	A
Etalonner		F		40	2	RE	M	1	A

Sonde de niveau - Système résistif	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Nettoyer la sonde		F		10	2	RE	M	1	A
Contrôler les connexions		C		10	2	RE	M	1	A
Faire un essai de détection		C		10	2	RE	M	1	A
Contrôle du fonctionnement du relais de niveau		C	E	5	2	RE	A	1	A

Sonde de niveau - Système ultra-sons	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Nettoyer la tête de détection		F		10	1	RE	M	1	A
Contrôler les connexions		C		10	1	RE	M	1	A
Contrôler l'indication		C		10	1	RE	M	1	A

Sonde PH	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler les connexions		C		5	1	RE	M	1	S
Nettoyer la sonde		F		10	1	RE	M	1	S
Vérifier l'indication avec une solution étalon		C		30	1	RE	M	1	S
Recalibrer si la vérification n'est pas OK		F		15	1	RE	M	1	S

Conductivimètre/Sonde Redox	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Nettoyer la sonde		F		10	1	RE	M	1	S
Recalibrer si la vérification n'est pas OK		F		15	1	RE	M	1	S
Contrôler les connexions		C		5	1	RE	M	1	S
Vérifier l'indication avec une solution étalon		C		30	1	RE	M	1	S

Densimètre	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contr.fonct.occultation source. Régulation en manuel; sécurités shuntées. Etre porteur d'un dosifilm avant intervention.		C		30	1	RE	M	1	A
Contrôle de la réactivité de transmission par indicateur/écran. Utiliser une plaque étalon		C		30	1	RE	M	1	A

Vanne de régulation à commande par air	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler l'absence de fuite aux brides, au presse-étoupe		C		2	1	RE	M	3	M
Noter la valeur de la pression d'alimentation		V		2	1	RE	M	3	M
Noter la valeur de la pression après détente		V		2	1	RE	M	3	M
Contrôler l'absence de fuite d'air au servo-moteur		C		2	1	RE	M	3	M
Contrôler l'état de la cartouche filtrante		C		2	1	RE	M	3	M
Evaluer l'état du positionneur/consigne.		E	E	5	1	RE	A	3	M
Contrôler le signal : 0 - 100%		C		2	2	RE	M	3	M
Démontage/remontage pour contrôle au banc d'essai.		F	E	0	2	RE	A	2	A
SI VANNE CRITIQUE :									
Contrôler la position de la vanne/consigne		C		3	1	RE	M	3	M
Contrôler la position de la vanne/grandeur réglée		C		3	1	RE	M	3	M

Vanne de régulation à commande électrique	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Evaluer l'état du positionneur.		E	E	5	1	RE	A	3	M
Contrôle du signal : 0 - 100%		C		5	2	RE	M	3	M
Démontage-remontage pour contrôle au banc.		F	E	0	2	RE	A	2	A
Contrôler les connexions		C	E	3	1	RE	A	3	M
VANNE CRITIQUE :									
Contrôler la position de la vanne/consigne		C		3	1	RE	M	3	M
Contrôler la position de la vanne/grandeur réglée		C		3	1	RE	M	3	M
Contrôler l'absence de fuite aux brides, au presse-étoupe		C		2	1	RE	M	3	M

Vanne TOR (Tout Ou Rien) à commande par air	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler l'absence de fuite aux brides, au presse-étoupe		C		2	1	RE	M	3	M
Contrôler l'absence de bruit, sifflement		C		2	1	RE	M	3	M
Contrôler l'absence de fuite d'air au servo-moteur		C		2	1	RE	M	3	M
Contrôler l'état de la cartouche filtrante		C		2	1	RE	M	3	M
Contrôler les fixations du distributeur		C		2	1	RE	M	3	M
Démontage/remontage pour contrôle au banc.		F	E	2	2	RE	A	2	A

Vanne TOR (Tout Ou Rien) à commande électrique	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler l'absence de fuite aux brides, au presse-étoupe		C		2	1	RE	M	3	M
Contrôler l'absence de bruit sifflement		C		2	1	RE	M	3	M
Démontage/remontage pour contrôle au banc.		F	A	0	2	RE	A	2	A

Transmetteur électronique	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Nettoyer extérieurement et intérieurement le transmetteur		F		10	2	RE	M	1	A
Contrôler les connexions		C		3	2	RE	M	1	A
Vérifier le zéro et l'échelle		C		40	2	RE	M	2	A
Vérifier les régulex		C		3	2	RE	M	1	A
Vérifier et ramoner les prises de pression et lignes. Mettre le régulateur en manuel		C		5	2	RE	M	1	A
Vérifier les actions, enregistrements et indications		C		5	2	RE	M	1	A

Transmetteur pneumatique	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Vérifier le zéro et l'échelle		C		40	2	RE	M	2	A
Vérifier les actions, enregistrements et indications. Mettre le régulateur en manuel		C		15	2	RE	M	1	A

Transmetteur de pression avec bullage	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôle visuel de l'étanchéité des vannes		C		5	1	RE	M	1	A
Contrôle du zéro. Régul. en manu, sécurités shuntées		C		20	1	RE	M	1	A
Cont. échelle av générateur pression. Rég manu, séc.shu.		C		20	1	RE	M	1	A
Contrôle du débit d'air (visuel)		C		3	1	RE	M	1	A
Purger le détendeur		F		7	1	RE	M	1	A

Pressostat	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Nettoyer extérieurement et intérieurement		F		10	1	RE	M	1	A
Contrôler les connexions		C		10	1	RE	M	1	A
Vérifier les seuils de détection en montée et en descente		C		40	2	RE	M	2	A

Déprimogène	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Ramoner la prise de pression. Mettre le régulateur en manuel		F		10	1	RE	M	1	S
Démonter et nettoyer		F		180	2	RE	M	2	A

Indicateur NUD200 ou 100 et indicateur KENT	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôle de l'indication et des points de consigne en simulation avec un émetteur		C	E	10	1	RE	A	2	A
Nettoyage extérieur/intérieur		F	E	5	1	RE	A	1	A

Indicateur NOKEVAL	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôle de l'indication en simulation avec un émetteur		C	E	15	1	RE	A	2	A
Nettoyage extérieur/intérieur		F	E	5	1	RE	A	1	A

Mesure d'humidité	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Nettoyage des sabots		F	E	20	1	RE	A	1	M
Remplacement des sabots		F	E	120	1	RE	A	3	M

Limiteur d'effort	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler les alarmes en salle de contrôle, en basculant les cochonnets de mercure.		C	E	90	2	RE	A	1	A

Pressostat de chauffe	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Nettoyer extérieurement et intérieurement.		F	E	10	1	RE	A	6	M
Contrôler les connexions.		C	E	5	1	RE	A	6	M
Etalonnage. Vérification des seuils de détection avec banc de simulation.		C	E	40	2	RE	A	6	M

Thermostat	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Nettoyer extérieurement et intérieurement.		F	E	10	1	RE	A	1	A
Contrôler les connexions.		C	E	5	1	RE	A	1	A
Etalonnage. Vérification des seuils de détection avec banc de simulation.		C	E	60	2	RE	A	2	A

Instruments divers

Compteur	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Vérifier la bonne mesure. Réglage éventuel		C		15	1	EL	AP	3	M

Cellule photo-électrique	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler l'état général		C	E	15	1	EL	AP	6	M
Contrôler le positionnement		C		4	1	EL	M	6	M
Nettoyer		F		4	1	EL	M	1	S

Débitmètre électro-magnétique non analogique	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Vérifier la continuité et l'isolement des bobinages.	>10 Mohms	C	E	15	1	RE	AP	1	A
Contrôler visuel : ensembl.+serrage connexions et boulonnerie.		C	E	5	1	RE	AP	1	A

Débitmètre électro-magnétique analogique	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Vérifier la continuité et l'isolement des bobinages.		C	E	15	1	RE	AP	1	A
Contrôle visuel : ensemble+serrage connexions et boulonnerie.		C	E	5	1	RE	AP	1	A
Etalonnage au simulateur.		F	E	30	1	RE	AP	1	A

Débitmètre à DP	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôle visuel : étanchéité des vannes du manifold		C		4	1	RE	M	1	A
Contrôle du zéro. Régul.en manu, sécurités shuntées.		C		15	1	RE	M	1	A
Contrôle de l'échelle avec générateur de pression portable		C		15	1	RE	M	1	A

Détecteur de proximité inductif ou magnétique	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Nettoyer		F		4	1	EL	M	3	M
Contrôler l'état général et le positionnement		C		3	1	EL	M	3	M
Contrôler le fonctionnement		C		3	1	EL	M	3	M

Fin de course mécanique	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler le bon fonctionnement		C		5	1	EL	AP	3	M

Interrupteur à cames	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler le bon fonctionnement.		C	E	5	1	EL	AP	3	M
Contrôler l'état du mécanisme.		E	E	5	1	EL	AP	6	M

Thermocouple	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôle du serrage des bornes.		C	E	2	1	EL	A	1	A
Contrôle avec calibre portable (f.e.m. et indication).		C	E	5	1	EL	A	1	A

Sonde PT. Température	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôle du serrage des bornes.		C	E	2	1	EL	A	1	A
Contrôle avec calibre portable (résistance/indication).		C	E	5	1	EL	A	1	A

Contrôleur de rotation	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Vérifier l'état et le serrage du capteur.		C	E	6	1	EL	AP	1	A
Contrôler la distance de détection.		C	E	6	1	EL	AP	1	A
Au poste élec, vérifier la programmation du relais détection		C		5	1	EL	M	1	A

Armoire électrique

Armoire électrique	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Réaliser une thermographie des équipements électriques		F		10		ST	M	1	A
Faire un contrôle de tous les serrages		C	E	15	1	EL	A	1	A
Nettoyer l'intérieur		F		20	1	EL	M	1	A
Contrôler l'état du joint et de la serrure de porte		C		3	1	EL	M	1	A
Nettoyer ou remplacer le filtre		F		5	1	EL	M	6*	M
Contrôler l'état des voyants et verrines		C		5	0	EL	M	1	M
Contrôler le fonctionnement du système de ventilation		C		3	1	EL	M	1	M
Contrôler spécifiquement certains appareils		C	E		1	EL	A	1	A
Par rapport à une liste établie, vérifier si tous les disjoncteurs, et si toutes les valeurs de réglage des thermiques et magnéto-thermiques sont bonnes		C	E	15	1	EL	A	1	A
3 jours avant un arrêt technique, observer les bruits anormaux, et constater s'il y a des échauffements ou des traces de flashes grisâtres, afin de prendre les dispositions nécessaires lors de l'arrêt.		C		5	1	EL			

* : 1 M et même moins dans certains cas

L'accès aux prises de vues thermographiques est restreint par le souhait des utilisateurs, mais aussi de la réglementation, de disposer de plastrons, barrières ou autres capots ayant pour but d'empêcher l'accès aux parties sous tension. Les tableaux cloisonnés ne facilitent pas ce type de mesures. Toutefois, certains constructeurs ont disposé les jeux de barres à l'arrière du tableau. Il suffit alors, lorsque cela est possible, de déposer le panneau arrière pour effectuer la prise de vue. Mais dans tous les cas, il est nécessaire de compléter la thermographie par des contrôles de serrage là où c'est possible.

Dans certains ateliers il y a des vapeurs d'huile, ou d'huile soluble, qui viennent polluer l'intérieur des armoires électriques. Ces vapeurs font des dépôts sur les cartes électroniques. En marche normale, la "saleté" s'"irise" et ne compromet pas le fonctionnement. Mais lors d'un arrêt technique, après 3 ou 4 jours elle retombe créant des contacts; au démarrage, il y a alors des problèmes de fonctionnement. Dans ce cas, après chaque arrêt la précaution à prendre est de nettoyer les cartes à l'eau savonneuse, et de les sécher avec un sèche-cheveux.

Automate programmable									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Nettoyage de l'armoire.		F	E	60	1	EL	A	2	A
Remplacer la pile.		F	E	20	1	EL	A	5	A
Contrôler le fonctionnement de la climatisation	20-25 °C	C		10	1	EL	M	6	M

Transformateurs

Transformateur à bain d'huile

Diélectrique liquide (transfo à bain d'huile)	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler le niveau au bloc de protection.		C	E	5	1	EL	A	1	A
Faire un prélèvement de diélectrique pour essai,analyse.		F	E	15	1	EL	A	5	A
Mesurer la température à sa partie supérieure		V		3	1	EL	M	1	S

Assécheur d'air (transfo à bain d'huile)	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Evaluer la charge Silicagel (voir couleur)		E		3	1	EL	M	1	S

Bloc de protection (transfo à bain d'huile)	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler le fonctionnement relais.		C	E	5	1	EL	A	6	M
Contrôler le fonctionnement du thermostat		C		15	2	RE	M	6	M
Contrôler le fonct. du pressostat, et seuils de détection		C		40	2	RE	M	6	M
Vérifier et étalonner : thermomètre, thermostat, pressostat.		F	E	120	2	RE	A	5	A
Contrôler l'absence d'apparition de gaz		C		5	1	EL	M	1	S

Transformateur + appareillage HT (transfo à bain d'huile)	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Détecter les points chauds par contrôle thermographique		F		0	1	ST	M	1	A

Cuve (transfo à bain d'huile)	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Contrôler l'absence de fuites, de suintements aux joints		C		3	1	EL	M	1	M
Contrôler l'absence de bruit anormal		C		3	1	EL	M	1	M
Mesurer l'isolement cuve/terre.	50 ohms	V	E	5	1	EL	A	1	A
Mesurer l'isolement enroulement HT/enroulement BT.		V	E	15	1	EL	A	1	A
Nettoyer ailettes et partie supérieure av solvant approprié.		F	E	30	1	EL	A	1	A
Contrôler l'état de la peinture.		C	E	3	1	EL	A	1	A

Isolateurs (transfo à bain d'huile)	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Nettoyer soigneusement.		F	E	30	1	EL	A	7200	A

Bac de rétention (transfo à bain d'huile)	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Nettoyer soigneusement.		F	E	15	1	EL	A	1	A

Local transfo	-								
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
S'assurer de la bonne ventilation.		C	E	5	1	EL	A	1	A
Vérifier le fonctionnement de l'éclairage		C		3	1	EL	M	6	M

Transformateur sec

Transformateur + appareillage HT									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
Détecter les points chauds par contrôle thermographique		F			1	ST	M	1	A
Contrôler l'absence de bruit anormal		C		3	1	EL	M	1	M
Nettoyer, souffler. Si parties grasses : solvant approprié.		F	E	30	1	EL	A	1	A
Mesurer l'isolement châssis/terre.		V	E	5	1	EL	A	1	A
Mesurer l'isolement enroulements HT/enroulements BT.		V	E	15	1	EL	A	1	A

Local transfo									
Description	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Périod.	U
S'assurer de la bonne ventilation.		C	E	5	1	EL	A	1	A
Vérifier le fonctionnement de l'éclairage		C		3	1	EL	M	6	M

- ➔ Bien sûr les contrôles doivent concerner les serrages. S'il y a usage de la clé dynamométrique ou de la clé hydraulique il faut mentionner les couples.
- ➔ Nous vous proposons d'identifier les standards qui concernent vos équipements et d'en faire vos propres standards avec des adaptations éventuelles :
 - suivi la durée de travail annuelle si vos équipements ne travaillent pas en feu continu ;
 - selon la dureté de service dans certains cas (souvent exceptionnels).

Documentation des constructeurs

La documentation des constructeurs peut servir pour identifier les opérations de maintenance préventive.

- ➔ Trop souvent les constructeurs préconisent des remplacements systématiques. Cela est très coûteux. A la place il faut trouver des opérations de maintenance prédictive : contrôles sensoriels, mesures de cotes, de vitesse ou rendement, contrôles avec moyens de CND.
- ➔ Les périodicités recommandées sont souvent à multiplier par deux.

Amdec

Beaucoup recommande l'utilisation de la méthode Amdec pour la définition des opérations de maintenance préventive.

Elle se pratique en petits groupes mixtes Exploitation/Maintenance de 3 ou 4 personnes.

Elle demande beaucoup, beaucoup de temps. Nous ne l'avons que très , très peu utilisée. De fait elle a motivé notre recherche de création de « standards » au travers nos nombreuses expériences.

Amdec : Analyse des Modes de défaillances et de leur Criticité

La présente description a pour objet la définition de la méthode d'analyse qualitative de fiabilité et de maintenabilité appelée AMDEC e Défaillances, de leurs Effets et de leurs Criticités. (Traduit de l'anglais FMECA : Failures Modes, Effects and Criticality Analysis).

But de l'amdec principes de base

L'AMDEC contribue à l'obtention de la fiabilité ou de la maintenabilité optimale d'un dispositif ou d'un système, en mettant d'abord en évidence les points à risques pour les réduire ensuite par des mesures appropriées.

Elle permet de faire évoluer l'état d'esprit et la façon d'appréhender les problèmes de qualité-fiabilité, en imposant la rigueur d'analyse et en montrant qu'il est possible d'intervenir très tôt sur la fiabilité-maintenabilité, lorsque des mesures correctives sont encore possibles, et sans attendre les résultats d'essais ultérieurs.

Généralités

L'AMDEC est une technique d'analyse prévisionnelle rigoureuse, qui permet d'analyser et d'estimer les risques d'apparition de défaillances et leurs conséquences.

Pour qu'elle corresponde à la perception de l'utilisateur (sensibilisé à l'apparition d'une défaillance, et à la gêne qu'elle procure), chaque défaillance est caractérisée par sa probabilité d'apparition et sa gravité estimée.

L'AMDEC prend en compte chaque étape de la chaîne d'évènements conduisant à l'apparition d'une défaillance pour l'utilisateur, c'est-à-dire :

- ⇒ Cause de défaillance (défaut initial)
- ⇒ Mode de défaillance induit par cette cause
- ⇒ Non détection du défaut avant qu'il n'atteigne l'utilisateur

Elle concerne toutes les activités conduisant à l'élaboration d'un produit, d'un moyen de production, et à son utilisation : Bureau d'Etudes, Exploitation, Maintenance, Méthodes, Contrôle, Etc..

Domaine d'application

La méthode s'applique à tous les dispositifs ou systèmes qui risquent de ne pas tenir les objectifs de fiabilité ou de maintenabilité qui leur sont assignés

Les défaillances potentielles qui peuvent grever la fiabilité ou la maintenabilité sont évaluées en se référant aux fonctions de l'objet analysé.

Dans le but d'améliorer la fiabilité ou la maintenabilité de l'objet, on procède à une analyse critique de sa conception, ou de son procédé d'exploitation et non de ses fonctions.

Ces fonctions doivent être consignées dans le cahier des charges fonctionnel de l'objet analysé.

L'analyse ne peut se faire que si l'on dispose d'une représentation concrète de ces fonctions (Exemples : plans et nomenclatures des composants de l'objet, descriptif du processus d'exploitation..)

L'AMDEC est entreprise le plus tôt possible, pour disposer du temps nécessaire à la mise en œuvre des actions à entreprendre en vue d'empêcher les défaillances d'atteindre le client, ou l'utilisateur du moyen d'exploitation.

L'objet peut être :

Un produit :

- ⇒ AMDEC PROJET-PRODUIT
Analyse de la conception du produit
- ⇒ AMDEC PROCESSUS-PRODUIT
Analyse des opérations de production (Fabrication, Manutention, Contrôle...) du produit

Un moyen de production ou exploitation

- ⇒ AMDEC MOYEN D'EXPLOITATION
Analyse de la conception et de l'exploitation de la machine ou système

La méthode est identique pour ces deux objets. Seuls diffèrent les supports et les barèmes de cotation.

Méthode amdec moyen d'exploitation

Découpage de l'objet étudié

On procède à un découpage en sous-ensembles et éléments dont on précise les fonctions et les liaisons. Un élément peut comporter plusieurs composants identiques travaillant dans les mêmes conditions, et dont les défaillances ont les mêmes conséquences. La connaissance de ces fonctions est nécessaire à l'explication du mécanisme de défaillance.

Evaluation des défaillances potentielles

Détermination des critères qualificatifs

Pour chaque élément du dispositif ou système, on détermine et énumère les critères ci-après, en remplissant la grille-support.

- ⇒ **Mode de défaillance**

Un mode de défaillance est la manière dont le dispositif ou le système peut s'arrêter de fonctionner ou fonctionner anormalement.

Le mode de défaillance est relatif à chaque fonction de chaque élément.

Il s'exprime en termes physiques.

Exemple : rupture – desserrage – coincement – fuite – court circuit..

- ⇒ **Cause de défaillance**

On recherche et on décrit les événements susceptibles de conduire au mode de défaillance.

Une cause de défaillance est l'anomalie initiale pouvant conduire à la défaillance, par l'intermédiaire du mode de défaillance.

Exemple : sous-dimensionnement – absence de frein d'écrou – manque de lubrifiant..

Note : à un mode de défaillance peut correspondre plusieurs causes, et réciproquement.

- ⇒ **Effet de la défaillance**

Pour chaque élément et pour chaque mode de défaillance, on décrit les conséquences subies par l'utilisateur.

Pour l'AMDEC Moyen d'exploitation, les conséquences sont relatives à l'utilisateur du moyen.

Exemple : arrêt de production – sécurité machine..

⇒ Détection

Une cause (et/ou un mode) de défaillance étant supposée apparue, on analyse et on dresse la liste de tout ce qui empêche cette cause et/ou le mode de défaillance d'arriver à l'utilisateur.

Exemple : non-visibilité – capotage – mesure inexistante ..

Chiffrage des risques

Le chiffrage est basé sur la chaîne d'évènements conduisant à la perception d'une défaillance par l'utilisateur.

Le chiffrage permet :

- de mettre en évidence l'importance de chaque cause de défaillance en tenant compte de la fréquence potentielle d'apparition de celle-ci, de sa gravité et de sa non-détection,
- de hiérarchiser les causes afin de mettre en évidence celles qui devront faire l'objet d'une action prioritaire,
- à l'aide de barèmes de rendre la cotation homogène.

DEFINITIONS

⇒ Indice de gravité G

On se réfère uniquement à effet de chaque défaillance ressenti par l'utilisateur.
La cotation varie de 1 à 4.

⇒ Indice de fréquence F (ou occurrence)

Il représente le risque que la cause potentielle de défaillance survienne et qu'elle entraîne le mode potentiel de défaillance considéré.
La cotation varie de 1 à 4.

⇒ Indice de non-détection D

C'est la probabilité que la cause (et/ou le mode) de défaillance supposée apparue atteigne l'utilisateur.

CALCUL DE CRITICITE

Pour chaque cause de défaillance, on effectue le produit des 3 indices : Gravité, Fréquence, Non-détection.

Le résultat donne L'INDICE DE PRIORITE DE RISQUE (IPR) : $IPR = G \times F \times D$

L'IPR varie de 1 à 64

HIERARCHISATION

Pour avoir une image globale de la fiabilité et de la maintenabilité potentielle du dispositif ou système, on représente les IPR sous la forme d'un histogramme. Les classes d'IPR sont représentées en abscisse ; en ordonnée on porte le nombre de causes correspondant. Cette représentation facilite le suivi des améliorations ultérieures.

Actions correctives

Après la mise en évidence des risques de défaillances critiques,
IL EST IMPERATIF QUE DES ACTIONS CORRECTIVES SOIENT PRISES.

Les actions correctives sont engagées pour les causes de défaillance dont l'IPR dépasse un seuil fixé à l'avance.

On choisit habituellement un seuil supérieur ou égal à 16.

Ces valeurs peuvent être modifiées en fonction des exigences liées aux objectifs.

Une diminution de l'IPR pourra être obtenue en jouant sur un (ou plusieurs) terme (s) du produit $G \times F \times D$.

On pourra donc :

- ⇒ Agir en priorité sur les causes (diminution de l'indice de fréquence F) en intervenant sur un des paramètres suivants :
 - modifications de la définition des plans, fiabilité des organes,
 - maintenance préventive,
 - etc..
- ⇒ Agir sur la conception (diminution de l'indice de gravité G)
Pour le moyen de production ou d'exploitation, dans la mesure où la gravité s'exprime en termes d'arrêt machine, on peut intervenir sur l'accessibilité, la démontabilité, l'aide au diagnostic, la standardisation..
- ⇒ Améliorer ou mettre en œuvre des détections (diminution de l'indice de non-détection D)

L'objectif « COUT » n'intervient qu'à ce stade de l'analyse.

Suivi

Le suivi est un aspect primordial pour le succès de cet outil analytique. Pour toutes les mesures prises, il faut désigner des responsables et établir un plan d'actions.

Un nouveau calcul des criticités (IPR) est effectué après chaque modification.

La correction des défaillances reste engagée jusqu'à ce que le dispositif soit jugé satisfaisant.

Exemples

RESUME DE LA METHODE AMDEC

- 1^{ère} étape Décomposition du dispositif ou système en sous-ensembles et éléments ou décomposition des opérations d'exploitation.
- 2^{ème} étape Evaluation qualitative des défaillances : MODE – EFFET – CAUSE – DETECTION
- Evaluation quantitative des défaillances : GRAVITE – FREQUENCE – NON-DETECTION
- Criticité d'une défaillance.
- Hiérarchisation

- 3^{ème} étape Actions correctives.
Choix.
Organisation, coordination et contrôle
- de l'essai des actions proposées,
 - de leur application.

- 4^{ème} étape Suivi

AMDEC MOYEN D'EXPLOITATION

1. SUPPORT (Format A3)

1. Désignation du système
2. Désignation du sous-système
3. N° de plan du système et sous système
4. Utilisation du moyen
5. Numéro d'édition et date
6. Numéro de folio
7. N° de repère dans le plan du sous-système
8. Identification de l'élément ou du composant étudié
9. Fonction(s) de l'élément ou du composant étudié
10. De quelle manière l'élément ou le composant risque-t-il de ne plus fonctionner ?
11. Anomalies initiales pouvant conduire au mode de défaillance
12. Effets pour l'utilisateur de la défaillance sur le système et/ou le sous-système
13. Détection (signe avant-coureur, alerte automatique..)
14. Chiffrage des risques pour chaque cause de défaillance
 - F ⇒ Indice de fréquence de la défaillance
 - G ⇒ Indice de gravité de la défaillance
 - D ⇒ Indice de non-détection de la défaillance
 - IPR ⇒ Indice de priorité de risque : FxGxD
15. Temps nécessaire à l'échange de l'élément ou du composant défaillant
16. Mesures à prendre pour réduire l'IPR en jouant sur la conception
17. Mesures à prendre pour réduire l'IPR en jouant sur la maintenance (préventif, outillage..)
18. Calcul du nouvel IPR
19. Responsable des mesures correctives et délais

ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET CRITICITE – A.M.D.E.C.															
Système : (1)		N° Plan : (3)					Phase opérationnelle (4)			Dates des analyses (5)			Folio(6)		
S/Système : (2)		N° Plan :													
N°	Elément ou Composant	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets sur syst. s/syst.	Défect .	F	G	D	IP R	Mesures correctives			Nouv IPR	Resp
											Modifications à réaliser	Maintenance préventive	P.d.R		
(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)			(15)	(16)	(17)		(18)	(19)

2. TABLEAUX DE CRICITE (Exemples)

GRAVITE

1	Non critique	Ne remet pas en cause la mission
2	Peu critique	Interruption partielle de la mission (ralentissement)
3	Critique	Interruption de la mission
4	Très critique	Risque d'accident de personnes Durée d'arrêt importante

ARRET

Inférieur 5 min



Supérieur 8 h

FREQUENCES

1	Quasi impossible	Intervalle sans défaillance supérieur à 1 an
2	Possible	Intervalle sans défaillance compris entre 6 mois et 1 an
3	Certaine	Intervalle sans défaillance compris entre 1 mois et 6 mois
4	Fréquente	Intervalle sans défaillance inférieur à 1 mois

DETECTION

1	Signe avant coureur (bruit, vibrations, jeu anormal, échauffement..) de la défaillance que l'opérateur pourra éviter par une action préventive, ou alerte automatique d'incident.
2	Il existe un signe avant coureur de la défaillance mais il y a risque que ce signe ne soit pas perçu par l'opérateur. Détection par inspection visuelle.
3	Le signe avant coureur de la défaillance n'est pas facilement décelable. Détection par mesure ou démontage.
4	Il n'existe aucun signe avant coureur de la défaillance. Aucune détection possible.

3. EXEMPLES***Quelques exemples de causes de défaillances***

	Electronique / Electromécanique	Hydraulique	Mécanique
Causes internes au matériel	<ul style="list-style-type: none"> - Vieillessement - Composant MS (mort subite) 	<ul style="list-style-type: none"> - Vieillessement - Composant MS - Colmatage - Fuite 	<ul style="list-style-type: none"> - Contraintes - Fatigue - Colmatage
Causes liées au milieu, à l'exploitation, à l'environnement	<ul style="list-style-type: none"> - Poussières, huile, eau - Chocs, vibrations - Echauffement local - Parasites, arc 	<ul style="list-style-type: none"> - Température - Eau, huile, poussières - Echauffement local - Chocs, vibrations 	<ul style="list-style-type: none"> - Température - Eau, huile, poussières - Echauffement local - Chocs, vibrations
Causes liées à la main d'œuvre, aux outils	<ul style="list-style-type: none"> - Fabrication, montage, réglage - Contrôle - Manque énergie - Utilisation, outils 	<ul style="list-style-type: none"> - Fabrication, montage réglage - Contrôle - Manque énergie - Utilisation, outils 	<ul style="list-style-type: none"> - Fabrication, montage réglage - Contrôle - Manque énergie - Utilisation, outils

Exemples de modes de défaillance fonctionnelle et causes associées

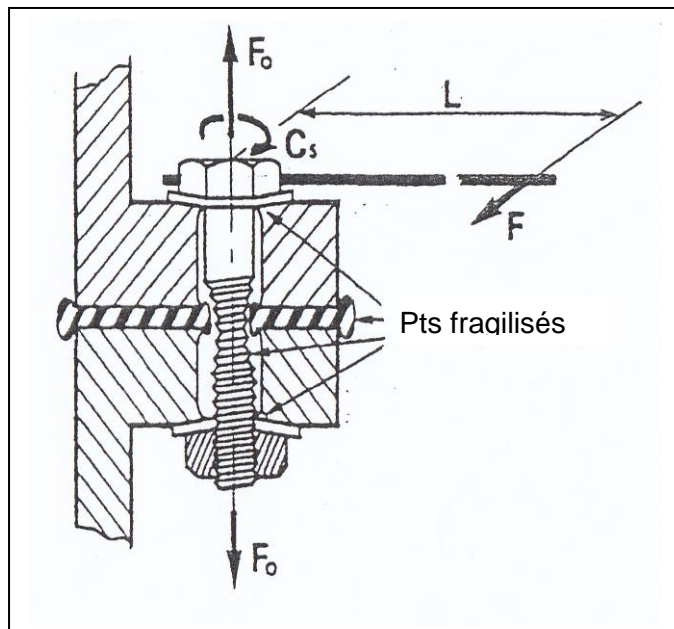
	Electronique / Electromécanique	Hydraulique	Mécanique
Pas de fonction	<ul style="list-style-type: none"> - Circuit ouvert - Court-circuit - Pas de réponse à la sollicitation - Connexion/ fil desserré 	<ul style="list-style-type: none"> - Fuite - Circuit bouché 	<ul style="list-style-type: none"> - Absence de jeu
Pertes de fonction	<ul style="list-style-type: none"> - Coupure ou court-circuit - Composant défectueux 	<ul style="list-style-type: none"> - Obstruction ou coupure circuit - Composant défectueux 	<ul style="list-style-type: none"> - Rupture - Blocage - Grippage
Fonction dégradée	<ul style="list-style-type: none"> - Dérive des caractéristiques - Perturbations - Parasites 	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvaise étanchéité - Usure - Perturbations 	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvaise portée - Désolidarisation - Jeu
Fonction intempestive	<ul style="list-style-type: none"> - Déclenchement intempestif 	<ul style="list-style-type: none"> - Coup de bélier 	

Modes opératoires

- ➔ Chaque gamme doit être accompagnée d'une feuille de contrôle sur laquelle ei peut noter toutes les anomalies qu'il rencontre et qui ne figurent pas sur la gamme.
- ➔ On peut parfois ajouter des informations de constructeurs.
- ➔ On peut aussi ajouter des règles de l'art telles que celles que nous figurons ci-après (extraits du Mémento de Maintenance Mécanique)

Serrages

Avec le graissage, le respect des tolérances, les serrages font partie des 3 règles de l'art fondamentales de la mécanique.



La fiabilité des assemblés vissés nécessite la maîtrise des opérations de serrage.

L'ensemble vis-écrou est soumis à trois principaux types de contraintes

- les serrages excessifs
- les vibrations
- les écarts de température

Lors d'un serrage trop puissant le corps de vis a tendance à s'étirer jusqu'à l'approche du point de rupture.

D'autre part, les vis insuffisamment bloquées risquent de se desserrer dans des ensembles mécaniques qui, la plupart du temps, sont soumis à des vibrations. **Les règles suivantes doivent être impérativement respectées :**

- ✓ Tout écrou (non bloquant) doit être bloqué :: contre-écrou - rondelle éventail - goupille ou fil de blocage - point de colle (loctite) pour les vis à tête fraisée ou parker.
- ✓ La vis doit avoir une longueur supérieure de 2 à 3 filets à l'épaisseur de l'écrou.
- ✓ Une plaque de montage doit être bien fixée par deux boulons ou plus.
- ✓ Les serrages doivent être vérifiés régulièrement.
- ✓ Pour les serrages critiques, le contrôle de la position de l'écrou n'est pas suffisant. Sous l'effort, le corps de vis peut progressivement s'allonger ; pour le contrôle il faut donc pratiquer un resserrage.
- ✓ Il ne faut jamais laisser une vis cassée en l'état, car le système est fragilisé. Il faut utiliser un extracteur et la remplacer (à l'instant ou lors d'un prochain arrêt programmé ; cela doit donc être impérativement signalé)
- ✓ Les couples de serrage sont à respecter, notamment pour les diamètres forts qui nécessitent obligatoirement l'utilisation de clés dynamométriques ou hydrauliques comme le montrent les tableaux ci-après.



Par ailleurs :

- ✓ La clé à molette doit être proscrite car elle détériore les pans des écrous et vis.
- ✓ Repérez tout montage (coup de pointeau ou trait d'un marqueur) avant démontage, pour éviter toute erreur au remontage.
- ✓ Veillez à vérifier tout travail lorsqu'il est terminé, même si le temps presse.

Le tableau de couples ci-après permet de connaître les couples de serrage (C en m.daN, ou Kgm) pour une contrainte totale égale à 85 % de la limite élastique de l'acier de la vis (Re en daN par mm²).

Pour connaître la valeur en fonction du diamètre de vis, il convient de se référer à la classe de qualité du boulon à serrer :

CLASSE	Résistance à la rupture Rm en daN.N/mm ²	Limite élastique Re en daN/mm ²
6,8	60	48
8,8	80	64
10,9	100	90
12,9	120	108

Les valeurs de couples sont données pour un coefficient de frottement moyen $\mu = 0,15$ qui est celui de la visserie noire ou zinguée, lubrification sommaire (état de livraison).

Pour un $\mu = 0,10$ (visserie phosphatée ou zinguée, lubrification adaptée de bonne qualité) les chiffres sont à multiplier par 0,76.

Pour un $\mu = 0,20$ (visserie revêtue ou non, montage à sec) les chiffres sont à multiplier par 1,18.

Couples de serrage a appliquer en fonction des classes et diamètres de vis

CLASSE	Dia VIS	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	PAS	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3
	PLAT	5,5	7	8	10	13	16	18	21	24	27	30	34	36
6,8	C	0,1	0,2	0,4	0,7	2	3	6	10	15	20	29	40	50
8,8	C	0,1	0,3	0,6	1	3	5	8	13	20	27	39	53	67
10,9	C	0,2	0,4	0,8	1	3	7	12	19	29	40	57	78	98
12,9	C	0,2	0,5	1	2	4	8	14	22	34	47	67	92	115

CLASS E	Dia VIS	27	30	33	36	39	42	45	48	52	56	60	64	68
	PAS	3	3,5	3,5	4	4	4,5	4,5	5	5	5,5	5,5	6	6
	PLAT	41	46	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
6,8	C	74	100	137	175	228	282	353	425	549	680	848	962	1123
8,8	C	99	134	182	234	304	376	471	566	732	907	1130	1283	1497
10,9	C	145	197	267	343	446	553	692	832	1074	1333	1660	1884	2199
12,9	C	170	230	313	402	522	647	809	974	1257	1559	1943	2205	2573

CLASSE	Dia VIS	72	76	80	85	90	95	100	110	115	120
	PAS	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	PLAT	10 5	110	115	120	130	135	145	155	165	170
6,8	C	13 10	1347	1388	1558	1766	1962	2213	2636	2808	3198
8,8	C	17 47	1796	1851	2078	2355	2316	2951	3515		
10,9	C	25 66	2638								
12,9	C										

Dia VIS : mm PAS DE VIS : mm COTE SUR PLAT DE TETE DE VIS OU D'ECROU : mm

C : COUPLE A APPLIQUER : m.daN ou Kgm CLE DYNAMOMETRIQUE : Diamètre de vis à partir de 18 mm (plat 27 mm)CLE HYDRAULIQUE : Diamètre de vis à partir de 30 mm (plat 46 mm)

Détermination d'un jeu par défaut

Les roulements à contact oblique (billes ou galets), qui se montent par paire, ont un jeu qui se mesure axialement.

En dehors d'une documentation du constructeur, les valeurs ci-après sont une référence pour des duretés de service moyennes

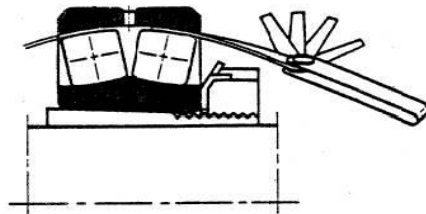
Circonférence de la collerette du cône en mètre		Dans les cases : jeu latéral en 0,001 mm																
		48	68	88	108	128	148	168	188	208	228	248	268	288	308	328		
		1,6	45	64	83	102	121	140	159	178	197	216	235	254	273	292	311	
		1,5	42	60	78	96	114	132	150	168	186	204	222	240	258	276	294	
		1,4	39	56	73	90	107	124	141	158	175	192	209	226	243	260	277	
		1,3	36	52	68	84	100	116	132	148	164	180	196	212	228	244	260	
		1,2	33	48	63	78	93	108	123	138	153	168	183	198	213	228	243	
		1,1	30	44	58	72	86	100	114	128	142	156	170	184	198	212	226	
		1,0	27	40	53	66	79	92	105	118	131	144	157	170	183	196	209	
		0,9	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168	180	192	
		0,8	21	32	43	54	65	76	87	98	109	120	131	142	153	164	175	
		0,7	18	28	38	48	58	68	78	88	98	108	118	128	138	148	158	
		0,6	15	24	33	42	51	60	69	78	87	96	105	114	123	132	141	
		0,5	12	20	28	36	44	52	60	68	76	84	92	100	108	116	124	
		0,4	9	16	23	30	37	44	51	58	65	72	79	86	93	100	107	
		0,3	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	
		0,2	3	8	13	18	23	28	33	38	43	48	53	58	63	68	73	
		0,1																
		100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200 1300 1400																
		Vitesse à la collerette du cône en mètres/minute																

Roulement rotulant à galets à alésage conique

Les roulements avec alésage conique sont montés, soit directement sur la portée d'arbre conique, soit sur arbre cylindrique avec interposition d'un manchon de serrage ou de démontage.

Les portées des roulements, de l'arbre et des manchons ne doivent être que légèrement huilées. Lors de la marche, l'huile a tendance à sortir et l'on perd l'avantage du serrage ; la bague ou le manchon glisse et les surfaces de contact sont détériorées.

Lors du montage du roulement sur le cône, la bague intérieure se dilate et le jeu radial est donc diminué. La réduction du jeu radial est, par conséquent, une bonne indication pour le serrage de la bague intérieure.



Mesurer le jeu radial avant montage

Placer le roulement verticalement sur une surface de travail propre.

Faire tourner de quelques tours la bague intérieure afin que les rouleaux se mettent correctement en place.

Mesurer le jeu en glissant des cales d'épaisseurs calibrées entre le rouleau le plus haut et la bague extérieure. Effectuer la mesure au niveau de chacune des deux rangées et prendre la valeur moyenne.

Calculer le jeu résiduel

Les valeurs de réduction à appliquer au jeu avant montage sont données au verso.

En aucun cas, le jeu résiduel ne devra être inférieur à la valeur minimale figurant dans le tableau.

Lors du montage, contrôler le jeu

Enfoncer le roulement sur sa portée. Contrôler fréquemment le jeu pendant l'enfoncement. Effectuer la mesure dans la zone déchargée.

Mesure de l'enfoncement axial

Pour les petits roulements, ou lorsque l'espace est limité et ne permet pas la mesure du jeu au cours du montage, le serrage correct peut être obtenu en contrôlant l'enfoncement axial de la bague intérieure sur sa portée.

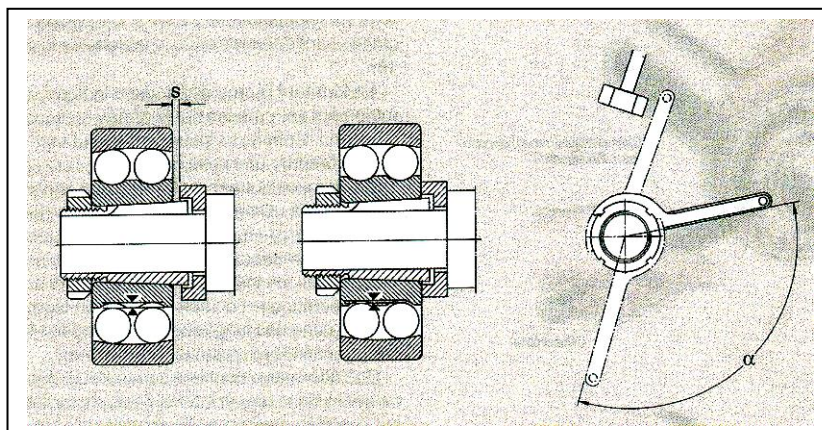
Diamètre d'alésage		Réduction du jeu radial		Enfoncement axial mm				Jeu résiduel minimal après montage		
>	<	min	max	Conicité 1 : 12		Conicité 1 : 30		Normal	C3	C4
mm		µm		min	max	min	max	µm		
24	30	15	20	0,3	0,35			15	20	35
30	40	20	25	0,35	0,4			15	25	40
40	50	25	30	0,4	0,45			20	30	50
50	65	30	40	0,45	0,6			25	35	55
65	80	40	50	0,6	0,75			25	40	70
80	100	45	60	0,7	0,9	1,7	2,2	35	50	80
100	120	50	70	0,75	1,1	1,9	2,7	50	65	100
120	140	65	90	1,1	1,4	2,7	3,5	55	80	110
140	160	75	100	1,2	1,6	3,0	4,0	55	90	130
160	180	80	110	1,3	1,7	3,2	4,2	60	100	150
180	200	90	130	1,4	2,0	3,5	5,0	70	100	160
200	225	100	140	1,6	2,2	4,0	5,5	80	120	180
225	250	110	150	1,7	2,4	4,2	6,0	90	130	200
250	280	120	170	1,9	2,7	4,7	6,7	100	140	220
280	315	130	190	2,0	3,0	5,0	7,5	110	150	240
315	355	150	210	2,4	3,3	6,0	8,2	120	170	260
355	400	170	230	2,6	3,6	6,5	9,0	130	190	290
400	450	200	260	3,1	4,0	7,7	10,0	130	200	310
450	500	210	280	3,3	4,4	8,2	11,0	160	230	350
500	560	240	320	3,7	5,0	9,2	12,5	170	250	360
560	630	260	350	4,0	5,4	10,0	13,5	200	290	410

Roulement rotulant à billes à alésage conique

En général, la méthode est basée sur l'angle de serrage α ou sur le déplacement axial s .

En tournant l'écrou de l'angle α indiqué, le roulement sera pressé sur la portée conique du manchon. Comme le roulement a tendance alors à prendre une position oblique, il est conseillé de repositionner la clé dans une encoche à 180° de celle utilisée pour serrer, puis de donner un léger coup de marteau sur la clé. Le roulement se redressera sur sa portée. On enlève ensuite l'écrou, on insère la rondelle-frein et on replace l'écrou que l'on serre et que l'on bloque en repliant l'une des languettes de la rondelle-frein. Vérifier enfin le jeu résiduel du roulement.

Une alternative consiste à mesurer le déplacement s de la bague intérieure du roulement sur la portée conique au lieu d'utiliser l'angle de serrage.



Dia. alésage roult	Angle de serrage	Déplacement axial s Séries :				Jeu résiduel Jeu initial :	
d	α	12K	13K	22K	23K	Norm.	C3
mm	degrés	mm	mm	mm	mm	μm	μm
20	70	0,22	0,23	-	-	10	20
25	70	0,22	0,23	0,22	0,23	10	20
30	70	0,22	0,23	0,22	0,23	10	20
35	70	0,30	0,30	0,30	0,30	10	20
40	70	0,30	0,30	0,30	0,30	10	20
45	70	0,31	0,34	0,31	0,33	15	25
50	70	0,31	0,34	0,31	0,33	15	25
55	90	0,40	0,41	0,39	0,40	15	30
60	90	0,40	0,41	0,39	0,40	15	30
65	90	0,40	0,41	0,39	0,40	15	30
75	120	0,45	0,47	0,43	0,46	20	40
80	120	0,45	0,47	0,43	0,46	20	40
85	120	0,58	0,60	0,54	0,59	20	40
90	120	0,58	0,60	0,54	0,59	20	40
95	120	0,58	0,60	0,54	0,59	20	40
100	120	0,58	0,60	0,54	0,59	20	40
105	120	0,67	-	0,66	-	25	55
110	120	0,67	0,70	0,66	0,69	25	55
120	120	0,67	-	-	-	25	55

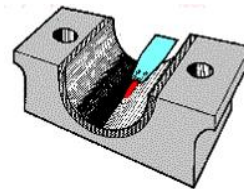
Contrôle du jeu d'un coussinet

Le contrôle du jeu d'un coussinet se pratique par la technique du « **Plastigage** »

On détermine la valeur du jeu diamétral en mesurant la largeur d'un fil de dimensions connues après écrasement.

Il est recommandé de poser le fil plastique dans l'eau chaude pour le ramollir ; ensuite le fil est placé à sec sur le palier du vilebrequin puis écrasé lors de la mise en place et serrage au couple recommandé du chapeau de palier

Une fois le chapeau déposé, on mesure la largeur du fil écrasé grâce à l'échelle imprimée sur l'étui, qui convertit directement cette valeur en jeu



Fluides des garnitures mécaniques

Fluide de barrage (garnitures double effet)

Le fluide de barrage doit être exempt de matières solides, ne doit pas former de dépôts, doit avoir un point d'ébullition aussi haut que possible, une bonne conductivité thermique, et une viscosité réduite.

La sortie du fluide de barrage est prévue au point le plus haut du compartiment d'étanchéité pour éviter une formation éventuelle de bulles de gaz.

Avant la mise en service des garnitures mécaniques à double effet, la circulation du fluide de barrage doit être assurée.

La pression de barrage doit être de l'ordre de 2 bars (1,5 est un minimum) au-dessus de la pression interne à étancher.

Le débit doit être réglé de façon que la température de sortie ne dépasse pas 60°C.

Arrosage par « quench

Avec un blocage correspondant de la bague fixe, la pression du quench ne doit pas dépasser 1 bar.

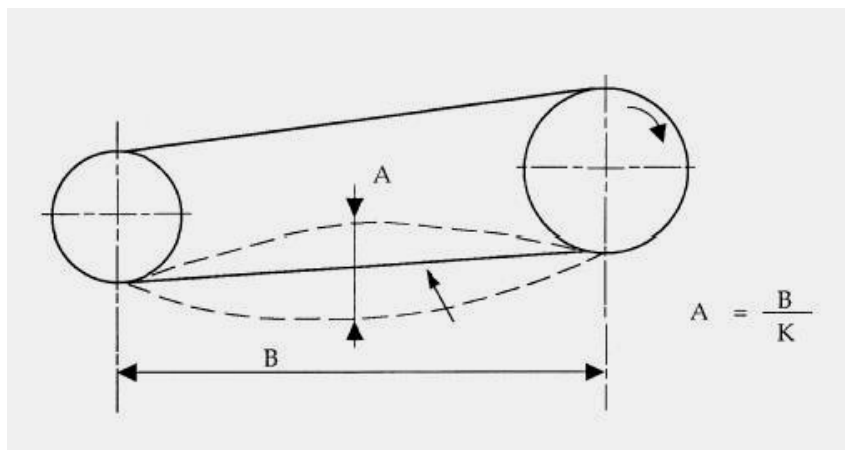
Purge de l'air

Purgez soigneusement l'air hors de la chambre de barrage après le montage de la garniture double, surtout s'il s'agit d'une garniture qui ne peut se purger automatiquement, ou qui ne le peut que dans certaines conditions, par exemple : garniture à double effet avec système de pression de barrage.

Contrôle des chaînes

→ Contrôle de la tension de la chaîne

- Consigner l'installation.
- Contrôler l'alignement des roues dentées.
- Contrôler la tension de chaîne, régler si nécessaire par déplacement de l'un des arbres. La chaîne doit être tendue de façon à permettre un battement A entre les positions haute et basse d'un point pris au milieu du brin mou.



A = battement total (en mm)

B = projection de l'entraxe sur l'horizontale (en mm)

K = coefficient

25 pour transmission à charge régulière

50 pour transmission avec coups

Pour les transmissions verticales, le battement total A doit être égal à la moitié du pas de la chaîne.

→ Mesure de l'usure de la chaîne

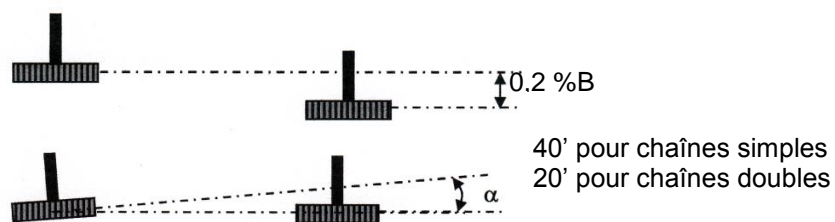
L'usure d'une chaîne doit être déterminée à l'aide de la **règle de mesure** fournie par le fabricant de chaînes.

Limite d'usure

En règle générale, une chaîne est considérée comme usée quand le pourcentage d'allongement atteint :

- 2 % en général,
- 1 % pour les chaînes à pas long,
- 0,7 à 1 % pour les chaînes de transmissions sans réglage possible d'entraxe.

→ Contrôle d'alignement

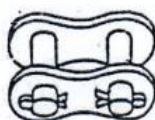


Attache rapide



←
Sens de la chaîne

goupilles



Coudé



Affaiblissement = 20 %

Contrôle des courroies de transmission

La durée de vie des courroies, et des roulements de poulies, dépend de leur montage et du contrôle de leur tension.

Démontage

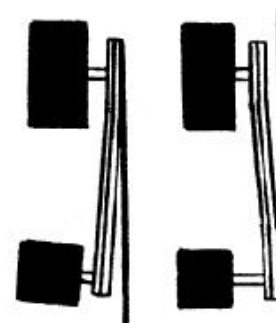
- Consignez l'installation.
- Démontez toutes les courroies : ne pas mélanger neuves et anciennes – ne pas utiliser tournevis ni burin.
- Avec calibres fournis par constructeurs, contrôlez l'état des gorges des poulies.

Montage

- Montez toujours un jeu complet de courroies appariées :
 - dimensions des courroies de tolérances UNISSET : ne se préoccuper de rien ;
 - autres : montez des courroies à repères identiques.
- Pour nettoyage : mélange glycérine – alcool (proportion 1/10).
A proscrire : solvants et objets à arêtes vives.
- Montez les courroies à la main, sans forcer, en utilisant les possibilités de tensionnement.
A proscrire : levier, « roulement » des courroies dans les gorges.
- Ne pas utiliser d'enduit adhésif.

Réglage de l'alignement, avec :

- une latte rectiligne
- ou un ruban d'acier pour les transmissions à entraxes importants,
- l'appareil de lignage laser pour courroies



Le déport sur l'alignement des poulies ne peut pas dépasser :
0,5° ou 5mm par 500 mm d'entraxe pour les courroies trapézoïdales
0,25° ou 2,5mm par 500 mm d'entraxe pour les courroies dentées

Réglage de la tension

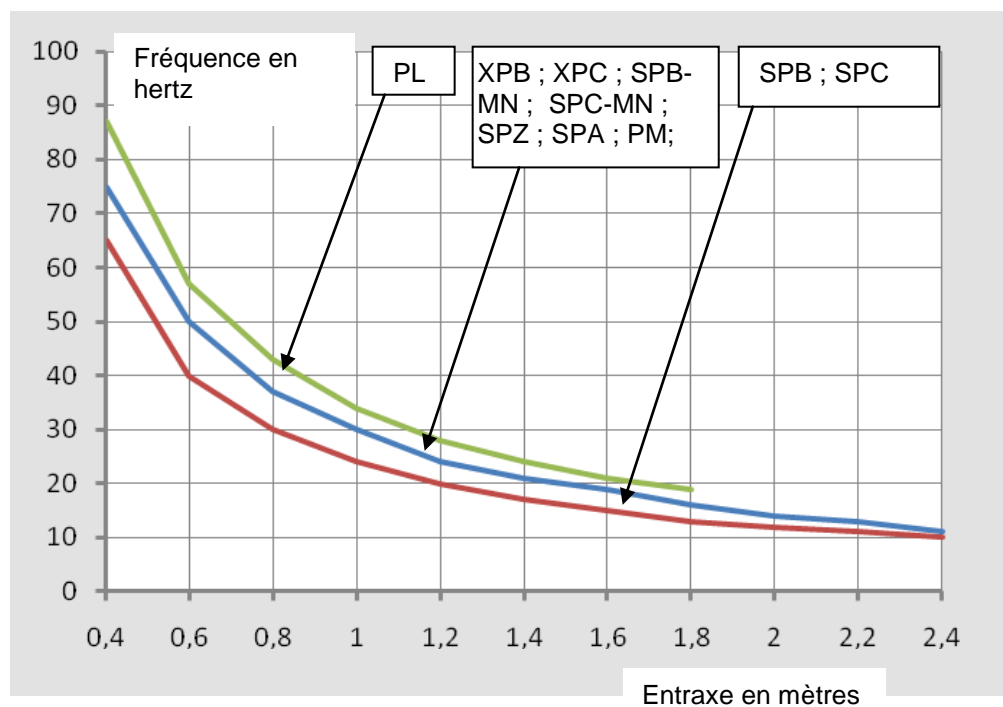
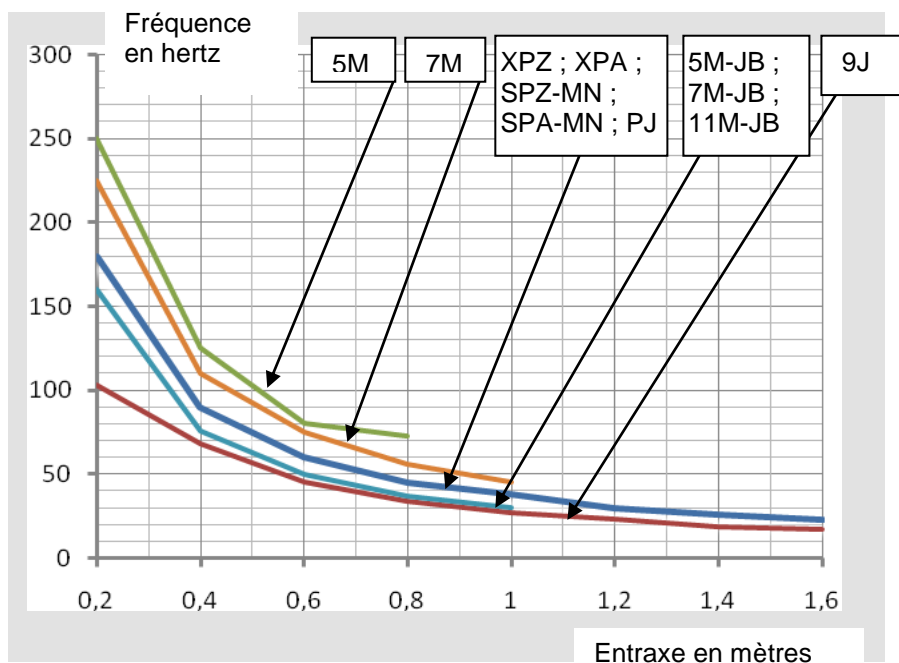
- ✓ Une solution simple consiste à pouvoir tourner la courroie de 90°, mais pas plus.
- ✓ La solution moderne consiste à utiliser un contrôleur de tension appelé tensiomètre (vendu par les fabricants de courroies)

- Tapez légèrement sur la courroie, et relevez la valeur vibratoire à l'aide de l'appareil spécifique.
- Comparez avec la valeur de référence .
- Tendez la courroie et refaites la mesure.
- Répétez éventuellement l'opération jusqu'à l'obtention de la bonne valeur.



Une bonne formule est que le fabricant de courroies vous calcule les différentes références. En l'absence de celles-ci l'abaque ci-après vous permet de trouver la valeur de fréquence correspondant à une bonne tension, pour les courroies trapézoïdales.

Pour les courroies dentées (ou synchrones) il faut demander le calcul de la valeur par le fabricant des courroies concernées.



Remplissage des reservoirs hydrauliques

- ➔ Le volume de l'huile emmagasinée dans le réservoir est généralement compris entre 2 et 3 fois le débit minute de la ou des pompes installées.
De plus il faut prévoir un espace libre au-dessus du bain d'huile, ce qui fait que le volume total du réservoir représente 3 à 4 fois le débit minute.
Toutefois si l'installation comporte des vérins simple effet, il faut tenir compte de la variation de volume apportée par le fonctionnement de ces vérins et vérifier que :
 - toute l'huile contenue dans les vérins peut bien retourner au réservoir et laisser un volume libre suffisant pour le dégazage (10 à 20%).
 - toutes les crépines sont encore immergées d'au moins 20 cm quand tous les vérins sont alimentés.
- ➔ Un soin particulier doit être apporté à l'aspiration et aux raccordements de la tuyauterie d'aspiration, pour éviter toute entrée d'air.
L'air dans l'huile provoque :
 - un échauffement anormal,
 - des chocs dans la pompe,
 - des mouvements irréguliers dans les vérins et moteurs,
 - une détérioration de l'huile.
- ➔ Pour protéger l'intérieur du réservoir des effets de la condensation et de l'action chimique du fluide, les parois doivent être recouvertes d'un produit isolant.
Pour les fluides ininflammables on utilise une peinture isolante spéciale compatible avec le fluide ou, mieux, un bac en acier inoxydable.
- ➔ Dans le réservoir, on va retrouver toutes les impuretés, liquides, solides ou boues entraînées par l'huile.
Il faut donc périodiquement le nettoyer
 - vidange,
 - grattage si nécessaire,
 - rinçage (avec un solvant compatible avec le fluide),
 - séchage et dépoussiérage.
- ➔ Avec l'hydraulique proportionnelle, il faut toujours remplir avec de l'huile filtrée à 3 ou 10 μ
- ➔ Ne pas oublier de purger les vérins et au niveau du bloc hydraulique après vidange complète et remplacement de l'huile.

Accumulateurs : contrôle et remplissage en azote

Périodicités de contrôle

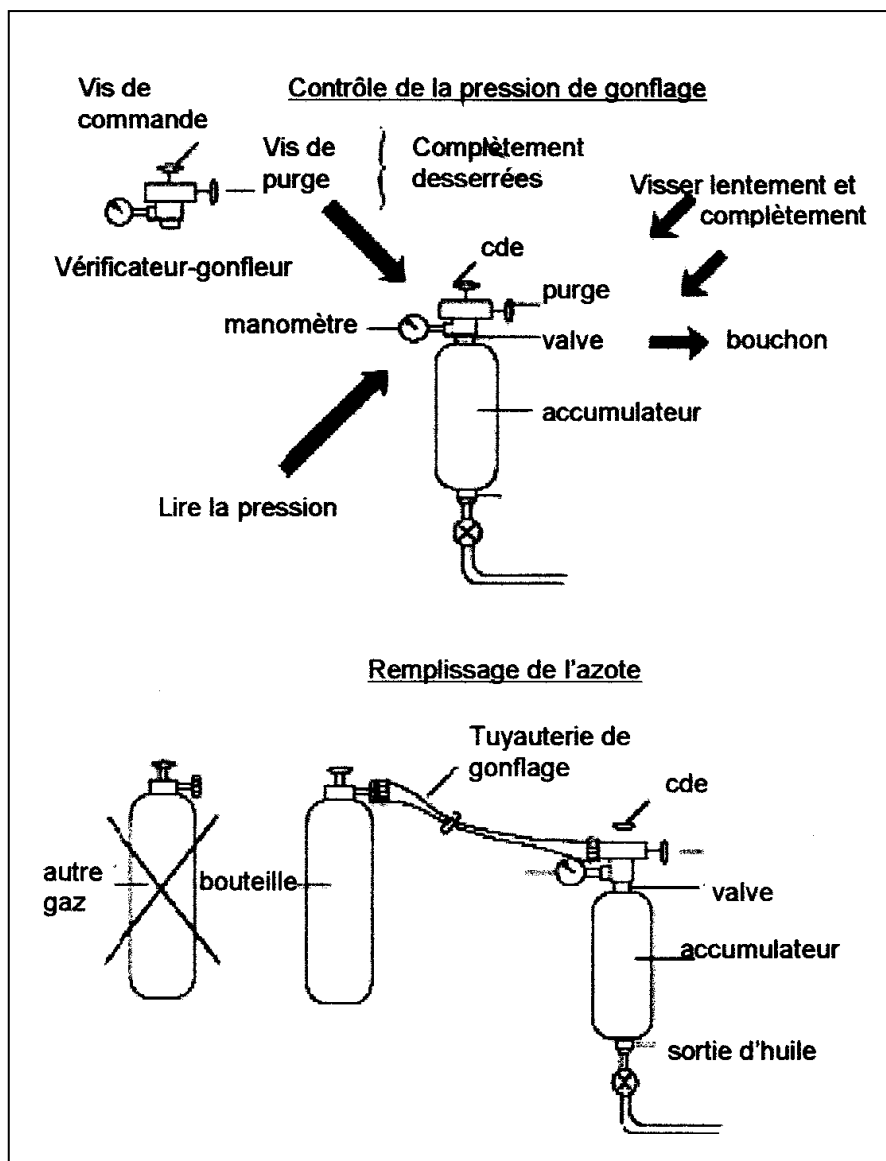
- A la première mise en service : au bout de 50 heures.
- Ensuite augmenter progressivement les fréquences pour aboutir à la périodicité finale : 1000 à 1500 heures selon les conditions d'exploitation.

Contrôle de la pression de gonflage

- S'assurer que l'accumulateur est complètement déchargé côté huile et que l'huile de la conduite raccordée à l'accumulateur est à la bêche : $P = 0$.
- S'assurer que la vis de purge et la vis de commande du clapet sur le vérificateur sont complètement desserrées.
- Oter le bouchon ou le chapeau qui recouvre la valve de gonflage de l'accumulateur et monter à la main le vérificateur gonfleur.
- Serrer complètement la vis de purge.
- Visser lentement la vis de commande du clapet (à la main on doit sentir l'instant où la vis entre en butée avec le clapet).
- Contrôler la pression.

Remplissage en azote

- Raccorder le flexible spécial au vérificateur gonfleur et à la bouteille d'azote.
- Ouvrir le robinet de la bouteille d'azote très progressivement, et contrôler la pression au manomètre.
- Le remplissage étant terminé :
 1. fermer la bouteille d'azote,
 2. desserrer complètement la vis de commande du clapet,
 3. démonter le vérificateur après contrôle de la pression au manomètre ($P = 0$)
 4. démonter le flexible en commençant côté vérificateur,
 5. remonter le bouchon ou chapeau sur la valve de l'accumulateur.



Accumulateurs : contrôle sur l'huile

- Monter un manomètre en sortie sur l'accumulateur.
- Charger l'accumulateur au moyen de la pompe, puis, la pression maximale étant atteinte, isoler la pompe.
- Purger alors lentement l'accumulateur au travers du limiteur de débit réglé au minimum.
- Observer attentivement le manomètre.

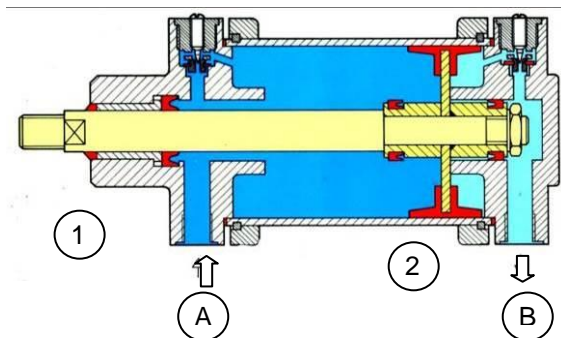
L'aiguille descend lentement pendant la décharge. Arrivée à la pression de gonflage, la soupape de l'accumulateur se ferme, poussée par la vessie.

N'ayant plus de débit dans la conduite qui se purge, la pression tombe brusquement à zéro.

La pression lue, juste avant cette chute, correspond à la pression de gonflage.

- Répéter l'opération plusieurs fois pour être certain de la lecture.

Contrôle d'usure d'un vérin pneumatique



Les 2 points d'usure essentiels sont en (1) et en (2) (piston avec ou sans joints à lèvres ou profilés)

Pour (1) il suffit de contrôler l'absence de fuite externe.

Pour (2) il faut amener le piston à fond (côté droit) et vérifier l'absence d'arrivée d'air en (B) , en plongeant l'embout d'une tuyauterie dans un seau d'eau , puis d'observer s'il y a ou non des bulles d'air.

C'est une opération simple qu'on ne peut pas malheureusement pratiquer avec les vérins hydrauliques.

On pourrait aussi contrôler la vitesse de déplacement, mais ce n'est pas toujours facile à réaliser.

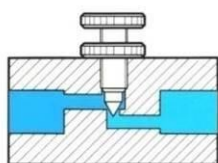
Réglage de vitesse d'un vérin pneumatique

La vitesse de travail d'un vérin pneumatique peut être réglée par étranglement, soit par l'orifice d'admission, soit sur l'orifice d'échappement ou soit sur les 2 orifices à la fois (cas des vérins double effet)

Ce réglage se fait à l'aide de limiteurs de débit.

Comme son nom l'indique , le limiteur de débit sert à modifier le débit d 'air , ponctuellement dans un circuit pneumatique selon un réglage défini.

Le réglage se fait par une vis blocable qui étrangle le passage de l 'air comprimé

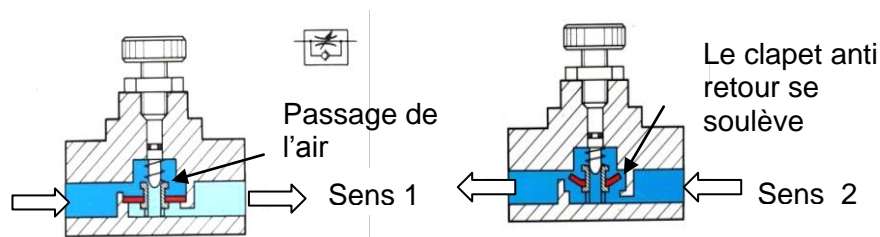


Pour le contrôle de la vitesse des vérins l'étranglement n 'agit que dans un seul sens

Le clapet anti retour assure le plein débit dans le sens opposé

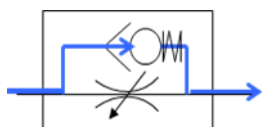
Généralement ces limiteurs sont directement intégrés dans des raccords qui sont montés sur les orifices des vérins

Un limiteur de débit ne doit jamais être complètement fermé

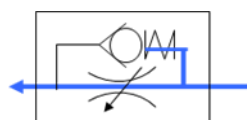


Plein passage dans un sens

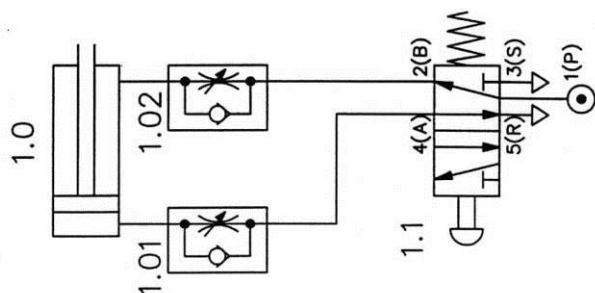
Passage réduit dans l'autre sens



L 'air pousse la bille du clapet assurant un plein passage



La bille est poussée sur le siège et l 'air est obligé de passer par la restriction réglable



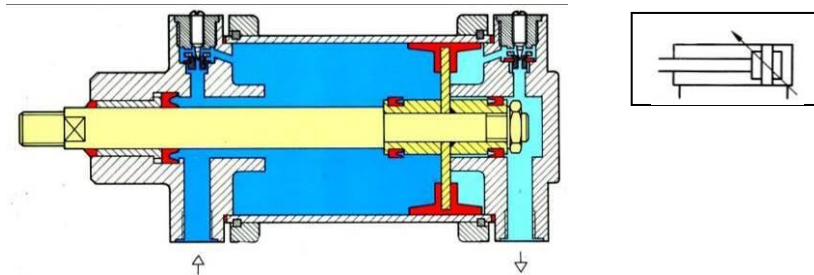
L'air entre librement dans le vérin et l'étranglement se fait à l'échappement. C'est toujours ce montage que l'on adoptera en standard lors de réglage de vitesse sur un vérin

Montez chaque limiteur avec le symbole orienté comme sur le schéma.

Pour ralentir la tige en **sortie** : Régler sur l'orifice de **devant**

Pour ralentir la tige en **rentrée** : Régler le sur l'orifice de **derrière**

Réglage de l'amortissement d'un vérin pneumatique



Rôle de l'amortissement:

Pour des masses importantes en mouvement et éviter chocs et vibrations.

Fonctionnement :

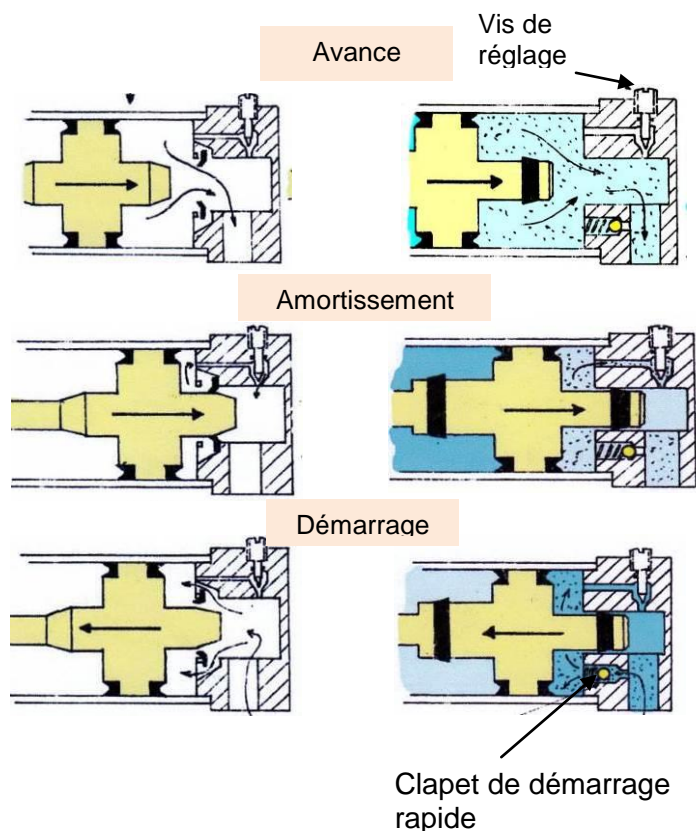
- Piston d'amortissement
- Interruption de l'échappement direct
- Etablissement d'un coussin d'air dans l'espace obturé
- Faible passage d'évacuation réduisant progressivement la vitesse à travers un limiteur réglable.
- A l'inversion, l'air pénètre librement en soulevant la bille du clapet anti retour et le piston peut avancer à pleine puissance.

Réglage

Serrer la vis de réglage

Desserrer progressivement jusqu'à obtention de la vitesse désirée.

Le serrage complet empêche le vérin d'aller en fin de course.



Prise d'échantillon pour analyse d'huile

➔ Conditions à respecter avant de commencer le travail

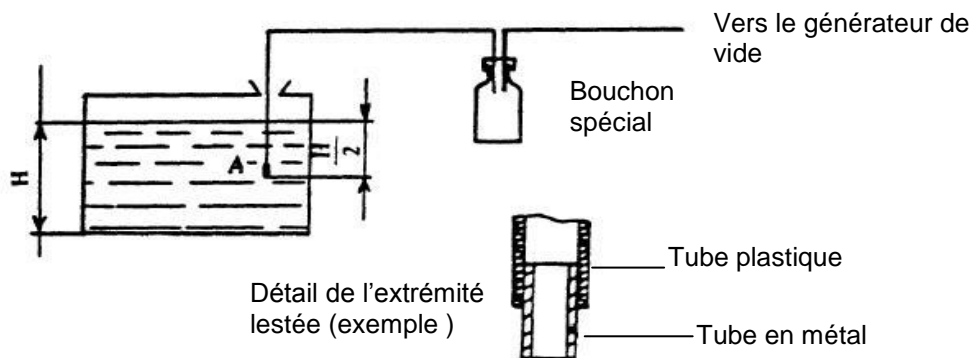
- Assurer la sécurité en fonction de la pression et/ou de la température de l'huile.
- Tout prélèvement doit être effectué lorsque le système est en fonctionnement ou juste après l'arrêt de façon à obtenir un échantillon représentatif non décanté.
- Le fluide sera recueilli dans un flacon propre, en verre, d'une contenance de 0,2 à 0,3 litre. Ce flacon aura une fermeture hermétique et fiable (il existe des flacons normalisés AFNOR E-48654, disponibles auprès des pétroliers ou des laboratoires d'analyse).

➔ Méthode de prélèvement dynamique (prise d'échantillon en ligne)

1. S'assurer que le système a fonctionné pendant ½ heure au minimum avant le prélèvement.
2. Ouvrir la prise d'échantillon et laisser couler 0,5 à 1 litre d'huile pour la rincer. Ne pas la refermer.
3. Approcher le flacon du jet et recueillir environ 0,2 l d'huile. **Ne jamais modifier l'ouverture de la prise d'échantillon pendant le remplissage du flacon.**
4. Retirer le flacon du jet et ensuite seulement refermer la prise d'échantillon.
5. Remplir l'étiquette du flacon et la fiche de prélèvement :
 - identification de la machine et du point ou circuit,
 - type de l'huile utilisée,
 - date et heure du prélèvement,
 - nom de l'opérateur.

➔ Méthode de prélèvement à l'arrêt (non conseillé)

1. S'assurer que le système a fonctionné pendant ½ heure au minimum avant le prélèvement.
Lorsque aucun dispositif de prélèvement en ligne n'est prévu, on peut prélever un échantillon à partir du réservoir en appliquant la procédure suivante (voir schéma).
Matériel nécessaire : un bouchon de flacon spécial, une pompe à vide manuelle ou une seringue normalisée.
2. Choisir un orifice permettant l'introduction directe de la tuyauterie lestée A.
3. Nettoyer le bouchon spécial et la tuyauterie A.
4. Visser le bouchon spécial sur le flacon.
5. Créer le vide pour remplir le flacon jusqu'à épaule (200 ml). Supprimer le vide.
6. Dévisser le bouchon spécial, revisser le bouchon d'origine du flacon.
7. Remplir l'étiquette et la fiche de prélèvement.

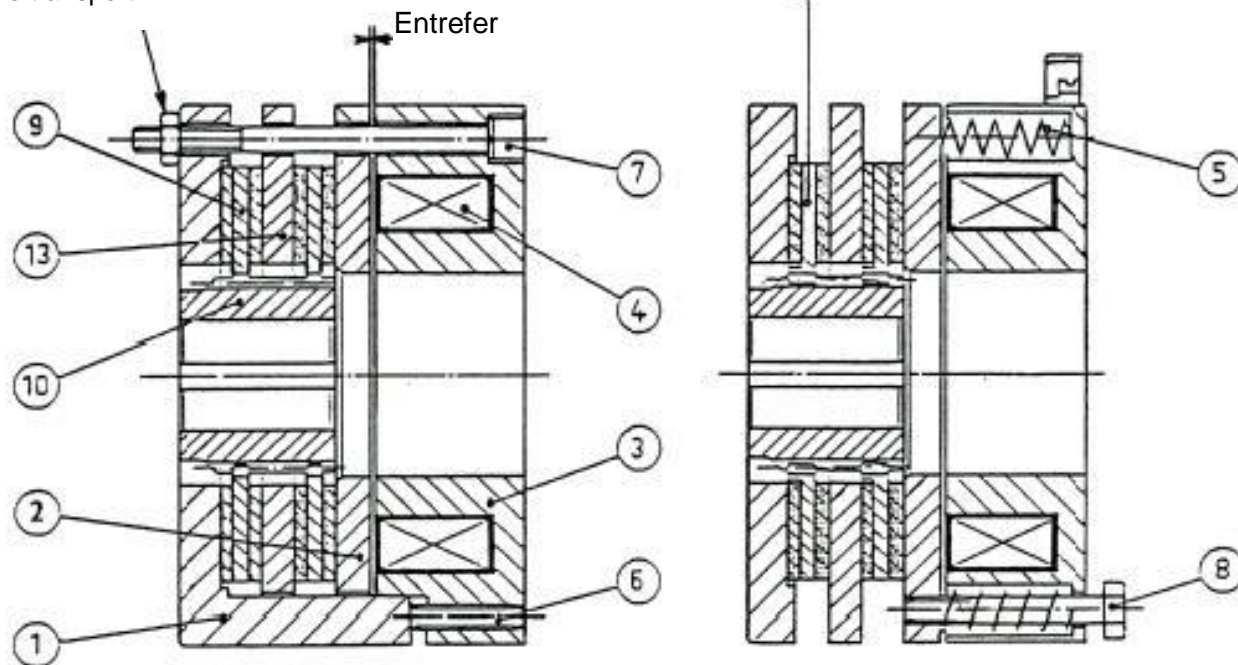


➔ **Erreurs habituelles à éviter**

- Echantillon pris à la surface ou en fond de cuve.
- Echantillon pris après un temps d'arrêt trop long.
- Flacon pollué ou en matière soluble à l'huile (bouchon inclus).
- Prise d'échantillon non rincée (en laissant couler environ 0,5 l).
- Echantillon pris à une température trop basse ou trop haute (prélever à la température normale de fonctionnement).
- Prélèvement direct par une seringue polluée.

Réglage d'un frein classique

Ecrou pour
le transport



- 1 - Plateau de friction
- 2 - Armature mobile
- 3 - Inducteur d'électro-aimant
- 4 - Bobine d'électro-aimant
- 5 - Ressort
- 6 - Vis de réglage
- 7 - Vis de fixation

- 8 - Vis de compression
- 9 - Disque garni
- 10- Noyau
- 11- Garniture
- 12- Boulon
- 13- Disque intermédiaire

Réglage de l'entrefer

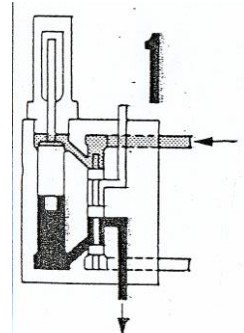
- Pour diminuer la valeur de l'entrefer : desserrer d'un tour environ les vis (7) de fixation, puis dévisser légèrement les vis de réglage (6) de la valeur nécessaire. Bloquer ensuite les vis (7) de fixation.
- Exécutez quelques manœuvres, moteur arrêté, contrôler l'entrefer en plusieurs points. La cale doit passer avec un léger pincement. En l'absence de valeur prendre 0,3 mm.

Contrôle des doseurs de graissage

L'opération consiste à manœuvrer l'inverseur du poste central et à vérifier la position de la tige du piston graisseur, visible de l'extérieur

POSITION 1 :

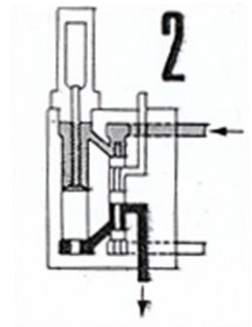
Le lubrifiant mis sous pression par la pompe, admis par l'orifice supérieur d'alimentation, repousse vers le bas le piston pilote et peut passer vers la chambre supérieure du piston graisseur.



POSITION 2 :

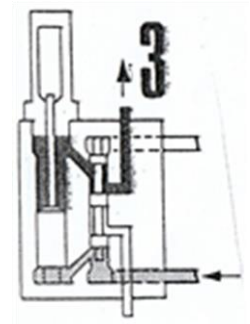
Le lubrifiant sous pression toujours admis par l'orifice supérieur repousse vers le bas le piston graisseur qui refoule vers le point auquel est raccordé l'orifice de décharge inférieur la dose contenue dans sa chambre.

Le circuit est clos et le lubrifiant admis ne peut plus passer



POSITION 3 :

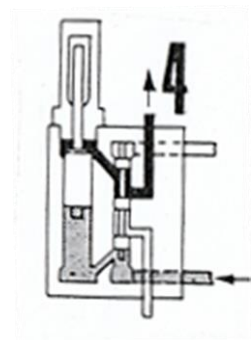
Si l'on manœuvre l'inverseur du poste central, le lubrifiant mis sous pression par la pompe est alors admis par l'orifice inférieur d'alimentation. Il repousse vers le haut le piston pilote et peut passer vers la chambre inférieure du piston graisseur.



POSITION 4 :

Le lubrifiant sous pression étant toujours admis repousse vers le haut le piston graisseur qui refoule vers le point auquel est raccordé l'orifice de décharge supérieur la dose contenu dans sa chambre.

Le circuit à nouveau est clos.

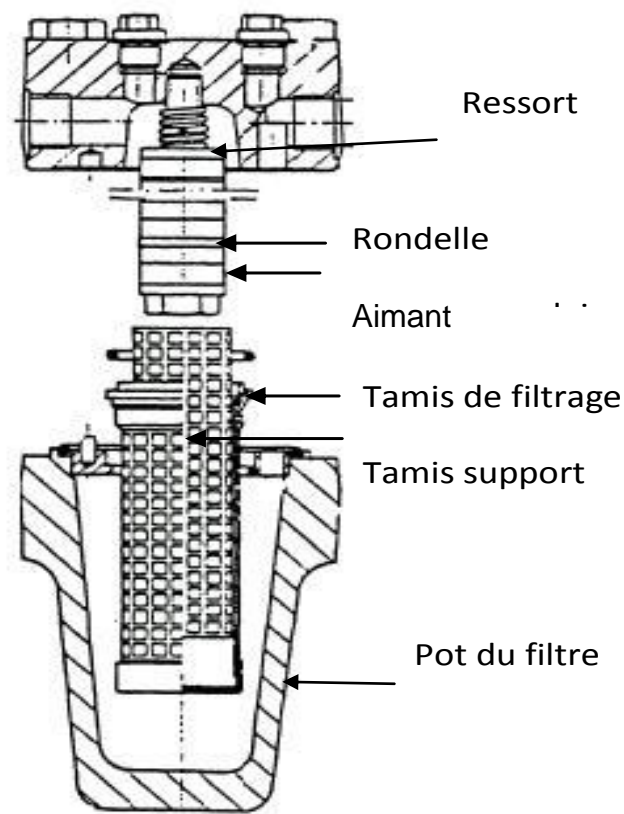


Entretien des filtres magnétiques

Description

Le filtre magnétique se compose d'une cuve cylindrique en tôle, se fermant par un couvercle étanche en acier, et renfermant intérieurement un dispositif magnétique et un panier filtre.

Le dispositif magnétique est constitué par une ou plusieurs rangées circulaires de brochettes, formée chacune d'aimants cylindriques en ticonal étagés entre des plaques polaires en acier doux (rondelles).



Le tout est assemblé par un tirant central en laiton. Ces brochettes sont elles-mêmes fixées sur des couronnes intercalaires.

Ce dispositif magnétique est entouré par le panier filtre circulaire, formé d'une enveloppe perforée en tôle, raidissant intérieurement une mince tôle de cuivre finement perforée avec interposition d'une toile laiton formant entretoise.

Fonctionnement

Pénétrant par la tubulure supérieure le pétrole, ou l'huile, traverse d'abord les rangées de brochettes d'aimants, qui retiennent au passage les limailles véhiculées, puis le panier filtre arête les autres impuretés. Filtré, le liquide s'écoule par la tubulure de sortie (position basse ou haute suivant les types).

Mise en service

Tenir compte, lors du montage, du sens de passage indiqué sur le filtre. Il faut purger absolument le filtre de l'air qu'il contient avant la première mise en service ou après le nettoyage.

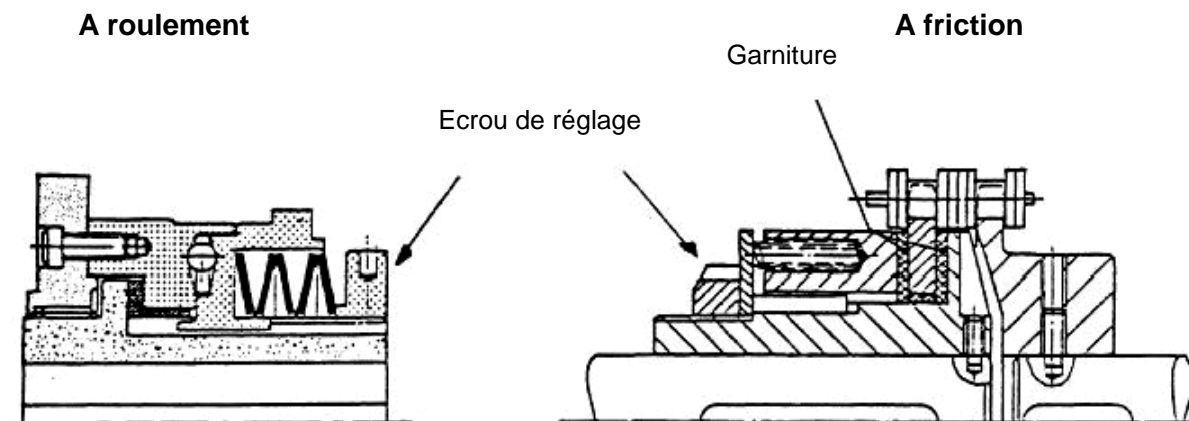
Visite

Visitez périodiquement le filtre qui s'encrasse après un certain temps de service. Une négligence de ces visites peut provoquer la détérioration du panier filtre. Une solution consiste à brancher un manomètre sur l'entrée et un autre sur la sortie ; ils permettent de se rendre compte si le filtre a besoin d'être nettoyé, ce qui est le cas lorsque la pression différentielle augmente.

Démontage et nettoyage

- Avant d'ouvrir le filtre
 - Ouvrir le by-pass contournant le filtre.
 - Interrompre le passage par le filtre.
 - Ouvrir une vis de purge d'air.
- Ouverture et nettoyage
 - Nettoyez le panier filtrant et les plaques polaires encrassées de limaille au jet d'eau froide, ou au jet de vapeur, les aimants ne perdant leur aimantation qu'à partir d'une température de 400°C.
 - Les aimants ne doivent jamais être désaccouplés des plaques polaires au risque de diminuer fortement le pouvoir d'aimantation.
Il faut veiller à ce que les aimants annulaires s'attirent par paire mais repoussent la paire d'à côté.

Réglage d'un limiteur de couple mécanique



➔ Réglage avec charge maximale connue

Effectuer un essai avec la charge maximale admissible (mouvements)

1. Le limiteur reste enclenché

- Desserrer l'écrou de réglage par approches successives (ex : 1 tour) jusqu'à ce que le limiteur déclenche.
- Serrer l'écrou de réglage par approches successives plus fines (ex : $\frac{1}{4}$ tour) pour obtenir l'enclenchement du limiteur.
- Serrer l'écrou de réglage de $\frac{1}{4}$ tour et le bloquer (vis, rondelle-frein...)
- Effectuer un nouvel essai de fonctionnement (mouvements)
-

2. Le limiteur déclenche (avec charge maximale admissible)

Avant de procéder au réglage, il est conseillé de vérifier l'état mécanique de la chaîne cinématique (présence éventuelle de durs mécaniques provoquant le déclenchement)

- Serrer l'écrou de réglage par approches successives (ex : 1 tour) jusqu'à ce que le limiteur reste enclenché.
Si l'écrou de réglage est serré au maximum et le limiteur déclenche toujours :
 - Présence de durs mécaniques dans la chaîne cinématique et/ou
 - Démontez le limiteur de couple et contrôlez l'état des garnitures (limiteur à friction) ou remplacer le limiteur.
- Desserrer l'écrou de réglage par approches successives plus fines (ex : $\frac{1}{4}$ tour pour obtenir le déclenchement du limiteur)
- Serrer l'écrou de réglage pour atteindre la limite d'enclenchement.
- Serrer l'écrou de réglage de $\frac{1}{4}$ tour et le bloquer (vis, rondelle-frein...)
- Effectuer un nouvel essai de fonctionnement (mouvements)

➔ Régler avec charge maximale inconnue

- Effectuer un essai de fonctionnement (mouvements)
- Suivre la procédure 1 ou 2 suivant le cas.

Réglage d'un limiteur de couple à huile

Utilisation

Ce genre d'appareil peut avoir 2 emplois :

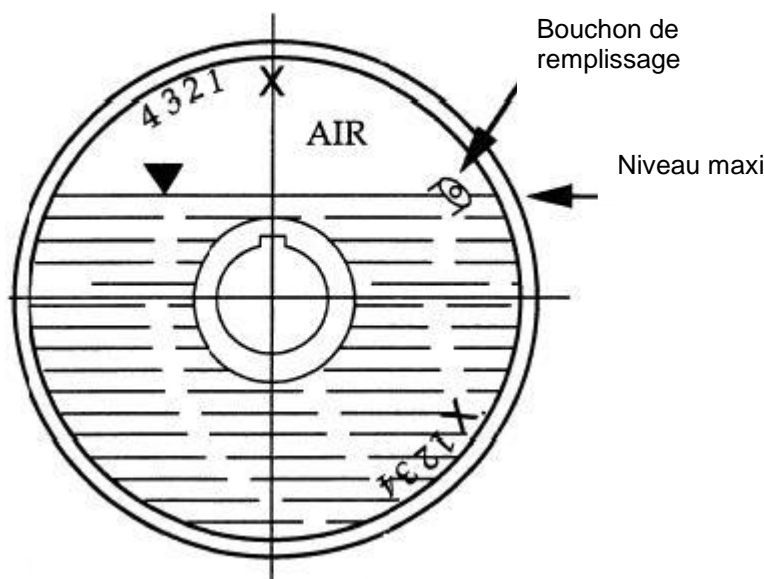
1. Comme limiteur de couple pour protéger les organes de commande. C'est le cas le plus courant, bien que les systèmes à huile soient de plus en plus remplacés par des systèmes à poudre.
2. Comme coupleur hydraulique.

Contrôle de niveau d'huile

Suivant le mode de remplissage adopté (X, 1, 2, 3 ou 4) tourner le limiteur de couple de telle sorte que la graduation x, ou 1, ou 2, 3 ou 4 soit dans l'axe vertical. L'huile doit être au niveau du trou de remplissage.

Si l'appareil fonctionne en limiteur de couple il faut connaître la correspondance graduation – couple d'une part et la valeur de couple limite d'autre part pour fixer la valeur de réglage (voir documentation). Ne jamais mettre le trou à la vertical, car alors le système fonctionne comme un accouplement rigide.

Si l'appareil fonctionne en coupleur, c'est avec le remplissage X (maximum) que le coupleur travaille avec un glissement minimal et un rendement maximal.



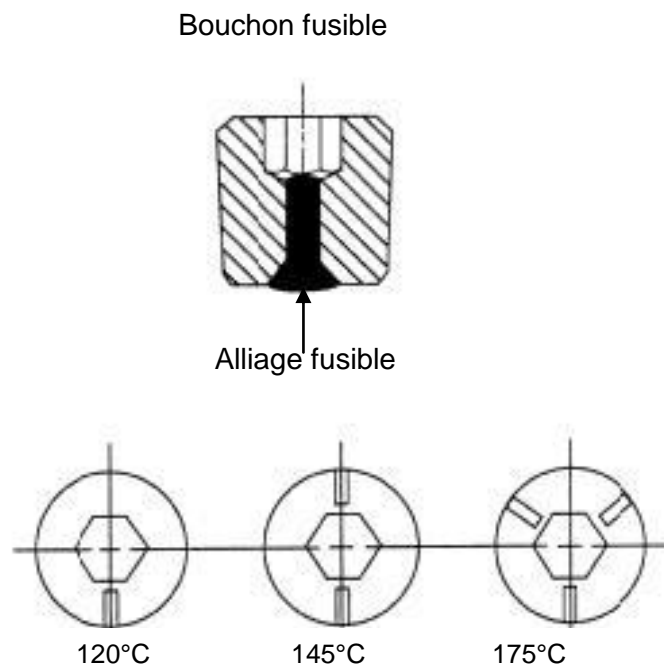
Conditions de température

La température maximum est de 90°C.

Suivant le type de bouchon fusible choisi (en option) le coupleur peut supporter jusqu'à 120°C, 145°C ou 175°C.

Si le bouchon fusible lâche : vérifier le niveau d'huile.

Si le bouchon fusible lâche souvent : vérifier la température ambiante.

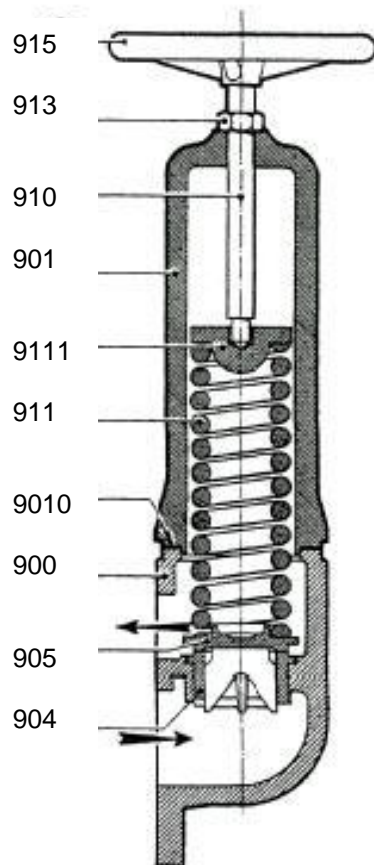


Note : le réglage du limiteur est donné par la position du trou de remplissage. Si la valeur de cette position est perdue, on peut procéder comme suit. Faites un repère sur le manchon amont et sur le manchon aval, puis faites une mesure de vitesse au stroboscope. La valeur de glissement doit être de 2 à 3 %. Sinon il faut ajouter ou enlever de l'huile. Bien sûr quand le bon volume d'huile est trouvé il faut noter la position du trou d'entrée d'huile sur la gamme.

Soupapes de sureté

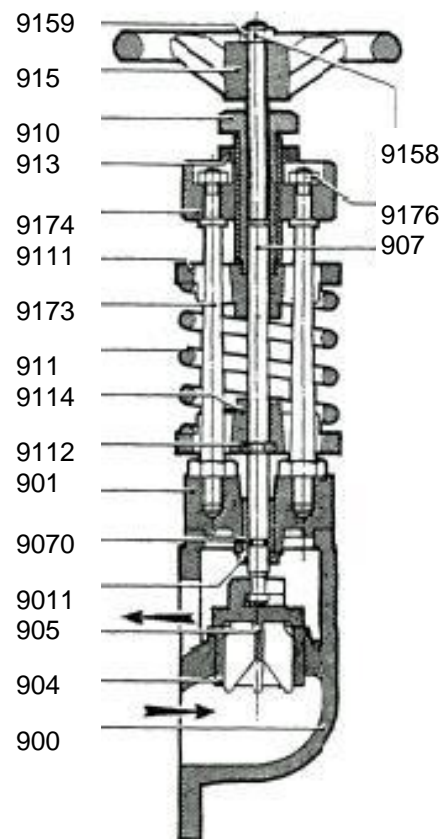
Protections de pompes (produits liquides, ou hydrauliques)

REP	DESIGNATION	REP	DESIGNATION
900	Corps de soupape	9111	Appui supérieur de ressort
901	Couvercle du corps de soupape	9112	Demi-bague de butée
9010	Joint du couvercle de soupape	9114	Appui inférieur de ressort
9011	Guide de tige du clapet de soupape	913	Contre-écrou
904	Siège de clapet	915	Volant de relevage
905	Clapet	9158	Goupille d'écrou de volant
907	Tige de clapet	9159	Ecrou de volant
9070	Joint de tige de clapet	9173	Colonnnette
910	Vis de tarage	9174	Bride entretoise
911	Ressort	9176	Ecrou de colonnette



Soupape sans relevage

Munies simplement d'un système de tarage réglable, ces soupapes agissent uniquement comme limiteurs de pression



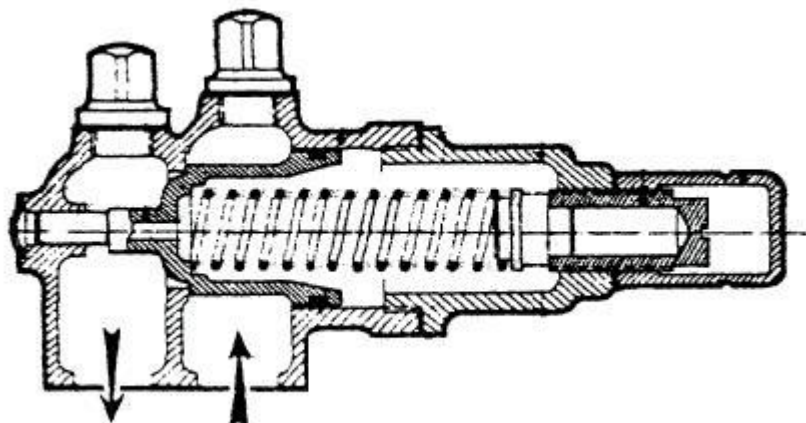
Soupape avec relevage

En plus du système de tarage réglable, ces soupapes sont pourvues d'un dispositif de relevage manuel indépendant permettant d'effectuer :
 au démarrage une tombée de pression et de ce fait une chute sensible de puissance,
 en marche, un réglage de débit.

Soupape différentielle

Ces soupapes s'appliquent aux débits importants. Elles sont constituées par un corps à double capacité à l'intérieur duquel coulisse un piston différentiel appliqué sur son siège par un ressort à tarage réglable.

La cavité d'admission en relation avec le refoulement de la pompe, et la cavité de retour avec l'aspiration, la pression s'exerce sur une section annulaire de diamètre $D - d$. Lorsque la pression dépasse celle du tarage, le clapet se soulève et tout ou partie du débit retourne à l'aspiration.



Réglage de la soupape

- Ouvrir entièrement la ou les vanne(s) sur la tuyauterie de refoulement, s'il y en a une.
- Ouvrir à fond la vis de tarage (910) de manière à détendre le ressort.
- Mettre le moteur du groupe en route.
- Fermer lentement la vanne au refoulement de la pompe (ou embrayer éventuellement manuellement s'il n'y a pas de vanne) ; simultanément visser lentement la vis de tarage (910) de manière à comprimer le ressort et ce jusqu'à ce que le manomètre indique une hausse de pression.
- Poursuivre l'opération jusqu'à ce que l'aiguille du manomètre se soit stabilisée à la pression de refoulement désirée (pompe à son régime de vitesse normal).
- Bloquer la vis de tarage en serrant le contre-écrou (913).

Visite de la soupape

Soupape sans relevage type

- Avant tout démontage repérer de façon précise la position exacte de la vis de tarage.
- Débloquer et desserrer à fond la vis de tarage pour détendre le ressort.
- Libérer le couvercle de soupape (901) de sa fixation au corps (900).
- Sortir le ressort et le clapet.
- Après remontage s'assurer que la vis de tarage est bien arrêtée à la hauteur repérée avant démontage.

Soupape avec relevage type

- Descendre le volant contre la vis de tarage et visser pour relever légèrement le clapet.
- Libérer le couvercle (901) de sa fixation au corps (900).
- Sortir l'ensemble.
- Après remontage, desserrer le volant et le rebloquer contre l'écrou d'extrémité de la tige de clapet.

Visites et travaux à l'intérieur d'enceintes confinées

Ceci concerne les visites et travaux à l'intérieur de réservoirs et enceintes confinées de toutes sortes : fosses, conduits, puits, citernes, cuves, chambres de visite, appareils de fermentation et autres lieux analogues.

Surveillance et sauvetage éventuel des travailleurs concernés

Les travailleurs occupés dans les lieux visés par cette règle doivent être soumis à une surveillance continue et relayés aussi souvent que les circonstances l'exigent. Une ou des personnes, selon les nécessités, doivent être désignées pour exercer cette surveillance, vérifier soigneusement le bon fonctionnement du dispositif de ventilation et opérer les sauvetages éventuels.

Les travailleurs concernés portent, en outre, une ceinture de sauvetage avec bretelles. Celles-ci seront reliées à une corde de sûreté aboutissant à l'extérieur et tenue par les personnes chargées de cette surveillance.

Lieux particuliers

Les dispositions ci-après concernent les lieux suivants :

- Lieux contenant des matières putrescibles, ou renfermant des matières susceptibles de dégager des gaz ou vapeurs, ou envahis par des émanations provenant du voisinage.
- Lieux où doivent s'effectuer des opérations susceptibles de provoquer des dégagements de gaz, fumées, vapeurs ou autres émanations (peinture, soudage...)
- Lieux dont on peut craindre que l'air qu'ils contiennent puisse être pollué d'urgence et à tout moment par des émanations dangereuses provenant du voisinage.
- Lieux dont on doit craindre que l'atmosphère qu'ils contiennent soit appauvrie en oxygène, par suite d'un emprisonnement plus ou moins long.

Dispositions :

Ces lieux seront soumis à une ventilation suffisante et les travailleurs ne pourront y pénétrer ou séjourner que s'ils sont protégés au moyen d'un appareil respiratoire.

Lorsque l'usage d'appareils respiratoires s'avère impraticable, les travailleurs pourront néanmoins y pénétrer sans être pourvus de ces appareils, à condition qu'avant qu'ils y pénètrent et pendant tout le temps où ils y séjournent, ces lieux soient soumis à une ventilation suffisamment énergique pour provoquer, en permanence, un balayage de l'atmosphère ambiante, de manière à empêcher toute concentration intolérable d'émanations délétères.

Cas de l'hydrogène sulfuré H₂S

L'hydrogène sulfuré est un gaz incolore, composant naturel du pétrole, à odeur caractéristique d'œufs pourris à faible concentration mais cette perception olfactive s'atténue jusqu'à disparaître au fur et à mesure qu'augmente la concentration de gaz (effet de sidération olfactive). Il devient alors **mortel**

Le H₂S dégage des matières organiques en décomposition ou lors de l'utilisation du soufre et des sulfures dans l'industrie chimique. Etant plus lourd que l'air, il s'accumule dans les parties basses non ventilées.

Attention aux graisses et lubrifiants séchées : des poches de H₂S se forment par décomposition des additifs.

De ce fait, et par précautions, les dispositions précédentes doivent être appliquées dans tous les cas.

Règles générales en électricité

Un déclenchement électrique (disjoncteur – thermique – fusible), non enclenché mécaniquement, a forcément une cause électrique.

Différentes règles de base doivent être respectées.

- ➔ Quand aucune cause n'est trouvée, il faut vérifier s'il n'y a pas un déséquilibre de phases. L'utilisation de la **pince ampèremétrique** s'impose.
Sinon la défaillance reviendra forcément, une, deux, plusieurs fois, si on ne recherche pas la cause maintenant.
- ➔ Un moteur génère des vibrations.
Il est impératif de contrôler périodiquement les serrages aux boîtes à bornes :
 - annuellement pour les moteurs importants et moyens,
 - tous les 2 ou 3 ans pour les autres.
- ➔ Dans l'urgence des dépannages, il arrive que l'on ne remplace pas un fusible, un disjoncteur, un thermique à l'identique. Cela peut entraîner des déclenchements intempestifs par la suite. 2 mesures s'imposent :
 - Lors d'un déclenchement vérifiez les protections.
 - Au moins une fois par an vérifiez les protections dans les armoires et coffrets là où il y a des vibrations.
- ➔ Contrôlez périodiquement les **connexions**, même si on pratique la thermographie. Il est de plus en plus conseillé (par les fabricants de moteurs et les sociétés de maintenance) de serrer les connexions avec des tournevis dynamométriques.

Couple de serrage des vis et écrous acier					
Pas	4,60 Nm	5,8 Nm	8,8 Nm	10,9 Nm	12,9 Nm
M2,5	0,26				
M3	0,46				
M5	2	4	6	9	10
M6	3	6	11	15	17
M8	8	15	25	32	50
M10	19	32	48	62	80
M12	32	55	80	101	135
M14	48	82	125	170	210
M16	70	125	190	260	315
M20	125	230	350	490	590
M22	160	300	480	640	770
M24	200	390	590	820	1000
M27	360	610	900	1360	1630

- ➔ Remplacez régulièrement les filtres, et contrôlez la ventilation des **armoires électriques**.
- ➔ Pour les **contacteurs et relais** ayant une grande cadence de fonctionnement prévoyez des remplacements systématiques
- ➔ Veillez que les **câblages électriques**, notamment des capteurs, se fassent plutôt par le bas.
- ➔ Vérifiez régulièrement les entrefers des **moteurs-freins**.
- ➔ Les **armoires électriques** doivent toujours rester fermées.

Contrôle d'isolement d'un moteur

Dans ce test, le châssis du moteur est mis à la terre et l'instrument d'essai (mégohmmètre) impose une tension CC sur les enroulements du moteur. La lecture de l'instrument est réalisée en mégohms.

Un enroulement sain donne une lecture en centaines ou milliers de mégohms. La norme ANSI/IEEE 43 IEEE, indique pour l'essai de résistance d'isolement des Machines Tournantes comme minimum **acceptable, une mesure d'1 mégohm plus 1 mégohm par kV de la tension nominale des moteurs**. La résistance minimum acceptable pour un moteur de 460 V, est par exemple de 1.46 mégohms. Attention, cependant, certaines règles peuvent imposer que le moteur soit rembobiné alors que la résistance enroulement à la terre est encore bien au-dessus de la valeur minimum acceptable

Impositions :

- Pour effectuer des essais d'isolement du stator, le moteur doit être sec.
Dans le cas contraire une opération de séchage préliminaire doit être réalisée avant de procéder aux essais.
- Les câbles d'alimentation électrique seront déconnectés avant les essais.

Attention : déchargez les enroulements dès la mesure terminée, pour prévenir tout risque de choc électrique.

Si vous n'obtenez pas la valeur de résistance de référence, les enroulements sont trop humides et doivent être séchés en étuve à 90°C pendant 12 à 16 heures et ensuite à 105°C pendant 6 à 8 heures. Les éventuels bouchons de trou de purge et couvercles de la boîte à bornes doivent être retirés pendant le séchage en étuve.

Des contrôles d'isolement sur moteurs en service doivent être faits régulièrement : voir maintenance préventive.

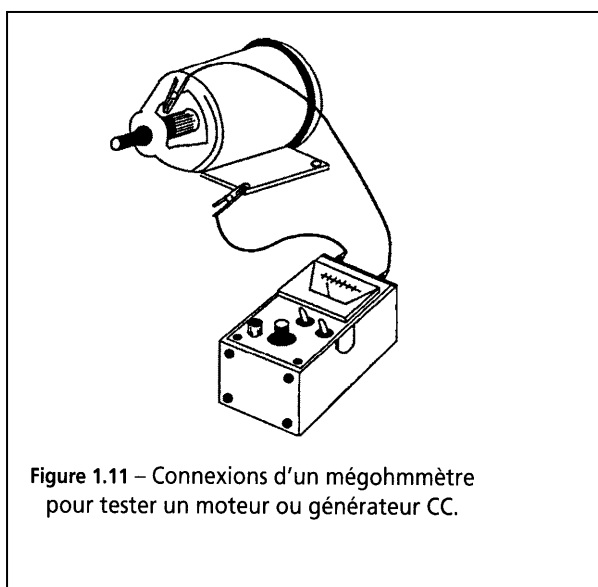


Figure 1.11 – Connexions d'un mégohmmètre pour tester un moteur ou générateur CC.

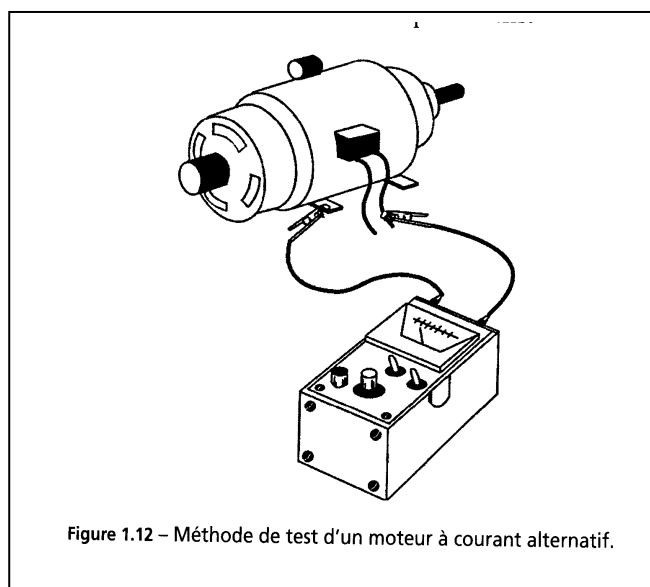


Figure 1.12 – Méthode de test d'un moteur à courant alternatif.

Mesure de l'index de polarisation

L'index de polarisation d'un moteur permet de déterminer l'état de pollution ou de siccité d'une isolation et par la même de juger de l'opportunité de procéder à son nettoyage.

Principe de l'essai

L'essai consiste à appliquer une tension continue parfaitement stabilisée entre les enroulements stator et la masse, et à suivre la décroissance hyperbolique du courant en fonction du temps.

L'index de polarisation est le rapport des courants mesurés à 1 et 10 minutes.

Explication du phénomène

L'isolation de l'enroulement stator constitue le diélectrique d'une capacité dont le cuivre et la masse sont les électrodes.

Lors de l'application d'une tension continue, il s'établit un courant hyperbolique de constante de temps assez longue qui est la résultante de 3 courants.

- Un courant de charge de la capacité fonction de la capacité du bobinage et dont la constante de temps est très courte.
- Un courant d'absorption résultant des diverses polarisations à l'intérieur de l'isolant (polarisation des dipôles, charges dans l'isolant évoluant sous l'effet du champ électrique). Ce courant varie lentement au cours du temps.
- Un courant de conduction dont la valeur dépend de l'état de l'isolation et qui subsiste après la disparition des autres courants.

Ces deux derniers courants sont très influencés par la pollution et la reprise d'humidité. L'index est le rapport des courants et il est d'autant plus faible que la machine est polluée.

Conditions à respecter

Un enroulement stator dont la température est supérieure de 5°C à la température ambiante ne subit pour ainsi dire pas de reprise d'humidité. De ce fait une anomalie (fissure récente dans l'isolation) peut ne pas être détectée en l'absence d'humidité ou de pollution.

Aussi la machine doit-elle être arrêtée suffisamment à l'avance de manière à ce que la température des enroulements soit égale à la température ambiante (environ 12 heures)

Réalisation

Généralement cette mesure est effectuée à partir d'un générateur qui délivre une tension de 500 V continue parfaitement stable.

L'index de polarisation est le rapport des courants mesurés à 1 minute et à 10 minutes.

Index supérieur à 4 : isolation très sèche et très propre

Index entre 2 et 4 : isolation sèche et propre

Index entre 1,5 et 2 : machine humide ou polluée

Index inférieur à 1,5 : isolation faible par suite d'une hydratation profonde ou en raison de courant de forte importance dû à un vieillissement ou à une pollution.

Cette mesure peut être effectuée lors de plusieurs circonstances :

- Avant la mise en service
- Après un arrêt prolongé ou un stockage de longue durée
- Lors d'un incident
- Pour maintenance préventive à une périodicité annuelle ou bi-annuelle.

Relevé des entrefers

Quelques incidents sérieux ont conduit à imposer une valeur minimale de l'entrefer en tenant compte des dimensions géométriques des machines, de leur vitesse de rotation et du type de palier.

Les valeurs minimales de l'entrefer devraient être mesurées à chaud car ce sont celles qui présentent un réel intérêt du point de vue de la robustesse des machines en exploitation. Mais ces mesures sont souvent très délicates à réaliser ; c'est pourquoi dans la majorité des cas on procède à des mesures d'entrefer à froid. En général, les valeurs limites des entrefers à froid sont prises égales à 1,15 fois les valeurs d'entrefer à chaud. En l'absence d'indication sur la valeur d'origine de l'entrefer à chaud, le tableau suivant permet de déterminer la valeur minimale pour la plupart des machines industrielles.

Nombre de paires de pôles « p »	Diamètre d'alésage D en mm			
	D < 750		D > 750	
	Machines à roulements	Machines à paliers lisses	Machines à roulements	Machines à paliers lisses
1	$e = 0,25 + \frac{D - 75}{300}$	$e = 0,375 + \frac{D - 75}{200}$	$e = 2,7$	$e = 4$
2	$e = 0,20 + \frac{D - 75}{300}$	$e = 0,30 + \frac{D - 75}{330}$	$e = 1,7$	$e = 2,5$
3 à 6	$e = 0,20 + \frac{D - 75}{800}$	$e = 0,30 + \frac{D - 75}{530}$	$e = 1,2$	$e = 1,8$
7 à 10	$e = \frac{D}{1000} \left(\frac{10}{2p} + 0,5 \right)$	$e = 1,5 \frac{D}{1000} \left(\frac{10}{2p} + 0,5 \right)$	$e = \frac{D}{1000} \left(\frac{10}{2p} + 0,5 \right)$	$e = 1,5 \frac{D}{1000} \left(\frac{10}{2p} + 0,5 \right)$

Lorsque le rapport $\frac{L}{D}$ (longueur de Fer) est supérieur à 1,75
D (diamètre d'alésage)

La limite inférieure préconisée est obtenue en multipliant la valeur prévue dans le tableau précédent par le rapport $\frac{L}{D} \geq 1,75$.

Les valeurs limites des entrefers étant ainsi précisées, il importe de porter attention à la qualité du centrage du rotor. Un mauvais centrage peut entraîner, entre autres, des sollicitations anormales au niveau des enroulements, des contraintes au niveau des paliers, des vibrations, des bruits magnétiques.

Le centrage est satisfaisant si les mesures de l'entrefer à froid effectuées en quatre points diamétralement opposés ne s'écartent pas d'une valeur moyenne mentionnées dans le tableau suivant. Si possible, il sera effectué quatre mesures en chacun des points en faisant tourner le rotor de 90°.

Machines asynchrones

- ✓ Pour un entrefer < 2,5 mm :
 - ± 8 % de l'entrefer prévu, pour la valeur moyenne
 - ± 8 % de l'entrefer moyen, pour les valeurs entrêmes
- ✓ Pour un entrefer > 2,5 mm :
 - ± 10 % de l'entrefer prévu, pour la valeur moyenne
 - ± 10 % de l'entrefer moyen, pour les valeurs entrême

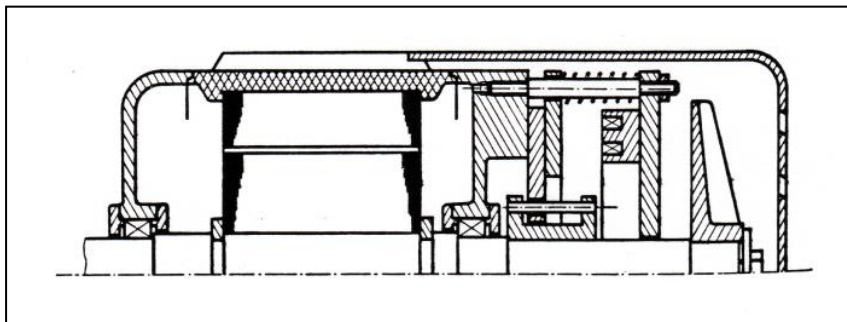
Machines synchrones

- ✓ Pour un entrefer $< 3,15$ mm :
 - ± 10 % de l'entrefer prévu, pour la valeur moyenne
 - ± 16 % de l'entrefer moyen, pour les valeurs entrêmes
- ✓ Pour un entrefer $\geq 3,15$ mm et $< 6,3$ mm :
 - ± 10 % de l'entrefer prévu, pour la valeur moyenne
 - ± 14 % de l'entrefer moyen, pour les valeurs entrêmes
- ✓ Pour un entrefer $\geq 6,3$ mm et $< 12,5$ mm :
 - ± 8 % de l'entrefer prévu, pour la valeur moyenne
 - ± 10 % de l'entrefer moyen, pour les valeurs entrêmes
- ✓ Pour un entrefer $\geq 12,5$ mm et < 25 mm :
 - ± 6 % de l'entrefer prévu, pour la valeur moyenne
 - ± 7 % de l'entrefer moyen, pour les valeurs entrêmes
- ✓ Pour un entrefer ≥ 25 mm :
 - ± 5 % de l'entrefer prévu, pour la valeur moyenne
 - ± 5 % de l'entrefer moyen, pour les valeurs entrêmes

Moteurs freins

Un moteur-frein se compose d'un moteur normal auquel est adjoint un dispositif de freinage électromagnétique disposé sur l'arbre, et à l'intérieur même du moteur.

A la mise en route l'électro-aimant du frein est excité, ce qui a pour effet de débloquent les disques de freinage. Dès que le courant d'alimentation se coupe l'électro-aimant se désexcite et le moteur se bloque.



Les valeurs minimales de l'entrefer doivent être mesurées à chaud car ce sont celles qui présentent un réel intérêt du point de vue de la robustesse des machines en exploitation. Mais ces mesures sont souvent très délicates à réaliser ; c'est pourquoi dans la majorité des cas on procède à des mesures d'entrefer à froid. En général les valeurs limites des entrefers à froid sont prises forfaitairement égales à 1,15 fois les valeurs d'entrefer à chaud. En l'absence d'indication sur la valeur d'origine, voici des indications.

Paires de pôles	Machines à roulements		Machines à paliers lisses	
	10 KW	150 KW	10 KW	150 KW
1	0,25	2,7	0,40	4
2	0,20	1,7	0,30	2,5
3 à 6	0,20	1,2	0,30	1,8

Les valeurs d'entrefer doivent être contrôlées 1 fois par semestre

Dégraissage des collecteurs et bagues

Pour le dégraissage des collecteurs et bagues, l'emploi de solvants plus ou moins appropriés peut entraîner des difficultés de fonctionnement des balais. Dans ce cas on observe, à la mise en marche, d'abondantes étincelles qui endommagent la patine et une usure accélérée des balais.

Les solvants lourds, ceux qui distillent à haute température, sont plus nocifs que les solvants légers car ils polluent le moteur pendant plus longtemps.

Pour le dégraissage des collecteurs et bagues, les règles à observer sont les suivantes.

- ➔ Les solvants ne peuvent être utilisés que dans les cas indispensables, c'est-à-dire quand les collecteurs ou bagues sont très gras. Dans les autres cas, un nettoyage soigneux au chiffon sec est préférable.
- ➔ Quand l'usage du solvant est nécessaire, lorsque les entre-lames sont partiellement engorgés, le minimum indispensable est de sortir tous les balais de leur cage de porte-balai.
- ➔ Il est recommandé de dégraisser au chiffon imbibé ou au pinceau en évitant tout excès de solvant et en limitant l'opération à la seule zone à dégraisser.
- ➔ Le dégraissage terminé, il faut souffler énergiquement à l'air comprimé non seulement le collecteur, mais aussi les radiales, la couronne, les tiges et les porte-balais pour chasser les dernières traces de solvant.

Plus le solvant est lourd, plus le soufflage doit être soigné.

Solvants

Depuis longtemps on a substitué les solvants chlorés (inflammables) aux solvants hydrocarbonés : essence, white spirit, benzine... d'un usage trop dangereux.

Solvants légers

Tétrachlorure de carbone (C Cl_4).....	76°C
Chloroéthène ou Baltane ou Trichloroéthane ($\text{C Cl}_3 - \text{CH}_3$).....	70°C à 88°C
Trichloréthylène ($\text{C Cl}_2 - \text{CH Cl}$).....	87°C

Solvants lourds

Tétrachloroéthylène ou Perchloréthylène ($\text{C Cl}_2 - \text{C Cl}_2$).....	119°C
Xylol ($\text{C}_6\text{H}_4 (\text{CH}_3)_2$).....	138°C à 144°C
Tétrachlorure d'acétylène ($\text{CH Cl}_2 - \text{CH Cl}_2$).....	147°C

Contrôle des convertisseurs analogiques

La vérification consiste à comparer les valeurs affichées sur un appareil analyseur de puissance avec les valeurs indiquées au poste de commande centralisée.

L'appareil de vérification est raccordé au circuit tension de la zone à contrôler par l'intermédiaire de prises normalement prévues à cet effet sur le coffret puissance.

La pince ampèremétrique ou sonde est placée sur le conducteur de puissance.

La valeur de la mesure lue sur l'appareil de vérification doit être en corrélation avec la valeur lue simultanément au poste de commande centralisée.

La procédure est appliquée à la vérification de puissance, mais aussi des tensions et intensités.

Lorsque les conditions le permettent, la corrélation est faite sur plusieurs points.

On admet un écart de $\pm 2 \%$ entre les indications lues sur l'appareil de vérification et les indications lues au poste de commande centralisée.

Matériel utilisé

En principe le matériel de contrôle est du type Wattmètre digital monophasé, classe de précision 0,5 et peut effectuer des mesures du type train d'ondes ou des mesures à des fréquences de 4 khz. Il est muni d'une sortie analogique permettant l'adjonction d'un enregistreur.

La prise d'intensité est faite par pince ouvrante classe 0,5, calibre 100 A ou sonde ampèremétrique équivalente.

Périodicité

Etant donné l'importance des mesures de puissance, la périodicité des contrôles préconisée est de 6 mois.

Précautions avec les détecteurs

→ Nettoyage

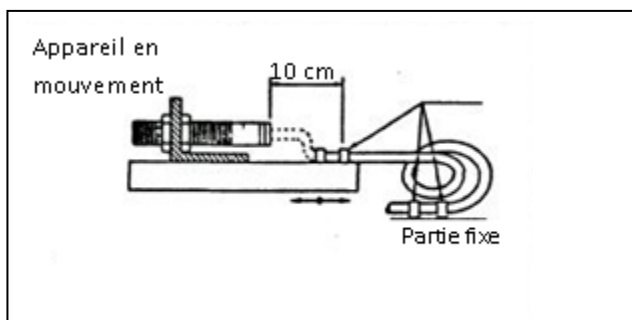
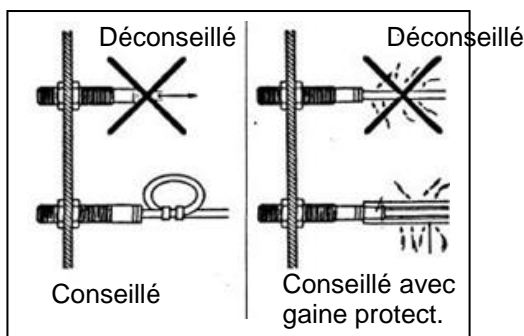
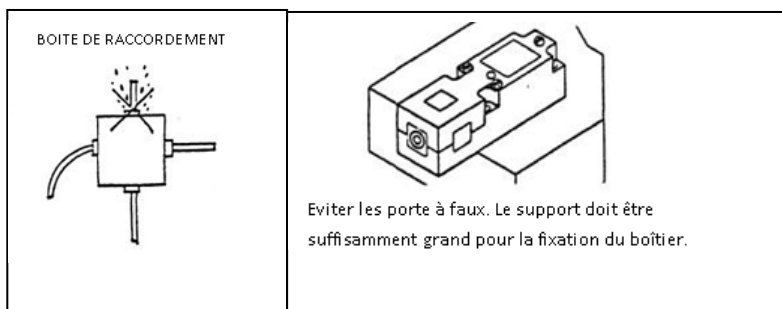
- Absence de dépôts ou de projections de saletés solides ou liquides.

→ Contrôle de l'état général

- Etat de la finition du détecteur.
- Etat du support et de la patte d'attaque (desserrage, déformation).
- Positionnement du détecteur par rapport à sa patte d'attaque ou de la partie à détecter.
- Etat du câble, de ses connexions et de son (ou ses) supports :
 - le câble ne doit pas être trop tendu, ni pendre,
 - si le câble sort d'un tube métallique, celui-ci doit être muni d'un embout de protection en matière plastique,
 - vérifier qu'il n'y a pas de risque d'arrachement du câble.
- Etanchéité de la boîte de raccordement et du presse-étoupe : les entrées et sorties de câble de la boîte de raccordement doivent passer par les côtés latéraux et inférieur.
- S'il existe un capot de protection, vérifiez son état.

→ Contrôle éventuel du fonctionnement

- Effectuez le (ou les) mouvement.
- Vérifiez le changement d'état du détecteur en fonction des actions demandées.
- Vérifiez son état dans l'automate.



→ **Cas d'un détecteur sur vérin**

Formalisez la procédure à suivre pour le réglage :

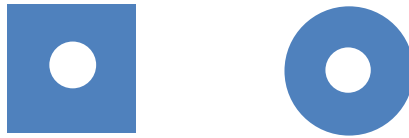
- Mettre le vérin en position d'appui
- Déplacer le capteur à droite jusqu'à ce que le led s'éteigne ; faire une marque.
- Déplacer ensuite le capteur à gauche jusqu'à ce que le led s'allume puis s'éteigne. Faire une marque.
- Positionner le capteur entre les 2 marques.

Précautions avec les cellules photo-électriques

Il est fréquent de constater des pannes dues aux cellules ; c'est pourquoi des précautions simples et basiques sont à prendre pour les éviter

→ Positionnement d'une cellule avec réflecteur

- Montez un cache-réflecteur avec une découpe circulaire en son centre d'un diamètre égal à environ :
 - 1/3 du diamètre pour les réflecteurs circulaires ;
 - 1/3 de la largeur pour les réflecteurs rectangulaires.



- Vérifiez si la cellule est activée ou désactivée (suivant le type de cellule)
- Si non, réglez la position de la cellule et/ou la position du réflecteur.

→ Positionnement d'une cellule avec récepteur

- Réglez la position de la cellule émettrice et/ou de la cellule réceptrice pour que le récepteur soit activé.

→ Nettoyage

- Ce type de capteur doit être régulièrement nettoyé : absence de dépôts ou de projections de saletés solides ou liquides sur la cellule et sur son réflecteur ou récepteur.

→ Finition

- Il est **IMPERATIF** de fixer la cellule et son réflecteur avec des boulons bloqués : écrou bloquant ou rondelle frein ou goutte de loctite.

→ Etat du câble et des connexions

- Le câble ne doit pas être trop tendu, ni pendre.
- Si le câble sort d'un tube métallique, ce dernier doit être muni d'un embout de protection en matière plastique.
- Vérifiez qu'il n'y a pas de risque d'arrachement des câbles.

→ Boîte de raccordement

- Les entrées et sorties de câble de la boîte de raccordement doivent passer par les côtés latéraux et inférieur.

→ Etat mécanique du réflecteur

- Si fendu, incomplet, changez le réflecteur.

Réalisation

Etude

L'étude du plan et des fiches de maintenance doit être faite par des hommes connaissant bien la maintenance d'une part, le type de matériel concerné.

Ce sont des hommes de niveau minimum BTS avec une bonne pratique.

Ils peuvent :

- faire partie du personnel interne,
- venir de l'extérieur ; dans ce cas une **forte collaboration avec le personnel interne est nécessaire.**

Vendre la maintenance préventive aux acteurs concernés

Vendre sa politique maintenance aux opérationnels

- Réunion :
 - ❑ responsable de la mise en œuvre sur le terrain,
 - ❑ responsable de l'exploitation du matériel
 - ❑ personne ayant établi le plan de maintenance préventive.
- ⇒ Préciser la répartition des consignes permanentes entre Exploitation et Maintenance.
- ⇒ Commentaire sur le plan de maintenance préventive.
- ⇒ Justification économique.
- ⇒ Accord.
- Présentation à groupes d'opérationnels Maintenance et Exploitation, par les responsables précités.

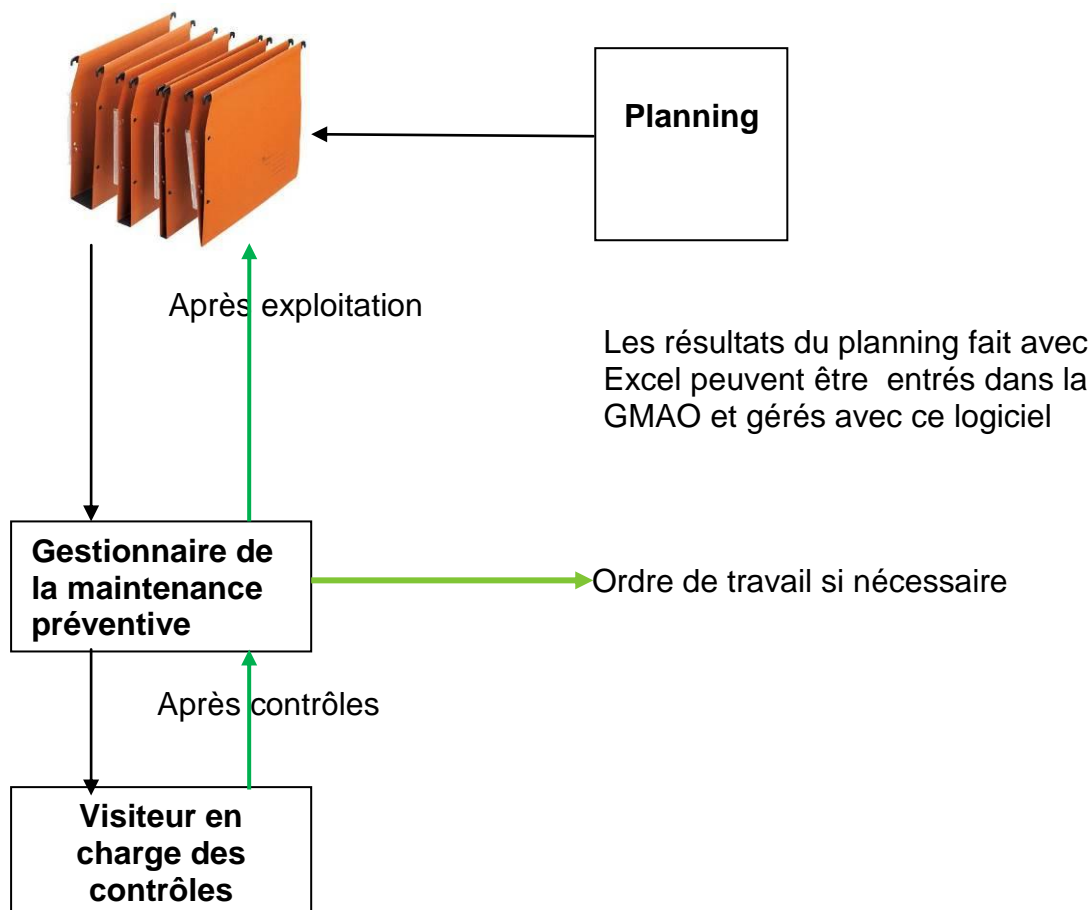
Mise en mains des visiteurs

Il est nécessaire que celui qui a fait le plan et les gammes (ou le gestionnaire de maintenance préventive) accompagne le visiteur pendant plusieurs contrôles, pour qu'il y ait une bonne compréhension du travail à faire.

Il est même souhaitable qu'un remplaçant éventuel participe à ces visites.

Gestion de la maintenance préventive

La maintenance préventive doit avoir un gestionnaire qui est le Technicien Méthodes ou le Chef d'Equipe du secteur concerné.



Causes d'échec

Les causes d'échec sont assez nombreuses :

- Plan de maintenance non opérationnel : pas de fiches de maintenance.
- Plan de maintenance non réaliste et pragmatique.
- Plan de maintenance rigide : pas d'adaptations.
- Problèmes de disponibilité du personnel en raison de l'absence d'un lissage de charge.
- Difficultés pour avoir le matériel à l'arrêt ; raison : pas assez de collaboration entre Exploitation et Maintenance.

Incompréhension du personnel de réalisation faute d'explication.

Aux termes de l'article 40 de la loi du 11 mars 1957 « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droits ou ayants cause est illicite ». L'article 41 de la même loi n'autorise que « les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et « les analyses et courtes citations, sous réserve que soient indiqués clairement le nom de l'auteur et la source ». Toute représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, ne respectant pas la législation en vigueur constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 à 429 du Code pénal.