

Entretien et Dépannage des Machines Électriques



Objectifs

- Décrire les méthodes d'installation et de vérification de moteur à c.c.
- Décrire les méthodes d'entretien et de vérification des moteurs à c.a.

Prérequis:

- ELT 1 et ELT 2

public cible:

- 2^{ème} année Génie industriel et maintenance

**INSTALLATION ET
DEPANNAGE DES
MACHINES A
COURANT CONTINU**

Pose des machines

- ***Levage des machines***

L'installation des petites machines électriques (jusqu'à 5 kW) ne pose pas de problème, leur mise en place s'effectue à bras d'homme avec l'aide d'une barre de fer rond, passé dans l'anneau de levage.

Les machines **excédant le poids de 150 kg** demandent le secours d'un appareil de levage tel qu'un palan accroché à une chèvre, à un monorail ou à un pont roulant. Une grue convient également.

L'amarrage des machines à installer s'effectue généralement en passant le crochet du palan dans l'anneau de levage. A défaut d'anneau d'élevage, on amarre la machine au moyen d'un cordage en chanvre ou d'un câble souple en acier.

Précautions de sécurité à prendre

- choisir un appareil de levage correspondant à la charge à lever;
- ne pas dépasser la limite de sécurité des câbles utilisés (**cordage de chanvre - 1kg/mm²; câble en acier - 6 kg/mm²**);
- éviter de placer les câbles sur des arêtes tranchantes qui pourraient les cisailer durant les manipulations. Si le câble doit passer sur une arête vive, on recouvre celle-ci d'une planchette ou de toile;
- **ne pas placer un pied ou une main sous la machine manipulée**, sans y introduire une cale plus épaisse que le membre engagé;
- **éviter de stationner sous une charge.**

Fixation des machines électriques

- ***Rigide, avec fixation par boulons scellés***, soit contre un mur, soit sur le sol cimenté, soit sur un massif de béton.
- ***Rigide, par boulonnage sur chaises*** ou sur le bâti d'une machine-outil.
- ***Réglable, avec fixation sur des glissières***.
- ***Souple, sur un axe***. Le socle du moteur est fixé à un axe par une de ses extrémités; l'autre est soulevée par des ressorts qui jouent le rôle de tendeurs de courroie.

Entraînement des machines

- Une génératrice a besoin d'être entraînée pour fournir un courant. Un moteur électrique est accouplé soit à une autre machine électrique, soit à une machine-outil., pour lui transmettre son énergie mécanique.
- **L'entraînement** d'une machine par un moteur peut s'effectuer avec une courroie plate ou avec une courroie trapézoïdale à un ou plusieurs brins.
- **L'accouplement** de deux machines se fait au moyen d'un manchon qui peut être rigide, semi-élastique, élastique.

Entraînement par courroie

□ Courroie plate

Elle est employée chaque fois que la vitesse de la machine motrice est différente de celle que doit avoir la machine entraînée. C'est par le jeu du diamètre des poulies que l'on obtient la vitesse désirable de la machine ou de l'arbre récepteur:

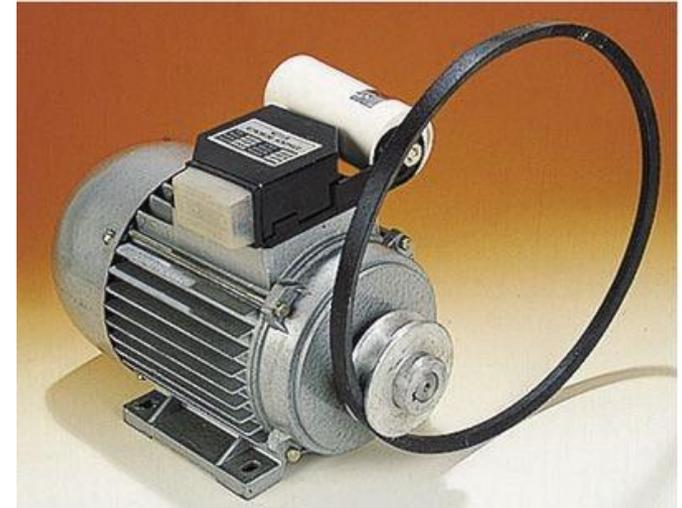
$$D = d \times (n / N)$$

n - la vitesse de la machine réceptrice;

d - le diamètre de sa poulie;

N - la vitesse du moteur;

D - le diamètre de sa poulie.



Dans la pratique, il y a lieu de tenir compte du glissement de la courroie, qui peut réduire de 3 à 5% la vitesse linéaire, surtout avec les courroie plate. De ce fait, il faut prévoir une légère augmentation du diamètre D ou une diminution e l'ordre de 2 à 5% du diamètre d .

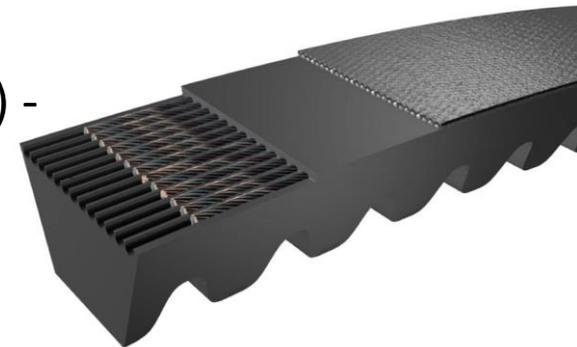
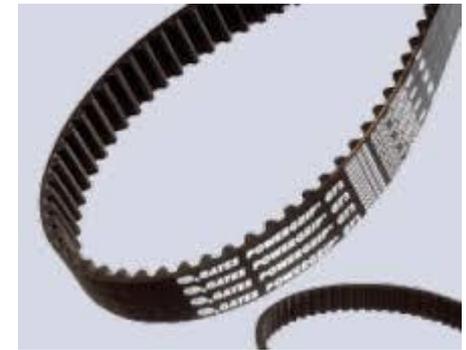
□ Courroie trapézoïdale



- Les courroies trapézoïdales sont généralement d'une seule pièce et glissent peu, en raison de leur encastrement dans une gorge. Elles existent également en long métrage et dans ce cas le raccordement se fait au moyen d'une colle spéciale.
- Pour calculer le diamètre des poulies à gorge en fonction de la vitesse, on tient compte du diamètre primitif, c'est-à-dire pris au milieu de l'épaisseur de la courroie mise sur place.
- Les courroies trapézoïdales ont une âme en textile enrobée dans du caoutchouc.
- Elles ont un profil en forme de trapèze, avec les côtés obliques formant un angle de 40° .
- Pour la pose d'une courroie trapézoïdale il faut savoir que la base inférieure ne doit jamais s'appliquer au fond de la gorge, la partie large doit effleurer le niveau extérieur de la poulie.

Il existe des courroies en:

- **Caoutchouc** - elles résistent à l'humidité, mais sont altérées par l'huile;
- **Balata ou poil de chameau** - elles résistent à l'humidité lorsque la température ambiante est inférieure à 40°C pour les premières et au-dessus pour les secondes;
- **Coton** - elles doivent être rendues imperméables (pour les petits moteurs);
- **Matière plastique** (nylon, perlon, polychlorure de vnyil) - elles sont très résistantes à l'usure et à la traction et peuvent être soudées à chaud;
- **Soie** - pour entraînement à grande vitesse;
- **Cuir** - les plus employées.



Entraînement par manchons d'accouplement

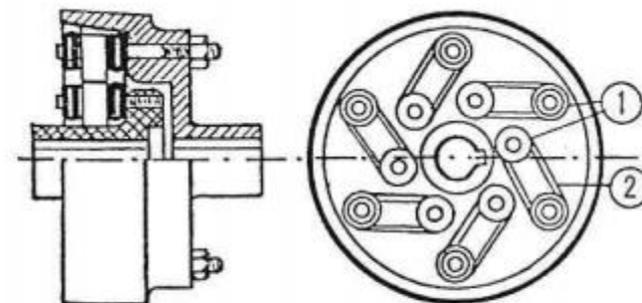
□ *Accouplement rigide*

Le manchon qui réunit les deux extrémités des arbres est constitué par deux plateaux en fonte, clavetés sur les bouts d'arbres et boulonnés ensemble. Ce montage exige un alignement parfait des deux arbres des machines accouplées.



□ *Accouplement semi-élastique*

L'un des plateaux est percé de trous, l'autre comporte un nombre identique de doigts qui s'engastrent dans les trous. Les doigts sont constitués par un axe en acier entouré de rondelles en cuir ou en caoutchouc qui assouplissent l'accouplement. Avec ce montage on laisse un intervalle de quelques millimètres entre les plateaux.



Accouplement élastique "Raffard" composé de tocs (1) et de petites courroies en cuir ou en caoutchouc(2)



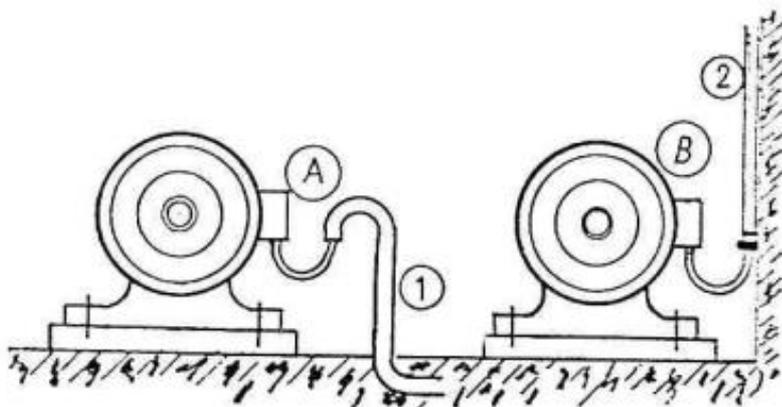
□ *Accouplement élastique*

Le système varie avec les constructeurs. L'un des plus connus comporte des tocs d'entraînement sur chacun des plateaux. Le mouvement est transmis par l'intermédiaire de petites courroies en cuir ou en caoutchouc qui réunissent deux à deux les tocs des deux plateaux.



Raccordement des canalisations au moteur

- Le raccordement de la ligne électrique à la boîte à bornes des génératrices ou des moteurs doit être souple. On doit éviter toute traction entre ligne et bornes et les conducteurs exigent un certain mou, voir même un boudinage de quelques spires, à proximité de la plaque à bornes.



Raccordement d'une ligne à un moteur. En (A), arrivée souterraine par tube d'acier (1); en (B), arrivée en tube tôle agrafée (2). Aucune traction ne doit pas exister entre les bornes et les conducteurs de la ligne.

Entretien et réparation des machines électriques

- ❑ Leur **entretien** est assez réduit, car il se limite:
 - au renouvellement de la graisse pour les paliers à roulements à billes et au niveau d'huile dans les paliers à coussinets;
 - au dépoussiérage, qui peut être fait au soufflet, à l'air comprimé et à l'aide de chiffons ou d'étoupe pour les parties accessibles;
 - à la propreté du collecteur, que l'on peut entretenir en utilisant soit une pierre ponce, soit du papier de verre à grain fin;
 - à la vérification des charbons des balais, tant au point de vue de leur pression sur le collecteur ou les bagues que de leur usure. S'il y a lieu de les remplacer, il faut choisir les balais de même composition que les anciens;
 - à la vérification du serrage des fils d'arrivée à la plaque à bornes;
 - à la vérification de la tension de la courroie ou du serrage du manchon d'accouplement.

- ❑ Les *réparations* qui peuvent se présenter dans les parties électriques d'une machine proviennent:
 - d'un court-circuit entre lames du collecteur;
 - de l'usure du collecteur (que l'on rafraîchira au tour);
 - du débordement des micras entre les lames du collecteur (que l'on supprime avec une fraise ou une lame de scie à métaux);
 - de sections en court-circuit;
 - d'un défaut d'isolement entre sections ou entre le bobinage et la masse métallique du moteur;
 - d'une coupure dans le bobinage ou entre le bobinage et le collecteur.

❑ *Remarque:*

La plupart de ces anomalies sont graves et nécessitent presque toujours le remplacement de la partie en cause.

Démontage, vérification mécanique et électrique

□ *Démontage*

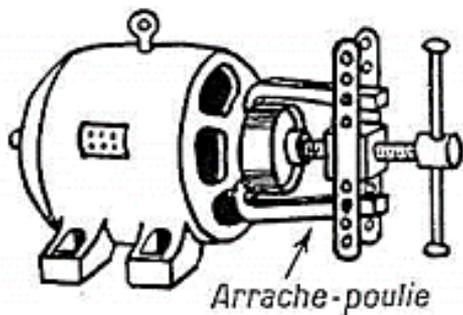
Le démontage d'une machine électrique doit toujours être précédé d'un certain nombre de précautions, telles que:

- **Vidange des paliers**, s'il s'agit d'une machine à coussinets;
- Repérage de la position des flasques par rapport au bâti. Pour cela, on donne un léger coup de pointeau, face à face, entre les deux parties qui devront retrouver leur place exacte au remontage;
- Sortie des balais de leur cage.

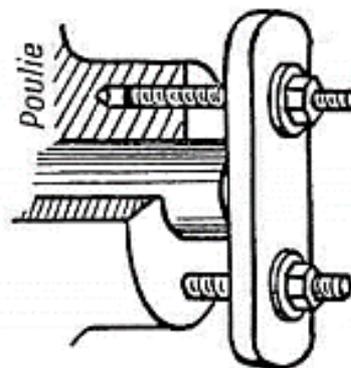
- **Démontage de la poulie ou du manchon d'accouplement**

Pour démonter la poulie, deux procédés peuvent être employés:

- se servir d'un arrache-poulie (cas d'une petite poulie) (fig. 3.6a); se servir de deux goujons filetés, vissés dans le moyeu de la poulie; l'autre extrémité des goujons traverse une plaque en acier placée en bout d'arbre. Deux écrous vissés sur les goujons feront office d'arrache-poulie (fig. 3.6b)



a) Démontage d'une poulie avec un arrache-poulie



b) Démontage d'une grande poulie à l'aide de deux goujons filetés

- ***Démontage des flasques***

Dévisser et déboulonner tous les assemblages, puis donner des coups de marteau obliques sur le rebord des flasques en se servant d'une cale de bois dur comme intermédiaire. Les flasques en fonte risqueraient de se briser au contact du marteau.

On commence par sortir un flasque avec l'induit ou sans celui-ci, selon que le serrage est plus important sur un flasque que sur l'autre. Si l'induit est demeuré en place, on veillera à ne pas fausser l'arbre du côté où il est retenu, en supportant l'autre extrémité de l'arbre.

Pour sortir l'induit, on aura soin de le centrer, afin d'éviter que les tôles du tambour ne frottent sur le stator ou sur les pôles.

• ***Remontage du moteur***

- On commence par fixer un flasque en se basant sur les repères que l'on avait faits avant le démontage. On est ainsi certain de ne pas inverser le côté des flasques par rapport à la carcasse.
- On glisse l'induit dans le stator, en ayant soin de relever la bague de coussinet, s'il s'agit d'un moteur à coussinets, ainsi que les balais si la machine en possède.
- On met en place le deuxième flasque en le tournant de 180° par rapport à sa position normale (cas d'un moteur à coussinets). De cette façon, la bague de graissage n'obstrue pas le passage de l'arbre. Dès que le flasque est à sa place, on met les repères face à face et on bloque les vis ou les boulons.
- Pour trouver le logement exact du flasque, on est souvent obligé d'avoir recours à quelques petits coups de marteau que l'on appliquera toujours par l'intermédiaire d'une cale en bois dur.

• *Vérification mécanique*

- Le moteur remonté, l'induit doit tourner à la main sans effort. Si cela n'est pas le cas, il faut desserrer un flasque, puis l'autre si c'est nécessaire et leur trouver une position qui donne satisfaction. On obtient souvent un bon résultat en serrant progressivement et alternativement les vis de fixation diamétralement opposées et en frappant légèrement sur le rebord des flasques avec l'extrémité du manche d'un marteau.
- Les flasques étant en place, on met les balais dans leurs cages et on règle leur pression.

Celle-ci doit être la même pour tous.

- Si le moteur est à coussinets, on fait le plein avec une huile spéciale (pour moteur électrique), à l'exclusion des huiles pour auto ou de l'huile de lin. Pour effectuer le remplissage de la boîte, on retire la vis qui donne le niveau maximal et on la remet en place dès que l'huile coule par cet orifice.
- Si le moteur est à roulements à billes ou à rouleaux, on utilise une graisse consistante neutre, exempte de toute impureté abrasive et dont le point de goutte est d'environ 110°C,
- Avant de remettre le moteur en service, il faut veiller à ce que les bagues de graissage soient à leur place,
- Pour remonter la poulie, on se sert d'un marteau et d'un morceau de bois dur, afin de ne pas marquer ou fendre la poulie qui est généralement en fonte. Selon le type de clavette, celle-ci se place avant ou après le remontage de la poule.

• *Vérification électrique*

Avant le remontage du moteur certaines vérifications peuvent être faites:

- Vérification de l'isolement entre la masse et le bobinage de l'induit et l'inducteur. Cette vérification peut s'effectuer soit avec une lampe témoin en série avec une source de courant, soit avec un voltmètre, ce qui est beaucoup plus précis, soit avec un ampèremètre et une résistance réglable en série avec une source basse tension. On peut aussi utiliser un ohmmètre.
- L'isolement du collecteur peut également avoir un défaut et occasionner une mise à la masse
- Si les connexions à la plaque à bornes ont été démontées, on doit les remettre correctement en place, de manière que le sens de rotation soit celui que l'on désire.

- ***Réparation du défaut***

Il arrive que la mise à la masse soit facilement réparable. Quand elle est accessible, il suffit de placer un isolant (mica, léathéroïd) entre la masse et le bobinage. Lorsqu'il s'agit d'une partie accessible du collecteur, il existe des ciments spéciaux que l'on coule dans la partie détériorée.

Dans tous les cas où le défaut est caché, il est nécessaire de démonter le collecteur ou le bobinage.

La méthode de diagnostic

Le diagnostic est une phase importante de la maintenance corrective. De sa pertinence et de sa rapidité dépend l'efficacité de l'intervention dans l'entreprise.

Il est précédé par deux actions :

- **La détection** : qui décèle au moyen d'une surveillance accrue, continue ou non l'apparition d'une défaillance ou l'existence d'un élément défaillant ;
- **La localisation** : qui conduit à rechercher précisément l'(les) élément(s) par le(s) quel(s) la défaillance se manifeste.

Le diagnostic permet de confirmer, de compléter ou de modifier les hypothèses faites sur l'origine et la cause des défaillances et de préciser les opérations de maintenance corrective nécessaires.

La conduite d'un diagnostic nécessite un grand nombre d'informations saisies :

- Auprès des utilisateurs de la machine ;
- Dans les documents des constructeurs ;
- Dans les documents du service technique ;
- Dans les documents des méthodes de maintenance.

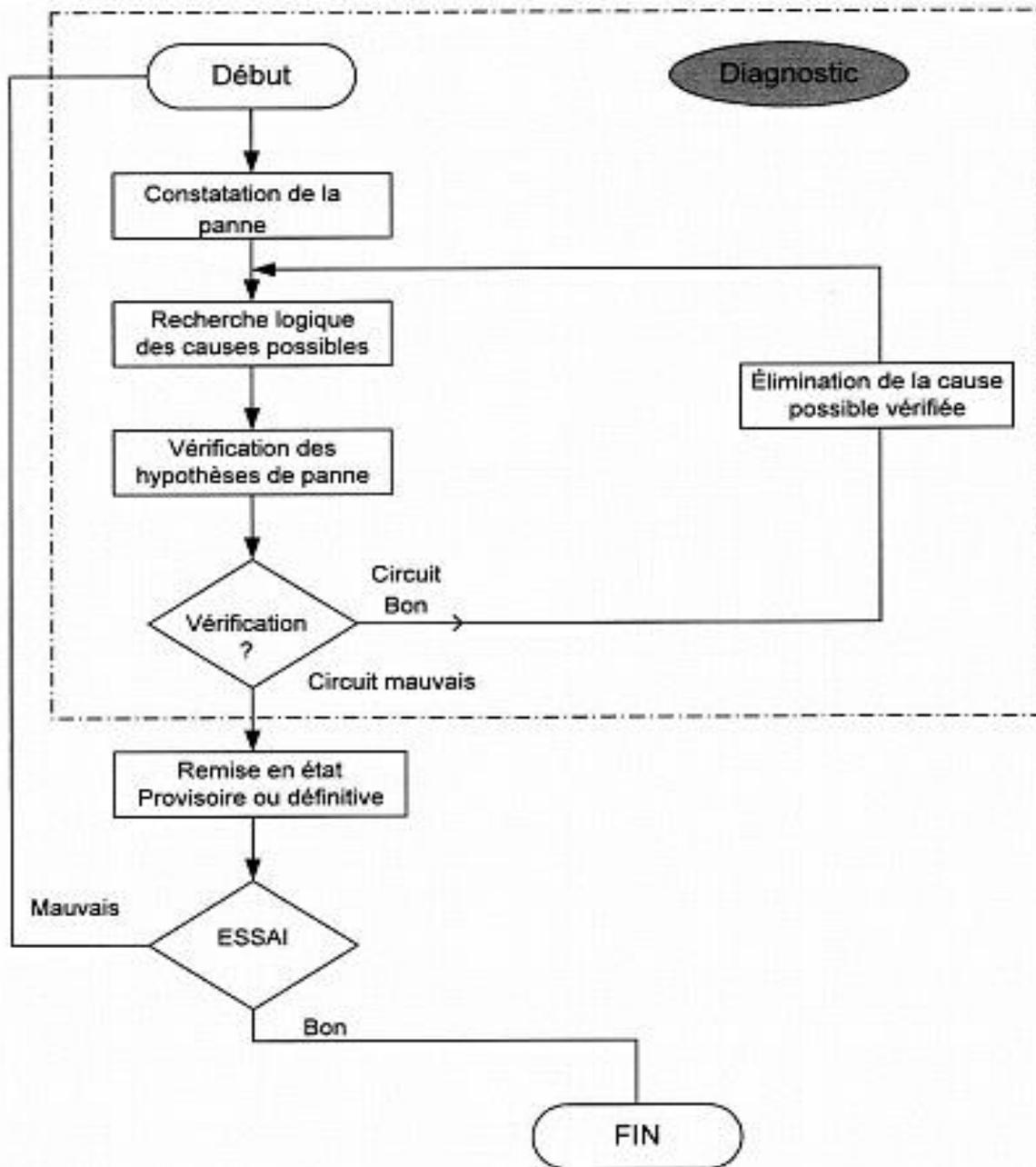
- La méthode générale du diagnostic comporte :

- L'inventaire des hypothèses :

- Le diagnostic doit identifier les causes probables de la défaillance ;
- L'efficacité du diagnostic doit conduire à hiérarchiser les hypothèses par rapport à deux grands critères : leur probabilité de se révéler vraies et la facilité de leur vérification.

- La vérification des hypothèses retenues

- En les prenant dans l'ordre de leur classement chaque hypothèse doit être vérifiée.
- L'enchaînement de ses vérifications jusqu'à la constatation d'un essai Bon.
- La recherche d'une panne dans un circuit électrique ou électronique relève d'un raisonnement logique faisant appel aux étapes suivantes :



Méthode générale d'un diagnostic

- Les vérifications à effectuer sont faites à l'aide des appareils de contrôle tel que :
 - Lampe-test à source auxiliaire pour vérifier la continuité des circuits ;
 - Lampe néon et ohmmètre à magnéto pour la détection de mise à la masse ou à la terre ;
 - Contrôleur universel à fonctionnement en ampèremètre, voltmètre et ohmmètre (exemple : Instrument Metrix) ;
 - Oscilloscope, contrôleur universel numérique ou analogique pour la vérification des circuits électroniques de puissance.

Entretien et dépannage des machines à courant alternatif



Entretien

L'entretien des machines à courant alternatif est assez réduit et se limite à l'entretien systématique qui comporte :

- Renouvellement de la graisse pour les paliers à roulements à billes et au maintien du niveau d'huile dans les paliers à coussinets;
- Dépoussiérage, qui peut être fait au soufflet, à l'air comprimé et à l'aide de chiffons ou d'étoffe pour les parties accessibles;
- Propreté du collecteur ou des bagues, que l'on peut entretenir en utilisant soit une pierre ponce, soit du papier de verre à grain fin;
- Vérification des charbons des balais, tant au point de vue leur pression sur le collecteur ou les bagues que de leur usure. S'il y a lieu de les remplacer, il faut choisir des balais de même composition que les anciens;
- Vérification du serrage des fils d'arrivée à la plaque à bornes;
- Vérification de la tension de la courroie ou du serrage du manchon d'accouplement.

Dépannage

❑ *Types de défaillances*

Les interventions que le service de maintenance doit effectuer le plus souvent sur la partie électrique d'une machine à courant alternatif proviennent :

- d'un court-circuit dans les sections des enroulements;
- d'un défaut d'isolement entre sections ou entre le bobinage et la masse métallique du moteur;
- d'une coupure dans le bobinage ou entre le bobinage et le collecteur;
- d'un court-circuit entre lames du collecteur;
- de l'usure mécanique du collecteur ou des bagues;
- du débordement des micas entre les lames du collecteur. La plupart de ces anomalies sont graves et nécessitent presque toujours le remplacement de la partie en cause.

□ ***Préparation de l'intervention***

Dès que le service de maintenance reçoit une demande d'intervention il doit procéder à une préparation des travaux.

La préparation de l'intervention d'un dépannage ou d'une réparation au cas d'une défaillance demande le groupement et l'élaboration d'un certain nombres de documents nécessaires.

a) Documentation technique

Dans cette partie on distingue les différents types de documents techniques fournis par les fabricants qui doivent être consultés par le dépanneur :

- Catalogue : c'est une nomenclature qui permet d'identifier et de situer sans ambiguïté les différents articles et produits d'un fabricant;
- Manuel d'installation : un document donnant les principales précautions à prendre pendant le transport, le magasinage et l'installation d'une machine;
- Manuel d'utilisation : un document détaillant les opérations nécessaires à l'utilisation convenable de l'équipement, les opérations de réglage courant, les interventions élémentaires de maintenance et les contraintes liées à l'environnement;
- Manuel de maintenance : on trouve les instructions concernant les opérations détaillées de maintenance préventive et corrective,

b) Plaque signalétique

Toutes les caractéristiques nominales de la machine à courant alternatif sont inscrites sur sa plaque signalétique.

Parmi les caractéristiques on trouve :

- Le type de la machine (moteur ou génératrice)
- La nature d'alimentation (courant alternatif)
- La tension d'alimentation, en V (V / U)
- Le courant nominal, en A (I_{Δ} / I_{λ})
- La vitesse de rotation, en tr/min
- La puissance nominale, en kW
- Le courant d'excitation, en A (pour génératrice)
- Le nombre de phase (1 ou 3)
- La fréquence, en Hz
- L'indice de protection : IP...
- La nature de l'isolant : A, BE, F, H ...

Analyse de l'état réel de l'équipement

Pour analyser l'état réel de l'équipement le dépanneur doit faire des vérifications préliminaires, telles que :

a) Présence des sources d'alimentation

On mesure la valeur de la tension aux bornes des circuits de puissance et de commande pour s'assurer que la tension correspond bien à la tension nominale de la machine.

b) État des protections et des organes de commande

On vérifie les éléments de protection tels que fusibles, relais thermiques, disjoncteurs, etc. (calibrage, réglage et enclenchement). Dans le circuit de commande on vérifie l'état des contacteurs et leur fonctionnement.

c) Vérifications mécaniques

La plus simple vérification est de faire tourner l'arbre de la machine à la main pour savoir si la rotation est facile et qu'il n'y a pas de blocage mécanique. On peut utiliser nos organes de sens pour détecter certains défauts, comme par exemple :

- **Vérification visuelle** : on peut voir la machine électrique à courant alternatif et son mécanisme d'entraînement pendant qu'il fonctionne pour détecter les signes d'oscillation (vibrations et bruits). Une usure des paliers et un mauvais alignement peuvent être à l'origine d'une défaillance.
- **Vérification tactile** : un moteur ou génératrice doit être chaud(e) mais pas brûlant(e). La chaleur excessive provient d'un problème de refroidissement des bobinages, des engrenages encrassés, une courroie trop tendue, une manque d'huile au niveau des paliers, etc.
- **Vérification auditive** : si on entend un grondement, c'est peut être qu'un palier est usé ou des pièces mal lubrifiées produisent des bruits aigus.
- **Vérification olfactive** : Un moteur (une génératrice) défectueux(se) dégage une odeur que l'on peut sentir. Cette odeur peut provenir d'un échauffement de l'isolant de la bobine ou d'une friction des pièces au niveau des paliers. Un moteur grillé dégage une odeur acre de plastique carbonisé.

d) Vérifications électriques

Si le problème n'est pas apparent, on doit réaliser un essai de mise en marche pour prendre note des symptômes et localiser les points tests.

Les vérifications sont faites à l'aide des instruments de mesure : le multimètre, l'ohmmètre, le grognard, le tachymètre, l'accéléromètre (pour les vibrations), etc.

On peut mesurer, par exemple, la tension d'alimentation, le courant absorbé, le courant d'excitation, la vitesse de rotation, les résistances des bobines, les résistances par rapport à la masse, les vibrations, etc.

Les relevés de ces mesures sont ensuite comparés aux valeurs de référence qui sont mentionnées dans la documentation technique donnée par le constructeur. Les valeurs mentionnées dans les spécifications techniques et les caractéristiques électriques et mécaniques de la machine servent au dépanneur pour détecter les écarts et savoir la cause de la panne.

Diagnostic

- Le diagnostic est une phase importante de la maintenance corrective. De sa pertinence et de sa rapidité dépend l'efficacité de l'intervention entreprise. Il est précédé par deux actions :
 - **La détection** : qui décèle au moyen d'une surveillance accrue, continue ou non, l'apparition d'une défaillance ou l'existence d'un élément défaillant.
 - **La localisation** : qui conduit à rechercher précisément l'(les élément(s) par le(s)quel(s) la défaillance se manifeste.
- Le diagnostic permet de confirmer, de compléter ou de modifier les hypothèses faites sur l'origine et la cause des défaillances, et de préciser les opérations de maintenances correctives nécessaires. La conduite d'un diagnostic nécessite un grand nombre d'informations saisies auprès des utilisateurs du système (de l'équipement), dans les documents des constructeurs, dans les documents du service technique, dans les documents des méthodes de maintenance.

□ Exemple d'un diagnostic

Soit un équipement entraîné par un moteur asynchrone à cage qui est en panne. La nature de la panne est : Le moteur ne démarre pas.

On propose un inventaire des hypothèses :

- Interrupteur général ouvert;
- Rupture d'un fil de ligne ou fusion des fusibles;
- Relais thermique non armé;
- Rupture interne d'une phase du stator;
- Circuit du rotor coupé;
- Couple résistant trop élevé;
- Court-circuit dans le stator ou rotor;
- Coussinets grippés, ou frottement du rotor sur le stator ou corps étranger dans l'entrefer du moteur, etc.

- Ces hypothèses doivent être hiérarchisées selon leur probabilité de se révéler vraies et leur facilité de vérification et, en les prenant dans l'ordre du classement, chaque hypothèse doit être vérifiée. Les vérifications doivent être enchaînées jusqu'à la constatation d'un essai bon.

Remarque : Si après le réarmement du relais l'essai est mauvais on passe à l'hypothèse suivant jusqu'à la constatation d'un essai bon. Ici on a supposé que l'essai est bon après le réarmement du relais.

