

Chapitre I

GENERALITES SUR LES DEFAUTS DE LA MACHINE ASYNCHRONE

GENERALITES SUR LES DEFAUTS DE LA MACHINE ASYNCHRONE

I.1 Introduction

Un système industriel est un ensemble d'éléments interagissant entre eux et avec l'extérieur, réunis pour assurer une mission précise.

Les entraînements électriques basés essentiellement sur les machines asynchrones sont largement utilisés dans les applications industrielles. Certaines utilisations de ces moteurs ne tolèrent pas les pannes intempestives. Ces pannes peuvent être d'origine mécanique, électrique ou magnétique. Tous ces défauts qui apparaissent dans la machine électrique ont des causes variées sont classées en trois groupes :

1. les initiateurs de défauts : surchauffe du moteur, usures des éléments mécaniques (roulements à billes), rupture de fixations, problème d'isolation électrique, surtension transitoire, etc.
2. les contributeurs aux défauts : surcharge fréquente, température ambiante élevée, ventilation défaillante, humidité, fortes vibrations, vieillissement, etc.
3. les défauts sous jacents et erreurs humaines : défauts de fabrication, composants défectueux, protections inadaptées, absence de maintenance,...etc [7][8].

Ces pannes occasionnent des pertes économiques considérables, il faut donc mettre en œuvre des systèmes de surveillance afin d'éviter les arrêts imprévus.

Dans ce chapitre nous présenterons une liste des différentes défaillances principales. On indique quelques modes de pannes typiques observées sur le moteur.

I.2 Diagnostic des Machines Electriques [9]

Les machines électriques et les systèmes d'entraînement sont soumis à de nombreux types de défauts. Ces derniers peuvent être classés selon leurs causes en deux grandes familles:

Les défauts à causes internes et les défauts à causes externes.

Les défauts externes sont provoqués par les tensions d'alimentation, la charge mécanique ainsi que par l'environnement d'utilisation de la machine.

Les défauts internes sont causés par les constituants de la machine (circuits magnétiques, bobinages du stator et du rotor, entrefer mécanique, cage rotoriques, ...).

A titre d'exemple, nous pouvons citer d'une manière non exhaustive les défauts présentés par la figure (1.1).

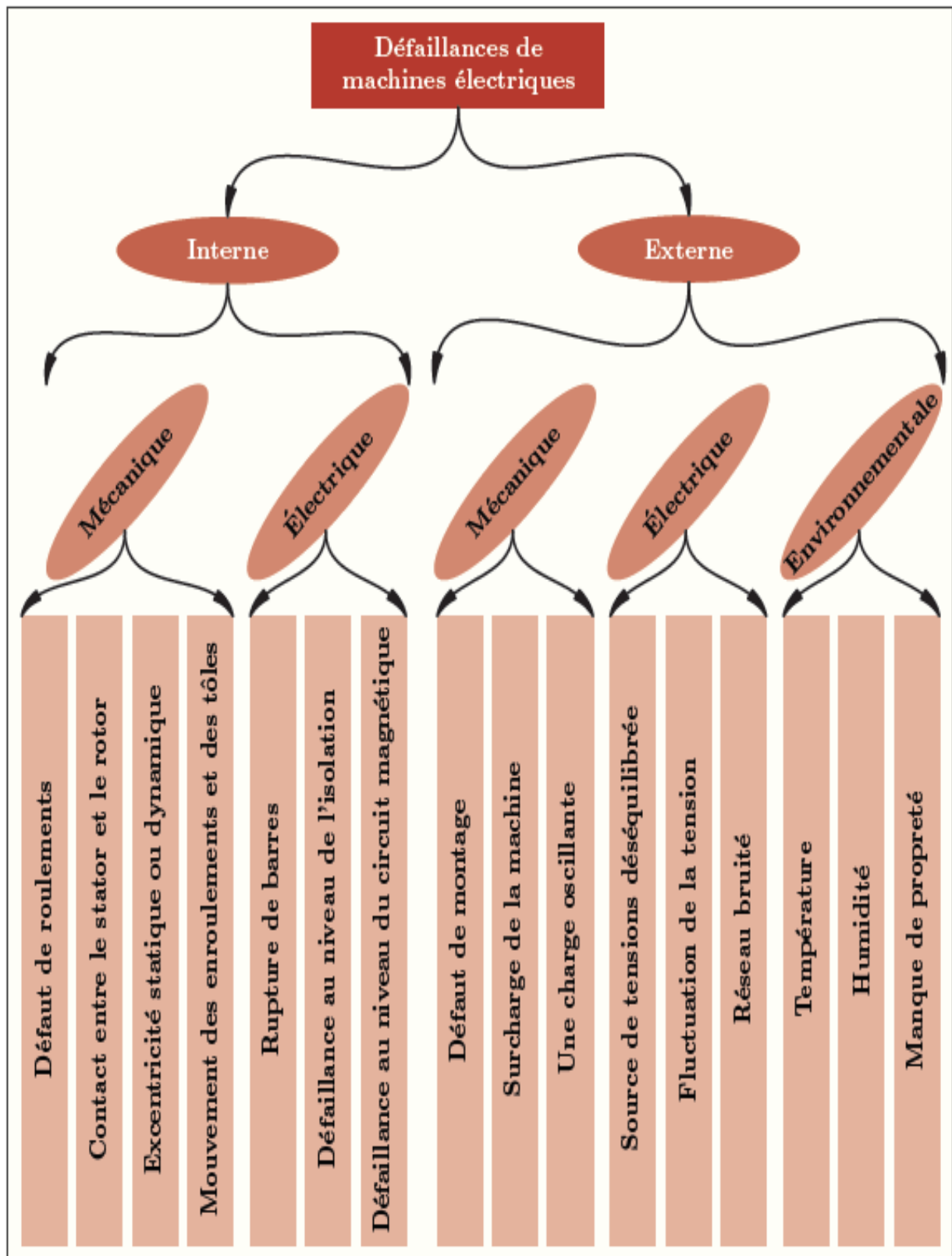


Figure I.1 Classification des défauts selon leur origine

I.2.1 L'étude statistique des défauts [10]

Une étude statistique est effectuée en 1998, par une compagnie d'assurance allemande des systèmes industriels, sur les pannes des machines asynchrones de moyenne puissance (de 50kW à 200kW) a donné les résultats suivants (figure (I.2)):

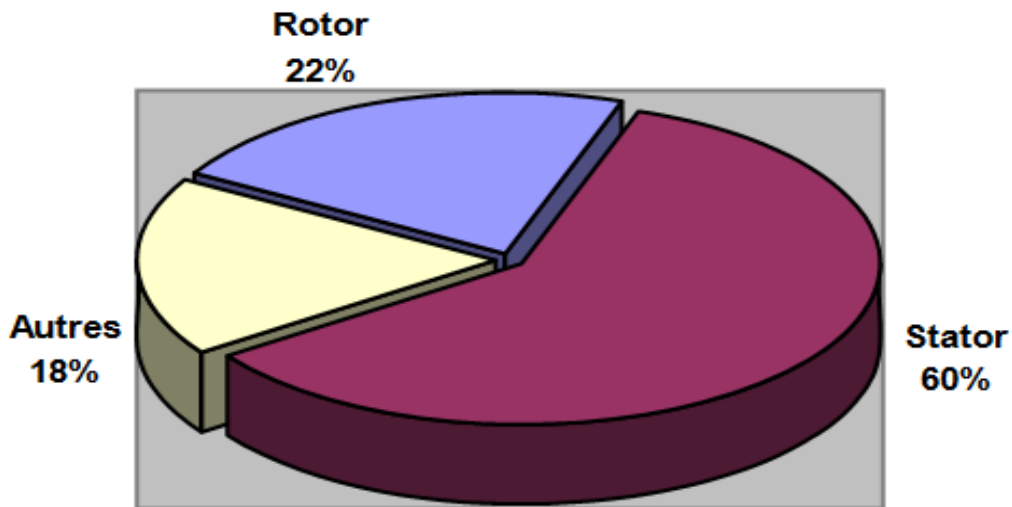


Figure I.2: Proportion des défauts

La répartition des pannes dans les différentes parties du moteur est représentée sur la figure I.3 :

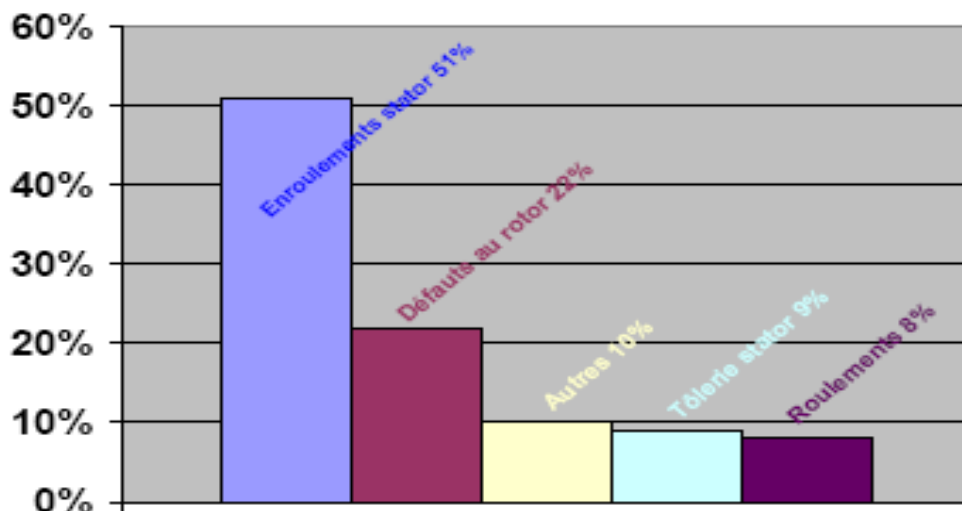


Figure I.3: Répartition des pannes sur les machines de faibles et moyennes puissances

Une autre étude statistique [28] faite sur des machines de grande puissance (de 100 kW à 1 MW) donne des résultats qui sont présentés sur la figure I.4

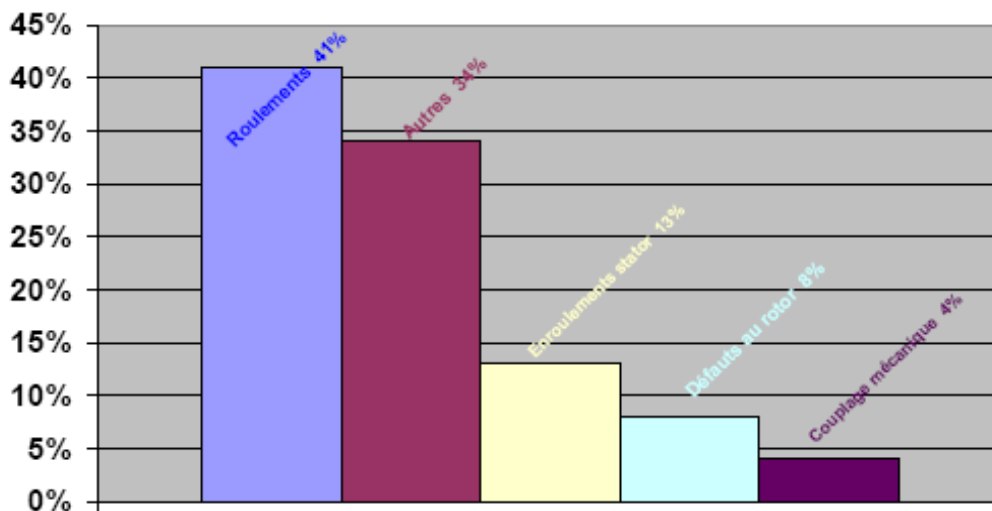


Figure I.4: Répartition des pannes sur les machines de fortes puissances

I.3 Défaillances au stator [11]

Pour le stator, les défaillances sont principalement dues à un problème :

- thermique (surcharge,...)
- électrique (diélectrique,...)
- mécanique (bobinage,...)
- environnemental (agression,...)

Les défauts qui sont les plus récurrents, localisés au niveau du stator, peuvent être définis comme suit :

I.3.1 Défauts d'isolant dans un enroulement

La dégradation des isolants dans les enroulements peut provoquer des courts-circuits.

En effet, les différentes pertes (Joule, fer, mécanique,...) engendrent des phénomènes thermiques se traduisant par une augmentation de la température des différents constituants du moteur. Or les matériaux d'isolation ont une limite de température, de tension et mécanique.

De ce fait, si l'environnement de travail d'un matériau d'isolation dépasse une de ces limites, ce matériau se dégrade de manière prématurée ou accélérée, puis finit par ne plus assurer sa fonction. Les différentes causes pour ce type de défaut sont :

- dégradation de l'isolant à la fabrication ;
- tension de l'enroulement supérieure à la limite du matériau d'isolation ;
- vibrations mécaniques ;
- courant élevé dans l'enroulement dû à un court-circuit, un défaut du convertisseur, une surcharge; Ceci entraîne une élévation de la température dégradant prématurément le matériau d'isolation.

• vieillissement naturel des isolants. Tous les matériaux isolants ont une durée de vie limitée ;

Même dans une utilisation 'normale', l'isolant finit naturellement par se dégrader.

- fonctionnement dans un environnement sévère [11].

I.3.2 Court-circuit entre spires

Un court-circuit entre spires de la même phase est un défaut assez fréquent. Cette défaillance a pour origine un ou plusieurs défauts d'isolant dans l'enroulement concerné. Il entraîne une augmentation des courants statoriques dans la phase affectée, une légère variation de l'amplitude sur les autres phases, modifie le facteur de puissance et amplifie les courants dans le circuit rotorique. Ceci a pour conséquence une augmentation de la température au niveau du bobinage et, de ce fait, une dégradation accélérée des isolants, pouvant provoquer ainsi, un défaut en chaîne (apparition d'un 2ème court-circuit).

Par contre, le couple électromagnétique moyen délivré par la machine reste sensiblement identique hormis une augmentation des oscillations proportionnelle au défaut [11].

I.3.3 Court-circuit entre phases

Ce type de défaillance peut arriver en tout point du bobinage, cependant les répercussions ne seront pas les mêmes selon la localisation. Cette caractéristique rend difficile une analyse de l'incidence de ce défaut sur le système.

L'apparition d'un court-circuit proche de l'alimentation entre phases, induirait des courants très élevés qui conduiraient à la fusion des conducteurs d'alimentation et/ou à la disjonction par les protections.

D'autre part, un court-circuit proche du neutre entre deux phases engendre un déséquilibre sans provoquer la fusion des conducteurs.

Les courants statoriques sont totalement déséquilibrés et ce déséquilibre est proportionnel au défaut qui apparaît. Les courants dans les barres ainsi que dans les anneaux sont augmentés lors de l'apparition de ce défaut. La détection de ce type de défaut peut reposer sur le déséquilibre des courants de phases [11].

I.3.4 Court-circuit phase/bâti

Le bâti a généralement un potentiel flottant, mais pour des raisons de liaisons mécaniques, il est souvent relié à la masse. Si le potentiel est flottant, un court-circuit entre l'enroulement et le bâti n'a pas d'importance du point de vue matériel, excepté les effets capacitifs, le bâti prend alors le potentiel de l'enroulement à l'endroit du court-circuit.

Par contre, au niveau de la sécurité des personnes, ce type de défaut peut être très dangereux et il est alors nécessaire de mettre en place des dispositifs de protection (disjoncteurs différentiels). En présence de ce type de défaillance, la tension de la phase concernée ne change pas.

Cependant le courant circulant dans cette phase augmente avec la réduction de la résistance et de l'inductance. Cette augmentation du courant se traduit par une augmentation de la température pouvant entraîner des défauts d'isolant dans l'enroulement. De plus, cette défaillance va générer une composante homopolaire entraînant l'apparition d'un couple pulsatoire. Une mesure du courant de fuite pourrait permettre de détecter ce type de défaut.

I.3.5 Défauts de circuit magnétique

Ces défauts aboutissent dans la plupart des cas à une dissymétrie au niveau du fonctionnement de la machine, qui à son tour peut accentuer le problème par des phénomènes de surchauffe, de surtension, d'élévation importante du courant, etc.

I.4 Défaillance du rotor [12]

Les défauts qui sont les plus récurrents, localisés au niveau du rotor, peuvent être définis comme suit:

- Rupture de barres;
- Rupture d'une portion d'anneau de court-circuit;
- Excentricité statique et dynamique;
- Un défaut de contact balai - bague dans le cas d'un rotor bobiné ;

I.4.1 Ruptures de barres

La cassure ou rupture de barre est un des défauts les plus fréquents au rotor. Elle peut se situer soit au niveau de son encoche soit à l'extrémité qui la relie à l'anneau rotorique.

La détérioration des barres réduit la valeur moyenne du couple électromagnétique et augmente l'amplitude des oscillations, qui elles-mêmes provoquent des oscillations de la vitesse de rotation, ce qui engendre des vibrations mécaniques et donc, un fonctionnement anormal de la machine. La grande amplitude de ces oscillations accélère la détérioration de la machine, ainsi, le couple diminue sensiblement avec le nombre de barres cassées induisant un effet cumulatif de la défaillance.

L'effet d'une cassure de barre croît rapidement avec le nombre de barres cassées [12].

I.4.2 Ruptures d'anneaux

La rupture de portion d'anneau est un défaut qui apparaît aussi fréquemment que la cassure de barres. Ces ruptures sont dues soit à des bulles de coulées ou aux dilatations différentielles entre les barres et les anneaux. Comme il est difficile de le détecter, ce défaut est généralement groupé, voir confondu, avec la rupture de barres dans les études statistiques. Ces portions d'anneaux de court-circuit véhiculent des courants plus importants que ceux des barres rotoriques. De ce fait, un mauvais dimensionnement des anneaux, une détérioration des conditions de fonctionnement (température, humidité,...) ou une surcharge de couple et donc de courants, peuvent entraîner leur cassure [12].

I.4.3 Excentricité statique et dynamique

Parfois, la machine électrique peut être soumise à un décentrement du rotor, se traduisant par des oscillations de couple (décalage entre le centre de rotation de l'arbre et le centre du rotor. Ce phénomène est appelé excentricité (statique et dynamique) dont l'origine peut être liée à un positionnement incorrect des paliers lors de l'assemblage, à un défaut de roulement (usure), à un défaut de charge, ou à un défaut de fabrication (Usinage).

Trois cas d'excentricité, sont généralement distingués :

- l'excentricité statique, le rotor est déplacé du centre de l'alésage stator mais tourne toujours autour de son axe ;
 - l'excentricité dynamique, le rotor est positionné au centre de l'alésage mais ne tourne plus autour de son axe ;
 - l'excentricité qu'on pourrait qualifier de 'mixte', associant les deux cas précédemment cités
- Ce défaut modifie le comportement magnétique et mécanique de la machine. En effet, l'augmentation de l'excentricité dans l'entrefer induit une augmentation des forces électromagnétiques qui agissent directement sur le noyau statorique ainsi que l'enroulement correspondant, ce qui engendre une dégradation de son isolation. D'autre part, cette augmentation peut avoir comme conséquence des frottements entre le stator et le rotor en raison des forces d'attraction magnétique qui déséquilibrent le système. Ceci donne naissance à des niveaux de vibrations considérables dans les enroulements [12].

I.5 Défaillances mécaniques [10]

I.5.1 Défauts roulements

Les roulements à billes jouent le rôle d'interface électromécanique entre le stator et le rotor. En outre, ils représentent l'élément de maintien de l'axe de la machine permettant d'assurer une bonne rotation du rotor. Dans l'article [13], l'auteur présente la plupart des défauts survenant dans les roulements des moteurs à induction ainsi que les raisons de leur vieillissement. Comme il a été présenté précédemment, ce type de défaut est le plus fréquent sur les machines de fortes puissances. Il est généralement lié à l'usure du roulement et plus précisément une dégradation des billes, ou de la bande de roulement. Ses causes possibles :

- l'usure due au vieillissement ;
- la température de fonctionnement élevée ;
- la perte de lubrification ;
- l'huile contaminée (par des paillettes métalliques issues de la dégradation des billes ou de la bande de roulement) ;
- le défaut de montage ;
- les courants d'arbres (Shaft Current) ;

Les conséquences directes de cette défaillance sur les roulements sont :

- des trous dans les gorges de roulement intérieures et extérieures ;
- l'ondulation de leur surface de roulement ;
- l'attaque des billes ;
- la corrosion due à l'eau ;
- défaut de graissage, problème dû à la température ;
- décollement, effritement de surface provoqué par une surcharge.

Sur le système, ce type de défaut se traduit par des oscillations du couple de charge, une apparition de pertes supplémentaires et un jeu entre la bague interne et la bague externe du roulement entraînant des vibrations par les déplacements du rotor autour de l'axe longitudinale de la machine. Dans le cas le plus défavorable, la présence d'un roulement défectueux peut amener au blocage du moteur.

I.5.2 Autres défaillances mécaniques [12]

Au stator, il n'y a pas de pièces mobiles donc à priori pas de défaillances mécaniques.

Cependant, il peut apparaître des phénomènes d'oxydation liés à l'environnement de la machine et plus précisément au taux de salinité qui influe sur l'étanchéité et les contacteurs.

I.6 Conclusion

Dans ce premier chapitre, nous nous sommes intéressés à répertorier les principales défaillances qui peuvent affecter les différentes parties de la machine ainsi que les causes et les conséquences de leurs apparitions, il apparait que le pourcentage le plus important des pannes réside au coté statorique vue qu'il est directement connecté au réseau d'alimentation. Afin de pouvoir étudier la machine asynchrone en défaillance on va développer dans le prochain chapitre le modèle triphasé-triphasé qui tient compte du court-circuit entre spires dans les phases statoriques.