

RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL



ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE THIÈS

PROJET
DE *Gm. 0382*
FIN D'ÉTUDES

Titre CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES PANNES
DE MOTEURS ÉLECTRIQUES A LA S.T.S

Auteur Moustapha DIOP

Génie mécanique

Date JUIN 1983

ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES

— ~ —
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

ANNEE 1983

PROJET DE FIN D'ETUDES

Sujet : Contribution à l'étude des pannes
de moteurs électriques à la S.T.S

Auteur : Moustapha Diop

Directeur de projet : Monsieur Roger Martin
professeur de machines électriques

Je dédie ce travail à : i)

- Mes parents
- Alassane Bâ, tu seras pour moi un frère, un conseiller et un confident.
- Awa Guoye, Ciré et Makhtar.

Que notre amitié soit l'une des meilleures.

- Tous les étudiants de 6^e promotion, de votre franchise dans la collaboration.
- Oumy Ndiaye «pouse DIOP

" Parmi les innombrables problèmes qui s'offrent d'eux-mêmes, choisir ceux dont la solution intéresse l'homme, c'est là le mérite de la sagesse."

KANT

Remerciements :

(ii)

Mes remerciements à :

- M^r Walter, directeur de la S.T.S
- M^r Roger Martin, de sa collaboration
- M^r Aly Sarr
- M^r François Houmaire
- M^r Sall
- tous mes professeurs.

PREAMBULE

(ii)
De tout temps, la transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique est la plus fondamentale parmi toutes les applications du courant électrique. En effet le moteur électrique est l'outil de base de notre civilisation industrielle.

Notre étude consiste à analyser la fréquence des pannes de moteurs électriques à la S.T.S (Société Textile Sénégalaise).

D'après les statistiques un moteur s'arrête par jour du fait d'un grillage, causant beaucoup de pertes productives. Cette perte peut être évaluée en estimant le temps d'arrêt d'un "métier à tisser" causé par cette panne ; par conséquent on peut estimer le nombre de mètres de tissus perdus. Sur une période d'une année cette perte peut avoir une valeur de quelques millions. Ce qui diminue la rentabilité de l'entreprise. C'est à cet juste titre que les responsables de la S.T.S nous ont proposé l'étude de ce problème grâce à leur collaboration avec Mr Roger Martin, professeur en Génie Mécanique.

Signalons que les différents tests sont effectués aux laboratoires du Génie Mécanique à l'École Polytechnique de Thies.

Table des matières:

iii)

<u>Titres</u>	<u>Pages</u>
INTRODUCTION	1
DEVELOPPEMENT	
• Chapitre I : Test de performance	
. 1 Généralités	2
. 2 Description des tests	3
. 3 Schémas de montage	4
. 4 Mesures et résultats	10
. 5 Courbes	14
. 6 Analyse	18
. 7 Conclusion	19
. 8 Tests à la S.T.S	20
• Chap. II : Environnement	
. 1 Humidité	22
. 2 Température	23
. 3 Vibrations	
. 4 Influence du ctm	24
• Chap. III : DEFAILLANCES	
A) DEFAILLANCES ELEC. . 1 Echauffement	25
. 2 Fonctionnement en monophasé	27
B) DEFAILLANCES Mécaniques:	
. 1 Etanchéité	29
. 2 Vibrations	30
• Chap. IV : Système de protection	34
• Chap. V : Entretien	37

Chap VI : Reccomandations

iiii

40

CONCLUSION

42

ANNEXES :

. Annexe A : Vérifications mécaniques et électriques pour les moteurs à rotor en court-circuit 43

. Annexe B : Recherche de pannes de moteurs asynchrones triphasés 44

BIBLIOGRAPHIE :

INTRODUCTION

1
On constate que la fréquence des pannes des moteurs électriques n'est pas due à un mauvais rebobinage. Une étude dans ce sens démontre que le rebobinage est d'assez bonne qualité.

Cela nous a motivé à approfondir notre analyse dans d'autres axes, et ces observations ont été faites:

- L'environnement est nocif pour certains moteurs (protégés) : une humidité de l'ordre de 85% à la salle de tissage, une température de l'ambiance de plus de 30°C et des vibrations.

- L'étanchéité des boîtes de disjoncteur et celle des boîtes à bornes au niveau du moteur doit être assurée afin d'éviter le fonctionnement en monophasé.

- les moteurs en attente sont stockés dans un local assez humide occasionnant des pannes infantiles qui pourraient mettre en doute leur rebobinage par exemple.

Il apparaît clairement que la plupart de ces pannes sont causées par les autres conditions de fonctionnement de ces moteurs.

DEVELOPPEMENT

Chap. I :

TEST DE PERFORMANCE

1. Généralités :

Signalons que la plupart des moteurs qui grillent ont été déjà rebobinés. Cela fait que nous d'ontms dans un premier temps de la qualité du rebobinage, effectuée à la S.T.S même. Comme dernière phase nous envisageons un test de performance entre deux moteurs choisis après l'inspection des différentes fiches techniques. En effet ces moteurs ont chacune une fiche technique dans laquelle toutes les pannes sont recensées en principe. Les deux moteurs ont les caractéristiques suivantes :

- Le moteur H01037 a été rebobiné à deux reprises.

- tandis que le moteur H01009 est presque neuf.

Du point de vue des spécifications techniques, on constate qu'ils sont identiques :

- vitesse de rotation : 930 tr/min

- tension = 220 / 380 V

- puissance = 1,8 ch

- intensité = 5,7 - 3,3 A

- classe d'isolement = F

- fixation semelle taraudée

2. Description des tests:

3

Donc pour réaliser cette première phase, ces tests sont nécessaires :

- un essai à vide (sans charge)
- un essai en court-circuit en bloquant le rotor
- et enfin un essai d'échauffement ou en charge.

En fait l'essai d'échauffement est le plus déterminant.

Essai d'échauffement:

L'échauffement peut être déduit à partir de la variation de résistance.

Une formule expérimentale nous donne :

$$\Delta \theta = t_2 - t_1 = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (234,5 + t_1) + t_1 - t_1$$

où :

R_1 = résistance à froid à la température initiale t_1 .

R_2 = résistance à chaud à t_2

Mais dans nos calculs on supposera que :

$$t_1 = t_2 = \text{cte}$$

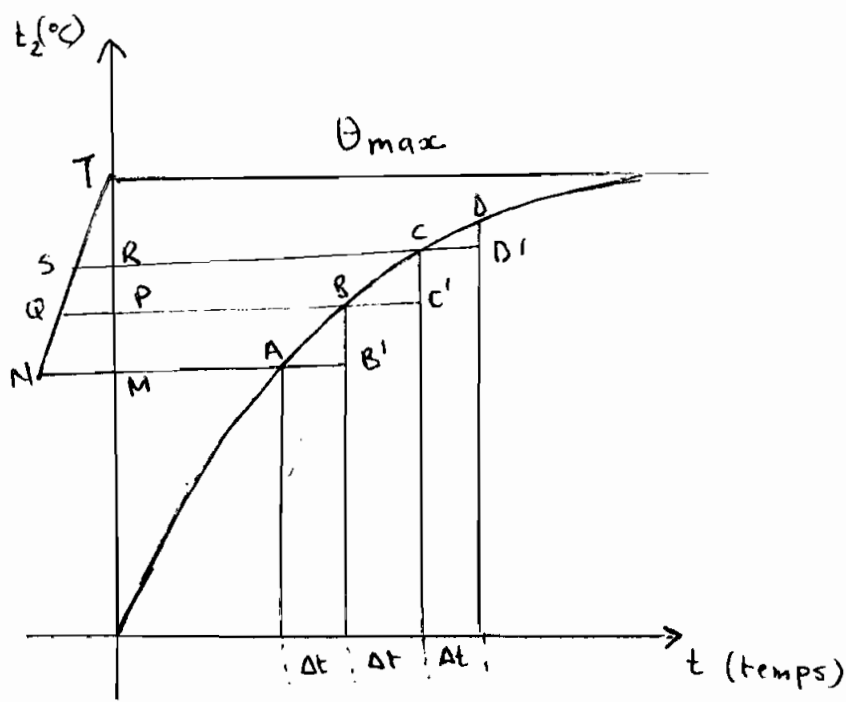
Finalement l'échauffement est :

$$(1) \Delta \theta = t_2 - t_1 = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (234,5 + t_1)$$

Par cette méthode, l'échauffement sera déterminé graphiquement.

Méthode:

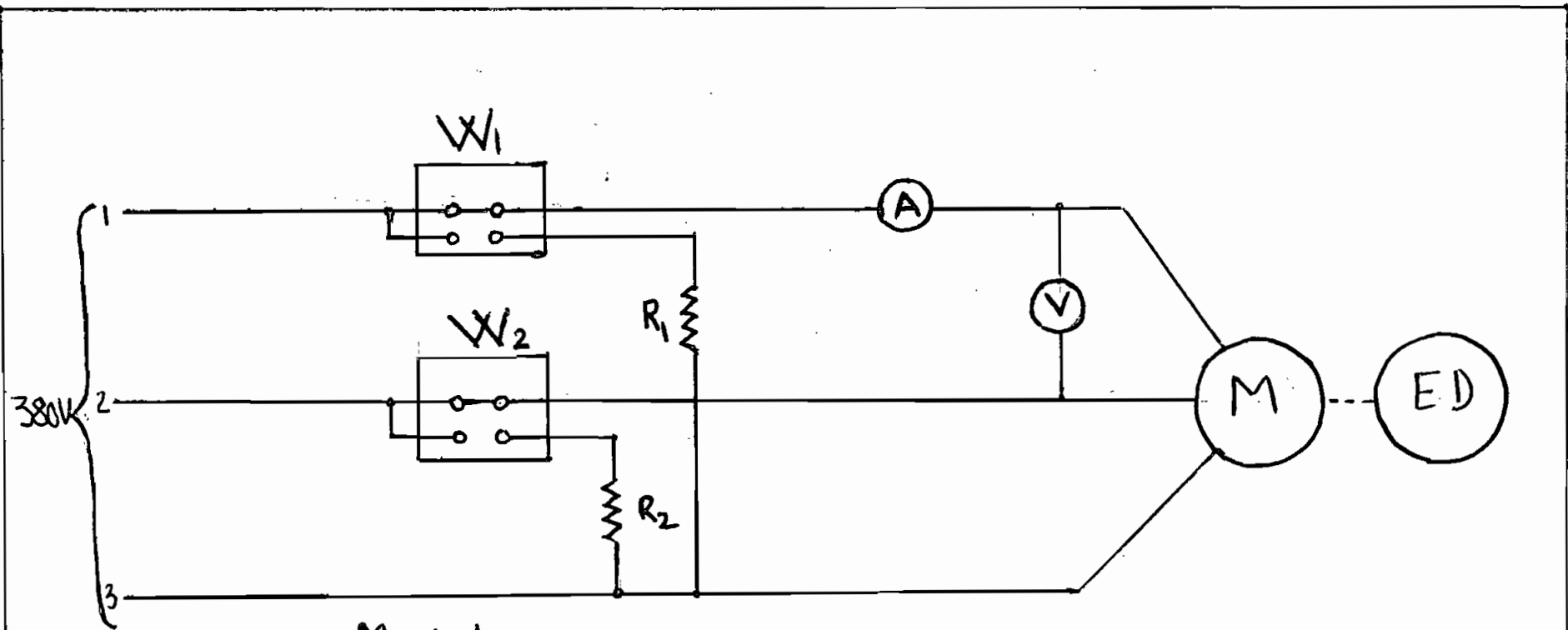
On peut se baser sur la figure suivante :



t_2 : température à la fin de l'échauffement
 θ_{max} : échauffement maximal

Cette méthode consiste à relever les échauffements θ suivant des intervalles de temps égaux Δt ; également on détermine les accroissements $\Delta\theta_1$, $\Delta\theta_2$ et $\Delta\theta_3$ représentés par BB' , CC' et DD' . Par A, B, C on trace des parallèles à l'axe des temps. Ainsi on reporte BB' , CC' et DD' respectivement en M, P et R . Et la droite passant par les points N, Q et S coupe l'axe des échauffements en un point T donnant la valeur maximum de t_2 pour le régime considéré

3. Schémas de montage :



M : Moteur
 E-D : électrodynamomètre
 V : voltmètre
 A : ampèremètre
 W_1, W_2 : wattmètres monophasés
 R_1, R_2 : résistances

- Pour :
- tension : 220 / 380 V
 - puissance : 1,8 ch ou 1,343 kW
 - intensité : 5,7 - 3,3 A
 - classe isolement : F
 - Fixation : semelle taraudée

• Choix des appareils :

a) Electrodynamomètre : permet de simuler la charge du moteur.

Il est donc important de connaître la charge maximum, c'est à dire le couple maximum à transmettre.

D'où :

$$P = C \cdot \omega$$

P : puissance du moteur en (W)

C : couple transmis en (N.m)

ω : vitesse de rotation en (rad/s) : $2\pi \frac{N(\text{tr/min})}{60}$

$$\text{Alors } C = \frac{P}{\omega} = \frac{P \times 60}{2\pi N} = \frac{1343 \times 60}{2\pi \times 930}$$

$$\underline{\underline{C = 13,79 \text{ N.m}}} \Rightarrow$$

Caractéristiques :

Electrodynamomètre (Normand Electric)

SER N° T 1079895 type INSB SHUNT

- HP : 3,0

- Volts : 220

- R.P.M : 3000

b) Deux wattmètres mono GANZ HFwa

628 844 MS 808

Pour la puissance sera mesurée par la méthode des deux

wattmètres.

7

c) Deux résistances GANZ RHI 2061

MS 808 250-625V

$I_n = 10 \text{ mA}$

Les résistances des wattmètres abaissent la tension pour les bobinages tension.

e) un voltmètre

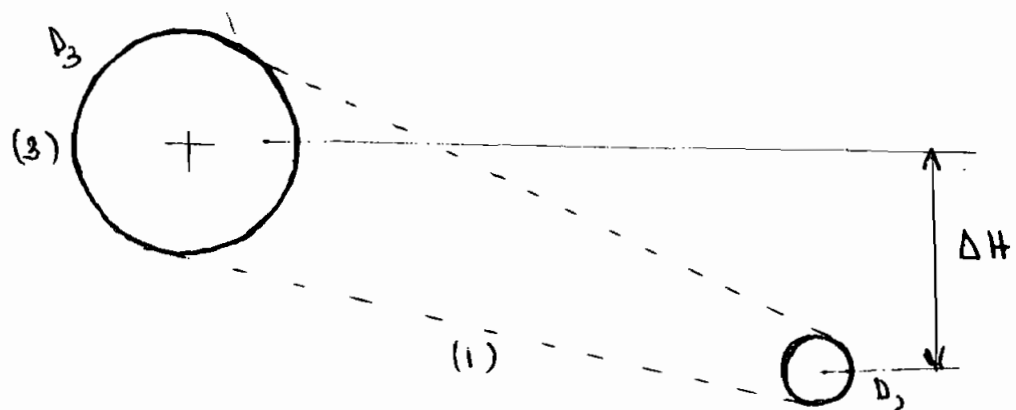
f) un ampèremètre

g) Rhéostats

h) fils de connexion.

• Accouplement du moteur et sa fixation:

a) Accouplement:



D_3 : diamètre de la poulie (3) (électrodynamomètre) (2)

D_2 : diamètre de la poulie motrice (2)

On a:

$$D_3 \approx 3 D_2$$

car l'électrodynamomètre tourne à 3000 RPM

et $D_2 \Rightarrow N_2 = 930 \text{ tr/min}$

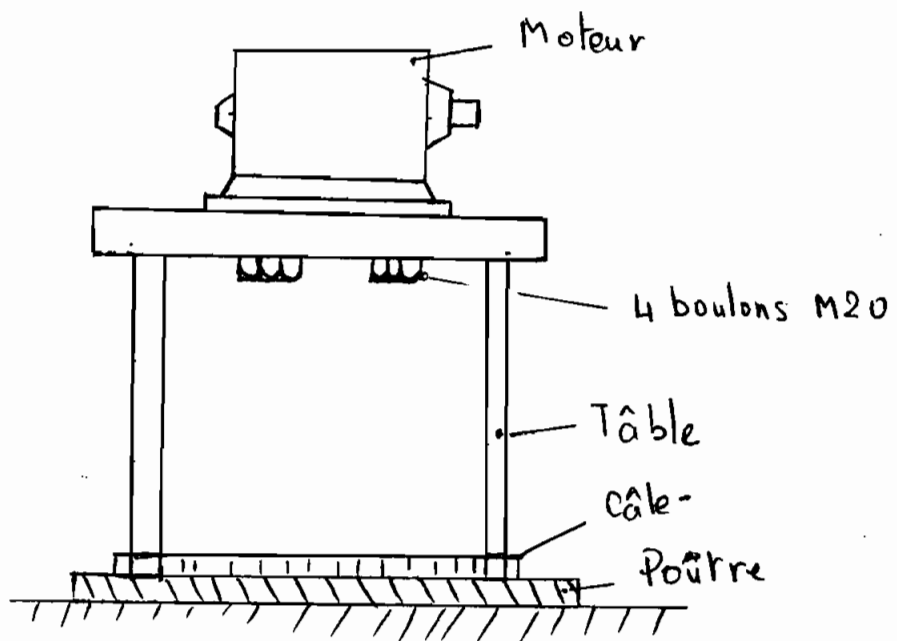
La dénivellation ΔH influence sur la tension de la

de la courroie, qui jouant le rôle de tendeur. Cela s'obtient en ajustant la hauteur de la table supportant le moteur.

b) Fixation :

La semelle taraudée nous offre la possibilité de fixer notre moteur sur une table en bois, par quatre vis. Le support est même immobilisé sur une poutre par le poids du moteur.

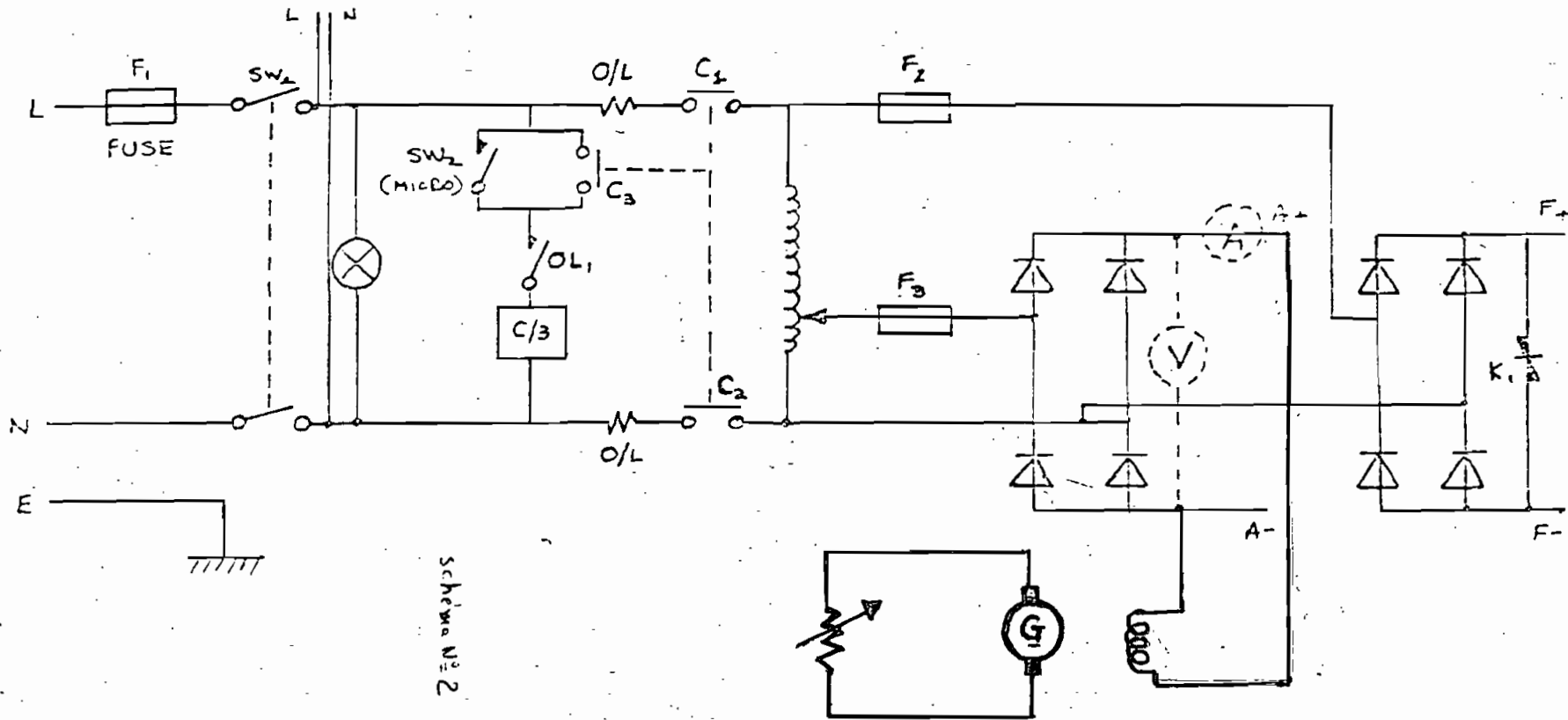
Schéma de situation :



o Contrôle de la vitesse de l'électrodynamomètre :

Afin de ne pas créer des surcharges au moteur, on a utilisé un appareil servant à augmenter progressivement la charge suivant notre besoin, en réglant la tension d'alimentation de l'électrodynamomètre.
(voir schéma)

POWER SUPPLY TO TEMPERATURE INDICATOR



Schematic No 2

FUSES F1 AND F2 ARE CIRCUIT BREAKERS.
 FUSE 3 - INTERNATIONAL RECTIFIER
 TYPE L350/16

VARIABLE SPEED MOTOR CONTROL
BOX - INTERNAL CONNECTIONS.

SCHEMATIC D2

4. Mesures et Résultats :

10

Essai à vide :

Tableau des mesures et Résultats:

	U (V)	I ₁ (A)	I ₂ (A)	I ₃ (A)	P ₁ (W)	P ₂ (W)	P* (W)
Moteur H0 1009	402	1.62	1.68	1.62	277.5	405	682.5
Moteur H0 1037	400	1.58	1.62	1.58	270	422.5	692.5
$\frac{\Delta x}{x}$ (%)	0.5	2.5	3.6	2.5			1.5

* Par la méthode des deux wattmètres

$$P = P_1 + P_2 \text{ (somme algébrique)}$$

I_{1,2,3} : courants dans les différentes phases.

Essai en Court-circuit: le rotor bloqué.

Mesures et Résultats :

	U (V)	I (A)	P ₁ (W)	P ₂ (W)	P (W)
H0 1009	108	3	45	255	300
H0 1037	110	3	37.5	270	307.5
$\frac{\Delta x}{x}$ (%)	-	-	-	-	2.5

Analyse:

- Pour l'essai à vide, on constate que le courant est équilibré dans les différentes phases car le courant a varié de manière négligeable; de l'ordre de 3,6% au maximum.
- tandis que pour l'essai en court circuit, il n'y a aucune constatation intéressante.

Essai d'échauffement:

Mesures:

On relève la résistance à chaud suivant des intervalles de temps déterminés.

* Moteur HO 1009

Température ambiante
 $t_a = 26,50C$.

Heure	Résistance (R_2)
8H25	4.15
8H35	4.235
8H45	4.310
8H55	4.440
9H05	4.512
9H15	4.568
9H25	4.621
9H40	4.629
9H50	4.668
10H00	4.762
10H15	4.779
10H30	4.780
10H50	4.786
11H20	4.810

Heure	Résistance (Ω)
8H40	4.135
8H50	4.310
8H60	4.553
9H15	4.672
9H35	4.703
9H45	4.840
10H05	4.897
10H20	4.950
10H40	4.980
11H00	5.03

Résultats :

Les calculs seront faits en considérant ces hypothèses :

- Notre résistance à froid sera considérée constante pour toutes les mesures car les mesures ont été faites rapidement de telle sorte que la diminution de la température est négligeable

- on déterminera aussi les échauffements à chaque mesure.

Pour cela, la température t_2 sera déterminée

par la formule suivante :

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{t_2 + 234,5}{t_1 + 234,5} \quad (2)$$

et t_a : température du milieu refroidissant c'est-à-dire du laboratoire d'essai.

Sous nos calculs on suppose que :

$$- t_1 = t_a$$

- et $t_a = \text{cte}$ c'est-à-dire que la température du milieu refroidissant n'a pas varié durant l'expérience.

D'où les tableaux des résultats :

* Moteur H0 1009 :

C. I (conditions init.)	$R_2 (\Omega)$	$\Delta\theta (^\circ\text{C})$	$t_2 (^\circ\text{C})$
$R_1 = 4,15 \Omega$ et $t_1 = 26,5^\circ\text{C}$	4,235	5,346	31,846
	4,310	10,063	36,563
	4,440	18,239	44,739
	4,512	22,768	44,268
	4,568	26,289	52,789
	4,621	29,622	56,122
	4,629	30,125	56,625
	4,668	32,578	59,078
	4,762	38,490	64,990
	4,779	39,559	66,059
	4,780	39,622	66,122
	4,786	39,999	66,490
	4,810	41,508	68,010

C. I	$R_2 (\Omega)$	$\Delta\theta (^\circ)$	$\theta_2 - t_2 (^\circ)$
$R_1 = 4,135 \Omega$ et $t_1 = 26^\circ C$	4,310	11.025	37.025
	4.553	26.334	52.334
	4.672	33.830	59.830
	4.703	35.783	61.783
	4.840	44.414	70.414
	4.897	48.005	74.005
	4.950	51.344	77.334
	4.980	53.234	79.234
	5.03	56.384	89.384

5.1 Courbes :

En se référant aux tableaux de mesures et résultats on peut tracer les courbes de l'échauffement, en fonction du temps afin d'obtenir graphiquement leur limite.

Tableaux récapitulatifs :

* Moteurs H01009

Δt (mn)	t_2 (°C)
10	31.846
10	36.563
10	44.739
10	49.268
10	52.789
10	56.122
15	56.625
10	59.078
10	64.990
15	66.059
15	66.122
20	66.490
30	68.010

A $t = 0$ mn on a : $t_2 = 26,5^\circ\text{C}$

Δt (mn)	* Moteur H01037 t_2 °C
10	37.025
10	52.334
15	59.830
20	61.783
10	70.414
20	74.005
15	77.334
20	79.234
20	84.384

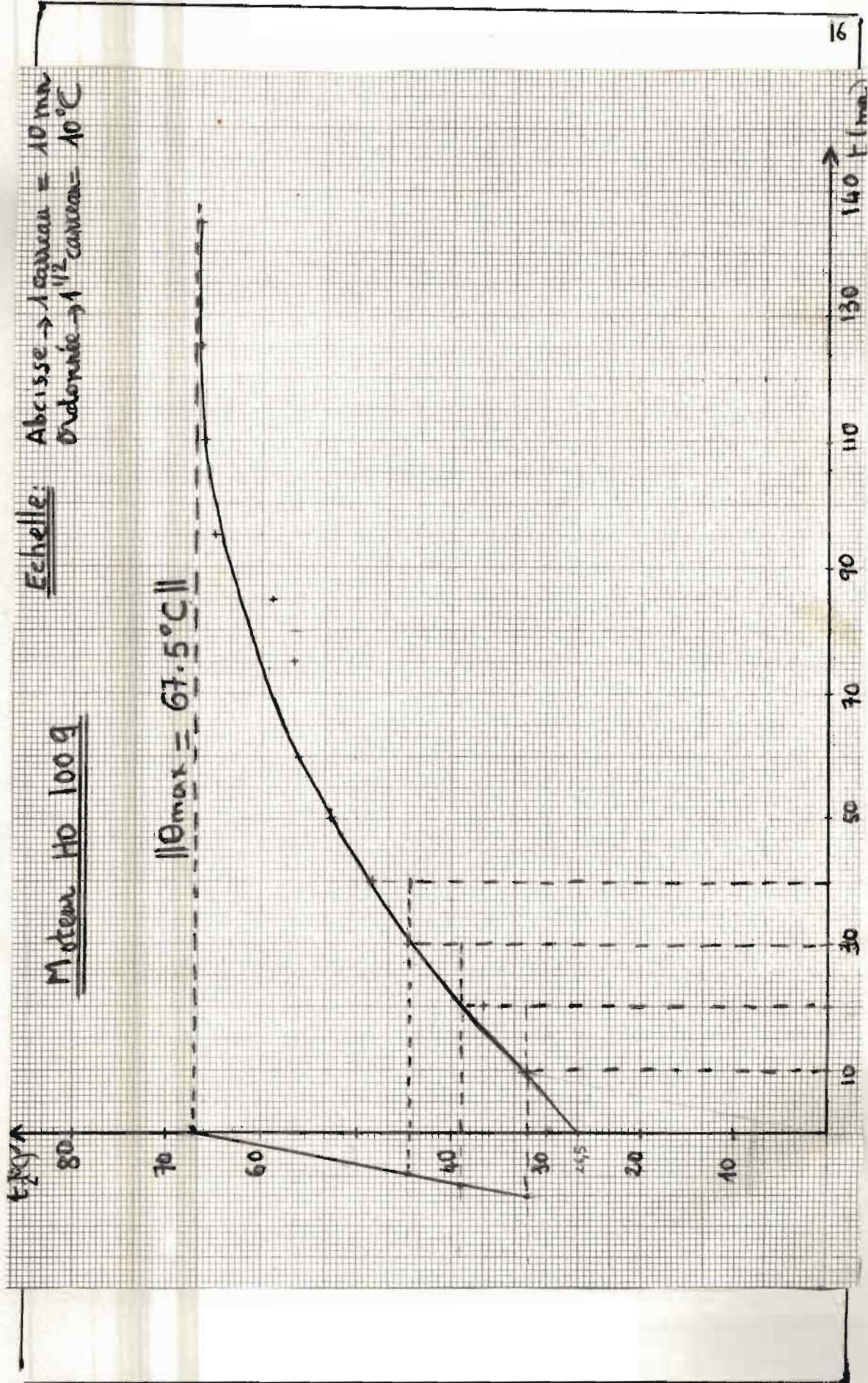
A $t = 0$ mn on a : $t_2 = 26^\circ\text{C}$

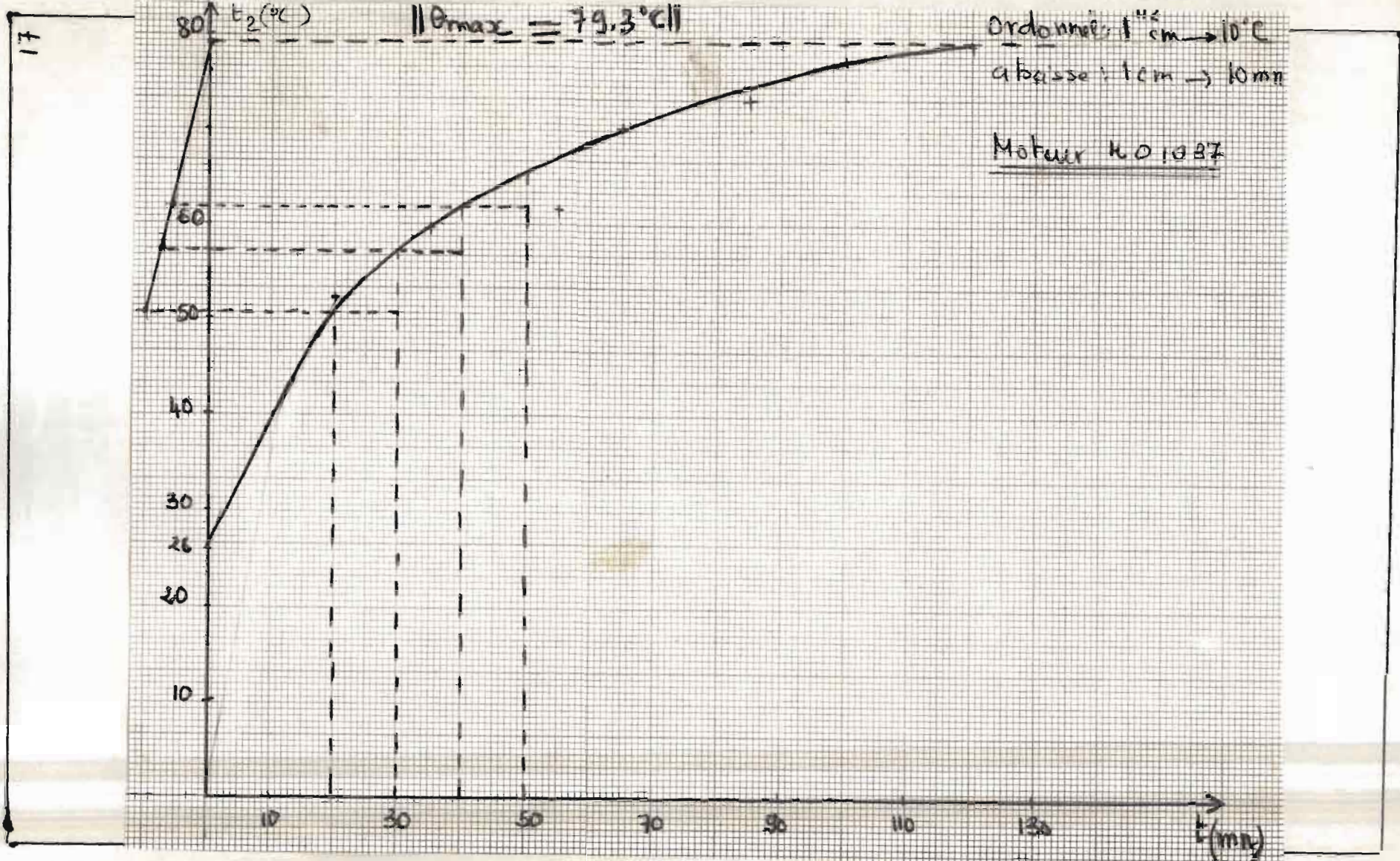
Δt : intervalle de temps entre deux essais consécutifs

Moteur HD 1009

Echelle:

Abcisse \rightarrow Δ cadence = 10 mm
Ordonnée \rightarrow Δ $T_{\text{cylindre}} = 10^{\circ}\text{C}$





5. Analyse:

d'échauffement est directement obtenu :

$$\Delta \theta = t_2 - t_a = \theta_{\max} - t_a$$

θ_{\max} : température maximum

t_a : température ambiante.

En se basant sur les courbes ces calculs peuvent être faits :

* Moteur H01009 :

$$\theta_{\max} = 67,5^{\circ}\text{C} \quad \text{et} \quad t_a = 26,5^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta \theta = 67,5 - 26,5$$

$$\boxed{\Delta \theta = 41^{\circ}\text{C}}$$

* Moteur H01037 :

$$\theta_{\max} = 79,3^{\circ}\text{C}$$

et

$$t_2 = 26^{\circ}\text{C}$$

D'où :

$$\Delta \theta = 79,3 - 26$$

$$\boxed{\Delta \theta = 53,3^{\circ}\text{C}}$$

Or l'échauffement maximum admissible pour un moteur de la classe F est de 100°C .

Mais pour ce régime considéré ces échauffements

sont admissibles.

19

Aussi, on constate que le moteur No 10037 s'échauffe beaucoup plus que l'autre ($12,3^{\circ}\text{C}$ en plus) mais tout en restant dans les limites.

7. Conclusion:

Rappelons que cette première partie avait pour but de comparer deux moteurs; ceci pour juger la qualité du rebobinage qui est effectuée à l'usine. Malgré les conditions de fonctionnement favorables, la comparaison est justifiée car ils ont subi le même régime.

D'après ces résultats on peut affirmer que le rebobinage est de qualité acceptable.

8. Tests effectués sur un échantillon de moteurs entraînant les métiers à tisser, à la S.T.S :

Dans ce cas on veut vérifier si les moteurs ne sont pas surchargés.

Pour cela les différentes caractéristiques sont contrôlées :

- vitesse de rotation
- tension
- courant

Appareils utilisés :

- tachymètre
- pince ampèremétrique

Moteur	N° du Métier	Vitesse de rota- tion à vide (tr/min)	Vit. de rotation en charge (tr/min)	Tension (V)	Courant (A)
N° 16460470900 1.35kW Y3.3A 930RPM	M 19/12	1000	950	400	2,5
N° 164604708341 1.35kW Y3.3 930RPM	M 22/13	1000	950	400	3
N° 16460470912 1.35kW, 930RPM; Y3.3A	M 20/14	1000	950	400	3
N° 16460470909 1.35kW Y3.3A 930RPM	M 20/13	1000	950	400	3
HO 1047 1.35kW Y3,3	M 20/9	1040	940	400	3
FA2 13A 1.51kW Y 3,6A	M 20/10	1000	950	400	3
3HP 3A N° 74967	M 20/8	1000	950	400	2.5
HO 1021 1.35kW Y3.3A	M 20/9	1000	950	400	3

Les mesures²¹⁾ montrent bien que les moteurs ne sont pas surchargés par leur machine entraînée. Sinon on aurait par exemple un courant plus fort que celui donné par les caractéristiques nominales.

Donc la charge de ces moteurs sont bien admissibles.

Chap II : ENVIRONNEMENT

Il est nécessaire, dans un premier temps, de déterminer les caractéristiques du milieu dans lequel travaillent ces moteurs. En effet, certains modes de défaillance résultent dès fois, de la nocivité de l'environnement.

Les facteurs qui entrent en jeu sont :

- l'humidité
- la température
- les vibrations

1°) l'humidité :

Elle a une influence néfaste sur :

- l'isolement électrique
- et la lubrification

Entre autres, l'humidité provoque l'abaissement de l'isolement facilitant les fuites électriques suivies de pannes totales. La graisse en présence d'humidité peut donner une émulsion diminuant ainsi la bonne lubrification.

A l'arrêt, un grand nombre d'agents chimiques contenus dans l'eau sont réactifs. Ainsi en ce qui concerne la fiabilité du matériel, rien ne remplace l'air pur, sec et frais.

Or dans l'industrie textile, un certain degré hygrométrique est recherché. Par exemple, dans la salle

de tissage, l'humidité ne doit pas descendre en dessous de 70%. En réalité elle varie de 70 à 78%, ce qui est assez élevé. 23

2°) la température :

Aussi la fiabilité est fortement diminuée par l'échauffement des bobines et des roulements ; de même la lubrification est fonction de la température.

A la filature la température se situe à 40°C tandis que l'humidité est de 45%. On sait que l'échange thermique est plus efficace sous une température ambiante relativement basse.

3°) la vibration :

Les moteurs subissent de fortes vibrations de la part des machines entraînées. Pour le "métier à tisser", les battements sont produits par le mouvement de la navette ; ce déplacement (alternatif) est perpendiculaire au rotor du moteur de telle sorte que des forces transversales sont exercées.

Les chocs et vibrations ont des conséquences sur les roulements :

- détérioration des chemins de roulement à la suite du martèlement

- la graisse est donc chassée hors du roulement

En cas de vibration en milieu humide, les effets de ces deux facteurs se superposent. En outre la vibration facilite l'entrée de l'humidité dans les zones critiques ainsi que l'émulsion des

graisses.

24

4°) Coton:

On constate qu'il existe beaucoup de poussière dans l'industrie textile. Les cotons obturent les canaux de ventilation.

Pour une bonne étude des différents modes de défaillance on doit surtout tenir compte de l'agressivité de cet environnement car la plupart des problèmes sont causés par ce facteur.

chap III : DE FAILLANCES

A) Défaillance électrique :

1°) Echauffement :

L'échauffement d'un moteur est admissible jusqu'à une certaine limite qui est fonction de sa classe d'isolation. L'échauffement anormal peut être situé à différents niveaux :

- Le fer achiq du stator s'échauffe uniformément mais la charge du moteur ne dépasse pas sa valeur nominale. Sous ce cas précis la tension est supérieure à la tension nominale. Dnc il faut envisager une diminution de la tension.

- l'échauffement anormal de l'enroulement statorique est engendré par une surcharge ou par une défektivité de la ventilation. Des baisses de tension sont aussi à l'origine de cela. D'où il se trouve surchargé en courant.

- échauffement anormal de l'enroulement rotorique provoqué par un mauvais contact entre les tiges du rotor en court-circuit et les couronnes de court-circuit à cause du détachement des tiges ou d'une rupture des couronnes. Ce phénomène est observé par la rupture des tiges dans les encoches du rotor.

Moyen pour détecter cette rupture :

Afin de détecter une défektivité du rotor, on applique au stator $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{5} U_n$, puis on cale

le rotor qu'on tourne lentement. Ensuite on lit l'état²⁶
(courant au stator) à différentes positions du rotor.
Si l'on constate des anomalies, alors le rotor présente des défaillances.

- canaux de ventilation obstrués par le rotor, diminuant le refroidissement du moteur.

Certaines pannes infantiles peuvent être dues par la reprise, au vol où deux problèmes sont constatés:

- du moment que le moteur tourne encore, conservant sa force électromotrice qui n'est plus en phase avec la tension du réseau revenant, une surtension sera provoquée.

- d'autre part le moteur ayant ralenti, le courant de reprise est un peu inférieur au courant de démarrage, alors existe une surintensité, et par conséquent une chute de tension.

Il semblerait qu'actuellement à la S.T. S ce problème est entoué en diminuant le nombre de moteurs à reprendre.

Mais dans l'avenir, pour une extension, le renforcement du réseau est à prévoir:

- puissance transformateur
- sections de câbles.

2:) Fonctionnement en monopha²⁺-

phase':

A cause du manque d'étanchéité, de la boîte à bornes ou du disjoncteur, le cordon peut isoler une phase du moteur; ce qui cause un fonctionnement en monophasé. La rupture d'une phase, à la suite d'un échauffement excessif, peut être à l'origine de cette anomalie.

Description:

Du fait que le moteur est déjà lancé, il continue à tourner et cherche à fournir la même puissance.

on a :

$$P = \sqrt{3} UI_{\text{triphase}} \text{ avant l'anomalie}$$

$P' = UI_{\text{mono}}$ si le moteur fonctionne en monophasé.

• instantanément on a: $P = P'$

$$\text{où } \sqrt{3} UI_{\text{triphase}} = UI_{\text{mono}}$$

abus:

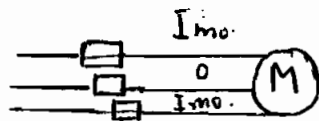
$I_{\text{mono}} = \sqrt{3} I_{\text{triphase}}$
• mais en réalité le couple moteur diminue un peu, de même que la puissance absorbée et on obtient finalement:

$$I_{\text{mono}} \approx 1,5 I_{\text{triphase}}$$

En fonctionnement monophasé, on a une vitesse

légèrement inférieure.

28



Le système se décompose en deux systèmes ayant chacun une intensité de

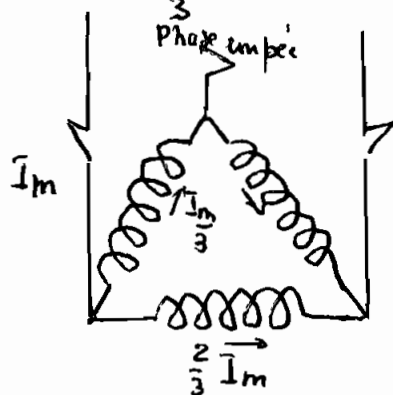
- $\frac{I_{mono}}{2}$:
- un système triphasé direct
 - et un système triphasé inverse

Le système direct possède un couple qui vaut $\frac{1,5}{2}$ fois le couple normal tandis que le système inverse crée un couple inverse. Dmc le couple monophasé. Le couple monophasé sera la résultante des deux, d'où on constate une réduction de la vitesse.

Le courant inverse crée un champ tournant dans le sens inverse, alors il existe au niveau du rotor des courants plus importants qu'au démarrage. Le rotor chauffe très rapidement et la protection thermique n'aura pas le temps d'agir.

Cas des moteurs couplés en triangle :

Lors de la coupure d'une phase, il passe dans le bobinage restant $\frac{2}{3} I_{mono}$ sous pleine tension.



Dmc 16% de surcharge échappe au contrôle des relais.

B) Défaillance mécanique :

29

1^o) Étanchéité :

1.a. Humidité :

Les enroulements sont pénétrés d'humidité, par l'action des vapeurs d'eau en cas de manque d'étanchéité du moteur.

des repos prolongés des machines dans un local humide est à éviter. Donc, il faut parfois effectuer un séchage, dans le but d'éliminer l'humidité des enroulements. Cette élimination de l'humidité contenue dans les isolants des enroulements s'effectue grâce à une diffusion thermique. Ce séchage peut être assuré par exemple par séchage extérieur. Pour obtenir un séchage intense, on procède par chauffage à l'aide d'un courant électrique depuis une source extérieure, la carcasse de la machine étant mise à la terre.

Pour éviter les pertes de chaleur inutiles lors du séchage, il convient de protéger la machine contre l'air ambiant tout en conservant la ventilation qui favorise l'évacuation de l'humidité.

A cette occasion la température des enroulements peut être déterminée par la méthode de mesure de la résistance (voir chapitre I).

La température maximale au cours du séchage ne doit pas dépasser 90°C par cette méthode. Aussi, l'air ambiant sortant de la machine ne doit pas être supérieure à 65°C .

Pour notre cas on peut procéder par chauffage extérieur ³⁰ grâce à une lampe à incandescence.

Les principaux défauts provenant de l'humidité sont :

- la suppression de l'isolation par ramollissement, d'où un court-circuit pourrait se produire.
- dégradation de la graisse dans les paliers.

1. b. Ventilation :

Du point de vue thermique, un moteur est en équilibre, lorsque les pertes qui sont créées dans les différentes parties (pertes mécaniques, pertes fer, pertes cuivre) sont équilibrées par une évacuation correspondante des calories, par l'action du système de ventilation; sinon la durée de vie des isolants sera affectée.

Or dans l'industrie textile, les particules de coton obturent les circuits de ventilation, provoquant un échauffement de la machine; donc la durée de vie des isolants sera diminuée.

Alors il est nécessaire de nettoyer la salle des machines des poussières. Il faut également nettoyer les moteurs par insufflation d'air comprimé.

2°) Vibrations :

Généralement ces vibrations sont causées par des défauts mécaniques :

- fixation affaiblie sur l'arbre des parties tournantes par exemple du rotor, de la poulie et...

Donc il faut aléser le rotor, la poulie à recharger par soudage, usinage avec des tolérances assurant

l'ajustement nécessaire sur l'arbre.

31

- Mauvais usinage des dents de l'engrenage.
- Rigidité insuffisante des bâtis de paliers, du socle de fondation. Des phénomènes de résonance peuvent apparaître.

- Mauvaise fixation de la machine sur son socle
- Mauvais scellement du socle
- Desserrage des boulons de fixation du moteur.

- Vibrations de l'assise de la machine électrique transmise par des machines voisines à travers des liaisons de construction.

- Machine en résonance avec son assise. Si la fréquence des oscillations propres de l'assise coïncide avec celle des oscillations mécaniques de la machine, elles ne se produisent que pour une vitesse de rotation déterminée ; et elles sont surtout nuisibles lorsque cette vitesse est la vitesse nominale de la machine.

Les oscillations propres de l'assise peuvent être déterminées en procédant comme suit : installer sur l'assise un petit moteur à courant continu permettant le réglage de la vitesse et le faire tourner à des vitesses différentes. Au préalable, placer sur son rotor une petite masse afin de créer un déséquilibre artificiel. Si l'assise commence à vibrer plus fortement lorsque le moteur tourne à la vitesse nominal du groupe de machines c'est l'indice que les vibrations de la machine proviennent

de sa résonance avec l'assise.

Certaines vibrations peuvent être dues à l'effet des phénomènes électromagnétiques anormaux :

- erreur de couplage dans l'enroulement statique d'une machine à courant alternatif.
- rupture dans les tiges du rotor d'un moteur asynchrone à cage dû à un mauvais contact entre les tiges du rotor en court-circuit et les colonnes de court-circuit.

De ces phénomènes de battement des efforts sont transmis à la cage des roulements causant la destruction de leur géométrie de contact par écoulement plastique. D'ailleurs en examinant certains bris de roulement, on peut remarquer cela.

D'autre part les fiches techniques des moteurs révèlent qu'il existe un taux assez élevé de roulements en faillite.

classons les différents modes de défaillance des roulements :

- Défaillance par usure : - enlèvement de matière
- transfert de matière

(grippage)

- Ecoulement plastique : - Destruction de la géométrie de contact.

- Destruction par adoucissement de matière (Échauffement).

- Fatigue de contact : - Ecaillage

- deterioration super³³

ficielle.

- Defaillance générale.

Chap IV :

SYSTEME DE PROTECTION

Ces moteurs sont protégés par :

- un discontacteur triphasé
- et un fusible aM.

SCHEMA D'EXECUTION

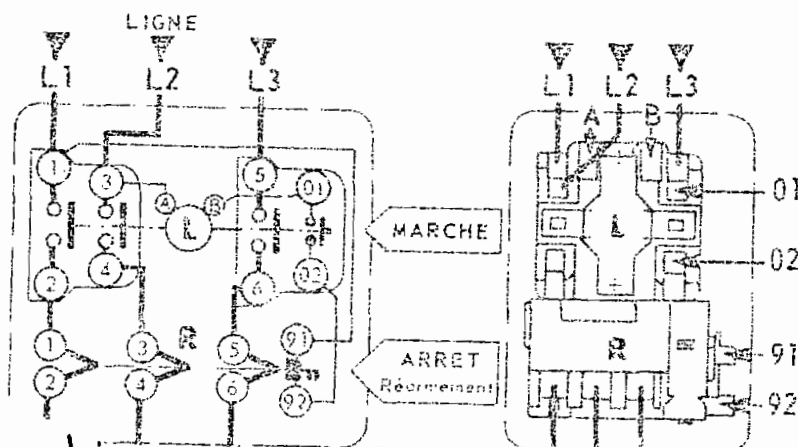


Schéma du discontacteur

L'ouverture de quelques boîtes de discontacteur nous a permis de faire certaines constatations dont :

- on n'a noté que quelques particules de coton sont introduites dans le discontacteur. Ce qui montre le manque d'étanchéité ; donc il pourrait y avoir un fonctionnement en monophasé par l'isolement d'une phase dû au coton.

- Un des relais thermiques est réglé à 4,6 A. Or les normes de l'U.T.E (C 63 - 110) précisent que ces relais déclencheront à partir des valeurs entre 1,05 à 1,20 fois du courant de réglage. D'autre part

Ces moteurs fonctionnent sous 3,3A.

$$\text{Donc } \frac{I_r}{I_n} = \frac{4,6}{3,3} = 1,39$$

I_r : courant de réglage du discontacteur

I_n : courant nominal du moteur

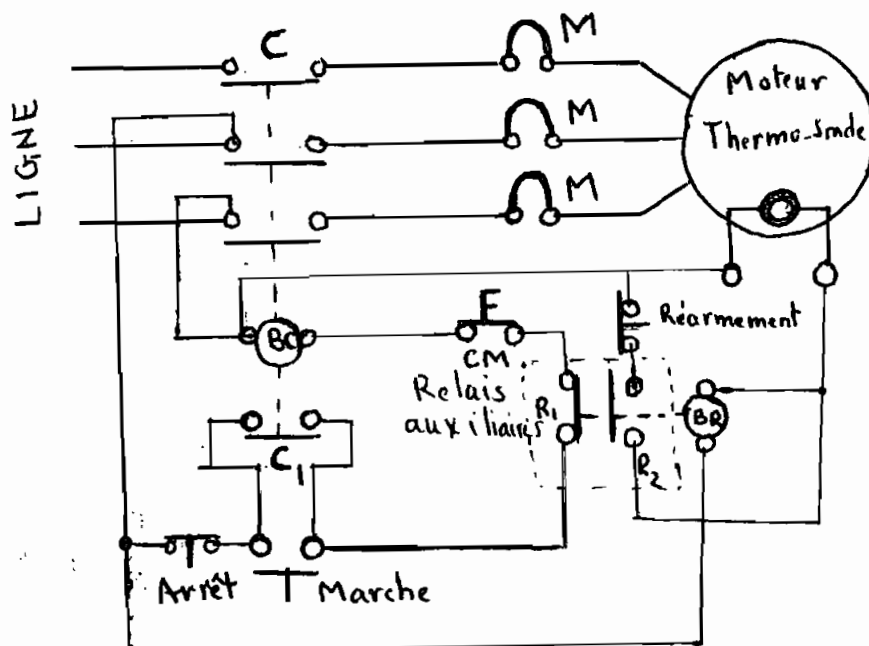
Donc 39% de surcharge échappant au contrôle du relais. Ce qui est élevé. D'où il faudrait revoir le réglage de ces relais au moins tout en assurant leur nettoyage.

Le relais thermique contrôle la température du moteur en se basant uniquement sur l'intensité qui le traverse. Donc toute augmentation de température qui n'est pas causée par une surintensité échappe au contrôle du relais (par exemple obstruction du circuit de ventilation).

Mais les thermosondes, elles, contrôlent directement la température des bobinages dans lesquels elles sont noyées à la construction du moteur, par le fabricant. De telle sorte que dans l'avenir, il faudrait les inclure dans le système de protection, en priant le constructeur, avant qu'il ne fabrique le moteur.

Principe de fonctionnement des thermosondes :

(se référer au schéma de la page suivante)



C : contacteur de démarrage direct dont la bobine est BC possédant un contact de réalimentation C_1

BC : alimentation possible si R_1 fermé ; donc BR n'est pas sous tension

R_2 : relai auxiliaire réalimente la bobine BR de sorte que le moteur est remis en service que si l'on a, au préalable, appuyé sur le bouton-poussoir réarmement

M : relais magnétiques pour les surcharges de longue durée.

CM : bouton de réarmement en cas de déclenchement sous l'action des relais M.

Chap V:

ENTRETIEN

L'entretien est maintenant reconnu comme un des facteurs les plus importants pour la marche des entreprises modernes. Par l'importance et la qualité du matériel de production, sur la rentabilité de l'entreprise n'est plus à démontrer.

Donc notre objectif est d'assurer la disponibilité des machines dans l'exercice de leur fonction. Pour cela, quatre types de maintenance s'offrent à nous :

- la maintenance palliative qui ne s'occupe que de dépannage, elle intervient donc après la panne.
- la maintenance systématique : qui comprend l'arrêt annuel pour la remettre à neuf.
- la maintenance préventive : inspections et ajustements à intervalles fixes.
- la maintenance corrective qui consiste en l'amélioration de l'équipement pour diminuer la fréquence des pannes et le coût de l'entretien.

A la S.T.S, en ce qui concerne les moteurs, il existe un système d'entretien palliatif qui cause des problèmes si l'on sait que l'atelier de rebobinage fonctionne en permanence. Ce qui élève les coûts d'entretien.

Par conséquent des fiches techniques sont en train d'être constituées, certainement en vue d'un entretien préventif, du moment que la fréquence de ces pannes est assez élevée.

Le système présente certains avantages :

- diminution de la fréquence des pannes
- diminution de la maintenance palliative qui est par essence aléatoire
- facilité d'ordonnement, le travail étant fait à une date prévue
- Une réduction des pertes de production
- Une durée de vie plus longue des équipements.

Documents nécessaires :

- ordre de travail en cas de panne.
- fiche historique établie à partir de l'ordre de travail.

- le planning programmant les travaux prévus.

Pour que ce système soit fiable, il faut remonter depuis la base. C'est à dire que même l'opérateur, qui se trouve devant le "métier à tisser" doit décrire la manifestation de la panne.

Mais dans ce système l'état des moteurs a une grande importance, et il ne faut pas perdre son temps à entretenir un matériel défectueux. Signaler entre autres que les considérations économiques doivent primer sur les considérations techniques. Alors une politique de renouvellement doit être mise sur pied pour certains moteurs. Mais pensons que ce système ne sera pas coûteux car les travaux d'entretien pour ces moteurs sont assez simples :

- nettoyage
- changement des roulements

- inspection des boites de discontacteur et de la
boite à borne et...

Le système pourrait même nous détecter la machine
entraînée qui comporte le plus de vibrations, ceci
en inscrivant sur la fiche technique du moteur le numé-
ro de cette machine.

Enfin nous suggérons aussi de calculer les coûts
d'entretien de chaque machine ; ces coûts annuels
permettront de juger l'opportunité de leur remplacement.

Proposition d'une carte historique permettant d'évaluer
le coût de cet entretien:

Dépt:		CARTÉ HISTORIQUE		N° classement	
		Machine:			
Date	N° Ordre	Travail exécuté		Nbre d'heures	Coûts matériel

Chap VI :

RECOMMANDATIONS

Il est clair que la majeure partie des problèmes rencontrés par les moteurs sont dus à l'environnement :

- humidité
- température
- et les vibrations.

Pour palier à cela certaines précautions doivent être prises afin d'augmenter la durée de vie de ces moteurs :

- un planning pour leur inspection est à prévoir en mettant au point une fiche de maintenance préventive où tous les points à inspecter avec la fréquence sont inscrits. Cela doit être fait hebdomadairement ; ne serait-ce que pour nettoyer les moteurs avec de l'air comprimé pour enlever toutes les particules de coton.

- les vibrations entraînant les déformations des cages de roulement, donc d'humidité détériore la qualité de la graisse ; donc la fréquence de graissage doit être revue. De même que le remplacement des roulements.

- on a remarqué que les "métiers à tisser" provoquent beaucoup de vibrations ; alors il faudrait les diminuer. Donc le système mécanique de ces machines doit être observé car

CONCLUSION

ces vibrations peuvent provenir - par exemple de ⁴¹ la défaillance au niveau des systèmes de transmission tels que les engrenages. Pour absorber ces vibrations on doit aussi mettre des cales en caoutchouc entre le moteur et son socle.

- Aussi l'inspection des discontacteurs doit être assurée en choisissant un échantillon assez fiable afin de pouvoir planifier leur visite.

- Les bobinages doivent être protégés contre l'humidité, pour éviter la condensation qui entraîne la détérioration de l'isolant. Pour il faut voir le constructeur de ces moteurs qui peut recommander des systèmes de réchauffage des bobines en cas d'arrêt.

Si toutes ces conditions sont respectées, le système de protection actuel par discontacteur sera assez fiable. Et on n'aura pas recours aux thermosondes qui coûtent plus chères.

42

Cette étude nous a permis d'apporter notre contribution à l'analyse des pannes de moteurs électriques à la Société Textile Sénégalaise, à Thiès. En effet la nécessité de cette étude n'est plus à démontrer, un petit calcul pourrait nous convaincre de la perte entraînée par l'arrêt de ces moteurs.

Dans ce travail nous avons mis en relief deux principaux problèmes :

- l'Environnement
- et l'Entretien

En abordant le premier problème concernant l'environnement nous avons trouvé que les échauffements excessifs peuvent être dus par l'isolement d'une phase du moteur par le coton ; les canaux de ventilation sont obstrués par ces mêmes particules. L'humidité et les vibrations sont aussi à l'origine de cela. Malheureusement les relais thermiques ne détectent pas ces échauffements, ce qui fait que les moteurs grillent comme s'ils n'étaient pas munis d'un système de protection.

Pour ce qui est de l'entretien, des efforts doivent être développés dans ce sens ; car actuellement il n'y a pas un programme d'entretien leur permettant d'augmenter la durée de vie. Certes un bon entretien nous supprimerait plusieurs de ces problèmes.

Enfin la solution de ces problèmes ne ferait qu'accroître le rendement de l'usine.

ANNEXES

Annexe A: Vérifications mécaniques et électriques pour les moteurs asynchrones à rotor en court-circuit

TABLEAU 13. — Vérifications mécaniques (valables pour tous les moteurs).

OPÉRATIONS	CONDITIONS A REMPLIR	VÉRIFICATIONS		CONCLUSIONS PRATIQUES
		MÉTHODES	RÉSULTATS	
1. Démontage. 2. Nettoyage. 3. Vérifications.				
3.1. Poulie ou pignon	Fixation solide sur l'arbre.	Vérification visuelle : emboitage, clavetage.	Différents suivant la machine vérifiée	Découlent des résultats des vérifications
3.2. Flasques	Emboitage correct sur la carcasse.	Décèlement de fissure par vérification visuelle.		
3.3 Carcasse	Permettre la fixation du système inducteur. Se fixer sur son support.	Vérification visuelle des pattes de fixation.		
3.4. Rotor	Equilibré, en ligne, centré.	Vérification sur tour parallèle et comparateur.		
3.5. Roulements, coussinets ..	Rotation libre mais sans jeu du rotor.	Evaluation visuelle de leur usure.		
3.6 Boulonnerie .	Filets vifs, pas de signe de torsion.	Têtes et fentes. Vérification visuelle.		

TABLEAU 14. — Vérifications électriques. Moteurs à courant alternatif : asynchrones à rotor en court-circuit.

ÉLÉMENTS A VÉRIFIER	CONDITIONS A REMPLIR	MÉTHODES DE VÉRIFICATION
1. Enroulement statorique	{ Etre bien isolé par rapport à la masse. { Ne doit pas posséder de court-circuit. { Ne doit pas avoir de coupure. { L'enroulement doit être bien imprégné.	Mesure d'isolement (ohmmètre à pont ou à magnéto. Vérification par essai au « grognard ». Vérification : continuité d'un circuit électrique. Vérification visuelle et tactile.
2. Bornes de la plaque de bornes.	{ Elles doivent être propres et bien serrées. { Raccordement correct des conducteurs.	Vérification visuelle et tactile (1). Vérification visuelle et tactile (1).
3. Rotor (cage d'écureuil)	{ Pas de coupure sur les circuits rotoriques. { Pas de mauvais soudure sur les couronnes.	Vérification visuelle. Vérification visuelle.

(1) Tactile, au toucher.

322

Annexe B : TABLEAU 17. -- Recherche des pannes de moteurs asynchrones triphasés.

CONSTATATIONS	CAUSES. DÉDUCTIONS	REMARQUES	VÉRIFICATIONS RECHERCHES	MOYENS DE CONTROLE
1. Le moteur ne démarre pas (il reste silencieux).	Coupure du circuit de 2 phases (ou des 3 phases).	Liaison électrique entre phases non effectuée (barrettes de la plaque de bornes).	Vérification de la plaque de bornes ou essai de continuité électrique.	Visuelle ou lampe témoin.
2. Le moteur ne démarre pas (il « grogne ».)	Coupure du circuit d'une phase.	Coupure accidentelle, connexion défectueuse.	Essai de continuité électrique.	Lampe témoin, sonnette.
3. Le moteur ne démarre pas mais son bruit magnétique est normal.	Couple résistant trop élevé. Couplage défectueux des enroulements.	Mauvaise utilisation de la machine entraînée. Fausse disposition des barrettes de la plaque de bornes.	Investigation. Couplage des enroulements en Δ.	Visuelle. Vérification sur la plaque signalétique.
4. Les fusibles fondent. Le disjoncteur déclenche.	Court-circuit franc sur le circuit stator. Masses franches sur le circuit stator.	Conducteurs intérieurs en contact. Bornes ou cosses en contact avec la masse.	Démontage de la plaque de bornes. Démontage de la plaque de bornes.	Vérification visuelle. Vérification visuelle.
5. Echauffement excessif du moteur.	Couplage défectueux des enroulements. Augmentation du couple résistant. Court-circuit dans le bobinage du stator. Branchement défectueux des sections du bobinage du stator.	Fausse disposition des barrettes. Grippage des paliers ou des roulements. Dénudage accidentel des conducteurs. Erreur dans la réparation du bobinage.	Couplage des enroulements en Δ. Vérification du degré de graissage. Démontage-essai du stator sous II/2 Démontage-essai du stator sous II/2	Vérification sur la plaque signalétique. Jauge ou visuelle. Rotation d'une bille d'acier. Rotation d'une bille d'acier.
6. Echauffement excessif des paliers.	Graissage insuffisant.	Manque d'entretien périodique.	Vérification du graissage.	Jauge ou démontage.
	Détérioration des portées de l'arbre ou des roulements. Manque de jeu latéral.	Ajustage médiocre des coussinets. Manque de graissage des roulements.	Evaluation de l'usure. Evaluation du jeu latéral.	Tactile et visuelle. Tactile et visuelle.
	Défaut d'alignement.	Défaut de montage. Défaut d'assemblage des 2 machines.	Vérification de l'alignement.	Niveau, cordeau.
7. Bruits anormaux.	Organes de fixation desserrés. Roulements en mauvais état. Frottement du rotor sur le stator.	Provenant de vibrations intenses. Usure importante. Torsion de l'arbre : le rotor n'est plus en ligne.	Vérification du serrage. Evaluation de l'usure. Essai de ligne du rotor.	Clés. Tactile et visuelle. Tour II et trusquin.
8. Trépidations. Battements latéraux du rotor.	Le rotor n'est pas équilibré. Décalage du système d'entraînement.	Balourd provenant d'une soudure. Courroie qui n'est pas droite.	Essai d'équilibrage. Observation.	Manuel ou à l'équibreuse. Visuelle.
2. Débranchement des rotors en court-circuit.				
1. Echauffement anormal du rotor.	Soudures ou brasures des conducteurs rotoriques défectueuses.	Dessoudage accidentel.	Démontage-vérification du rotor.	Visuelle.
3. Débranchements des rotors bobinés.				
1. Le moteur ne démarre pas.	Les 3 phases du rotor ne se ferment pas. Court-circuit dans l'enroulement rotor.	Les balais n'appuient pas sur les bagues. Dénudage accidentel des conducteurs.	Vérification du mouvement des balais. Démontage-mise sous tension étudiée du rotor.	Tactile. Rotation d'une bille d'acier.
2. Le moteur cale quand on le charge.	Une partie des résistances de démontage reste en circuit.	Défaut de fonctionnement du coupleur automatique, le cas échéant.	Vérification du coupleur automatique ou du rhéostat.	Vérification tactile et visuelle, essais en marche.
3. Echauffement anormal du rotor.	Coupure d'une phase rotor. Masse sur l'enroulement rotorique.	Connexion défectueuse dans l'enroulement. Glissement de caniveaux isolants d'encoche.	Essai de continuité électrique. Essai d'isolement.	Lampe témoin. Ohmmètre à magnéto.

(X)

7

323

BIBLIOGRAPHIE

- Dépannage des moteurs électriques
R. Ghemke
- Electrotechnique appliquée
P. Roberjot et J. Loubignac
- Encyclopédie Electricité
QUILLET.
- Catalogue des moteurs UNELEC.