

Des machines pour
nourrir les Hommes



CODEART

asbl

CODEART asbl

15, Chevémont

B-4852 HOMBURG

Tél.: 0032(0)87 78 59 59

Fax: 0032(0)87 78 79 17

info@codeart.org

www.codeart.org

Ce document est mis gratuitement à disposition en ligne sur le site internet de www.codeart.org.

Il est destiné à être diffusé et reproduit largement.

CODEART développe des projets visant à résoudre des problèmes techniques récurrents dans les pays du Sud et en lien direct avec la production et la transformation des productions vivrières par les producteurs locaux eux-mêmes et les artisans locaux qui offrent leur service aux paysans.

CODEART complète son appui technique par l'offre de toute information susceptible d'aider les partenaires dans la maîtrise de technologies nécessaires au développement du pays.

Les productions, plans et savoir-faire développés sont mis à la disposition de l'ensemble des acteurs du secteur du développement tant au Nord qu'au Sud.

Dans les cas justifiés, une version papier peut vous être envoyée sur simple demande à info@codeart.org.

Si vous avez des questions, si vous constatez des imperfections ou si vous avez des expériences similaires à partager, nous vous remercions de nous contacter.

GUIDE PRATIQUE DE REBOBINAGE DES MOTEURS

Classification : **Mémento Technique**

Nom de l'auteur du document : **Dominique RUCH**

Date de conception : **1999**

Date de mise en ligne : **2005**

Référence interne : **B456/1**

guide pratique du rebobinage des moteurs asynchrones



Dominique Ruch
gare 216
2746 Crémines -CH-

SUJET: table des matières

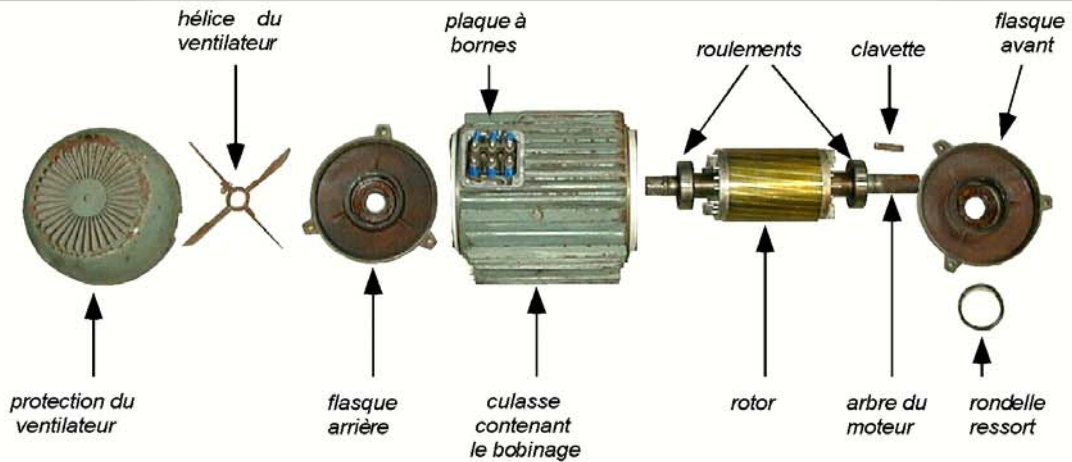
Ce guide pratique présente, dans un ordre chronologique, chaque étape nécessaire au rebobinage d'un moteur asynchrone.

L'exemple de rebobinage est fait avec un moteur triphasé 1500 RPM 220V/380V.

page	sujet
1	table des matières
2	différentes pièces d'un moteur asynchrone / plaque à bornes
3	plaquette des caractéristiques d'un moteur
4	différentes sortes de moteurs asynchrones
5	raccordement des bobines sur la plaques à bornes / câblage étoile / câblage triangle
6	surveillance thermique avec des PTCs
7	angle géométrique et angles électriques d'un moteur
8	symptômes et tests d'un moteur brûlé / marquage des flasques
9	repérage du bobinage d'origine
10	divers possibilités de positionner les bobines pour un même moteur
11	repérage d'un bobinage sur 18 encoches (feuille vierge à photocopier)
12	repérage d'un bobinage sur 24 encoches (feuille vierge à photocopier)
13	repérage d'un bobinage sur 36 encoches (feuille vierge à photocopier)
14	repérage d'un bobinage sur 48 encoches (feuille vierge à photocopier)
15	retrait des têtes de bobines
16	retrait du cuivre des encoches
17	confection et montage des isolations d'encoches
18	comptage du nombre de fils par encoche
19	mesure et choix des fils
20	tablette des fils à bobiner les plus courants (européen et américain)
21	calculs pour le bobinage (exemple)
22	calculs pour le bobinage (feuille vierge à photocopier)
23	calcul d'un bobinage pour une nouvelle tension (exemple)
24	calcul d'un bobinage pour une nouvelle tension (feuille vierge à photocopier)
25	sortes de bobinages en série
26	préparation des gabarits du tour à bobiner
27	confection des bobines sur le tour
28	ordre de montage des bobines dans la culasse (exemple simplifié)
29	lorsqu'une bobine est à l'envers (sensibilisation à un problème)
30	montage des bobines dans les encoches
31	brasage des connexions
32	montage des isolations de brasures et de phases
33	ligature et positionnement des surveillances thermiques
34	raccordement des bobines sur la plaque à bornes
35	tests du moteur avant et après imprégnation (partie: A)
36	tests du moteur avant et après imprégnation (partie: B)
37	imprégnations (trois exemples)
38	entretien mécanique du moteur
39	tableau présentant les caractéristiques principales d'un moteur (exemple: moteur 4 pôles)
40	calcul de la puissance disponible sur l'arbre du moteur
41	exemple d'un moteur 36 encoches bobiné en 2 pôles
42	exemple d'un moteur 36 encoches bobiné en 4 pôles
43	exemple d'un moteur 36 encoches bobiné en 8 pôles

REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET: présentation du moteur asynchrone



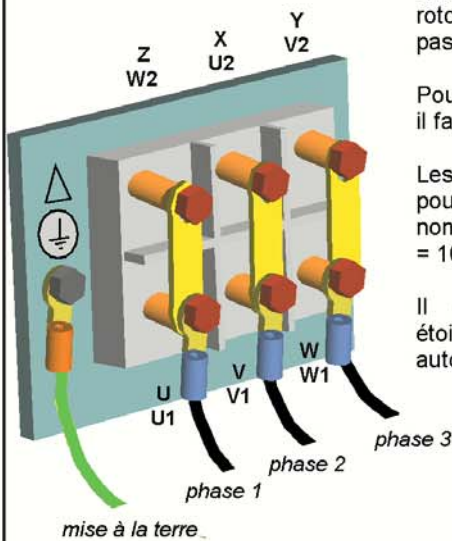
constituants d'un moteur asynchrone

Informations générales sur les moteurs asynchrones

Les moteurs asynchrones fonctionnent en courant alternatif triphasé. Ils peuvent être modifiés pour fonctionner en monophasé (avec un condensateur). La vitesse de rotation dépend du nombre de pôles du moteur mais aussi de la fréquence du réseau: nombre de cycles par seconde, 50 Hz par exemple.

Les moteurs asynchrones brûlent s'il manque une phase.

plaque à bornes



Les moteurs asynchrones n'ont pas de charbons et leur rotor n'est pas bobiné. Il ne demande donc pratiquement pas d'entretien.

Pour changer le sens de rotation d'un moteur asynchrone il faut croiser deux des fils d'alimentation.

Les moteurs asynchrones ont besoin d'un courant pouvant être jusqu'à 5 à 7 fois supérieur à leur courant nominal (exemple: courant nominal, noté sur la plaquette = 10A courant de démarrage direct jusqu'à 70A)

Il est possible de faire un démarrage étoile / triangle pour diminuer le courant de démarrage. Manuel ou automatique, ce genre de démarrage est obtenu par un câblage extérieur au moteur.


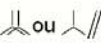


La mise à la terre * ne participe pas au fonctionnement du moteur c'est une sécurité pour l'homme en cas de défauts du moteur.

* dans certains pays le neutre remplace la terre ou est ponté avec lui. (exemple: USA)

REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)





SUJET: plaquette d'un moteur asynchrone

A câblages possibles

 étoile
 ou  double étoile (Dahlander) & PAM
 triangle

B tension d'utilisation ($U_{nominale}$)

notre exemple:

a) 220V en triangle 
 b) 380V en étoile 
 c) démarrage 220V étoile  puis travail 220V en triangle 

C courant en charge

notre exemple: 7.7A sous 380V
13.5A sous 220V

D fabricant

notre exemple: maison Unitec

E numéro du moteur

propre au moteur

F nombre de phases

notre exemple: moteur triphasé triphasé = 3 phases

G température du moteur

température admissible sur l'ext. du moteur (notre exemple: 40 °C)

H type de moteur

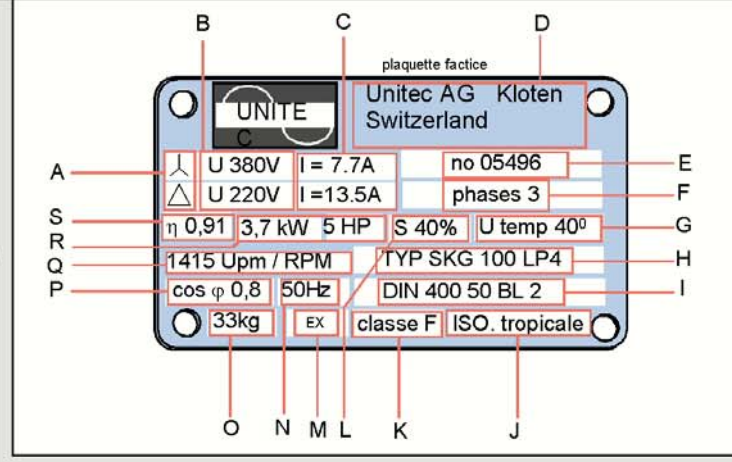
propre au fabricant

I Norme

numéro de la norme à laquelle le moteur répond (DIN = normes allemandes)

J qualité d'isolation

L'isolation tropicale est adaptée aux climats chauds et humides



K classe du moteur

température max. admissible à l'intérieur du moteur (au niveau des bobines)

Y	90°C
A	105°C
E	120°C
B	130°C
F	155°C
H	180°C
C	>180°C

N fréquence d'utilisation

notre exemple : 50 Hertz

remarque: un moteur prévu pour 50Hz peut tourner à 60 Hz mais sa vitesse de rotation et sa puissance augmenteront d'environ 20 %

O masse du moteur

notre exemple : 33 kg

P facteur de puissance

Le φ est toujours plus petit que 1
lettre grecque: phi = $\cos \varphi = \varphi$

Q vitesse de rotation

(à 50Hz et en charge)

3000 t/min	= 2pôles
1500 t/min	= 4pôles
750 t/min	= 8pôles

t/min. = RPM = UPM = tours par minute

R puissance utile du moteur (puissance sur l'arbre du moteur)

1HP = 1 cheval = 0.736 kW
1 kW = 1,35 chevaux = 1,35 HP

S rendement du moteur

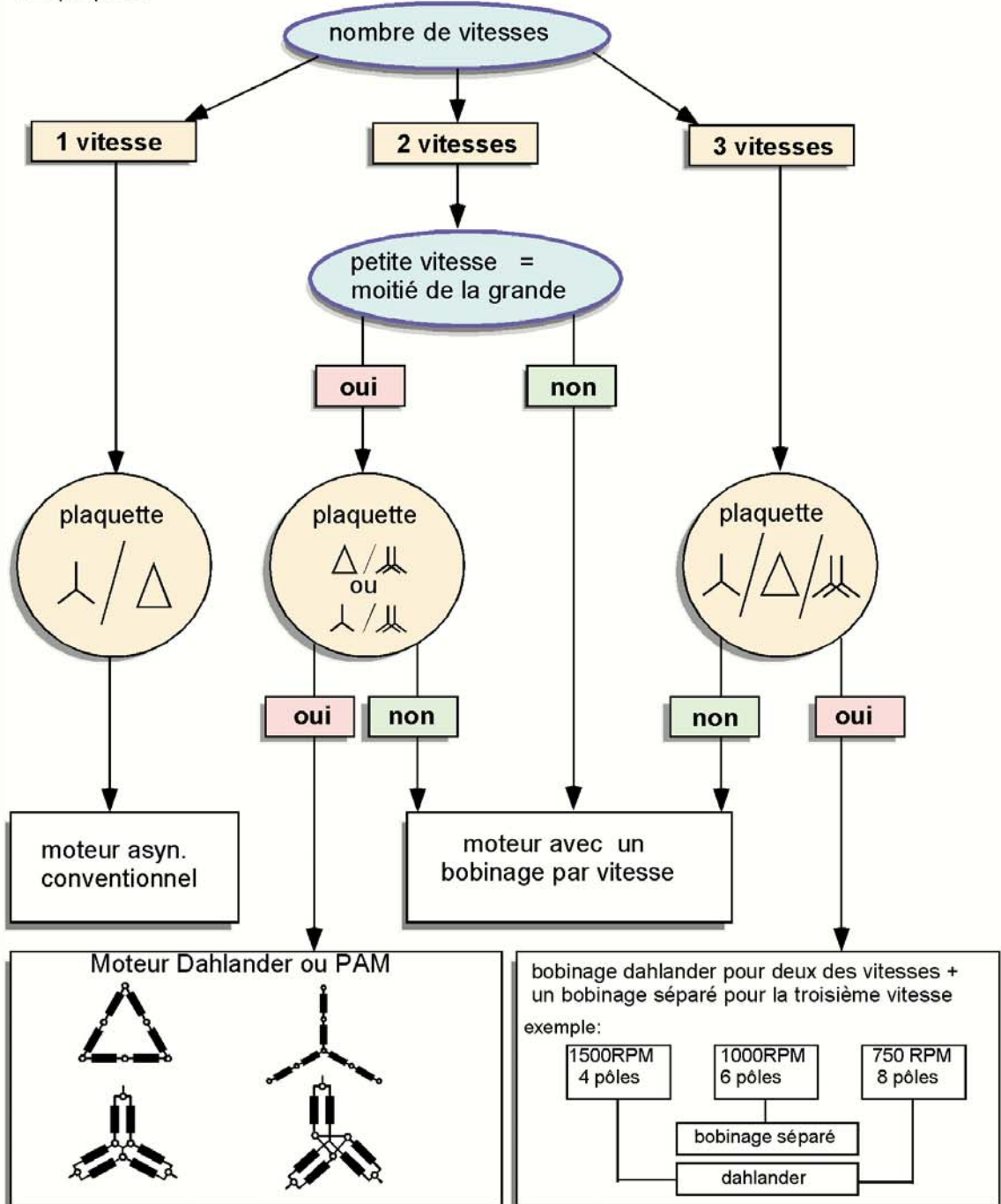
notre exemple: η = 0,91 = 91%

le rendement est toujours plus petit que 1 respectivement plus petit que 100%
lettre grecque: η = éta

REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

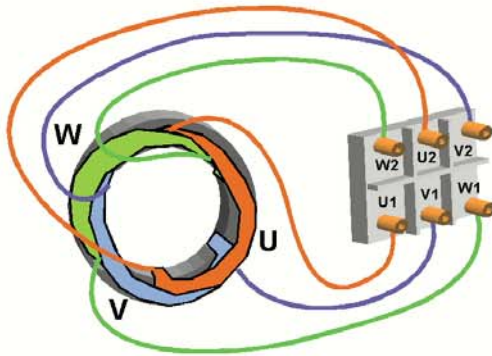
SUJET: les différentes sortes de moteurs asynchrones

Il existe plusieurs sortes de moteurs asynchrones. Il est possible de les reconnaître en observant leur plaquette.

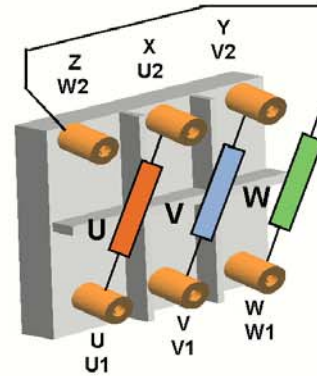


REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

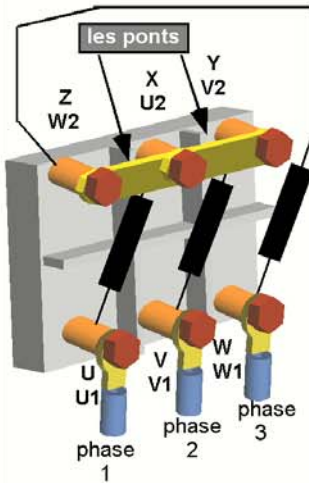
SUJET: la plaque à bornes d'un moteur asynchrone



raccordement simplifié d'un moteur deux pôles



représentation schématisée du raccordement de la plaque à bornes



Câblage du moteur : étoile

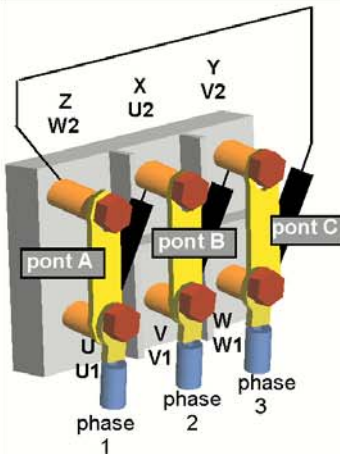
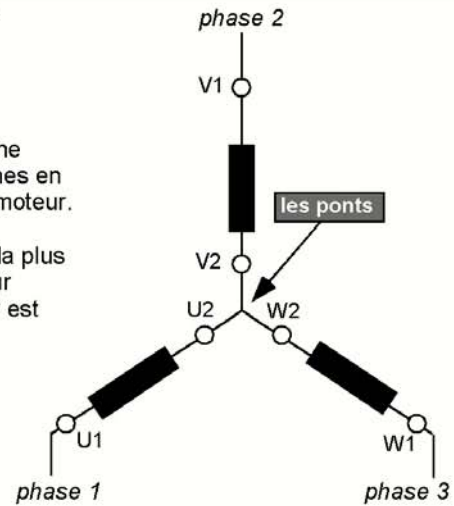
symbole:



spécificité:

Le courant qui entre dans une phase passe par deux bobines en série avant de ressortir du moteur.

Utilisation: pour la tension la plus grande admissible du moteur (exemple 380V si le moteur est noté 220V / 380V)



Câblage du moteur : triangle

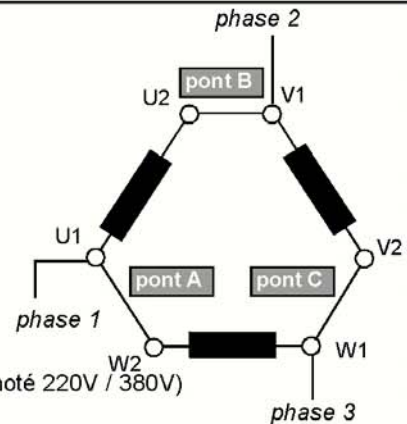
symbole:



spécificité:

Le courant qui entre dans une phase passe par une bobine avant de ressortir du moteur

Utilisation: pour la tension la plus petite admissible du moteur (exemple 220V si le moteur est noté 220V / 380V)



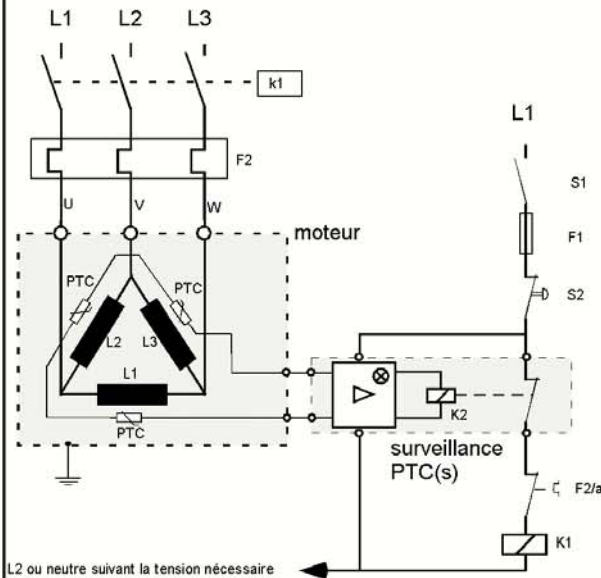
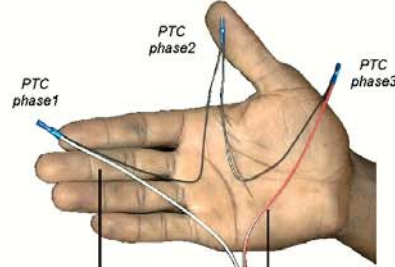
REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET: surveillance thermique

Il peut y avoir un circuit de PTCs* à l'intérieur des bobines. Dans ce cas, une PTC est placée à l'intérieur de chaque groupe de bobines et surveille la température (une PTC par phase respectivement trois PTCs par moteur triphasé).

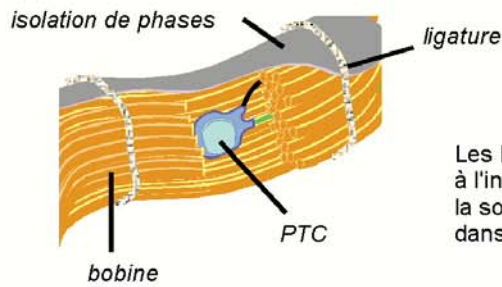
Fonctionnement: A basse température, les PTCs ont une faible résistance et le moteur fonctionne.

A partir d'une certaine température, définie par le choix des PTCs (voir tableau ci-après) celle-ci augmente sa résistance et interrompt la ligne de surveillance électromécanique qui arrête le moteur.



Le schéma ci-dessus montre une des possibilités de câblage des surveillances avec PTCs

fil 1	fil 2	température °C
blanc	gris	60
blanc	brun	70
blanc	blanc	80
vert	vert	90
rouge	rouge	100
brun	brun	110
bleu	vert	115
gris	gris	120
bleu	bleu	130
blanc	bleu	140
blanc	noir	145
noir	noir	150
bleu	noir	155
bleu	rouge	160
blanc	vert	170
blanc	rouge	180



Les PTC s seront placées parallèlement aux bobinages, à l'intérieur des bobines et de préférence du côté de la sortie d'air du moteur.(endroit qui chauffe le plus dans les têtes de bobines)

(Voir aussi page 33)

*** résistance à coefficient de température positif**

Élément électrique dont la résistance augmente lorsque la température environnante augmente.

REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET: les angles électriques et l'angle géométrique

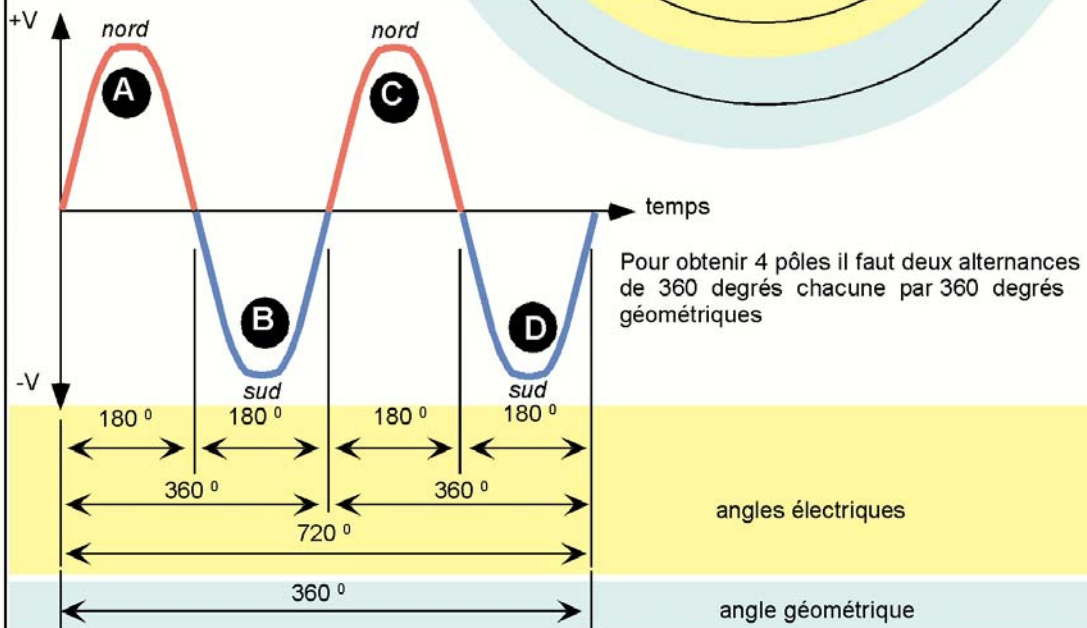
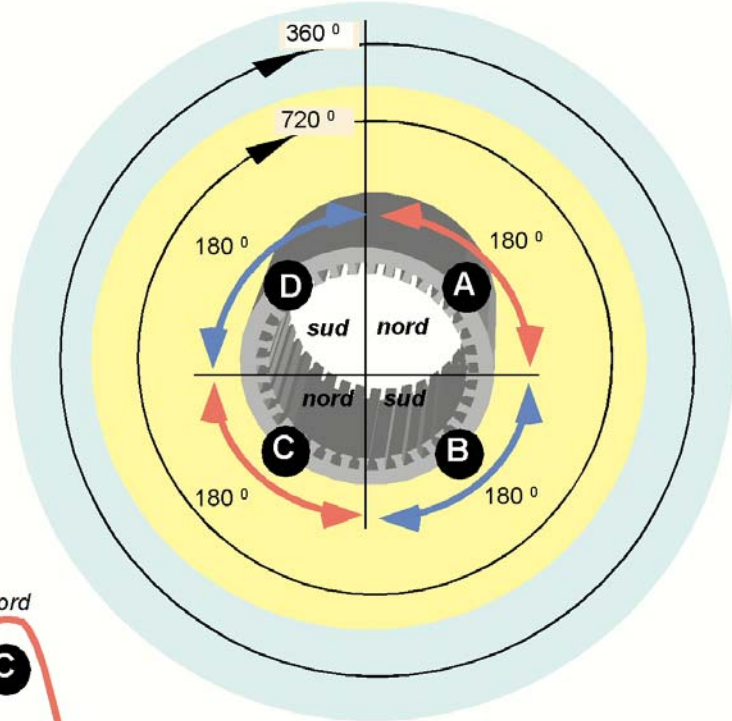
L'exemple est fait avec un moteur 4 pôles (1500 tours / minute) dans une culasse de 36 encoches.

L'angle géométrique:

Une culasse est constituée d'un cercle de 360°

Les angles électriques:

Ils dépendent du nombre de pôles du moteur.
(un moteur 4 pôles à 720°).



$$\text{décalage entre phases} = \frac{120^\circ \times \text{nombre d'encoches}}{\text{angle électrique}} = \frac{120^\circ \times 36}{720^\circ} = 6 \text{ encoches}$$

SUJET: tests et démontage d'un moteur brûlé

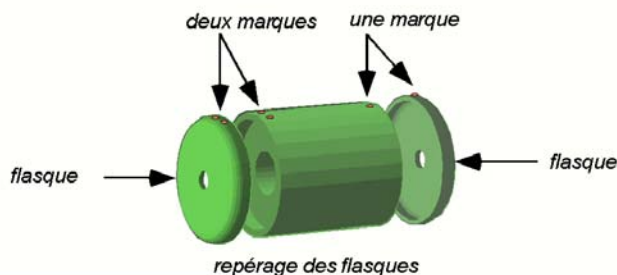
Huit façons de constater, avant son démontage, qu'un moteur est brûlé.

- 1 généralement, le moteur sent le brûlé;
- 2 lorsqu'il fonctionne, une fumée sort du moteur;
- 3 avec un ampèremètre, on mesure des courants différents entre phases (spires en court-circuit);
- 4 il chauffe anormalement;
- 5 les sécurités du moteur se coupent à sa mise sous tension (court-circuit);
- 6 lorsqu'on mesure à l'ohmmètre chaque série de bobines, on constate qu'elles n'ont pas la même valeur;
(**test 1** de la page 35)
- 7 lorsqu'on mesure avec un ohmmètre entre chaque série de bobines, on constate une résistance anormalement faible (court-circuit entre les phases). ATTENTION: ce test n'est pas possible si un câblage étoile ou triangle est fait à l'intérieur du moteur (trois fils sortant de la plaque à bornes pour aller dans le moteur);
(**test 2** de la page 35)
- 8 lorsqu'on mesure à l'aide d'un ohmmètre entre la terre et une série de bobines, on constate une résistance anormalement faible (court-circuit entre terre et phase)
(**test 3** de la page 36)

Démontage d'un moteur

Avant de commencer le démontage, il est recommandé de pointer les flasques de manière à pouvoir les repérer lors du remontage (certains moteurs n'ont pas des flasques réversibles).

Durant le démontage, il faut bien observer comment le moteur est assemblé.



REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET: repérage d'un bobinage d'origine

Avant de couper une tête de bobines, il est nécessaire de bien l'observer et de prendre des notes utiles au repérage du câblage d'origine.



exemple d'une tête de bobines dans un moteur 36 encoches



photo d'une tête de bobines (différente de celle dessinée)

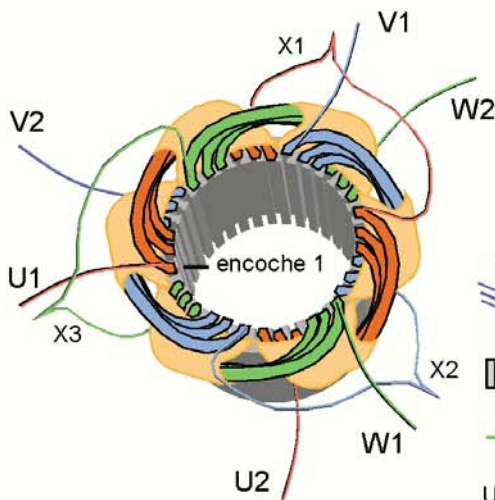
Pour le repérage, il faut identifier:

- les fils d'entrées et de sorties
- les connexions entre les bobines
- le nombre de bobines en série
- le nombre de pôles du moteur (également sur la plaquette du moteur)
- s'il y a une ou plusieurs bobines / encoches
- la présence d'une surveillance thermique

exemple ci-dessous:

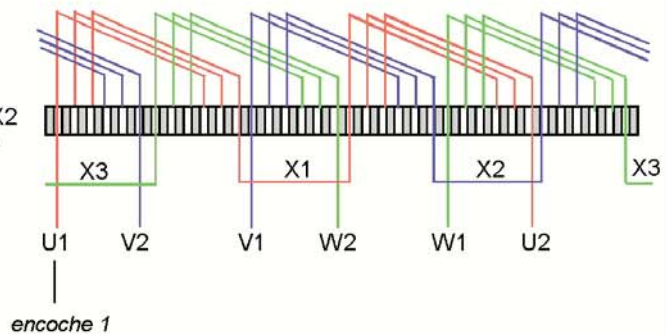
U1-U2; V1-V2; W1-W2
X1; X2; X3
2 fois 3 bobines par phase
4 pôles (1500 t/min.)

1 bobine par encoche
non



Recommandation:

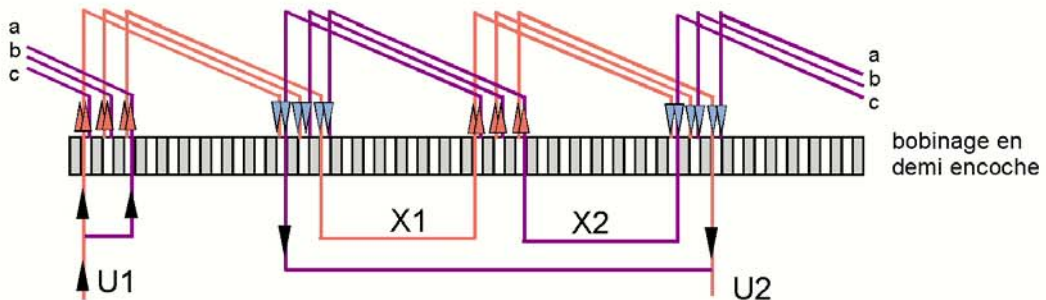
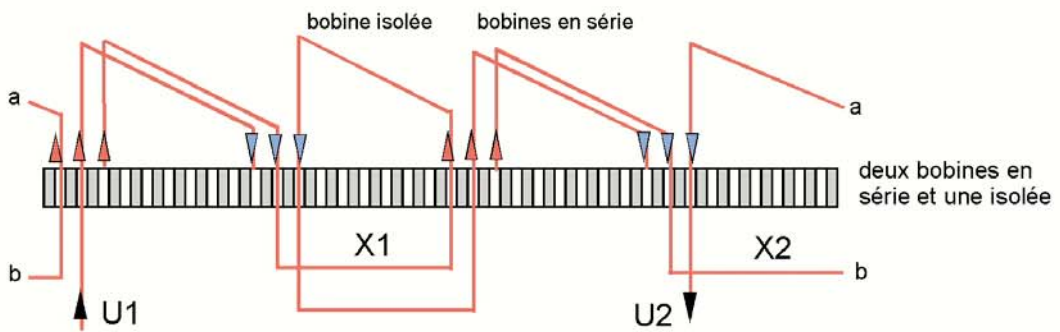
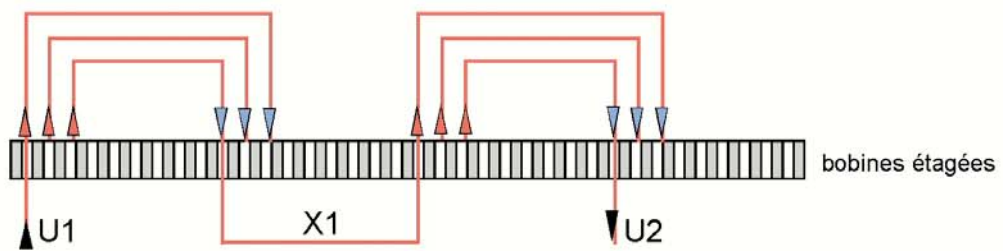
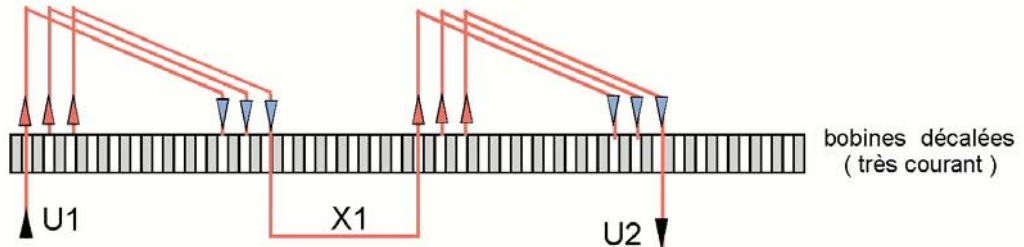
Conserver les têtes de bobines jusqu'à la fin du rebovinage pour pouvoir les observer.



REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET: différents positionnements de bobines

Pour un même moteur, il y a plusieurs possibilités de positions des bobines.
Ci-dessous, 4 exemples présentés sur une phase.

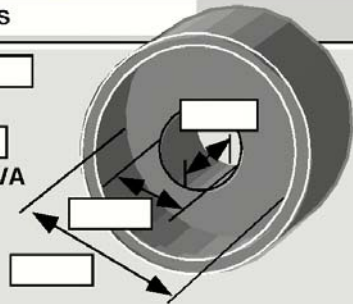


On remarque que pour chaque possibilité présentée, nous avons toujours, pour le même moteur, trois pôles nord ▲ puis six encoches vides, trois pôles sud ▼ puis six encoches vides avant de retrouver trois pôles nord ... **Cette progression doit être respectée!**

REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

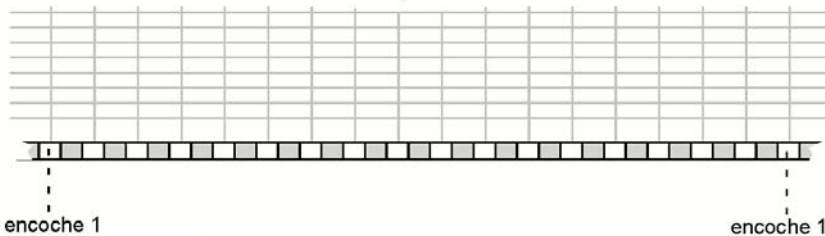
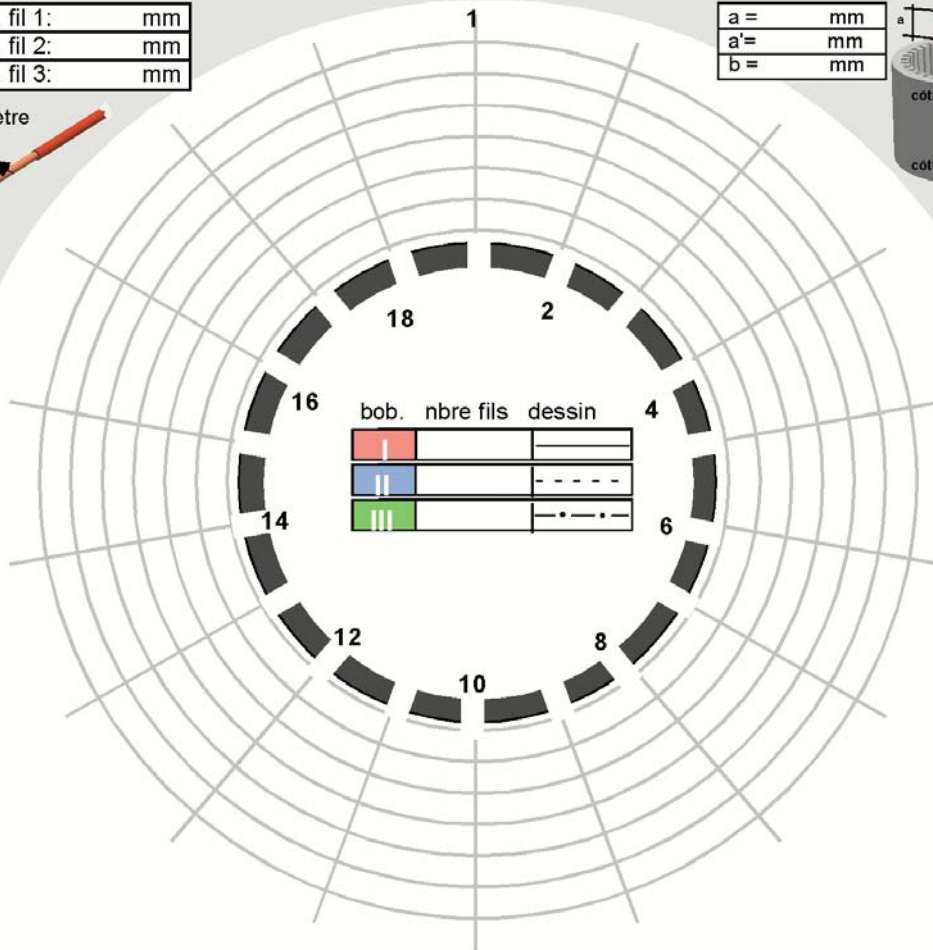
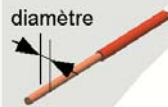
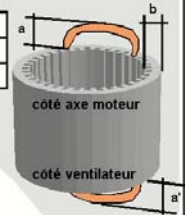
SUJET: repérage d'un bobinage sur 18 encoches

marque de l'appareil: modèle:
 utilisation : moteur alternateur
 vitesse de rotation: RPM phases cos φ
 puissance: HP kW kVA
 tension(s): V V
 courant(s): A A
 fréquence: Hz



diam. fil 1: mm
 diam. fil 2: mm
 diam. fil 3: mm

a = mm
 a' = mm
 b = mm



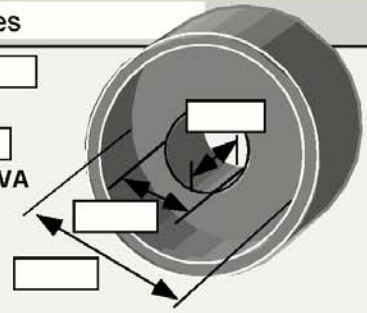
encoche 1

encoche 18

REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET: repérage d'un bobinage sur 24 encoches

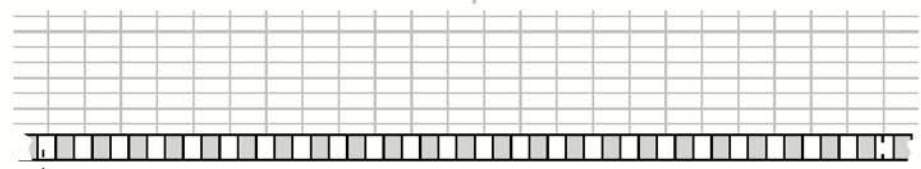
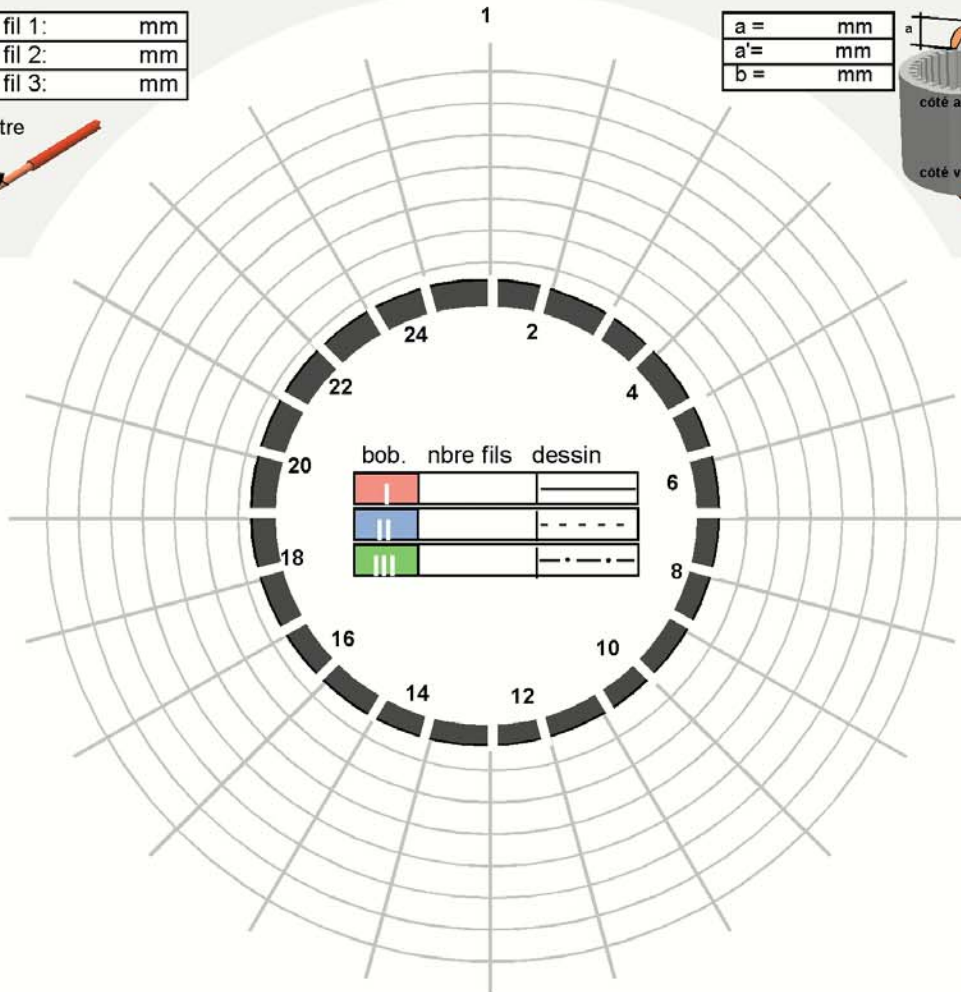
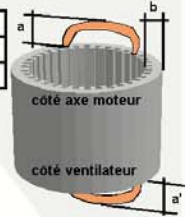
marque de l'appareil: modèle:
 utilisation : moteur alternateur
 vitesse de rotation: RPM phases cos φ
 puissance: HP kW kVA
 tension(s): V V
 courant(s): A A
 fréquence: Hz



diam. fil 1: mm
 diam. fil 2: mm
 diam. fil 3: mm



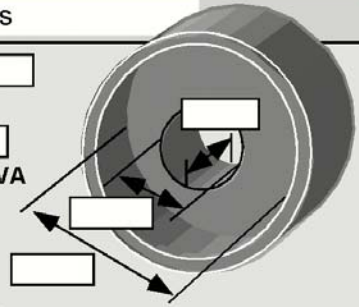
a = mm
 a' = mm
 b = mm



REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

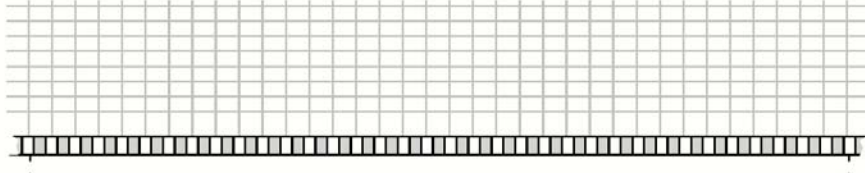
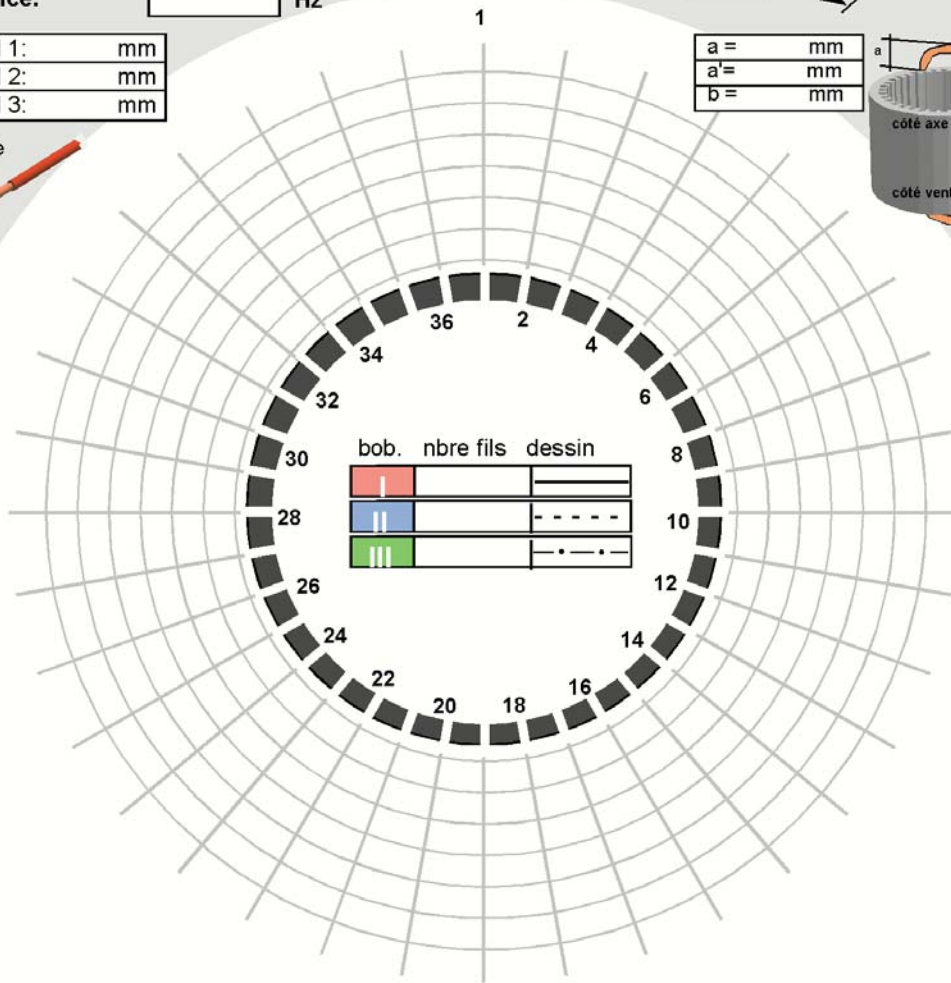
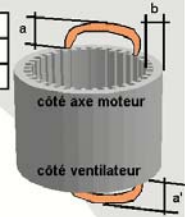
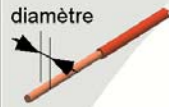
SUJET: repérage d'un bobinage sur 36 encoches

marque de l'appareil: modèle:
 utilisation : moteur alternateur
 vitesse de rotation: RPM phases cos φ
 puissance: HP kW kVA
 tension(s): V V
 courant(s): A A
 fréquence: Hz



diam. fil 1: mm
 diam. fil 2: mm
 diam. fil 3: mm

a = mm
 a' = mm
 b = mm



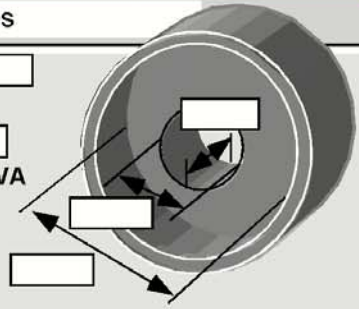
encoche 1

encoche 36

REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

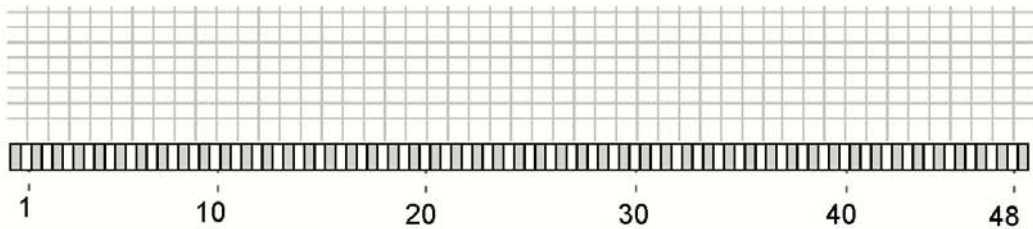
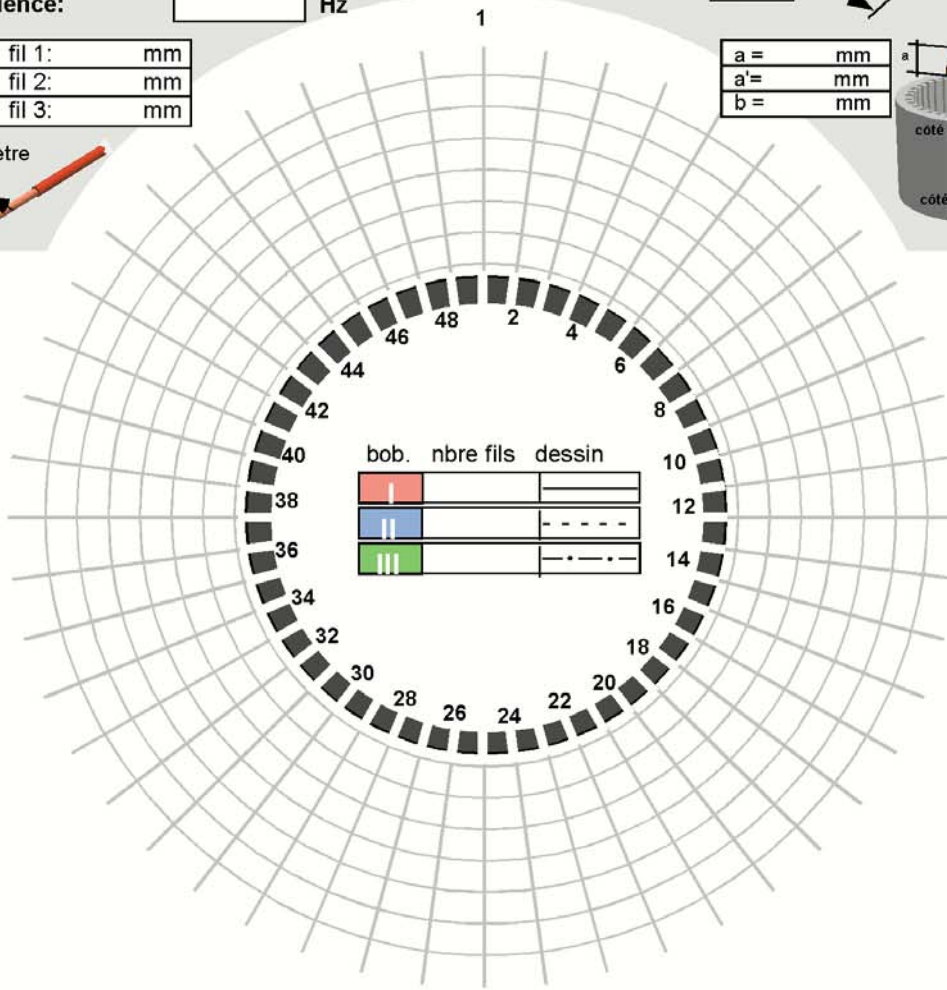
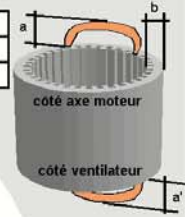
SUJET: repérage d'un bobinage sur 48 encoches

marque de l'appareil: modèle:
 utilisation : moteur alternateur
 vitesse de rotation: RPM phases cos φ
 puissance: HP kW kVA
 tension(s): V V
 courant(s): A A
 fréquence: Hz



diam. fil 1: mm
 diam. fil 2: mm
 diam. fil 3: mm

a = mm
 a' = mm
 b = mm



REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET: retrait des têtes de bobines



Pour effectuer les opérations qui suivent, il est nécessaire de porter des lunettes de protection (projection de bouts de fil de cuivre)

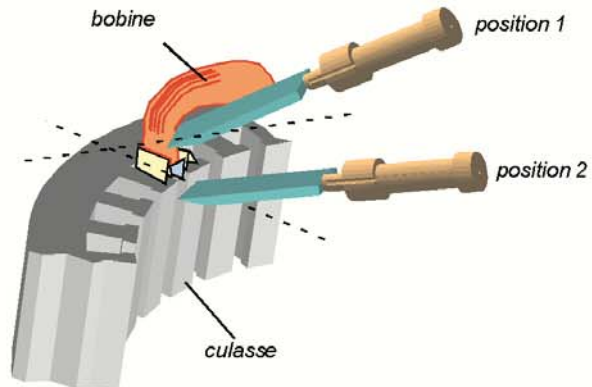
Important:

Si le moteur est trop brûlé pour que l'on puisse récupérer une tête de bobines, il est nécessaire de faire un repérage précis (prises de notes, croquis, etc.) avant de commencer son retrait.

Une fois que les repérages du bobinage d'origine sont faits, il faut couper les têtes de bobines à l'aide d'un ciseau de menuisier et d'un marteau.



La première découpe servira à dégrossir le travail dans le but de retirer la tête de bobines (si possible entière): il faut faire une première découpe bien au-dessus des encoches (voir position 1).



Une fois la tête de bobines retirée, on coupe les fils à la limite des encoches sans abîmer la culasse (voir position 2)

Après avoir retiré la première tête de bobines il est recommandé d'**essayer de chasser le cuivre au marteau avant de couper la seconde tête de bobines**. Si cette opération est difficile il faut brûler l'imprégnation et retirer le cuivre à la pince.
(pour toute ces opérations: voir la page 16)

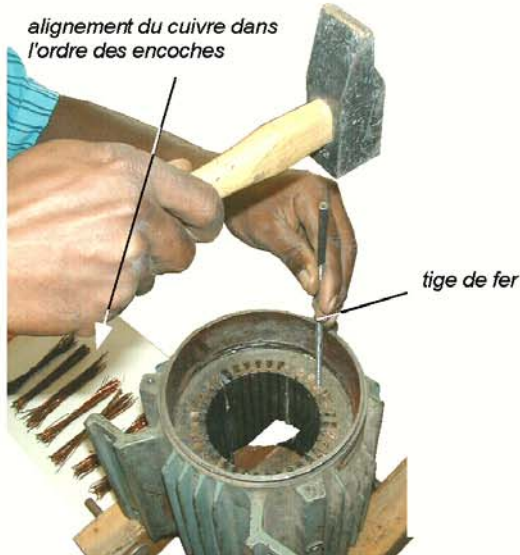


tête de bobines très bien conservée

REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET: retrait du cuivre dans les encoches

Pour retirer le cuivre (Cu) qui se trouve dans les encoches, il faut le frapper à l'aide d'une tige et d'un marteau. Si l'imprégnation empêche le retrait, il peut être nécessaire de brûler le contenu des encoches à l'aide d'un chalumeau.



retrait du cuivre Cu en le chassant au marteau

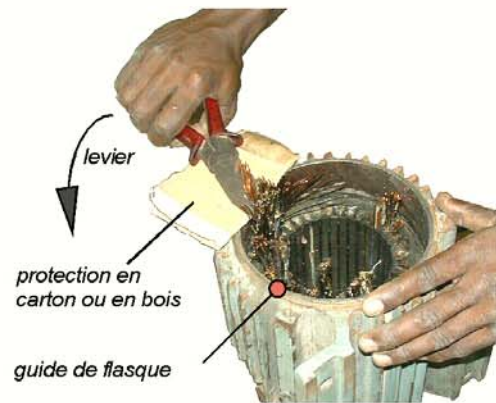
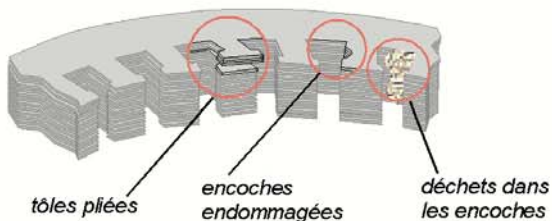


brûlage de l'imprégnation

Au fur et à mesure que le cuivre est retiré de l'encoche, il sera aligné, dans l'ordre des encoches afin de pouvoir compter le nombre de brins de cuivre que contenait chaque encoche, car il existe parfois de différences entre les d'encoches.

Si l'on retire le cuivre avec une pince, il faut veiller à ne pas endommager les guides des flasques.

Pour terminer, il faut nettoyer toutes les encoches en retirant tous les déchets puis remettre en place les tôles pliées et limer les encoches endommagées par le ciseau lors de la découpe du cuivre.



retrait du cuivre Cu à la pince

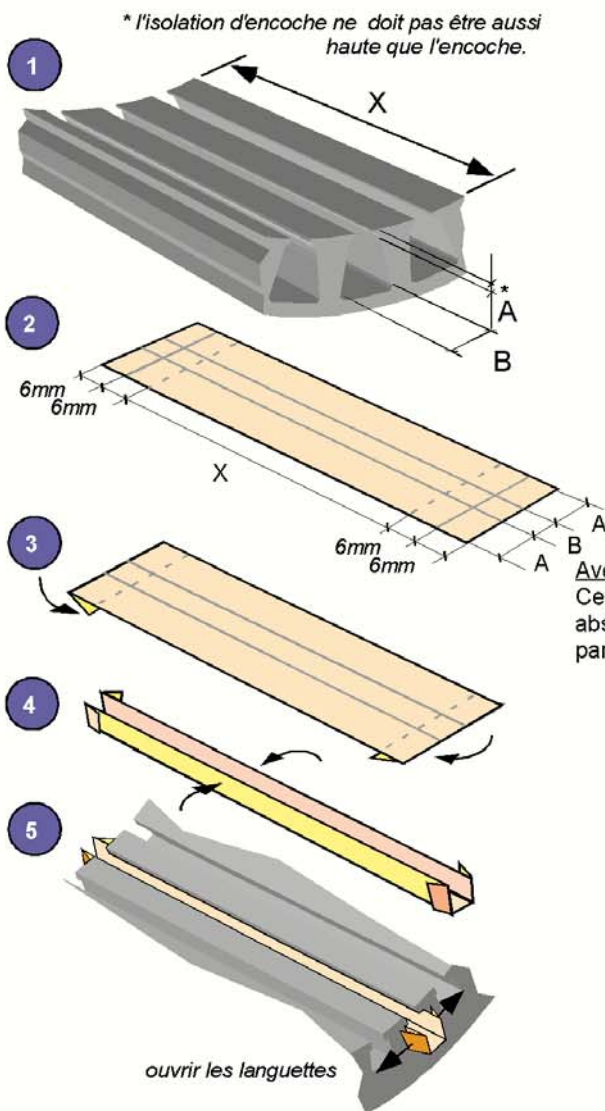
REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET: confection et montage des isolations d'encoche

Pour isoler électriquement la culasse des bobines qui seront traversées par le courant, nous devons monter des isolations d'encoche.

Il existe plusieurs qualités d'isolants. Chaque qualité correspond à une classe que l'on retrouve sur la plaquette du moteur (exemple: classe F)

Certains isolants sont vendus préformés (exemple: milar), il n'est donc pas nécessaire de faire les opérations de pliage montrées ci-dessous mais simplement de les couper de longueur ($x + 12\text{mm}$).



montage d'une isolation d'encoche

Avertissement:

Certains isolants à base de cellulose (carton) absorbent l'humidité et peuvent être attaqués par de petits animaux .



moteur équipé de ses isolations d'encoche

REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET: comptage du nombre de fils par encoches

Lorsqu'on compte le nombre de fils qui se trouvent dans chaque encoche, il ne faut pas perdre de vue que:



1) toutes les encoches n'ont pas forcément le même nombre de fils;

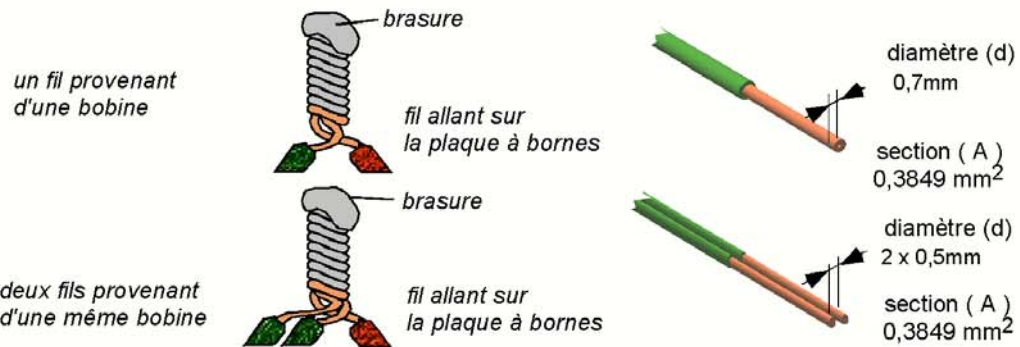
2) il est possible qu'il y ait plusieurs sections de fils dans une même encoche;

3) la section du fil peut avoir été obtenue en mettant plusieurs fils en parallèle.

Exemple: en lieu et place d'un fil de 0,7mm, on a placé deux fils de 0,5mm en parallèle. Ce qui donne environ la même section totale.

Comment reconnaître cette situation:

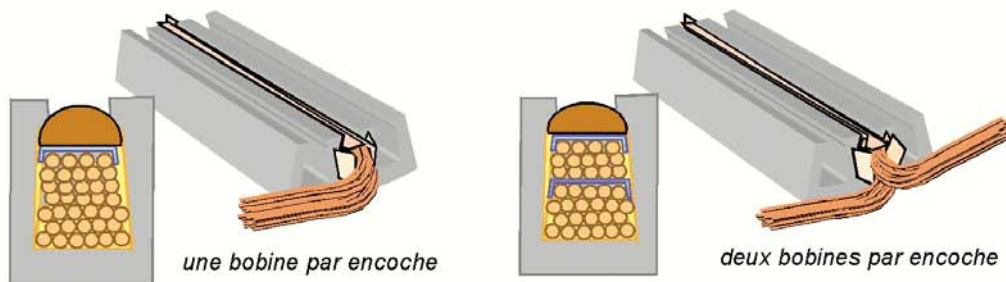
Observer combien de fils sont brasés ensemble



4) il peut y avoir plus d'une bobine par encoche.

Comment reconnaître cette situation:

Observer les deux têtes de bobines du moteur



Plusieurs bobines par encoche peut dire:

- bobinage standard adapté à la place disponible
- moteurs spéciaux ou à plusieurs vitesses

REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

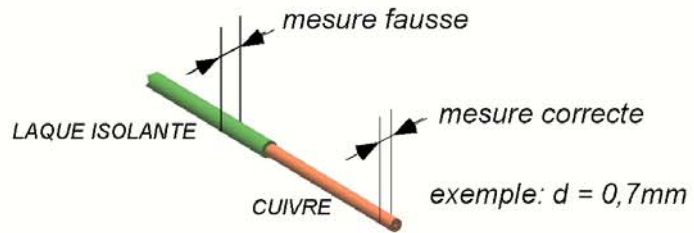
SUJET: mesure et choix des fils

La mesure du diamètre se fera à l'aide d'un micromètre ou d'un calibre dont la précision est au minimum du 1/10 de millimètre.



L'épaisseur de la laque isolante pouvant varier suivant les fournisseurs de fils, il est nécessaire de la retirer pour mesurer le diamètre effectif du cuivre (Cu).

On retire la laque en la brûlant au chalumeau, éventuellement en la grattant avec un cutter (couteau).



ATTENTION: C'est la section du fil qui est importante!

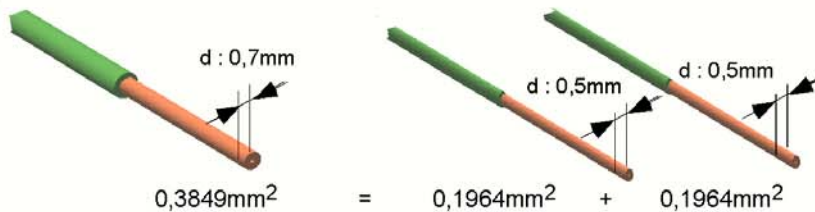
Recherche de la section du fil par le calcul

Formule	:	A	=	π	x	$(d / 2)^2$
Exemple	:	A	=	3,14159	x	$(0,7 / 2)^2$
		A	=	3,14159	x	$0,35^2$
		$0,3849 \text{ mm}^2$	=	3,14159	x	$0,1225$
Votre calcul	:	<input style="width: 50px;" type="text"/>	=	3,14159	x	$(\text{ } / 2)^2$

Recherche de la section du fil à l'aide d'une table:

Il existe des tables qui donnent la section des fils en fonction de leur diamètre.

Si l'on n'a pas la bonne section de fil ou que l'on a des difficultés à placer un fil trop gros dans les encoches, il est possible de placer plusieurs fils en parallèle dont la **section totale correspond à la section du fil d'origine**.



REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET: tablette des fils à bobiner les plus courants

fil					
européen		américain			
diamètre d (mm)	section indicative (mm ²)	appellation AWG	diamètre d (mm)	section indicative (mm ²)	diamètre du fil en pouce (inch)
0,125	0,01226				
		36	0,127	0,01266	0,0050
0,140	0,01539	35	0,14	0,01539	0,0056
0,160	0,02011	34	0,16	0,02011	0,0063
0,180	0,02545	33	0,18	0,02545	0,0071
0,200	0,03142	32	0,2	0,03142	0,0080
0,224	0,03946				
		31	0,226	0,04010	0,0089
0,250	0,04909				
		30	0,254	0,05060	0,0100
0,280	0,06158	29	0,28	0,06158	0,0113
0,315	0,07803				
		28	0,32	0,08030	0,0126
0,355	0,09911				
		27	0,36	0,10170	0,0142
0,400	0,12570	26	0,4	0,12570	0,0159
0,450	0,15900	25	0,45	0,15890	0,0179
0,500	0,19640				
		24	0,51	0,20410	0,0201
0,560	0,24663				
		23	0,57	0,25500	0,0226
0,630	0,31215				
		22	0,64	0,32150	0,0253
0,710	0,39646				
		21	0,72	0,40690	0,0285
0,750	0,44180				
0,800	0,50270				
		20	0,81	0,51000	0,0320
0,850	0,56750				
0,900	0,63620				
		19	0,91	0,65000	0,0359
1	0,78540				
		18	1,02	0,81670	0,0403
1,060	0,88368				
1,120	0,98655				
		17	1,15	1,03800	0,0453
1,180	0,98303				
1,250	1,22886				
		16	1,29	1,30000	0,0508

REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET: calculs pour le rebobinage

Données de base

vitesse de rotation :	1500 RPM	= nombre de pôles :	4
nombre tot. d'encoches :	36	nombre de phases :	3

A) nombre de paires de pôles:

nombre de pôles : 2 = nombre de paires de pôles

B) nombre d'encoches par phase:

n.bres tot. d'encoches : n.bre de phases = n.bre d'encoches par phase

C) nombre d'encoches vides par pas:

nbre d'encoches par phase : nombre paires de pôles = nombre d'encoches vides par pas
 : = nbre d'encoches vides par pas

D) nombre de bobines en série par phase:

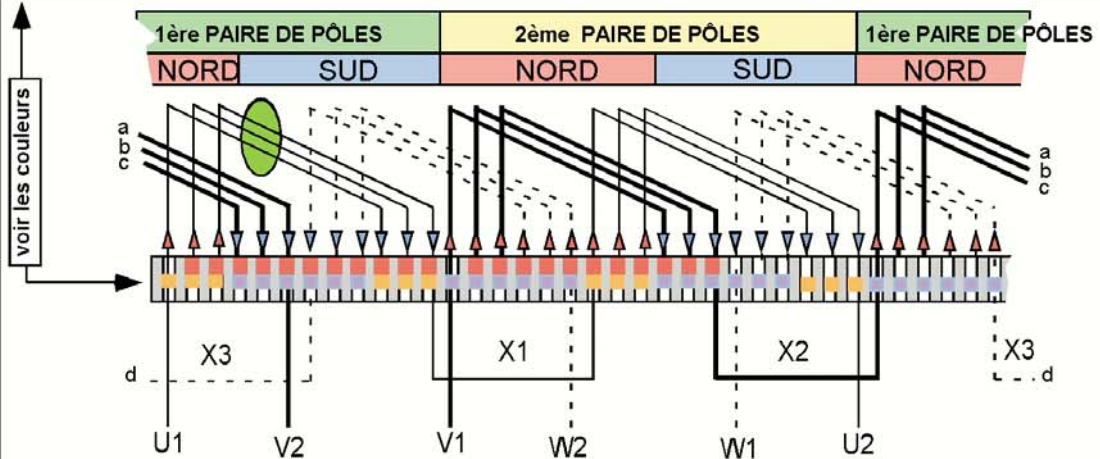
nombre d'encoches par phase : nombre de pôles = nbre de bobines en série par phase
 : = nbre bobines en série par phase

E) nbre d'encoches vides entre les entrées de phases:

(nbre bobines en série x 4) - 1 = nombre d'encoches vides entre entrées de phases

(x 4) - 1 =

Pour notre exemple: entre l'entrée U1 et l'entrée V1 nous avons 11 encoches vides
 entre l'entrée V1 et l'entrée W1 nous avons 11 encoches vides



Le repérage avec les couleurs a été fait pour la phase U1- U2 seulement, il va de soi qu'il peut être fait pour les autres phases.

Pour déterminer les pôles, nous avons pris une situation instantanée (le courant entre par U1, V1 et W2) car il y a toujours deux phases entrantes et une sortante. Dans la réalité, il y a une succession d'instantanés durant lesquels les entrées et sorties de courant changent continuellement (fréquence du réseau ex.: 50Hz)

REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET: calculs pour le rebobinage (feuille vierge)

Données de base

vitesse de rotation :	RPM	= nombre de pôles :	
nombre tot. d'encoches :		nombre de phases :	

A) nombre de paires de pôles:

nombre de pôles : 2 = nombre de paires de pôles

B) nombre d'encoches par phase:

n.bres tot. d'encoches : nombre de phases = nombre d'encoches par phase

 : =

C) nombre d'encoches vides par pas:

nbre d'encoches par phase : nombre paires de pôles = nombre d'encoches vides par pas

 : =

D) nombre de bobines en série par phase:

nombre d'encoches par phase : nombre de pôles = nbre de bobines en série par phase

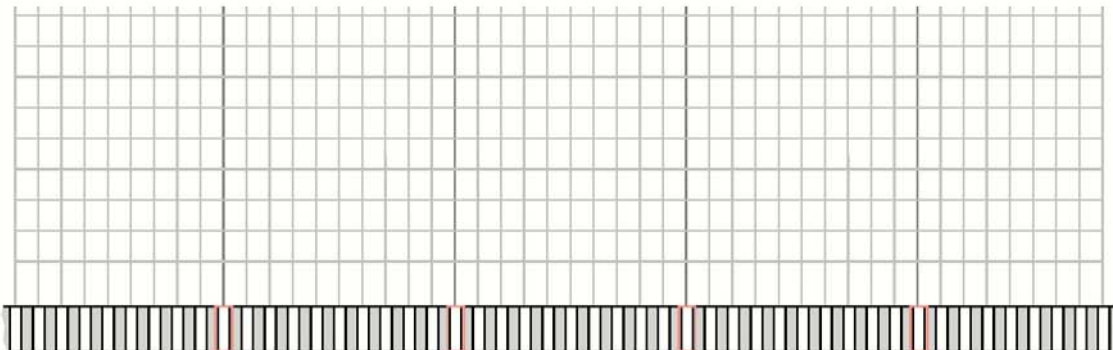
 : =

E) nbre d'encoches vides entre les entrées de phases:

(nbre bobines en série x 4) - 1 = nombre d'encoches vides entre entrées de phases

(x 4) - 1 =

10 20 30 40



encoche 1

encoche 18

encoche 24

encoche 36

encoche 48

REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET: calcul d'un bobinage pour une nouvelle tension

Données de base:

tension d'origine :	220V	nouvelle tension :	400V
nbre de spires d'origine par encoche:	46	du fil d'origine :	0,85mm

A) recherche de la section du fil d'origine:

à l'aide de la table (voir page: table des fils à bobiner les plus courants) :

diamètre = section correspondante =

par le calcul:

$$A = 3,1416 \times (d / 2)^2$$

$$A = 3,1416 \times (\text{input } 0,85 \text{ mm} / 2)^2 = \text{input } 0,5675 \text{ mm}^2$$

B) nouveau nombre de spires pour la nouvelle tension:

nouv. nbre de spires = $\frac{\text{nbre de spires d'origine} \times \text{nouvelle tension}}{\text{tension d'origine}}$

$$\text{input } 83,63 \text{ spires} = \frac{\text{input } 46 \text{ spires} \times \text{input } 400 \text{ V}}{\text{input } 220 \text{ V}}$$

C) section du fil pour la nouvelle tension:

section fil nouv. tension = $\frac{\text{section fil d'origine} \times \text{tension d'origine}}{\text{nouvelle tension}}$

$$\text{input } 0,3121 \text{ mm}^2 = \frac{\text{input } 0,5675 \text{ mm}^2 \times \text{input } 220 \text{ V}}{\text{input } 400 \text{ V}}$$

D) choix du fil:

nouvelle section :

Sur la table, la section la plus proche de est:

pour le fil européen (diamètre:)

Au cas où la section se trouve entre deux valeurs standards de fils, il est préférable de prendre la section standard de valeur inférieure (moins de courant et moins de place dans les encoches).

REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET: calcul d'un bobinage pour une nouvelle tension

Données de base:

tension d'origine :	<input type="text"/>	nouvelle tension :	<input type="text"/>
nbre de spires d'origine par encoche:	<input type="text"/>	diam. du fil d'origine :	<input type="text"/>

A) recherche de la section du fil d'origine:

à l'aide de la table (voir la page: table des fils à bobiner les plus courants) :

diamètre = section correspondante =

par le calcul:

$$A = 3,1416 \times (d / 2)^2$$
$$A = 3,1416 \times (\text{} / 2)^2 = \text{}$$

B) nouveau nombre de spires pour la nouvelle tension:

nouv. nbre de spires = $\frac{\text{nbre de spires d'origine} \times \text{nouvelle tension}}{\text{tension d'origine}}$

$$\text{} = \frac{\text{} \times \text{}}{\text{}}$$

C) section du fil pour la nouvelle tension:

section fil nouv. tension = $\frac{\text{section fil d'origine} \times \text{tension d'origine}}{\text{nouvelle tension}}$

$$\text{} = \frac{\text{} \times \text{}}{\text{}}$$

D) choix du fil:

nouvelle section :

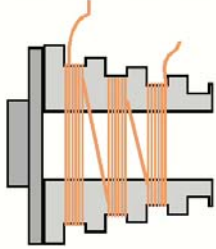
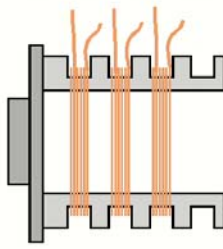
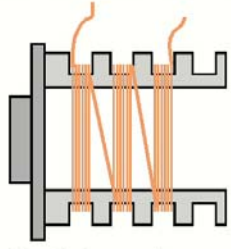
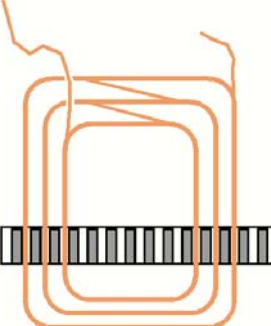
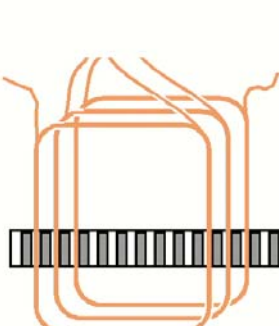
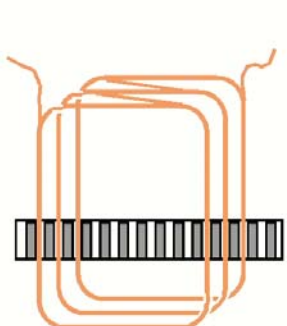
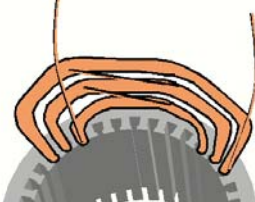


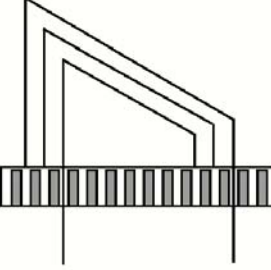
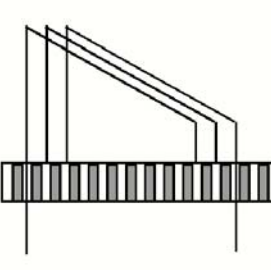
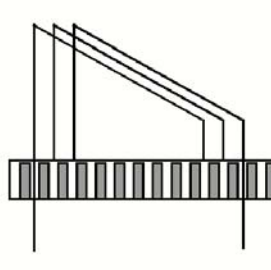
Sur la table, la section la plus proche de est:

pour le fil européen (diamètre:)

Au cas où la section se trouve entre deux valeurs standards de fils, il est préférable de prendre la section standard de valeur inférieure (moins de courant et moins de place dans les encoches).

REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET: les sortes de bobinages en série

remarques	<p>trois bobines de hauteur différente et en série</p> <p>soin dans le montage attention au sens pendant le montage dans les encoches</p> <p>tête de bobines haute</p>	<p>trois bobines séparées</p> <p>beaucoup de brasage attention aux combinaisons de fils pendant le brasage</p> <p>tête de bobines large</p>	<p>trois bobines identiques en série</p> <p>soin pendant le montage dans les encoches attention au sens de montage</p> <p>tête de bobines large</p>
bobines terminées sur le gabarit de bobinage	 <p>gabarit étagé</p>	 <p>gabarit à un niveau</p>	 <p>gabarit à un niveau</p>
bobines à la sortie du gabarit de bobinage			
position dans les encoches			
représentation schématique			

REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET: préparation des gabarits du tour à bobiner

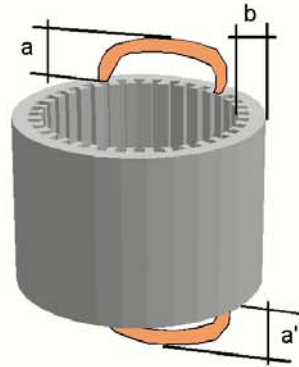
Avant de commencer à faire ce qui suit, il est indispensable de **connaître le type de bobines** en série que l'on va monter (voir la page 25). Le choix va dépendre de la **hauteur max. de la tête de bobines " a "**, de la **place disponible pour l'empilement " b "** des bobines ainsi que des **gabarits disponibles** pour la préparation des bobines



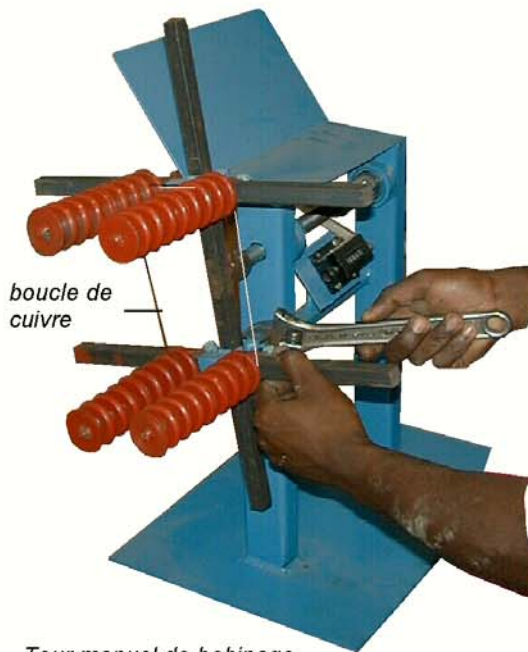
Gabarit pour bobines identiques



Gabarit pour bobines étagées

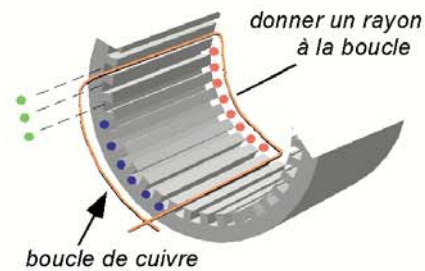


Placer un fil dans la culasse en respectant le nombre d'encoches vides entre l'entrée et la sortie des bobines. Suivant la sorte de bobinages en série, le nombre d'encoches vides ne correspond pas au nombre d'encoches vides par pas !



boucle de cuivre

Tour manuel de bobinage



Dans notre exemple, il y a 8 encoches vides entre l'entrée et la sortie de la bobine. Dans ce cas il y aura 3 bobines empilées en série et 6 encoches vides par pas .

On monte la boucle de fil de cuivre préparée dans la culasse sur le tour à bobiner, et on ajuste le gabarit à sa grandeur.

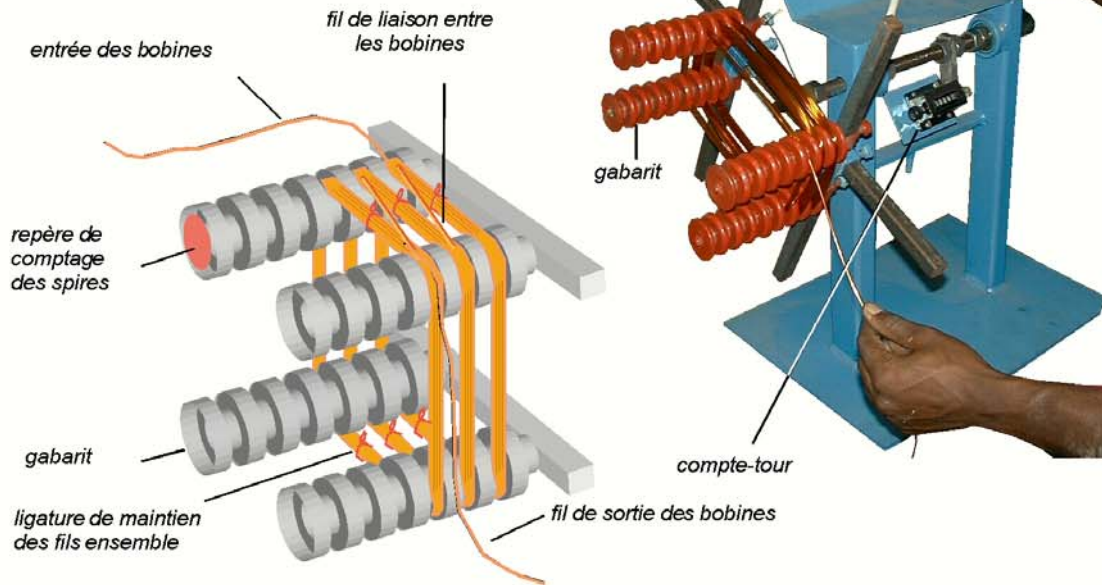
Avant de confectionner la quantité de bobines voulue, il est recommandé d'essayer la première et d'apporter les modifications nécessaires.

REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

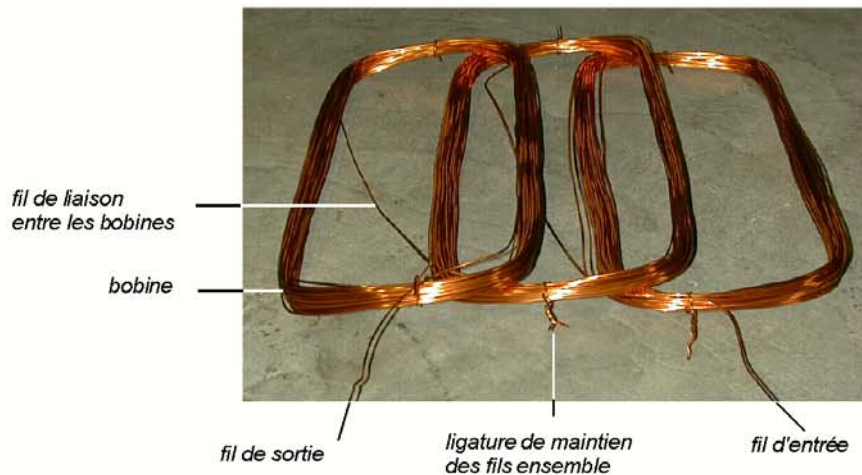
SUJET: confection des bobines sur le tour

Lorsqu'on confectionne les bobines, il faut respecter:

- 1 le nombre de spires par bobine;
- 2 la section du fil;
- 3 la position où les fils de liaison changent de bobine;
- 4 une réserve de longueur pour les fils d'entrée et de sortie;
- 5 essayer d'aligner au mieux les fils dans le gabarit (facilité le montage ultérieur des bobines dans les encoches);
- 6 mettre des ligatures pour maintenir les fils ensemble.



Jeu de trois bobines en série



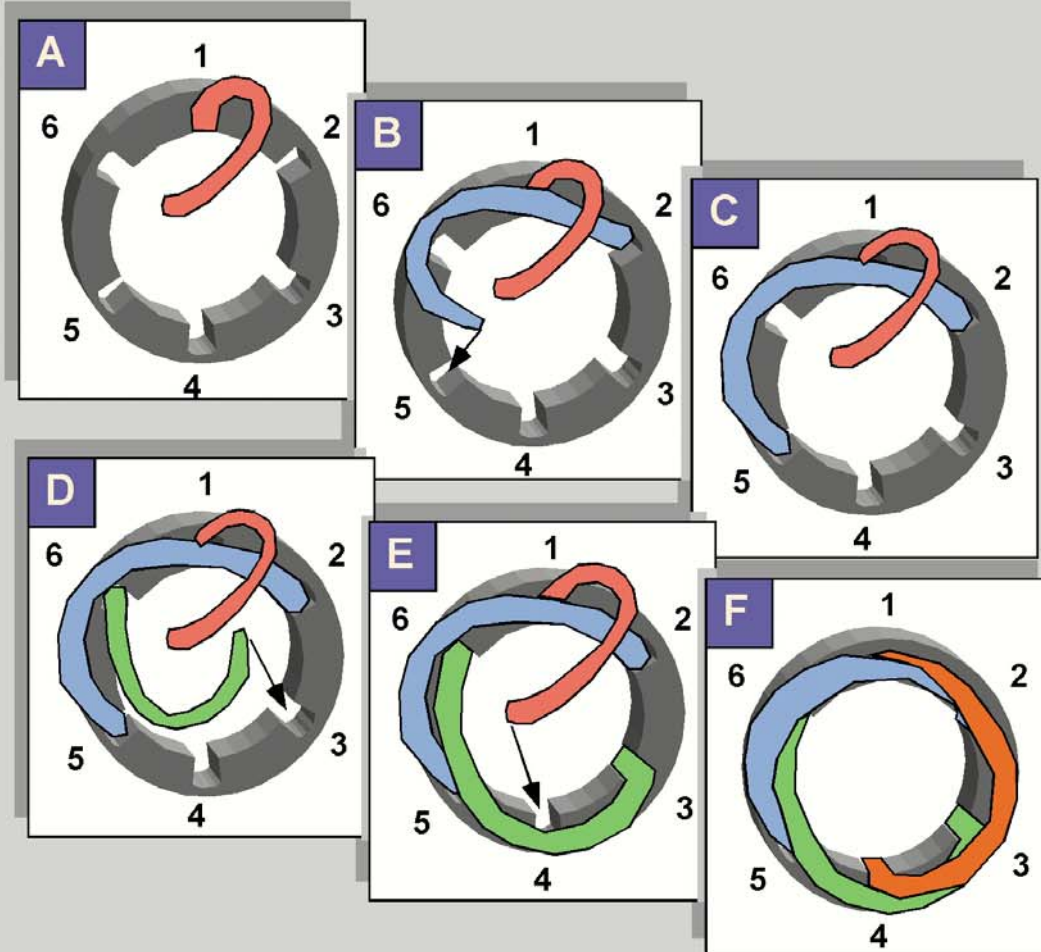
REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET: ordre de montage des bobines

Ci-dessous est présenté l'ordre de montage des bobines pour obtenir une disposition symétrique.

On remarque surtout que la première bobine montée (en rouge) est aussi la dernière à être complètement montée.

Pour rendre plus visuelle la présentation nous avons représenté seulement 6 encoches. Chaque couleur représente une phase.



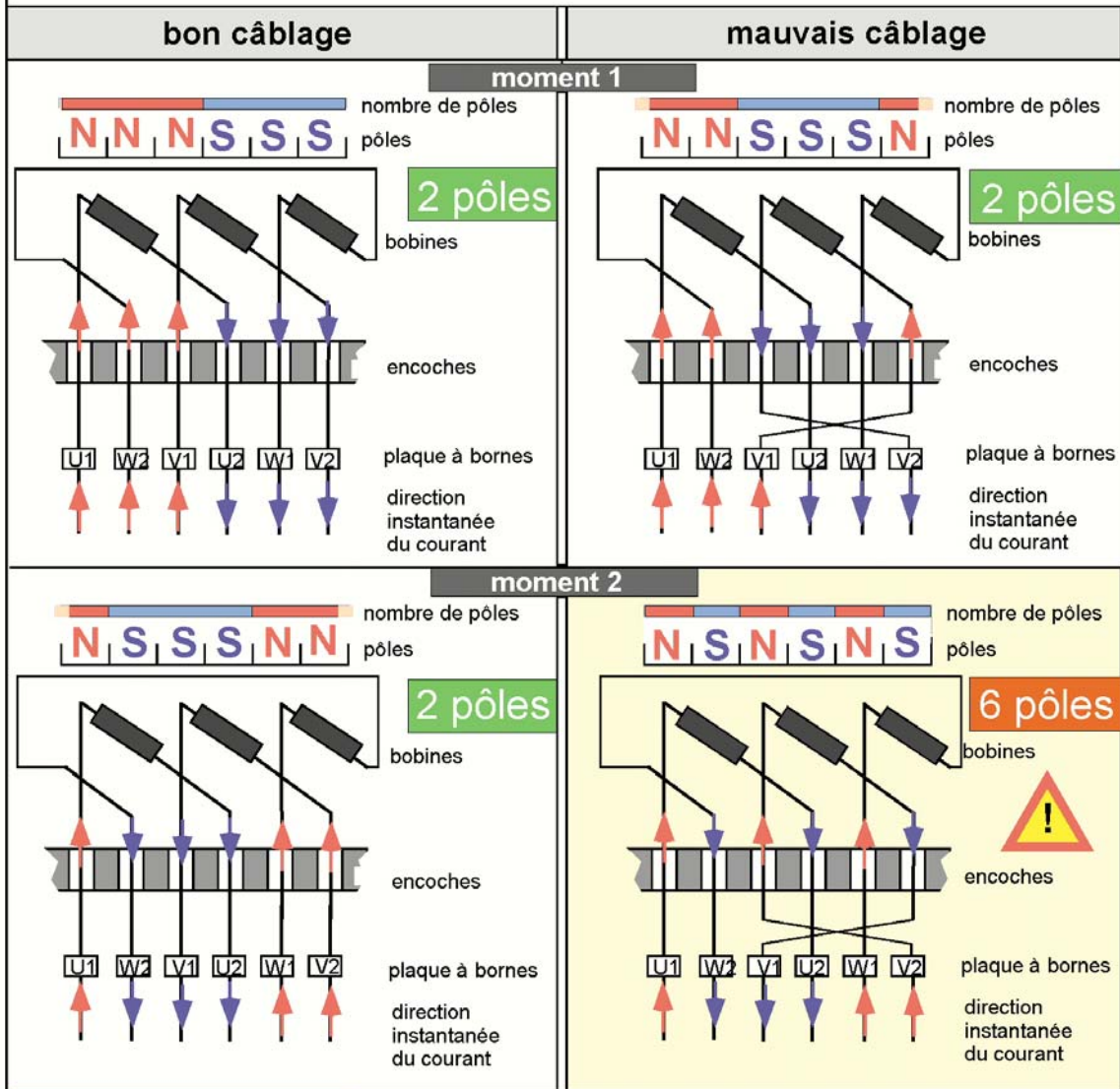
REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET: lorsqu'une bobine est à l'envers

Si pendant le montage des bobines dans les encoches ou pendant le brasage des fils, on croise une ou plusieurs bobines, le moteur tournera de manière anormale.

L'exemple ci-dessous montre, à gauche, un moteur correctement câblé et, à droite, un moteur où la bobine V1-V2 est à l'envers. On constate qu'au:

- moment 1** : tout semble normal (cette situation peut se retrouver plusieurs fois par cycle)
- moment 2** : le moteur de droite a 6 pôles ce qui n'est pas normal.



REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

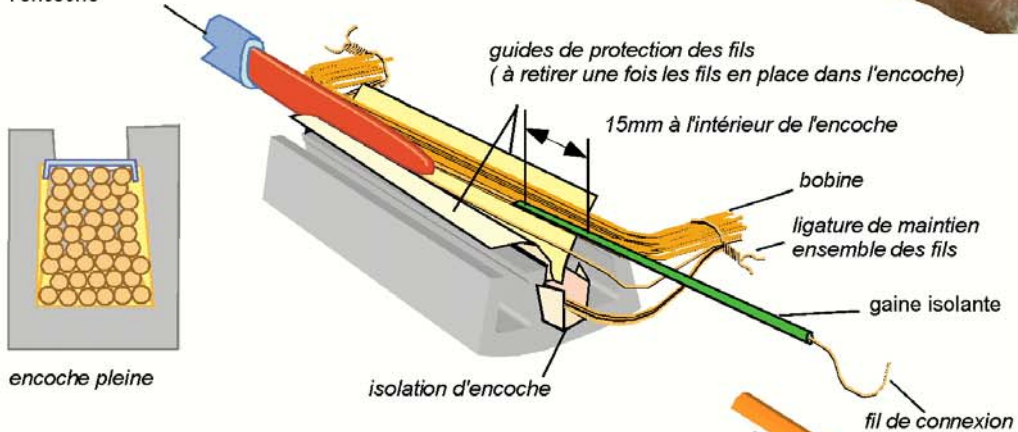
SUJET: montage des bobines dans les encoches

Pour placer les bobines dans les encoches, il faut être très attentif et tenir compte des points suivants:

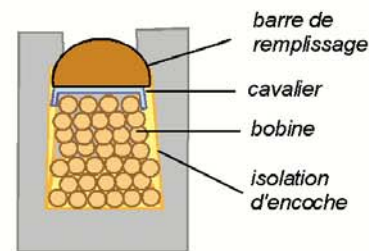
- 1 ne pas endommager le fil pendant le montage;
- 2 veiller à ce que les fils de connexion soient placés du côté où se trouve la plaque à bornes;
- 3 être attentif au nombre d'encoches à laisser vides entre l'entrée et la sortie d'une bobine;
- 4 lorsqu'il y a plusieurs bobines en série, veiller à les monter dans le bon sens; (voir la page 29)
- 5 penser à appliquer la méthode de montage qui assure une symétrie dans la position des bobines (voir la page 28)



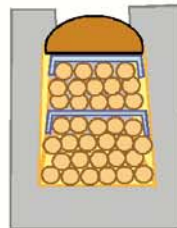
palette pour faire glisser les fils dans l'encoche



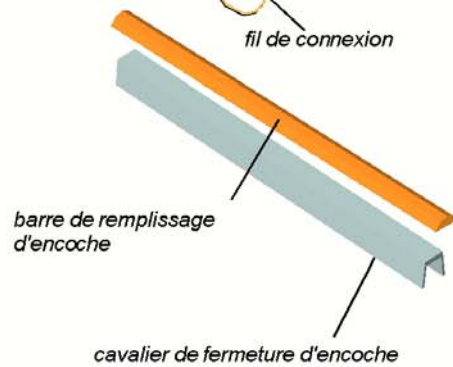
encoche pleine



encoche avec barre de remplissage



deux 1/2 bobines par encoche



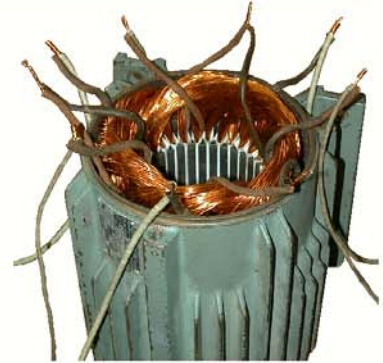
SUJET: brasage des connexions



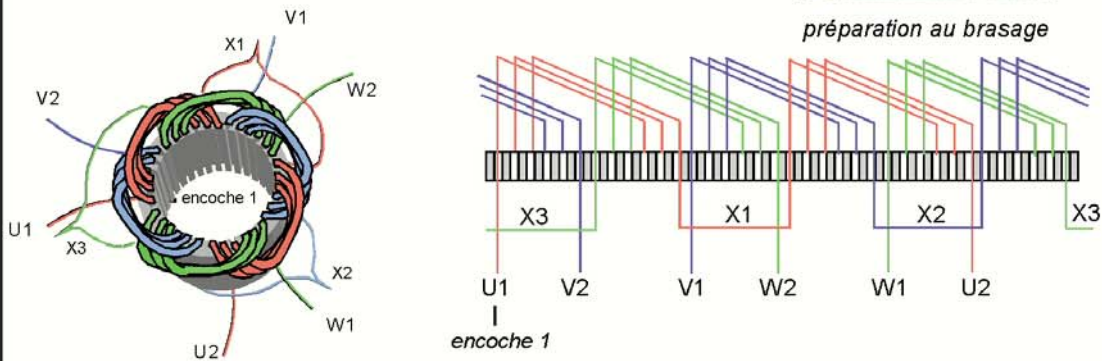
Pour effectuer les opérations qui suivent, il est nécessaire de porter des lunettes de protection. (éclaboussures de matière en fusion)

Il faut relier ensemble les bobines de même phase (X1; X2; X3) et mettre des rallonges de fil isolé, résistant à la chaleur, pour les entrées et sorties qui seront raccordées à la plaque à bornes. Pour exécuter cette liaison, il est très important de ne pas commettre d'erreurs.

Il est également important de différencier les fils d'entrées (U1; V1; W1) des fils de sorties (U2; V2; W2), de manière à pouvoir les repérer au moment du raccordement sur la plaque à bornes (voir la page 34).



préparation au brasage



Pour relier les fils, il faut les torsader puis les braser. Pour le brasage, il est recommandé de protéger les gaines et les isolations en les recouvrant d'une toile humide.

Pour braser, il faut:

- 1 torsader les fils ensemble sur une longueur suffisante (suivant la section des fils);
- 2 protéger les isolations avec une toile humide (risque qu'elles prennent feu);
- 3 positionner les torsades à l'extérieur de la culasse (protection des bobines);
- 4 braser avec soin la partie supérieure de la torsade (le cuivre doit fondre);
- 5 retirer la toile humide;
- 6 éventuellement étamer la brasure avec de la soudure d'argent ou à l'étain.



préparation de la torsade



brasage

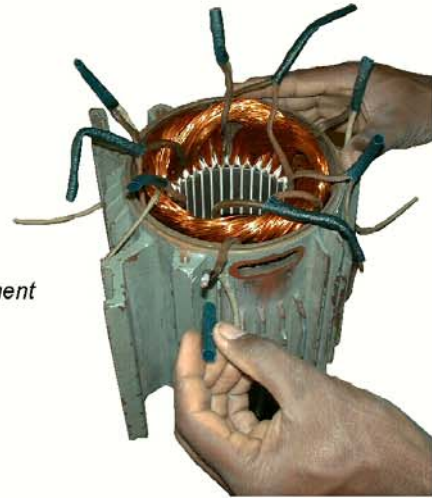
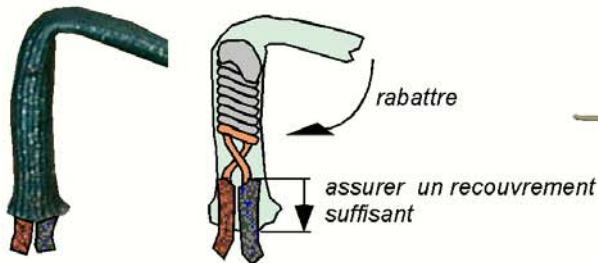


étamage de la brasure

SUJET: montage des isolations de brasures et de phases

Montage des isolations sur les brasures

Il faut placer des isolations sur chaque brasure.

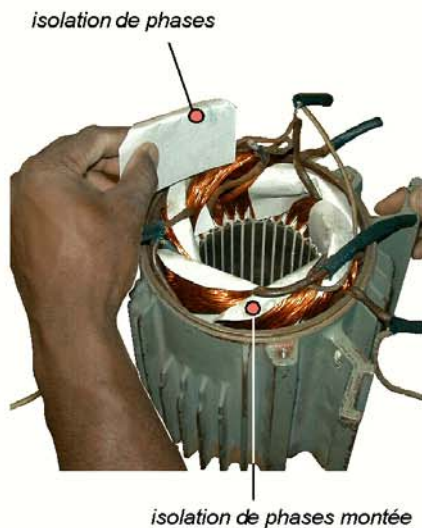
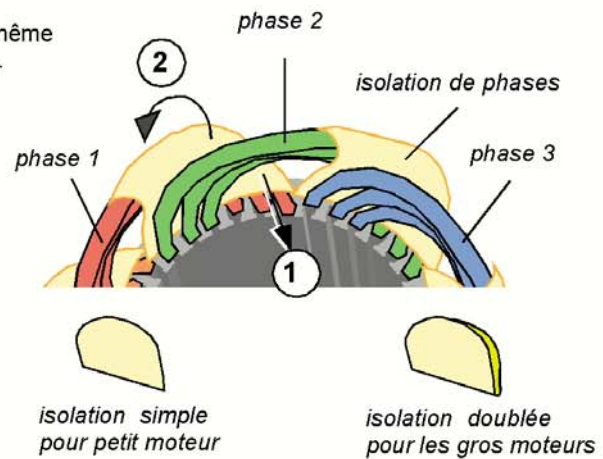


Montage des isolations de brasures

Montage des isolations de phases

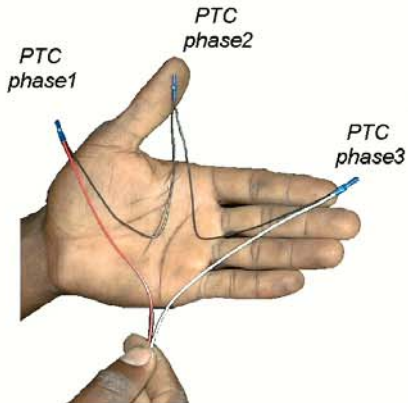
De façon à assurer une séparation électrique entre les différentes phases, qui n'ont jamais la même différence de potentiel entre elles, on place des isolations de phases.

Pour les isolations de phases, on choisira la même classe d'isolants que celle pour les encoches.



- 1 Placer l'isolation entre les têtes de bobines de deux phases en veillant à bien séparer les phases.
- 2 Rabattre l'isolation sur la bobine de la phase la plus à l'extérieur.
- 3 S'assurer qu'à aucun endroit des fils de phases différentes ne se touchent.

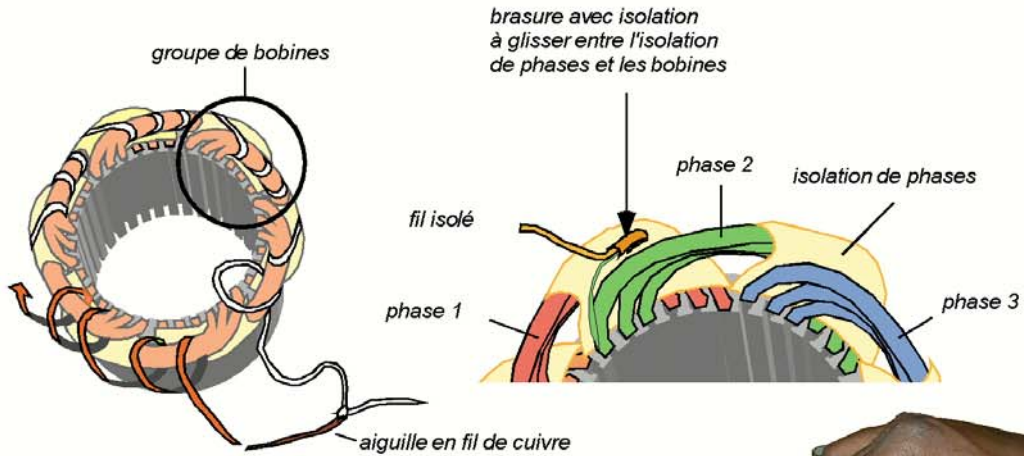
SUJET: ligatures et positionnement des surveillances thermiques



sécurité de phases constituée de trois PTC en série

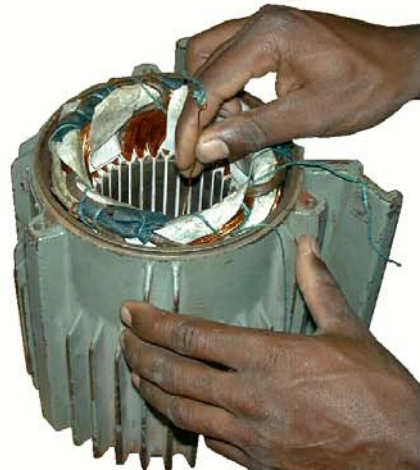
Avant de ligaturer les têtes de bobines ensemble, il faut:

- ① si nécessaire, placer les sécurités thermiques sur les phases. Il y aura une sécurité placée dans une bobine de chaque phase (respecter la valeur en fonction de la classe d'isolement de moteur; (exemple: classe F = max. 155°C.)
- ② placer les brasures recouvertes de leur gaine isolante entre l'isolation de phase et la bobine ou à l'extérieur de la tête de bobines si cela n'est pas possible.



Pour faire une bonne ligature, il faut:

- ① respecter le sens d'enroulement de la ficelle;
- ② une fois un groupe de bobines ficelé ensemble former les bobines à l'aide d'un marteau en plastique en tendant la ficelle;
- ③ veiller à ce que les brasures des fils allant sur la plaque à bornes et les isolations de phases soient correctement positionnées;
- ④ veiller à ce que toutes les isolations, les gaines et les fils soient ligaturés;
- ⑤ terminer le ficelage par un noeud solide.





REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET: raccordement sur la plaque à bornes

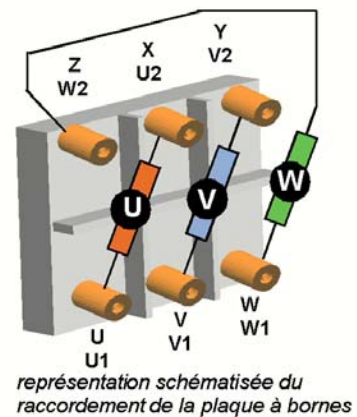
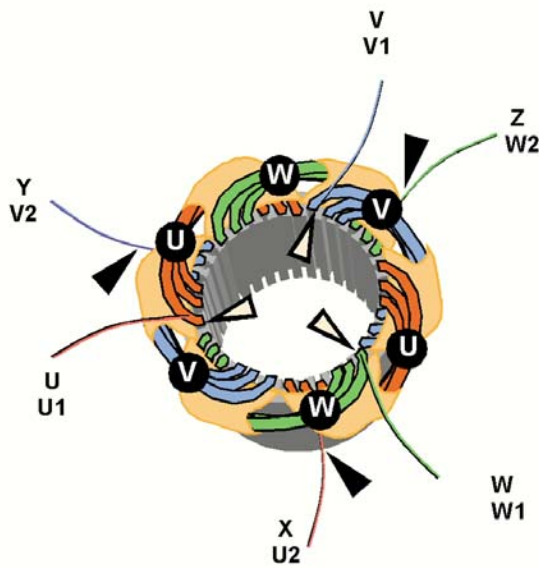


Pour effectuer un raccordement correct des bobines sur la plaque à bornes, il est important que :

U1, V1 et W1 soient toujours pris au même endroit sur la tête de bobines (dans notre exemple, ce sont tous les fils qui sortent de l'intérieur de la tête de bobines). Voir le symbole  sur le dessin ci-dessous.

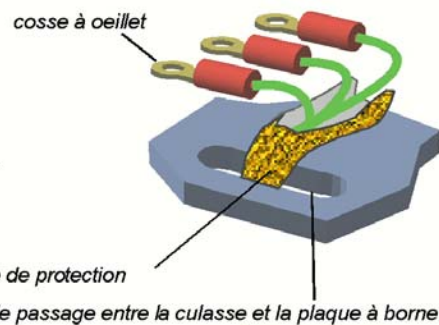
U2, V2 et W2 soient toujours pris au même endroit sur la tête de bobines (dans notre exemple, ce sont tous les fils qui sortent de l'extérieur de la tête de bobines). Voir le symbole  sur le dessin ci-dessous. (voir aussi la page 29)

Mette la sortie d'une bobine sur une borne de raccordement décalée par rapport à la borne d'entrée de cette bobine. (voir ci-dessous : U1 décalé par rapport à U2)



Il faut passer les fils isolés dans une gaine isolante et prévue pour résister à la température, afin de les protéger.

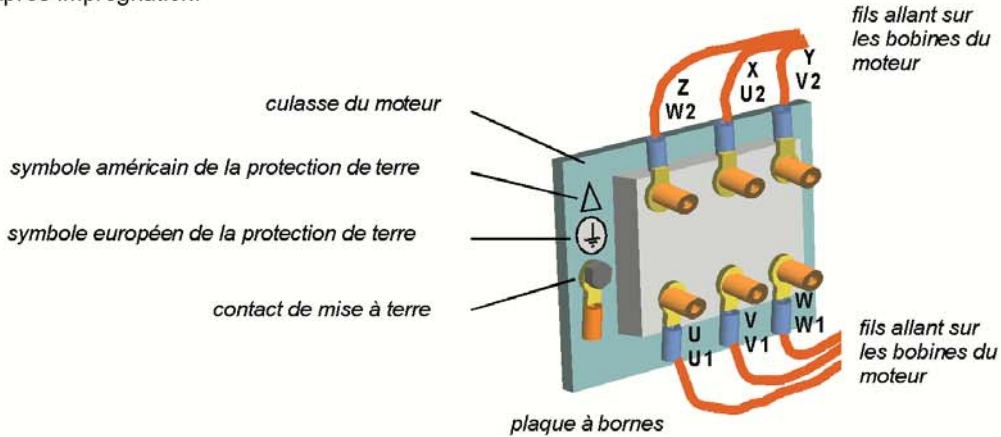
Il est recommandé de mettre des cosses à oeillet pour le montage sur la plaque à bornes.



REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET: tests du moteur avant et après imprégnation

Avant d'imprégner le nouveau bobinage d'un moteur, il est recommandé de faire plusieurs tests puisqu'il est encore temps de faire une réparation. Les tests 1,2 et 3 peuvent être répéter après imprégnation.



Test 1 continuité des bobines

Il faut retirer les ponts (barrettes) qui servent aux câblages étoile et triangle et ne câbler aucune alimentation externe au moteur.

A l'aide d'un ohmmètre on mesure la continuité de chaque phase et la position des fils sur la plaque à bornes. On obtient quelques ohms (généralement comprise entre 0 et 10 ohms)

résultats à obtenir :

entre U1 et U2 = quelques ohms
entre V1 et V2 = quelques ohms
entre W1 et W2 = quelques ohms

Test 2 isolation entre les bobines

Il faut retirer les ponts (barrettes) qui servent aux câblages étoile et triangle et ne câbler aucune alimentation externe au moteur. **Ce test n'est pas possible s'il y a un câblage interne étoile ou triangle (dans ce cas la plaque à bornes ne reçoit que trois fils du moteur).**

A l'aide d'un ohmmètre on mesure l'isolement des phases (test des isolations de phases). La valeur mesurée sera supérieure à 20 MW.

résultats à obtenir :

entre U1 et V1 = résistance infinie ∞
entre V1 et W1 = résistance infinie ∞
entre W1 et U1 = résistance infinie ∞

Cette mesure peut être améliorée en utilisant des testeurs allant jusqu'à 2000V et qui permettent d'appliquer une tension élevée entre les phases.

Après ce test, il faut court-circuiter chaque bobine avec la Terre pour les décharger !

REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET: tests du moteur avant et après imprégnation

Test 3 isolation entre chaque bobine et la Terre

Il faut retirer les ponts (barrettes) qui servent aux câblages étoile et triangle et ne câbler aucune alimentation externe au moteur.

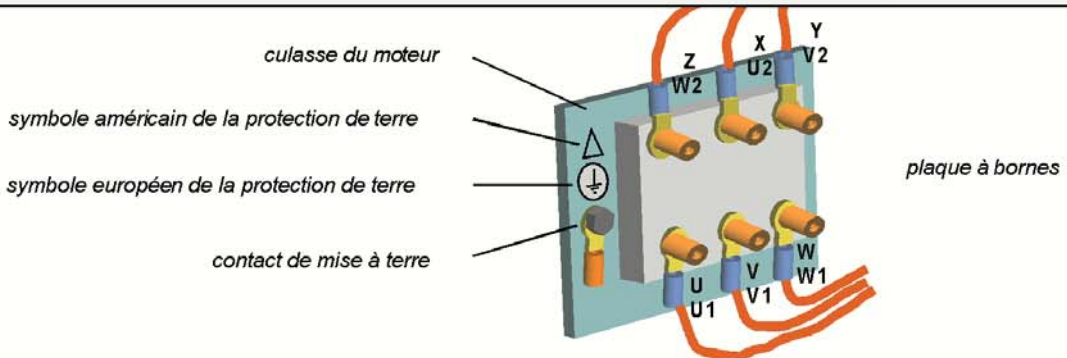
A l'aide d'un ohmmètre, on mesure l'isolement entre chaque phase et la culasse (test des isolations d'encoches). La résistance sera supérieure à 20M Ω .

résultats à obtenir :

entre U1 et Terre	= résistance infinie ∞
entre V1 et Terre	= résistance infinie ∞
entre W1 et Terre	= résistance infinie ∞

Cette mesure peut être améliorée en utilisant des testeurs allant jusqu'à 2000V et qui permettent d'appliquer une tension élevée entre chaque phase et la Terre.

Après ce test, il faut court-circuiter chaque bobine avec la Terre pour les décharger !



Test 4 test dynamique en basse tension

Dans la mesure où l'on dispose d'un banc de test permettant de choisir la tension (variateur de tension triphasé) et d'un petit rotor récupéré, **on applique une faible tension** (exemple: 30% à 50% de U nominal pour un câblage en triangle du moteur) **puis on introduit le petit rotor dans la culasse en le tenant par l'extérieur de ses roulements.**

Pour ce test, il est nécessaire de mettre les ponts (barrettes) sur la plaque à bornes pour obtenir un câblage en étoile ou en triangle.

Résultat: **le rotor doit virer**



REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET techniques d'imprégnation des moteurs



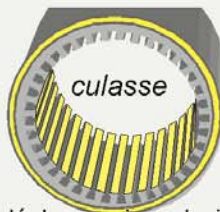
Pour effectuer les opérations qui suivent, il est nécessaire de travailler dans un endroit bien ventilé et porter un masque de protection.

(les imprégnations peuvent émettre des vapeurs nuisibles à la santé).

technique 1 spray séchant à l'air

Cette technique n'est pas de qualité car il s'agit d'une protection en surface.

Avant d'imprégner, il est recommandé de protéger l'intérieur de la culasse ainsi que les guides des flasques. (voir les parties jaunes du dessin ci-dessous).



Il est recommandé de vaporiser plusieurs couches en prenant le temps de laisser sécher chaque couche avant d'appliquer la suivante.



technique 2 imprégnation séchant à l'air

Cette technique, généralement de classe B, à l'avantage de ne pas nécessiter un séchage au four.

L'imprégnation peut être appliquée au pinceau et a l'avantage de couler à l'intérieur des têtes de bobines.

Pour améliorer le séchage à l'intérieur des têtes de bobines, il est possible d'appliquer un faible courant dans les bobines, à l'aide d'un variateur triphasé, de manière à produire un échauffement contrôlé dans les bobines.

technique 3 imprégnation avec séchage au four

C'est la meilleure technique. Elle nous permet d'atteindre la classe F.

Il faut immerger entièrement les bobines, sans la plaque à bornes. Cette immersion durera jusqu'à ce qu'il n'y aie plus de bulles d'air qui sortent du bain.

Une fois le moteur sorti du bain et égoutté, il sera séché à **130 degrés durant plusieurs heures.**

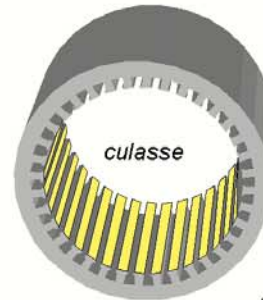
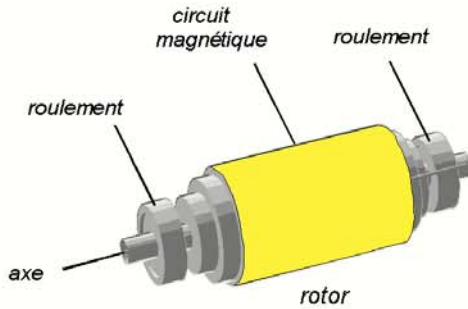
Une fois sorti du four et pendant qu'il est chaud, on retire, au grattoir, l'imprégnation qui se trouve sur les guides de flasques, de la culasse (voir les parties jaunes du dessins ci-dessus) dans les trous taraudés et les surfaces où l'on va faire contact avec la protection de terre .

Deux immersions avec deux séchages donnent une isolation tropicale.

SUJET: entretien mécanique et finition

Entretien du rotor et de la culasse

Avant le remontage du moteur, il est recommandé de passer un papier sablé à l'intérieur de la culasse pour retirer des restes d'imprégnation mais aussi de rouille qui se serait installée. Il faut mettre ensuite, un film fin de graisse dure pour retarder une nouvelle oxydation (rouille) . Cette opération peut également être faite sur le rotor (voir les parties jaunes).

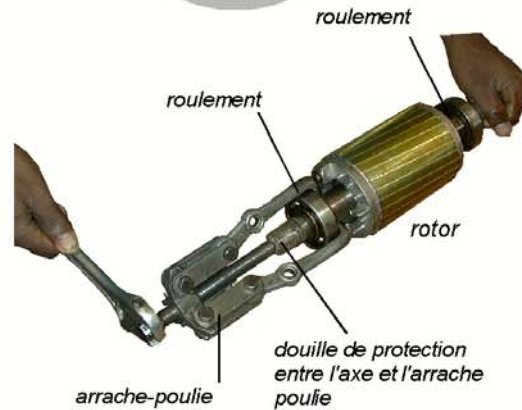


Remplacement des roulements

Il est recommandé, après un rebobinage de changer les roulements du rotor.

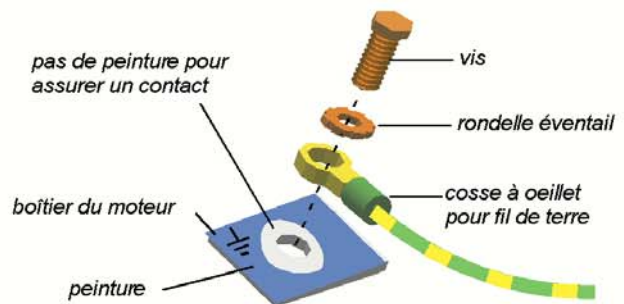
Si le roulement colle trop à l'axe, il faut le chauffer un peu au chalumeau.

Il est recommandé de préchauffer les roulements avant de les monter sur le rotor.



Repeindre le moteur après le remontage

Il est possible de repeindre le moteur. Il faut alors protéger l'axe et la surface se trouvant sous la vis de mise à Terre car la peinture est un isolant et le câble de mise à la terre doit faire un bon contact avec la matière de la culasse.

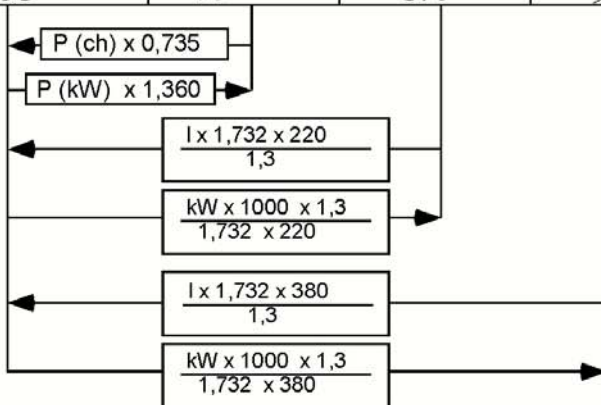


REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET: liste des puissances, courants et tensions

Moteurs triphasés 4 pôles simple à cage et en pleine charge

Puissance		220V I (A)	380V I (A)	cos phi φ	rend. η	glis. %
kW	ch					
0,37	0,5	1,8	1,03		0,6	
0,55	0,75	2,75	1,6			
0,75	1	3,5	2	0,7		5
1,1	1,5	4,4	2,6			
1,5	2	6,1	3,5			
2,2	3	8,7	5	0,8	0,76	
3	4	11,5	6,6			
3,7	5	13,5	7,7	0,83		
4	5,5	14,5	8,5			
5,5	7,5	20	11,5			
7,5	10	27	15,5		0,85	
9	12	32	18,5			
10	13,5	35	20			
11	15	39	22			
15	20	52	30	0,86		4,5
18,5	25	64	37			
22	30	75	44			
25	35	85	52			
30	40	103	60			
33	45	113	68			
37	50	126	72		0,88	3
40	54	134	79			
45	60	150	85			
51	70	170	98	0,87	0,90	



1,3 = 1 : 0,77 = 1 : facteur de puissance moyen

REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET: La puissance disponible d'un moteur asynchrone

FORMULE DE BASE:

P	puissance disponible	W	watt
U	tension électrique (efficace)	V	volt
I	intensité de courant (efficace)	A	ampère
$\sqrt{3}$	constante pour le triphasé	1,732	
COS φ	facteur de puissance	<1	
η	rendement du moteur	<1	

$$P = U \times I \times 1,732 \times \text{COS } \varphi \times \eta$$

transformation de la formule de base:

$U = P : (I \times 1,732 \times \text{COS } \varphi \times \eta)$
$I = P : (U \times 1,732 \times \text{COS } \varphi \times \eta)$
$\eta = P : (U \times I \times 1,732 \times \text{COS } \varphi)$
$\varphi = P : (U \times I \times 1,732 \times \eta)$

EXEMPLE:

TECHNOTOR		technotor AG Switzerland	
U 380V	I = 7,7A	η 0,91	
U 220V	I = 13,5A	cos φ 0,8	
3,7 kW	5 HP	S 40%	U temp 40°
1415 U _{pm} / RPM	TYP SKG 100 LP4		
ISO. trop. 50 Hz	DIN 400 50 BL 2		
33kg	EX	classe F	phases 3

P
3700

=

U
380

x

I
7,7

x

$1,732$

x

$\text{COS } \varphi$
0,8

x

η
0,91

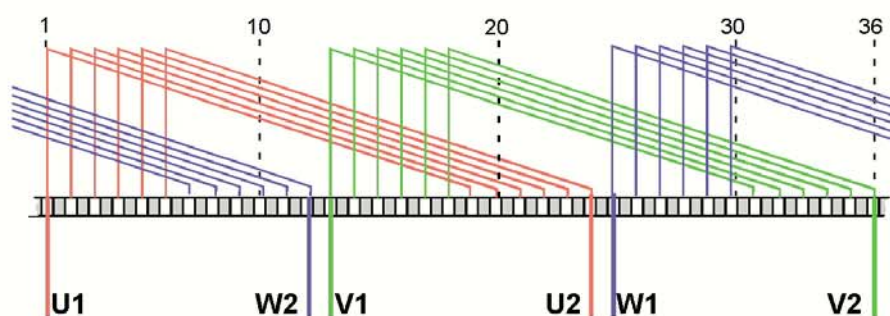
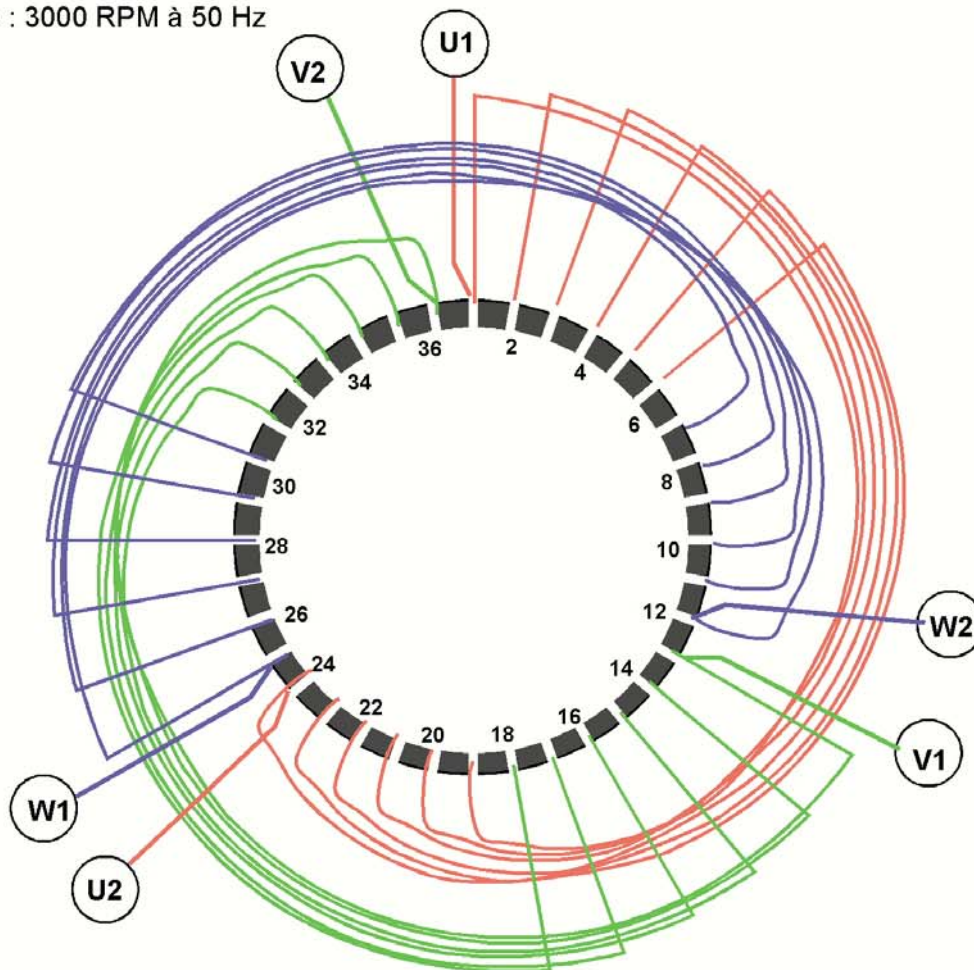
puissance disponible sur l'arbre du moteur

La puissance disponible sur l'arbre de ce moteur est de 3700 W soit 3,7 kW ce qui correspond à: $3,7 \times 1,35 = 5$ HP (chevaux)

REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET: moteur asynchrone 2 pôles à 36 encoches 3000 RPM

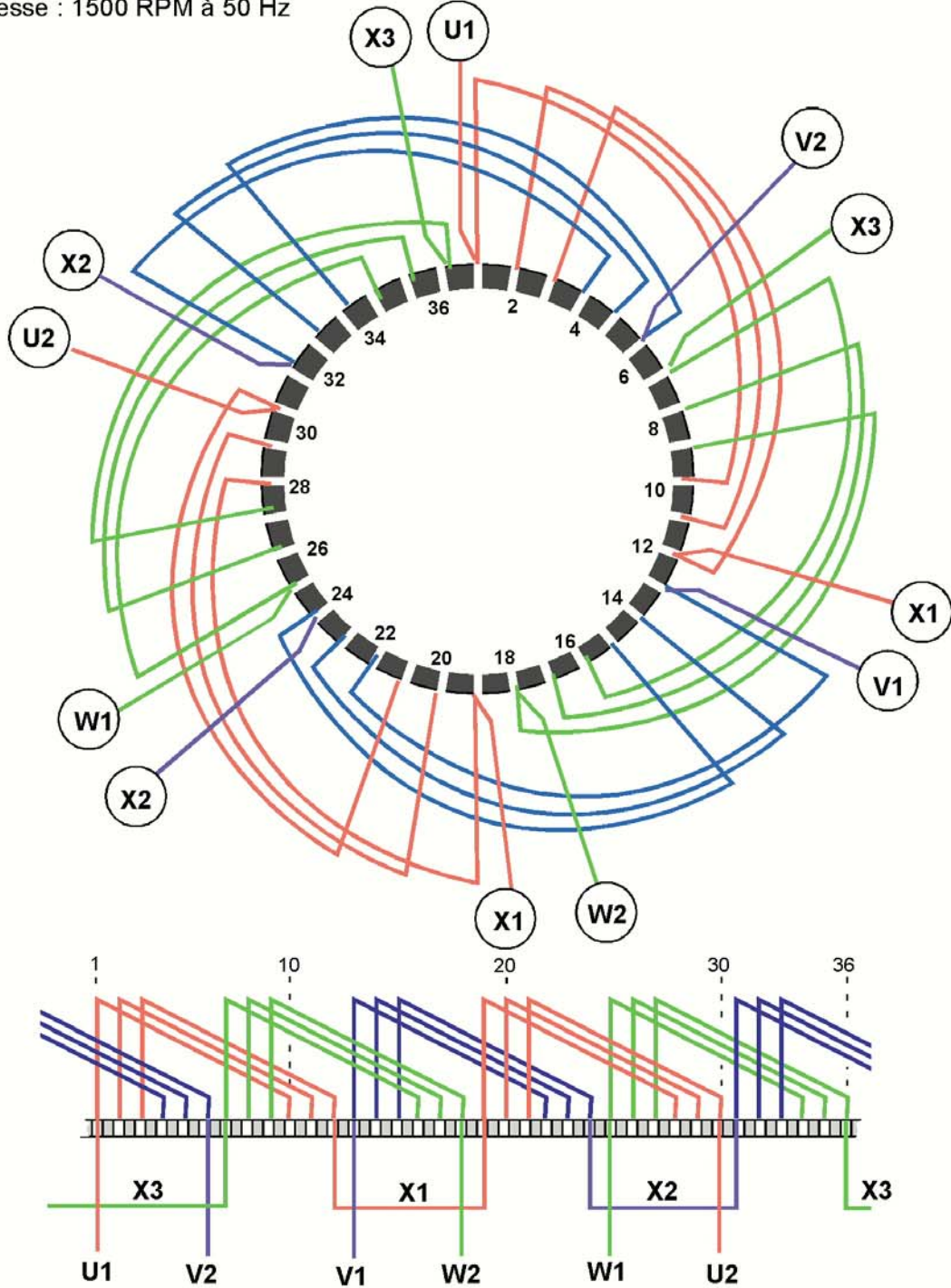
vitesse : 3000 RPM à 50 Hz



REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET: moteur asynchrone 4 pôles à 36 encoches 1500 RPM

vitesse : 1500 RPM à 50 Hz



REBOBINAGE DE MOTEURS (GUIDE PRATIQUE)

SUJET: moteur asynchrone 8 pôles à 36 encoches 750 RPM

vitesse : 750 RPM à 50 Hz

