

ROTORS BOBINES

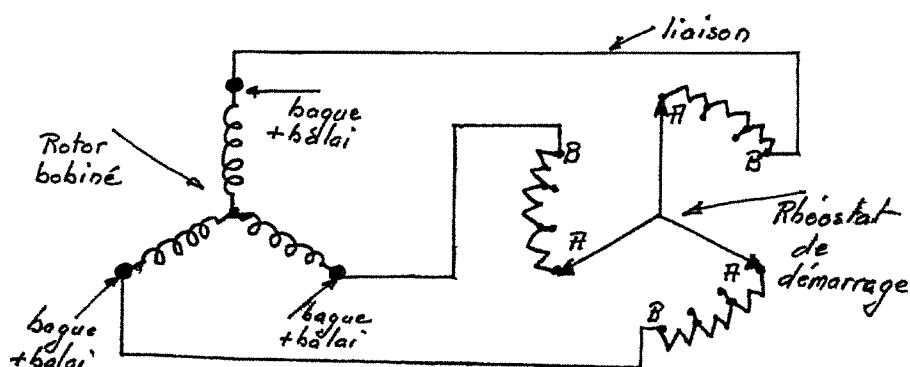
Les moteurs asynchrones triphasés ont généralement des induits :

- Soit à cage d'écureuil (rotor en court-circuit)
- Soit bobiné (rotor bobiné) ; dans ce cas on dit aussi « rotor à bagues »

Remarques

- Quel que soit le type de rotor employé, l'enroulement est fermé sur lui-même en marche normale.
- Les rotors à cage prennent au réseau un courant important au démarrage ; divers procédés sont utilisés pour limiter le courant au démarrage.
- L'enroulement des rotors bobinés est relié par l'intermédiaire des bagues et des balais à un rhéostat de démarrage.
- A la fin du démarrage, le rhéostat est court-circuité, comme l'enroulement est généralement couplé en étoile, le rotor est en double court-circuit, fermé sur lui-même.

Schéma de principe



Liaison rotor – rhéostat

Nota : En A du rhéostat, position démarrage, en B du rhéostat, fin du démarrage.

Le rhéostat en série avec les enroulements du rotor permet de limiter l'intensité au démarrage, d'ajuster le couple, d'obtenir un démarrage progressif.

ROTORS BOBINES

GENERALITES

Le nombre de phases du rotor est indépendant de celui du stator. (Quel que soit le nombre de phases de l'enroulement du stator, les rotors à bagues peuvent être bobinés en triphasé ou en diphasé).

Remarque

- Le bobinage en diphasé des rotors peut convenir pour des petites puissances et permet de simplifier l'appareillage de démarrage. Malgré cet avantage, le bobinage en triphasé est généralement employé car la puissance transmise par le rotor est proportionnelle à son nombre de phases.
- Le rotor d'un moteur asynchrone se comporte comme le secondaire d'un transformateur ; le rapport de transformation « stator-rotor » dépend du rapport du nombre de spires.

D'où

$E_2 = E_1 \times \frac{N_2}{N_1}$	$\left. \begin{array}{l} E_1 \text{ tension au stator par phase} \\ N_1 \text{ nombre de spires par phase au stator} \\ E_2 \text{ tension au rotor par phase} \\ N_2 \text{ nombre de spires par phase au rotor} \end{array} \right\}$
------------------------------------	---

- La puissance fournie par la poulie du moteur est proportionnelle :
 - à la tension par phase du rotor
 - à l'intensité par phase du rotor
 - au nombre de phases du rotor

ROTORS BOBINES

REGLES CONCERNANT LE BOBINAGE DES ROTORS

Si le stator et le rotor d'un moteur asynchrone peuvent être bobinés avec un nombre de phases différent, ils doivent en revanche, répondre aux conditions suivantes :

- avoir le même nombre de pôles
- comprendre un nombre différent d'encoches par pôles, par phase

NOTA

- Ces nombres sont en principe choisis premiers entre eux, afin d'éviter les variations brusques du flux dans les conducteurs.
- Pour amortir ces variations, certains constructeurs font en outre des encoches obliques soit au rotor, soit au stator.
- Afin d'équilibrer mécaniquement l'enroulement du rotor, on dispose chaque fois que cela est possible, les entrées de phases à 120° géométrique les unes des autres. Cette variante des entrées et sorties ne doit rien changer au sens du courant dans les faisceaux.

Règles

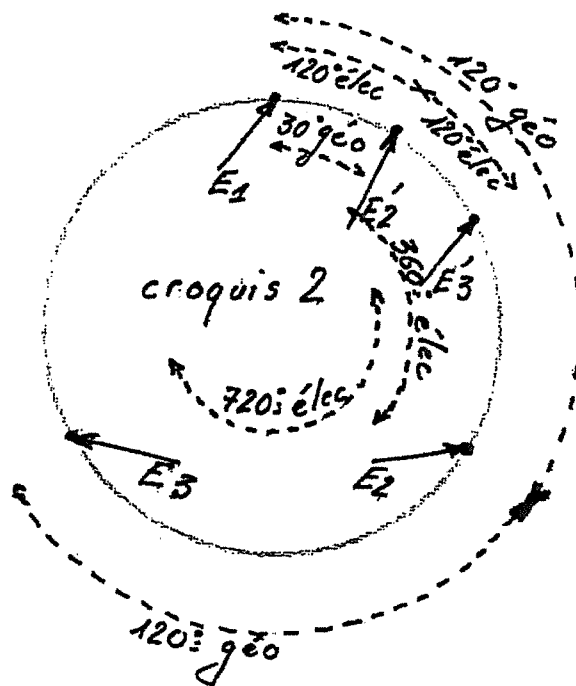
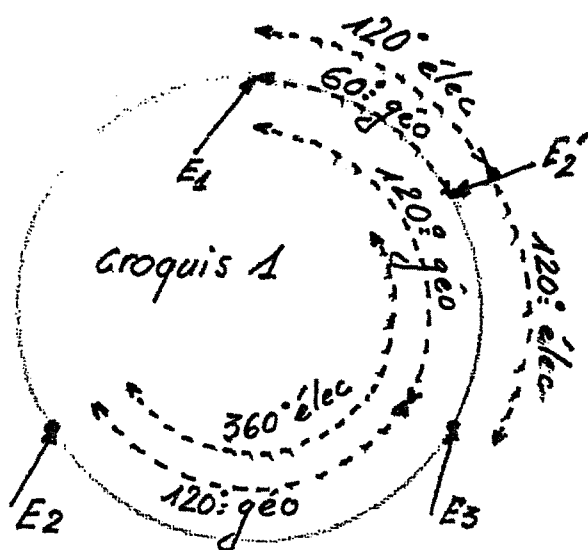
Dans un enroulement triphasé, on peut disposer les trois phases à 120° géométrique chaque fois que le nombre de pôles n'est pas un multiple de 3.

NOTA :

- En cherchant à disposer les entrées de phases à 120° géométrique, il n'est pas toujours possible de respecter l'ordre normal des phases, ceci dépend de la polarité.

ROTORS BOBINES

(voir croquis 1.2.3.4)



Rotor 4 pôles entrées en E_1 , E_3 , E_2

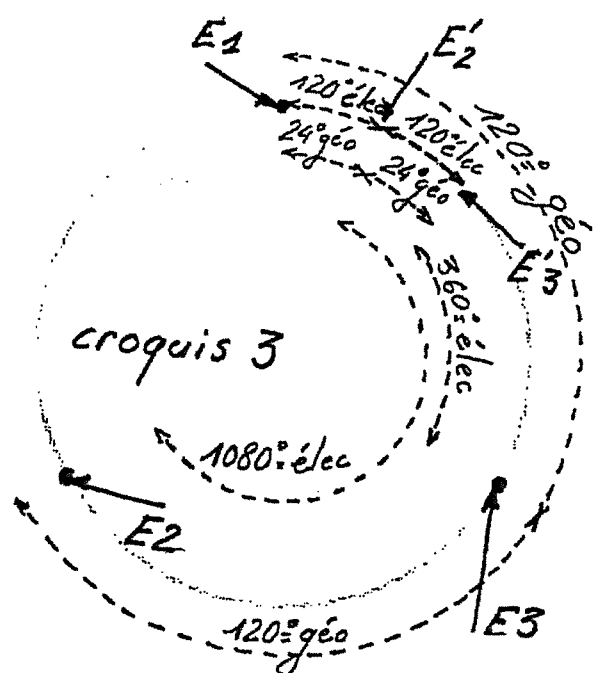
E'_2 à 120° électrique

On reporte l'entrée en E_2 à 480° électrique mais à 120° géométrique de E_3

Rotor à 8 pôles entrées en E_1 , E_2 , E_3

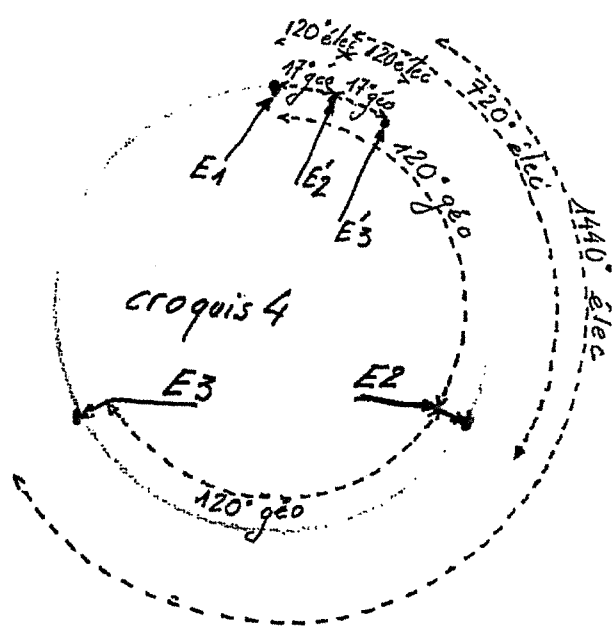
E'_2 et E'_3 à 120° électrique on les reporte en E_2 et E_3 à 360° et 720° électrique mais chaque entrée à 120° géométrique

ROTORS BOBINES



Rotor à 10 pôles

Entrées en E_1 , E_3 , E_2



Rotor à 14 pôles

Entrées en E_1 , E_2 , E_3

ROTORS BOBINES

Remarque :

- Le décalage entre (l'entrée de phase à 120° électrique) et l'entrée réelle à 120° géométrique est toujours égale à 360° électrique ou multiple de 360° électrique.

RECHERCHE – CALCUL DE SCHEMA DE ROTORS BOBINES

Les rotors pouvant être bobinés :

- Soit à plan
- Soit en enchevêtré
- Soit en manteau

Les méthodes de recherche, de calculs sont les mêmes que celles utilisées pour les stators. Sauf le décalage des entrées de phase à 120° géométrique lorsqu'il est réalisable.

Les couplages entre bobines (sauf cas particuliers que nous verrons ensuite) sont identiques à ceux des stators.

ROTORS BOBINES

APPLICATIONS

- 1/ Vous devez réaliser le schéma de bobinage du rotor d'un moteur asynchrone triphasé. Le moteur comporte 24 encoches, 4 pôles, l'enroulement est réparti sur deux plans, couplage entre bobines série, couplage entre phases étoile.

TRAVAIL DEMANDE

- 1) Calculs de l'enroulement
- 2) Schéma numérique
- 3) Schéma panoramique

Calculs de l'enroulement

4 pôles conséquents → 2 bobines par phase donc 6 bobines au total

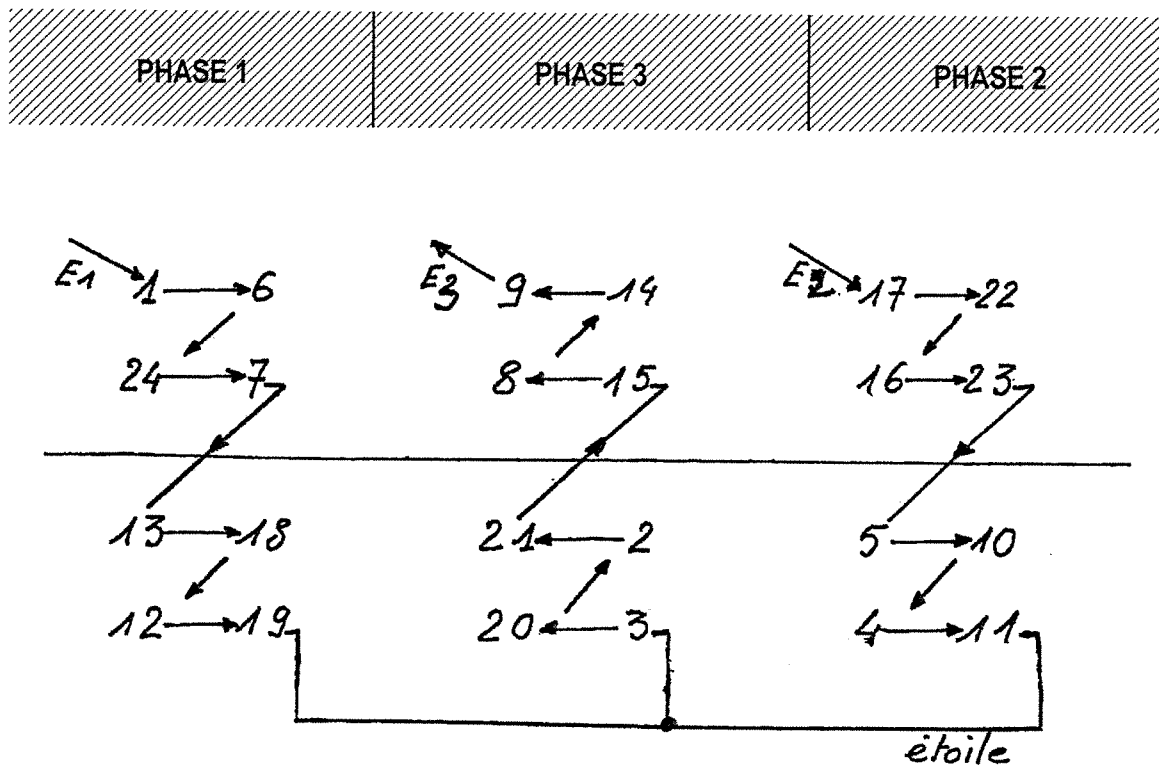
24 encoches → 24 faisceaux, d'où 4 faisceaux par bobine → 2 sections par bobine

Nombre d'encoches par pôle : $\frac{N}{2p} = \frac{24}{2 \times 2} = 6$ d'où 2 encoches par pôle et par phase

Décalage entre les entrées de phase à 120° géométriques → $\frac{N}{3} = \frac{24}{3} = 8$

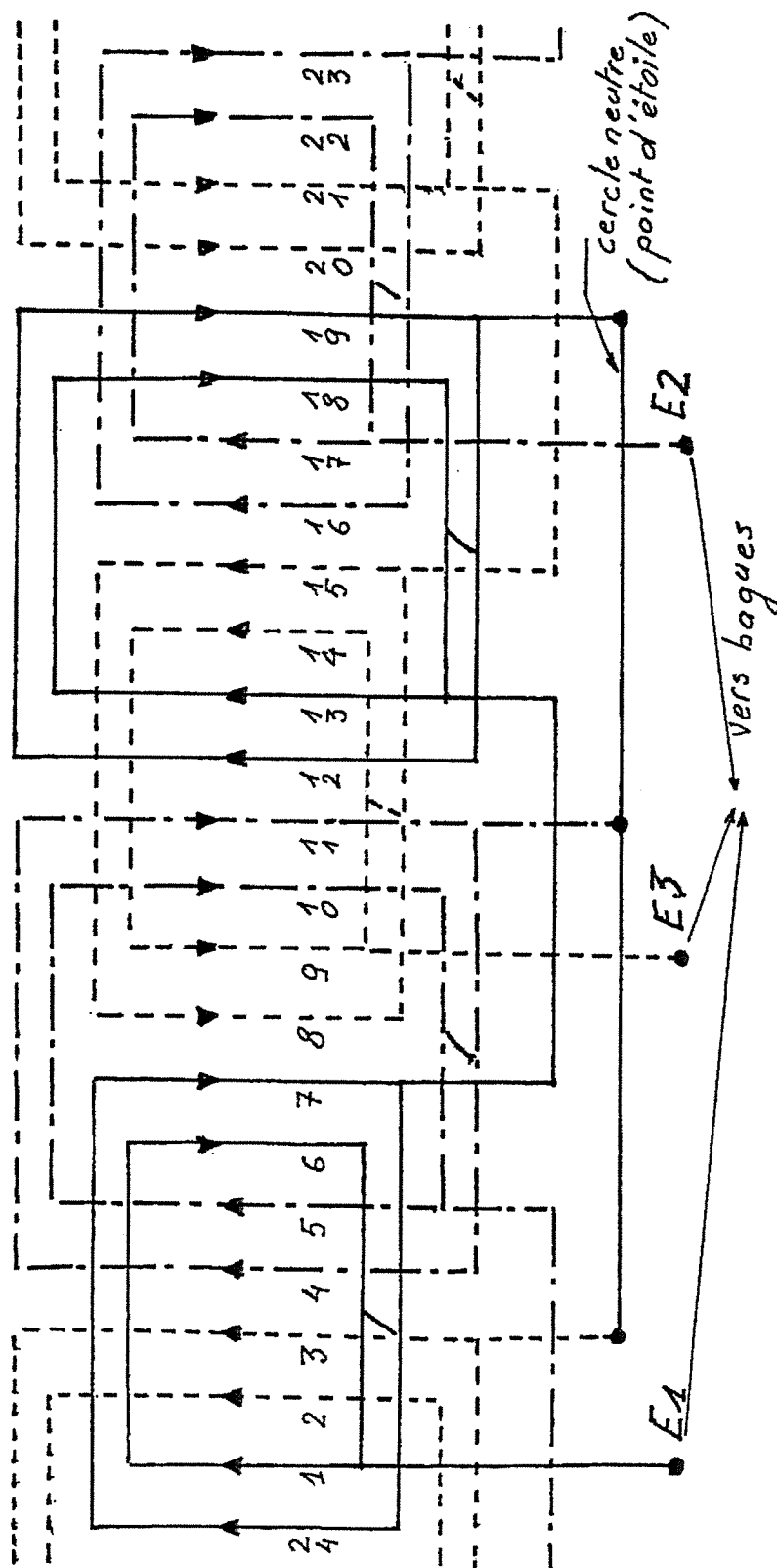
ROTORS BOBINES

Schéma numérique



ROTORS BOBINES

Schéma panoramique



Rotor de moteur asynchrone triphasé 4 pôles conséquents bobinage sur 2 plans

NOTA

- Les entrées de phase sont à 120° géométrique
- Sur un stator avec décalage entre entrées à 120° électrique, elles auraient été placées en 1 – 5 – 9 :
1 E₁ ; 5 E₂ ; 9 E₃
- On voit que l'encoche 17 est électriquement identique à l'encoche 5

ROTORS BOBINES

- 2/ Vous devez réaliser le schéma de bobinage du rotor d'un moteur asynchrone triphasé. Le rotor comporte 36 encoches, 6 pôles, l'enroulement est réparti sur 2 plans, couplage entre bobines série, couplage entre phases étoile.

TRAVAIL DEMANDE

- 1) Calculs de l'enroulement
- 2) Schéma numérique
- 3) Schéma panoramique

Calculs de l'enroulement :

6 pôles conséquents → 3 bobines par phase donc 9 bobines au total

36 encoches → 36 faisceaux, d'où 4 faisceaux par bobine → donc 2 sections par bobine

Nombre d'encoches par pôle : $\frac{N}{2p} = \frac{36}{2 \times 3} = 6$ d'où 2 encoches par pôle et par phase

Ici (6 pôles) Décalage entre les entrées de phase à 120° électriques

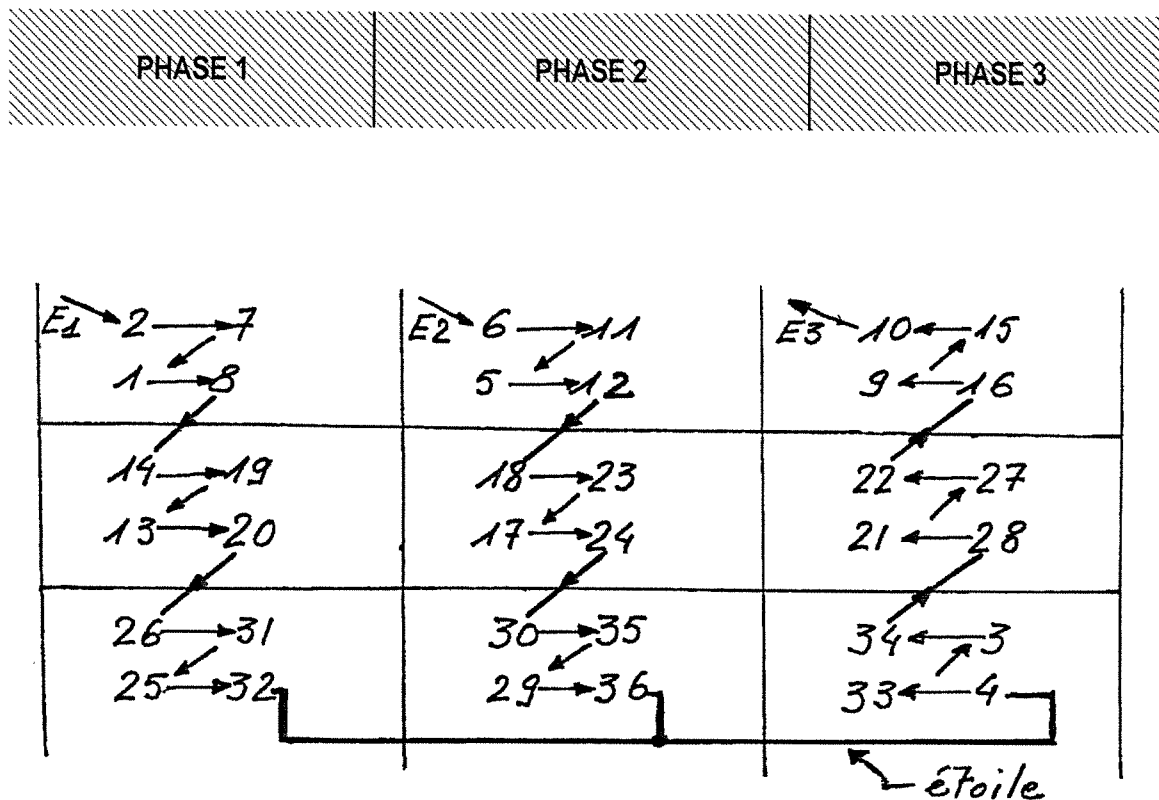
Nombre de degrés électriques = $180 \times 6 = 1080^\circ = \text{élec.}$

Nombre de degrés électriques par encoche = $\frac{1080}{36} = 30^\circ \text{ élec}$

Décalage entre entrées de phase $\frac{120}{30} = 4$

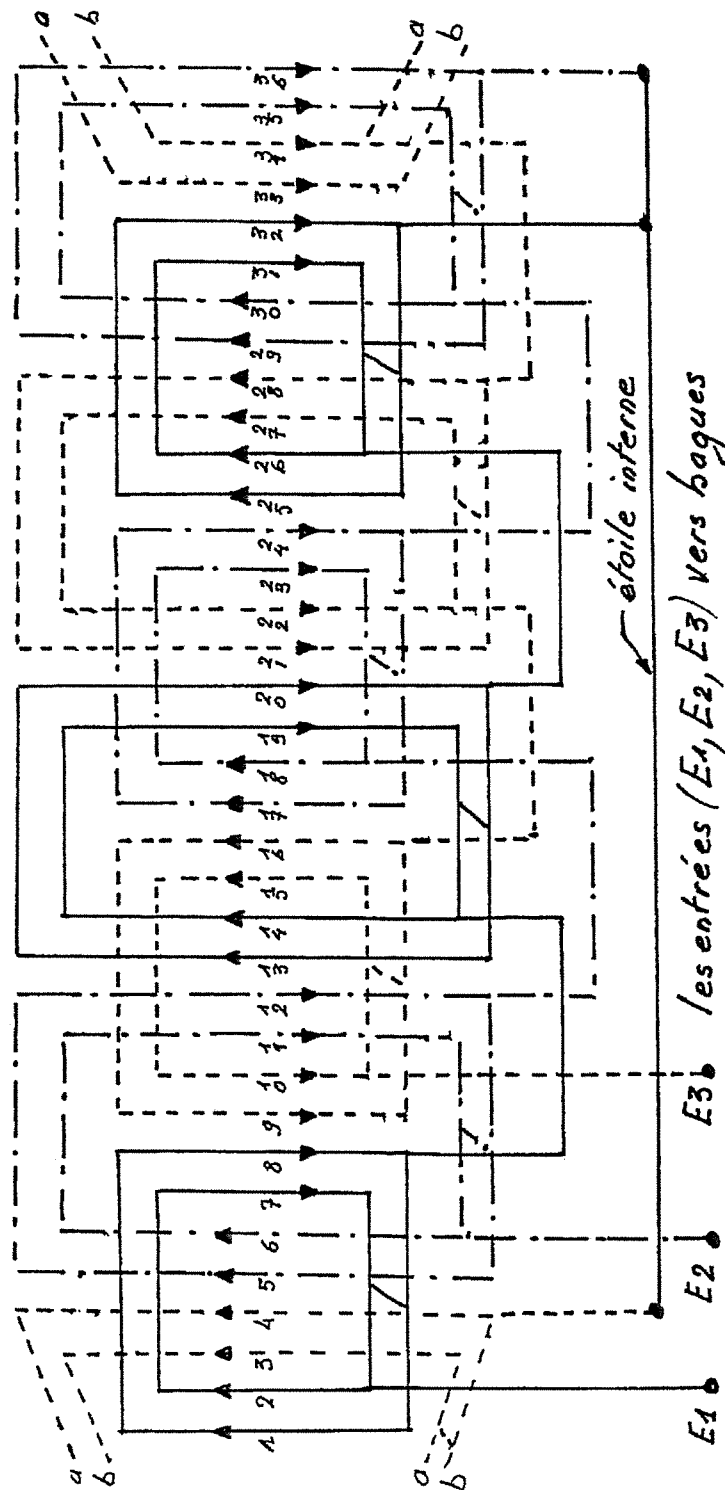
ROTORS BOBINES

Schéma numérique



ROTORS BOBINES

Schéma panoramique



Rotor de moteur asynchrone triphasé 6 pôles consécutifs sur 2 plans

NOTA

- On a dit que lorsque la polarité était multiple de 3, que le décalage des entrées à 120° géométrique était impossible.
- La preuve : si décalage à 120° géométrique donc 12 encoches d'où entrées en 2 – 14 – 26 on voit que l'on est toujours sur la même phase ➔ **donc ce n'est pas possible**

ROTORS BOBINES

- 3/ Vous devez réaliser le schéma de bobinage d'un rotor de moteur asynchrone triphasé. Le rotor comporte 24 encoches, 4 pôles conséquents, l'enroulement est réalisé en fils ronds en enchevêtré (à bobine à sections à pas égaux ; bobines enchevêtrées). Le couplage entre bobines est série, le couplage étoile est réalisé à l'opposé des bagues et des mises en série.

TRAVAIL DEMANDE

- 1) Calculs de l'enroulement
- 2) Schéma numérique
- 3) Schéma panoramique

Calculs de l'enroulement

4 pôles conséquents → 2 bobines par phase → donc 6 bobines au total

24 encoches → 24 faisceaux → donc 4 faisceaux, 2 sections par bobine

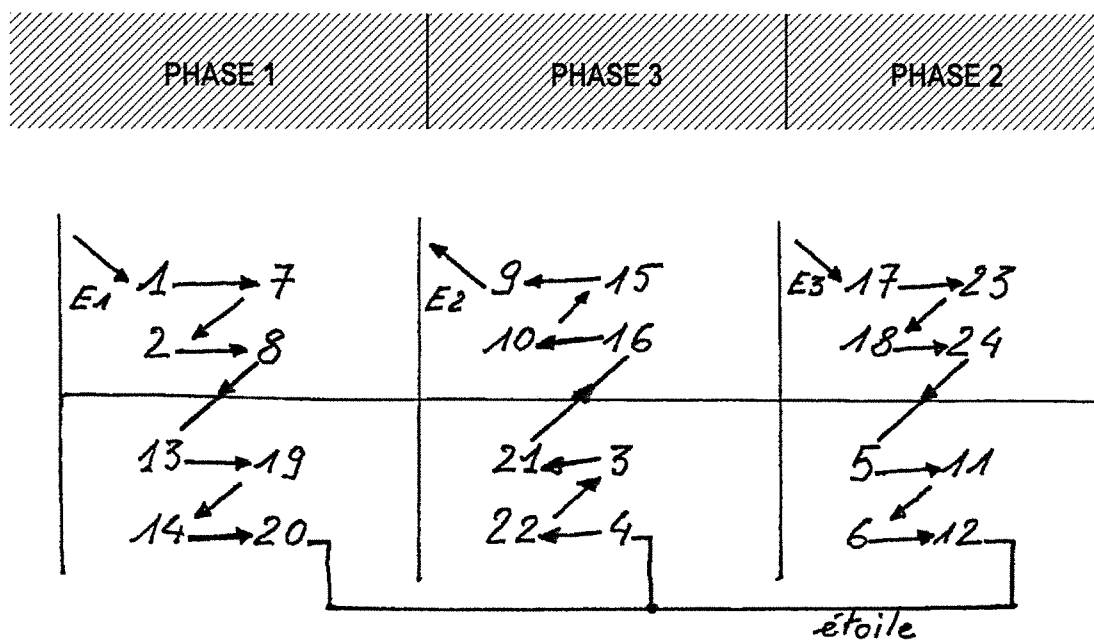
Nombre d'encoches par pôle : $\frac{N}{2p} = \frac{24}{2 \times 2} = 6$ donc 2 encoches par pôle, par phase

Pas polaire $Y_p = \frac{N \text{ ou } F}{2p} = \frac{24}{2 \times 2} = 6$

Ici décalage entre les entrées de phase à 120° géométriques d'où décalage : $\frac{N}{3} = \frac{24}{3} = 8$

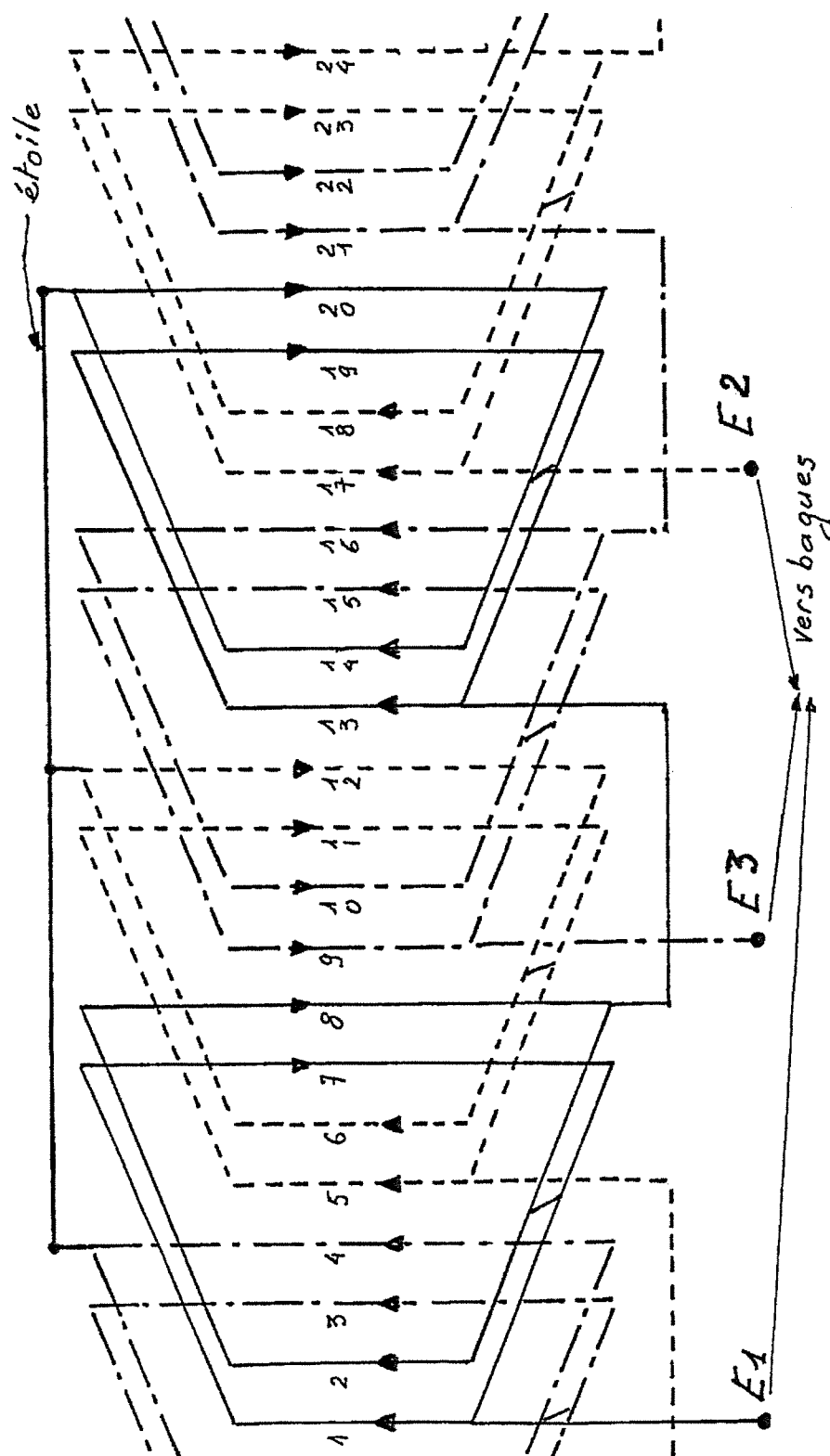
ROTORS BOBINES

Schéma numérique



ROTORS BOBINES

Schéma panoramique



Rotor de moteur asynchrone triphasé 4 pôles consécutifs, 24 encoches enchevêtrées

NOTA

- La disposition du point neutre (étoile) à l'opposé des bagues est possible du fait que le bobinage est réalisé en fils ronds (on ajoute ou on retranche une demi-spire). Cette disposition particulière facilite le maintien des connexions.

ROTORS BOBINES

- 4/ Vous devez réaliser le schéma de bobinage du rotor d'un moteur asynchrone triphasé. Le rotor comporte 18 encoches, 2 pôles, enroulement en manteau pas raccourci de 1 par rapport au pas polaire couplage parallèle entre bobines, étoile entre phases.

TRAVAIL DEMANDE

- 1) Calculs de l'enroulement
- 2) Schéma numérique (aux encoches – aux faisceaux)
- 3) Schéma panoramique

Calculs de l'enroulement

2 pôles → 2 bobines par phase donc 6 bobines au total

18 encoches → 36 faisceaux donc 6 faisceaux par bobine, d'où 3 sections par bobine

Nombre d'encoches par pôle : $\frac{N}{2p} = \frac{18}{2 \times 1} = 9$ donc 3 encoches / pôle / phase

Pas polaire aux encoches $Y_p = \frac{N}{2p} = \frac{18}{2 \times 1} = 9$

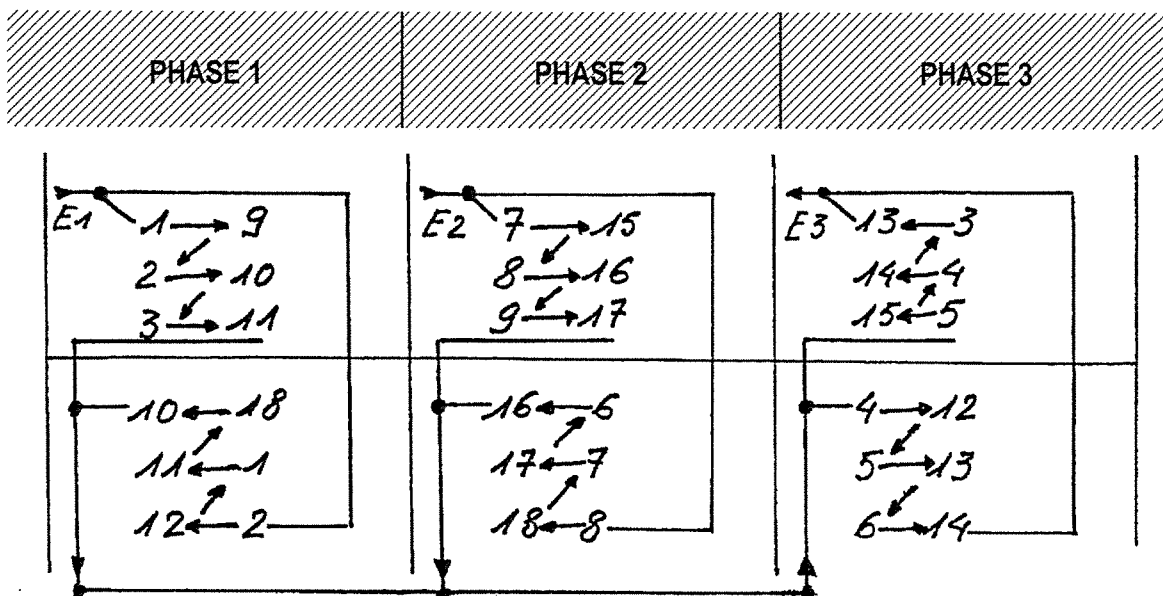
Pas réel aux encoches $Y_{re} = Y_p - 1 = 9 - 1 = 8$

Pas réel aux faisceaux $Y_{rf} = (Y_{re} \times 2) + 1 = (8 \times 2) + 1 = 17$

Décalage entre entrées (ici 120° électriques égal à 120° géométriques) d'où : $\frac{N}{3} = \frac{18}{3} = 6$

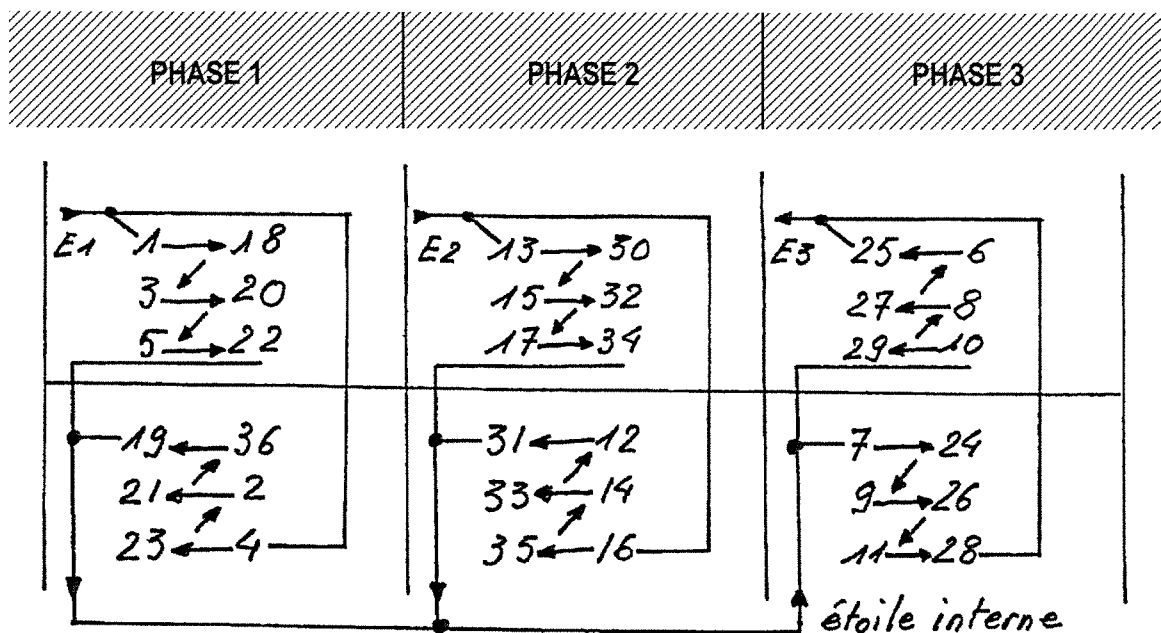
ROTORS BOBINES

Schéma numérique aux encoches



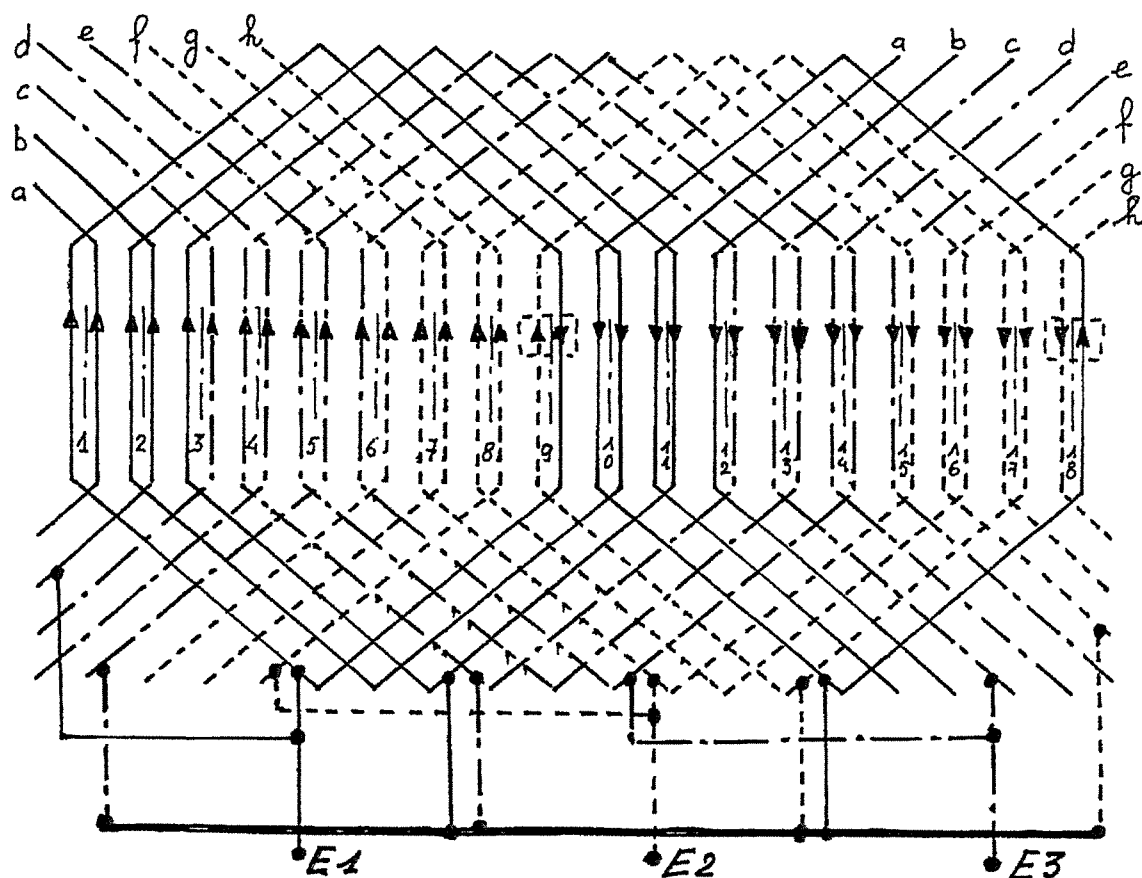
ROTORS BOBINES

Schéma numérique aux faisceaux



ROTORS BOBINES

Schéma panoramique



Rotor de moteur asynchrone triphasé 2 pôles, 18 encoches enroulement en manteau couplage parallèle

ROTORS BOBINES

EXERCICES D'APPLICATION

- 1/ Vous devez réaliser le schéma de bobinage du rotor d'un moteur asynchrone triphasé. Le rotor comporte 24 encoches, 8 pôles, l'enroulement à pôles consécutifs est à sections enchevêtrées. Le couplage entre bobines est série.

TRAVAIL DEMANDE

- 1) Calculs de l'enroulement
- 2) Schéma numérique
- 3) Schéma panoramique



- 2/ Vous devez réaliser le schéma de bobinage du rotor d'un moteur asynchrone triphasé. Le rotor comporte 36 encoches, 6 pôles, l'enroulement à pôles alternés est à sections enchevêtrées, le pas est allongé de 1. Couplage en bobines série parallèle (2 groupes en parallèle).

TRAVAIL DEMANDE

- 1) Calculs de l'enroulement
- 2) Schéma numérique
- 3) Schéma panoramique

NOTA

- Il est évident que dans les deux exercices le couplage entre phases est « étoile ».

ROTORS BOBINES

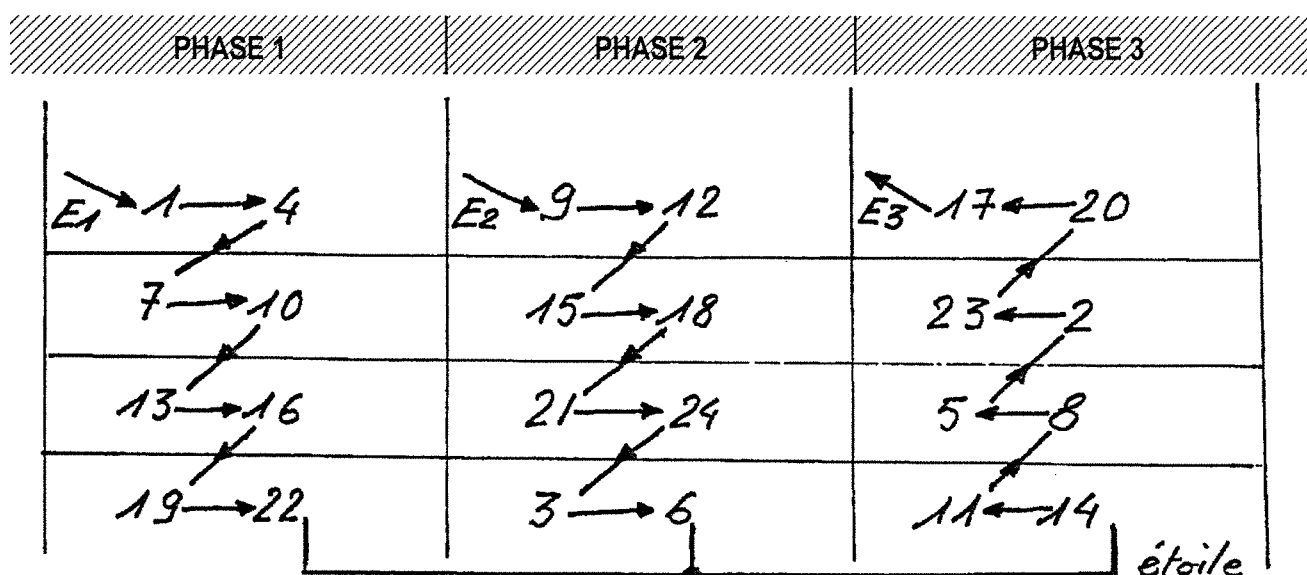
CORRIGES PARTIELS DES DEUX EXERCICES

1) CALCULS SIMPLIFIES

8 pôles conséquents → 4 bobines / phase donc 1 section par bobine

3 encoches par pôle, pas = 3, décalage entrées = 8

Schéma numérique



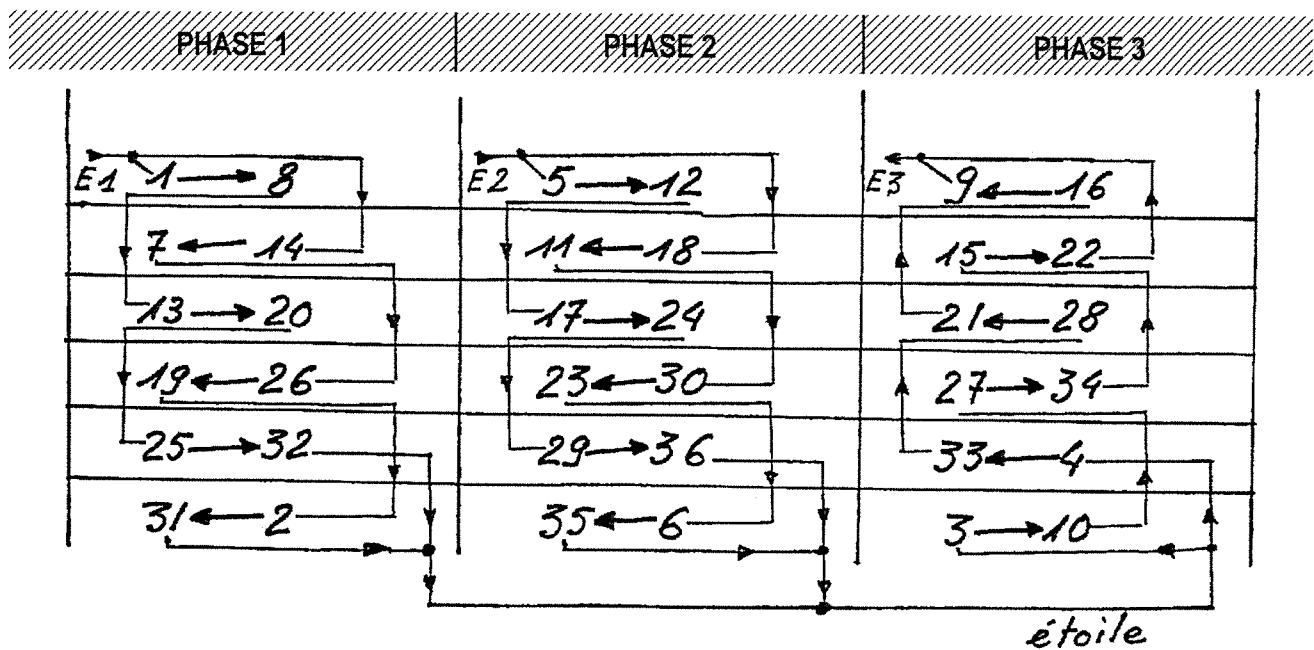
ROTORS BOBINES

2) CALCULS SIMPLIFIES

6 pôles alternés → 6 bobines / phase donc 1 section par bobine

6 encoches par pôle, pas allongé = 7 ; décalage entrées (dans ce cas à 120° électriques), d'où décalage entrées = 4

Schéma numérique



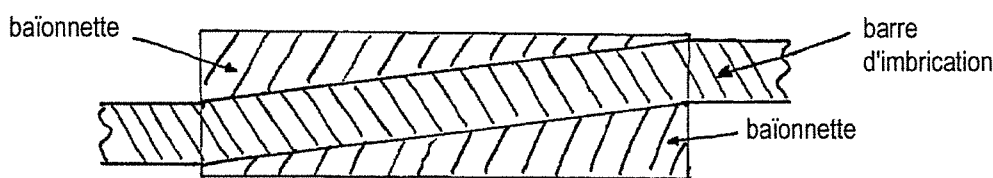
CAS PARTICULIERS

ENROULEMENT AVEC BARRES DE RETOUR OU BARRES D'IMBRICATION

Pour supprimer les connexions de mise en série dans les enroulements ondulés, on a recours aux « barres d'imbrication ». Dans ce cas, les entrées et sorties de phases se font de part et d'autre du rotor.

Pour obtenir ce résultat, on supprime une barre à chaque phase dans des encoches placées à 120° géométrique sur la périphérie de l'induit. Il est évident que le bobinage est à deux faisceaux par encoche.

La barre qui reste est inclinée, elle est inférieure d'un côté, supérieure de l'autre ; *sa forme est imbriquée*.



Coupe simplifiée d'une encoche avec barre de retour

NOTA

- Les baïonnettes en matière isolante servent au calage de la barre de retour dans l'encoche.

Remarque

- Malgré les avantages que peuvent présenter ces dispositions, les enroulements ondulés avec barres de retour sont peu employés en raison du bruit que produisent ces machines lorsqu'elles sont poussées. On se limite donc à quelques kilowatts.

ROTORS BOBINES

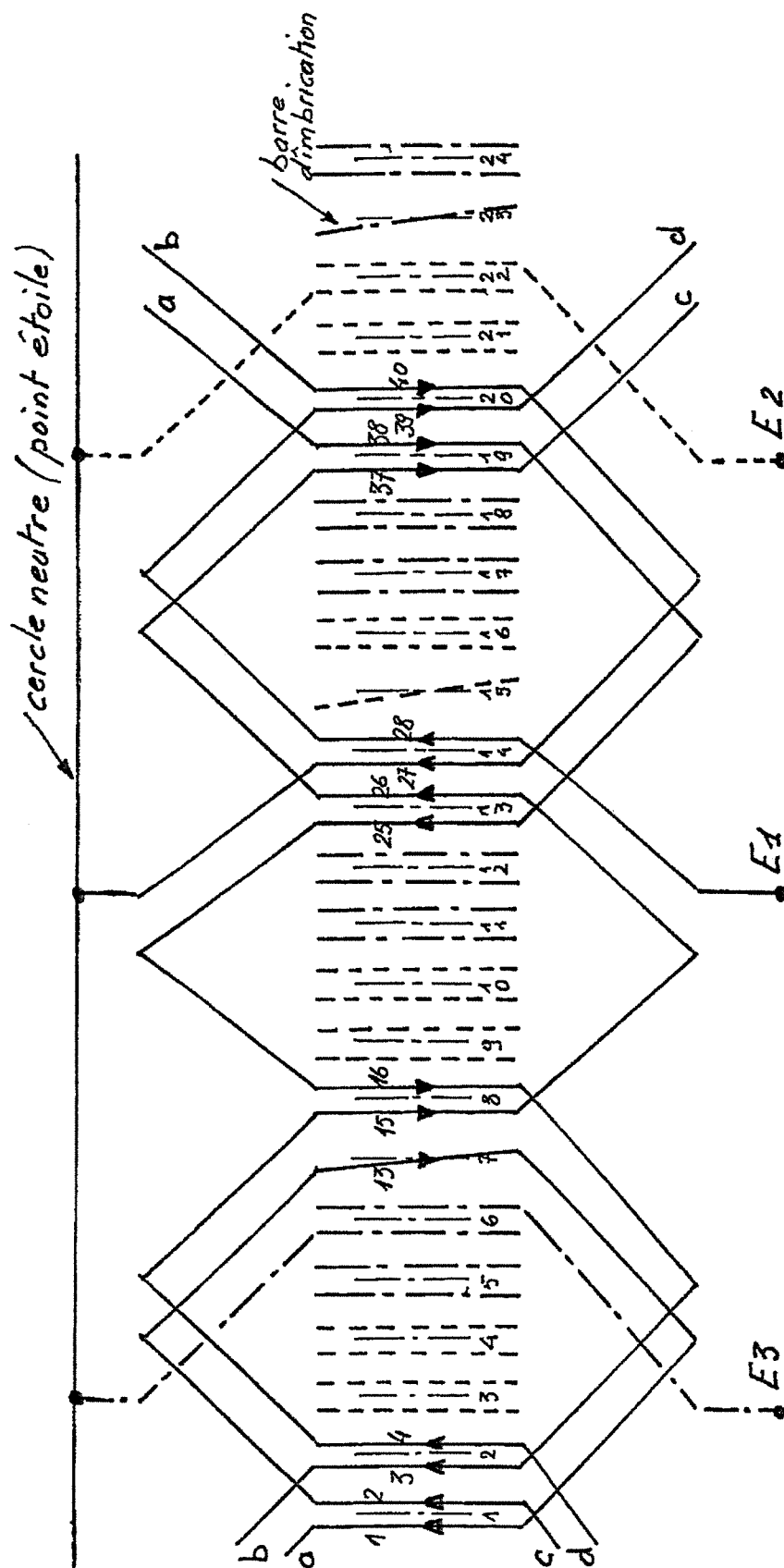


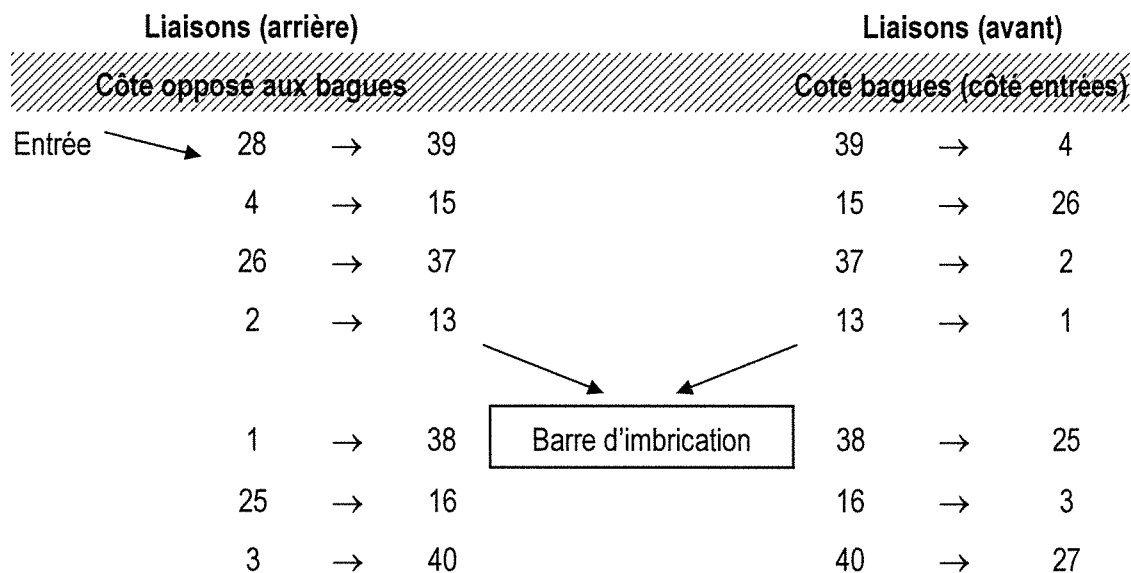
Schéma partiel 1 phase représentée de l'enroulement d'un rotor de moteur asynchrone triphasé, 4 pôles, 24 encoches 2 faisceaux par encoche, 3 barres d'imbrication

ROTORS BOBINES

ETUDE DU SCHEMA SIMPLIFIE (sur schéma page précédente)

Couplage d'un phase – numérique aux faisceaux

Liaisons aux faisceaux phase 1



NOTA

- Lorsque l'on a parcouru la moitié de l'enroulement par la barre d'imbrication on inverse le sens du déplacement.
- On obtient les quatre pôles.
- Il n'y a pas de connexions entre bobines ; c'est la barre d'imbrication qui fait la connexion de retour et permet d'obtenir la polarité.

REMARQUE

Ce mode de couplage est exceptionnel et uniquement utilisé pour certains rotors à usage particulier et de petite puissance.

ROTORS BOBINES

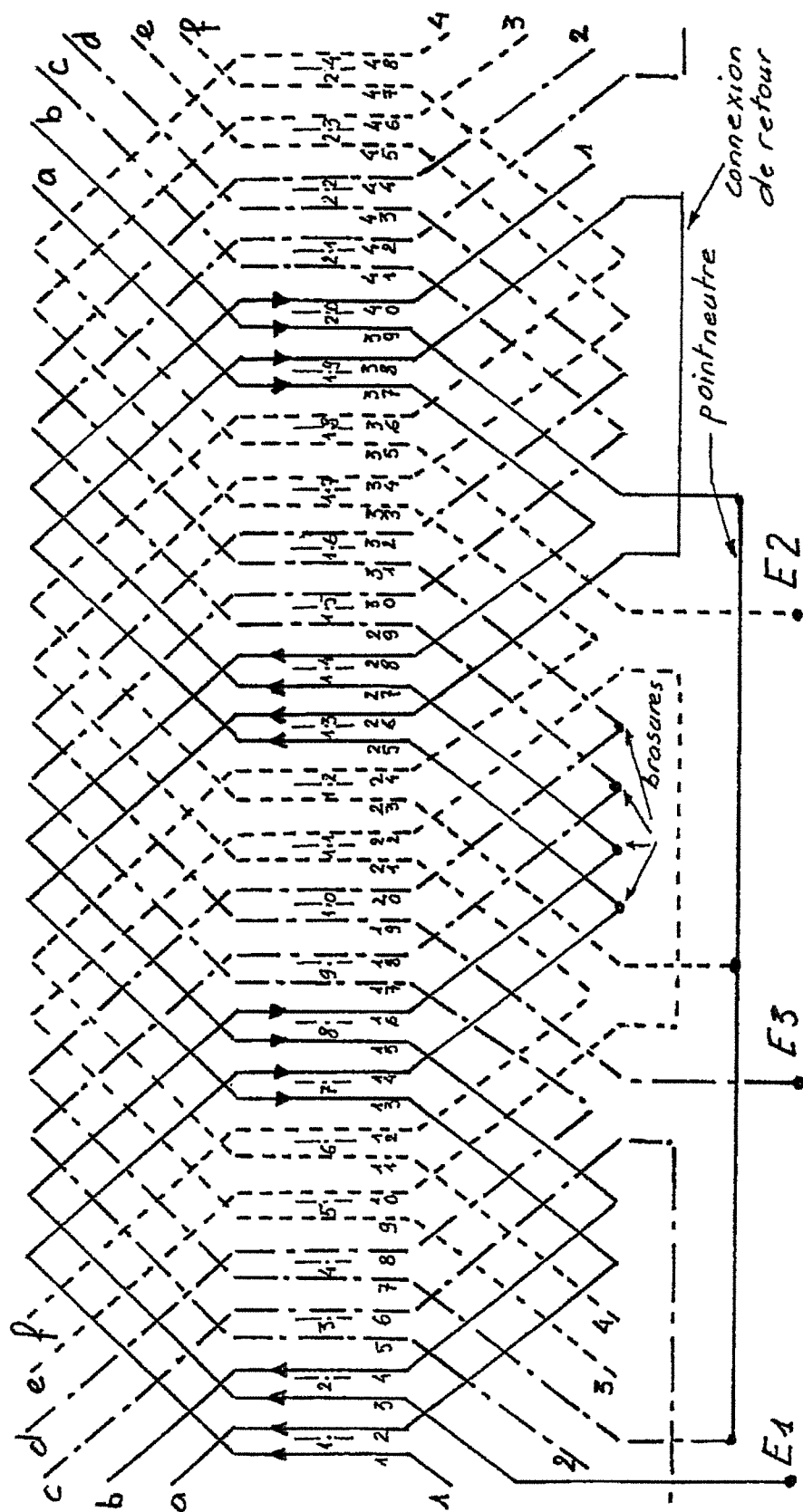


Schéma de bobinage d'un rotor de moteur triphasé 4 pôles bobinage à barres enroulement « ondulé rétrograde »
couplage étoile

ROTORS BOBINES

ETUDE DU SCHEMA PAGE 26

1) Calculs simplifiés

Nombre d'encoches par pôle

$$\frac{N}{2p} = \frac{24}{2 \times 2} = 6 \text{ d'où 2 encoches / pôle / phase}$$

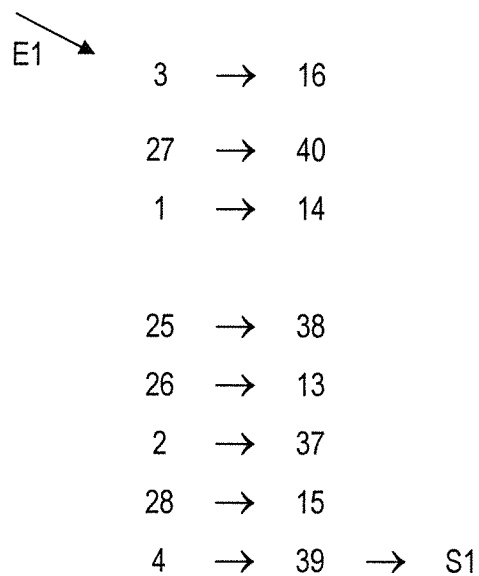
Pas polaire aux faisceaux
(liaisons arrière)

$$Y_p = \frac{F}{2p} + 1 = \frac{48}{2 \times 2} + 1 = 13$$

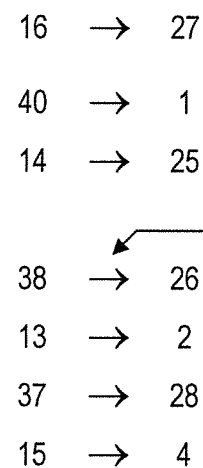
2) Schéma numérique aux faisceaux

(Continuité d'une phase exemple la phase 1)

Liaisons (arrière)



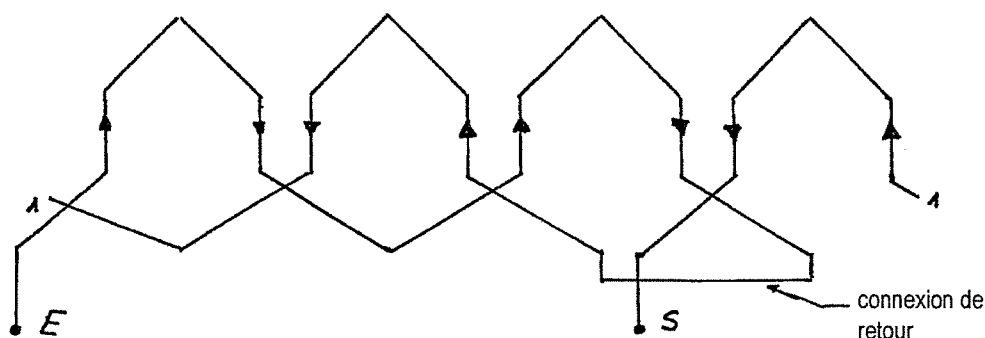
Liaisons (avant)



Connexion de retour

ROTORS BOBINES

3) Schéma de principe d'une phase



NOTA

Il n'y a qu'une connexion en utilisant ce procédé.

CONCLUSION

En règle générale, la recherche, les calculs des schémas de rotors bobinés triphasés sont identiques aux recherches et calculs des enroulements statoriques. **Sauf**, le décalage entre les entrées et sorties de phases qui est de 120° géométrique à chaque fois que cela est possible (voir règle).

Quelques cas de « couplages particuliers » qui permettent de réduire, voire d'éliminer les connexions de mise en série, sont utilisés (voir les exemples). Ceci dans des cas spécifiques.

Le couplage entre phases, sauf cas particulier (extrêmement rare) est toujours étoile.

Les rotors 2 polarités (couplage « Dalhander ») sont très rares.