

## TP N°3 : « L'Alternateur » Diagramme à réactance synchrone

### 1. Introduction :

Le terme de machine synchrone regroupe toutes les machines dont la vitesse de rotation de l'arbre de sortie est égale à la vitesse de rotation du champ tournant. Pour obtenir un tel fonctionnement, le champ magnétique rotorique est généré soit par des aimants, soit par un circuit d'excitation. La position du champ magnétique rotorique est alors fixe par rapport au rotor, ce qui impose en fonctionnement normal une vitesse de rotation identique entre le rotor et le champ tournant statorique.

Cette famille de machine regroupe en fait plusieurs sous familles, qui vont de l'alternateur de plusieurs centaines de mégawatts au moteur de quelques watts, en passant par les moteurs pas à pas. Néanmoins, la structure de toutes ces machines est relativement proche. Le stator est généralement constitué de trois enroulements triphasés répartis, tel que les forces électromotrices générées par la rotation du champ rotorique soient sinusoïdales où trapézoïdales. Les stators, notamment en forte puissance, sont identiques à ceux d'une machine asynchrone.

Il existe trois grandes familles de rotor, ayant pour rôle de générer le champ d'induction rotorique. Les rotors bobinés à pôles saillants, les rotors bobinés à pôles lisses ainsi que les rotors à aimants (figures 1,2 et 3) :

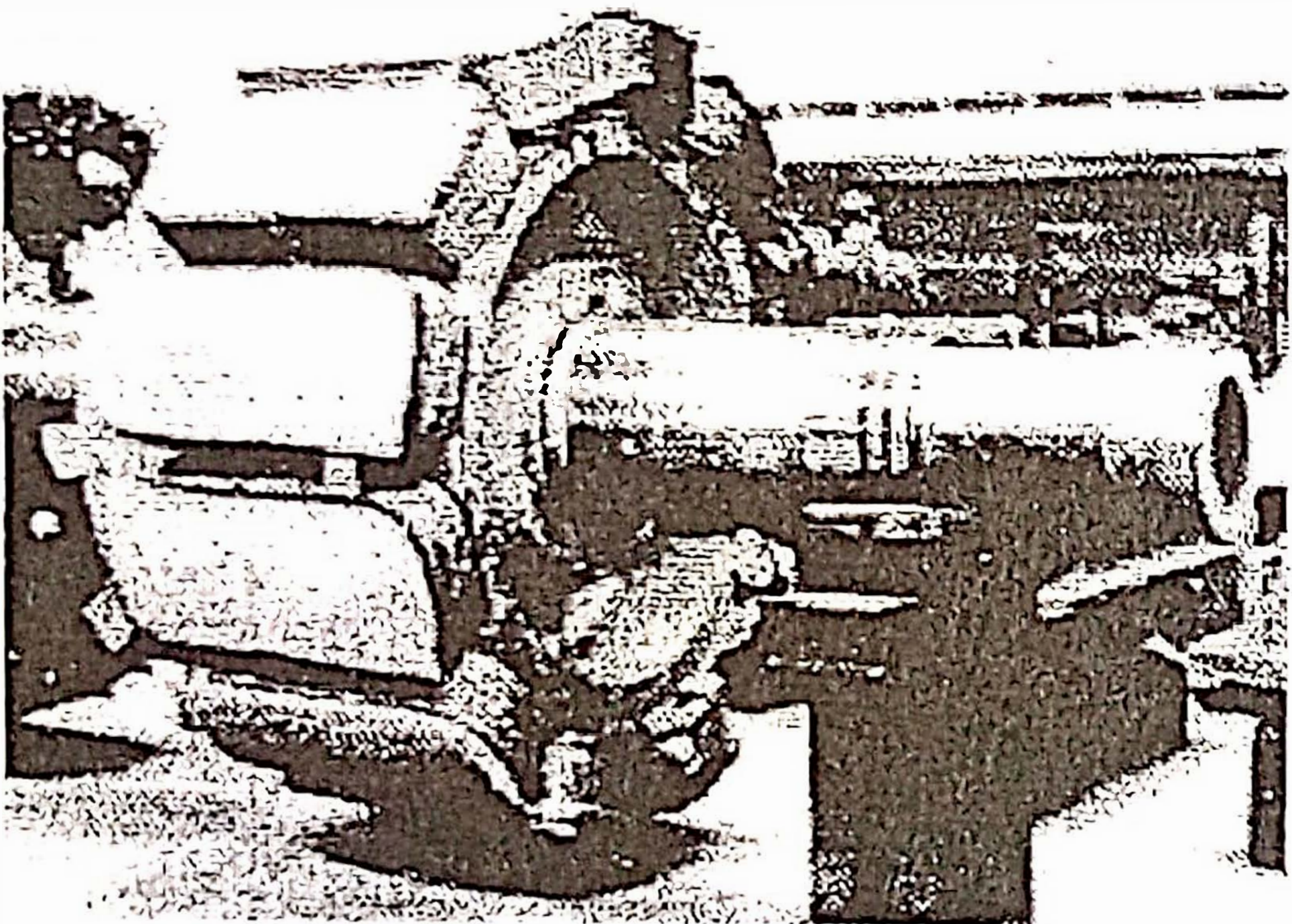


Fig.1a: Rotor à pôles saillants

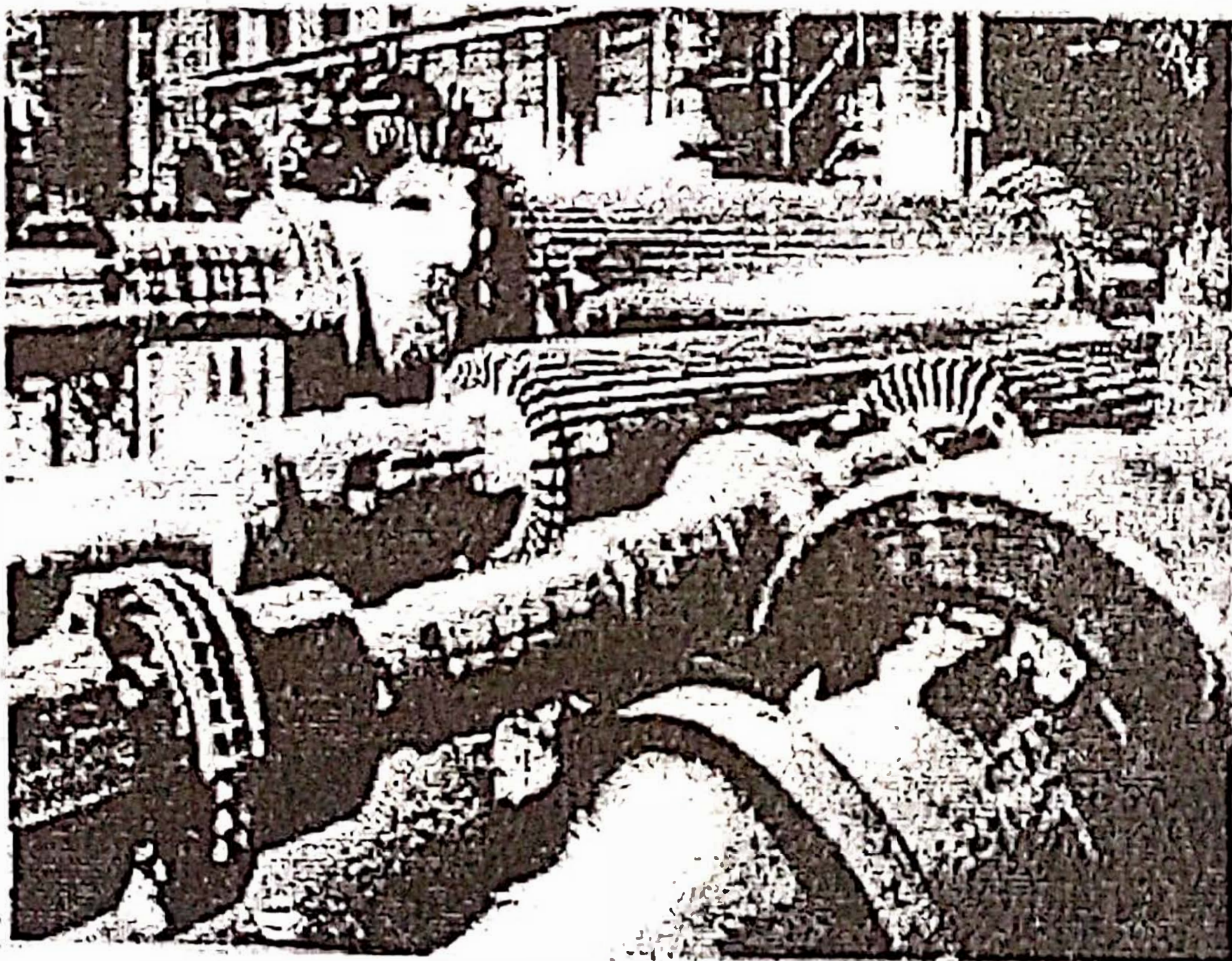


Fig.1b: Rotor à pôles lisses

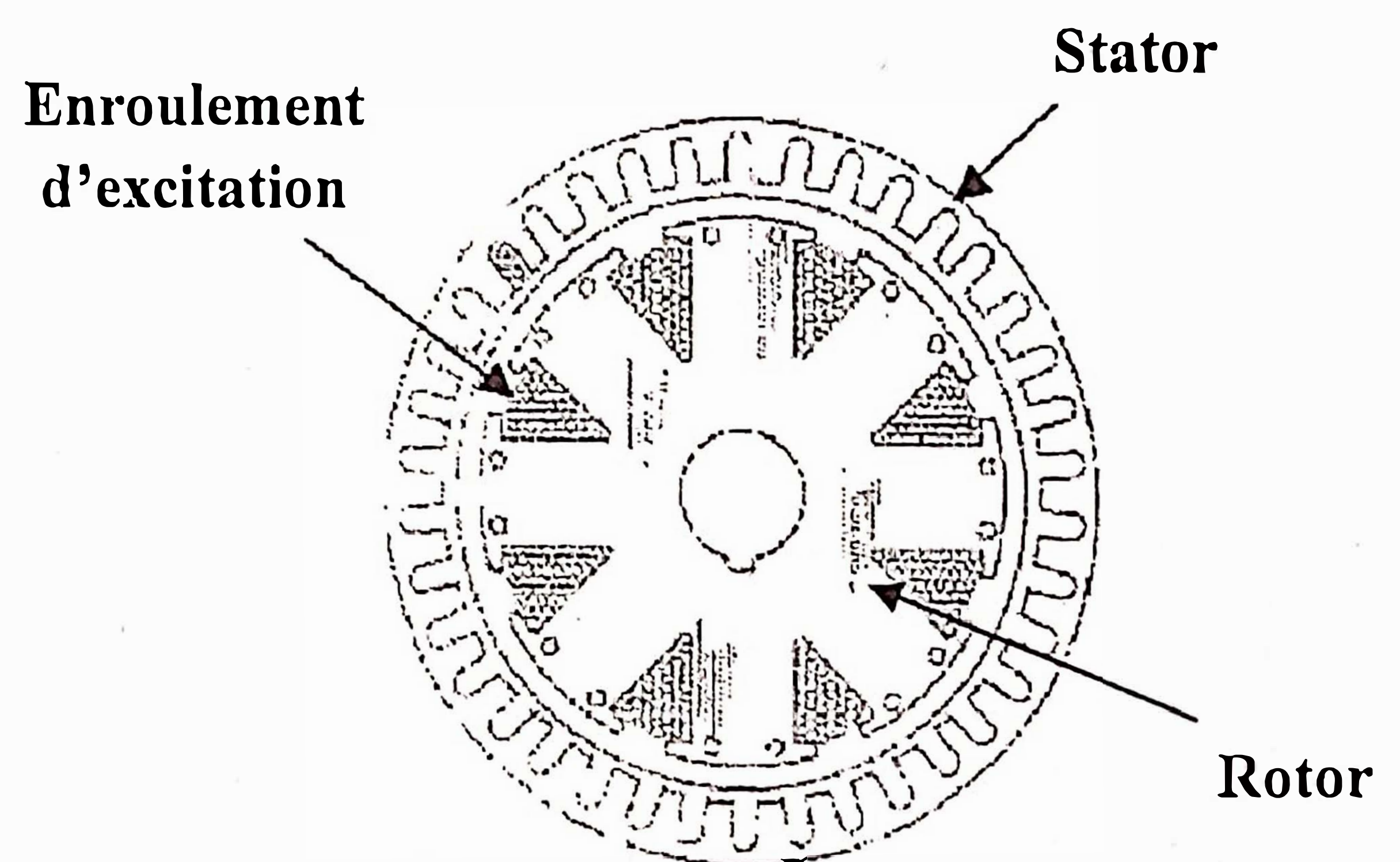


Fig.2: Machine Synchrone à Rotor Bobiné

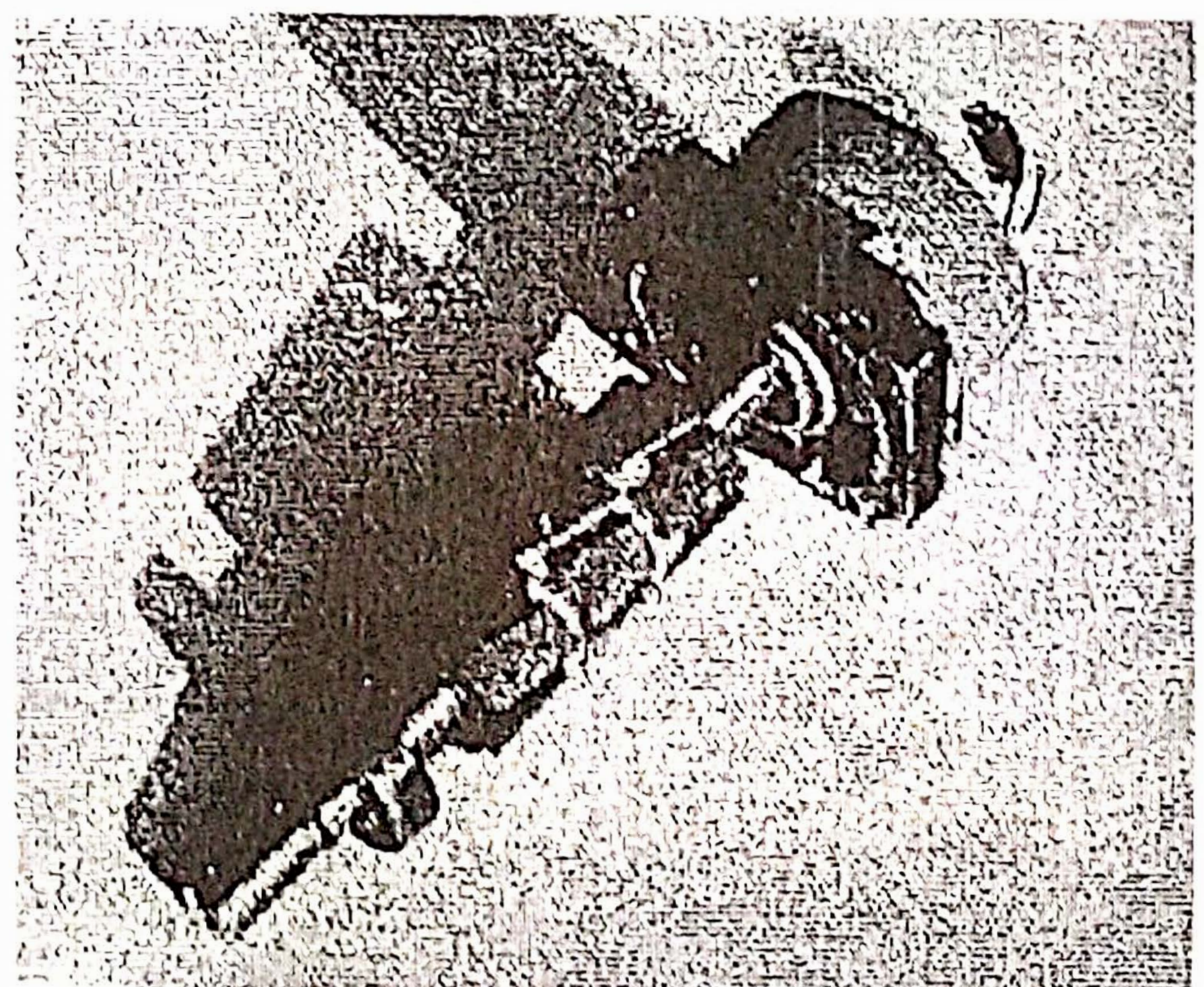


Fig.3: Rotor à aimants



## 2. Principe de fonctionnement :

La rotation des pôles du rotor crée un *flux alternatif* à travers les trois phases du stator. Lorsque ces phases sont reliées à un récepteur, elles débitent dans celui-ci un système triphasé de courants. Les courants de pulsation  $\omega$  passant dans les enroulements statoriques créent une *fmm* de vitesse angulaire  $\omega/p = 2\pi n$ . Donc de même vitesse que le rotor.

## 3. Diagramme à réactance synchrone :

Afin de connaître le comportement interne de la Machine Synchrone (MS) ainsi que la détermination de ses caractéristiques plusieurs diagrammes vectoriels existent. Ils sont d'autant plus compliqués qu'ils cherchent à être plus précis.

La façon la plus simple de rendre en compte du fonctionnement en charge d'un alternateur est de l'assimiler à une source de *fem* notée  $E_j$  ayant une impédance interne  $Z=R+jX$ . D'où le schéma monophasé équivalent (figure 4.a) et le diagramme vectoriel (figure 4.b). On peut écrire que :

$$\bar{V} = (R + jX_L)\bar{I} + \bar{E}_j$$

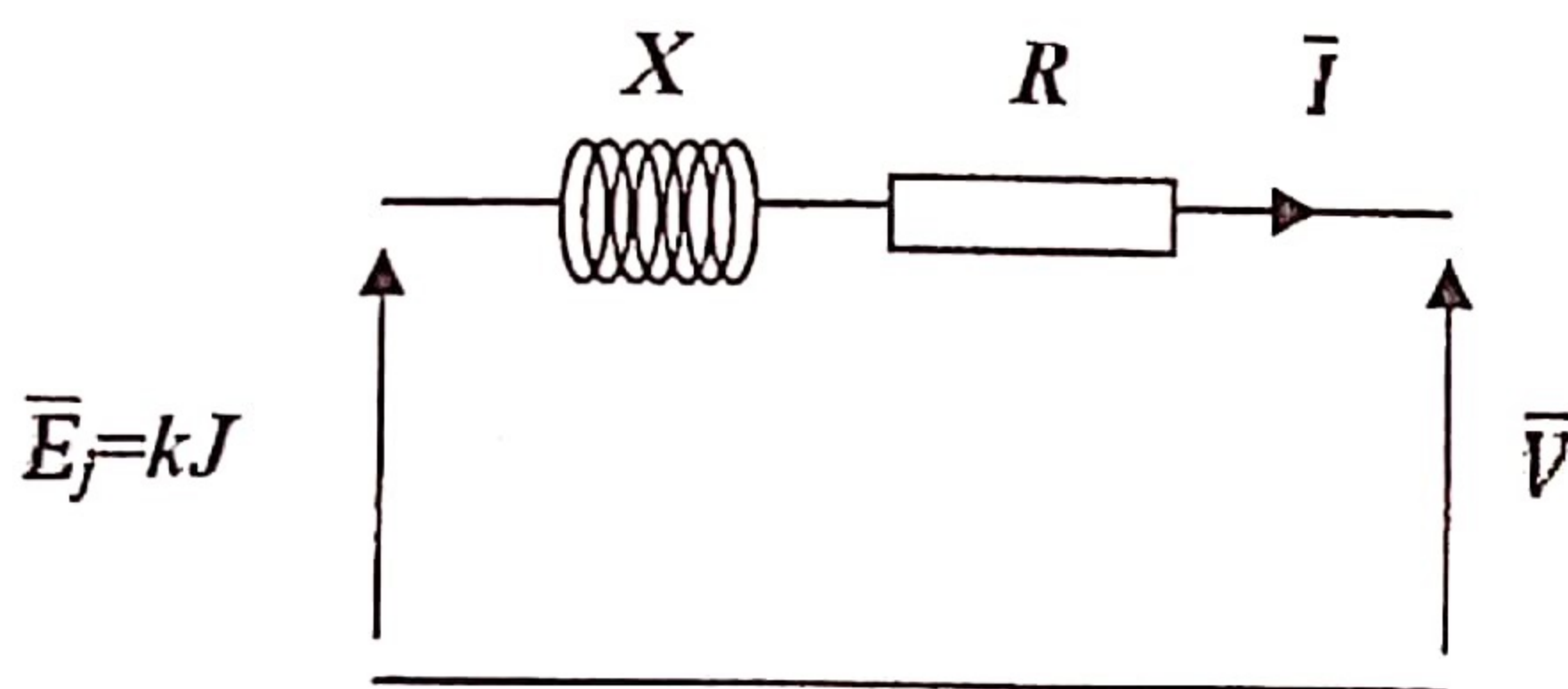


Figure 4.a

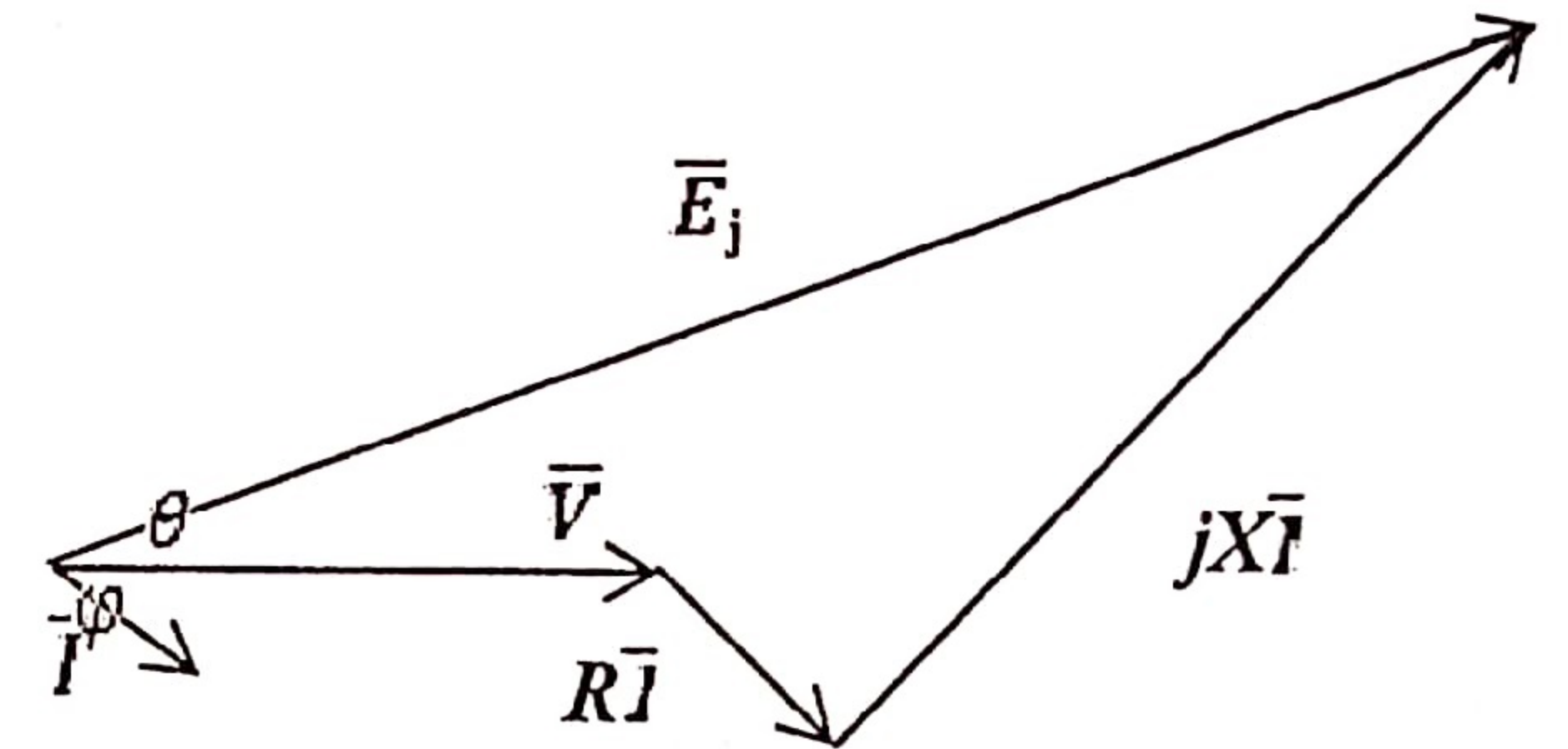


Figure 4.b

Il faut noter que :

- ✓  $R\bar{I}$  doit être faible puisque  $3R\bar{I}^2$  donne les pertes joules dans l'induit, au contraire  $X\bar{I}$  est très fort car il rend compte de tout le flux créé par l'induit ;
- ✓ La réactance  $X$  n'a pas de signification physique que si on néglige la saturation du circuit magnétique. On l'appelle la **réactance synchrone** pour la distinguer des réactances qui interviennent en régime transitoire et subtransitoire ;
- ✓ La relation entre  $V$  et  $E_j$  établie par ce diagramme si simple ne saurait donner des résultats précis, mais elle donne l'allure des caractéristiques et permet d'expliquer le fonctionnement.

## 4. Détermination des éléments du modèle :

La détermination du modèle de l'alternateur non saturé se fait en trois étapes :

- ✓ **Tracé de la caractéristique à vide** : La *fem* synchrone est égale à la *fem* à vide. On relève, donc, à vitesse constante,  $E_j$  en fonction de  $J$ , courant dans l'inducteur, on trace  $E_j = fct(J)$  ;
- ✓ **Relevé de la caractéristique en court-circuit** : Les trois enroulements du stator sont couplés en étoile. Le modèle équivalent d'un enroulement de l'alternateur est le suivant : figure. 5 ;
- ✓ **Mesure de la résistance de l'inducteur** ;

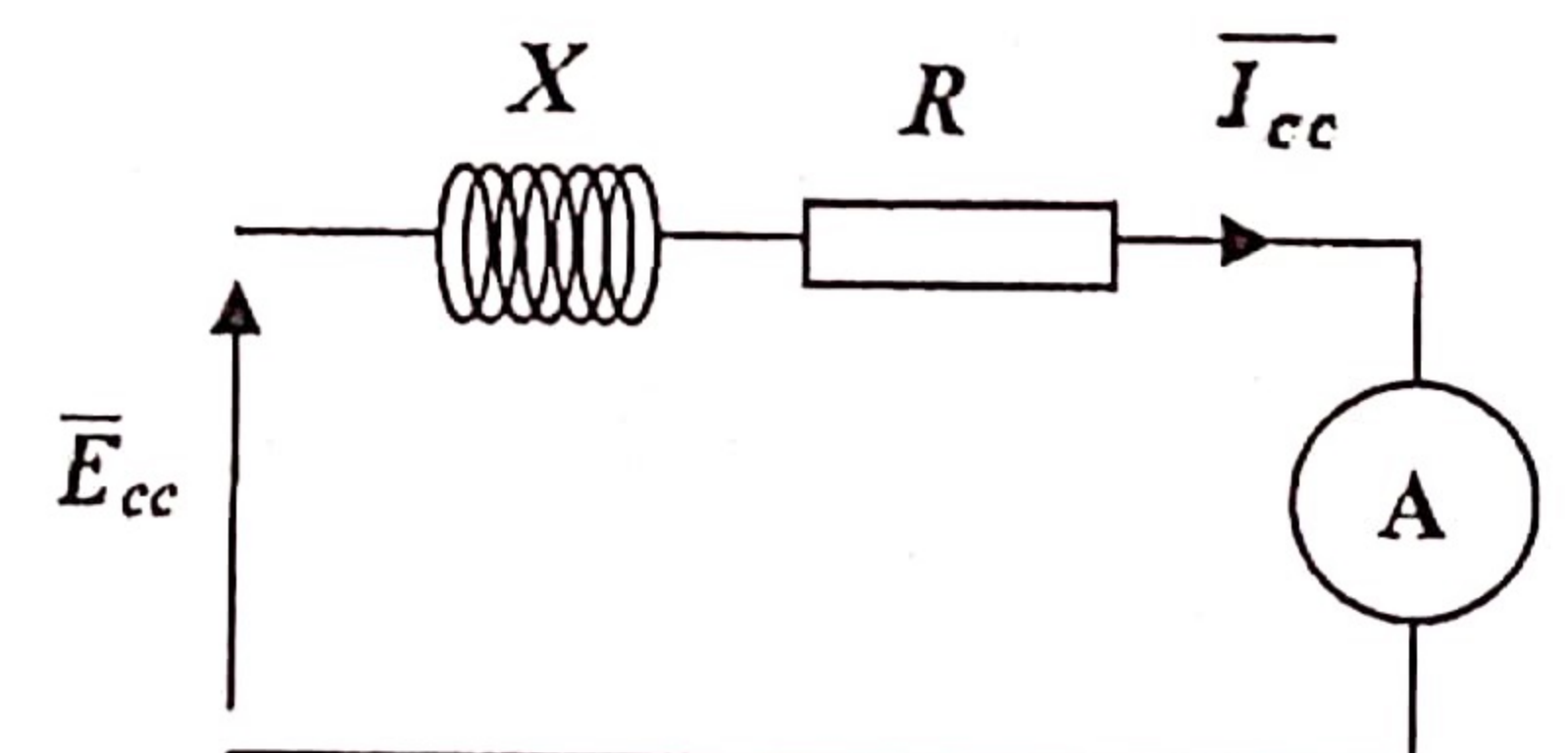


Figure. 5 : Schéma monophasé (essai en CC)



## 5. Matériels nécessaires :

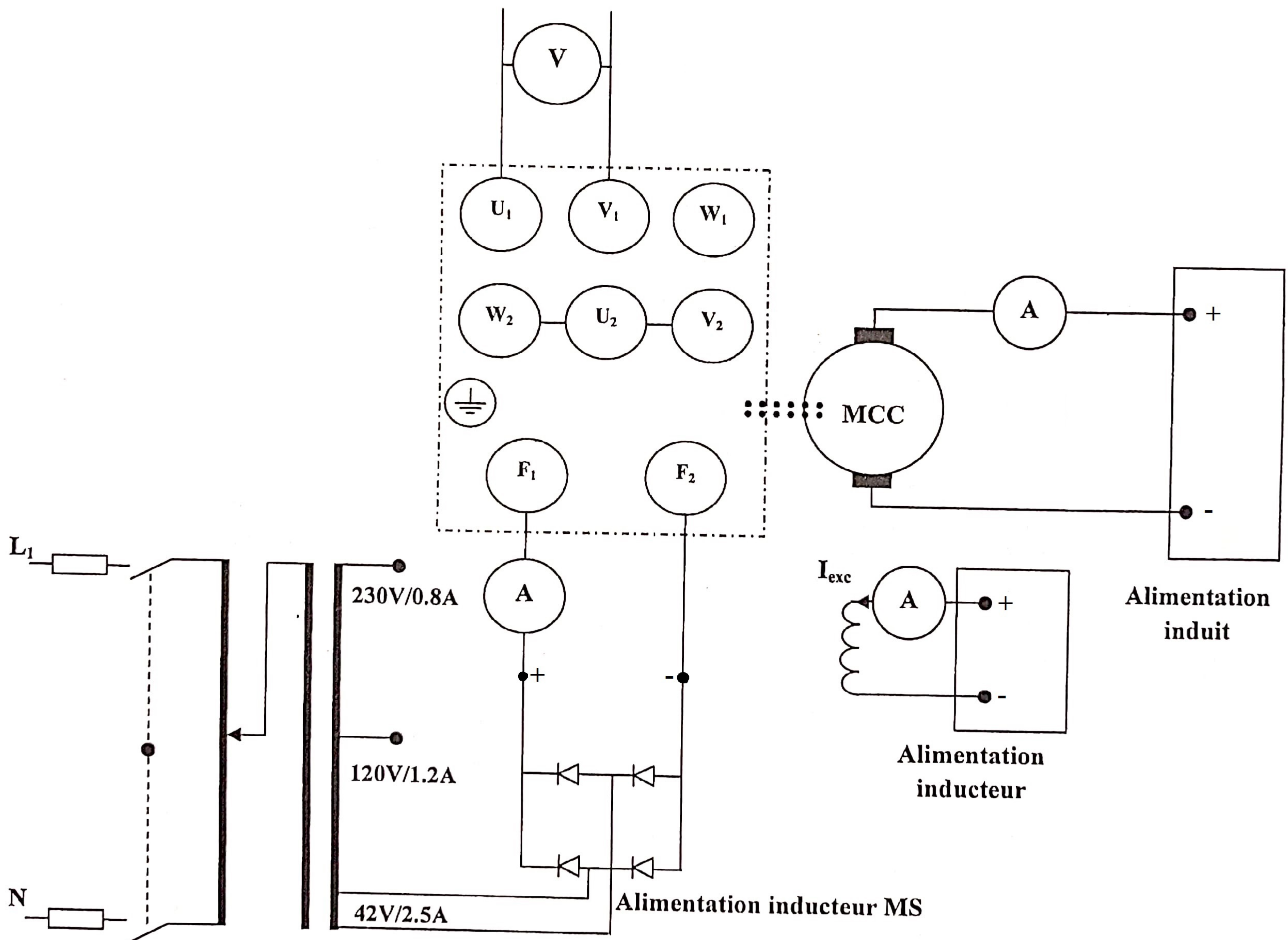
La table ci-dessous récapitule les appareils et les composants qu'exige la manipulation :

Matériels	Nombre
Machine Synchrone à pôles saillants	1
Machine multifonction à courant continu	1
Dynamo-tachymétrique	1
Manchon d'accouplement	2
Capot de protection d'accouplement	2
Capot de protection du bout d'arbre	1
Transformateur variable	1
Alimentation en courant continu	1

## 6. Manipulation

### 6.1. Essai à vide :

- ✓ Exécuter le montage de la figure. 6



**Fig. 6 : Montage de l'essai à vide**



- ✓ Entraîner l'alternateur jusqu'à 1500 tr/min en agissant sur la tension d'alimentation du MCC et veuillez à garder constante la vitesse du groupe moteur-alternateur durant tout l'essai.
- ✓ Relevez la tension  $E_0$  que débite l'alternateur pour des valeurs de courant d'excitation croissantes puis décroissantes.

**⚠ DANGER :** Dans toutes les manipulations, nous avons affaire à des valeurs de tension importantes, donc les câbles de sécurité doivent être utilisés.

## 6.2. Essai en court-circuit

- ✓ Exécuter le montage de la figure. 7

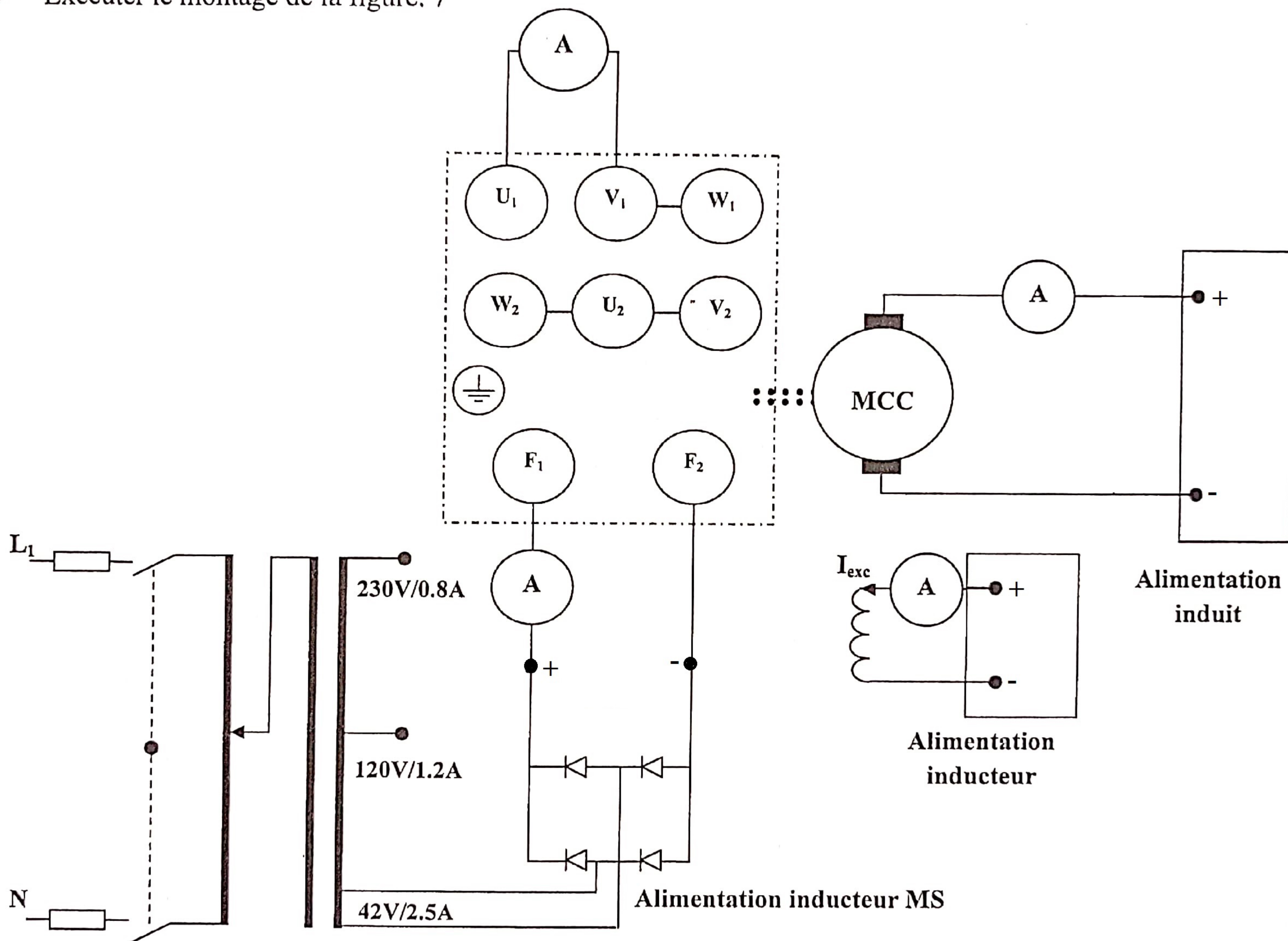


Fig. 7 : Montage de l'essai en CC

- ✓ Entraîner l'alternateur jusqu'à 1500 tr/min en agissant sur la tension d'alimentation du MCC et veuillez à garder constante la vitesse du groupe moteur-alternateur durant tout l'essai.
- ✓ Une fois la rémanence éliminée, relevez le courant débité  $I_{cc}$  pour des valeurs du courant d'excitation croissantes et décroissantes.



**⚠ DANGER : Avant de démarrer le moteur d'entraînement s'assurer que  $J = 0$ , après augmenter très lentement  $J$ .**

### 6.3. Mesure de la résistance statorique :

On applique la méthode voltampéremétrique (utilisons un générateur à courant continu), voir le schéma de montage (figure. 8). Relevez pour différentes valeurs de la tension le courant et prendre la moyenne.

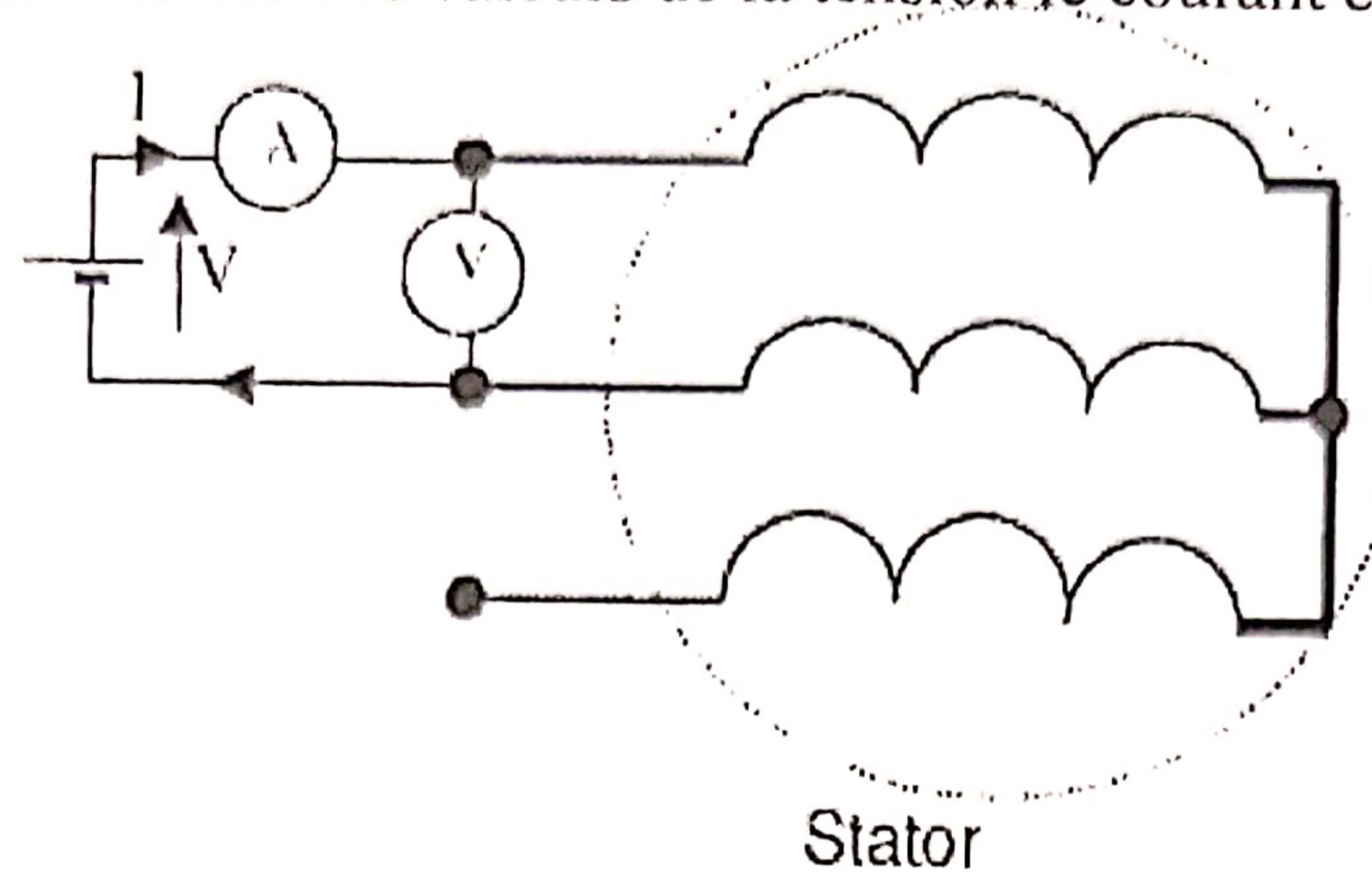


Fig. 8 : Schéma du montage

### Questions :

- Relever les informations figurant sur la plaque signalétique de la machine synchrone.
- Tracer les deux courbes  $E_j = fct(j)$  ainsi que la courbe moyenne. En déduire la valeur de la pente initiale ainsi que la f.e.m rémanente.
- Pourquoi relève-t-on la caractéristique  $E_j = fct(J)$ ?
- Tracer les deux courbes  $I_{cc} = fct(J)$  ainsi que la courbe moyenne.
- Identifier les zones linéaire et de saturation ?
- Trouver la relation entre la tension  $E_j$  et  $J$  dans la zone linéaire ?
- Calculer la réactance synchrone.
- Tracer le diagramme à réactance synchrone pour le régime de fonctionnement suivant :  
 $V = 230V$  ;  $I = 1.5A$  ;  $\cos(\varphi) = 0.8$  . En déduire la valeur de l'excitation  $J$  ainsi que la chute de tension  $\Delta V = E_j - V$
- Le régime aux bornes de l'alternateur dépend de la charge alimenté. A partir de la figure 4.b, quelle est la nature de la charge ?