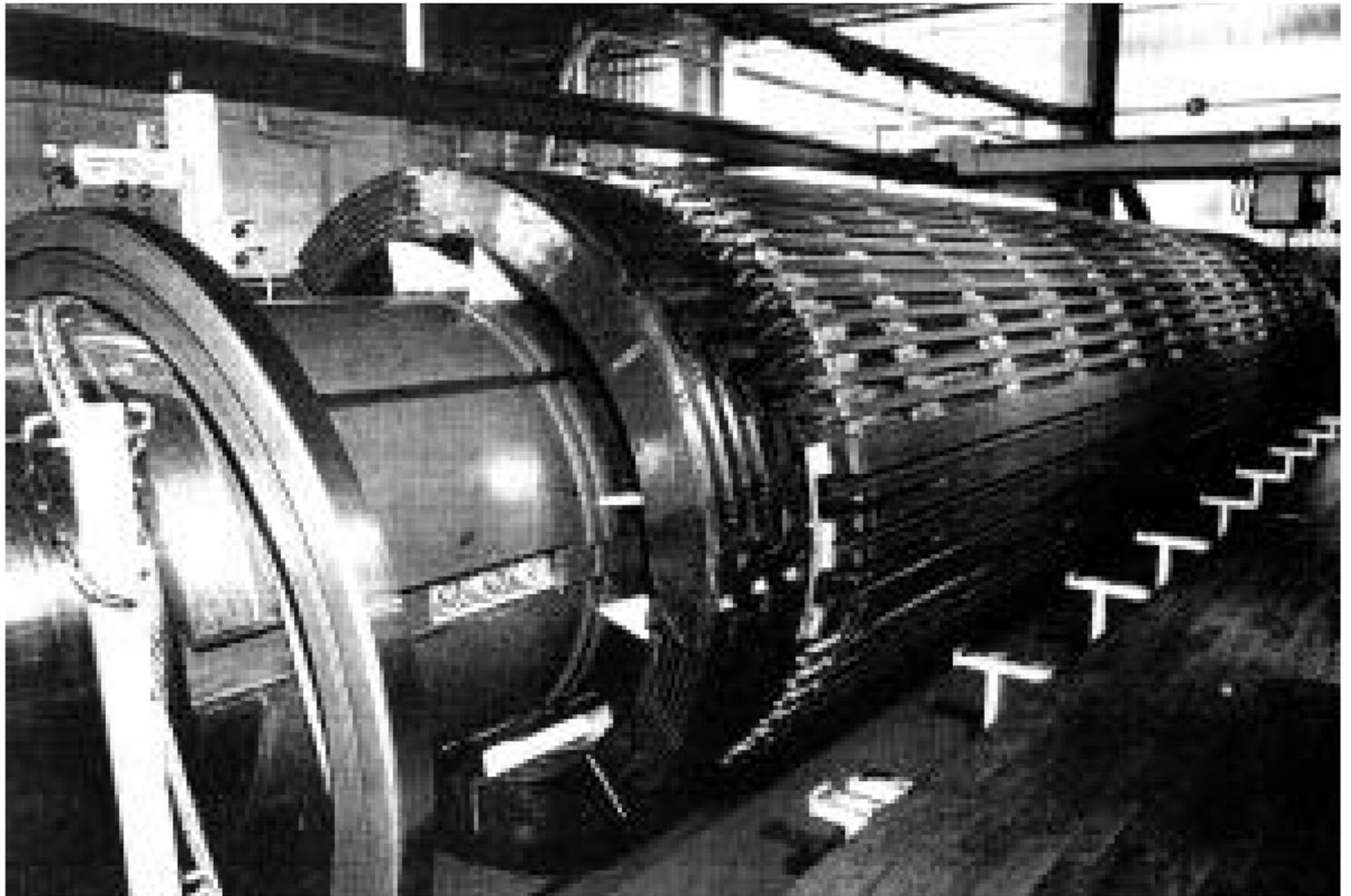


## I Constitution de la machine synchrone

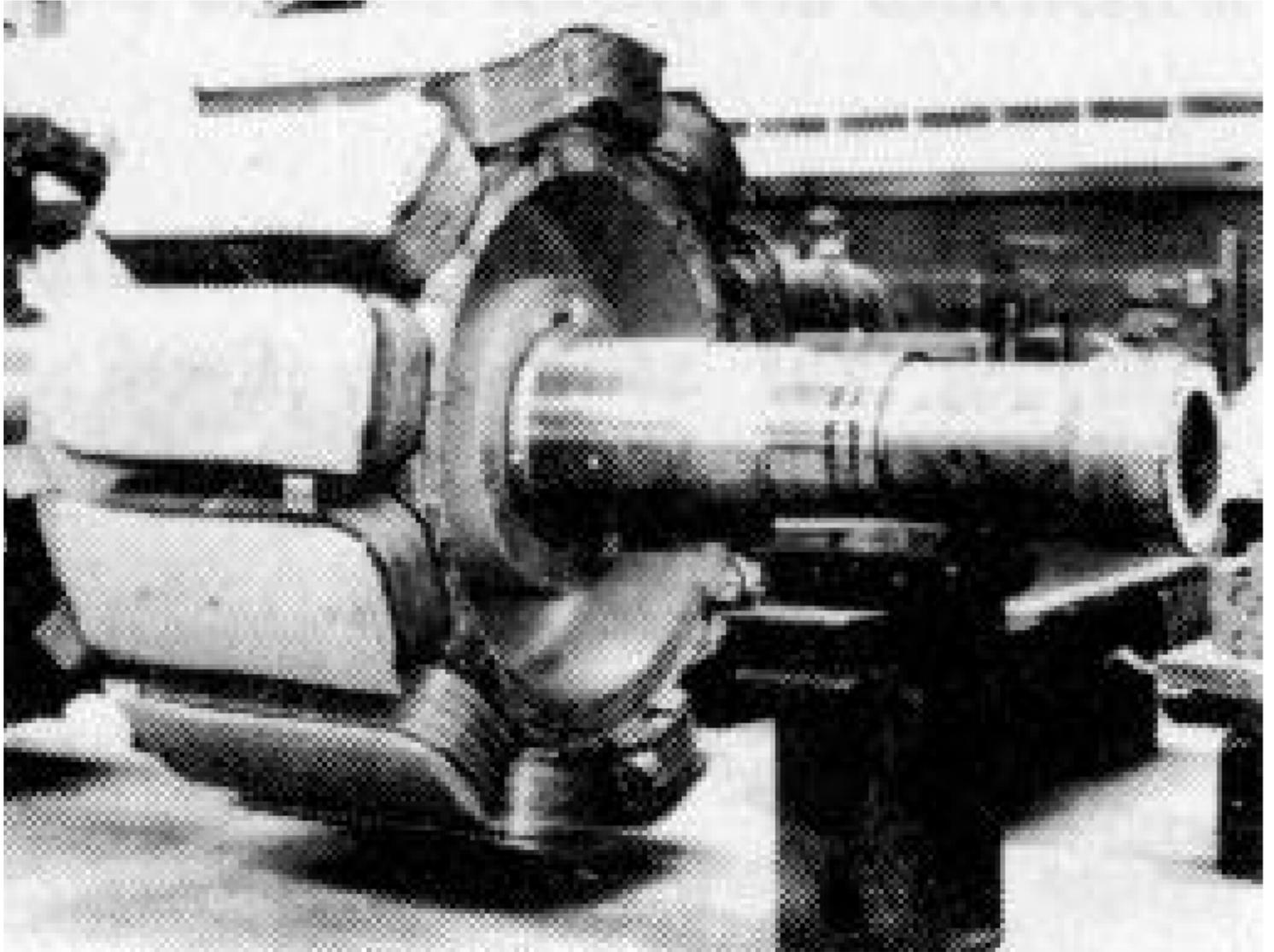
Cette famille de machine regroupe en fait plusieurs sous familles, qui vont de l'alternateur de plusieurs centaines de mégawatts au moteur de quelques watts, en passant par les moteurs pas à pas. Néanmoins, la structure de toutes ces machines est relativement proche. Le stator est généralement constitué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

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

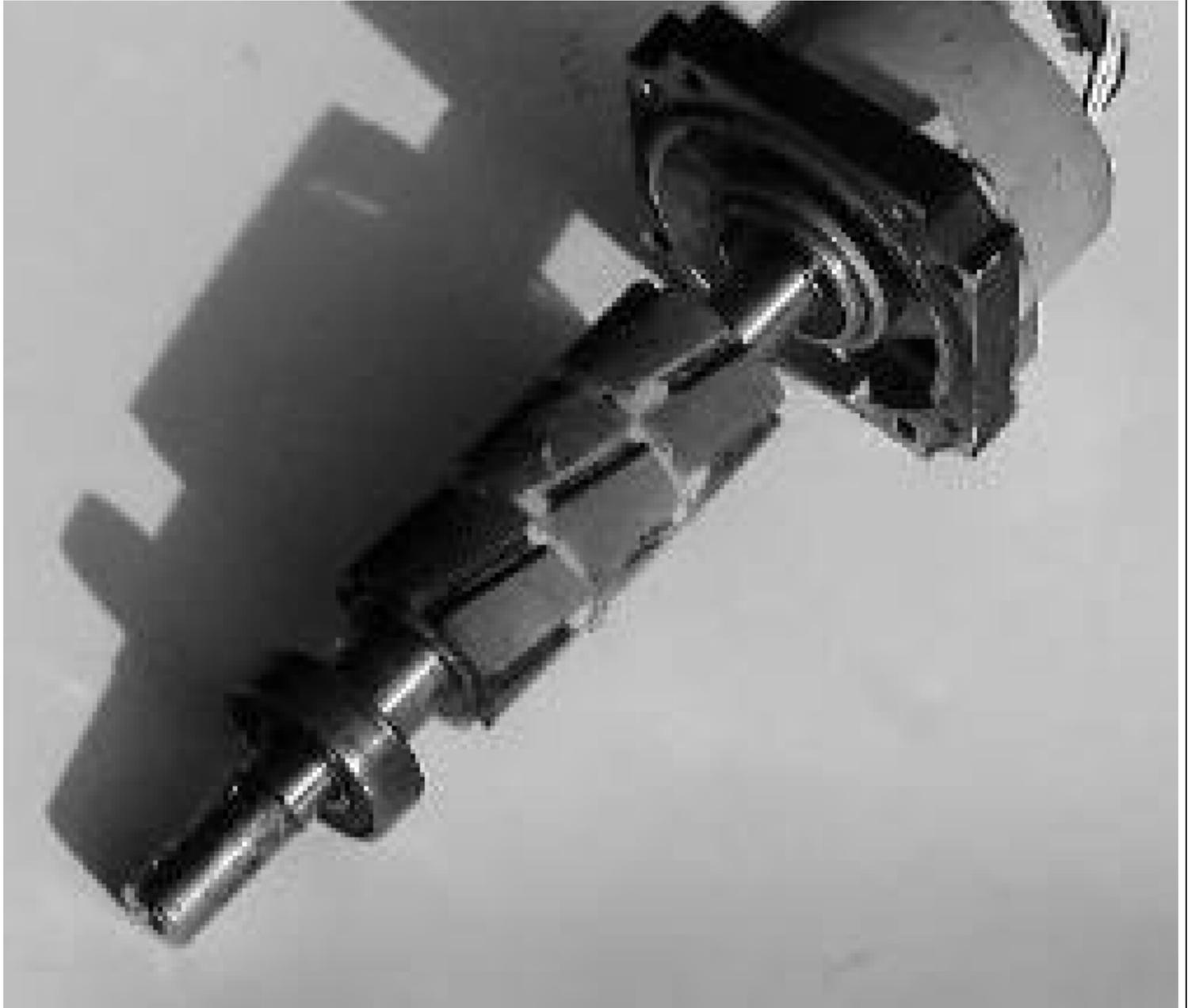




Rotor à pôles lisses

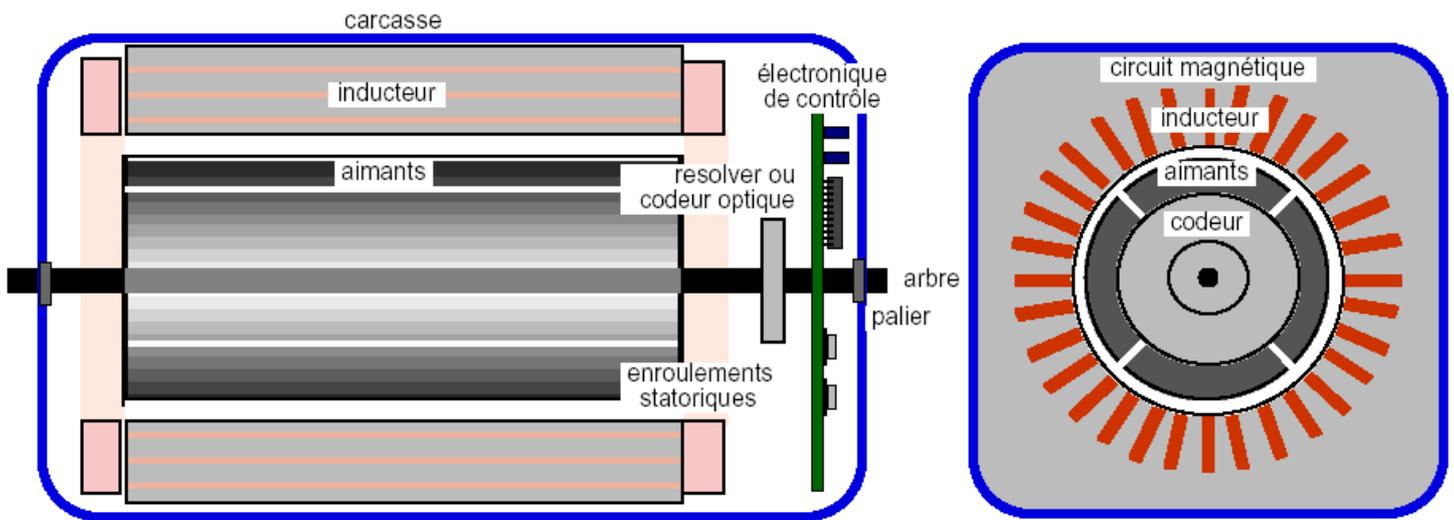


Rotor à pôles saillants



Rotor à aimants

Exemple : moteur "brushless" (schéma simplifié) :



• **Caractéristiques (moteurs brushless) :**

- Fortes caractéristiques dynamiques (accélération, couple de démarrage)
- Vitesse élevée (> MCC)
- Durée de vie élevée
- Intégration facile dans les applications d'entraînement et d'asservissement

## II Principe de fonctionnement

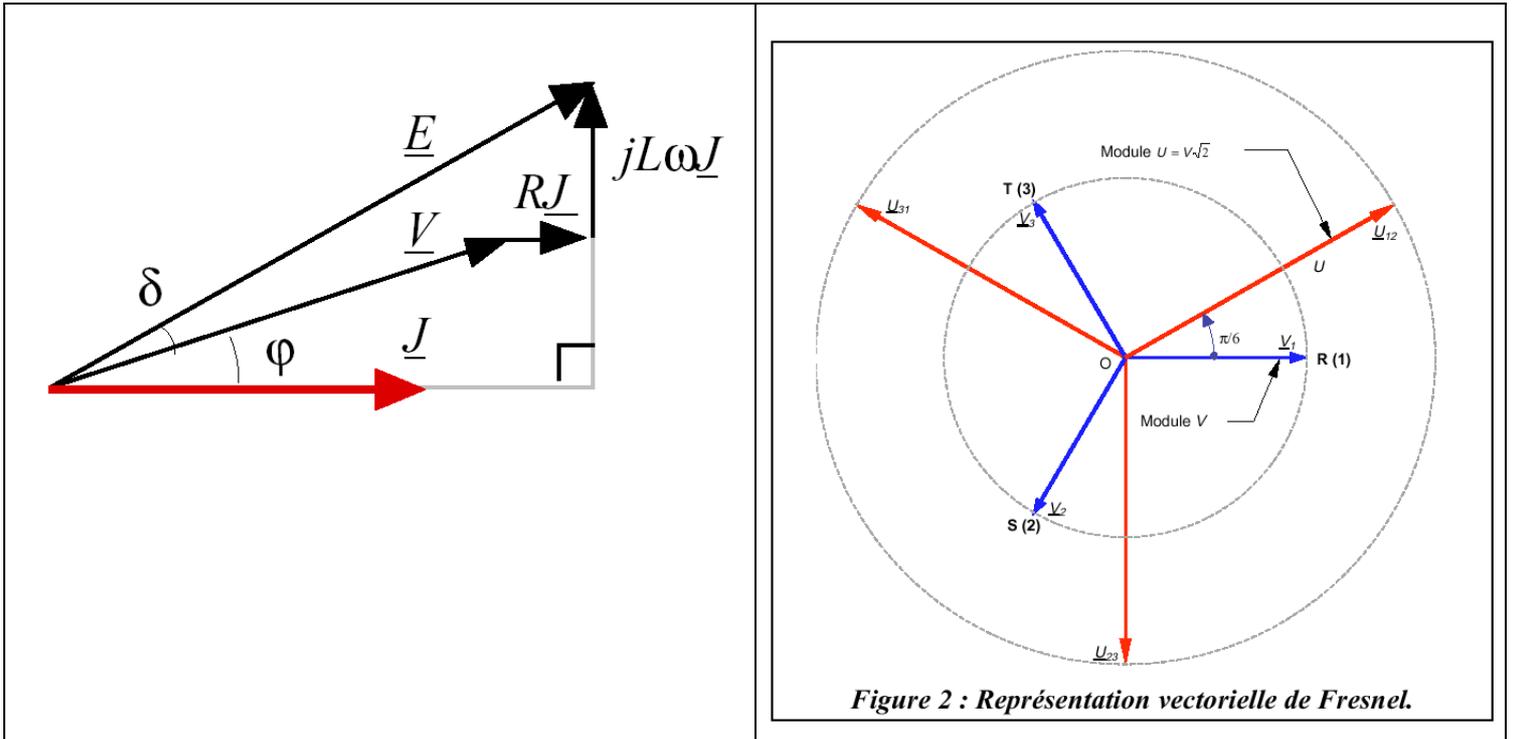
### 21 Fonctionnement en génératrice isolées

Nombre de paire de pôles **50 60 400 Hz**

| p        | <b>3000</b> | <b>3600</b> | <b>24000</b> | <b>tr/min</b> | <b>RPM</b> |
|----------|-------------|-------------|--------------|---------------|------------|
| <b>1</b> |             |             |              |               |            |
| 2        | 1500        | 1800        | 12000        |               |            |
| 3        | 1000        | 1200        | 8000         |               |            |
| 4        | 750         | 900         | 6000         |               |            |
| 5        | 600         | 720         | 4800         |               |            |
| 6        | 500         | 600         | 4000         |               |            |
| 7        | 428,6       | 514,3       | 3428,6       |               |            |
| 8        | 375         | 450         | 3000         |               |            |
| 10       | 300         | 360         | 2400         |               |            |
| 12       | 250         | 300         | 2000         |               |            |
| 14       | 214,3       | 257,1       | 1714,3       |               |            |
| 16       | 187,5       | 225         | 1500         |               |            |
| 20       | 150         | 180         | 1200         |               |            |

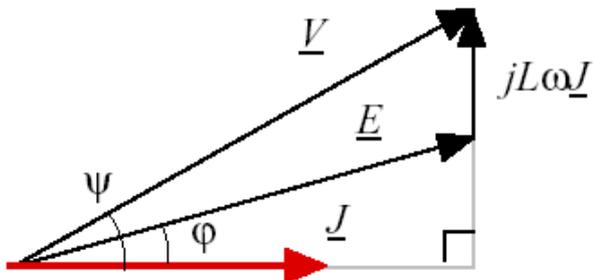
|    |      |       |      |
|----|------|-------|------|
| 24 | 125  | 150   | 1000 |
| 32 | 93,8 | 112,5 | 750  |
| 40 | 75   | 90    | 600  |

## 22 Modèle de Behn Eshenburg

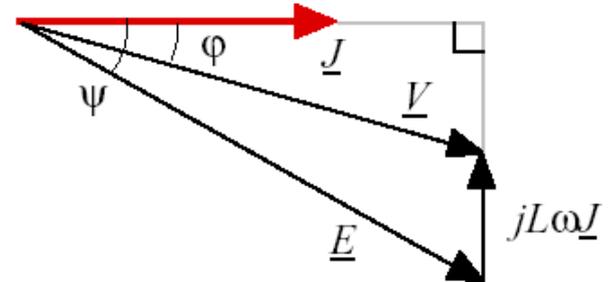


## 23 Fonctionnement sur le réseau

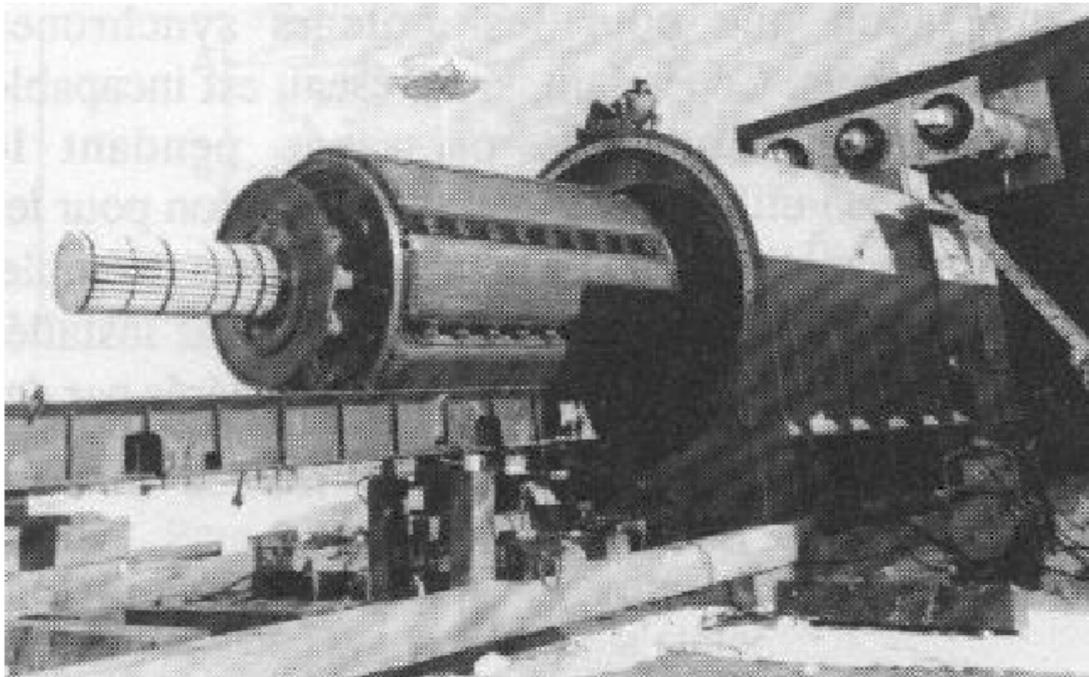
### a: Fonctionnement en alternateur



machine "sous-excitée" :  $E < V$   
 $\Rightarrow \varphi > 0$  : MS  $\approx$  récepteur inductif



machine "sur-excitée" :  $E > V$   
 $\Rightarrow \varphi < 0$  : MS  $\approx$  récepteur capacitif

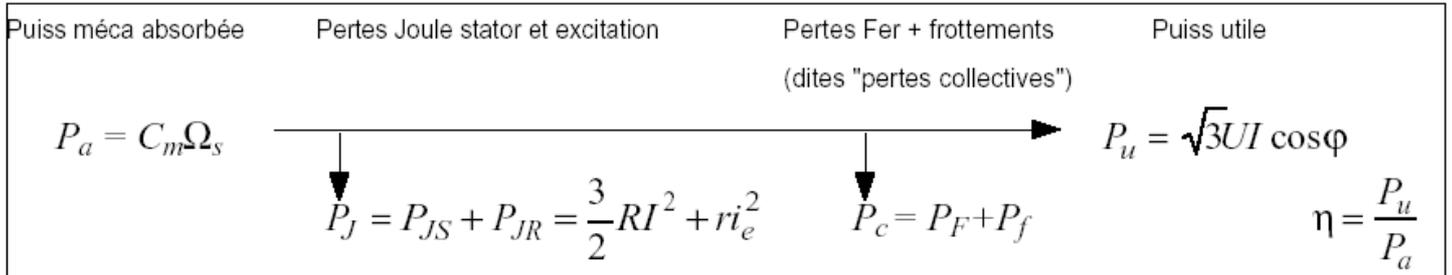


*Compensateur synchrone triphasé de -200 à +300MVARs, 16 kV, 900 r/min, 60 Hz installé au poste de Lévis, Québec, pour régulariser la tension du réseau à 735 kV entre Churchill Falls et Montréal. Caractéristiques mécaniques: masse du rotor: 143 t; diamètre du rotor: 2670 mm; longueur axiale du fer: 3200 mm; longueur del'entrefer: 39,7 mm.*

## b: Fonctionnement en moteur

## c: Remarque sur les conventions moteurs et générateurs

- Bilan des puissances



### CONVENTION Générateur:

Puissance FOURNIE par la machine sur le réseau :

$$P_F = 3VI' \cos \varphi' \quad \text{et} \quad Q_F = 3VI' \sin \varphi'$$

### CONVENTION Moteur:

Puissance ABSORBÉE par la machine au réseau :

$$P_a = 3VI \cos \varphi \quad \text{et} \quad Q_a = 3VI \sin \varphi$$

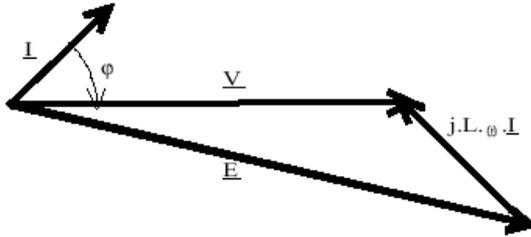
$$\underline{I}' = - \underline{I} \quad \underline{S}' = - \underline{S} \quad P_F = - P_a \quad Q_F = - Q_a$$

## Machine SYNCHRONE avec convention MOTEUR

**Puissance Active et Réactive**

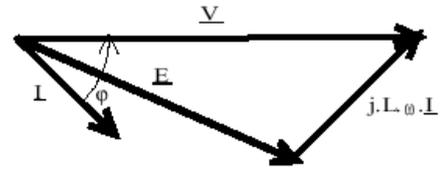
**Machine SYNCHRONE**

$$\begin{cases} P > 0 \\ Q < 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \cos \varphi > 0 \\ \sin \varphi < 0 \end{cases} \Leftrightarrow \varphi \in \left[ -\frac{\pi}{2}, 0 \right]$$

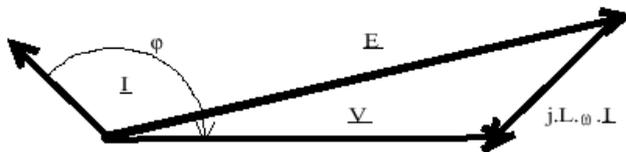


P: Puissance active

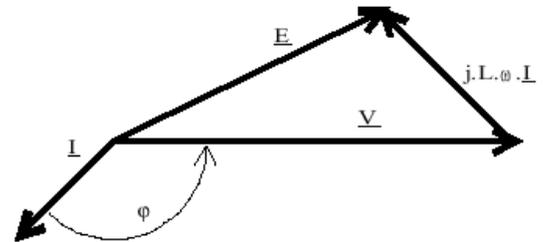
$$\begin{cases} P > 0 \\ Q > 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \cos \varphi > 0 \\ \sin \varphi > 0 \end{cases} \Leftrightarrow \varphi \in \left[ 0, \frac{\pi}{2} \right]$$



Q: Puissance réactive

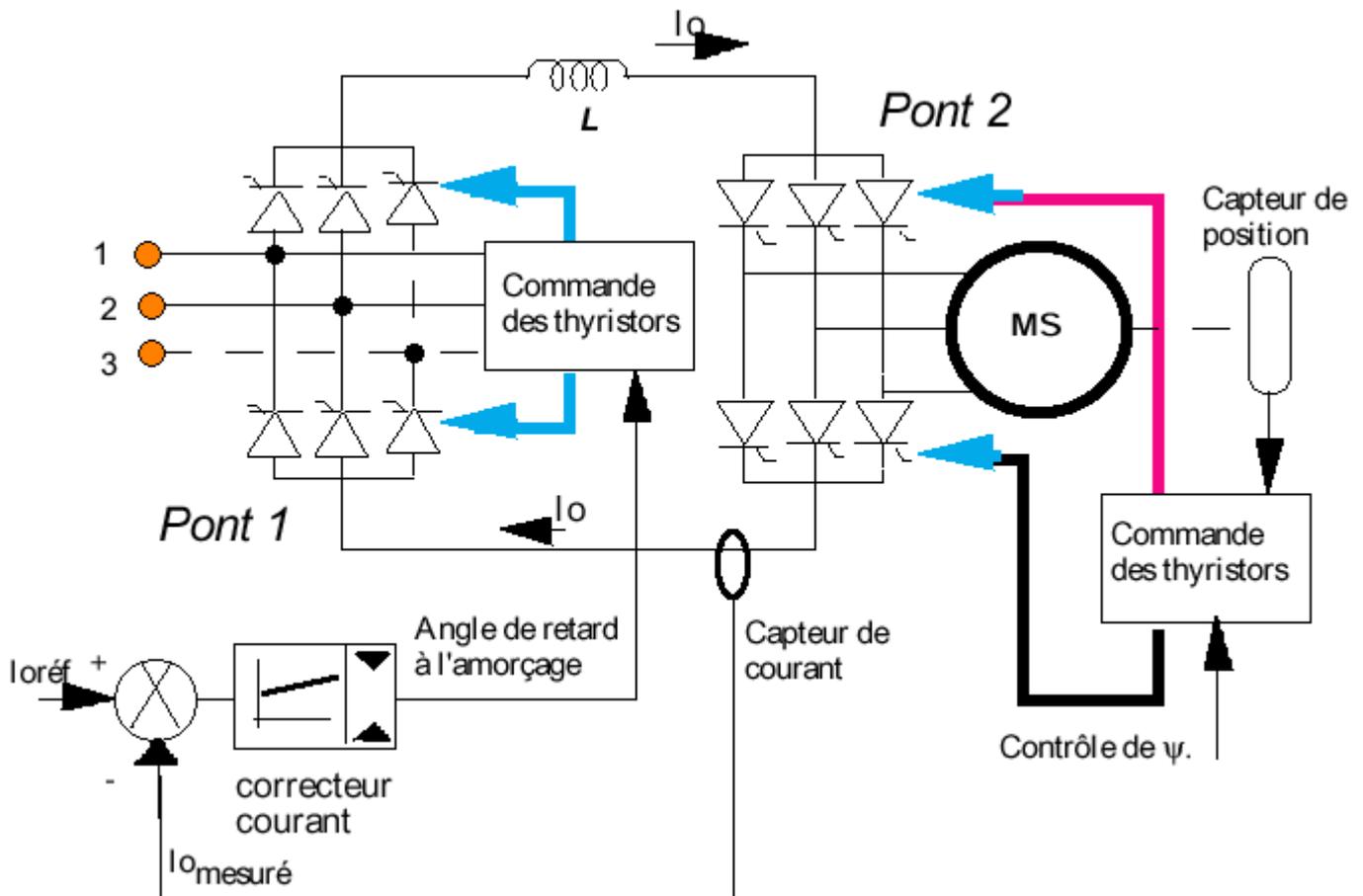


$$\begin{cases} P < 0 \\ Q < 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \cos \varphi < 0 \\ \sin \varphi < 0 \end{cases} \Leftrightarrow \varphi \in \left[ -\pi, -\frac{\pi}{2} \right]$$



$$\begin{cases} P < 0 \\ Q > 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \cos \varphi < 0 \\ \sin \varphi > 0 \end{cases} \Leftrightarrow \varphi \in \left[ \frac{\pi}{2}, \pi \right]$$

## 24 Fonctionnement avec redresseur et onduleur



### Nécessité de la conversion d'énergie

Les différents réseaux électriques industriels alimentent de nombreux actionneurs. Cette énergie apparaît sous deux formes : **alternative** (tensions ou courants sinusoïdaux à *valeur moyenne nulle*) ou **continue**.

Suivant le type d'actionneur, il est nécessaire d'adapter la forme de l'énergie fournie par le réseau. Les différentes possibilités apparaissent à la **Figure 1**.

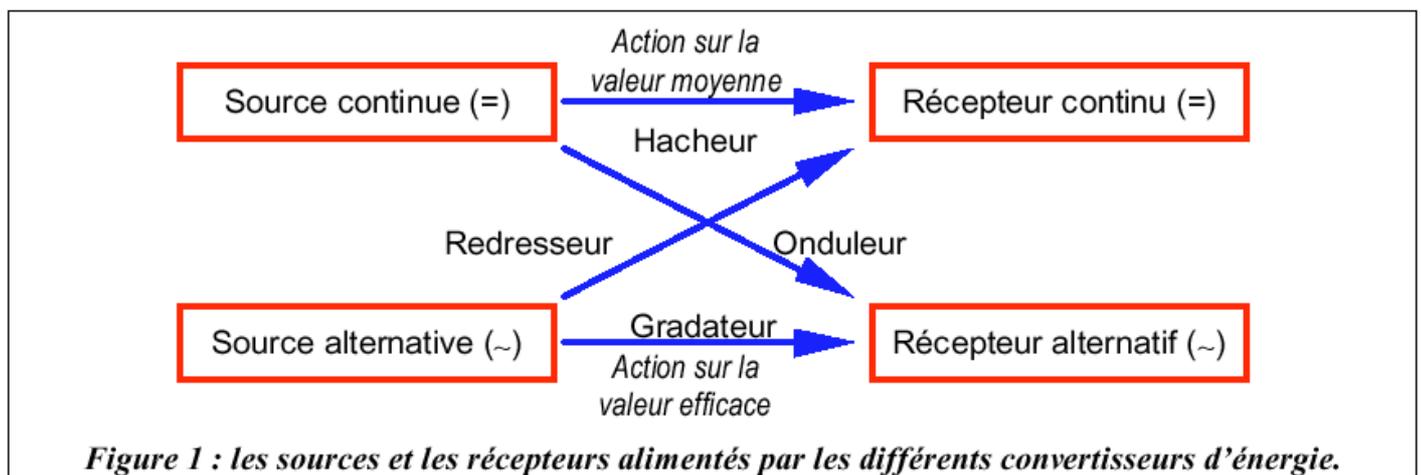
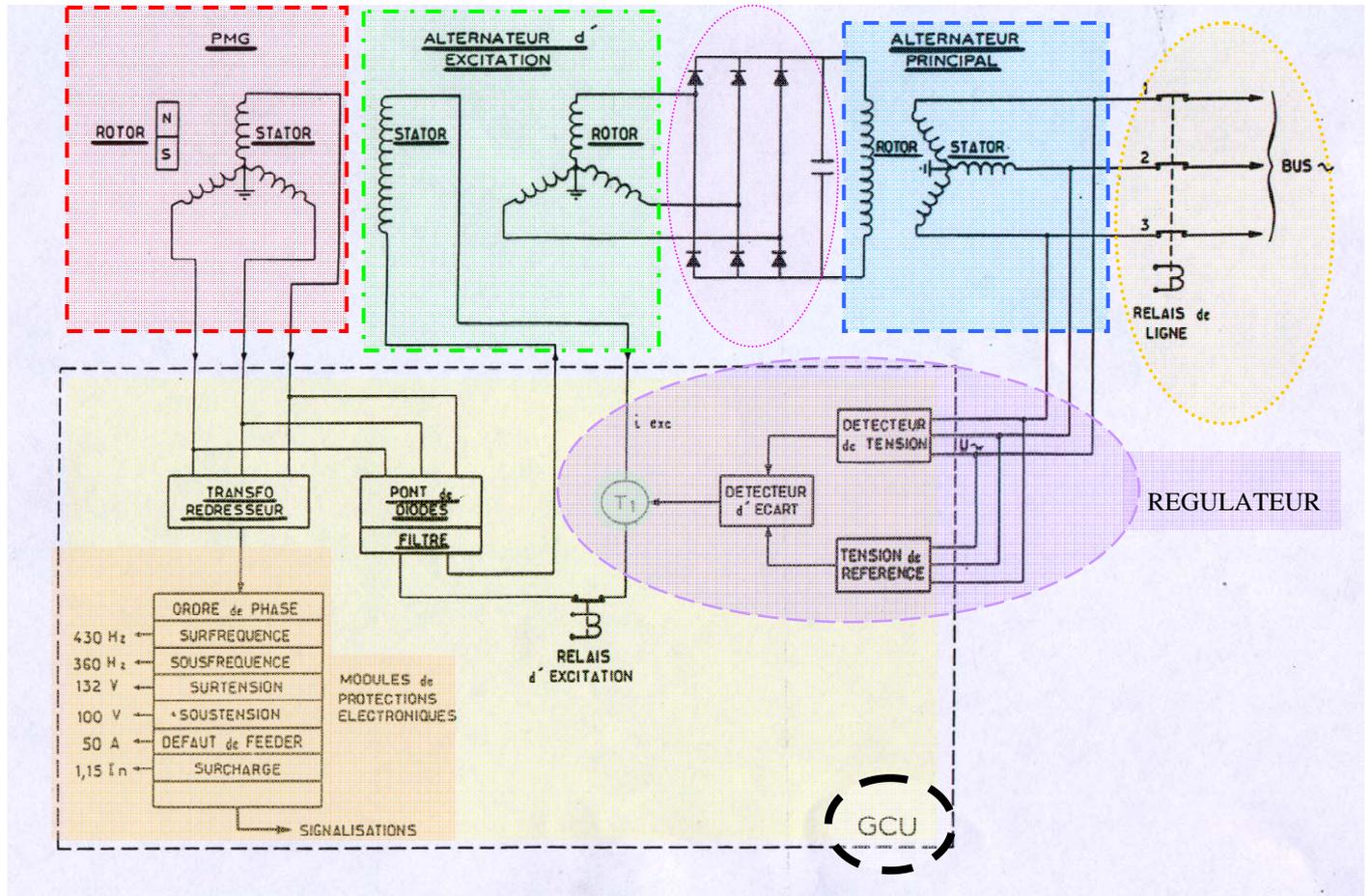
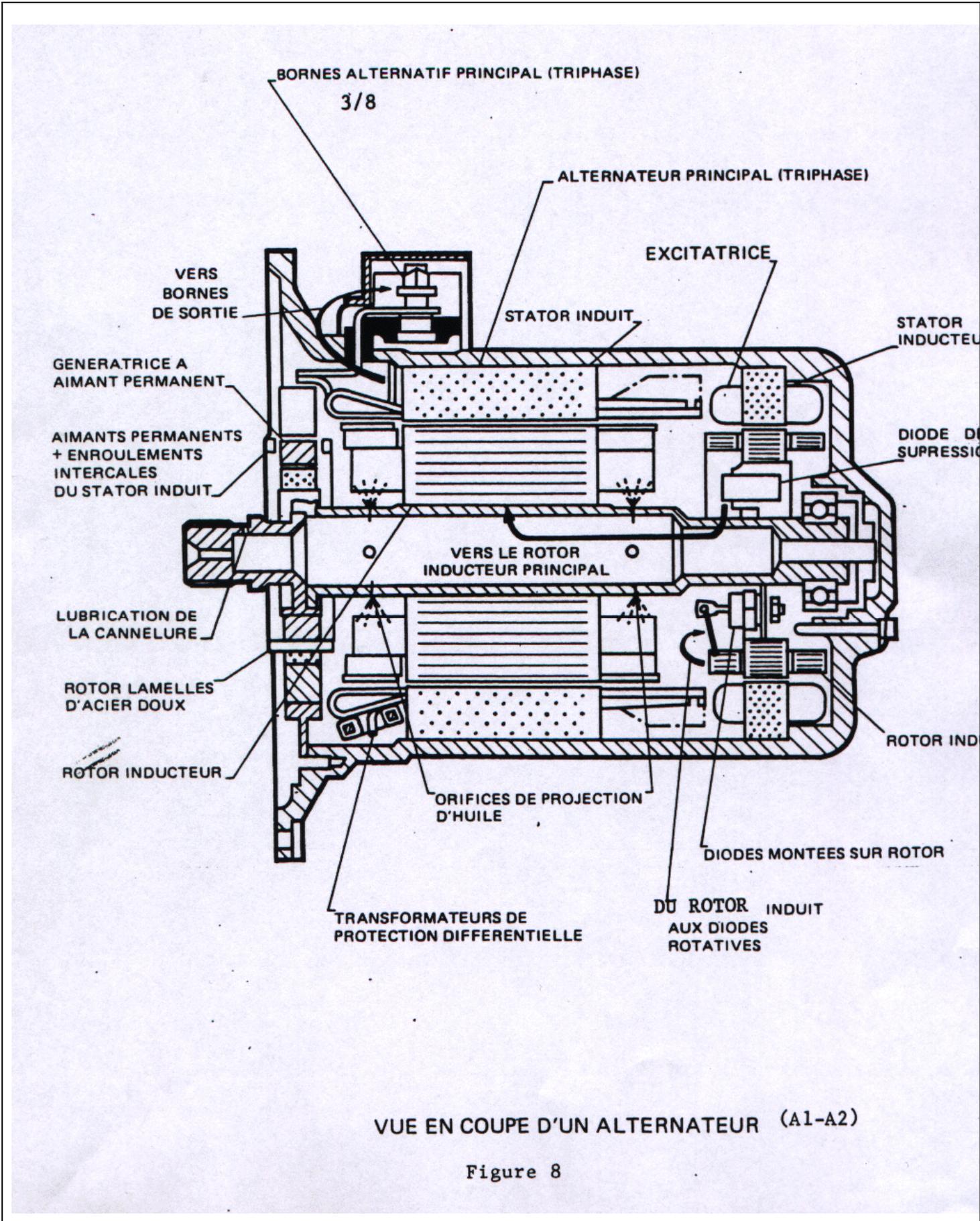


Figure 1 : les sources et les récepteurs alimentés par les différents convertisseurs d'énergie.

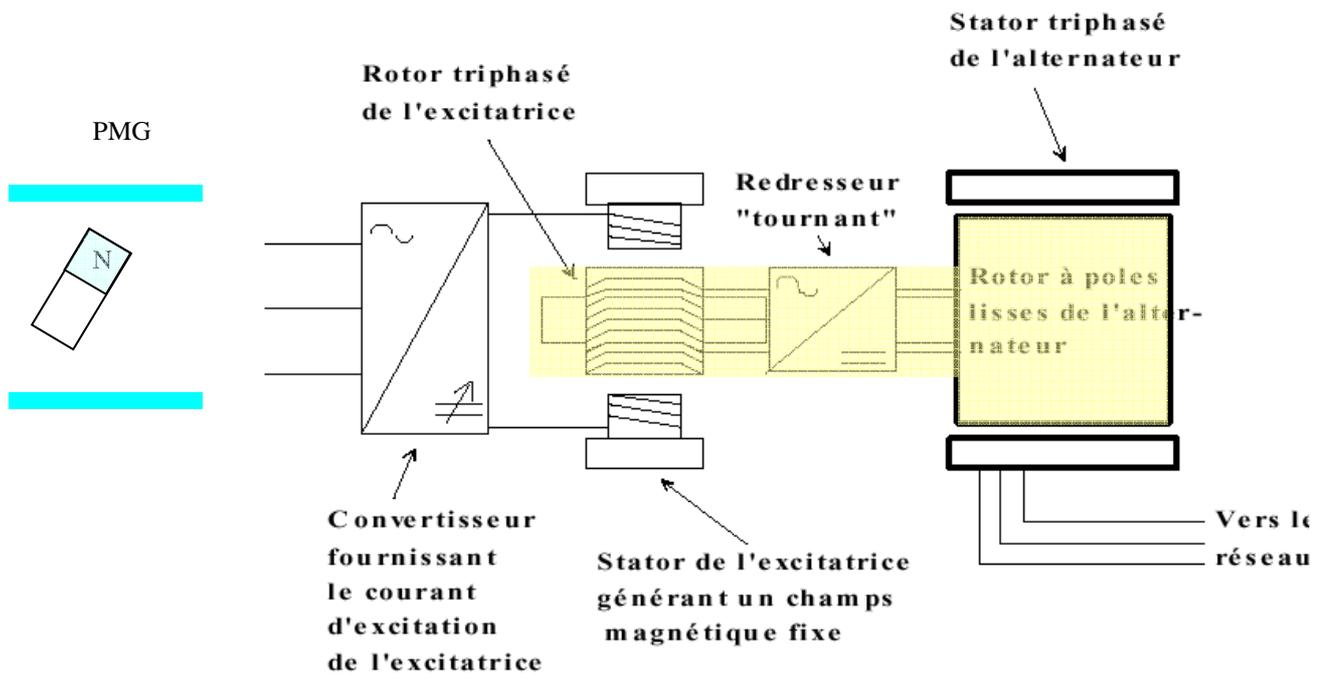


|            |                                   |  |   |   |
|------------|-----------------------------------|--|---|---|
| <b>PMG</b> | <b>ALTERNATEUR<br/>EXCITATION</b> | <b>REDRESSEUR<br/>EXCITATION<br/>SUR ROTOR</b> | <b>ALTERNATEUR<br/>PRINCIPAL<br/>"MAIN"</b> | <b>RELAIS LIGNE<br/>BUS AVION<br/>115V - 400 Hz</b> |
|------------|-----------------------------------|--|---|---|





# "TRIPLE" ALTERNATEUR SYNCHRONES



L'excitatrice est en fait un alternateur inversé où le circuit d'excitation est placé sur le stator et le rotor comporte un système d'enroulement triphasé dont les courants sont redressés afin d'alimenter l'inducteur de l'alternateur.