IUT qualité, logistique industrielle et organisation

Electrotechnique

Chapitre 6
Machine synchrone triphasée

© Fabrice Sincère ; version 3.0.4

http://pagesperso-orange.fr/fabrice.sincere/

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Sommaire

1- Constitution
1-1- Rotor
1-2- Stator
2- Types de fonctionnement
2-1- Fonctionnement en moteur
2-2- Fonctionnement en génératrice : alternateur
3- Relation entre vitesse de rotation et fréquence des tensions
4- Etude de l'alternateur
4-1- Fonctionnement à vide
4-2- Fonctionnement en charge
5- Bilan de puissance de l'alternateur
6- Alternateur monophasé

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Chapitre 6
Machine synchrone triphasée

1- Constitution

1-1- Rotor

Au rotor, nous avons l'inducteur (ou excitation).
C'est un électroaimant alimenté en courant continu par l'intermédiaire de balais.
L'inducteur crée un champ tournant.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Deux grandes catégories de machines synchrones :

- Machines à pôles saillants

Fig. 1a

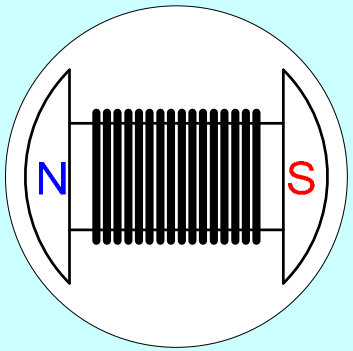
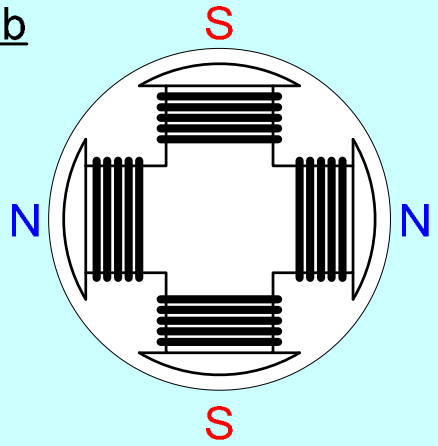
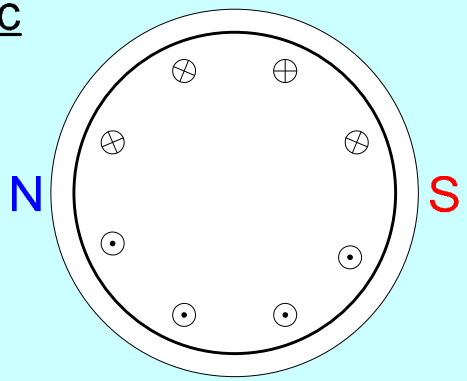


Fig. 1b



- Machines à pôles lisses

Fig. 1c



Le rotor est caractérisé par son ***nombre de paires de pôles*** p :

- p = 1 (2 pôles) : fig. 1a 1c
- p = 2 (4 pôles) : fig. 1b

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

1-2- Stator

Au stator, nous avons l'induit (circuit de puissance).
C'est un bobinage triphasé, généralement couplé en étoile :

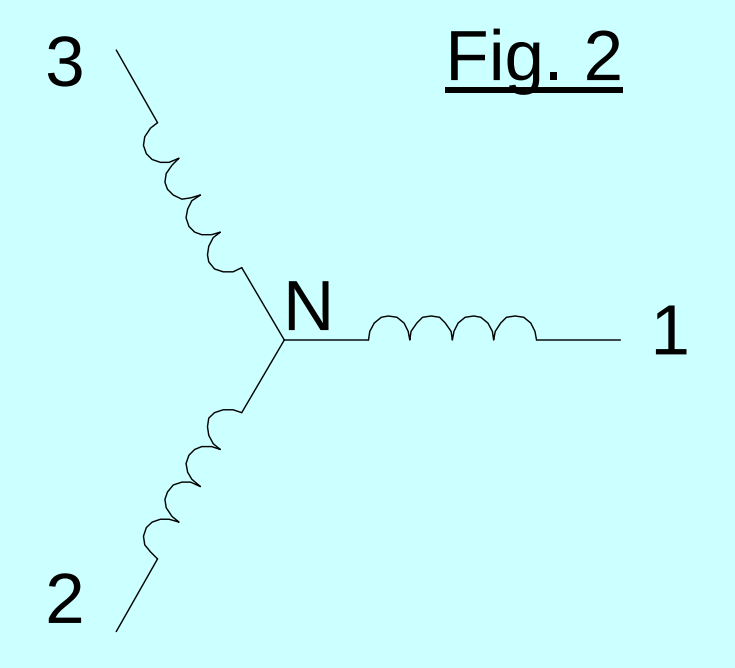


Fig. 2

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

2- Types de fonctionnement

2-1- Fonctionnement en moteur

Le moteur alimenté en triphasé tourne :

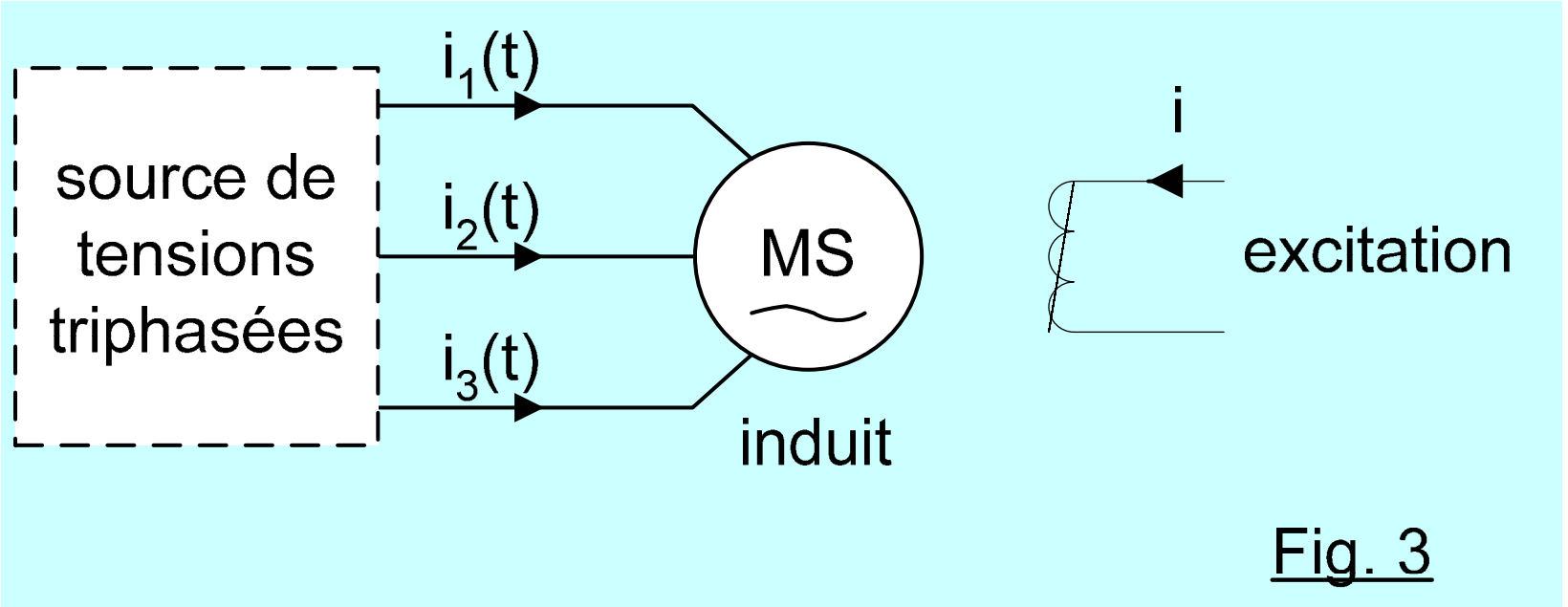


Fig. 3

Ex. moteurs synchrones "autopilotés" des TGV.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

2-2- Fonctionnement en génératrice : alternateur

La *génératrice synchrone* est plus connue sous le nom d'*alternateur*.

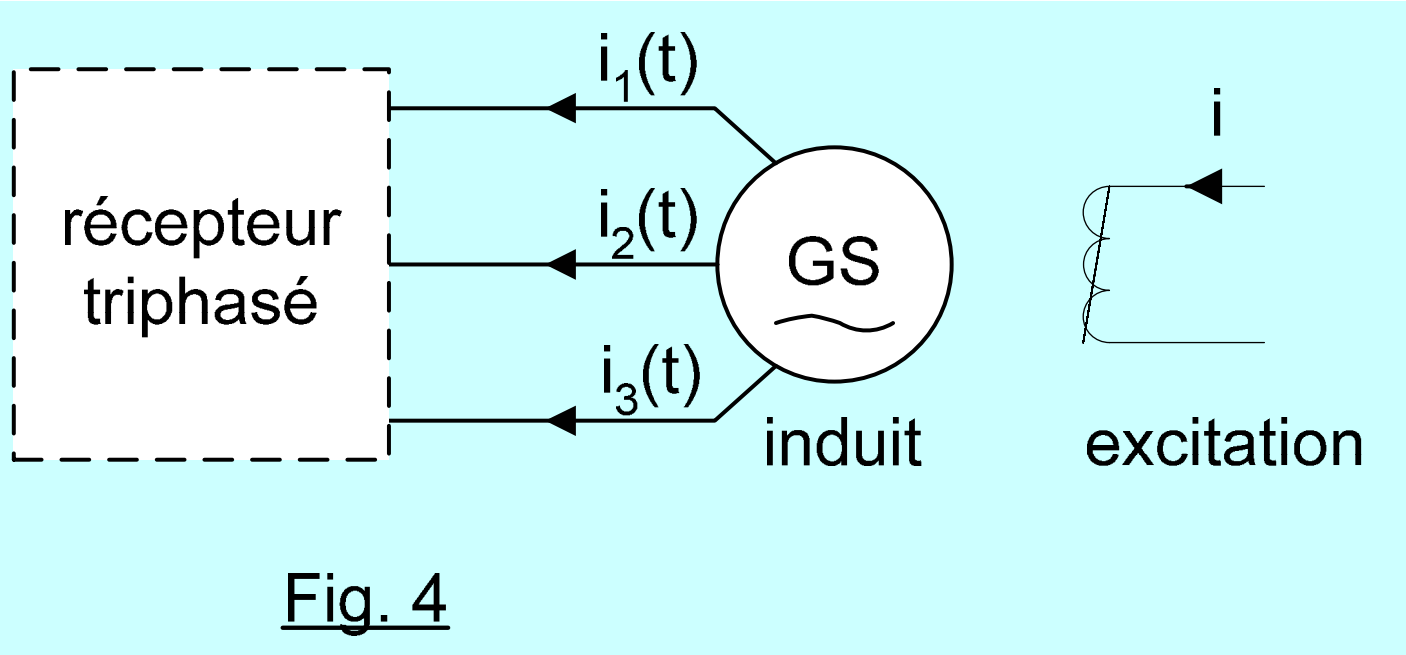
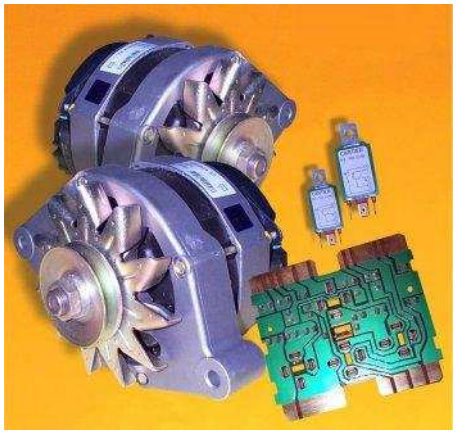


Fig. 4



Un système mécanique entraîne le rotor.
Il y a création d'un système de tensions triphasées dans les bobinages du stator.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

3- Relation entre vitesse de rotation et fréquence des tensions triphasées

$$f = pn$$

avec :

f : fréquence (en Hz)
n : vitesse de rotation (en tr/s)
p : nombre de paires de pôles

• Autre relation

$$\omega = 2\pi f = p\Omega$$

avec :

ω : pulsation (en rad/s)
Ω : vitesse de rotation (en rad/s)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

En France, f = 50 Hz.

Tableau 1

p	n (tr/s)	n (tr/min)	Ω (rad/s)
1	50	3000	314
2	25	1500	157
3	16,7	1000	105
4	12,5	750	79
25	2	120	12,6
50	1	60	6,3

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

• Remarques

La production de l'énergie électrique se fait avec des alternateurs de grandes puissances (jusqu'à 1450 MW) :

- turboalternateurs de centrales thermiques (à pôles lisses : p = 2 ou 1)
- hydroalternateurs de barrages hydrauliques (à pôles saillants : p >> 1)

Ex. pour avoir f = 50 Hz :

- turboalternateur (p = 2) à 1500 tr/min
- hydroalternateur (p = 40) à 75 tr/min

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

4- Etude de l'alternateur

4-1- Fonctionnement à vide

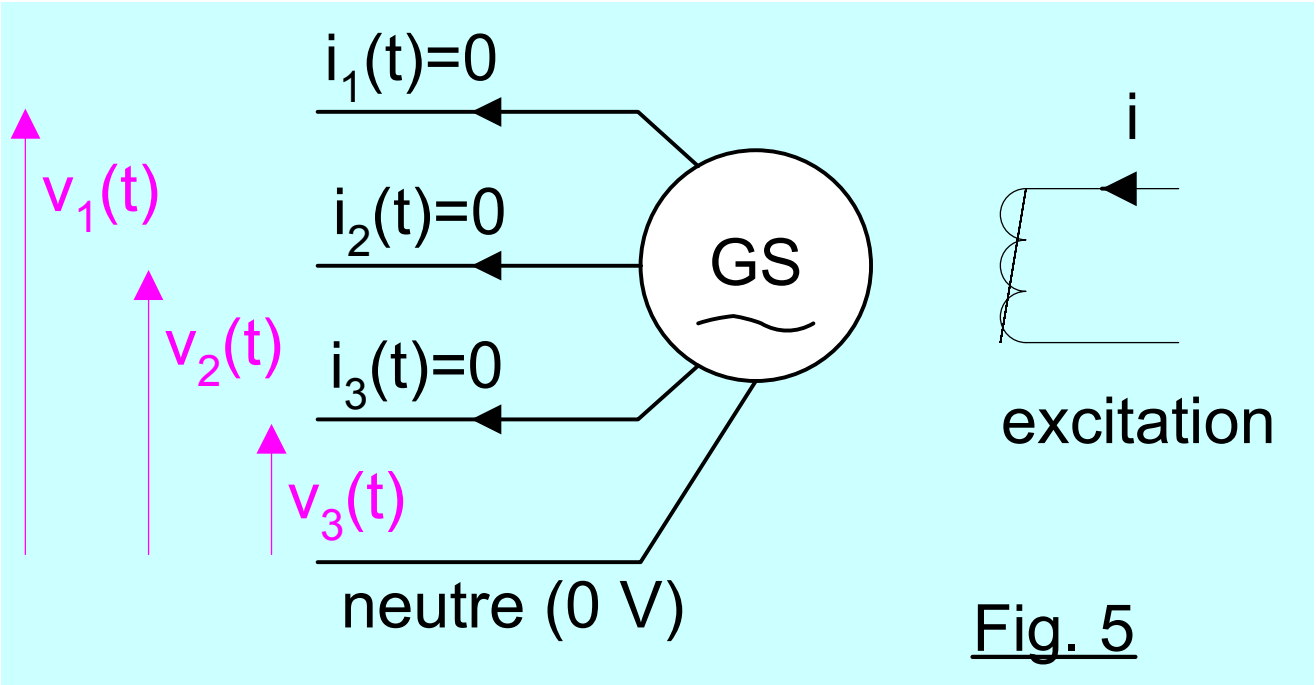


Fig. 5

A vide, les tensions générées correspondent aux fem induites dans les bobinages du stator par le champ tournant du rotor :

$$v_i(t) = e_i(t)$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

• Valeur efficace des fem induites

$$\mathbf{E = k\Phi\Omega}$$

E : fem en volts
Φ : flux sous un pôle de l'inducteur
k : constante qui dépend de la machine

• Φ est proportionnel au courant inducteur i :

$$\mathbf{\Phi \alpha i}$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

4-2- Fonctionnement en charge

• Schéma électrique équivalent de Behn-Eschenburg

Hypothèse : circuit magnétique non saturé.

Au stator, le régime est sinusoïdal.
On utilise la notation complexe.

Pour la phase i :

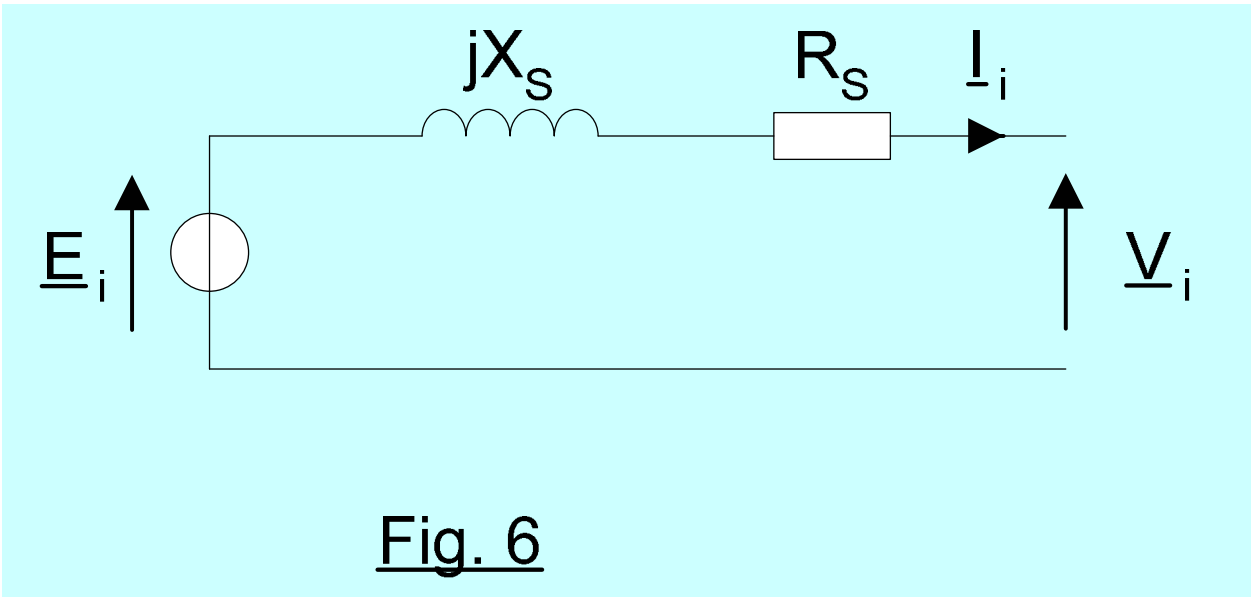


Fig. 6

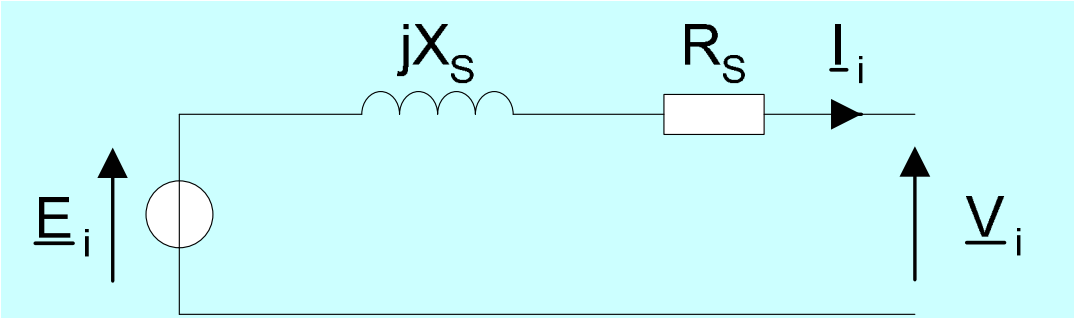


Fig. 6

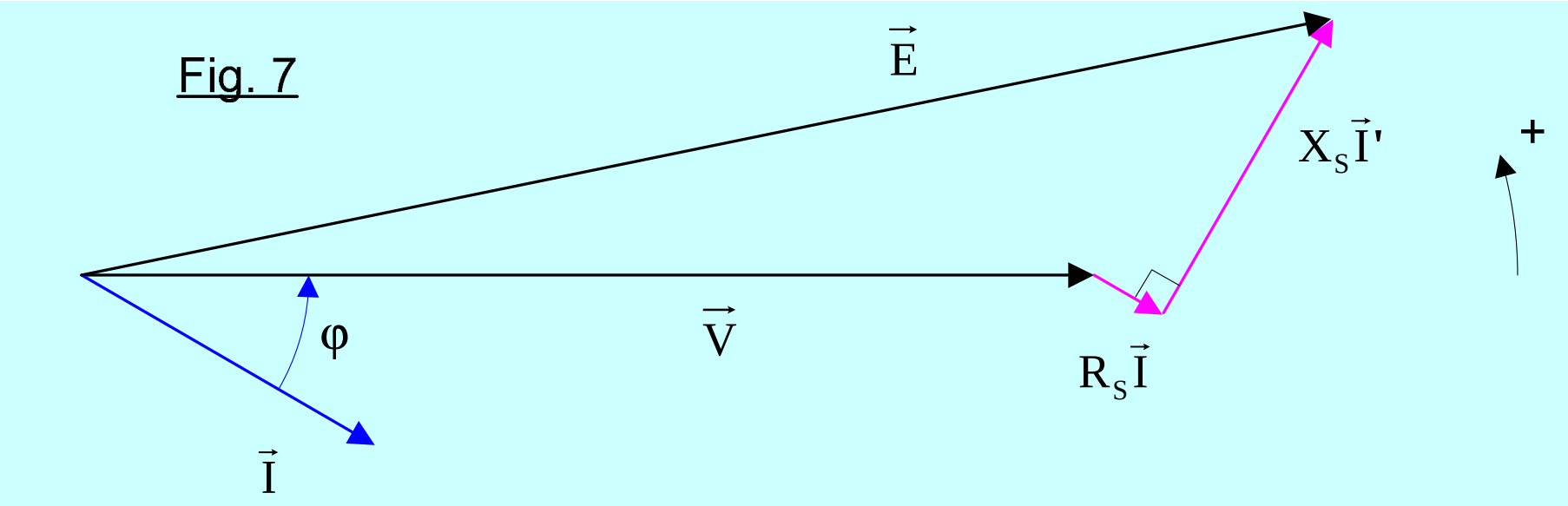
E_i : fem induite
I_i : courant de ligne
V_i : tension entre phase et neutre
R_S : résistance d'un enroulement statorique (couplage Y)
$X_S = L_S\omega$: réactance ***synchrone*** d'un enroulement statorique

• Loi des branches : $\underline{V_i} = \underline{E_i} - (R_S + jX_S)\underline{I_i}$

• Remarques
X_S est proportionnelle à la vitesse de rotation.
En pratique $X_S >> R_S$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

• Représentation vectorielle : diagramme de Behn-Eschenburg

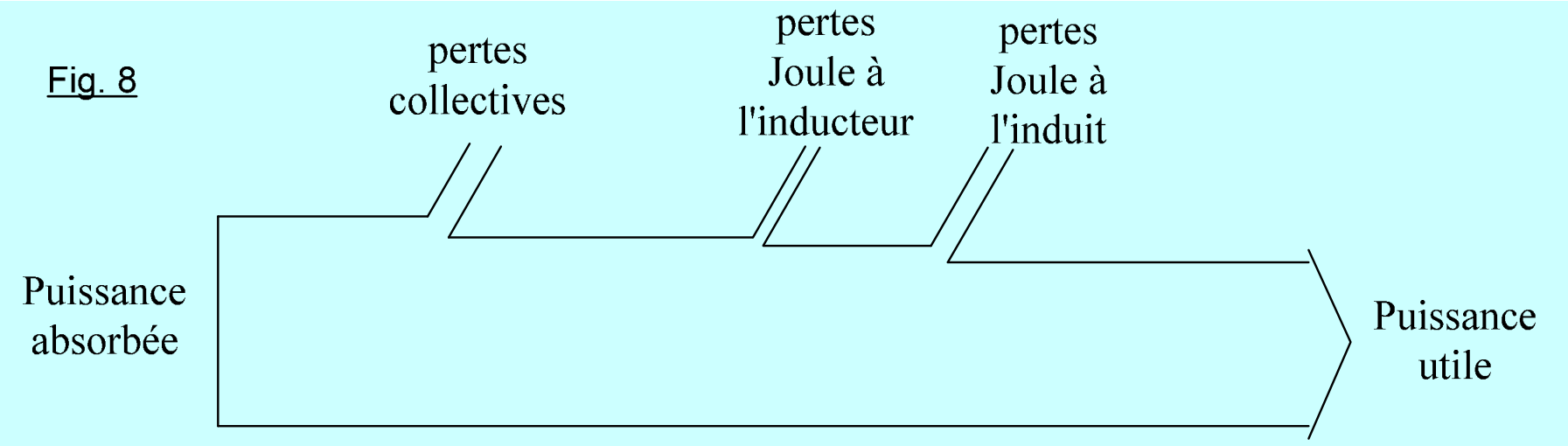


$$\vec{V}_i = \vec{E}_i - (R_S\vec{I}_i + X_S\vec{I}_i')$$

• Chute de tension en charge : $\Delta V = E - V$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

5- Bilan de puissance de l'alternateur



- Puissance absorbée =
  puissance mécanique reçue
  + puissance électrique consommée par l'inducteur

- Puissance utile = puissance électrique fournie à la charge triphasée

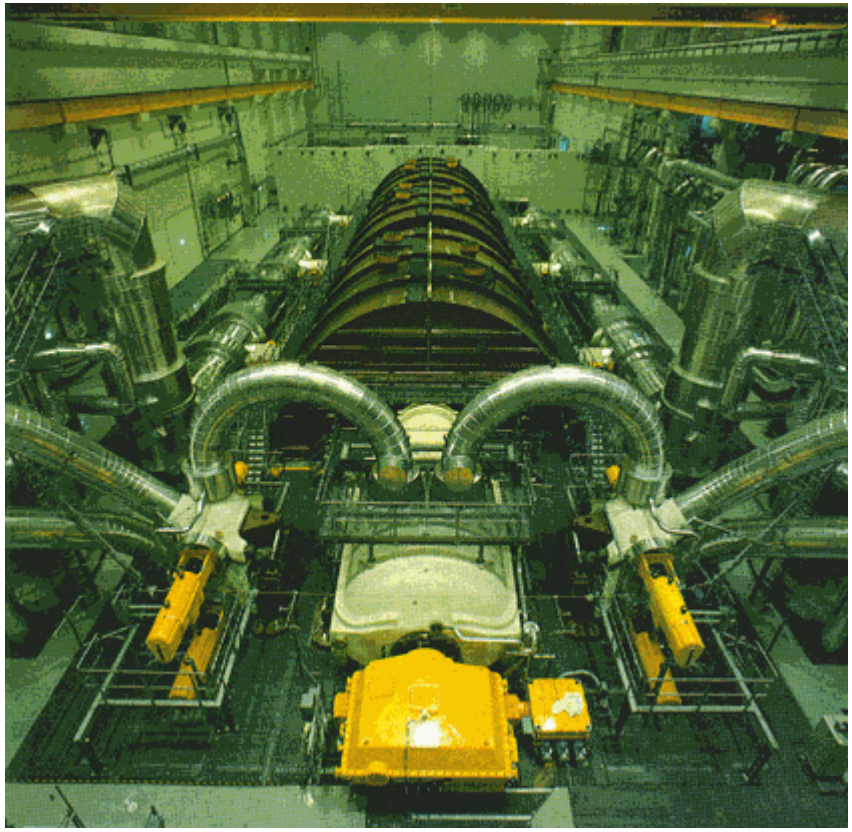
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

• pertes Joule

- dans l'induit : $3R_S I^2$
- dans l'inducteur : ri^2 (r : résistance du bobinage de l'inducteur)

• Rendement

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{\sqrt{3}UI\cos\varphi}{\sqrt{3}UI\cos\varphi + \sum \text{pertes}}$$



A.N. turboalternateur : $P_N = 1300$ MW

$\eta_N = 95\ \%$ ☺

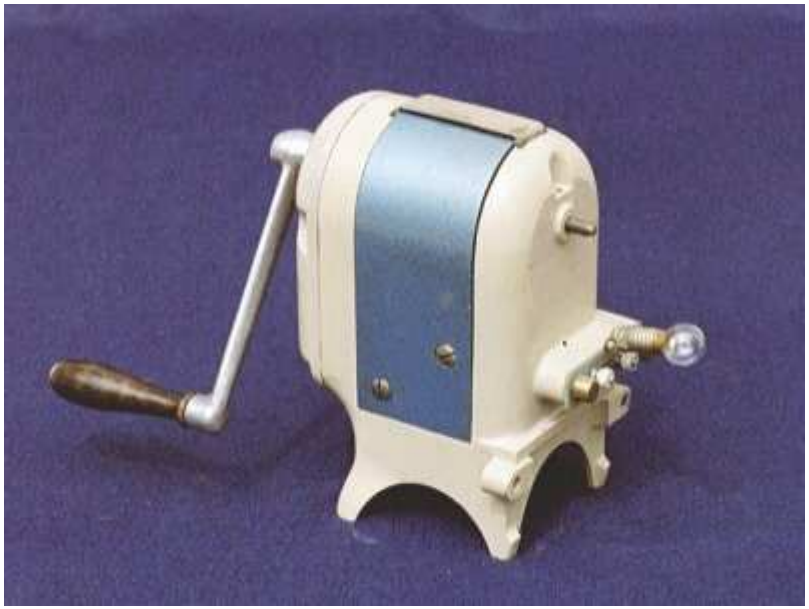
5 % de pertes

65 MW transformés en chaleur !

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

6- Alternateur 1~





WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر