

PCPI – 2 TS CIRA  BTS CIRA Contrôle Industriel et Régulation Automatique	Chapitre 8 MAGNETISME et Les Machines à Courant Continu MCC	ELECTRICITE
FICHE EXERCICES		

Exercice 1 MCC moteur

Le flux utile sous chaque pôle inducteur d'une machine à courant continu **hexapolaire** vaut $\Phi = 0,027 \text{ Wb}$.

L'induit comporte **N = 600** conducteurs actifs répartis en 4 voies identiques.

La fréquence de rotation est **n = 1500 tr.min⁻¹**

- 1) **Donner** la valeur du nombre de paires de pôles inducteurs : p
- 2) **Donner** la valeur du nombre de paires de voies : a
- 3) **Calculer** la constante K du moteur
- 4) **Calculer** la vitesse de rotation angulaire Ω
- 5) **Calculer** la f.e.m E de l'induit
- 6) Que devient cette f.e.m E' si l'induit tourne à $n' = 3000 \text{ tr.min}^{-1}$
- 7) **Démontrer** que la puissance électromagnétique $P_{em} = T_{em} \cdot \Omega$ avec T_{em} le moment du couple et Ω la vitesse angulaire
 Pour cela
 - a) **Donner** l'expression de la force électromotrice E en fonction de k Φ et Ω
 - b) **Donner** l'expression du couple noté T_{em} en fonction k Φ et I
 - c) Sachant que $P_{em} = E \cdot I$ en **déduire** l'expression de la puissance P_{em} en fonction de T_{em} et Ω
- 8) On donne I = 25 A
 - a) **Calculer** le moment du couple électromagnétique T_{em}
 - b) **Calculer** la puissance P_{em} du moteur

Réponses partielles :

$E = 600V$ $T_{em} = 96 \text{ N.m}$ $P_{em} = 15kW$

Exercice 2 MCC réversible

L'inducteur d'une machine à courant continu **hexapolaire** fournit un flux constant

L'induit de résistance **R = 0.5 Ω** comporte **600** conducteurs actifs répartis en **4 voies**.

- 1) **La machine fonctionne en moteur.**

L'induit alimenté sous **220V** absorbe un courant d'intensité **15A** lorsqu'il tourne à **n = 1080 tr.min⁻¹**

- a) **Donner** le schéma équivalent du moteur. **Placer** sur le schéma toutes les grandeurs électriques.
- b) **Calculer** le moment du couple électromagnétique T_{em} afin de démontrer que **$T_{em} = 28 \text{ N.m}$**

- 2) **La machine fonctionne en moteur et entraine maintenant une charge**

Le courant absorbé à l'induit devient de **20A** sous le même flux électromagnétique.

- a) Le moteur va-t-il tourner plus ou moins vite, **justifier** par un calcul
- b) **Calculer** le moment du couple électromagnétique T_{em}' et **expliquer** la différence avec T_{em}

Réponses :

$T_{em} = 28 \text{ N.m}$

$T_{em}' = 37 \text{ N.m}$

Exercice 3 MCC en charge

L'induit d'un moteur à excitation indépendante est alimenté sous une tension **U = 150 V** maintenue constante.

On relève au cours de 2 essais :

- A vide : $n_{vide} = 1800 \text{ tr.min}^{-1}$
- En charge : $n_{charge} = 1620 \text{ tr.min}^{-1}$ $T_{utile} = 27 \text{ N.m}$

La caractéristique mécanique du moteur est supposée linéaire

- 1) **Calculer** les vitesses angulaires Ω en tr/s dans chaque cas : à vide puis en charge
- 2) **Donner** la valeur du couple utile à vide.
- 3) **Déterminer** les coordonnées du point de fonctionnement du moteur lorsque celui-ci entraine une charge présentant un couple résistant de moment **$T_r = 0.03 \text{ n}^2$**

Aides :

- a) Qu'est-ce que la caractéristique mécanique d'un moteur ?
- b) **Ecrire** équation sous la forme $y = a \cdot x + b$
- c) **Ecrire** cette relation avec les valeurs à vide
- d) **Ecrire** cette équation avec les valeurs en charge
- e) **Résoudre** le système à 2 équations à 2 inconnues afin de déterminer a et b
- f) **Ecrire** l'équation de la caractéristique mécanique du moteur :
- g) **Ecrire** relation entre T_u et T_r au point de fonctionnement :
- h) **Résoudre** équation du second degré

Réponses

$n_{fonctionnement} = 27 \text{ tr/s}$

$T_{fonctionnement} = 22.7 \text{ N.m}$

Exercice 4 MCC moteur

L'inducteur d'un moteur à courant continu fournit sous chaque pôle un flux utile constant $\Phi = 0,027 \text{ Wb}$.

L'induit de résistance **R = 0.8 Ω** absorbe un courant d'intensité **$I_{induit} = 12 \text{ A}$** sous une tension **$U_{induit} = 220 \text{ V}$** lorsqu'il tourne à vide à **n = 1500 tr.min⁻¹**

En négligeant les pertes Joules et collectives, **calculer** le rendement η du moteur.

Pour cela :

- 1) **Donner** le schéma équivalent du moteur. **Placer** sur le schéma toutes les grandeurs électriques
- 2) **Calculer** la force électromotrice E

- 3) En **déduire** la valeur de la constante k
- 4) **Calculer** le moment du couple électromagnétique T_{em}
- 5) Etude des puissances :
 - a) **Placer** sur le schéma ci-dessous le nom des différents types puissances
 - b) **Préciser** quelle est la puissance absorbée et quelle est la puissance utile

Réponses :

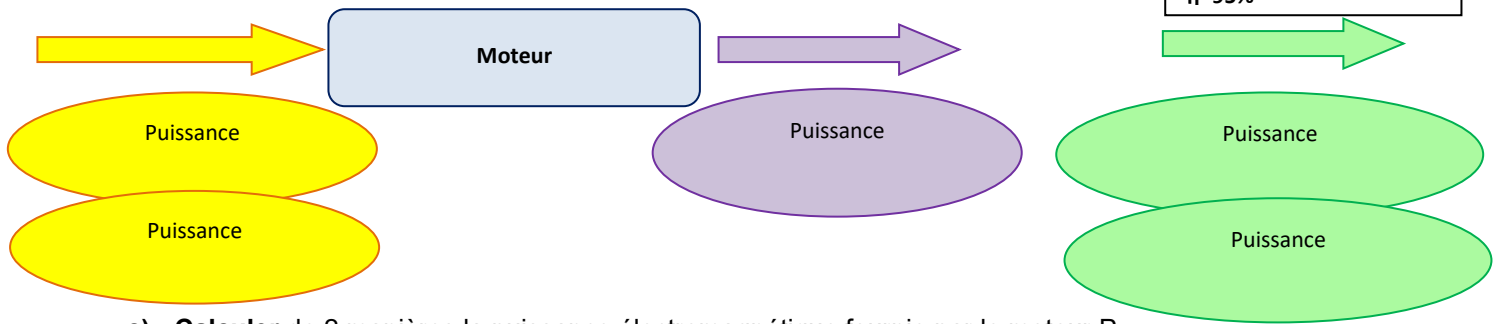
$$E = 210V \quad k = 49.5$$

$$T_{em} = 16N.m$$

$$P_{em} = 2513W \text{ ou } 2520W$$

$$P_{abs} = 2640W$$

$$\eta = 95\%$$



- c) **Calculer** de 2 manières la puissance électromagnétique fournie par le moteur P_{em}
- d) **Calculer** la puissance électrique absorbée $P_{absorbée}$
- e) **Calculer** le rendement du moteur

Exercice 5 MCC Génératrice

La machine précédente fonctionne maintenant en **génératrice**. Le flux utile par pôle reste inchangé $\Phi = 0,027 \text{ Wb}$. L'induit fournit un courant $I_{induit} = 12 \text{ A}$ sous une tension $U_{induit} = 220 \text{ V}$. En négligeant les pertes Joules et collectives, **calculer** le rendement η de la génératrice.

Pour cela :

- 1) **Donner** le schéma équivalent de la génératrice. **Placer** sur le schéma toutes les grandeurs électriques
- 2) **Calculer** la force électromotrice E
- 3) Sans calcul donner la valeur de la constante k . Justifier.
- 4) **Calculer** la vitesse angulaire
- 5) **Calculer** la fréquence de rotation n en tr.min^{-1}
- 6) Etude des puissances :
 - a) **Placer** sur le schéma ci-dessous le nom des différents types puissances

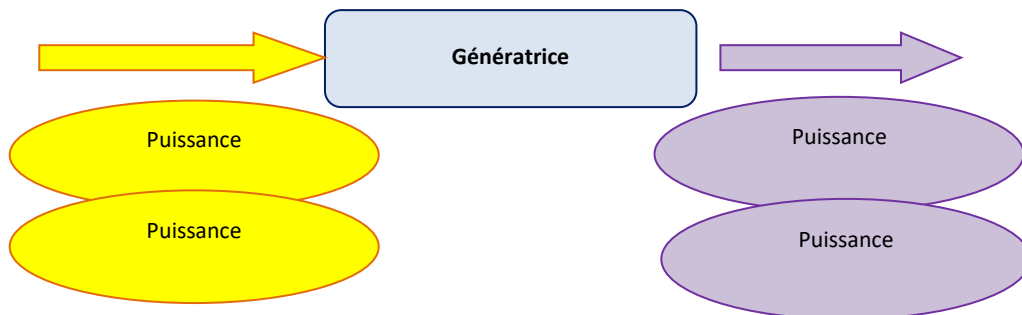
Réponses :

$$E = 230V \quad k = 49.5$$

$$P_{em} = 2759W$$

$$P_e = 2640W$$

$$\eta = 96\%$$

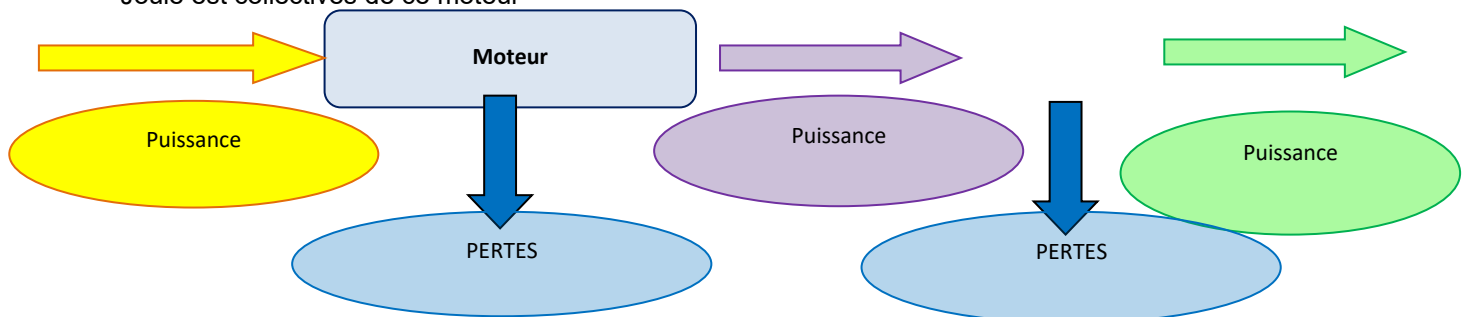


- b) **Préciser** quelle est la puissance absorbée et quelle est la puissance utile
- c) **Calculer** la puissance électrique fournie par la génératrice P_e
- d) **Calculer** la puissance électromagnétique absorbée
- e) **Calculer** le rendement η de la génératrice

Exercice 6 MCC moteur

L'inducteur d'un moteur à excitation indépendante de résistance $r = 130\Omega$ absorbe un courant d'intensité $I_{inducteur} = 1,5A$. En charge, l'induit de résistance $R = 0.6\Omega$, alimenté sous une tension $U_{induit} = 240V$ absorbe un courant $I_{induit} = 20A$ et tourne à une vitesse $n = 1200 \text{ tr.min}^{-1}$ en fournissant une puissance utile mécanique sur l'arbre de $P_{utile} = 4.1 \text{ kW}$

- 1) **Faire** un schéma équivalent et **placer** toutes les grandeurs électriques
 - 2) **Calculer** la f.e.m de l'induit E
 - 3) **Calculer** la puissance électromagnétique P_{em}
 - 4) **Calculer** le moment du couple électromagnétique T_{em}
 - 5) **Calculer** le moment du couple utile T_u sur l'arbre du moteur
 - 6) **Calculer** la puissance totale absorbée $P_{abs tot}$
 - 7) **Calculer** le rendement η rapport de la puissance utile à la puissance absorbée
 - 8) **Compléter** le schéma ci-dessous. **Placer** sur le schéma ci-dessus les différentes pertes. **Calculer** ces pertes
- Joule est collectives de ce moteur



PCPI – 2 TS CIRA BTS CIRA Contrôle Industriel et Régulation Automatique	Chapitre 8 MAGNETISME et Les Machines à Courant Continu MCC	ELECTRICITE
FICHE EXERCICES		

CORRECTION

Exercice 1

hexapolaire

$\Phi = 0,027 \text{ Wb}$.

$N = 600$ conducteurs 4 voies identiques.

$n = 1500 \text{ tr.min}^{-1}$

1) $2p = 6$ donc $p = 3$ (3 pôles sud et 3 pôles nord)

2) $2a = 4$ donc $a = 2$

3) $k = \frac{p}{a} \cdot \frac{N}{2\pi} = 3 \times 600 / (2 \times 2\pi) = 143$

4) $\Omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} = 2\pi \times 1500 / 60 = 157 \text{ rad/s}$

5) $E = U - R \cdot I$ ne peut être utilisée car pas assez de données

$E = k \times \Phi \times \Omega = 143 \times 0,027 \times 157 = 600 \text{ V}$

6) Si vitesse de rotation 2 fois plus grande alors force électromotrice E 2 fois plus importante donc $E' = 1200 \text{ V}$

7) $E = k \times \Phi \times \Omega$

$T_{em} = k \times \Phi \times I$ donc $I = T_{em} / (k \times \Phi)$

8) $P_{em} = E \times I$

$= k \times \Phi \times \Omega \times T_{em} / (k \times \Phi)$

$= \Omega \times T_{em}$

9) $T_{em} = 143 \times 0,027 \times 25 = 96 \text{ N.m}$

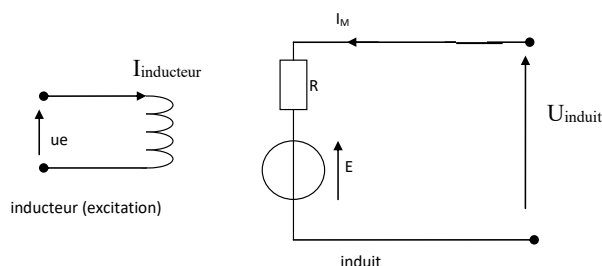
$P_{em} = 157 \times 96 = 15\,072 \text{ W}$

Exercice 2

hexapolaire

L'induit $R = 0,5\Omega$ comporte **600** conducteurs actifs répartis en **4 voies**.

1) Mode moteur L'induit alimenté sous **220V** absorbe un courant d'intensité **15A** lorsqu'il tourne à $n = 1080 \text{ tr.min}^{-1}$ schéma équivalent du moteur. Placer sur le schéma toutes les grandeurs électriques



Moment du couple électromagnétique T_{em}

Etape 1 : $E = U_{induit} - R \times I_{induit} = 220 - 0,5 \times 15 = 213 \text{ V}$

Etape 2 : $k = pN / (a2\pi) = 3 \times 600 / (2 \times 2\pi) = 143$

Etape 3 : $\Omega = 2\pi n / 60 = 2\pi \times 1080 / 60 = 113 \text{ rad/s}$

Etape 4 : $\Phi = E / (k\Omega) = 213 / (143 \times 113) = 0,013 \text{ Wb}$

Etape 5 : $T_{em} = k \times \Phi \times I = 143 \times 0,013 \times 15 = 28 \text{ N.m}$

La machine fonctionne en moteur et entraine maintenant une charge

Le courant absorbé à l'induit devient de 20A sous le même flux électromagnétique.

a) Le moteur va-t-il tourner plus ou moins vite, justifier par un calcul

Etape 1 : $E' = U_{induit} - R \times I_{induit} = 220 - 0,5 \times 20 = 210 \text{ V}$

Etape 2 : $\Omega' = E' / (k\Phi) = 210 / (143 \times 0,013) = 133 \text{ rad/s} = 113 \times 60 / (2\pi) \text{ tr/min} = 1079 \text{ tr.min}$, moins vite car il doit entrainer une charge

b) Calculer le moment du couple électromagnétique T_{em}' et expliquer la différence avec T_{em}

$T_{em}' = k \times \Phi \times I' = 143 \times 0,013 \times 20 = 37 \text{ N.m}$

Pour entrainer une charge, le couple électromagnétique doit être plus important donc $T_{em}' > T_{em}$

Exercice 3

L'induit $U = 150 \text{ V}$

- A vide : $n_{\text{vide}} = 1800 \text{ tr.min}^{-1}$
- En charge : $n_{\text{charge}} = 1620 \text{ tr.min}^{-1}$ $T_{\text{utile}} = 27 \text{ N.m}$

La caractéristique mécanique du moteur est supposée linéaire

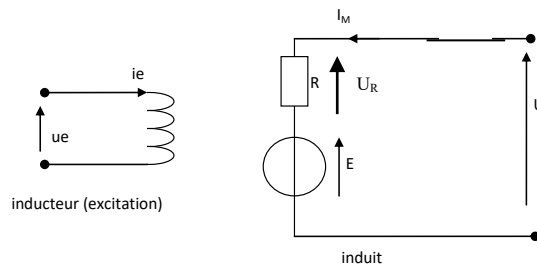
- 1) vitesses angulaires Ω en tr/s
 - a) A vide : $\Omega_{\text{vide}} = 30 \text{ tr/s}$
 - b) En charge : $\Omega_{\text{charge}} = 27 \text{ tr/s}$
- 2) $T_u = 0 \text{ N.m}$
- 3) a) Qu'est-ce que la caractéristique mécanique d'un moteur ? $T_u = f(n)$
 - a) Ecrire équation sous la forme $y = a.x + b$: $T_u = a.n + b$
 - b) Ecrire cette relation avec les valeurs à vide : $0 = a \times 30 + b$
 - c) Ecrire cette équation avec les valeurs en charge : $27 = a \times 27 + b$
 - d) Résoudre le système à 2 équations à 2 inconnues afin de déterminer a et b : $a = -9$ et $b = 270$
 - e) Ecrire l'équation de la caractéristique mécanique du moteur : $T_u = -9 n + 270$
 - f) On sait qu'au point de fonctionnement : $T_u = T_r$
 - g) or $T_u = -9 n + 270$
 $T_r = 0.03 n^2$
 Donc $-9 n + 270 = 0.03 n^2$
 Il faut donc résoudre une équation du second degré
 $\Delta = 113.4$
 $n_1 = 27$
 $n_2 = -327$
 donc $n_{\text{fonctionnement}} = 27 \text{ tr/s}$
 donc $T_{\text{fonctionnement}} = 22.7 \text{ N.m}$

Exercice 4

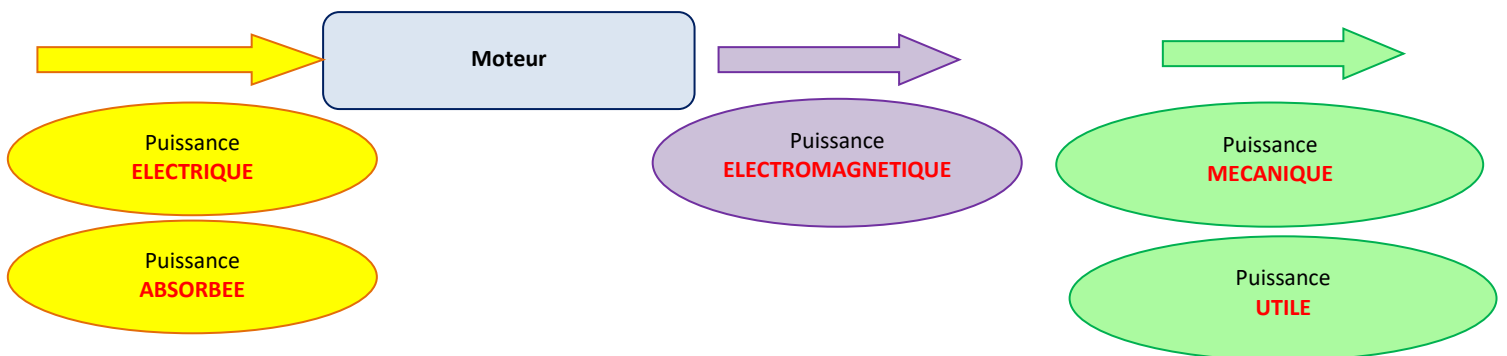
$\Phi = 0,027 \text{ Wb}$.

L'induit $R = 0.8 \Omega$ $I_{\text{induit}} = 12 \text{ A}$ $U_{\text{induit}} = 220 \text{ V}$ lorsqu'il tourne à vide à $n = 1500 \text{ tr.min}^{-1}$

- 1) Donner le schéma équivalent du moteur. Placer sur le schéma toutes les grandeurs électriques



- 2) $E = U - R \times I = 220 - 0,8 \times 12 = 210 \text{ V}$
- 3) $k = E / (\Phi \Omega) = 210 / (0,027 \times 1500 \times 2\pi/60) = 49,5$
- 4) $T_{\text{em}} = k \times \Phi \times I = 49,5 \times 0,027 \times 12 = 16 \text{ N.m}$
- 5)



$$P_{\text{em}} = T_{\text{em}} \times \Omega = 16 \times 1500 \times 2\pi/60 = 2513 \text{ W}$$

$$P_{\text{em}} = E \times I = 210 \times 12 = 2520 \text{ W}$$

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{inducteur}} + P_{\text{induit}}$$

$$= U_{\text{inducteur}} \times I_{\text{ex}} + U_{\text{induit}} \times I_{\text{induit}}$$

$$= ? + 200 \times 12 = 2640 \text{ W}$$

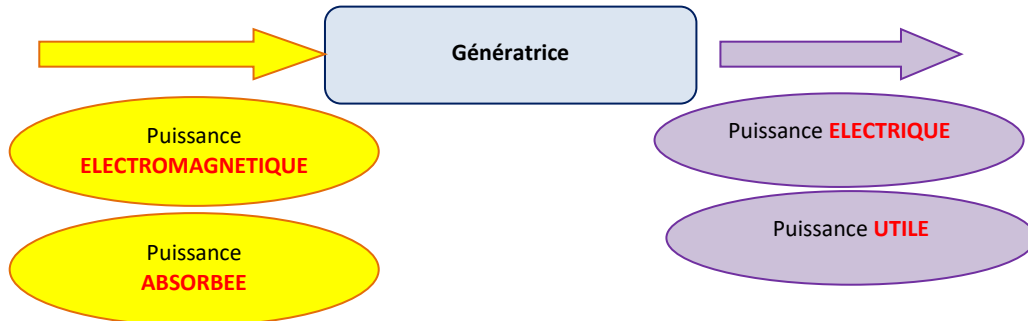
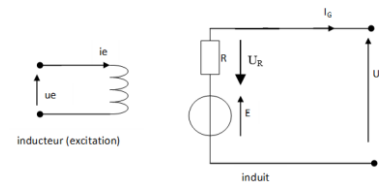
$$\eta = P_{\text{utile}} / P_{\text{abs}} = P_{\text{em}} / P_{\text{abs}} = 2513 / 2640 \times 100 = 95\%$$

Exercice 5

$$\Phi = 0,027 \text{ Wb}$$

$$I_{\text{induit}} = 12 \text{ A} \quad U_{\text{induit}} = 220 \text{ V}$$

- 1)
- 2) $E = U + R \times I = 220 + 0,8 \times 12 = 230 \text{ V}$
- 3) $k = 49,5$, le moteur ou la génératrice ont les mêmes caractéristiques
- 4) $\Omega = E / (k \phi) = 230 / (49,5 \times 0,027) = 172 \text{ rad/s}$
- 5) $n = \Omega \times 60 / (2\pi) = 172 \times 60 / (2\pi) = 1642 \text{ tr/min}$
- 6)



$$P_e = U_{\text{induit}} \times I_{\text{induit}} = 220 \times 12 = 2640 \text{ W}$$

$$P_{\text{em}} = T_{\text{em}} \times \Omega = k \times \phi \times I \times \Omega = 49,5 \times 0,027 \times 12 \times 172 = 2759 \text{ W}$$

Ou

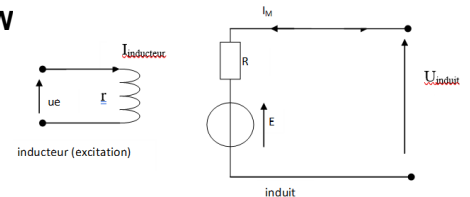
$$P_{\text{em}} = E \times I_{\text{induit}} = 230 \times 12 = 2760 \text{ W}$$

$$\eta = P_{\text{utile}} / P_{\text{abs}} = P_e / P_{\text{em}} = 2640 / 2759 \times 100 = 96\%$$

Exercice 6

$$L'inducteur r = 130\Omega \quad I_{\text{inducteur}} = 1,5 \text{ A}$$

$$l'induit R = 0,6\Omega \quad U_{\text{induit}} = 240 \text{ V} \quad I_{\text{induit}} = 20 \text{ A} \quad n = 1200 \text{ tr.min}^{-1} \quad P_{\text{utile}} = 4.1 \text{ kW}$$



- 1)
- 2) $E = U_{\text{induit}} - R \times I_{\text{induit}} = 240 - 0,6 \times 20 = 228 \text{ V}$
- 3) $P_{\text{em}} = E \times I_{\text{induit}} = 228 \times 20 = 4560 \text{ W}$
- 4) $T_{\text{em}} = P_{\text{em}} / \Omega = 4560 / (1200 \times 2\pi / 60) = 36 \text{ N.m}$
- 5) $T_u = P_u / \Omega = 4100 / (1200 \times 2\pi / 60) = 33 \text{ N.m}$
- 6) $P_{\text{abs tot}} = P_{\text{inducteur}} + P_{\text{induit}} = r \times I_{\text{inducteur}}^2 + U_{\text{induit}} \times I_{\text{induit}} = 130 \times 1,5^2 + 240 \times 20 = 5093 \text{ W}$
- 7) $\eta = P_u / P_{\text{abs}} \times 100 = 4100 / 5093 \times 100 = 81\%$
- 8)

