

---

# Le moteur à courant continu

---

## Exercice n°1 :

Un moteur à courant continu à aimants permanents alimenté avec un courant  $I = 1 \text{ A}$  possède les caractéristiques suivantes :

- Résistance interne de l'induit  $r = 17 \Omega$
- Force électromotrice  $E = 7,2 \text{ V}$

1. Calculer la puissance électrique reçue par le moteur. S'agit-il de  $P_a$ ,  $P_j$ ,  $P_m$ ,  $P_{em}$  ou  $P_u$  ?

.....

2. Calculer la puissance électromagnétique des forces développées par le moteur. S'agit-il de  $P_a$ ,  $P_j$ ,  $P_m$ ,  $P_{em}$  ou  $P_u$  ?

.....

3. Calculer la puissance dissipée par effet Joule. S'agit-il de  $P_a$ ,  $P_j$ ,  $P_m$ ,  $P_{em}$  ou  $P_u$  ?

.....

4. Déterminer, en **Wh** et en **J**, l'énergie consommée lors d'un fonctionnement permanent de durée  $\Delta t = 2 \text{ h } 30 \text{ min}$ .

.....

.....

## Exercice n°2 :

Sur la plaque signalétique d'un moteur à courant continu à aimants permanents, le constructeur indique les caractéristiques suivantes :

- Tension d'alimentation :  $U = 48 \text{ V}$
- Résistance interne de l'induit :  $r = 16 \Omega$
- Courant de démarrage :  $I_0 = 3 \text{ A}$
- Puissance absorbée à vide à  $2100 \text{ tr.min}^{-1}$  : **4,8 W**
- Intensité du courant à vide : **100 mA**
- Puissance nominale absorbée à  $1500 \text{ tr.min}^{-1}$  : **43 W**
- Intensité nominale absorbée à  $1500 \text{ tr.min}^{-1}$  : **900 mA**
- Puissance nominale utile à  $1500 \text{ tr.min}^{-1}$  : **27 W**

Remarque : "à vide" signifie que le moteur n'entraîne rien.

1. Ecrire l'expression littérale de la tension aux bornes d'un moteur à courant continu en indiquant les unités et la signification de chaque grandeur.

.....

2. En utilisant les données du constructeur, montrer que lors du démarrage la force électromotrice du moteur est nulle. Interpréter ce fait en donnant la valeur de la vitesse de rotation  $\Omega$  lors du démarrage.

.....

.....

3. Calculer la puissance  $P_a$  absorbée par le moteur dans les conditions nominales et comparer le résultat aux données du constructeur.

.....

.....

4. Calculer la puissance  $P_j$  perdue par effet Joule en régime nominal.

.....

5. Calculer la puissance électromagnétique  $P_{em}$  absorbée par les actions mécaniques en régime nominal.

.....

6. Calculer la puissance mécanique  $P_m$  absorbée par les actions mécaniques internes en nominal.

.....

7. Calculer la valeur du rendement  $\eta$  du moteur en régime nominal.

.....

8. Calculer la valeur du couple électromagnétique  $C_{em}$  du moteur en régime nominal.

.....

**Exercice n°3 :**

Le TGV Méditerranée fonctionne avec un moteur à courant continu alimenté sous une tension de **1100 V** et un courant d'intensité **480 A**. La puissance mécanique utile  $P_u$  développée par ce moteur en régime nominal est de **490 kW**.



En plus des pertes par effet Joule  $P_j$ , il apparaît d'autres pertes appelées pertes internes dues essentiellement aux frottements et notées  $P_m$ . On admettra que  $P_j = P_m$ .

1. Calculer la puissance électrique fournie au moteur.

.....

2. Faire un bilan des puissances pour ce moteur.

3. Calculer les pertes par effet Joule.

.....

.....

4. Déterminer la puissance électromagnétique du moteur.

.....

5. Déterminer la force électromotrice du moteur.

.....

6. Calculer la valeur du rendement  $\eta$  du moteur en régime nominal.

.....

7. On considère que lors du trajet Paris/Marseille le TGV Méditerranée fonctionne en régime nominal pendant une durée de **3 heures**. Calculer l'énergie consommée par le moteur durant ce trajet, en exprimant votre résultat en **Watt heure** puis en **Joule**.

.....

.....

**Exercice n°4 :**

Un moteur à courant continu à aimants permanents est utilisé sous sa tension nominale  $U = 12 \text{ V}$ . Il est parcouru par un courant d'intensité  $I = 2,5 \text{ A}$ . Les pertes par effet Joule correspondent à la puissance  $P_j = 11 \text{ W}$ .

1. Ecrire le bilan énergétique qualitatif de ce moteur en traçant l'arbre des puissances.

2. En déduire la relation entre les puissances mises en jeu sous les différentes formes.

.....

3. Calculer chacune de ces puissances.

.....

.....

4. Calculer la f.é.m. de ce moteur dans ces conditions de fonctionnement et sa résistance interne.

.....

.....

**Exercice n°5 :**

Un moteur à courant continu à aimants permanent est alimenté sous une tension constante  $U = 12 \text{ V}$ . On a relevé les mesures suivantes dans les deux situations décrites ci-dessous :

- Lorsqu'on empêche le moteur de tourner en bloquant l'arbre du rotor, l'intensité du courant est  $I_0 = 7,2 \text{ A}$ . Dans cette situation la puissance mécanique des forces électromagnétiques est nulle.
- En régime nominal le moteur tourne en fournissant une énergie mécanique et l'intensité du courant est alors  $I = 2,5 \text{ A}$ .

1. Calculer la f.é.m. du moteur lorsqu'il est bloqué à l'arrêt.

.....

2. Calculer la résistance interne  $r$  du moteur.

.....

3. Calculer la f.é.m. du moteur lorsqu'il fonctionne en régime nominal.

.....

4. Déterminer la puissance  $P_j$  du transfert par effet Joule en régime nominal.

.....

5. Déterminer la puissance  $P_{em}$  des forces électromagnétiques en régime nominal.

.....

**Exercice n°6 :**

Un moteur à courant continu possède les caractéristiques suivantes :

- Résistance interne de l'induit  $r = 15 \Omega$
- Constante de couple  $K = 8.10^{-3} \text{ N.m.A}^{-1}$
- Les pertes dues aux frottements sont considérées négligeables :  $P_m = 0 \text{ W}$

1. Calculer la f.é.m. nécessaire pour que le moteur tourne à la vitesse de  $1200 \text{ tr.min}^{-1}$ .

.....

2. Calculer le courant  $I$  absorbé par le moteur et la tension  $U$  à appliquer aux bornes du moteur pour qu'il tourne à la vitesse de  $1200 \text{ tr.min}^{-1}$  tout en fournissant un couple mécanique de sortie  $C = 1 \text{ N.m}$ .

.....

.....

3. Combien vaut le couple  $C$  électromagnétique lorsque le courant absorbé vaut  $2 \text{ A}$  (en gardant  $E$  constant) ? Calculer dans ces conditions la vitesse  $\Omega$ , la tension d'entrée  $U$ , les puissances  $P_a, P_{em}, P_j, P_m, P_u$  et le couple en sortie du moteur  $C_u$ .

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**Exercice n°7 :**

Une machine d'extraction minière est entraînée par un moteur à courant continu à excitation indépendante. L'inducteur est alimenté par une tension  $U_e = 600 \text{ V}$  et il est parcouru par un courant d'excitation d'intensité  $I_e = 30 \text{ A}$ . L'inducteur se comporte comme un conducteur ohmique de résistance  $r$ .



L'induit de résistance  $R = 12.10^{-3} \Omega$  est alimenté par une source fournissant une tension  $U$  réglable de  $0 \text{ V}$  à sa valeur maximale  $U_N = 600 \text{ V}$ .

La valeur nominale de l'intensité du courant dans l'induit est  $I_N = 1,5.10^3 \text{ A}$ . La fréquence de rotation nominale est  $n_N = 30 \text{ tr.min}^{-1}$ .

### A - Phase de démarrage

1. En notant  $\Omega$  la vitesse angulaire du rotor, la force électromotrice du moteur a pour expression  $E = K \cdot \Omega$ .  
Donner la valeur de  $E$  à l'arrêt.

.....

2. Représenter le modèle équivalent de l'induit du moteur en indiquant sur le schéma les flèches associées à  $U$  et  $I$  ( $I$  : intensité du courant dans l'induit).

3. Écrire la relation entre  $U$ ,  $E$  et  $I$ , puis en déduire la tension  $U_d$  à appliquer au démarrage pour un courant de démarrage d'intensité  $I_d = 1,2 \cdot I_N$ .

.....

.....

### B - Fonctionnement nominal au cours d'une remontée en charge

4. Exprimer littéralement puis calculer :

- la puissance  $P_{\text{induit}}$  reçue par l'induit du moteur, alimenté par une source à sa valeur maximale

.....

- la puissance  $P_{\text{inducteur}}$  reçue par l'inducteur du moteur

.....

- la puissance totale  $P_{\text{tot}}$  reçue par le moteur

.....

- la puissance totale  $P_j$  perdue par effet Joule

.....

5. Sachant que la puissance dissipée par les autres types de pertes (autres que les pertes par effet Joule) a pour valeur  $P_{\text{induit}} = 27 \text{ kW}$ , vérifier que la puissance utile  $P_{\text{ut}}$  du moteur vaut environ 850 kW.

.....

6. En déduire le moment  $C_u$  du couple utile du moteur.

.....

.....

7. Calculer le rendement du moteur.

.....

**Exercice n°8 :**

On utilise un moteur à courant continu à excitation indépendante pour entraîner un petit véhicule. Les caractéristiques nominales de ce moteur sont :

- ✦ intensité  $I$  du courant dans l'induit :  $I = I_N = 110 \text{ A}$
- ✦ tension  $U$  de l'induit :  $U = U_N = 20 \text{ V}$
- ✦ vitesse angulaire  $\Omega$  de rotation :  $\Omega = \Omega_N = 450 \text{ rad/s}$
- ✦ résistance  $R$  de l'induit :  $R = 0,02 \Omega$

1. Représenter le schéma électrique équivalent de l'induit de ce moteur avec les flèches tension et courant associées.

2.  $E$  étant la force électromotrice du moteur, donner une relation liant  $U$ ,  $I$ ,  $R$  et  $E$ .

.....

3. Calculer la valeur  $E_N$  de la force électromotrice induite lorsque le moteur est en fonctionnement nominal.

.....

4. Calculer pour l'induit du moteur en fonctionnement nominal :

- la puissance électrique  $P_a$  reçue

.....

- la puissance  $P_J$  perdue par effet Joule

.....

- la puissance électromagnétique  $P_{em}$  transmise

.....

5. L'ensemble des pertes autres que par effet Joule au niveau de l'induit vaut  $P_C = 130 \text{ W}$ .

5.1. Calculer la puissance utile  $P_{uN}$  du moteur (en régime nominal).

.....

5.2. En déduire le moment  $C_{uN}$  du couple utile du moteur (en régime nominal).

.....  
.....

6. L'inducteur du moteur reçoit une puissance  $P_{\text{induc}} = 85 \text{ W}$ . Déterminer le rendement  $\eta$  du moteur au régime nominal de fonctionnement.

.....

**Exercice n°9 :**

On étudie un moteur à courant continu à excitation indépendante.

La résistance de l'induit est de **2,0  $\Omega$** .

L'induit de ce moteur est alimenté par une tension continue  $U_M = 400 \text{ V}$ .

Pour le régime de fonctionnement étudié, l'induit est parcouru par un courant d'intensité **20 A**. La fréquence de rotation est de **1500 tr.min<sup>-1</sup>**.

1. Calculer la force électromotrice  $E$ .

.....

2. Calculer la puissance électromagnétique développée par ce moteur.

.....

3. Calculer le couple électromagnétique développé par ce moteur.

.....

4. Calculer le couple utile de ce moteur, si son couple de pertes (pertes dans le fer + pertes mécaniques), est de 2,10 N.m.

.....

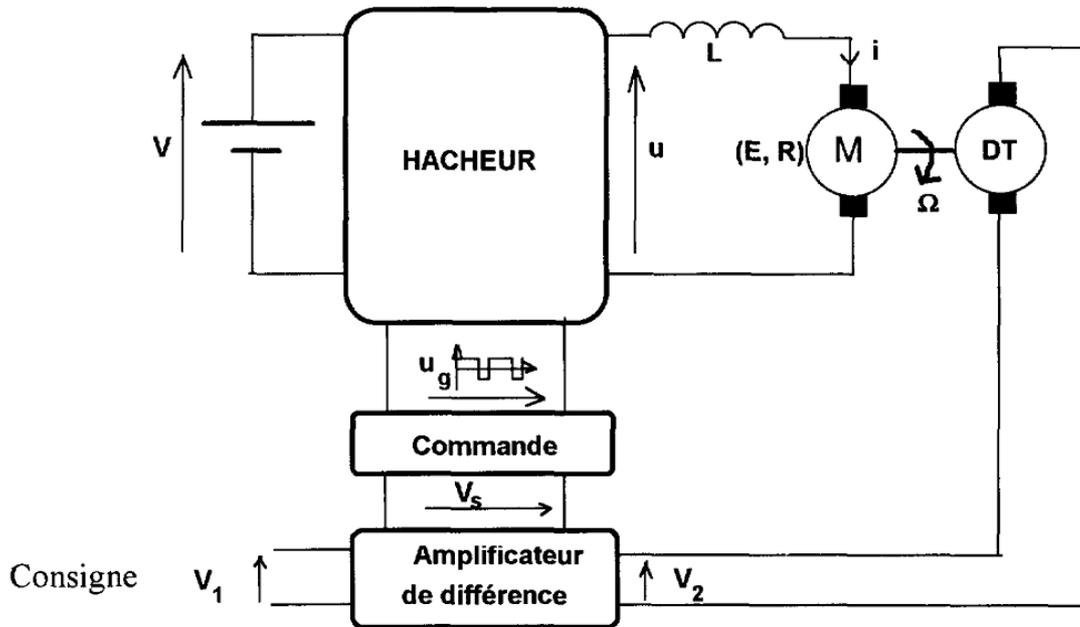
5. Calculer le rendement de l'induit.

.....

.....

**Exercice n°10 :**

Le dispositif représenté sur la figure ci-après est destiné à réaliser la régulation de vitesse d'un moteur à courant continu.



Le dispositif de régulation comporte un circuit de commande, un hacheur, un moteur à courant continu (M) et une dynamo tachymétrique (DT).

Le moteur est à excitation indépendante. Le flux est maintenu constant. La f.é.m.  $E$  est proportionnelle à la vitesse angulaire  $\Omega$  :  $E = k \cdot \Omega$  avec  $k = 1,53 \text{ V} \cdot \text{rad}^{-1} \cdot \text{s}$

Résistance de l'induit :  $R = 2,0 \Omega$

Tension nominale d'induit :  $U = 180 \text{ V}$

Intensité nominale d'induit :  $I = 10 \text{ A}$

1. Calculer pour le fonctionnement nominal :

- La force électromotrice  $E$ .

.....

- La vitesse angulaire  $\Omega$  et la fréquence de rotation  $n$ .

.....

.....

- La puissance électromagnétique  $P_{em}$  et le moment du couple électromagnétique  $C_{em}$ .

.....

.....

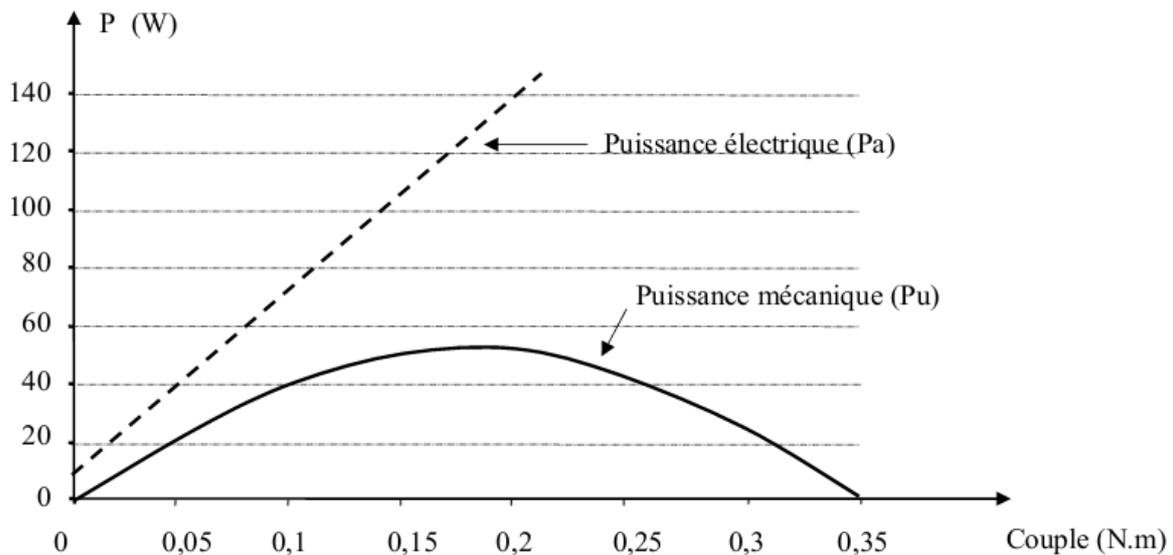
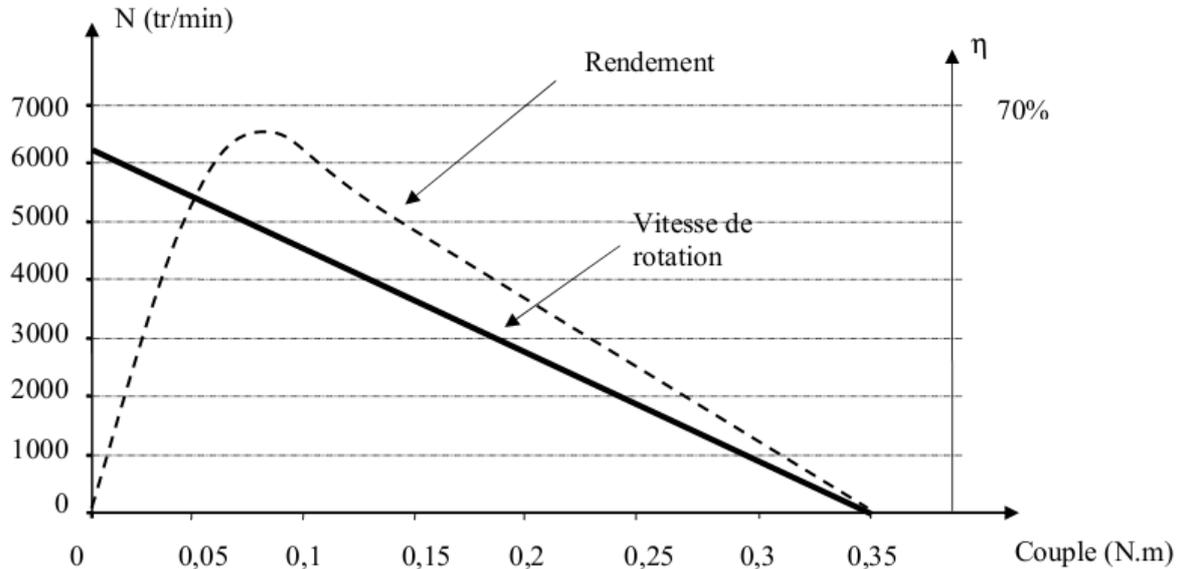
2. Démontrer que le moment du couple électromagnétique est proportionnel à l'intensité  $I$ . Donner la valeur du coefficient de proportionnalité.

.....

### Exercice n° 11 :

On donne ci-dessous, les courbes caractéristiques du moteur à courant continu "RS 775".

Les grandeurs vitesse de rotation  $N$ , rendement  $\eta$ , puissance électrique  $P_a$  et puissance mécanique utile  $P_u$  sont données en fonction du couple résistant  $C$  sur l'arbre moteur pour une tension d'alimentation constante.



On souhaite déterminer les caractéristiques techniques principales du moteur à courant continu à partir des courbes de fonctionnement données ci-dessus.

#### **1. Caractéristique vitesse - couple**

**1.1.** À l'aide des caractéristiques techniques, déterminer la vitesse de rotation à vide  $N_0$  du moteur.

.....

**1.2.** À l'aide des caractéristiques techniques, déterminer le couple de démarrage  $C_{\max}$  du moteur.

.....

## 2. Caractéristiques nominales du moteur au rendement maximal

2.1. Repérer sur les courbes caractéristiques du moteur le point de fonctionnement nominal. Compléter les valeurs suivantes en donnant les grandeurs nominales de chacune des caractéristiques.

- Rendement (%) : .....
- Couple utile (N.m) : .....
- Vitesse de rotation (tr/min) : .....
- Puissance utile (W) : .....
- Puissance absorbée (W) : .....

2.2. Comparer les valeurs précédentes avec les caractéristiques constructeurs du moteur à courant continu données dans le tableau suivant.

MODEL	VOLTAGE		NO LOAD		AT MAXIMUM EFFICIENCY					
	OPERATIN	NOMINAL	SPEED	CURRENT	SPEED	CURRENT	TORQUE		OUTPUT	EFFICIENCY
	RANGT	V DC	RPM	A	RPM	A	g.cm	mN.m	W	%
RS-775SH	7V-13V	12.0	6200	0.70	4810	4.9	800	78.5	39.47	66.45



## 3. Caractéristique quelconque : utilisation en régime non nominal

Dans ce cas de figure, une exploitation du modèle équivalent devient nécessaire.

Calculer la tension et le courant d'alimentation du moteur si les grandeurs mécaniques de sortie sont :  $N = 4000 \text{ tr/min}$  et  $C = 0,1 \text{ N.m}$  (le couple de pertes est supposé négligeable).. Les caractéristiques du moteur sont  $R = 0,7 \Omega$  et  $K = 0,02 \text{ N.m/A}$ .

- Courant d'alimentation :

.....

- Force électromotrice :

.....

- Tension d'alimentation :

.....