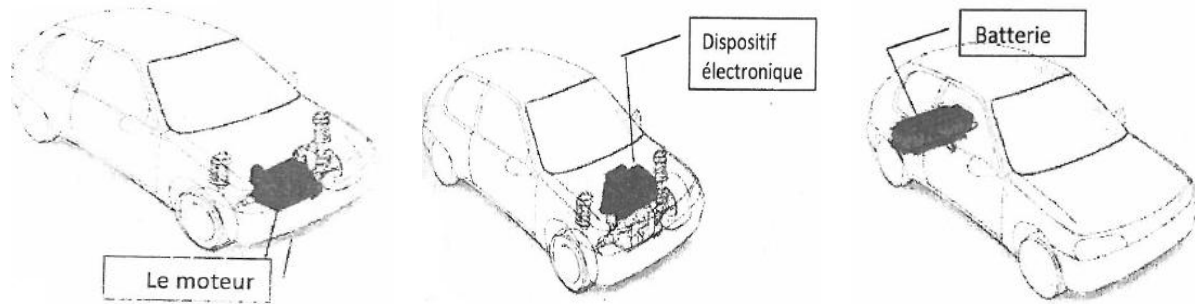


Exercice : Machine à courant continu

Nous étudions dans cet exercice, le principe d'une voiture électrique. Le moteur à courant continu utilise une électronique de puissance simple en sortie de batterie.



C'est la raison pour laquelle certains constructeurs décident d'équiper leur première génération de voiture de ce type de moteur.

A- Le moteur à courant continu.

Les caractéristiques du moteur sont les suivantes :

- machine à excitation indépendante, la force électromotrice E est proportionnelle à la vitesse de rotation angulaire Ω en rad/s : $E = K_{\phi} \cdot \Omega$ avec $K_{\phi} = 1,31 \text{ V/rad.s}^{-1}$;
- la résistance du circuit d'induit : $R = 0,15 \ \Omega$;
- le moment du couple de pertes magnétiques et mécaniques est négligé : $C_p = 0$;
- la tension d'induit est constante : $U = 260 \text{ V}$. Les pertes constantes sont négligeables.

1- Le moteur est traversé par un courant d'intensité $I = 170 \text{ A}$

- a) Représenter le modèle électrique équivalent de l'induit.
- b) Calculer :
 - la force électromotrice E du moteur ;
 - la vitesse de rotation N du rotor en tr/min ;
 - les pertes P_{jr} dissipées par effet Joule dans l'induit ;
 - la puissance utile P_u ;
 - le moment C_u du couple utile.

2- Le moteur entraîne le véhicule électrique.

Deux essais préalables du moteur ont été réalisés :

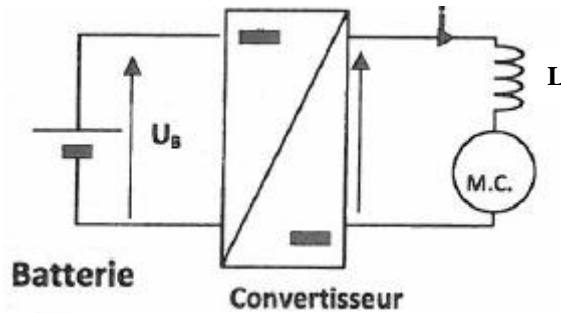
- un essai à vide pour lequel $N_0 = 1880 \text{ tr/min}$
- un essai en charge : $N = 1700 \text{ tr/min}$ et $C_u = 234 \text{ N.m}$.

Tracer la caractéristique mécanique du moteur $C_u(N)$.

B- Le dispositif électronique.

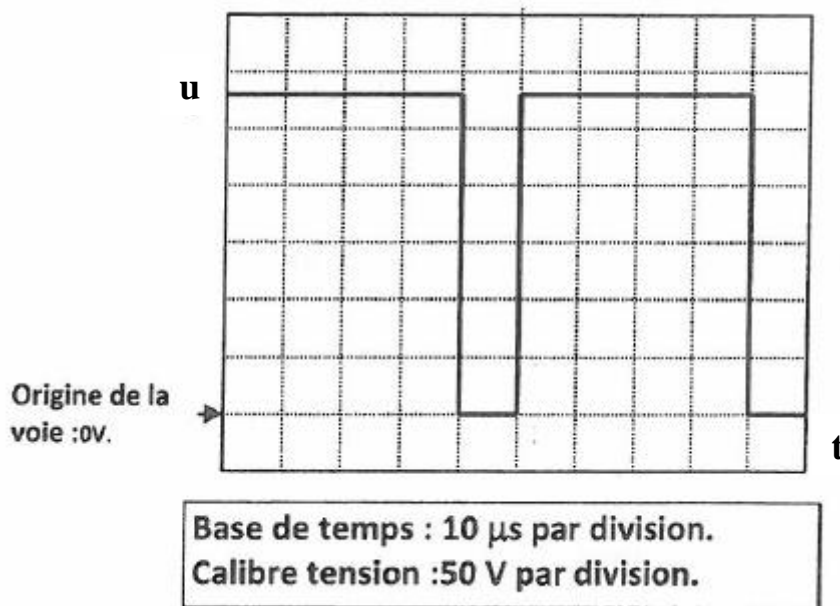
Le moteur est alimenté par l'intermédiaire d'un convertisseur continu-continu. L'énergie électrique est stockée dans une batterie placée à l'arrière du véhicule.

Le schéma de principe du circuit de puissance est le suivant :



- Quel est le nom de ce convertisseur continu-continu ?
- Quel est le rôle de la bobine ?

On observe la tension u aux bornes de la charge. L'oscillogramme de la tension u aux bornes de la charge est donné ci-après :



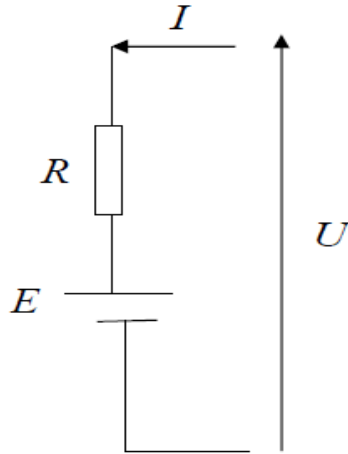
- Déterminer :
 - la fréquence de la tension u ;
 - le rapport cyclique α ;
 - la valeur moyenne U_{moy} de la tension u .

Correction :

A- Le moteur à courant continu.

1- Le moteur est traversé par un courant d'intensité $I=170A$

a) Modèle électrique équivalent de l'induit.



Induit

b) Calculs :

- Force électromotrice E du moteur : $E = U - R.I = 260 - 0,15 \times 170 = 234,5V$.
- Vitesse de rotation N du rotor en tr/min :

$$E = K\Omega = 1,31 \times \Omega \rightarrow \Omega = \frac{E}{1,31} = \frac{234,5}{1,31} = 179 \frac{rd}{s} \text{ et}$$

$$N = 60 \times \frac{\Omega}{2\pi} = 60 \times \frac{179}{2\pi} \approx 1710 \text{ tr/min}$$

- Pertes P_{jr} dissipées par effet Joule dans l'induit :

$$P_{jr} = RI^2 = 0,15 \times 170^2 = 4335W$$

- Puissance utile P_u :

$$P_u = P_{\text{induit}} - R.I^2 - P_c = UI - RI^2 = 260 \times 170 - 4335 \approx 40000W \\ = 40Kw$$

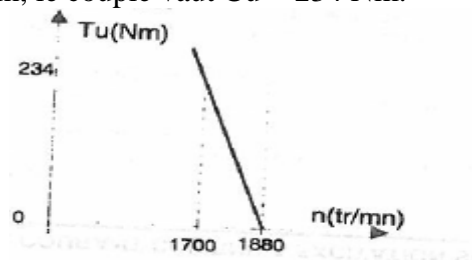
- Moment T_u du couple utile :

$$C_u = \frac{P_u}{\Omega} = \frac{40000}{179} = 223,5 \text{ Nm}$$

2- Le moteur entraîne le véhicule électrique.

Caractéristique mécanique du moteur $T_u(N)$

Les pertes constantes sont nulles car $C_p = 0$, à vide $N_0 = 1880 \text{ tr/min}$, en charge et pour une vitesse $N = 1700 \text{ tr/min}$, le couple vaut $C_u = 234 \text{ Nm}$.



B- Le dispositif électronique

a- Nom de ce convertisseur continu-continu : hacheur série.

b- Rôle de la bobine :

Le courant dans une inductance ne peut pas subir de discontinuité. L'inductance s'oppose aux variations du courant qui la traverse, et ce d'autant plus que :

- L est grand ;
- La tension aux bornes de l'inductance est plus faible.

Une inductance lisse le courant.

c-

- La fréquence de la tension U :

D'après la courbe, une période correspond à $T = 5.10 \mu s = 50 \mu s$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{50.10^{-6}} = 20KHz$$

- Le rapport cyclique α :

Le rapport cyclique est défini par $\alpha = \frac{\text{durée de conduction}}{\text{Période}} = \frac{40}{50} = 0,8$

- Valeur moyenne est donnée par :

$$U_{moy} = \alpha U = 0,8 \times 260 = 208V$$