

Capacités exigibles: - Déterminer expérimentalement le rendement d'un moteur électrique
- Exploiter la caractéristique mécanique d'un moteur électrique et déterminer un point de fonctionnement

1 Réfléchissons un peu avant de commencer...

Voici un texte au sujet des moteurs électriques de voiture.

Fonctionnement et utilisation

Même s'il existe différents types de moteurs électriques, tous, en particulier ceux utilisés pour l'automobile, reposent sur un principe assez similaire : une bobine électrique (le rotor) est traversée par un courant électrique. Autour du rotor, un stator constitué de deux aimants crée un champ magnétique bipolaire. Le passage du courant dans le rotor crée un effet d'attraction/répulsion avec les deux pôles du stator, ce qui met la bobine en rotation et entraîne le moteur.

Ce principe très simple, élaboré au milieu du XIX^{ème} siècle, confère à ce type de motorisation une grande fiabilité et de ce fait, elle ne requiert que peu d'entretien.

Un moteur qui a du couple

Contrairement aux idées reçues, les moteurs électriques sont performants. L'avantage principal du moteur électrique se situe au niveau de son couple. Schématiquement, il s'agit de la « force » générée par un moteur à un instant t et c'est en multipliant le couple par la vitesse de rotation (régime) que l'on obtient sa puissance. Or pour un moteur à explosion, le couple augmente progressivement avec le régime jusqu'à un niveau maximal.

Au contraire, le moteur électrique, en plus de produire plus de couple, délivre un couple maximal quel que soit le régime. En pratique, cela se traduit par des accélérations plus fortes dès le démarrage du véhicule et de meilleures reprises, avec une puissance plus linéaire et disponible à tout moment, pas seulement à haut régime.

Rendement des moteurs électriques

Le moteur électrique offre, par ailleurs, un rendement nettement meilleur que les versions thermiques. Clairement, cela veut dire qu'il utilise mieux l'énergie disponible. Même si le chiffre dépend largement des conditions d'utilisation, on s'accorde à annoncer un rendement de 80 % environ pour une voiture électrique contre 20-30 % avec une motorisation thermique.

Ainsi, la motorisation électrique est un sujet bien maîtrisé. Les principaux problèmes se situent plus du côté du stockage de l'électricité que de son utilisation.

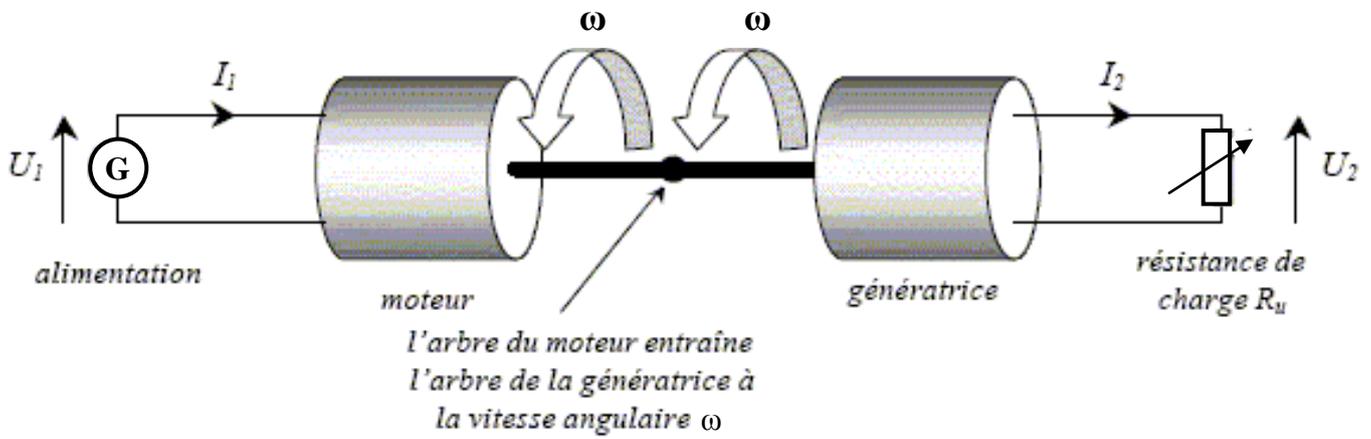
D'après <http://voiture-electrique.durable.com/a-le-moteur-electrique>

- ✗ 1. Quels sont les principaux éléments d'un moteur électrique ?
- ✗ 2. Quelle est l'expression de la puissance mécanique P_m fournie par un moteur en fonction du couple fourni C et de la vitesse angulaire ω (en rad/s) ? L'exprimer en fonction de C et de la vitesse de rotation n (en tr/s).
- ✗ 3. Comment s'exprime le rendement η_m d'un moteur électrique en fonction de la puissance électrique absorbée P_a et de la puissance mécanique P_m ?

2 Détermination expérimentale du rendement d'un moteur à courant continu

Un moteur électrique expérimental à courant continu (type maquette de voiture) est alimenté par un générateur de tension continue U_1 délivrant un courant d'intensité I_1 . Le moteur tourne à la vitesse angulaire ω ou vitesse de rotation n (en tr/s) et fournit à l'extérieur une puissance mécanique P_m . L'arbre du moteur entraîne la rotation de l'arbre d'une génératrice électrique, supposée parfaitement identique au moteur utilisé. La génératrice utilise en fait la réversibilité du moteur électrique. La rotation à la vitesse angulaire ω de la génératrice permet ainsi d'alimenter une résistance de charge (ajustable) R_u sous la tension U_2 avec une intensité I_2 .

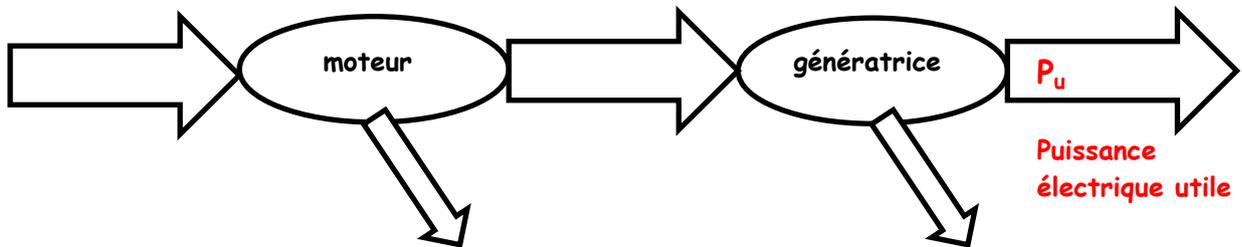




Le but de la manipulation consiste à déterminer le rendement du moteur η_m en mesurant le rendement global η_{tot} de l'ensemble {moteur + génératrice}.

Le moteur et la génératrice étant des machines identiques, nous allons faire l'hypothèse approximative suivante : le rendement du moteur η_m est égal au rendement de la génératrice η_g . On pourra ainsi déduire facilement le rendement du moteur.

4. Compléter le bilan de puissance suivant :



5. En déduire l'expression du rendement du moteur η_m en fonction de P_a et P_m :

6. En déduire l'expression du rendement de la génératrice η_g en fonction de P_u et P_m :

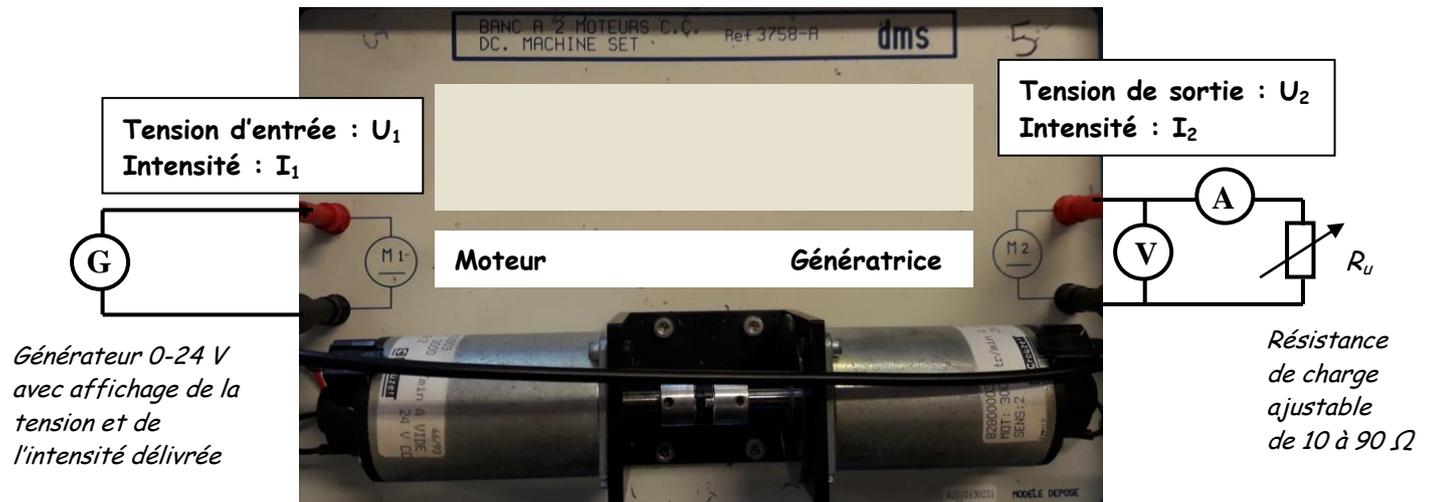
7. En déduire l'expression du rendement de l'ensemble {moteur + génératrice} η_{tot} en fonction de

8. En déduire, puisque $\eta_m = \eta_g$, l'expression du rendement du moteur η_m en fonction de η_{tot} :

P_u et P_a : $\eta_{tot} =$

$\eta_m =$

Voici la photo de la maquette utilisée :



Les tensions et intensités à l'entrée du moteur sont directement affichées sur le générateur 0-24 V.

Les tensions et intensités à la sortie de la génératrice se feront avec un voltmètre et un ampèremètre comme sur la photo ci-dessus.

La vitesse de rotation n (en tr/min) varie en fonction de la tension U_1 à l'entrée du moteur selon le tableau ci-contre :

U_1 (V)	10	12	16	20	24
n (tr/min)	750	900	1200	1500	1800

L'ensemble {génératrice + résistance de charge} fait office de charge mécanique pour le moteur. En faisant varier la valeur de la résistance R_u et donc l'intensité I_2 à la sortie de la génératrice, on fait varier la charge mécanique sur l'arbre du moteur et donc le couple résistant C .

Problématique : on cherche à savoir si le rendement du moteur η_m change en fonction du couple C .

Chaque groupe fera cette étude pour un régime particulier (vitesse de rotation à choisir entre 750 et 1800 tr/min). Il faudra bien prendre soin de garder ce paramètre constant au cours de l'expérimentation (en fixant la tension d'alimentation U_1 directement sur le générateur).

☞ Réaliser le circuit électrique, le faire vérifier par le professeur.

✂ 9. Réaliser les différentes mesures pour le régime choisi puis compléter les premières colonnes du tableau :

Alimentation : $U_1 = \dots$ V	n = tr/min	puissances mesurées				valeurs calculées			
		R_u (Ω)	I_1 (A)	P_a (W)	U_2 (V)	I_2 (A)	P_u (W)	η_{tot}	η_m
	10								
	20								
	30								
	40								
	50								
	60								
	70								
	80								
	90								

✂ 10. Exprimer le couple C en fonction de P_m et de n (en tr/s).

✂ 12. En déduire l'expression du couple C en fonction de η_m , de P_a et de n (en tr/min) :

✂ 11. Exprimer le couple C en fonction de P_m et de n (en tr/min).

$C =$

✂ 13. Compléter les dernières colonnes du tableau précédent en utilisant les relations trouvées dans les questions précédentes (celles encadrées).

✂ 14. Compléter la feuille de calcul commune sur le tableur, tracer les courbes représentant l'évolution du rendement η_m du moteur en fonction du couple résistant C . Imprimer.

3 Conclusion

✂ 15. Comment varie le rendement du moteur avec la charge mécanique entraînée ?

✂ 16. Le rendement dépend-il également de la vitesse de rotation du moteur, pour une même charge entraînée ?

✂ 17. Conclure en déterminant, pour chaque vitesse de rotation, le rendement maximum du moteur étudié.