

| | |
|----------------------------------|--|
| Centres d'intérêt abordés | Énergie |
| Niveau d'analyse | Comportemental |
| Objectifs pédagogiques | 3.2.1 Transformateurs et modulateurs d'énergies associés |
| Connaissances | Moteur électrique à courant continu |
| Activités (2 H) | Simuler le fonctionnement d'un scooter électrique |
| Ressources documentaires | Cours : Transformations d'énergies (chap. 13) |
| Ressources matérielles | Ordinateur avec logiciel PSIM |

Ce TP porte sur le système scooter électrique. Il met en œuvre la simulation d'un moteur à courant continu à l'aide du logiciel PSIM. Il a pour objectif :

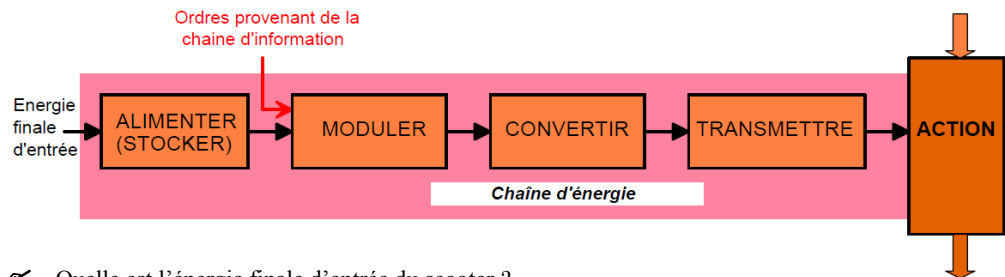
- d'identifier et régler les paramètres de commande liés à la variation de vitesse ;
- de vérifier les performances du scooter (vitesse maximale, accélération, autonomie).

1. SCOOTER ÉLECTRIQUE

1.1. FONCTIONNEMENT

Le système support de l'étude est le scooter électrique scoot'élec développé par PEUGEOT MOTOCYCLES. La présentation et les caractéristiques techniques du scooter sont décrites dans le fichier *DT Scootelec.pdf* accessible dans le répertoire *documents en consultation* du lecteur classe.

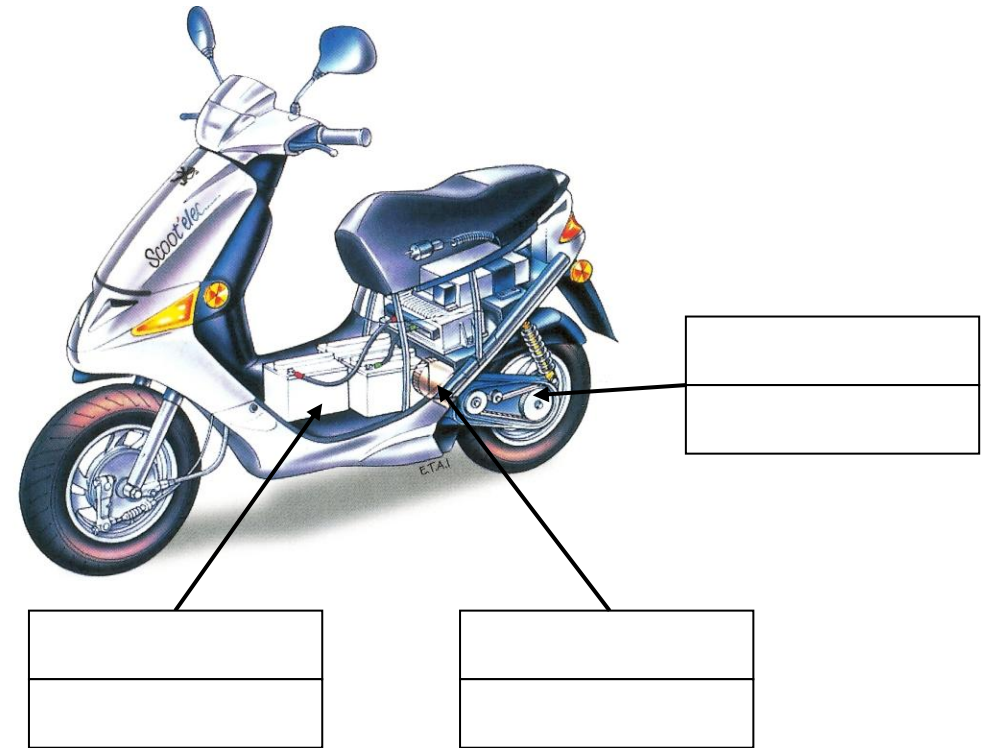
1.2. DESCRIPTION DE LA CHAÎNE D'ÉNERGIE



☞ Quelle est l'énergie finale d'entrée du scooter ?

☞ Sur le dessin du scooter, repérer et nommer les éléments qui réalisent les fonctions :

- alimenter ;
- convertir ;
- transmettre.



2. ÉTUDE DE LA MOTORISATION

L'objectif de cette étude est de vérifier les performances annoncées du scooter (vitesse maximale, accélération) dans le respect de la réglementation.

2.1. CONSTITUTION DU MOTEUR A COURANT CONTINU EXCITATION SÉPARÉE

La motorisation du scooter est assurée par un moteur à courant continu à excitation séparée (indépendante). Pour permettre le réglage de la vitesse, de l'accélération et du freinage l'énergie est modulée par deux hacheurs intégrés à l'unité de commande électronique, UCE (*DT Scootelec.pdf*, page 10).

Le moteur est constitué d'une partie fixe (l'inducteur) et d'une partie tournante (l'induit).

L'inducteur forme un électroaimant qui crée un champ magnétique dont le flux dépend du courant I_e qui le traverse. Il est symbolisé par une bobine.

L'induit contient des fils conducteurs logés dans des encoches en contact à leur extrémité avec le collecteur. Le contact des balais (fixes) sur le collecteur permet le passage du courant provenant de la batterie. Ces conducteurs sont baignés dans le flux du champ magnétique ce qui engendre des forces produisant un couple moteur. Le couple moteur est lié au courant d'excitation (inducteur). La fréquence de rotation est liée à la tension appliquée aux bornes du moteur (induit).

2.2. PUISSANCE MÉCANIQUE DU MOTEUR, RESPECT DE LA RÉGLEMENTATION

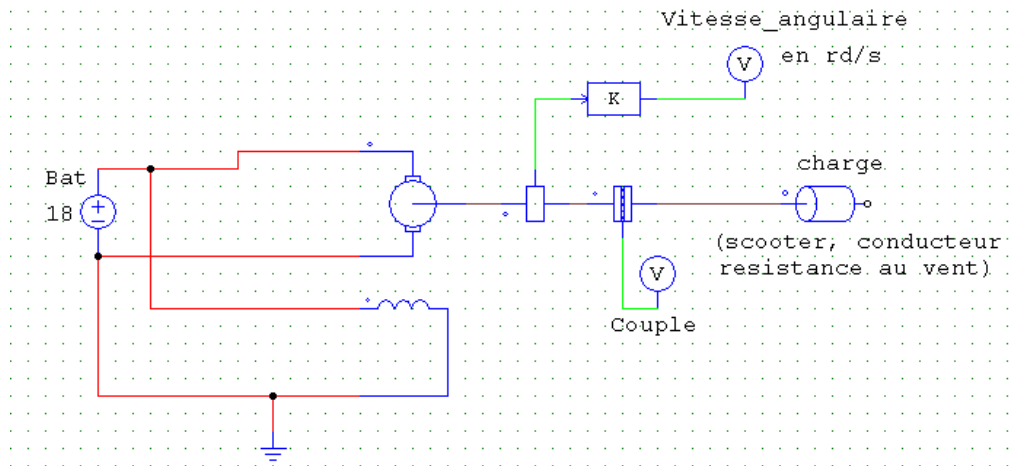
La capacité d'accélération du scooter est l'une des caractéristiques immédiatement perçue par l'utilisateur. Elle est le fruit d'un compromis entre performance et sécurité car la puissance maximale autorisée est régie par le code de la route. L'article R. 311-1 du code de la route définit le cyclomoteur comme un véhicule à deux ou trois roues équipé d'un moteur d'une cylindrée ne dépassant pas 50 cm³ s'il est à combustion interne ou d'une puissance maximale nette n'excédant pas 4 kilowatts pour les autres types de moteur.

2.3. SIMULATION SANS BRIDAGE ET SANS UCE

Le logiciel Psim est utilisé pour simuler les réactions du moteur électrique du scooter et de sa charge mécanique. On veut mesurer la puissance mécanique maximale Pu_{max} développée par le moteur :

$$Pu = Cu \times \omega, \text{ où } Cu \text{ est le couple moteur en N}\cdot\text{m et } \omega \text{ la vitesse angulaire en rad/s.}$$

Avec le logiciel Psim, ouvrez le fichier *scootmax.psimsch* présent dans le répertoire *documents en consultation/TP11* du lecteur classe. Dans ce montage, l'induit et l'inducteur sont alimentés directement par la batterie de 18 V. Ainsi le moteur fournit sa puissance maximale.



☞ Identifier sur le schéma électrique l'induit et l'inducteur du moteur.

☞ Simuler le fonctionnement du montage en fonction du temps (les paramètres de simulation sont déjà remplis). Afficher la courbe de la puissance mécanique Pu en multipliant les courbes : Couple et vitesse angulaire.

☞ Mesurer et relever Pu_{max} : _____

☞ Cette puissance est elle compatible avec la réglementation ?

2.4. SIMULATION AVEC BRIDAGE DE PUISSANCE

Pour brider la puissance disponible, l'alimentation électrique du moteur est réalisée par une source limitée en courant par l'UCE : cela signifie qu'elle ne peut pas déborder un courant supérieur à $Ilimit$.

Le fichier *scootlim.psimsch* permet de simuler les réactions du moteur, de la source limitée et de la charge mécanique. Cette charge représente l'effort résistant lié à la mise en mouvement du scooter sur le plat (masse du scooter et du conducteur ainsi que la résistance au vent).

☞ Simuler le fonctionnement du montage. Afficher la courbe de la puissance mécanique Pu en multipliant les courbes : $Cmot$ et ωmot . Mesurer Pu_{max} lorsque $Ilimit$ vaut 300 A et vérifier la conformité à la norme :

☞ Déterminer expérimentalement la valeur de $Ilimit$ adaptée en cas de non respect de la norme.

2.5. VÉRIFICATION DES PERFORMANCES (VITESSE, ACCÉLÉRATION)

Pour simplifier l'analyse, les hacheurs qui modulent les tensions d'induit et d'inducteur sont remplacés par des sources de tension réglables Um et Ue .

Lorsque la poignée d'accélération est tournée au maximum, la tension Um est fixée à 17 V par l'UCE

☞ Avec le fichier *scootlim*, visualiser la vitesse Vs du scooter en fonction du temps. Mesurer Vs_{max} en régime établi. Cette vitesse correspond-elle à la vitesse maximale attendue ?

☞ Visualiser la distance parcourue par le scooter en fonction du temps. Mesurer et reporter dans le tableau le temps nécessaire pour parcourir :

- 10 m départ arrêté ;
- 100 m départ arrêté.

☞ Relever dans le dossier technique les performances annoncées.

| | Temps mesuré | Temps annoncé |
|---------------------|--------------|---------------|
| 10 m départ arrêté | | |
| 100 m départ arrêté | | |

☞ Les valeurs mesurées sont-elles conformes aux performances annoncées ?

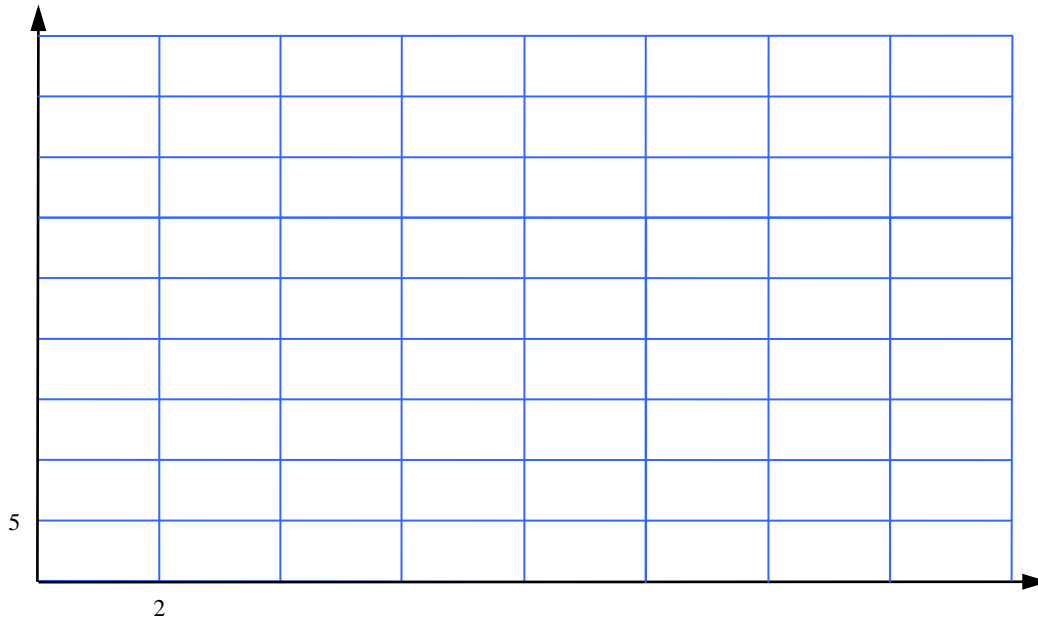
2.6. VARIATION DE VITESSE

- ☞ Avec le fichier *scootlim*, visualiser (pour les différentes valeurs de U_m données dans le tableau) :
 - la fréquence de rotation N_{mot} du moteur ;
 - la vitesse V_s du scooter.

- ☞ Mesurer les valeurs maximales (en régime établi).. Reporter les valeurs mesurées dans le tableau.

| U_m (en V) | 0 | 6 | 10 | 16 |
|-----------------------|---|---|----|----|
| N_{mot} (en tr/min) | | | | |
| V_s (en km/h) | | | | |

- ☞ Tracer la caractéristique $V_s = f(U_m)$, vitesse du scooter en fonction de la tension U_m :



- ☞ Comment évoluent la fréquence de rotation du moteur et la vitesse du scooter lorsque la tension U_m augmente ?

3. ANALYSE DE LA DOCUMENTATION TECHNIQUE DE LA BATTERIE

Les batteries d'accumulateurs permettent de stocker l'énergie électrique destinée essentiellement à alimenter le moteur à courant continu.

La capacité C de la batterie s'exprime en ampères-heures (Ah). La capacité est la quantité d'électricité que la batterie chargée peut restituer au cours d'une décharge complète : $C = I \times t$; où I désigne le courant de décharge et t la durée de la décharge (ou autonomie).

- ☞ A l'aide de la notice technique de la batterie STM5-100 MR (*DT Scootelec.pdf*, page 12), relever la valeur de la capacité nominale C de la batterie :

- ☞ Pour quelle valeur du courant de décharge cette capacité est-elle définie ?

- ☞ Que vaut la tension fournie par la batterie ?

- ☞ Combien de batteries doivent être utilisées pour alimenter le moteur du scooter ?

- ☞ Quel est leur mode d'association (série ou parallèle) :

- ☞ Calculer l'énergie électrique totale stockée dans les batteries chargées :

La recharge complète de la batterie dure 5 heures :

- deux heures de charge normale à 50 A ;
- trois heures de charge d'égalisation à 5 A.

- ☞ Calculer la quantité d'électricité Q nécessaire à la recharge complète de la batterie :

- ☞ Calculer le rendement énergétique de la batterie, $\eta = \dots$:

4. VÉRIFICATION DE L'AUTONOMIE DU SCOOTER

L'objectif de cette étude est de vérifier l'autonomie du scooter pour un fonctionnement à vitesse maximale (45 km/h) et en mode économique (30 km/h).

4.1. COURANT CONSOMMÉ A VITESSE MAXIMALE

🔧 Visualiser le courant consommé par le moteur ($I_a + I_e$) en fonction du temps lorsque le scooter se déplace à 45 km/h. Mesurer et reporter dans le tableau (ci-contre) la valeur du courant en régime établi.

4.2. COURANT CONSOMMÉ EN MODE ÉCONOMIQUE

🔧 Déterminer graphiquement la valeur de la tension U_m qui permet au scooter de se déplacer à 30 km/h :

🔧 Avec le fichier *scootlim*, régler cette valeur de U_m . Visualiser la vitesse du scooter.

🔧 Ajuster la valeur de U_m pour que la vitesse du scooter soit égale à 30 km/h ($\pm 0,1$ km/h).

🔧 Relever U_m : _____

🔧 Visualiser le courant consommé par le moteur ($I_a + I_e$) en fonction du temps lorsque le scooter se déplace à 30 km/h. Mesurer et reporter dans le tableau ci-dessous la valeur du courant en régime établi.

4.3. AUTONOMIE À VITESSE MAXIMALE

Pour la suite de l'étude, on considère que le courant consommé par l'UCE et les autres composants est négligeable devant celui consommé par le moteur électrique.

🔧 A l'aide de la notice technique de la batterie, déterminer la capacité C de la batterie lorsque celle-ci fournit au scooter le courant pour se déplacer à 45 km/h. Reporter cette valeur dans le tableau ci-contre.

🔧 Calculer, dans ce cas, l'autonomie du scooter en heures et en kilomètres. Reporter les valeurs dans le tableau.

4.4. AUTONOMIE EN MODE ÉCONOMIQUE

🔧 A l'aide de la notice technique de la batterie, déterminer la capacité de la batterie lorsqu'elle fournit au scooter le courant pour se déplacer à 30 km/h. Reporter cette valeur dans le tableau.

🔧 Calculer, dans ce cas, l'autonomie du scooter en heures et en kilomètres. Reporter les valeurs dans le tableau.

🔧 Relever dans le dossier technique l'autonomie du scooter annoncée à vitesse maximale et en mode économique. Reporter ces valeurs dans le tableau.

| Vitesse du scooter | Courant moteur | Capacité de la batterie | Autonomie calculée (h) | Autonomie calculée (km) | Autonomie annoncée |
|--------------------|----------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------|
| 45 km/h | | | | | |
| 30 km/h | | | | | |

🔧 Comparer vos résultats aux performances annoncées par le constructeur :

5. ÉVOLUTION DU PRODUIT

Le scoot'élec a été développé par la société PEUGEOT MOTOCYCLES dans les années 90. Il est remplacé depuis le printemps 2012 par le modèle e-vivacity. Les informations commerciales sont disponibles sur le site <http://www.e-vivacity.fr>.

🔧 Quelle est l'autonomie annoncée pour le nouveau modèle de scooter électrique ?

🔧 Quelle est la technologie utilisée pour les batteries ?

🔧 Quelle quantité d'énergie électrique est stockée dans les batteries chargées :
