

EXO 1 : Powerwheel

Introduction

Le secteur du caravanning connaît actuellement un engouement important. Les caravanes sont spacieuses et dotées du plus grand confort. Leurs masses importantes (jusqu'à deux tonnes) rendent particulièrement difficiles les manœuvres manuelles. C'est pourquoi la société « POWRWHEEL Limited » a développé pour « LOISIRS VACANCES » un système de déplacement de la caravane autonome et motorisé. Le mécanisme permet à l'utilisateur de manœuvrer aisément et sans effort une caravane ou une remorque à l'aide d'une télécommande.

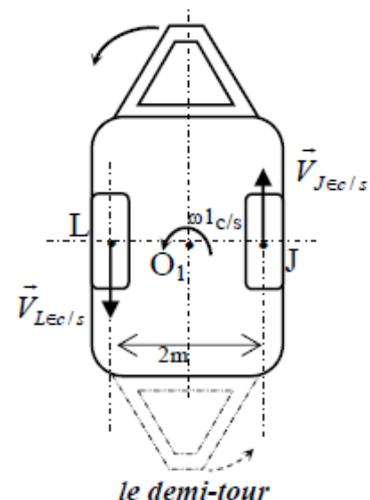


Caractéristiques principales du système :

- Déplacer une caravane jusqu'à 1900 kg ;
- gravir des pentes jusqu'à 25% de dénivelé ;
- deux moteurs à courant continu 12 V/430 W ;
- une batterie de 90 Ah ;
- télécommande portée 100 m (pile 9 V) ;
- quatre vitesses de déplacement possibles.

COMBIEN DE FOIS EST-IL POSSIBLE D'EFFECTUER UNE MANŒUVRE TYPE, A UNE VITESSE DE DEPLACEMENT CONSTANTE ?

L'utilisateur souhaite réaliser, sur un terrain plat et sans obstacle, une manœuvre qui consiste à avancer la caravane en ligne droite de 5 m, puis à effectuer un demi-tour dans le sens trigonométrique.



Hypothèses et Données

- La phase du demi-tour est réalisée en actionnant les **deux roues en sens opposé**.
- Durant toute la manœuvre :
 - la norme des vitesses des points J et L appartenant au châssis par rapport au sol est de 102 mm/s (elle correspond à une fréquence de rotation de 4150 tr/min de chaque moteur activé) ;
 - on néglige les phases d'accélération et de décélération ;
 - le courant moyen I_{moy} consommé par **chaque moteur** activé est de **20 A**.

Q1) À partir de la figure et du graphique ci-dessous, déterminer la durée d'un demi-tour.

Q2) Calculer la quantité d'électricité **Q1** en Ah nécessaire pour avancer de 5 m.

Q3) Calculer la quantité d'électricité **Q2** en Ah nécessaire pour faire demi-tour.

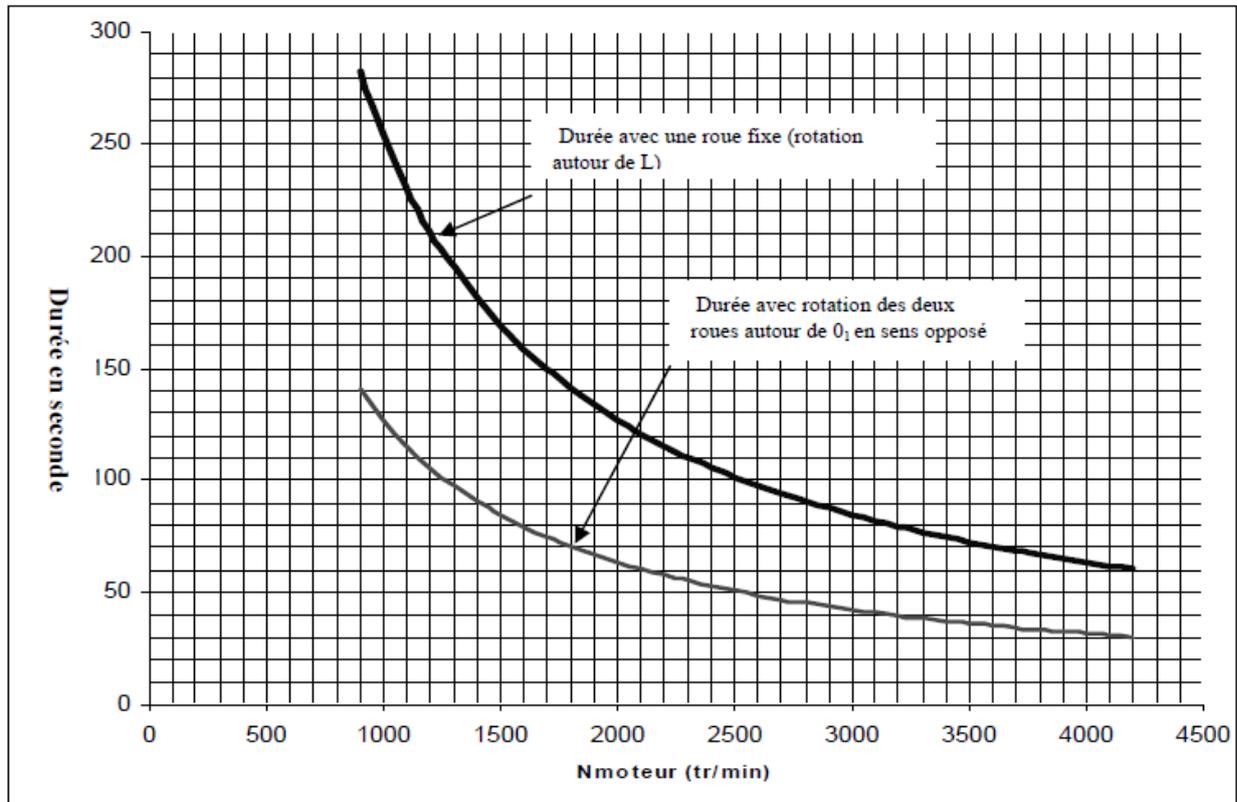
Q4) En déduire la quantité d'électricité **Q3** en Ah nécessaire pour faire la manœuvre souhaitée par l'utilisateur.

Q5) En déduire en pourcentage la quantité d'électricité perdue **P**, lors de cette manœuvre, par la batterie de 90 Ah.

Quel que soit le résultat de la quantité d'électricité **Q3**, on considère que la manœuvre consomme **0,9Ah**.

Conclusion

Q6) Avec la batterie de 90 Ah, combien de fois (théoriquement) l'utilisateur peut-il effectuer la manœuvre étudiée?



EXO 2 : Scooter électrique

Le scooter électrique étudié est mu par un moteur brushless directement inséré dans la roue arrière.

Le scooter est largement utilisé pour les déplacements urbains. Les utilisateurs se déclarent intéressés par un modèle leur permettant des déplacements plus longs et vers des zones rurales.

L'objectif de l'étude est d'analyser comment on peut augmenter l'autonomie du scooter.

Calcul du rendement de la chaîne d'énergie

On mesure expérimentalement le rendement de l'ensemble variateur-moteur-roue (la chaîne d'énergie sans le bloc *Alimenter*) pour estimer la marge d'amélioration possible.

Le scooter est installé sur un banc à rouleaux, sa vitesse est stabilisée. Afin de réaliser la mesure de la vitesse angulaire de la roue $\omega_{(roue / \text{châssis})}$, une bande réfléchissante est collée sur le pneu. La vitesse angulaire de la roue $\omega_{(roue / \text{châssis})}$ est mesurée en pointant le faisceau lumineux du tachymètre, vers la bande. Pour chaque tour de roue,

moteur
brushless



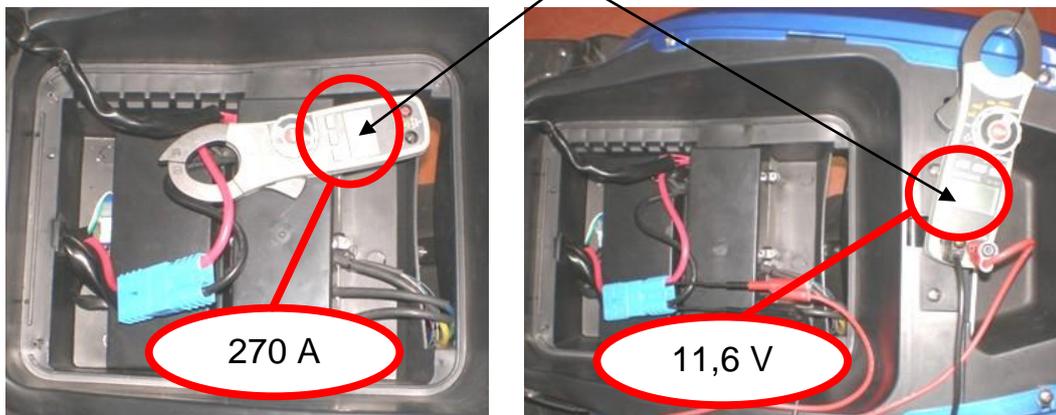
le faisceau lumineux est réfléchi. Le tachymètre affiche donc le nombre de tour par minute ($\text{tr}\cdot\text{min}^{-1}$).

Q1. Justifier, à partir de la valeur lue sur le tachymètre que $\omega_{(\text{roue} / \text{châssis})} = 56 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$

Le banc de mesure à rouleaux permet la mesure du couple exercé par la roue arrière : $C_{\text{roue}} = 51 \text{ N}\cdot\text{m}$

Q2. Calculer, à partir de C_{roue} et de $\omega_{(\text{roue} / \text{châssis})}$, l'énergie utile de sortie du scooter (en $\text{W}\cdot\text{h}$), en 1 heure de fonctionnement.

Lors du fonctionnement du scooter sur son banc, l'intensité et la tension absorbées en entrée du variateur sont mesurées à l'aide d'une pince multifonction,



Q3. Calculer, à partir des valeurs mesurées, l'énergie absorbée en entrée du variateur (en $\text{W}\cdot\text{h}$) en 1 heure de fonctionnement.

Q4. Calculer le rendement énergétique de l'ensemble variateur-moteur-roue. Pensez-vous qu'il y ait une marge d'amélioration possible sur ce critère ?

Choix du type de batterie

Pour augmenter l'autonomie, on peut changer de type de batterie

Le nouveau modèle du scooter aura une autonomie de 80 km.

L'utilisateur se servira du scooter sur une période de 44 semaines chaque année :

- 5 jours par semaine pour son trajet domicile - travail, aller + retour = 20 km ;
- 1 déplacement le weekend de 80 km.

Q5. Calculer le nombre de charges par année, que devra réaliser l'utilisateur.

Q6. Comparer, à partir du résultat précédent et des 4 technologies présentées dans le tableau « Les différentes technologies de batteries » les durées de vie en année des batteries du scooter. Vous mettrez vos résultats sous la forme d'un tableau comparatif.



Le scooter devra stocker 4000 $\text{W}\cdot\text{h}$ pour garantir les 80 km d'autonomie.

Q7. Comparer, à partir de cette donnée et des 4 technologies présentées dans le tableau « Les différentes technologies de batteries », les masses des batteries du scooter. Vous mettrez vos résultats sous la forme d'un tableau comparatif.



Les différentes technologies de batteries :

Type : Critère :	Plomb (1)	Ni-Cd	Li-ion	Li-Po
Energie massique en $W \cdot h \cdot kg^{-1}$ (2)	50	60	150	190
Durée de vie (nombre de recharges)	400	2000	1000	2000
Auto-décharge (% par mois d'inutilisation)	5	20	10	10
Recyclage	entièrement recyclable (3)	compliqué à cause du cadmium (métal lourd, polluant)	-	-
Prix	faible	faible	élevé	élevé
Effet mémoire	sans (4)	oui	très faible	
Diffusion dans le commerce	très répandue	-	-	-
Autre	sensible aux températures négatives (perte d'autonomie jusqu'à -25% à -10°C)	supporte de grands courants de charge et décharge grâce à leurs faibles résistances internes.	risque d'explosion si toutes les conditions de sécurité ne sont pas remplies	peut prendre des formes fines et variées
			usure même en cas de non utilisation	charge soumise à des règles strictes (risque d'inflammation)

- (1) • Plomb-Acide : utilisées surtout sur les automobiles (batteries de démarrage)
 • Plomb-Gel : sans entretien, elles sont très utilisées dans le véhicule électrique
 • Plomb-Silicone : elles commencent à faire leur apparition sur le marché et offrent plus de résistance que les batteries traditionnelles.
- (2) Énergie massique appelée aussi densité massique.
- (3) Ne pollue pas si bien recyclé (seul 1/3 des piles et batteries est mis au recyclage).
- (4) La batterie peut être rechargée quand on veut, à n'importe quel niveau de décharge.

Q8. Au vu des questions précédentes, conclure sur les critères de durée de vie et de gain de masse qui permettraient de guider le constructeur dans ce nouveau choix de batterie.

Q9. Définir d'autres critères de choix qui peuvent rentrer en compte dans le choix de nouvelles batteries.

EXO 3 : Etude de la Toyota Prius



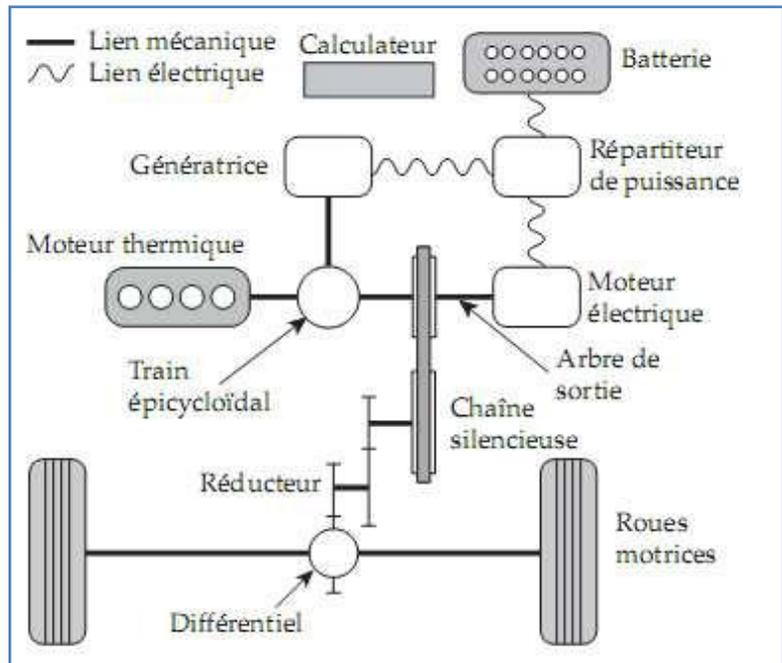
Dans le contexte actuel d'économie des énergies fossiles et de réduction des émissions de gaz nocifs, le système de propulsion hybride constitue une alternative intéressante à la propulsion classique par moteur thermique seul. La spécificité de la solution retenue sur la Prius consiste à :

- récupérer l'énergie du véhicule lors du freinage
- exploiter le moteur thermique à son rendement optimal

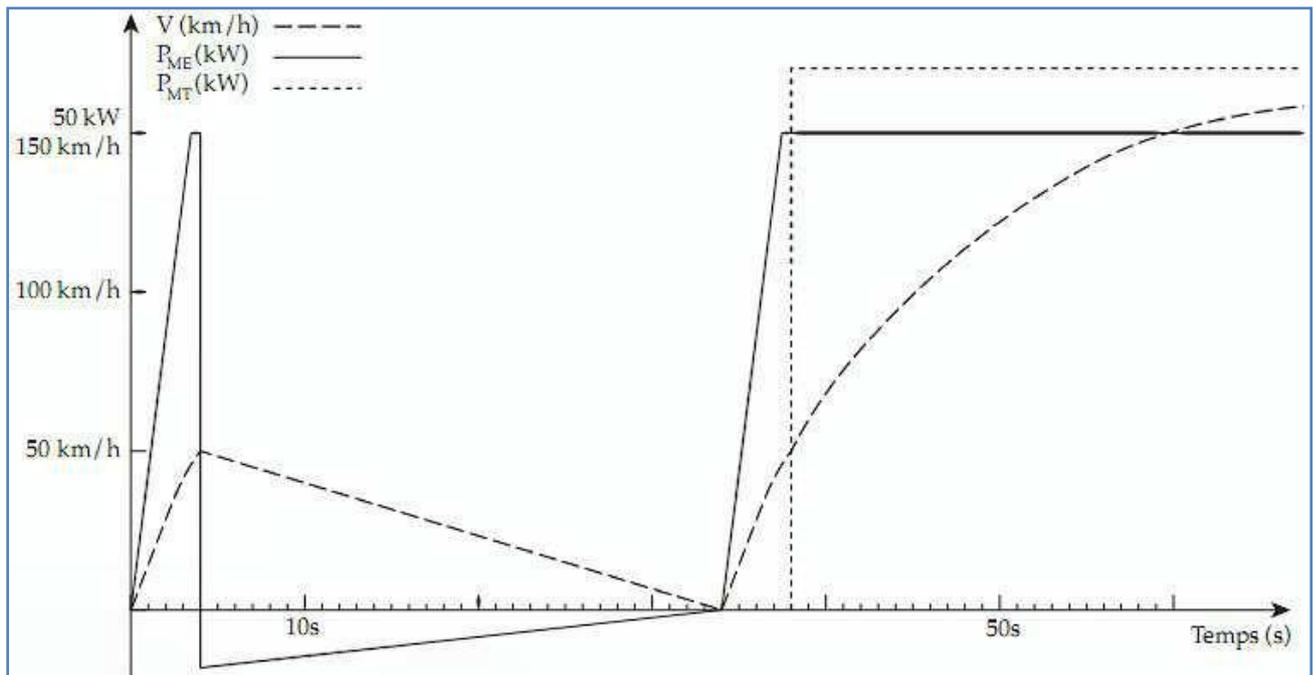
La technologie hybride de Toyota, nommée HSD (Hybrid Synergy Drive), associe un moteur thermique à essence et sa transmission à deux machines électriques et une batterie de puissance. Le schéma de principe met en évidence les deux machines électriques (le moteur électrique et la génératrice) reliées au moteur thermique par un train épicycloïdal.

BATTERIE

La batterie du système hybride est une association série de 38 petites batteries à Nickel-Métal Hydrures (NiMH) de 7,2 V de tension chacune. Sa capacité est de 6,8 Ah, sa masse de 39 kg.



CARACTERISTIQUES DYNAMIQUES RELEVÉES EXPERIMENTALEMENT



V: vitesse du véhicule, en km/h

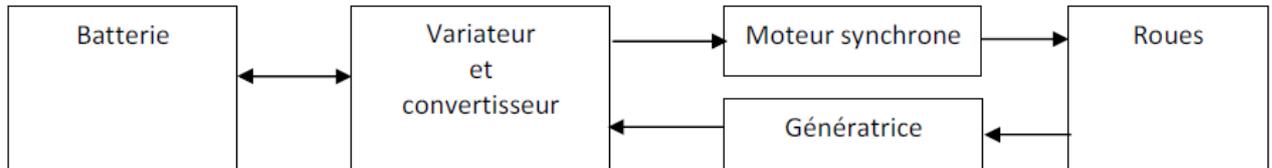
P_{ME}: puissance électrique consommée ou générée par le moteur électrique, en kW

P_{MT}: puissance mécanique fournie par le moteur thermique, en kW

a) Relevez sur les courbes la puissance maximale fournie par le moteur thermique puis par le moteur électrique.

b) Complétez le schéma ci-dessous en y caractérisant les énergies.

Devoir maison Vacances de la Toussaint

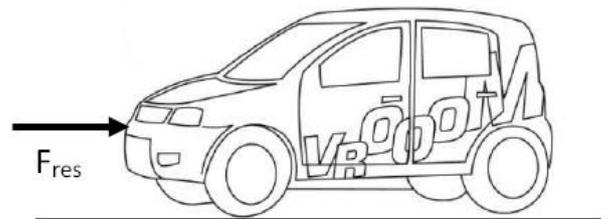


c) Calculez l'énergie disponible dans la batterie en Wh puis en joule.

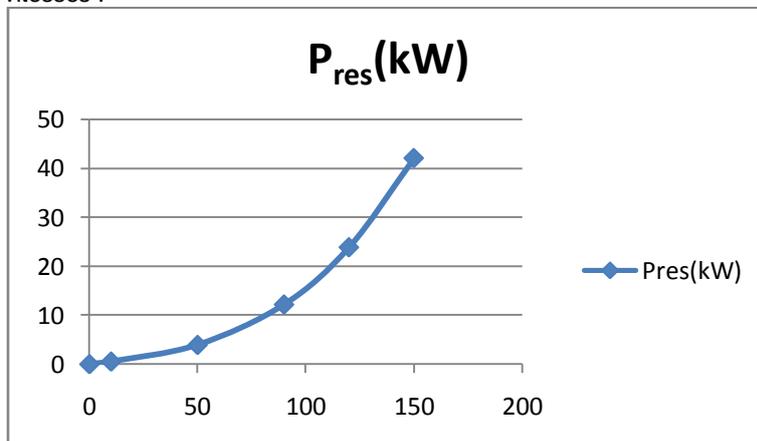
d) Calculez la valeur maximale du courant délivré au moteur électrique par les batteries. En déduire l'autonomie offerte par la batterie à pleine puissance.

e) A partir du graphique, estimez la puissance moyenne délivrée par le moteur lors d'une accélération de 0 à 50 km/h. A quelle énergie (délivrée par la batterie) cela correspond-il ? Combien de démarrages peut-on envisager à partir d'une charge complète de la batterie (sans qu'il y ait eu de récupération d'énergie entre les démarrages).

Les efforts résistants absorbent une puissance P_{res} délivrée par le groupe moteur transmission (Moteur + boîte de vitesse). Les efforts de pénétration dans l'air et de résistance au roulement sont proportionnels au carré de la vitesse.



Graphes de l'évolution de la puissance P_{res} pour différentes vitesses :



V (km/h)	P _{res} (kW)
0	0
10	0,534
50	3,918
90	12,165
120	23,844
150	42,026

Pour le moteur thermique seul, on admet une consommation moyenne de 5 litres au 100 km à la vitesse de 90 km/h. L'énergie chimique contenue dans un litre d'essence vaut 32 MJ.

f) Déterminer le rendement du groupe moteur transmission à cette vitesse ?