

FINAL ER63 – PRINTEMPS 2013

NOM :

PRENOM :

Polycopié de cours autorisé
Calculatrice autorisée
Dictionnaires numériques interdits

1. Questions de cours - 5 points

Pour chaque question, cochez la case OUI ou NON.

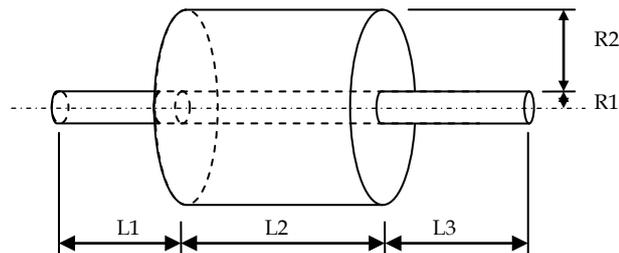
Bonne réponse : + 0,25 point. Mauvaise réponse : - 0,25 point. Pas de réponse : 0 point.

Question	OUI	NON
L'énergie est le transfert de puissance par unité de temps		
L'hydrogène est disponible en très grande quantité sur la planète à l'état naturel		
Le gaz butane n'est pas un hydrocarbure		
Les biocarburants ne rejettent aucun polluant lors de leur combustion		
Il est possible de faire des recharges rapides avec des accumulateurs au plomb		
La durée de vie de l'accumulateur dépend très fortement du DoD		
Les supercondensateurs sont basés sur le principe de l'oxydoréduction		
La capacité d'un accumulateur s'exprime en Farads		
Les batteries Ni-Mh sont influencées par l'effet mémoire		
Les batteries NI-Cd, dégagent de la chaleur sur tout le cycle de charge		
Les accumulateurs au lithium sont basés sur le principe de l'intercalation.		
Les accumulateurs Lithium sont tolérants aux décharges profondes		
Le BMS permet d'assurer l'équilibrage des cellules d'un pack d'accumulateur.		
La technologie Lithium Fer Phosphate est celle aujourd'hui privilégiée par de nombreux constructeurs de véhicules électriques		
Les accumulateurs à base de sodium-chlorure de nickel sont insensibles à la température ambiante		
Les véhicules hybrides non rechargeables nécessitent des batteries de très grande capacité		

Le mode de recharge d'un accumulateur Lithium est identique à celui d'un accumulateur au plomb		
Les supercondensateurs disposent d'une énergie massique comparable aux accumulateurs Ni-MH		
Le domaine d'application des volants d'inertie peut être identique à celui des supercondensateurs		
Le stockage inductif peut être facilement intégré à bord d'une automobile		

2. Exercice 1 - 6 points

Soit un volant d'inertie constitué d'un cylindre plein et d'un axe plein également représenté sur le schéma suivant.



Les données sont les suivantes :

- $L1 = 10 \text{ cm}$, $L2 = 25 \text{ cm}$, $L3 = 15 \text{ cm}$, $R1 = 3 \text{ cm}$ et $R2 = 10 \text{ cm}$
- Masse volumique du fer : 7900 kg/m^3
- Moment d'inertie d'un cylindre plein : $J = MD^2/8$

Remarque : attention aux arrondis trop généreux. Pour les calculs d'inertie, gardez au moins 4 décimales après la virgule.

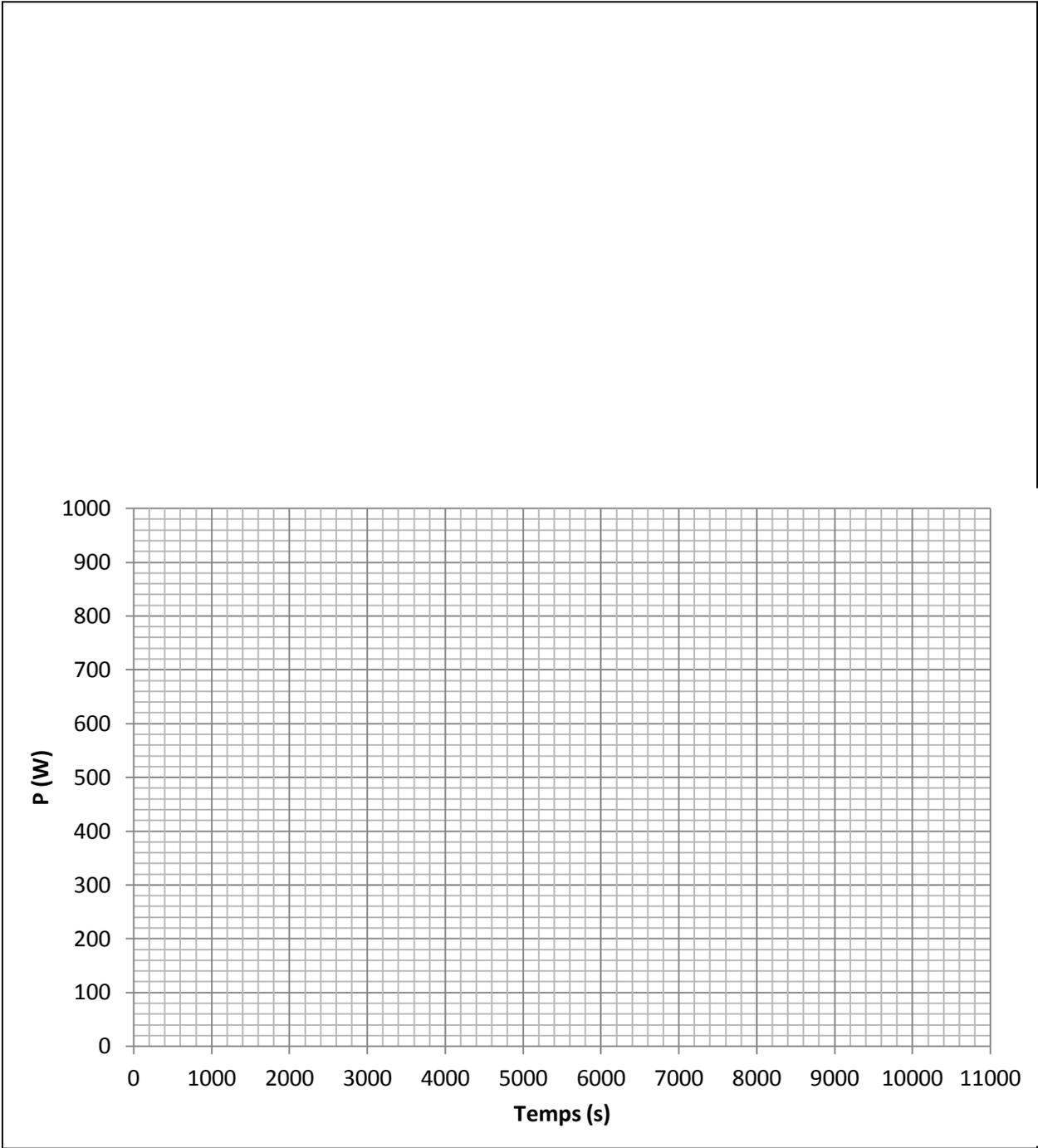
2.1 Calculer le moment d'inertie du volant d'inertie complet en Fer.

Le volant d'inertie est maintenant accouplé à un moteur électrique de 65 kg dont le rotor a un moment d'inertie $J_{\text{ROTOR}} = 0,3 \text{ kg.m}^2$.

2.2 Calculer l'énergie qui peut être stockée lorsque l'ensemble tourne aux vitesses $N_{\text{max}} = 10000 \text{ tr/min}$ et $N_{\text{min}} = 2000 \text{ tr/min}$.



2.3 Pour la plage de vitesse de fonctionnement donnée en 2.2, tracer l'allure sur le graphique suivant de la caractéristique liant le temps de décharge à la puissance fournie pour une plage allant de 10 minutes à 3 heures. Justifiez vos calculs pour les points 10 minutes, 30 minutes et 2 heures.



2.4 On veut maintenant mettre en rotation le volant d'inertie d'une vitesse nulle jusqu'à une vitesse de 10000 tr/min. Pour cela on utilise le moteur électrique connecté au volant d'inertie. Le moteur fournit un couple constant de 30 Nm constant pendant toute la phase d'accélération. Calculer le temps nécessaire pour accélérer le volant.

Exercice 2 - 7 points

Un véhicule parcourt un cycle de conduite caractérisé par les éléments suivants :

- Distance : 83 km.
- Puissance maximale à la roue sur le cycle : 35 kW
- Puissance moyenne à la roue sur le cycle : 8 kW
- Temps pour un cycle : 47 minutes

2.5 Véhicule équipé d'un moteur à combustion interne

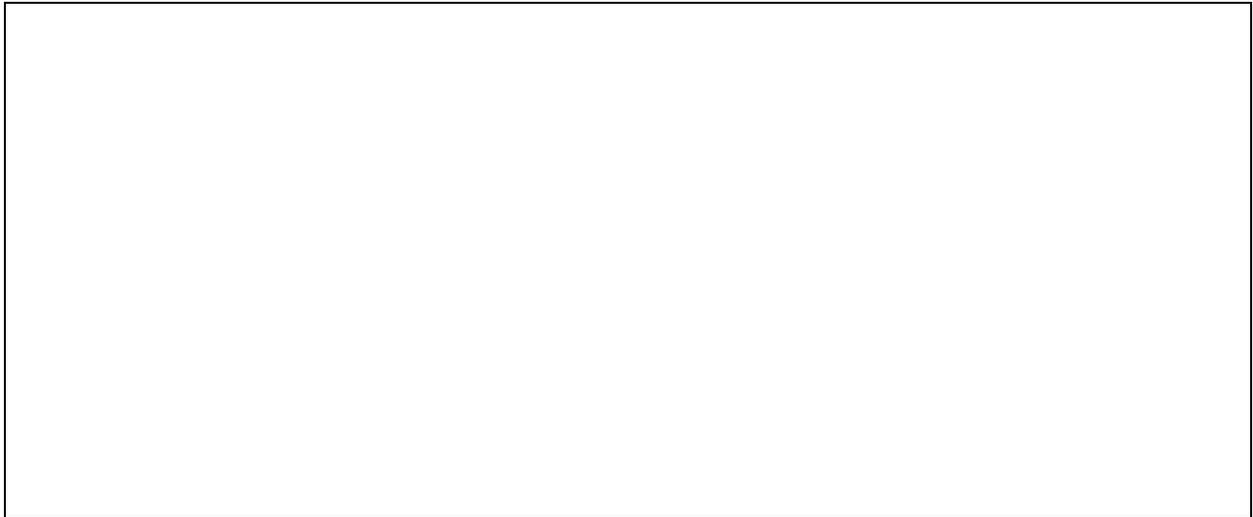
Le moteur à combustion interne à un rendement global (moteur + transmission) de 21%. Le carburant utilisé est du GPL

2.5.1. Quelle est la consommation en litres pour 100 km de carburant ?

2.6 Véhicule électrique à batteries

2.6.1. Chaîne de traction électrique.

On remplace le moteur thermique et sa transmission par un moteur électrique associé à un réducteur : rendement global en traction 83 % et rendement global au freinage 40%. L'énergie de freinage aux roues sur le cycle est de - 2,4 kWh (tout le freinage est électrique). Déterminer l'énergie totale fournie pour 100 km



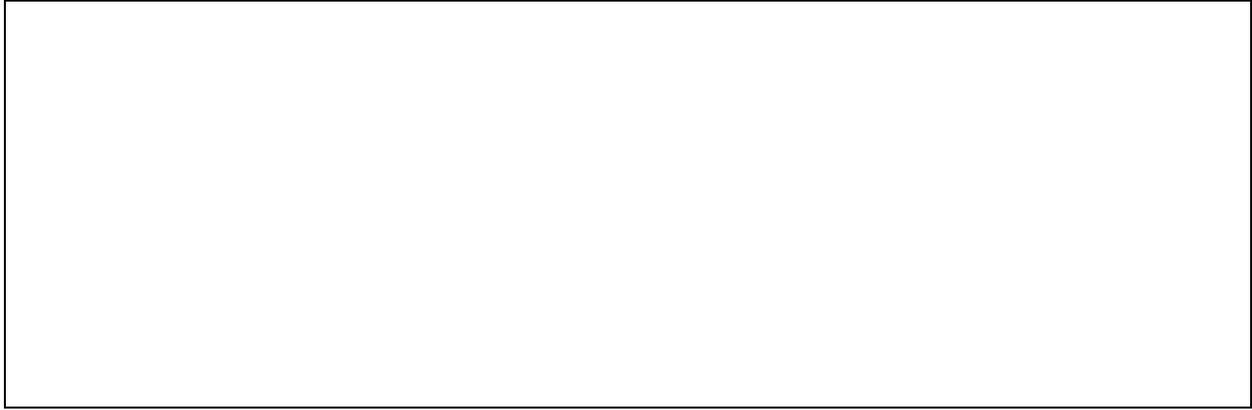
On utilise des cellules au lithium avec les caractéristiques suivantes

- tension nominale : 3.5 V
- capacité d'une cellule : 35 Ah
- énergie spécifique: 170 Wh/kg
- densité d'énergie : 280 Wh/litre
- puissance spécifique : 650 W/kg
- coût : 1200 €/kWh

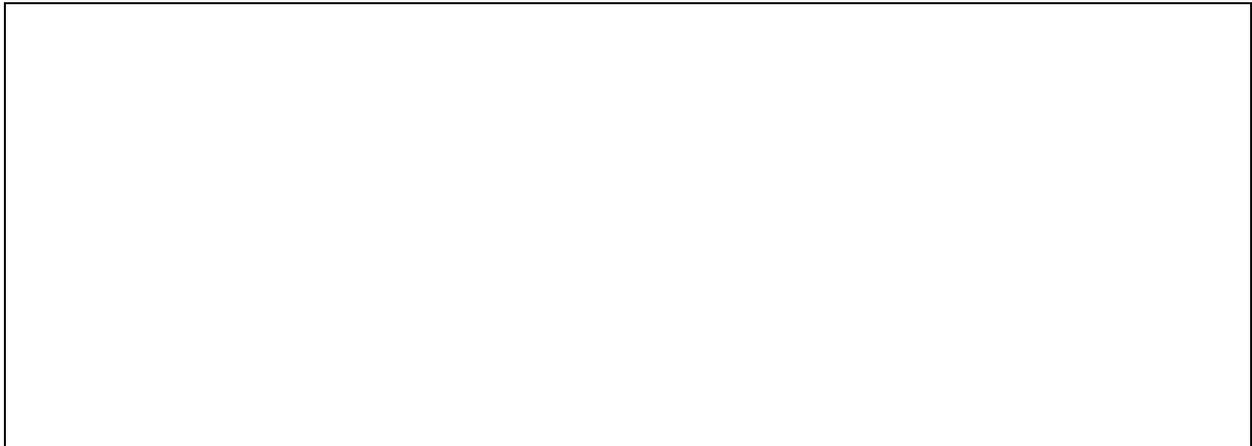
2.6.2. Déterminer le poids, le volume et le coût de la batterie pour satisfaire une autonomie de 100 km.



2.6.3. La batterie remplit-elle les contraintes de puissances ? Refaire le dimensionnement si nécessaire. Détaillez les calculs.



2.6.4. Déterminer le nombre de cellules du pack batterie (une seule branche en série)



2.7 Véhicule à pile à combustible (PàC) hybridée avec une source de puissance.

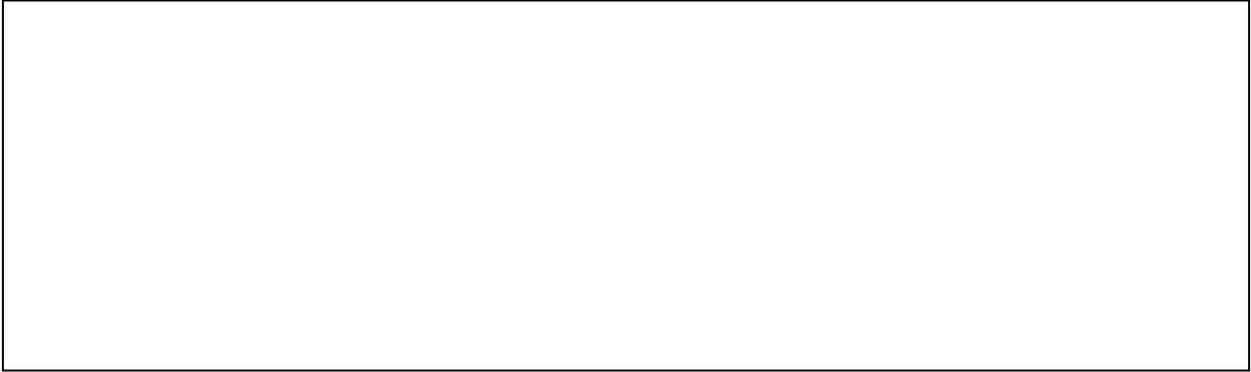
On conserve la chaîne de traction électrique précédente (mis à part bien entendu la batterie). Dans ce système, la PàC fournit la puissance moyenne sur le cycle ce qui représente une énergie de 10,2 kWh à la roue pour un cycle. La source de puissance (réversible) fournira (ou absorbera) la puissance complémentaire. Voici les données caractéristiques de la PàC utilisée

- densité de puissance : 0,5 W/cm²
- densité de courant j : 940 mA/cm²
- tension maximale de la PàC : 130V
- calcul de la tension de cellule :
$$V_c(j \text{ en mA}) = 1,031 - 2,45 \times 10^{-4}j - 0,03 \times \ln(j) - 2,11 \times 10^{-5}e^{8 \times 10^{-3}j}$$
- Les auxiliaires de la PàC consomment 20% de la puissance produite.
- Epaisseur d'une cellule (anode, cathode et membrane) : 0,3 mm
- Rendement électrique de la PàC : 50%

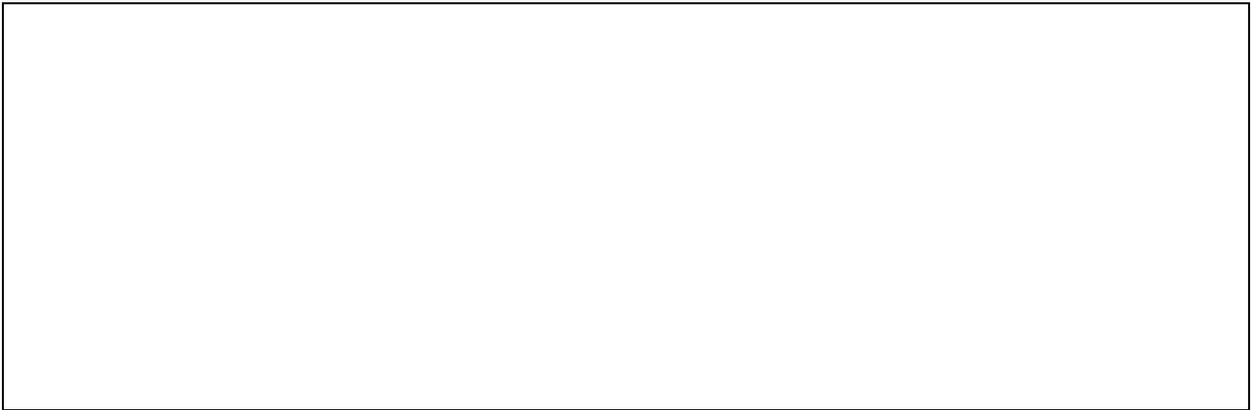
2.7.1. Combien de cellules composent la PàC ?



2.7.2. Quelle est la puissance électrique nécessaire de la PàC ?



2.7.3. Quel est le volume de la PàC ?



2.7.4. Quelle sera le volume du réservoir d'hydrogène (pression 350 bars) pour parcourir 100 km ?

