

TD2 : Stockage électrique pour la voiture Tesla

I. Introduction

Les voitures électriques Tesla se distinguent par leur motorisation électrique et leurs technologies avancées, offrant une alternative écologique et performante aux véhicules traditionnels. Elles intègrent des fonctionnalités innovantes comme l'autopilote.

Leur système de stockage repose sur des batteries lithium-ion à haute densité énergétique, permettant une autonomie étendue. Ces batteries sont optimisées pour une gestion thermique efficace, assurant durabilité et sécurité tout en offrant une grande capacité de stockage pour alimenter le moteur électrique.



Problème technique : Comment déterminer l'autonomie d'un véhicule électrique en fonction de ses performances mécaniques tout en prenant en compte les variations de vitesse ?

II. Performances mécaniques de la Tesla Modèle S

La voiture Tesla étudiée dans ce problème est le modèle S, qui présente les caractéristiques suivantes :

Vitesse maximale :	200 km/h
Accélération :	0 à 100 km/h en 5,6 s
Autonomie :	500 km avec batterie de 85 kWh (norme NEDC)
Puissance maximale :	330 kW (limitée dans le temps)
Couple maximal :	600 Nm, vitesse maximale : 5300 tr/min

On adoptera pour les questions suivantes les hypothèses suivantes :

- La vitesse du véhicule est constante ;
- La route est plate et horizontale ;
- Seule la résistance à l'air et les frottements secs (pneus-route) sont pris en compte.

Avec ces hypothèses, la puissance de traction P_{tc} nécessaire aux roues en fonction de la vitesse est donnée par l'expression suivante : $P_{tc} = \frac{\rho}{2} S C_x V_v^3 + F_r V_v$ avec V_v est la vitesse en m/s, $\frac{\rho}{2} S C_x = 0.5 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-1}$ est le coefficient de frottement aérodynamique et $F_r = 110 \text{ N}$ est la résistance de l'avancement lié au pneumatique.

On donne pour une vitesse de rotation du moteur de $N_a = 3450 \text{ tr/min}$, le véhicule a une vitesse de $V_a = 130 \text{ km/h}$.

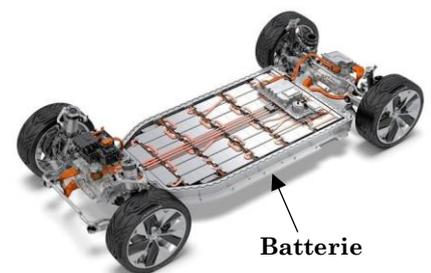
N.B : Les réponses à ces questions seront données dans le tableau du document de réponse.

- **Question 1** : calculer la vitesse de la voiture selon la fréquence de rotation du moteur en km/h puis en m/s.
- **Question 2** : Calculer la puissance de traction (P_{tc}) pour les différentes vitesses du moteur.

III. La batterie équipant la Tesla S

L'unité de base des batteries Lithium – Ion est appelée « cellule ». Sa tension varie en fonctionnement de 4 V (à l'état chargé) à 2,7 V (à l'état déchargé).

- Les cellules de la batterie sont regroupées en sous-ensembles appelés « briques », où chaque brique contient $N_c = 69$ cellules connectées en parallèle.
- La batterie d'une Tesla est composée de $N_f = 11$ « feuilles » reliées en série, et chaque feuille contient $N_b = 9$ briques également connectées en série.
- L'ensemble de la batterie est refroidi par un liquide circulant à travers le système, dont le débit est contrôlé par un logiciel pour assurer une gestion thermique optimale.

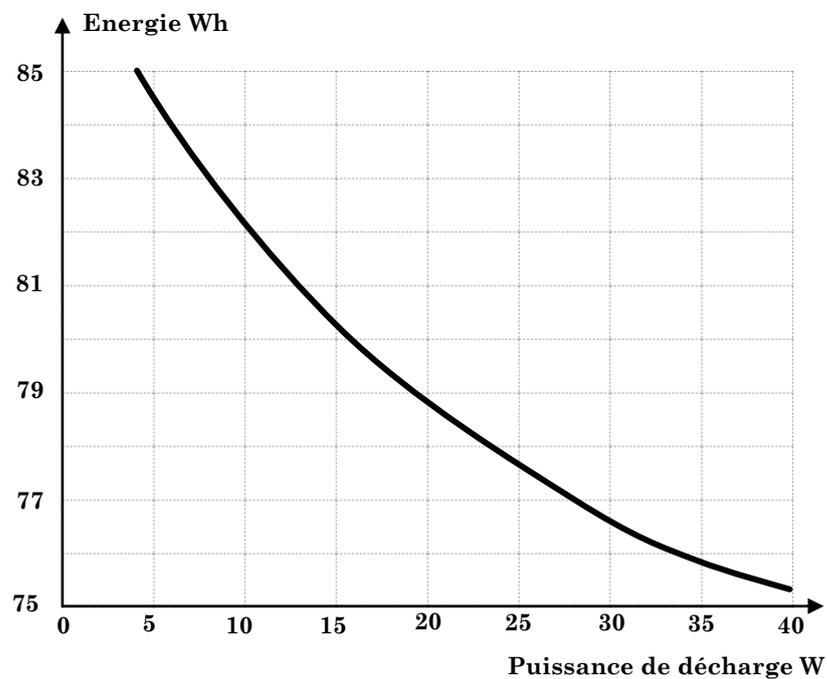


- **Question 3 :** La tension nominale est définie comme la moyenne des tensions à l'état de charge et de décharge. Déterminer la tension nominale moyenne d'une cellule V_c .
- **Question 4 :** Calculer la tension totale U_{bat} aux bornes de la batterie.
- **Question 5 :** Calculer le nombre total de cellules N_{bat} composant la batterie.
- **Question 6 :** Pour une énergie totale de $W = 85 \text{ kWh}$, et en utilisant la tension moyenne, calculer la capacité d'une brique C_b en Ah, puis la capacité d'une cellule C_c .

IV. Calculs d'autonomie

L'énergie disponible dans la batterie varie en fonction de la température et de la puissance qu'elle délivre. En d'autres termes, elle n'atteint $E = 85 \text{ kWh}$ que dans des conditions nominales, correspondant à une décharge à courant constant (puissance constante) pendant une durée de $t_h = 20$ heures.

La figure ci-après présente pour une température de 23 °C la caractéristique de l'énergie W en Wh de la batterie en fonction de la puissance de décharge.



- **Question 7 :** Calculer la puissance P_{bat} demandée à la batterie en fonction des vitesses de rotation N du moteur, en tenant compte du rendement fourni.
- **Question 8 :** Calculer l'énergie réellement disponible dans la batterie W_{bat} en fonction des vitesses de rotation du moteur, en utilisant la courbe ci-dessus.
- **Question 9 :** Exprimer l'autonomie t_h en heures et calculer l'autonomie D du véhicule en fonction des vitesses de rotation du moteur.



Document réponse

Vitesse du moteur électrique de la voiture		1300 tr.min-1	3000 tr.min-1	3450 tr.min-1
Question 1	V (km.h-1)			
	V (m.s-1)			
Question 2	Ptc (W)			
Rendement batterie / roue (%)		75	74.5	74
Question 6	Puissance batterie Pbat (W)			
Question 7	Energie batterie Wbat			
Question 8	Autonomie (km)			