

SM 58 – MEDIAN P16

NOM :

PRENOM :

Aucun document autorisé – Calculatrice autorisée - Dictionnaires numériques interdits

1. Etude du véhicule électrique Tesla P90D (14 points)

Remarque : plusieurs parties de ce problème sont indépendantes.

L'étude porte sur le véhicule électrique Tesla P90D. Comme le montre la Figure 1, cette voiture est équipée de deux moteurs, un pour chaque essieu. Certaines hypothèses simplificatrices ont dû être prises impliquant de minimes modifications par rapport au véhicule réel.

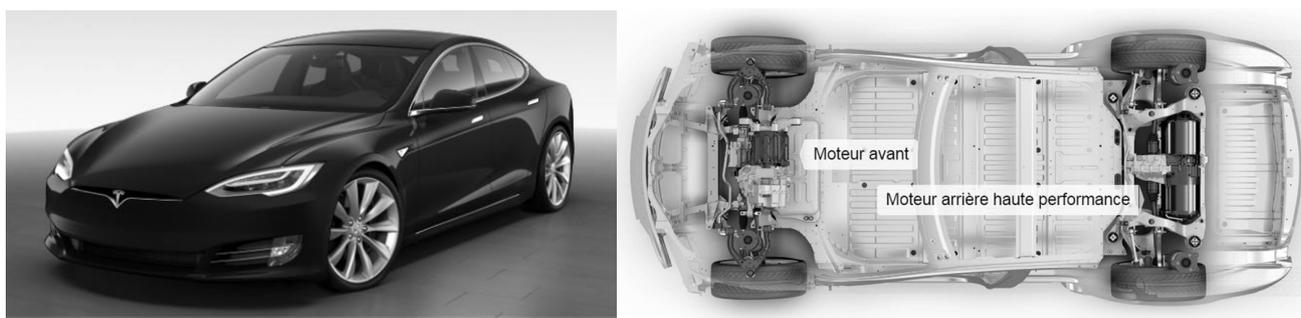


Figure 1 : Tesla P90D

Features & Benefits	Specifications	Dimensions														
<ul style="list-style-type: none">• High energy density• Long stable power and long run time• Ideal for notebook PCs, boosters, portable devices, etc. <p>* At temperatures below 10°C, charge at a 0.25C rate.</p>	<table border="1"><tr><td>Rated capacity⁽¹⁾</td><td>Min. 3200mAh</td></tr><tr><td>Maximal Voltage</td><td>4.2 V</td></tr><tr><td>Nominal voltage</td><td>3.6V</td></tr><tr><td>Charging</td><td>CC-CV, Std. 1625mA, 4.20V, 4.0 hrs</td></tr><tr><td>Weight (max.)</td><td>48.5 g</td></tr><tr><td>Temperature</td><td>Charge*: 0 to +45°C Discharge: -20 to +60°C Storage: -20 to +50°C</td></tr><tr><td>Energy density⁽³⁾</td><td>Volumetric: 676 Wh/l Gravimetric: 243 Wh/kg</td></tr></table>	Rated capacity ⁽¹⁾	Min. 3200mAh	Maximal Voltage	4.2 V	Nominal voltage	3.6V	Charging	CC-CV, Std. 1625mA, 4.20V, 4.0 hrs	Weight (max.)	48.5 g	Temperature	Charge*: 0 to +45°C Discharge: -20 to +60°C Storage: -20 to +50°C	Energy density ⁽³⁾	Volumetric: 676 Wh/l Gravimetric: 243 Wh/kg	<p>Max. 18.5 mm 6.6 mm Max. 65.3 mm For Reference Only</p>
	Rated capacity ⁽¹⁾	Min. 3200mAh														
Maximal Voltage	4.2 V															
Nominal voltage	3.6V															
Charging	CC-CV, Std. 1625mA, 4.20V, 4.0 hrs															
Weight (max.)	48.5 g															
Temperature	Charge*: 0 to +45°C Discharge: -20 to +60°C Storage: -20 to +50°C															
Energy density ⁽³⁾	Volumetric: 676 Wh/l Gravimetric: 243 Wh/kg															
<p>⁽¹⁾ At 20°C ⁽²⁾ At 25°C ⁽³⁾ Energy density based on bare cell dimensions</p>																

Figure 2 : caractéristiques cellules Panasonic

On donne les caractéristiques suivantes du véhicule :

- Poids : 2 328 kg (avec batteries)
- Un seul pack batterie à base de cellules Li-Ion détaillées en Figure 2 :
 - Energie maximale théorique utilisable de 90 kWh
 - Tension maximale (pleine charge) : 403,2 V
 - Rendement de la batterie : 100% en décharge, 100% en recharge
- Rayon des roues : 35,95 cm
- Surface frontale : 2,4 m²
- Coefficient de pénétration dans l'air : 0,24
- Coefficient de roulement : 0,02

- Réducteur entre les roues et le moteur
 - Rapport de réduction avant et arrière : $K = 9,7$
 - Rendement de 100 %
- Rendement global des moteurs et de leur onduleur : $\eta_{\text{OND+MOT}} = 83 \%$
- Dans les phases de freinage, 60% de la puissance de freinage globale est assurée par les feins mécaniques avants et arrières.
- Caractéristiques des moteurs électriques (chaque moteur est contrôlé par son propre onduleur) :
 - Le moteur avant assure 1/3 de la puissance de traction (ou freinage)
 - Le moteur arrière assure 2/3 de la puissance de traction (ou freinage)
 - Moteur arrière
 - Puissance maximale : 300 kW
 - Couple maximal : 716 Nm
 - Vitesse de rotation maximale : 16 900 tr/min
 - Vitesse de base : 3 920 tr/min.
 - Moteur avant
 - Puissance maximale : 150 kW
 - Couple maximal : 358 Nm
 - Vitesse de rotation maximale : 16 900 tr/min
 - Vitesse de base : 4000 tr/min.
 -
- Densité de l'air : $1,3 \text{ kg/m}^3$
- Constante d'accélération due à la pesanteur terrestre : $9,81 \text{ m/s}^2$

On rappelle l'équation du principe fondamental de la dynamique permettant de déterminer la puissance mécanique de traction globale du véhicule :

$$P_m = v \left(M_v \frac{dv}{dt} + \frac{1}{2} \rho_{\text{air}} v^2 S C_x + M_v g \sin \alpha + M_v g C_r \cos \alpha \right)$$

La consommation électrique des équipements auxiliaires du véhicule est négligée.

Nous faisons l'hypothèse que le véhicule roule toujours sur le plat.

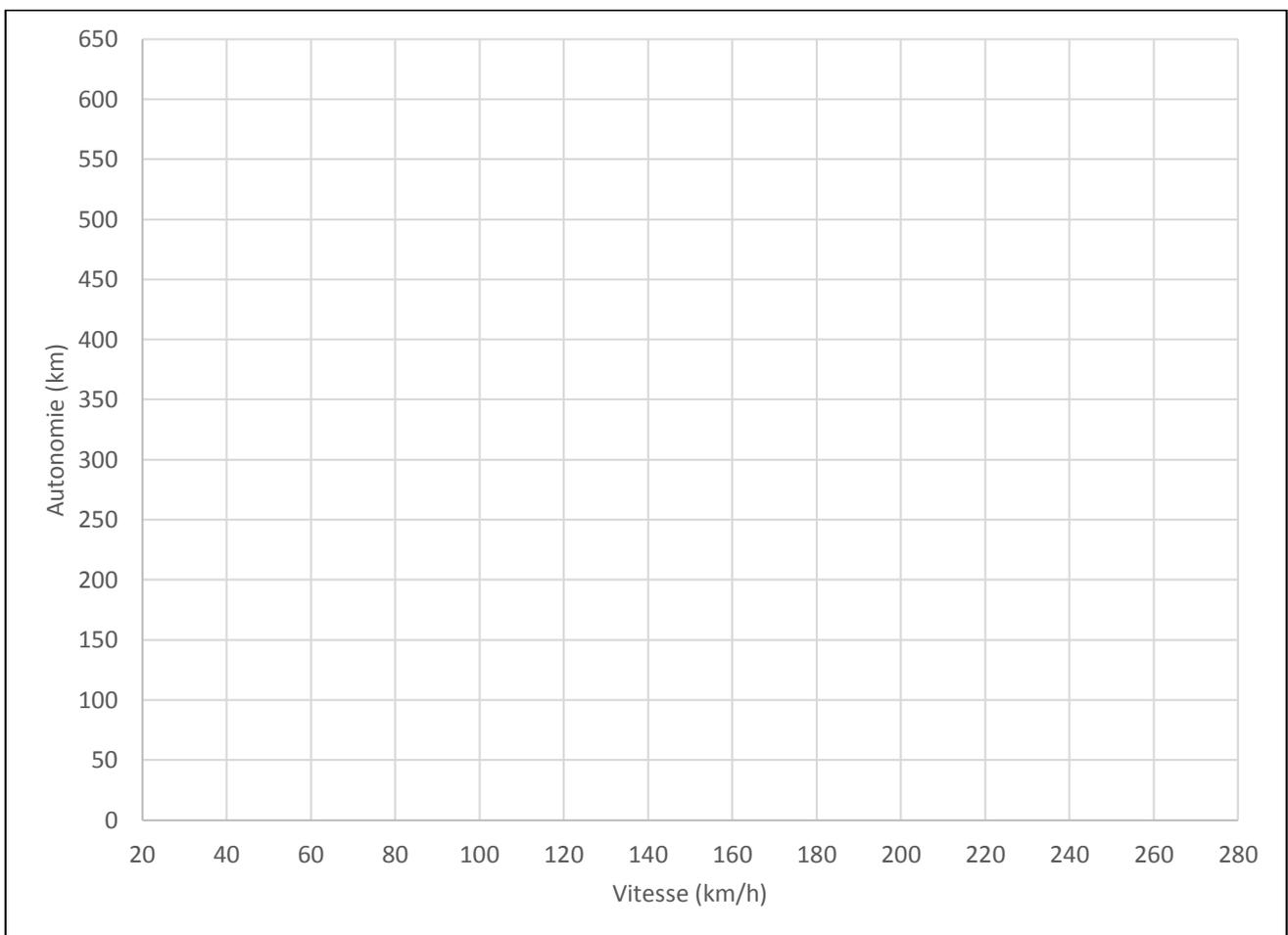
- 1.1 Réalisez le schéma de principe du véhicule en faisant apparaître les différents éléments de la chaîne de traction du véhicule et leurs connexions (transmissions, réducteurs, moteurs, onduleurs, batterie).



- 1.2 En prenant en compte les caractéristiques de vitesse des moteurs, calculez la vitesse maximale théorique du véhicule en km/h.

- 1.3 On suppose que l'on peut consommer toute l'énergie théorique de la batterie. Sur la Figure 3, tracez l'allure de la courbe donnant l'autonomie en km en fonction de la vitesse en km/h, de 20 km/h à la vitesse maximale. Pour vos calculs, il faut bien entendu considérer que le véhicule roule à vitesse constante pour chaque calcul.

Remarque : pour cette question, utilisez intelligemment votre calculatrice !



On donne un profil de vitesse suivi par le véhicule qui est divisé en 6 phases :

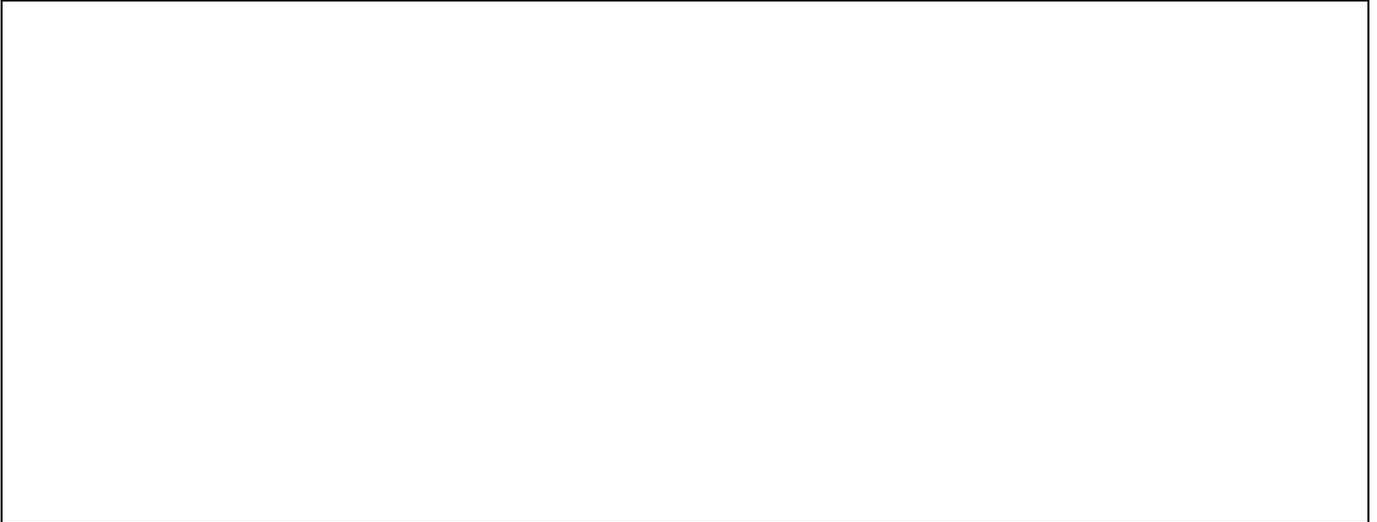
- Phase 1 : accélération constante de 0 km/h à 130 km/h en 8 s
- Phase 2 : vitesse constante à 130 km/h pendant 32 s
- Phase 3 : décélération constante de 130 km/h à 90 km/h en 5 s
- Phase 4 : vitesse constante de 90 km/h pendant 115 s
- Phase 5 : décélération constante de 90 km/h à 0 km/h en 5 s
- Phase 6 : arrêt pendant 15 s.

1.4 Complétez le tableau ci-dessous.

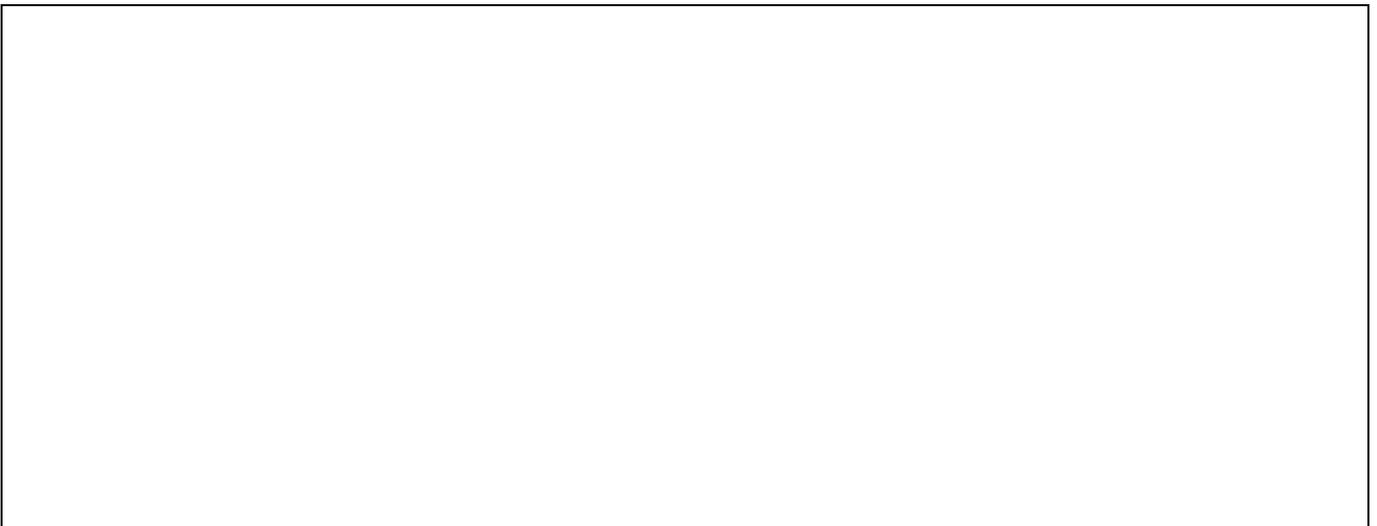
Phase	Temps (s)	Vitesse (m/s)	Puissance mécanique moteur avant (W)	Puissance mécanique moteur arrière (W)	Puissance dissipée dans les freins (W)	Puissance batterie (W)
Début phase 1						
Fin phase 1						
Début phase 2						
Fin phase 2						
Début phase 3						
Fin phase 3						
Début phase 4						
Fin phase 4						
Début phase 5						
Fin phase 5						
Début phase 6						
Fin phase 6						

1.5 Calculez le couple maximal du moteur arrière atteint sur le cycle.

1.6 Calculez l'énergie que devra fournir la batterie sur le cycle complet.



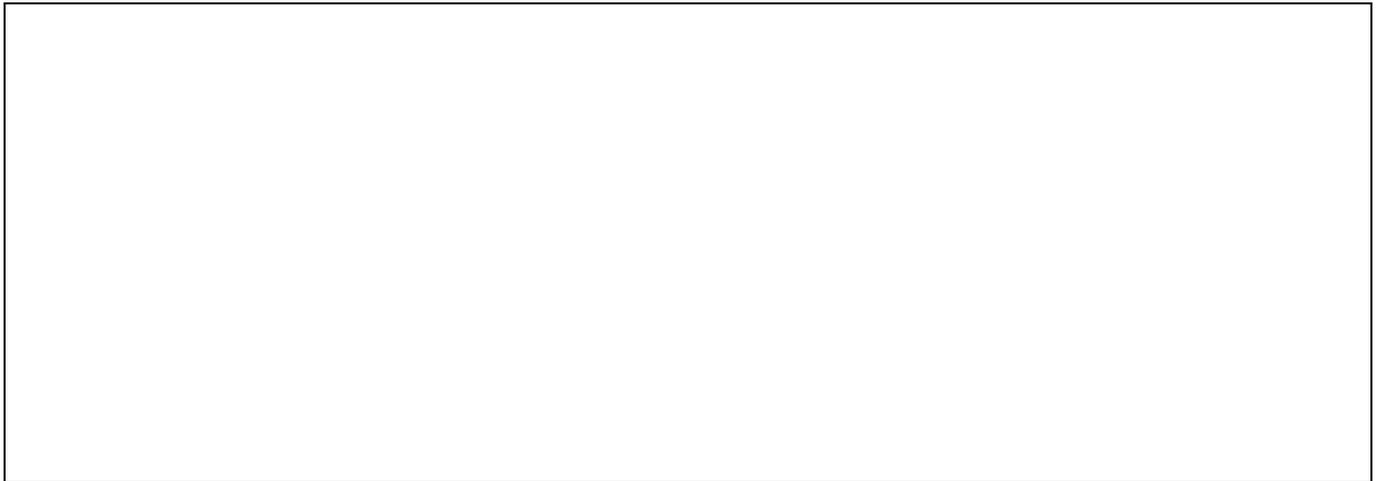
1.7 Calculez la distance parcourue sur un cycle ainsi que la vitesse moyenne sur le cycle.



1.8 On suppose que la batterie peut se décharger totalement. On suppose que le véhicule réalise toujours le même cycle. Calculez l'autonomie en km du véhicule.



1.9 On suppose que la batterie peut être déchargée totalement. La batterie est composée de cellules en série et en parallèle. En prenant en compte la tension maximale des cellules, déterminez le nombre de cellules en série et de branches parallèles.



1.10 La Figure 4 présente les caractéristiques de puissance mécanique maximale et de couple maximal des deux moteurs électriques. Complétez la figure en traçant :

- l'allure de la courbe de puissance maximale du moteur avant en fonction de la vitesse
- l'allure de la courbe de couple maximal du moteur arrière en fonction de la vitesse

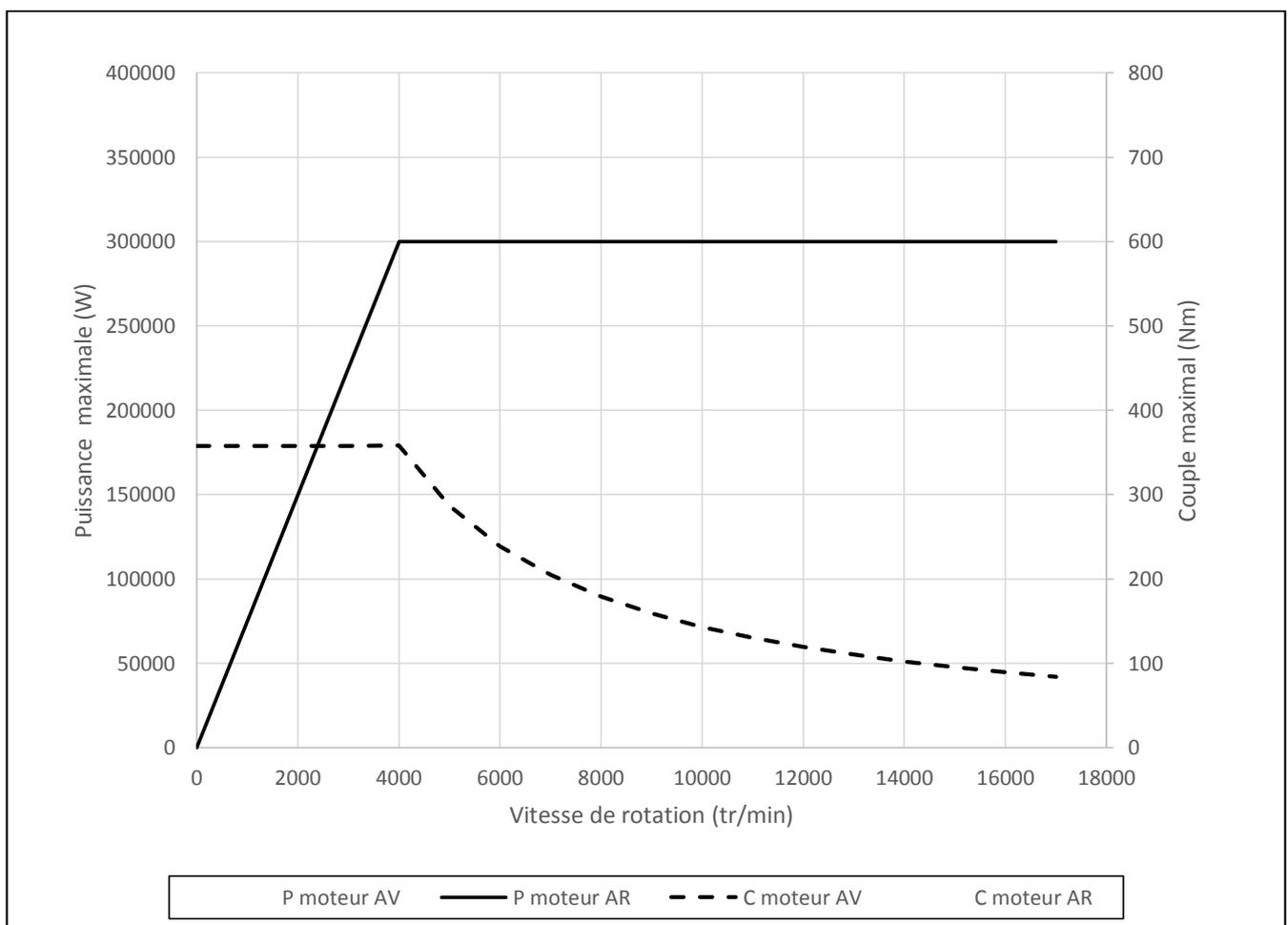


Figure 4 : caractéristiques de puissance mécanique maximales et couple maximal des deux moteurs électriques

2. Question de cours (6 points).

2.1 Questionnaire à choix multiples

Règles du jeu :

- réponse correcte - +0,25 point
- réponse fausse : - 0,25 point
- pas de réponse : 0 point

Questions	OUI	NON
Les véhicules à moteur thermiques sont les principaux contributeurs au niveau des émissions de gaz à effet de serre		
Les véhicules à moteur thermiques sont les principaux contributeurs au niveau des émissions d'oxydes d'azote		
Un moteur électrique est beaucoup moins cher à fabriquer qu'un moteur thermique à performances égales.		
L'hydrogène est le carburant qui a le PCI le plus élevé.		
Le véhicule électrique ne rejette aucun gaz à effet de serre lorsqu'il est en fonctionnement.		
Les véhicules électriques doivent obligatoirement utiliser une boîte de vitesse à plusieurs rapports		
La densité d'énergie des accumulateurs Lithium est plus importante que celle de l'essence		
Les moteurs synchrones à aimants permanents sont moins performants que les moteurs à courant continu		
Le meilleur rendement d'un moteur à combustion interne est de l'ordre de 30 à 35%		
La consommation des équipements auxiliaires d'un véhicule électrique a un impact très important sur l'autonomie		
Un onduleur permet d'assurer le contrôle de couple et de vitesse d'un moteur à courant continu		
Afin d'avoir un pilotage optimale du moteur asynchrone, il est nécessaire de connaître la position angulaire du rotor.		

2.2 Complétez le tableau suivant en donnant 2 avantages et 2 inconvénients pour chaque type de moteur électrique (non cités en 2.1).

Moteur	Avantages	Inconvénients
Courant-continu à excitation séparée	<ul style="list-style-type: none"> • • 	<ul style="list-style-type: none"> • •
Moteur asynchrone	<ul style="list-style-type: none"> • • 	<ul style="list-style-type: none"> • •
Moteur synchrone à aimants permanents	<ul style="list-style-type: none"> • • 	<ul style="list-style-type: none"> • •