SM 58 – EXAMEN PARTIEL P19

NOM : PRÉNOM :

Aucun document autorisé – Calculatrice autorisée - Dictionnaires numériques interdits

1. Moteur thermique (4 points)

Le moteur thermique étudié est alimenté par de l'essence sans plomb avec les caractéristiques suivantes. PCI : 42,7 MJ/kg et densité : 745 kg/m^3. On donne la carte d'isoconsommation du moteur en Figure 1.

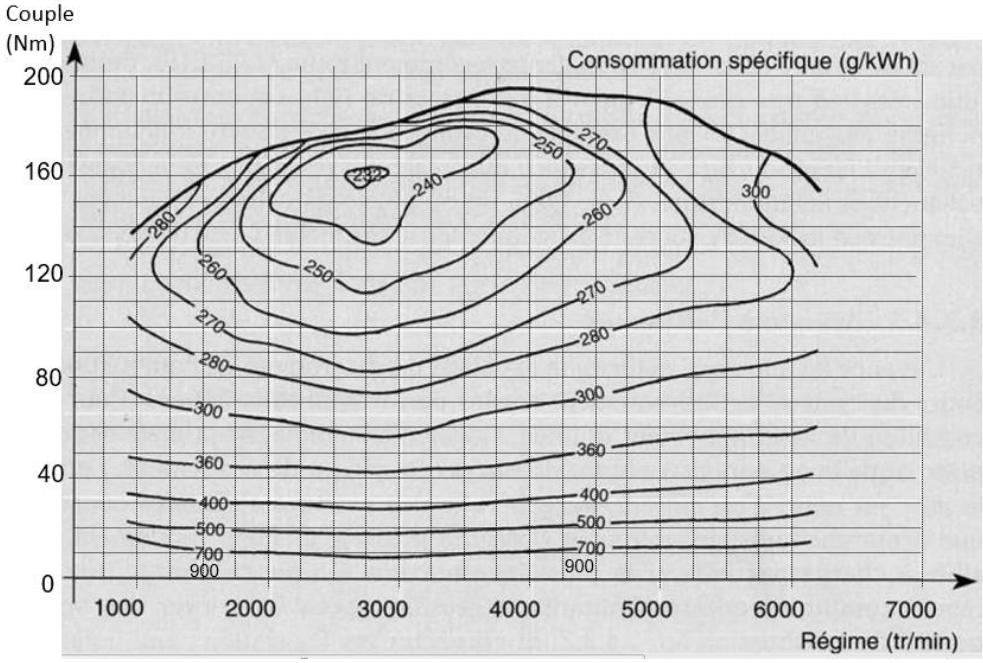

Figure 1: carte isoconsommation moteur à essence

1.1 Tracez en Figure 2 la courbe de puissance maximale du moteur (W) en fonction de la vitesse de rotation du moteur (tour/min).

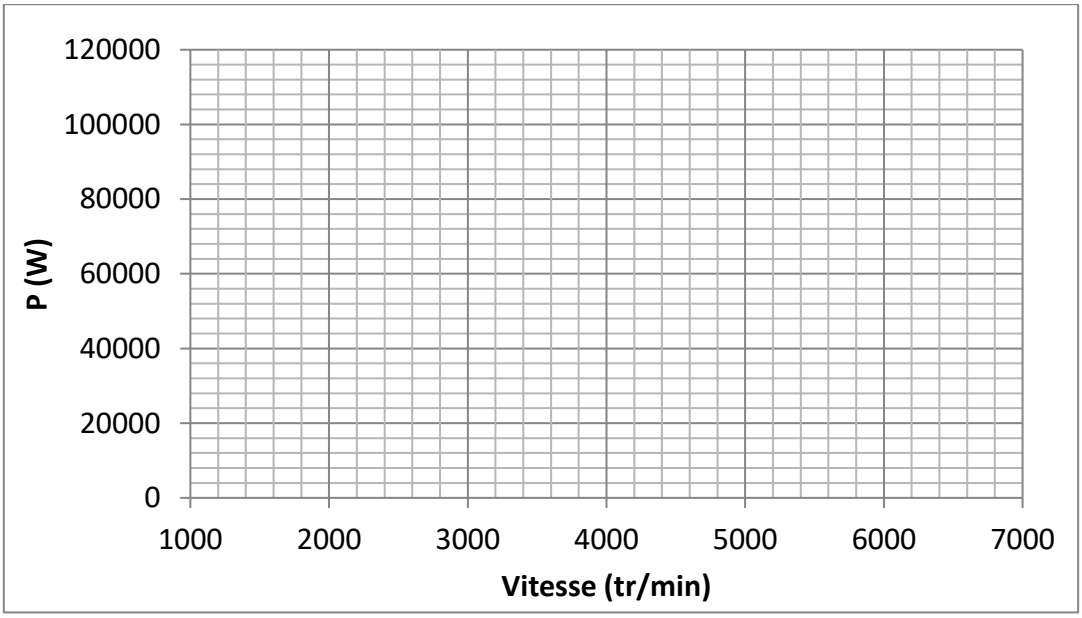

Figure 2 : courbe de puissance maximale du moteur thermique

1.2 Quel est le point de consommation optimal donné par la carte (couple, vitesse, puissance) ? Calculez le rendement du moteur à ce point de fonctionnement.

2. Etude du véhicule électrique Tesla P90D (11 points)

Remarque : plusieurs parties de ce problème sont indépendantes.

L'étude porte sur le véhicule électrique Tesla P90D. Comme le montre la Figure 3, 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.

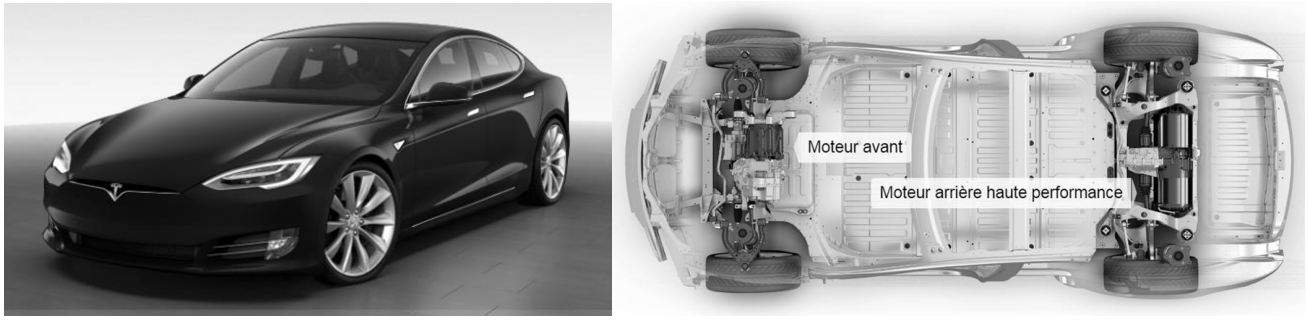

Figure 3 : Tesla P90D

Features & Benefits

- High energy density
- Long stable power and long run time
- Ideal for notebook PCs, boosters, portable devices, etc.

* At temperatures below 10°C, charge at a 0.25C rate.

Specifications

Rated capacity(1)	3176mAh
Maximal Voltage	4.2V
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

(1) At 20°C (2) At 25°C (3) Energy density based on bare cell dimensions

Dimensions

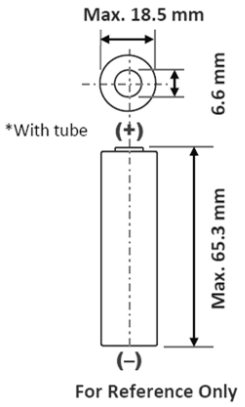

Figure 4 : caractéristiques cellules Panasonic

On donne les caractéristiques suivantes du véhicule :

- Masse : 2 328 kg (avec batteries)
- Un seul pack batterie à base de cellules Li-Ion détaillées en Figure 4 :
  - 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 : $\eta_{OND+MOT}$ = 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) :
    - Moteur arrière
        - Assure 2/3 de la puissance de traction (ou freinage)
        - 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
        - Assure 1/3 de la puissance de traction (ou freinage)
        - 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 kg/m³
- Constante d'accélération due à la pesanteur terrestre : 9,81 m/s²

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

$$P_{\mathrm{m}} = v\left(M_{\mathrm{v}}\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{2}\rho_{\mathrm{air}}\,v^2\,S\,C_{\mathrm{x}} + M_{\mathrm{v}}\,g\,\sin\alpha + M_{\mathrm{v}}\,g\,C_{\mathrm{r}}\,\cos\alpha\right)$$

La consommation électrique des équipements auxiliaires du véhicule est négligée.

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

2.1 Réalisez <u>proprement</u> le schéma de principe du véhicule en faisant apparaitre les différents éléments de la chaine de traction du véhicule et leurs connexions (transmissions, réducteurs, moteurs, onduleurs, batterie).

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

2.3 On suppose que l'on peut consommer toute l'énergie théorique de la batterie. Sur la Figure 5, tracez l'allure de la courbe donnant l'autonomie en km en fonction de la vitesse en km/h, de 20 km/k à la vitesse maximale. Pour vos calculs, il faut bien entendu considérer que le véhicule roule à vitesse constante pour chaque calcul.

Remarque : calculez seulement quelques points pour avoir l'allure générale de la courbe.

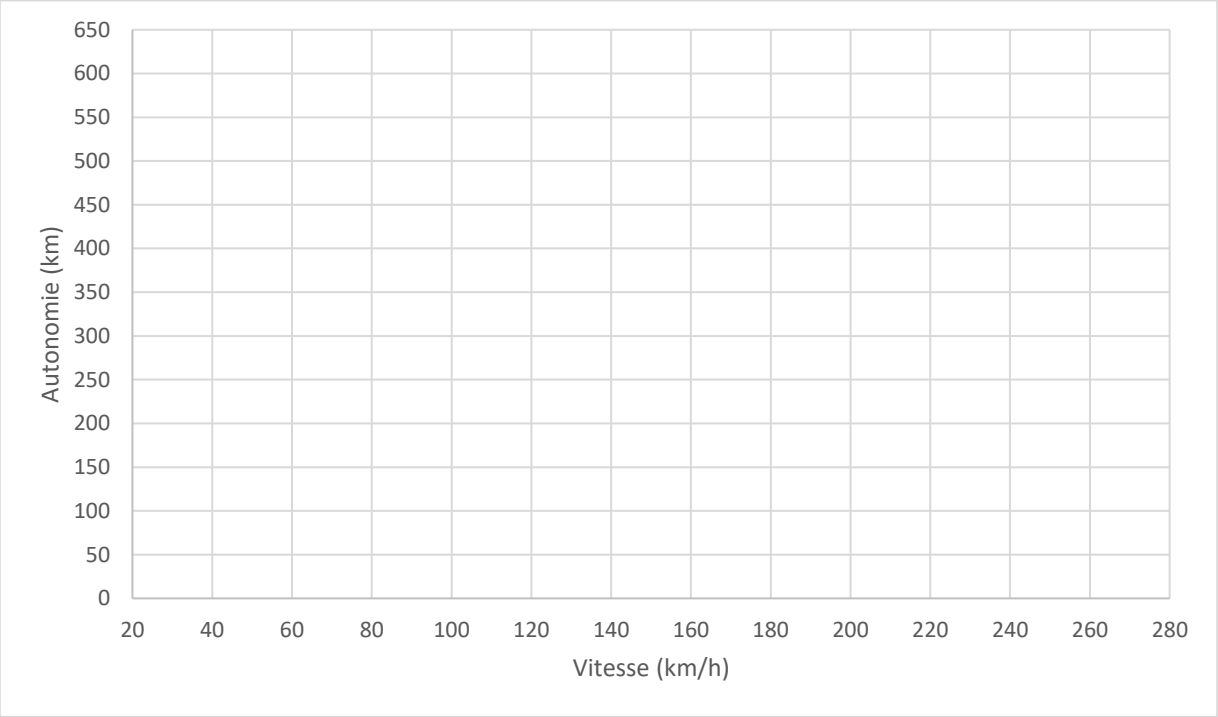

Figure 5 : autonomie = f(vitesse)

On donne un profil de vitesse suivi par le véhicule qui est divisé en 4 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 142 s
- Phase 3 : décélération constante de 130 km/h à 0 km/h en 10 s
- Phase 4 : arrêt pendant 10 s.

2.4 Complétez le tableau ci-dessous (la phase 4 est volontairement omise).

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	0					
Fin phase 1	8					
Début phase 2	8					
Fin phase 2						
Début phase 3						
Fin phase 3						

2.5 Calculez l'énergie que devra fournir la batterie sur le cycle complet. On suppose que la puissance à la roue varie linéairement dans les phases d'accélération et de freinage.

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

2.7 On fait l'hypothèse que la batterie peut se décharger totalement.

2.7.1. On suppose que le véhicule réalise toujours le même cycle. Calculez l'autonomie en km du véhicule.

2.7.2. 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 le nombre de branches parallèles. Remarque : attention au calcul de l'énergie d'une cellule qui se fait en considérant la tension nominale de la cellule.

2.8 La Figure 6 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 arrière en fonction de la vitesse
- l'allure de la courbe de couple maximal du moteur avant en fonction de la vitesse

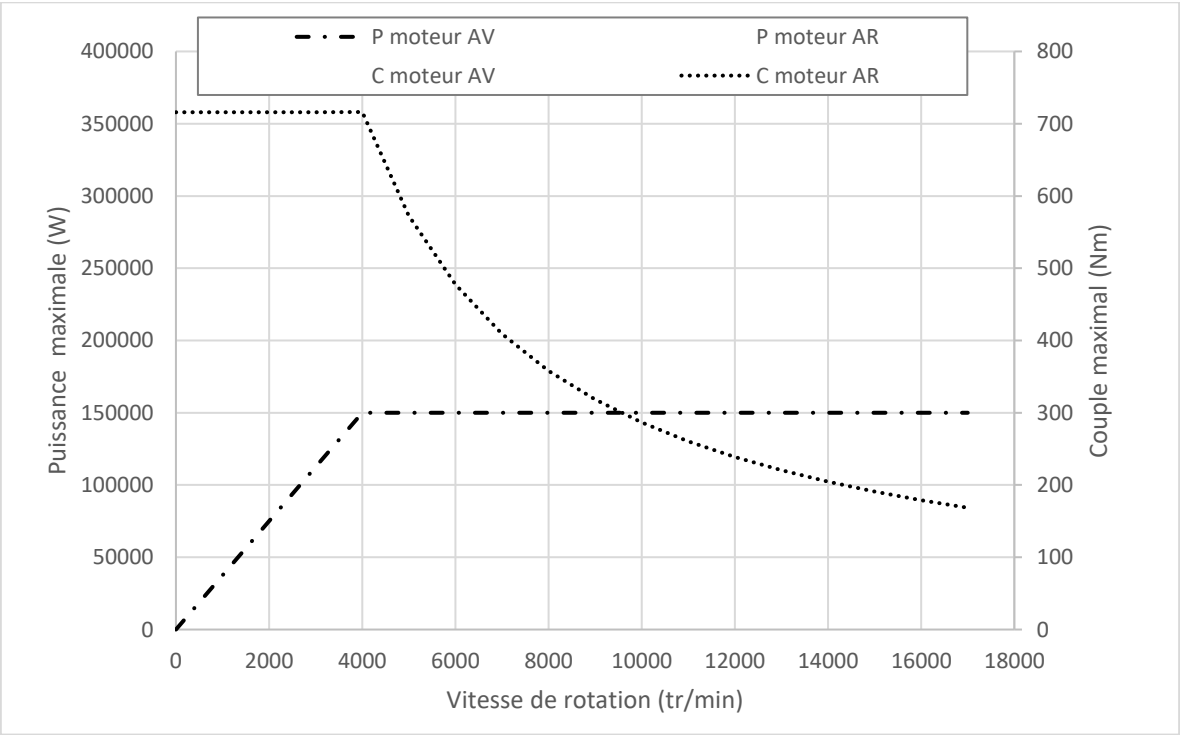

Figure 6 : caractéristiques de puissance mécanique maximales et couple maximal des deux moteurs électriques

3. Question de cours (5 points).

Règles du jeu pour les deux parties :

- Réponse correcte : + 0,25 point
- Réponse fausse : - 0,125 point
- Pas de réponse : 0 point

3.1 Pour le moteur thermique à allumage commandé présenté en Figure 7, nommez les éléments numérotés du tableau ci-dessous.

N° élément	Nom de l'élément
2	
3	
4	
8	
11	
12	
13	
15	
16	
18	

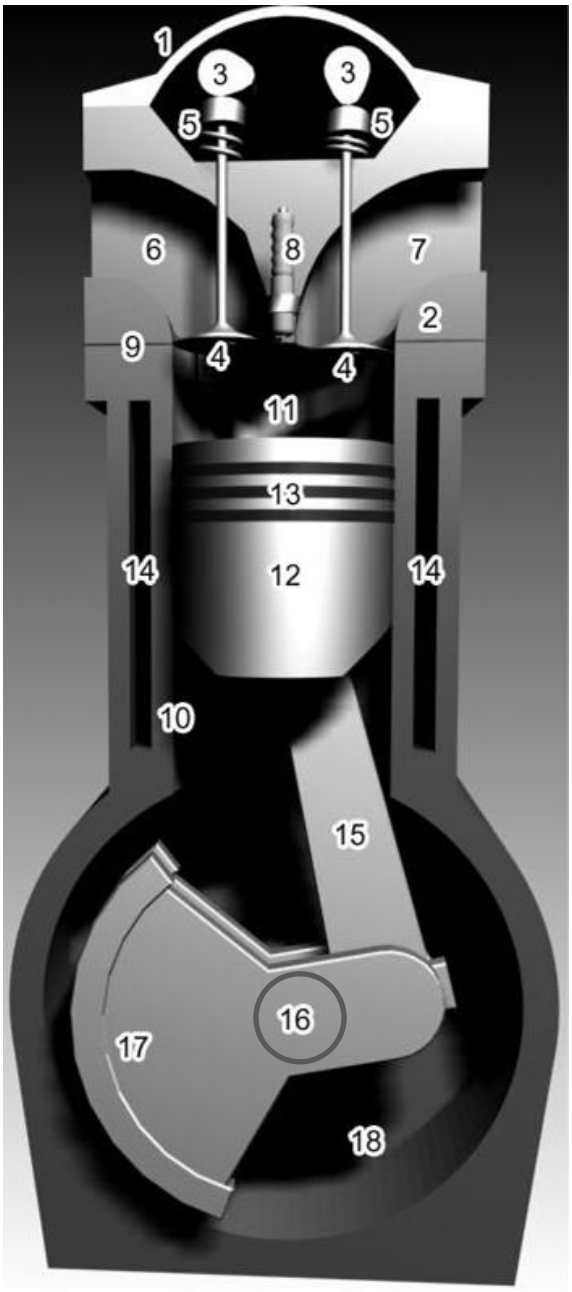

Figure 7 : moteur thermique 4 temps

Tournez la page !

3.2 Complétez le tableau suivant en cochant soit la case OUI ou la case NON en fonction de l'affirmation proposée.

N°	Affirmation	OUI	NON
1	Un moteur Diesel est un moteur à allumage commandé.		
2	La cylindrée d'un moteur est égale au volume balayé par le piston entre PMB et PMH, et multipliée par le nombre de cylindres.		
3	Les efforts de résistance aérodynamique d'un véhicule varient proportionnellement au carré de la vitesse.		
4	La cylindrée du moteur est proportionnelle à la course.		
5	D'après le deuxième principe de la thermodynamique, un moteur thermique est capable de transformer intégralement l'énergie provenant de la source chaude en travail mécanique.		
6	Les meilleurs moteurs thermiques actuels présentent un rendement réel de l'ordre de 60%.		
7	Le transport routier est le principal contributeur aux émissions de gaz à effet de serre au niveau mondial.		
8	Le transport routier est le principal contributeur aux émissions de NO_X en France.		
9	On peut se passer de boite de vitesse et d'embrayage sur un véhicule électrique.		
10	La densité de puissance des moteurs électriques synchrones à aimants permanents est supérieure à celle des moteurs thermiques à combustion interne.		