

SM 58 – EXAMEN FINAL P15

NOM :

PRENOM :

Document de cours autorisé – Calculatrice autorisée - Dictionnaires numériques interdits

1. Problème - Porsche 918 Spyder (15 points)

Dans cet exercice vous analyserez le système hybride de la Porsche 918 Spyder. Certaines hypothèses simplificatrices ont dû être prises et se traduisent par de minimes modifications dans les grandeurs. L'étude reste néanmoins fidèle au principe de fonctionnement original.



Figure 1 : Porsche 918 Spyder

Description de l'architecture du véhicule

Le train arrière de la Porsche 918 Spyder est entraîné par un moteur thermique V8 de 4.6 litres de cylindrée avec une vitesse de rotation maximale de 9150 tr/min et un couple maximal de 540 Nm à 6700 tr/min. Entre la boîte de vitesse et l'embrayage du moteur thermique est connecté un moteur électrique ayant une puissance maximale de 116 kW. Le train avant est connecté à un second moteur électrique via un pont (réducteur + différentiel) avec une puissance maximale de 96 kW. La batterie utilisée, alimentant les deux moteurs électriques, a une capacité de 6.7 kWh.

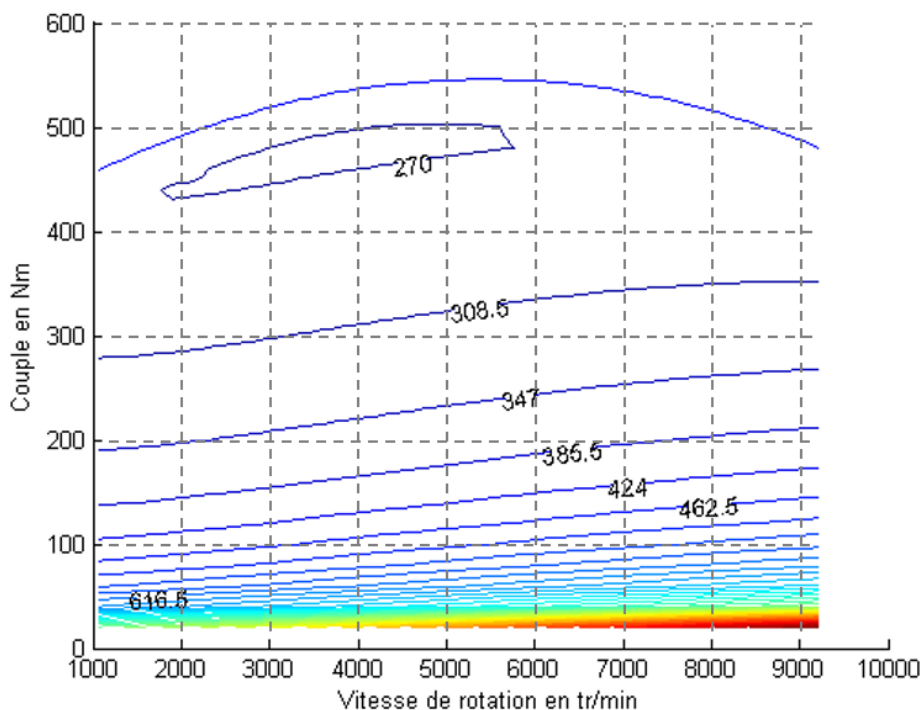


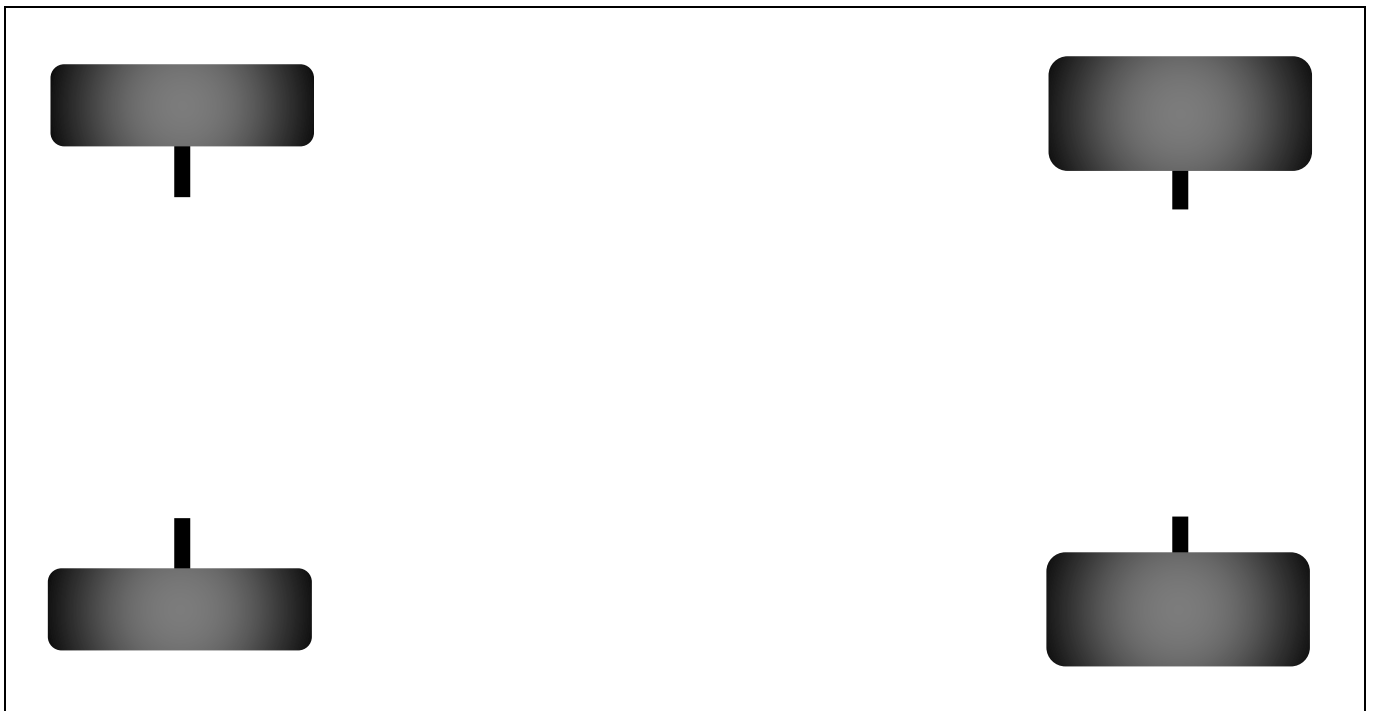
Figure 2 : carte CSE (approximative) exprimée en g/kWh du moteur thermique de la Porsche 918 Spyder.

Les données du véhicule sont les suivantes :

- Dimensions des roues :
 - avant 245/35 ZR 20 ¹
 - arrière 325/30 ZR 21
- Transmission mécanique aux roues arrière :
 - Pont (réducteur + différentiel entre la boîte de vitesse et les roues arrière) : rapport de réduction : 3.09
 - Boîte de vitesse à 7 rapports (placée entre le moteur électrique et le pont)
 - 1^{ère} vitesse : rapport de réduction 3.91
 - 2^{ème} : rapport de réduction 2.29
 - 3^{ème} : rapport de réduction 1.58
 - 4^{ème} : rapport de réduction 1.19
 - 5^{ème} : rapport de réduction 0.97
 - 6^{ème} : rapport de réduction 0.83
 - 7^{ème} : rapport de réduction 0.67
- Poids du véhicule : 1900 kg
- Densité de l'air : 1.2 kg/m³
- Surface frontale : 2.26 m²
- Coefficient de pénétration dans l'air : 0.35
- Coefficient de roulement : 0.01
- Carburant : SP95
 - PCI : 12.272 Wh/g
 - Densité : 0.72 kg/litre
- Le rendement des réducteurs mécaniques vaut 100%.

Questions

1.1 Donner le schéma de principe détaillé du système hybride de la Porsche 918 en précisant le nom de tous les éléments de la chaîne de traction complète.



¹ Les pneumatiques sont caractérisés par la notation suivante : A/B ZR C avec A la largeur de la bande de roulement en mm, B la hauteur du flanc du pneumatique (exprimée en mm et valant B % de la largeur de la bande de roulement), ZR est l'indice de vitesse maximale, C et le diamètre de la jante en pouces (1 pouce = 2,54 cm).

1.2 Quel est l'avantage de l'architecture de la Porsche 918 Spyder par rapport à sa capacité de récupération d'énergie au freinage ?

1.3 A partir de la Figure 2, représenter sur la Figure 3 l'évolution de la puissance maximale du moteur thermique en kW sur une plage de régimes de 1000 à 9000 tr/min.

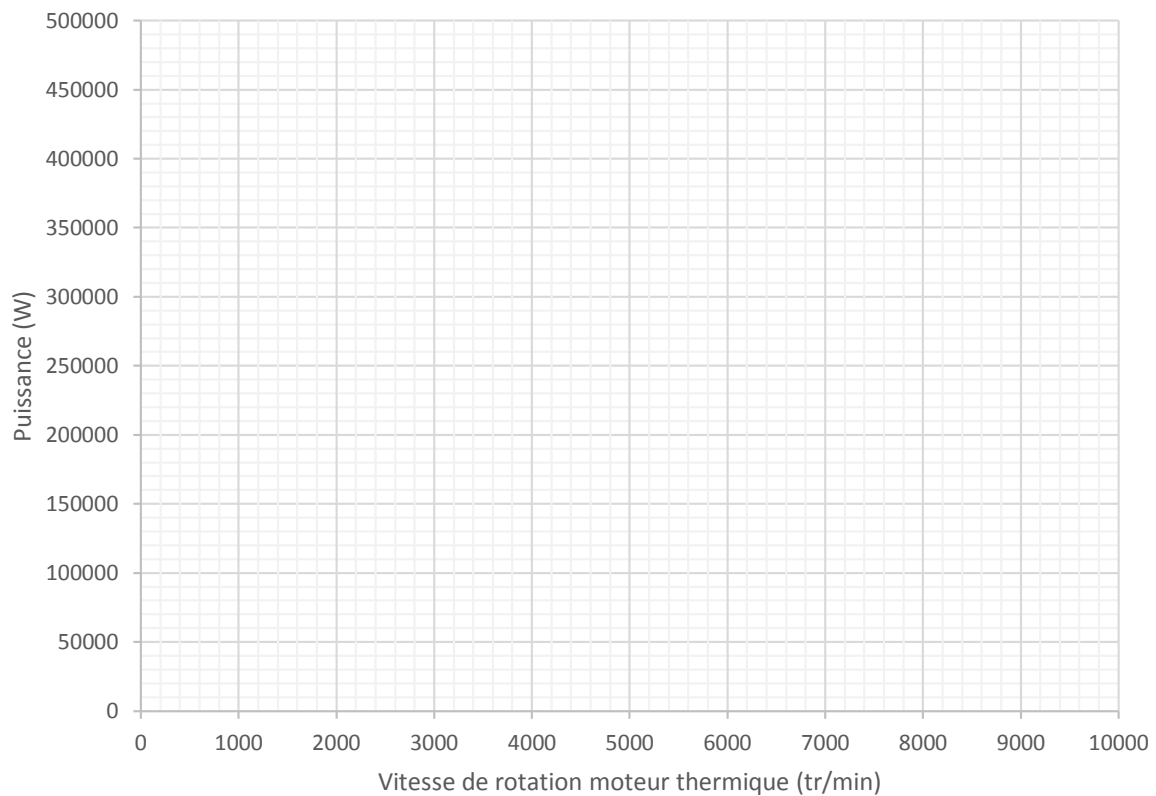
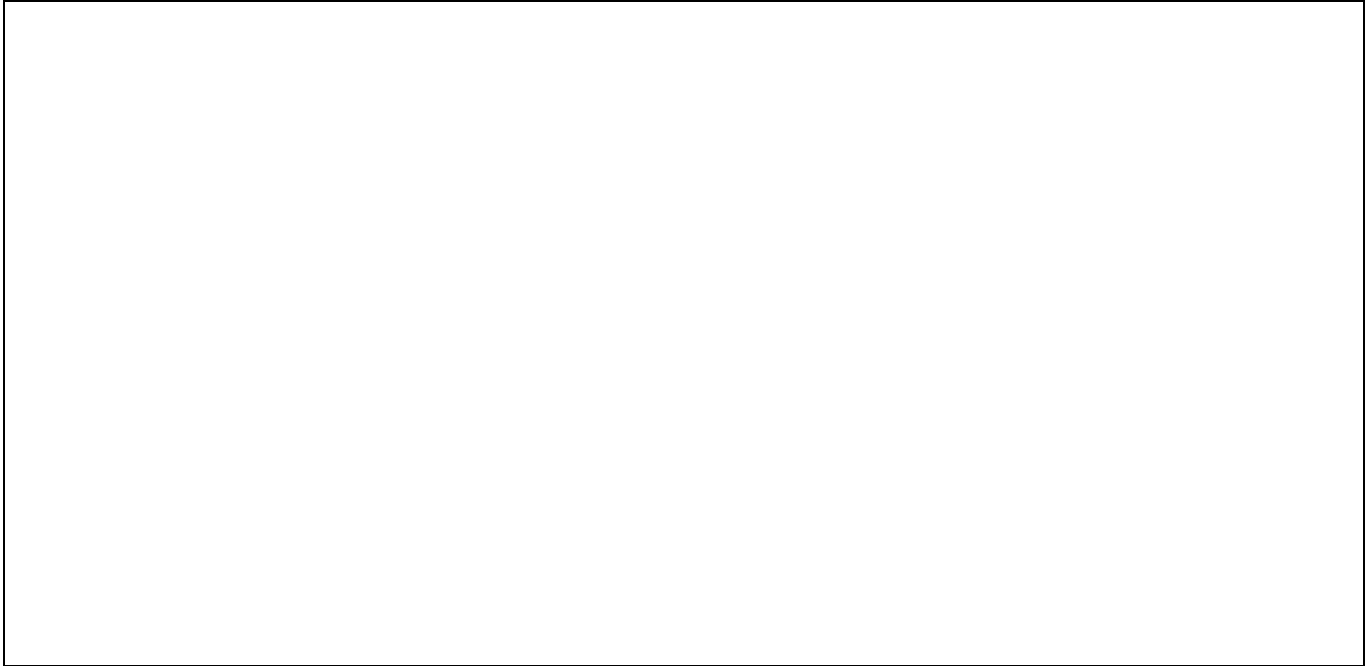


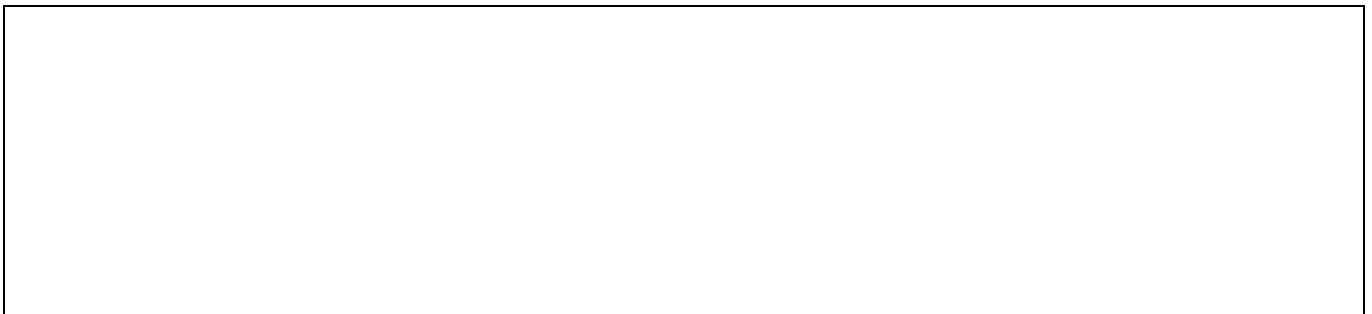
Figure 3 : courbe puissance maximale moteur thermique et puissance à la roue (W)

1.4 Calculer la vitesse maximale théorique de la voiture en 7^{ème} vitesse en prenant en compte uniquement la vitesse maximale du moteur thermique et les rapports de réduction.

- 1.5 Toujours en 7^{ème} vitesse (sans assistance électrique), reportez sur la Figure 3 l'évolution de la puissance à la roue (en vitesse stabilisée) en fonction de la vitesse de rotation du moteur thermique. A partir d'une lecture graphique et d'un calcul, déterminer alors la vitesse maximale réelle de la voiture. Que pourrait-on faire alors pour augmenter cette vitesse maximale réelle pendant un temps limité ?



- 1.6 Calculer la puissance et le rendement du moteur thermique pour $N = 3788$ tr/min, $C = 480$ Nm et une consommation spécifique (CSE) de 265.4 g/kWh. Conclure sur le rendement.



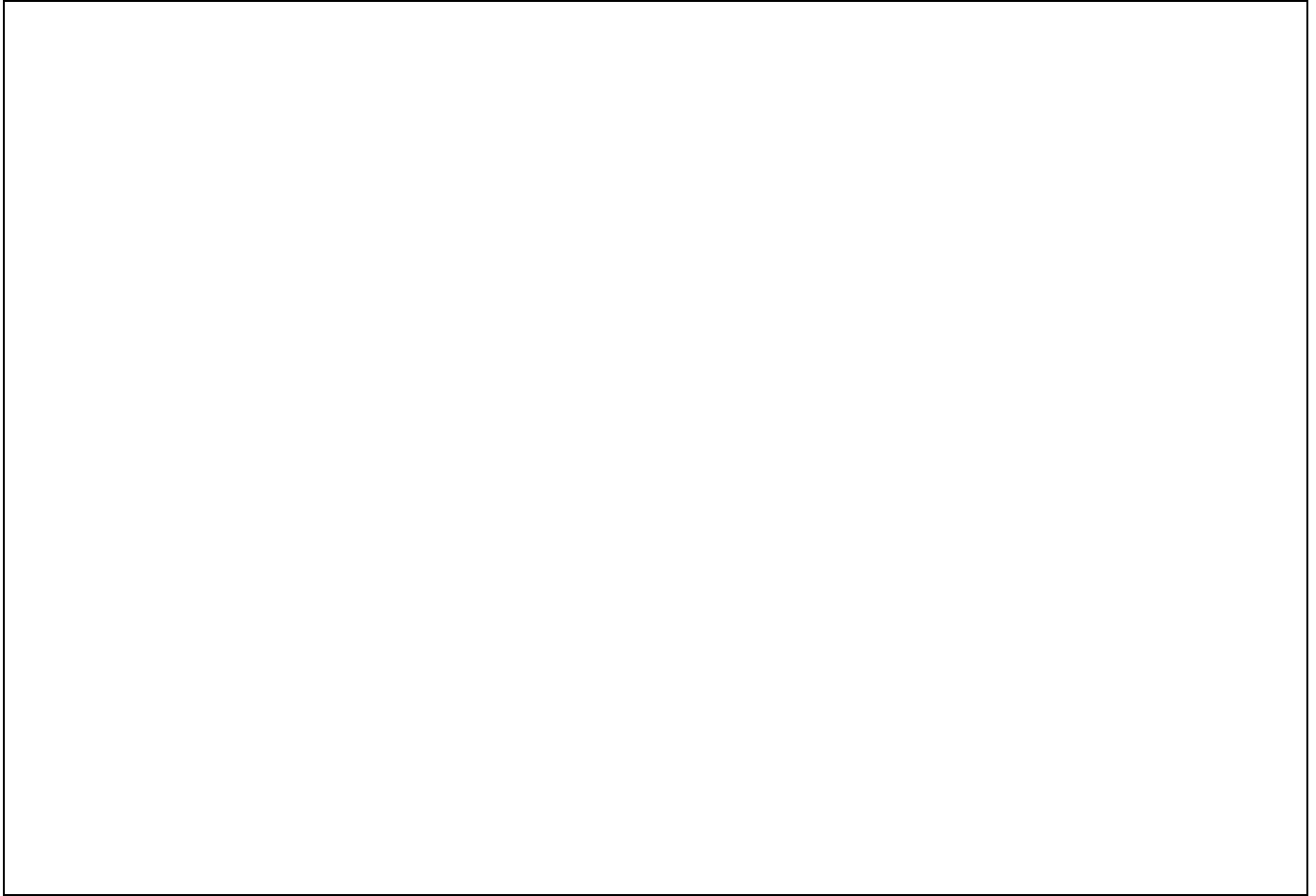
La motorisation hybride du véhicule permet une optimisation du fonctionnement du moteur à combustion interne. L'étude suivante va mettre en évidence le procédé utilisé. On considère tout d'abord que la voiture est propulsée uniquement au moyen du moteur thermique.

1^{er} cas : La voiture se déplace à 130 km/h (sur le plat, sans accélération)


- 1.7 Déterminer la puissance nécessaire pour faire avancer la voiture.



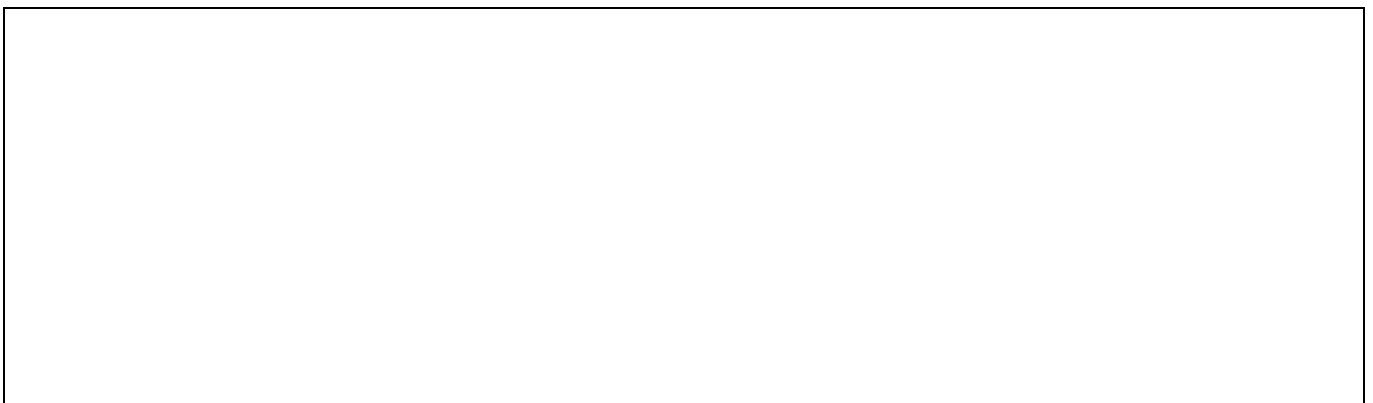
1.8 Calculer les points de fonctionnement du moteur thermique pour les rapports de vitesse 4, 5, 6 et 7. Reporter les points sur la Figure 2.



1.9 Quel point de fonctionnement est le mieux adapté (vitesse et couple) ? Relever la CSE de ce point de fonctionnement.



1.10 Calculer la consommation en litre/100 km pour ce point de fonctionnement. (Si vous n'avez pas obtenu de résultat dans les questions précédentes vous pouvez faire la suite des calculs avec un CSE de 385.5 g/kWh.)



2^{ème} cas : La voiture se déplace à 50 km/h (sur le plat, sans accélération)

1.11 Calculer la puissance qui doit être fournie pour la propulsion de la voiture.

1.12 Calculer la consommation en litre/100 km si l'énergie est uniquement fournie par le moteur thermique qui tourne à 2000 tr/min. La CSE à ce point de fonctionnement est de 1166.4 g/kWh.

1.13 Calculer la consommation en litre/100 km si l'énergie est uniquement fournie par le moteur thermique qui fonctionne avec une consommation de 265.4 g/kWh. Comment on pourrait atteindre cette consommation ?

1.14 Maintenant nous allons utiliser le moteur thermique à son meilleur point de fonctionnement ($N = 3788$ tr/min, $C = 480$ Nm, $CSE = 265.4$ g/kWh). Seul 3.96 kW sont utilisés pour la propulsion de la voiture (à 50 km/h). Le surplus de puissance est transformé en électricité et stocké dans la batterie, la conversion avec stockage se fait avec un rendement de 80 %.

1.14.1. Combien de temps le moteur thermique doit fonctionner pour fournir l'énergie nécessaire pour recharger complètement la batterie ?

1.14.2. Calculer la masse de carburant consommée pendant cette période. (Si vous n'avez pas obtenu une réponse à la question précédente vous pouvez continuer le calcul avec un temps de recharge de 2 min et 41 secondes).

1.14.3. Calculer la distance parcourue par la voiture lors du fonctionnement du moteur.

1.15 Quand la batterie est pleinement chargée le moteur thermique est arrêté. L'énergie stockée dans la batterie est utilisée pour la propulsion au moyen de la motorisation électrique avec un rendement global de 90%.

1.15.1. Combien d'énergie est disponible pour la propulsion ?

1.15.2. Combien de temps faut-il pour vider la batterie (toujours à 50 km/h) ? Quelle distance est parcourue pendant ce temps ?

1.15.3. Représentez sur un graphique l'évolution de l'état de charge de la batterie pour deux cycles de charge-décharge complet en fonction du temps.



1.15.4. Déduire la consommation moyenne sur 100 km en utilisant cette stratégie.



1.15.5. Comment s'appelle cette stratégie de gestion d'énergie. Est-ce qu'elle vous semble adaptée ?



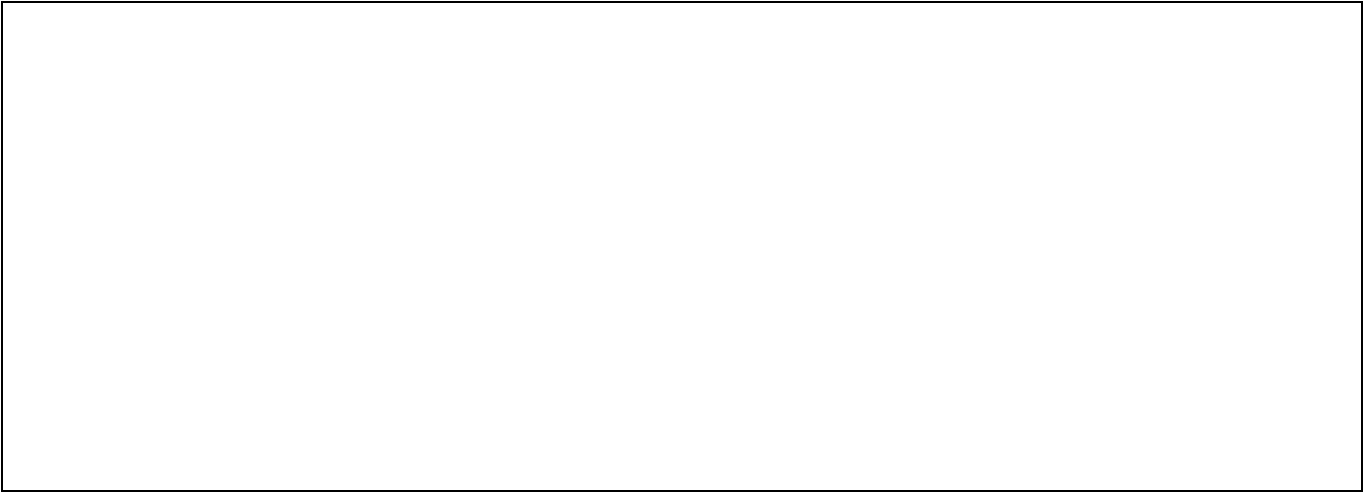
2. Questions de cours - 5 points

2.1 Quels sont selon vous les avantages et inconvénients d'un moteur électrique par rapport à un moteur thermique de même performance (sans prendre en considération la source d'énergie d'alimentation) ?

2.2 Pourquoi la très grande majorité des véhicules hybrides non rechargeables commercialisés aujourd'hui fonctionnent avec des batteries Ni-Mh ? Discutez ce choix.

2.3 Quelle est l'originalité (d'un point de vue architecture) du 3008 hybride commercialisé par Peugeot ?

2.1 Quels sont les avantages et inconvénients d'un véhicule à pile à combustible.



2.2 Si on prend en considération le rendement du « puits à la roue » d'un véhicule électrique, comment se placerait la solution « électricité produite à partir du charbon » par rapport à une production d'énergie électrique par le nucléaires et le gaz naturel en termes de rendement et de rejets de CO₂ ? Détaillez votre raisonnement.

