Énoncé

Étude d'un véhicule électrique (10 points)

Les voitures électriques deviennent de nouveaux acteurs du transport, en représentant une alternative à l'utilisation des énergies fossiles. Elles présentent l'avantage de ne pas émettre de dioxyde de carbone lors de leur utilisation. L'achat de ces véhicules ne cesse d'augmenter ces dernières années.
L'objectif de cet exercice est d'étudier la charge de la batterie d'un véhicule électrique à partir d'une borne de recharge, et sa décharge lors de la circulation du véhicule sur une autoroute.

1. Étude de la charge d'un véhicule électrique avec une borne de recharge

Le propriétaire d'une voiture électrique veut charger la batterie de son véhicule alors que la jauge d'autonomie de la batterie indique 20 %. Pour cela, il utilise une borne de recharge qui fournit une puissance constante de 7,40 kW en délivrant un courant électrique d'intensité constante de 32,0 A.

Les batteries lithium-ion

Les batteries utilisées couramment dans les véhicules électriques, mais également dans d'autres applications comme les téléphones portables, sont de type lithium-ion. Elles présentent l'avantage d'avoir une très grande énergie massique, comprise entre 90 et 180 $Wh \cdot kg^{-1}$. De plus, ces batteries, même partiellement déchargées, délivrent toujours la même puissance, ce qui permet une utilisation dans les mêmes conditions, quel que soit le niveau de charge.

Quelques caractéristiques du véhicule électrique étudié

BATTERIE	
Énergie utilisable (kWh)	41
Technologie	lithium-ion
Tension totale (en V)	400
Nombre de cellules	192
Masse de la batterie (en kg)	305
MASSE DU VÉHICULE À VIDE (en kg)	1480

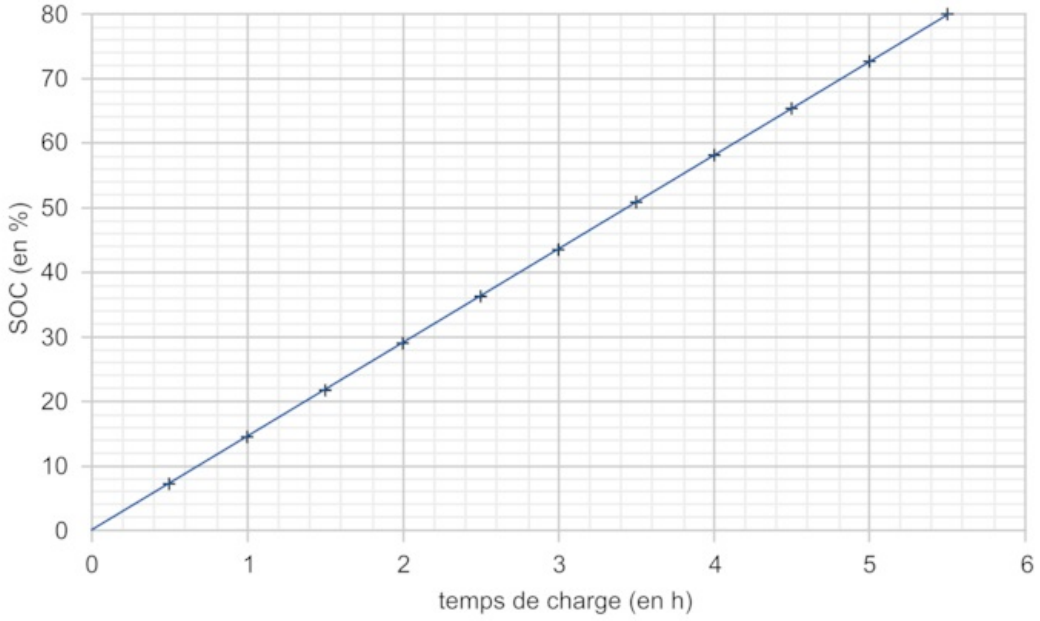
Source : d'après brochure du site https://www.renault.fr/vehicules/vehicules-electriques/zoe.html

État de charge de la batterie d'un véhicule électrique

Le SOC (*State Of Charge*) représente l'état de charge d'une batterie et varie de 0 % (batterie "vide") à 100 % (batterie entièrement chargée). Le SOC est directement lié à l'énergie emmagasinée par la batterie. L'énergie maximale qui peut être emmagasinée représente son énergie utilisable.

$$\text{SOC} = \frac{\textit{energie emmagasinee par la batterie}}{\textit{energie maximale que peut emmagasiner la batterie}} \times 100.$$

Évolution du SOC (entre 0 et 80 %) en fonction du temps de charge pour la borne de recharge utilisée



Donnée :
1,0 Wh = 3,6 × 10^3 J.

1.1. Calculer l'énergie massique maximale de la batterie de la voiture à partir des caractéristiques du véhicule électrique. Commenter.

L'énergie massique est l'énergie par unité de masse de batterie.

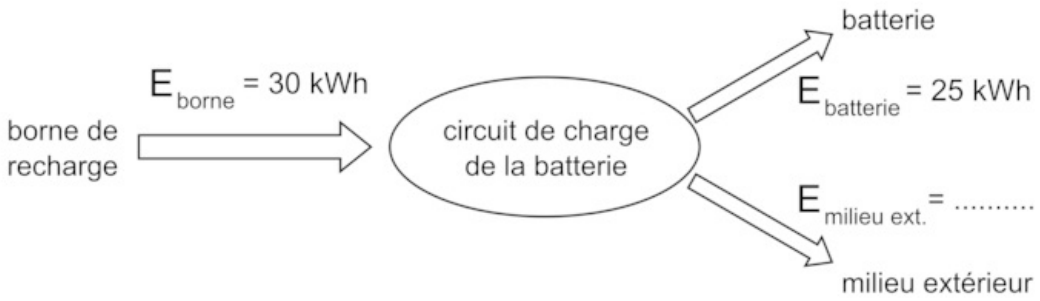
1.2. Montrer que l'énergie emmagasinée par la batterie lors de sa charge pour passer d'un SOC de 20 % à 80 % vaut environ 25 kWh.

Il faut isoler l'énergie emmagasinée dans la relation donnant le calcul du SOC. Le SOC passe ici de 20 % à 80 %.

1.3. Définir le rendement de la charge, puis le calculer. Commenter cette valeur.

Le rendement correspond au rapport entre l'énergie utilisable et l'énergie qui a été fournie. L'énergie qui a été fournie est à calculer avec les données de l'énoncé.

On peut schématiser la conversion d'énergie du circuit de charge de la batterie lorsque le véhicule passe d'un SOC de 20 % à un SOC de 80 % de la manière suivante :



1.4.1. Donner la valeur manquante du schéma ci-dessus (sans le recopier sur la copie) en expliquant votre démarche.

L'énergie donnée par la borne sert à charger la batterie, mais il y a également des pertes qui vont vers le milieu extérieur.

L'énergie libérée vers le milieu extérieur est due à la présence d'une résistance R_{charge} dans le circuit de charge.

1.4.2. En déduire la valeur de la résistance R_{charge}. Commenter.

L'énergie libérée vers le milieu extérieur est une énergie dissipée par effet Joule, à cause de la présence de la résistance.

2. Décharge de la batterie du véhicule électrique lors de son utilisation

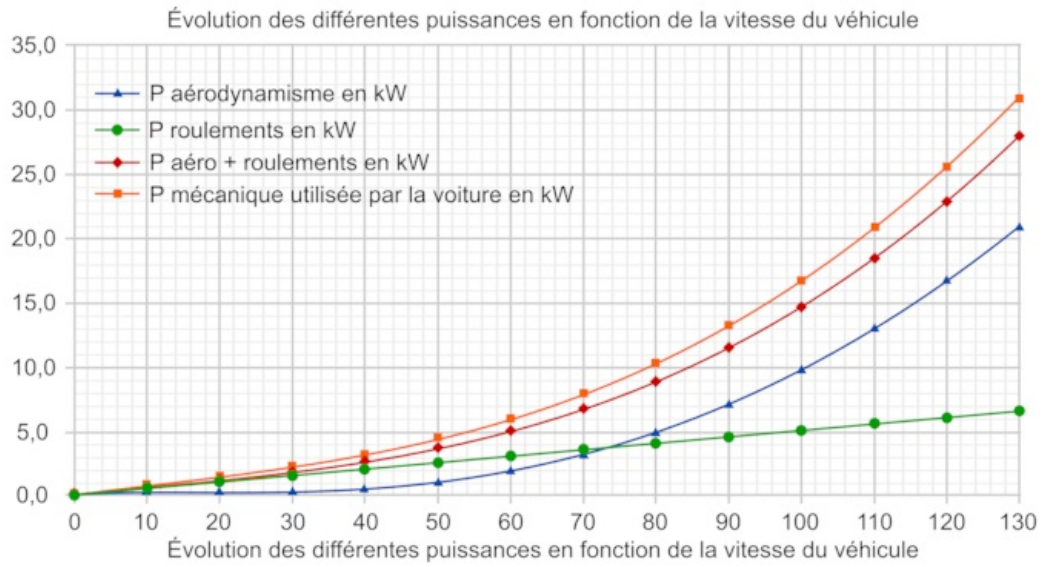
Le propriétaire du véhicule électrique, dont la batterie est suffisamment chargée, emprunte une autoroute horizontale et roule à la vitesse constante de 100 km·h^{-1} pendant une durée de 5,0 min.

On suppose que les accessoires de la voiture (climatisation, autoradio, électronique, navigateur, etc.) consomment une puissance constante de 400 W.

Existence de frottements lorsque le véhicule roule

Lorsqu'une voiture roule à une vitesse donnée, il existe deux causes principales de dissipation de l'énergie mécanique fournie par le moteur : les frottements mécaniques en lien avec les différents mouvements associés au roulement de la voiture (parties mobiles liées à la transmission, roues, pneus, etc.) et les frottements fluides (ou aérodynamiques) liés au déplacement de l'air autour de la voiture. Les frottements fluides dépendent de l'aérodynamisme de la voiture, et leur action sur le véhicule peut être modélisée par une force de frottement fluide de sens opposé à celui du vecteur vitesse de la voiture.

Évolution des différentes puissances en fonction de la vitesse du véhicule



2.1. Étude d'un programme de calculateur

Les voitures électriques sont généralement équipées d'un calculateur. Un exemple possible de codage d'un calculateur, lorsque la batterie possède un état de charge de 100 %, est proposé ci-dessous :

```
v=float(input("Entrez la vitesse moyenne habituelle du véhicule en km/h"))
D1=float(input("Entrez la distance à parcourir avec votre véhicule en km"))

#d représente la distance maximale théorique que peut parcourir le véhicule en fonction de la vitesse moyenne v
d=-2.913*v+530.2
D2=d-D1

if (d<D1):
  print("si vous roulez à la même vitesse que d'habitude vous ne pourrez pas parcourir la distance prévue")

elif (d==D1):
  print("votre batterie sera totalement déchargée à la fin de votre parcours si vous roulez à la vitesse moyenne habituelle")

else:
  print("après votre voyage vous pourrez encore parcourir une distance de","%.2f"%(D2),"km")
```

2.1.1. Expliquer brièvement ce que calcule ce programme.

Le script donné teste plusieurs conditions en fonction de la distance maximale théorique.

2.1.2. Modifier le programme afin de tenir compte de l'état de charge de la batterie.

Il faut prévoir une ligne de code pour entrer la valeur du SOC en pourcentage, et une modification de la distance maximale théorique en fonction de cette valeur.

2.2. Étude mécanique du déplacement de la voiture

On s'intéresse au système {voiture} en mouvement dans le référentiel terrestre.

2.2.1. Comparer, à la vitesse de 100 km·h^{-1} les différentes puissances intervenant dans le bilan énergétique du fonctionnement de la voiture.

Utiliser le graphique et les données de l'énoncé pour comparer les différentes puissances.

2.2.2. Calculer la distance parcourue par la voiture pendant la durée du trajet étudié.

Les données se trouvent dans l'énoncé. Attention aux unités.

2.2.3. Calculer l'énergie dissipée par les frottements fluides (ou aérodynamiques) pendant la durée du trajet étudié. En utilisant la notion de travail, déduire, à cette vitesse, la valeur de l'intensité de la force modélisant les frottements fluides. Commenter.

L'énergie est calculée à partir de la puissance dissipée par les frottements fluides. Le théorème de conservation de l'énergie (la variation

de l'énergie mécanique d'un système, en mouvement entre deux points A et B, est égale à la somme des travaux des forces non conservatives) permettra de calculer la force modélisant les frottements fluides qui est une force non conservative.

© 2000-2025, Miscellane