

Étude d'un véhicule électrique (10 points)

Les voitures électriques deviennent des 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 véhicules électriques ne cesse d'augmenter ces dernières années.

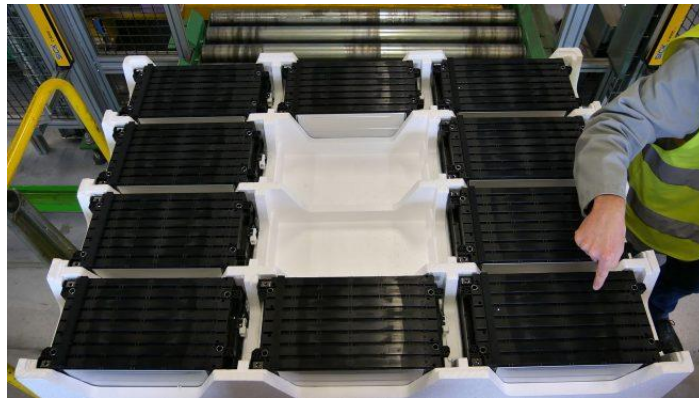
L'objectif de cet exercice est d'étudier la charge de la batterie d'un véhicule électrique à partir d'une borne de recharge et sa décharge lors de la circulation du véhicule sur une autoroute.

1. Étude de la charge du 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 fournissant 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'une très grande énergie massique comprise entre $90 \text{ Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$ et $180 \text{ Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$. De plus, ces batteries, même partiellement déchargées, délivrent toujours la même puissance, permettant une utilisation dans les mêmes conditions quel que soit le niveau de charge.



Des cellules constitutives d'une batterie d'un véhicule électrique de 41 kWh

D'après <https://www.automobile-propre.com/flins-visite-usine-fabrication-production-renault-zoe/>

➤ **Quelques caractéristiques du véhicule électrique étudié**

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

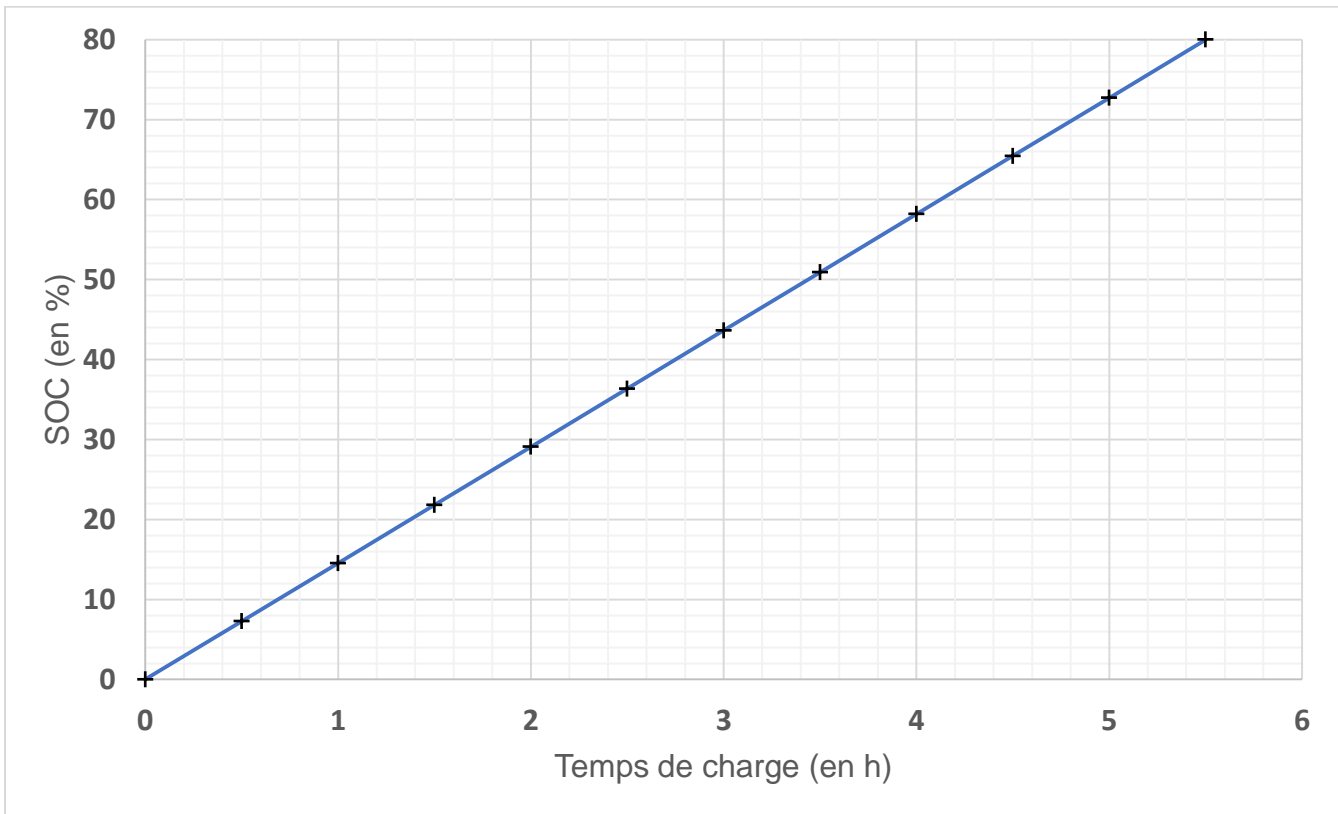
D'après brochure du site <https://www.renault.fr/vehicules/vehicules-electriques/zoe.html>

➤ **État de charge d'une batterie d'un véhicule électrique**

Le SOC (State Of Charge) représente l'état de charge d'une batterie qui 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 que peut emmagasiner la batterie représente son énergie utilisable.

$$\text{SOC} = \frac{\text{énergie emmagasinée par la batterie}}{\text{énergie maximale que peut emmagasiner la batterie}} \times 100$$

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



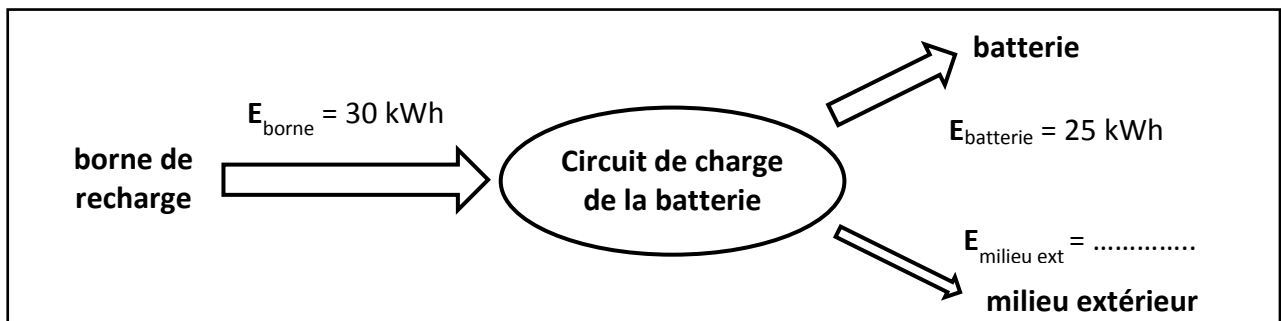
D'après <https://www.recharge-electrique.com/definition-wallbox-electrique/>
<https://www.renault.fr/vehicules/vehicules-electriques/zoe/batterie-recharge.html>

➤ **Données**

- 1,0 Wh = $3,6 \times 10^3$ J

- 1.1. Calculer l'énergie massique maximale de la batterie de la voiture à partir des caractéristiques du véhicule électrique. Commenter.
- 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.
- 1.3. Définir le rendement de la charge, puis le calculer. Commenter cette valeur.

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 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.

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

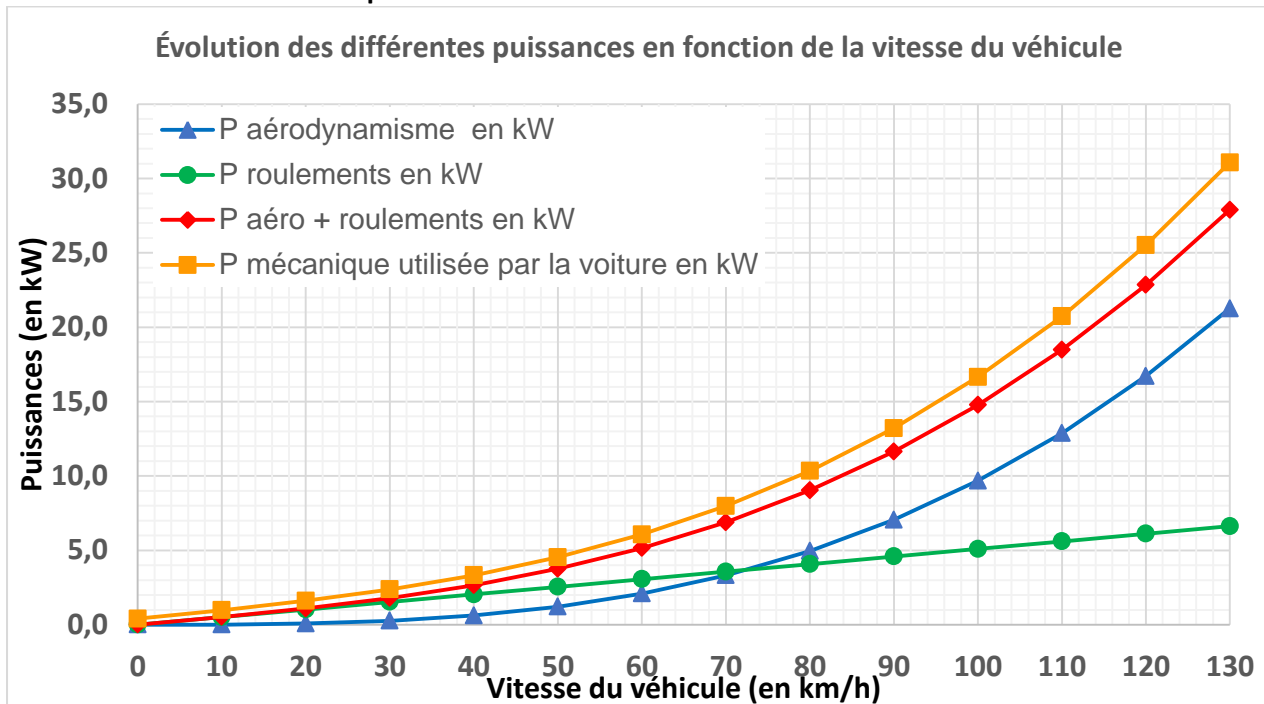
Le propriétaire du véhicule électrique, dont la batterie est suffisamment chargée, emprunte une autoroute horizontale et roule à vitesse constante de $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ pendant une durée de 5,0 minutes.

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 (ou aérodynamiques) dépendent de l'aérodynamisme de la voiture et leur action sur la voiture peut être modélisée par une force de frottement fluide (ou aérodynamique) de sens opposé à celui du vecteur vitesse de la voiture.

➤ Évolution des différentes puissances en fonction de la vitesse du véhicule



D'après <https://www.amperes.be/2019/02/15/les-moteurs-electriques-sont-efficaces-meme-sur-autoroute/>

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.

```
1 v=float(input("Entrez la vitesse moyenne habituelle du véhicule en km/h"))
2 D1=float(input("Entrez la distance à parcourir avec votre véhicule en km"))
3
4 #d représente la distance maximale théorique que peut parcourir le véhicule en fonction de la vitesse moyenne v
5 d=-2.913*v+530.2
6 D2=d-D1
7
8 if (d<D1):
9     print("si vous roulez à la même vitesse que d'habitude vous ne pourrez pas parcourir la distance prévue")
10
11 elif (d==D1):
12     print("votre batterie sera totalement déchargée à la fin de votre parcours si vous roulez à la vitesse moyenne habituelle")
13
14 else:
15     print("après votre voyage vous pourrez encore parcourir une distance de", "%.2f"%(D2),"km")
```

- 2.1.1. Expliquer brièvement ce que calcule ce programme.
- 2.1.2. Modifier le programme afin de tenir compte de l'état de charge de la batterie.

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 $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, les différentes puissances intervenant dans le bilan énergétique du fonctionnement de la voiture.
- 2.2.2. Calculer la distance parcourue par la voiture pendant la durée du trajet étudié.
- 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 (ou aérodynamiques). Commenter.