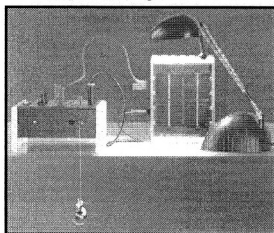


Aspect énergétique des phénomènes électriques – Exercices - Devoirs

Exercice 1 corrigé disponible

Un moteur électrique peut être utilisé comme treuil pour élever de petits objets.
Il fonctionne sous une tension électrique constante $U = 2,0 \text{ V}$ et il est traversé par un courant d'intensité constante $I = 150 \text{ mA}$.
Le moteur soulève, à vitesse constante $v = 40 \text{ cm.s}^{-1}$, un objet de masse : $m = 30 \text{ g}$.
Il est ici alimenté par une cellule photovoltaïque éclairée par une lampe (voir *Figure ci-dessous*).
On prendra : $g \approx 10 \text{ m.s}^{-2}$.



- Déduire, des données, les puissances, *en mW*, associées au transfert reçu par le moteur, notée $P_{\text{reçue}}$, et celle associée au transfert utile, notée P_{utile} .
- Si le moteur se bloque, il se comporte comme un conducteur ohmique. La tension électrique à ses bornes est alors : $U_b = 1,1 \text{ V}$, et l'intensité constante du courant électrique le traversant vaut : $I_b = 150 \text{ mA}$.
Calculer la valeur R de la résistance de ce moteur.
- En déduire la puissance, *en mW*, relative aux pertes par effet Joule dans le moteur, P_j , lorsqu'il fonctionne normalement.
- Lorsque le moteur fonctionne normalement, l'énergie n'est pas seulement dégradée par effet Joule, du fait des frottements en particulier. Ces pertes, hors effet Joule, sont appelées *pertes collectives* et regroupent différentes causes de dégradation. Calculer, dans le cas du fonctionnement normal du moteur, la puissance P_{col} , *en mW*, associée à ces pertes collectives.
- Établir une chaîne énergétique représentant la situation et faisant intervenir les systèmes : *Environnement, Ampoule, Moteur, Masse m, Cellule photovoltaïque, Centrale électrique*.
- En déduire l'expression, puis la valeur numérique, du rendement de conversion du moteur électrique.

Donnée : Puissance mécanique d'une force de traction de valeur F :

$$P_{\text{méca}} = F.v \text{ où } F \text{ est la valeur de la force en N et } v \text{ la vitesse de la charge tractée en m.s}^{-1}.$$

Aides aux calculs : $\frac{2,2}{0,15} \approx 15$; $7,5 \times 2,2 \approx 17$.

Exercice 2 corrigé disponible

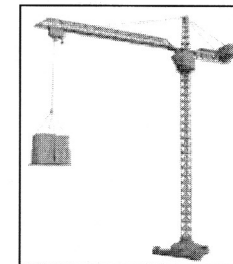
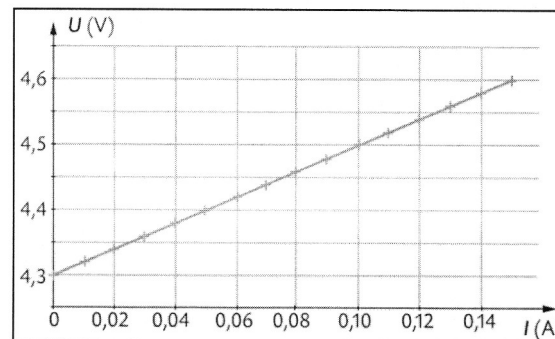
Un générateur débite un courant d'intensité $I = 1,0 \text{ A}$ quand il est branché aux bornes d'un conducteur ohmique de résistance $R = 11 \Omega$ et un courant d'intensité $I' = 4,0 \text{ A}$ quand il est branché aux bornes d'un conducteur ohmique de résistance $R' = 2,0 \Omega$.

- Calculer la tension aux bornes du générateur dans les deux cas.
- En déduire sa fem E et sa résistance interne r .
- Le générateur fonctionne pendant 5,0 minutes.

Calculer dans le premier cas :
- l'énergie totale convertie ;
- l'énergie électrique fournie ;
- l'énergie dissipée par effet Joule.

Exercice 3 corrigé disponible

On a représenté ci-dessous la caractéristique : $U = f(I)$ du moteur électrique d'une grue-jouet.
Ce moteur soulève un objet de masse : $m = 35 \text{ g}$ sur une hauteur : $h = 60 \text{ cm}$ en une durée $\Delta t = 2,5 \text{ s}$.
La tension à ses bornes vaut : $U = 4,5 \text{ V}$. Donnée : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.



- 1.1. Quelle est l'intensité I du courant électrique circulant dans le moteur ?
1.2. Quelle est la puissance électrique $P_{\text{élect}}$ correspondante ?
1.3. Calculer l'énergie $E_{\text{élect}}$ reçue par le moteur sous forme d'électricité dans les conditions d'utilisation décrites.
2. Quelle est l'énergie mécanique E_m à fournir à la masse m pour la soulever de la hauteur h ?
3. Définir et calculer, dans ces conditions, le rendement de conversion ρ de ce moteur.

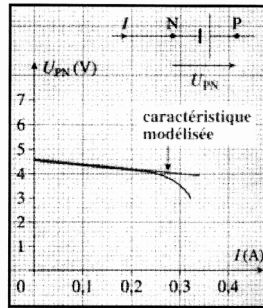
Exercice 4 corrigé disponible

Dans cet exercice, les résultats numériques seront donnés avec 3,00 chiffres significatifs.

1°) **Caractéristique** : $U_{PN} = f(I)$ d'un générateur.

On construit expérimentalement la courbe : $U_{PN} = f(I)$ caractéristique d'un générateur G. On obtient le graphe ci-contre.

- Dessiner le schéma conventionnel du montage électrique ayant permis cette opération. On notera sur ce schéma l'intensité I du courant électrique ainsi que les flèches des tensions aux bornes des dipôles présents.
- À l'aide du graphe fourni, déterminer les valeurs numériques de la f.e.m. E et de la résistance interne r de G. On justifiera chaque détermination.



2°) **Circuit en série**. Aux bornes du générateur G, on place en série :

- un moteur M, de f.c.e.m. : $E' = 3,00$ V et de résistance interne : $r' = 10,0$ Ω et
- un résistor A de résistance : $R = 100$ Ω .

- Déterminer une valeur numérique de l'intensité I du courant électrique parcourant le circuit.
- Représenter, sous forme d'un schéma, le bilan de puissance du montage en calculant les différentes puissances mises en jeu.
- Définir et calculer le rendement en énergie du moteur fonctionnant pendant la durée : $\Delta t = 15$ minutes.
- Calculer le rendement de puissance du montage

Exercice 5 corrigé disponible

Dans cet exercice, les résultats numériques seront donnés avec 3,00 chiffres significatifs.

1°) **Caractéristique** : $U_{AB} = f(I)$ d'un électrolyseur.

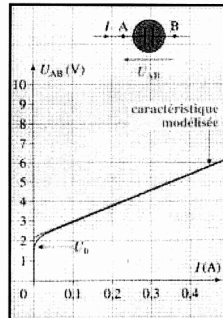
On construit expérimentalement la courbe : $U_{AB} = f(I)$ caractéristique d'un électrolyseur L. On obtient le graphe ci-contre.

- Dessiner le schéma conventionnel du montage électrique ayant permis cette opération. On notera sur ce schéma l'intensité I du courant électrique ainsi que les flèches des tensions aux bornes des dipôles présents.
- À l'aide du graphe fourni, déterminer les valeurs numériques de la f.c.e.m. E' et de la résistance interne r' de L. On justifiera chaque détermination.

2°) **Circuits en série**.

Aux bornes d'un générateur de tension G, de f.e.m. : $E = 9,00$ V et de résistance interne : $r = 0,800$ Ω , on place en série l'électrolyseur L précédent et un résistor A de résistance : $R = 59,2$ Ω .

- Déterminer une valeur numérique de l'intensité I du courant électrique parcourant le circuit.
- Représenter, sous forme d'un schéma, le bilan de puissance du montage en calculant les différentes puissances mises en jeu.
- Définir et calculer le rendement en puissance de l'électrolyseur.



Exercice 6 corrigé disponible

Dans cet exercice, les résultats numériques seront donnés avec 2,0 chiffres significatifs.

A) **Caractéristique du moteur électrique.**

On désire construire la caractéristique : $U_{AB} = f(I_{AB})$ d'un moteur électrique M, de f_{cem} supérieure à 60 V. Pour cela, on réalise une série de mesures regroupées dans le tableau ci-dessous.

U_{AB} (en V)	90	$1,0 \cdot 10^2$	$1,1 \cdot 10^2$	$1,2 \cdot 10^2$
I_{AB} (en A)	5,0	10	15	20

- Faire un schéma du circuit électrique ayant permis de réaliser ces mesures.
- Construire, *sur papier millimétré*, la courbe : $U_{AB} = f(I_{AB})$.
- Déterminer les valeurs numériques de la f_{cem} et de la résistance interne du moteur M. Justifier chaque détermination.

B) **Rhéostat de démarrage du moteur électrique.**

Le circuit d'étude comprend à présent, montés en série, un générateur de tension idéal, G, de f.e.m. 90 V, le moteur électrique M, un interrupteur In et un rhéostat Rh, ou résistor de résistance variable R.

- 1.1. Lorsqu'on met le moteur sous tension, sa f_{cem} est d'abord nulle, puisque son arbre ne tourne pas immédiatement. Quelle serait l'intensité I_0 du courant électrique parcourant M si la valeur de R était nulle ? Commenter le résultat.
- 1.2. Quelle doit être la valeur à donner à R pour que, dans les conditions de démarrage précédente, la valeur de l'intensité traversant M soit : $I'_0 = 5,0$ A ?
2. Lorsque l'arbre moteur a atteint sa vitesse de rotation normale, la valeur de R est ramenée à zéro. La valeur de la f_{cem} de M est alors sa valeur nominale.
 - Déterminer la valeur I de l'intensité du courant dans le circuit dans ces conditions ?
 - Calculer la puissance mécanique délivrée par le moteur M.
 - Définir, puis calculer numériquement, le rendement du moteur.
3. Le moteur élève verticalement, dans les conditions du 2., une charge de masse : $m = 50$ kg à la vitesse constante V. Calculer la valeur de V. On prendra : $g = 10$ m.s⁻².

C) **Circuit en dérivation.**

Aux bornes de G, on place en dérivation le moteur M et un résistor de résistance $R' = 15$ Ω .

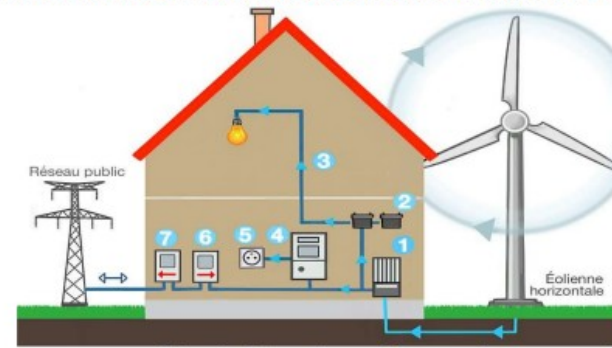
- Faire le schéma du montage réalisé.
- Déterminer les valeurs des intensités dans les différentes branches du circuit.
- Définir puis calculer le rendement de ce circuit.

Exercice 7 corrigé disponible

- Au cours d'un éclair de durée 3.0 ms, 2000 milliards de milliards d'électrons issus d'un nuage traversent l'air et le paratonnerre d'une tour.
 - Déterminer la charge électrique traversant le paratonnerre.
 - En déduire l'intensité du courant électrique correspondant.
- Un fil de cuivre de section $s = 2,5$ mm² est parcouru par un courant d'intensité $I = 8,0$ A. Calculer le nombre d'électrons qui vont traverser une section de ce fil pendant une minute.

Exercice 8

Un particulier veut installer une éolienne dans son jardin afin d'assurer ses besoins en énergie électrique. L'éolienne convertit une énergie renouvelable en électricité « verte », que l'on peut stocker chez soi dans des batteries. L'installation peut être schématisée comme suit :



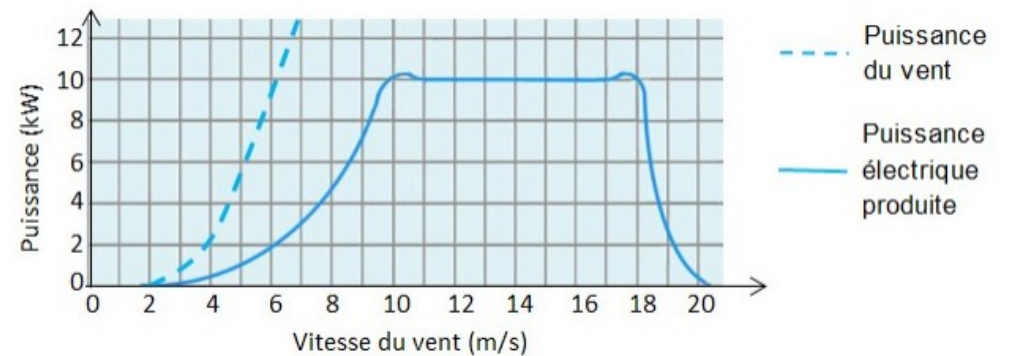
D'après <https://www.futura-sciences.com/>

- (1) Régulateur de charge : protège l'installation des surcharges ou décharges totales.
- (2) Nombreuses batteries raccordées en série.
- (3) Utilisation TBT (« très basse tension » pour luminaires, système d'alarme,...)
- (4) Onduleur : permet d'obtenir un courant alternatif.
- (5) Prise électrique
- (6) Compteur d'autoconsommation (affichage de l'énergie électrique globalement consommée)
- (7) Compteur de production, en cas de revente à EDF.

1. Produire de l'électricité

L'éolienne se compose d'un rotor monté en haut d'un mât. La rotation des pâles de l'éolienne permet la transformation de l'énergie du vent en énergie électrique.

La puissance électrique ainsi produite dépend de la valeur de la vitesse du vent :



D'après <https://www.futura-sciences.com/>

- 1.1. À quelle valeur minimale de la vitesse du vent, exprimée en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, l'éolienne commence-t-elle à produire de l'énergie électrique ?
- 1.2. Transfert d'énergie au sein de l'éolienne.
- 1.2.1. Représenter la chaîne énergétique de l'éolienne.
- 1.2.2. Définir le rendement de l'éolienne puis calculer sa valeur pour une valeur de vitesse du vent égale à $7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
- 1.3. L'éolienne est configurée pour produire une puissance maximale dans une plage de valeurs de vitesse du vent comprises entre 10 et $18 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Interpréter la forme de la courbe donnant la puissance électrique produite en fonction de la vitesse du vent pour des valeurs supérieures à $18 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

2. Stocker de l'électricité

Les batteries sont des accumulateurs électrochimiques capables de convertir de l'énergie électrique en énergie chimique lors de leur charge et de l'énergie chimique en énergie électrique lors de leur décharge. Parmi les dispositifs utilisés, les batteries au plomb sont actuellement les plus utilisées pour le stockage de l'énergie électrique produite par des éoliennes domestiques.

Caractéristiques d'une batterie au plomb

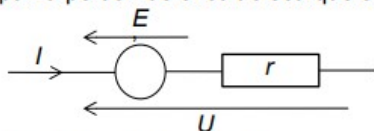
Tension à vide E'	Capacité** C	Intensité maximale I_{max}	Résistance interne r	Densité énergétique*	Rendement énergétique η
12,5 V	30 Ah	10 A	0,4 Ω	25 Wh/kg	75 %

* 25 Wh/kg signifie qu'une batterie de 1 kg permet de stocker une énergie chimique de 25 Wh.

** 30 Ah signifie que la batterie peut délivrer un courant d'intensité égale à 30 A pendant 1 h ou 10 A pendant 3 h ou encore 30 mA pendant 1000 h, etc.

Modèle électrique équivalent de la batterie en charge

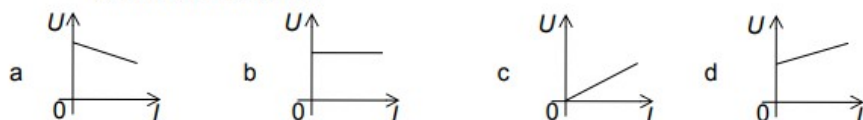
Lorsque la batterie est en charge sous la tension électrique U délivrée par l'éolienne, elle peut être modélisée par la portion de circuit électrique suivante :



2.1. Relation entre l'intensité I et la tension U .

2.1.1. Justifier l'expression $U = E' + rI$ (relation 1) liant la tension U aux bornes de la batterie en charge et l'intensité I du courant électrique de charge. Que représente r ?

2.1.2. Sélectionner le tracé correspondant à la charge de la batterie parmi les graphes ci-dessous. Justifier.



2.2. La relation 1 peut s'écrire : $UI = E'I + rI^2$ (relation 2).

2.2.1. Après avoir donné la signification énergétique de chacun des termes de la relation 2, définir le rendement η du transfert d'énergie au sein de la batterie lors de sa charge et montrer que $\eta = \frac{E'}{U}$.

2.2.2. Vérifier que la valeur du rendement est égale à 76 % pour une valeur de l'intensité du courant électrique de charge égale à 10 A.

2.3. La masse de la batterie étudiée est de l'ordre de 15 kg. L'installation comporte 20 batteries identiques.

En tenant compte du rendement mentionné à la question 2.2.2, l'éolienne, fonctionnant à sa puissance maximale, permet-elle de fournir l'énergie électrique nécessaire à la charge de ces batteries si celle-ci dure 1 h ?

Le candidat est évalué sur ses capacités à concevoir et à mettre en œuvre une démarche de résolution, ainsi que sur la qualité de sa rédaction.

Toutes les prises d'initiative et toutes les tentatives de résolution, même partielles, seront valorisées.

3. Consommer l'électricité

La puissance électrique utilisable par le propriétaire de la maison lors de la décharge des batteries est de l'ordre de 6 kW.

Pour suivre sa consommation d'électricité, le propriétaire a réalisé un programme en langage Python s'appuyant sur un classement des appareils électriques par pack, c'est-à-dire par groupe d'appareils de même puissance électrique.

Classement des appareils par pack

Pack	1	2	3
Puissance électrique (kW)	2,5 kW	1 kW	0,1 kW
Appareils	chauffe-eau, machine à laver, radiateur, four	bouilloire électrique, grille-pain, fer à repasser	téléviseur, hotte aspirante, lampes basse consommation

3.1. La maison est aussi équipée d'un ordinateur. Associer cet appareil à son pack.

3.2. Programme en langage Python.

3.2.1. Expliquer la ligne 13.

3.2.2. Lors d'une journée, le four a été utilisé pendant 1h30, le chauffe-eau pendant 5h et le radiateur pendant 2h. Le téléviseur est resté allumé 2h durant une séance de repassage.

Quelle est le contenu de la dernière ligne affichée lors de l'exécution du programme ?

Programme en langage python

```

1 # Bilan consommation électrique journalière
2 # pack1 = appareils de puissance 2,5 kW
3 # pack2 = appareils de puissance 1 kW
4 # pack3 = appareils de puissance 0,1 kW
5 t_1 = float(input('durée journalière utilisation du pack1 : '))
6 t_2 = float(input('durée journalière utilisation du pack2 : '))
7 t_3 = float(input('durée journalière utilisation du pack3: '))
8 E_1 = 2.5*t_1
9 E_2 = 1*t_2
10 E_3 = 0.1*t_3
11 E_totale_consommée = E_1+E_2+E_3
12 # 1 kWh coûterait 0,15 euros
13 Economie_journaliere = E_totale_consommée * 0.15
14 print("L'énergie électrique du pack1 vaut E_1 = ",E_1,"kWh")
15 print("L'énergie électrique du pack2 vaut E_2 = ",E_2,"kWh")
16 print("L'énergie électrique du pack1 vaut E_3 = ",E_3,"kWh")
17 print("L'économie réalisée vaut", Economie_journaliere,'euros')

```

Exercice 9

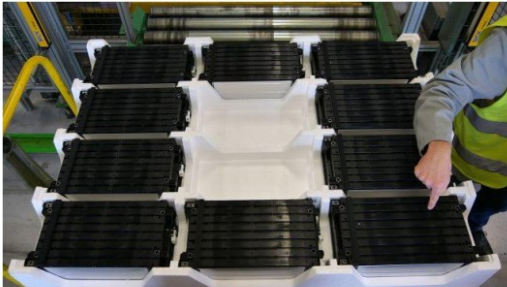
Les voitures électriques deviennent des nouveaux acteurs du transport en représentant une alternative à l'utilisation des énergies fossiles. Elles présentent l'avantage de ne pas émettre de dioxyde de carbone lors de leur utilisation. L'achat de véhicules électriques ne cesse d'augmenter ces dernières 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

➤ 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

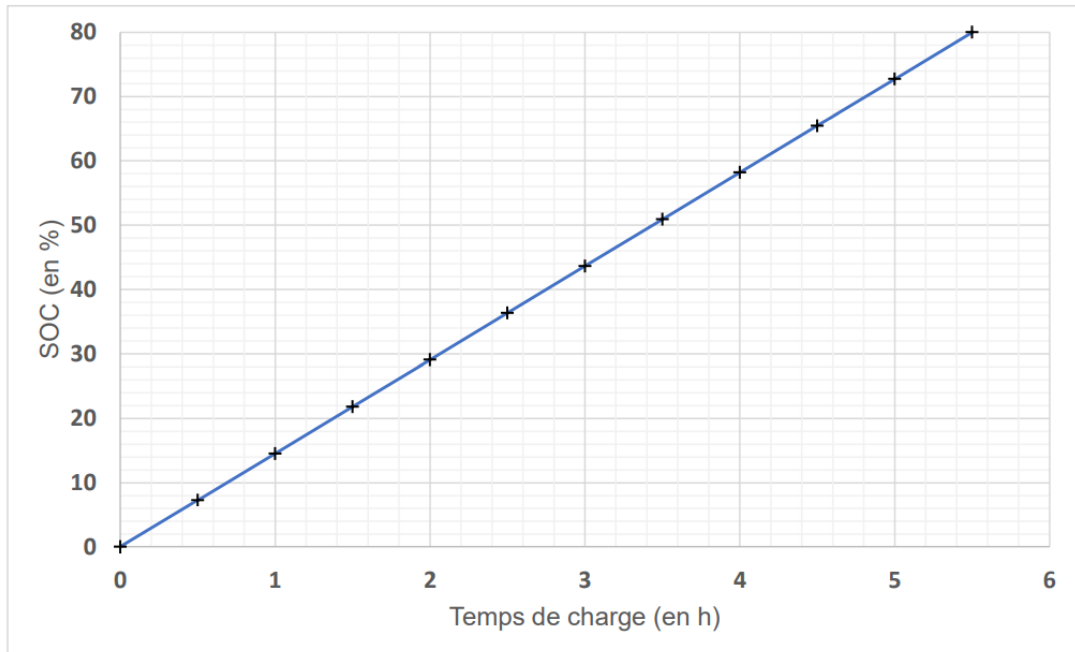
D'après brochure du site <https://www.renault.fr/vehicules/vehicules-electriques/zoe.html>

➤ 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.

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

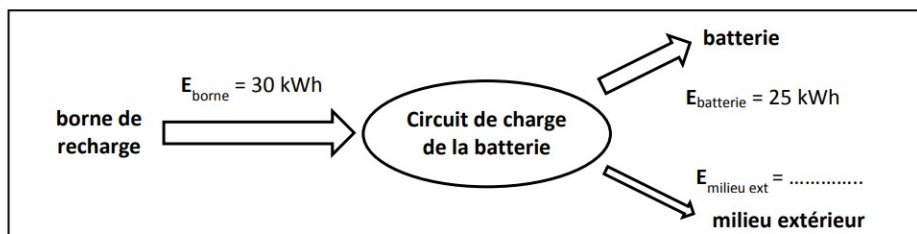
➤ Évolution du SOC (entre 0 et 80 %) en fonction du temps de charge pour la borne de recharge utilisée



➤ Données $1,0 \text{ Wh} = 3,6 \times 10^3 \text{ J}$

- 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

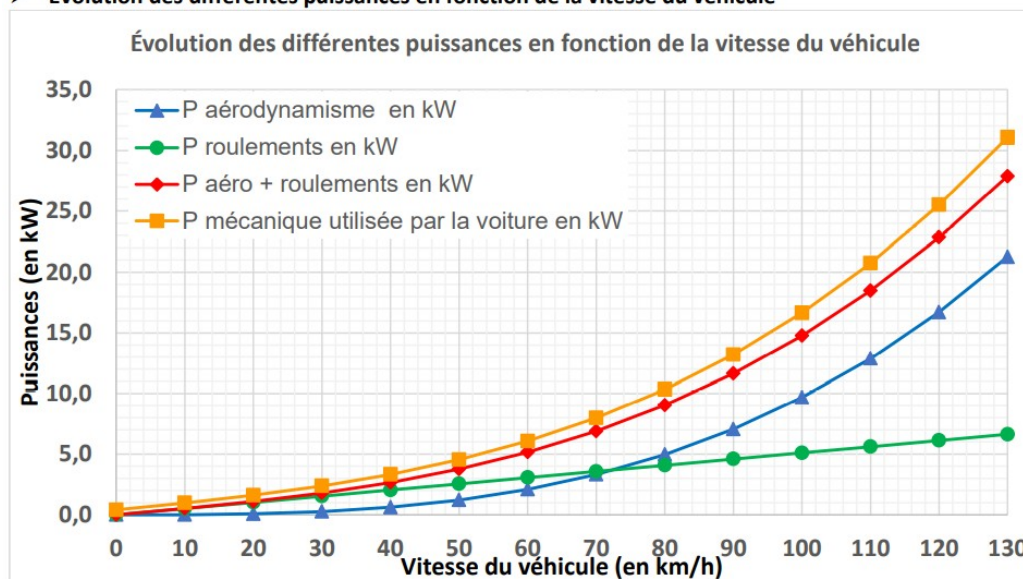
Le propriétaire du véhicule électrique, dont la batterie est suffisamment chargée, emprunte une autoroute horizontale et roule à vitesse constante de $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ pendant une durée de 5,0 minutes.

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.