
Thème : L'énergie

Chapitre : L'énergie électrique Puissance et énergie électriques

Objectifs :

- Analyser les transferts d'énergie dans un circuit électrique, à partir du signe de la puissance et de la convention choisie.
- Calculer la puissance moyenne et l'énergie électrique mises en jeu sur une durée donnée dans le cas d'un récepteur et d'un générateur électrique.
- Analyser le domaine de validité d'un modèle à partir d'un ensemble de mesures (dipôles passifs résistifs).
- Mesurer la puissance moyenne et l'énergie électrique transportée par une ligne électrique pendant une durée donnée.

Sommaire

1. Cours	2	2. Activité 1 : Puissance électrique	4
1.1 Convention électrique	2		
1.2 Puissance électrique	2		
1.3 Energie électrique	2	3. Activité 2 : Effet Joule	6
1.4 La résistance	2		
1.5 Puissance et énergie	3	4. Exercices	7

1. Cours

1.1 Convention électrique

- On représente l'intensité du courant électrique par une flèche orientée sur les fils dans le sens conventionnel du courant électrique (du + vers le - à l'extérieur du générateur).
- On représente la tension électrique par une flèche à côté des dipôles. La flèche est orientée vers le premier point de la tension électrique.
- Afin de n'avoir que des valeurs positives, on représentera les flèches de la tension et de l'intensité en sens opposé pour les récepteurs et dans le même sens pour les générateurs.



FIGURE 1 – Convention récepteur (à gauche) et convention générateur (à droite).

1.2 Puissance électrique

Donner l'expression de la puissance électrique consommée P (en W) :

.....

1.3 Energie électrique

Donner l'expression de l'énergie consommée par un appareil, E (en J), en fonction de sa puissance consommée P et du temps Δt de son utilisation :

.....

Remarques :

- Les dipôles ou appareils qui reçoivent de l'énergie électrique sont des **récepteurs** qui la transforment obligatoirement en une autre forme d'énergie ;
- Lorsqu'un conducteur est parcouru par un courant, l'énergie électrique qu'il reçoit est convertie en chaleur. On dit que le conducteur dissipe l'énergie (électrique) par « **effet Joule** » ;
- Une unité usuelle de l'énergie électrique est le **watt-heure** (symbole : **Wh**).

$$1\text{Wh} = 3600 \text{ J}$$

- **L'énergie totale**, et par conséquent la puissance totale, mise en jeu pendant une durée Δt , se conserve. Ainsi l'énergie électrique apportée à un circuit par un générateur peut-être, suivant les dipôles, dissipée et donc perdue par effet Joule, stockée ou convertie en chaleur ou travail utiles mais elle ne disparaît pas.

1.4 La résistance

Définition

Qu'appelle-t-on résistance électrique d'un dipôle ohmique ?

.....

Avec quel appareil mesure-t-on la résistance électrique d'un dipôle ?

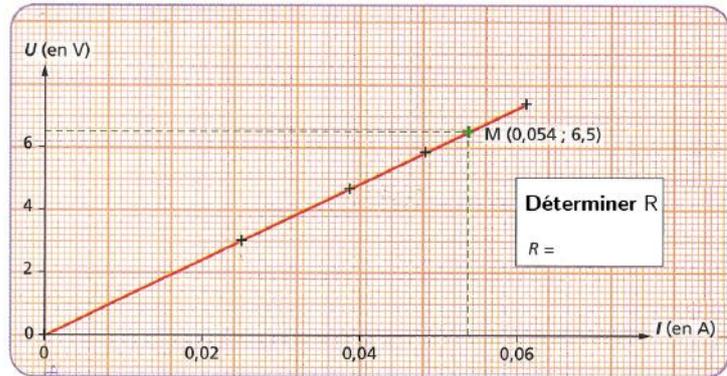
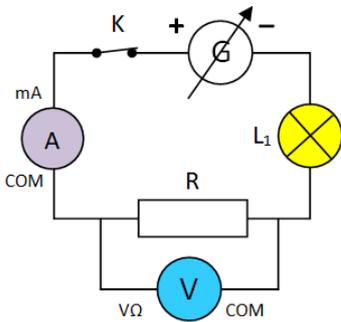
.....

Une résistance est un dipôle dit « passif » : il dissipe l'énergie qu'il reçoit sous forme de chaleur, c'est l'effet Joule.

Plus la résistance électrique est grande et plus l'intensité du courant électrique dans le circuit est faible.

La loi d'Ohm

On appelle **caractéristique** d'un dipôle la courbe $U = f(I)$ représentant la variation de la tension U , entre les bornes de ce dipôle, en fonction de l'intensité I du courant qui le traverse.



Donner la loi d'Ohm, c'est à dire la relation liant la résistance R (en Ω), l'intensité I (en A) et la tension U (en V) aux bornes d'un dipôles :

.....

1.5 Puissance et énergie

Donner les deux façons de calculer la puissance électrique d'un dipôle de résistance R :

.....

.....

Donner les deux façons de calculer l'énergie électrique d'un dipôle de résistance R :

.....

.....

2. Activité 1 : Puissance électrique

Objectif :

- Analyser les transferts d'énergie dans un circuit électrique, à partir du signe de la puissance et de la convention choisie.
- Calculer la puissance moyenne mises en jeu sur une durée donnée dans le cas d'un récepteur et d'un générateur électrique.
- Mesurer la puissance moyenne transportée par une ligne électrique pendant une durée donnée.

La puissance fournie par un générateur électrique dépend du circuit qu'il alimente. C'est le produit de la tension $u(t)$ et de l'intensité $i(t)$ qui gouverne la puissance fournie.

Comment déterminer la puissance fournie par un générateur ?

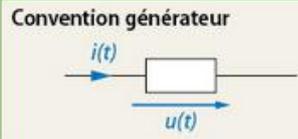
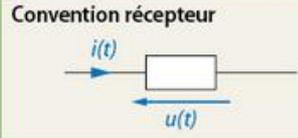
Comportement énergétique d'un dipôle		Puissance moyenne positive $P > 0$	Puissance moyenne négative $P < 0$
Puissance instantanée :	$p(t) = u(t) \times i(t)$		
Puissance moyenne :	$P = \langle u(t) \times i(t) \rangle$		
avec $\langle \dots \rangle$ l'opérateur valeur moyenne.			
	Convention générateur 	Le dipôle se comporte comme un générateur : il fournit de l'énergie électrique.	Le dipôle se comporte comme un récepteur : il reçoit de l'énergie électrique.
	Convention récepteur 	Le dipôle se comporte comme un récepteur : il reçoit de l'énergie électrique.	Le dipôle se comporte comme un générateur : il fournit de l'énergie électrique.

FIGURE 1 – Les différentes types d'écritures et de conventions

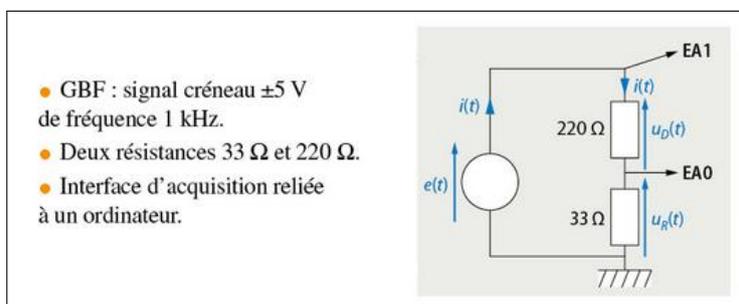


FIGURE 2 – Matériel et montage à réaliser

Formules à rentrer dans la feuille de calculs pour obtenir $u_D(t)$ et $i(t)$:

$$e = EA1 ; R = 33 ; u_R = EA0 ;$$

$$i = EA0/R ; u_D = EA1 - EA0.$$

FIGURE 3 – Outils

1. **Réaliser** le montage de la figure 2 et **faire** l'acquisition des tensions $e(t)$ et $u_R(t)$ avec les voies EA0 et EA1 sur une durée de 3 ms.

2. **Saisir** les formules données en outils dans la feuille de calculs et exécuter les calculs.

Ouvrir deux nouvelles fenêtres et **placer** les trois fenêtres les unes en dessous des autres.

3. Puissance fournie par le générateur.

a) **Tracer** :

- dans la fenêtre 1, la tension aux bornes du générateur $e(t)$;
- dans la fenêtre 2, l'intensité du courant dans le circuit $i(t)$.

b) **Prévoir** l'allure de la courbe donnant la puissance instantanée fournie par le générateur en fonction du temps : $p(t) = e(t) \times i(t)$.

c) **Modifier** la feuille de calculs afin de calculer la puissance instantanée $p(t)$ fournie par le générateur. **Exécuter** le calcul.

d) Tracer dans la fenêtre 3 la courbe de puissance instantanée $p(t)$. Est-elle conforme aux prévisions de la question **b)** ?

e) Mesurer la puissance moyenne P fournie par le générateur, en utilisant la fonction « mesures automatiques » du logiciel. **Estimer** l'incertitude sur la mesure puis écrire le résultat sous la forme $P \pm \Delta P$.

f) Préciser la convention adoptée pour le GBF ainsi que son comportement générateur ou récepteur.

3. Activité 2 : Effet Joule

Objectif :

- Analyser les transferts d'énergie dans un circuit électrique, à partir du signe de la puissance et de la convention choisie.
- Calculer l'énergie électrique mise en jeu sur une durée donnée dans le cas d'un récepteur et d'un générateur électrique.
- Mesurer l'énergie électrique transportée par une ligne électrique pendant une durée donnée.

Lorsqu'une résistance reçoit de l'énergie d'un générateur électrique, on constate qu'elle s'échauffe. C'est l'effet Joule, utilisé dans tous les dispositifs de chauffage électrique.

Une résistance dissipe-t-elle toute l'énergie qu'elle reçoit sous forme de chaleur ?

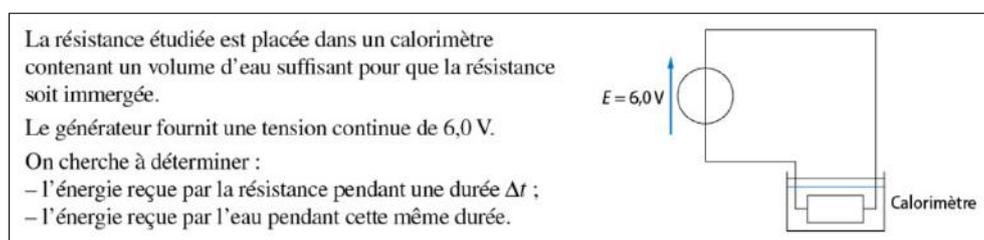


FIGURE 1 – Montage expérimental.

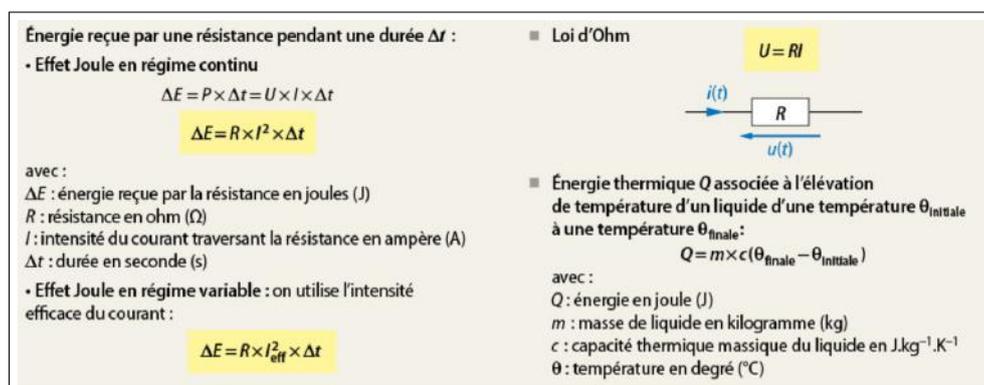


FIGURE 2 – Énergies et loi d'Ohm.

Données :

- Masse volumique de l'eau : $\rho = 1,0 \text{ kg.m}^{-3}$
- Capacité thermique massique de l'eau : $c = 4180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

1. **Représenter** le schéma du montage et y **placer** l'appareil de mesure nécessaire pour mesurer l'énergie reçue par la résistance pendant une durée Δt .
2. **Réaliser** le montage de la figure 1 et **mesurer** précisément le volume d'eau utilisé.
3. **Relever** la température T_{init} de l'eau, **allumer** le générateur et **déclencher** dans le même temps le chronomètre.
4. **Mesurer** l'intensité du courant I traversant la résistance.
5. **Éteindre** le générateur après 10 min de fonctionnement et **mesurer** la température T_f atteinte par l'eau.
6. **Calculer** l'énergie électrique ΔE reçue par la résistance pendant la durée Δt .
7. **Calculer** l'énergie thermique Q reçue par l'eau pendant cette même durée Δt .
8. Qu'advient-il de l'énergie par la résistance ? **Expliquer** l'écart mesuré entre les valeurs des énergies Q et ΔE , en discutant des incertitudes liées au protocole expérimental.

4. Exercices

Exercice 1

Un petit moteur électrique est utilisé pour soulever un objet pendant une durée $\Delta t = 2,5s$. La tension à ses bornes vaut $U = 4,5V$, l'intensité du courant qui le traverse $I = 100mA$ et sa résistance interne $r = 2,1\Omega$.

1. **Calculer** la puissance électrique P de ce moteur.
2. **Calculer** l'énergie électrique E_{elec} (en J) reçue par le moteur.
3. **Calculer** l'énergie thermique E_{therm} perdue par effet Joule.
4. **En déduire** la valeur de l'énergie E_1 pouvant être convertie en énergie mécanique.
5. **Représenter** la chaîne énergétique associée au moteur.
6. **Exprimer** puis calculer la valeur du rendement η de ce moteur.

Exercice 2

Une batterie d'automobile a une f.e.m (force électromotrice) $E = 12,0V$ et une résistance interne $r = 1,0 \times 10^{-2}\Omega$. Quand elle est utilisée pour actionner le démarreur, elle débite un courant d'intensité $i = 80A$ pendant 5,0 s.

1. **Représenter** la chaîne énergétique de la batterie.
2. **Calculer** l'énergie électrique E_e fournie par la batterie au démarrage.
3. **Calculer** l'énergie E_J dissipée par effet Joule dans la batterie.
4. Peut-on remplacer cette batterie par une association de 8 piles rondes de f.e.m $E' = 1,5V$ et de résistance interne $r' = 1,0\Omega$? **Justifier** votre réponse. (Lorsqu'on associe des piles en série, la résistance interne de l'ensemble est égale à la somme des résistances internes de chaque pile).

Exercice 3

Sur le site internet de l'organisation The Shift Project, voulant sensibiliser entre autres à la sobriété numérique, on peut lire que 10 minutes de visionnage d'une vidéo HD en ligne sur un téléphone mobile représente la même dépense énergétique qu'un four à micro-ondes de 2000 W fonctionnant pendant 5 minutes.

1. La puissance d'un téléphone mobile ne dépasse pas une dizaine de watt. Comment expliquer que le visionnage d'une vidéo HD nécessite une puissance supérieure à celle du téléphone ?
2. **Calculer** l'énergie électrique E (en Wh) consommée par le four en 5 minutes.
3. En supposant que les 2 270 600 lycéens français (en 2018) regardent 10 minutes de vidéo HD par jour, **calculer** l'énergie électrique E' consommée.
4. **Calculer** le coût journalier de cette dépense pour un kWh électrique à 0,15 euros.

Exercice 4

Des chercheurs de l'Université du Massachusetts ont élaboré un dispositif capable de produire un courant électrique à partir de l'air! L'appareil, appelé « Air-Gen », comporte un film de 10 micromètre d'épaisseur composé de nanofilaments de protéines produits par la bactérie *Geobacter sulfurreducens*. Deux électrodes sont en contact avec les deux faces du film qui absorbe l'humidité de l'air pour produire du courant électrique. Les scientifiques ont mesuré une tension de 0,5 V aux bornes des électrodes et une densité de courant électrique de 17 micro-ampère par cm^2 . Le courant produit par le dispositif actuel ne permet pas de recharger un téléphone mobile mais cela serait possible en associant plusieurs en série.

D'après le site Futura-sciences.com.

1. La surface du film est de $50 cm^2$ environ. **Calculer** l'intensité i du courant électrique produite par le film.
2. **En déduire** la puissance électrique P que peut fournir le film.
3. Combien faudrait-il associer de films pour alimenter un téléphone mobile de puissance 10 W ?

Exercice 5



Produite à 63 exemplaires seulement, la future Lamborghini Sian (photo) fera ses débuts au prochain salon automobile de Francfort. Cette voiture de sport associe un moteur V12 de 6,5 litres et un système hybride léger intégré à la boîte de vitesse pour une puissance totale combinée de 819 ch. Cette voiture, dont le constructeur affirme avoir déjà vendu tous les exemplaires à produire, passe de 0 à 100 km/h en 2,8 secondes. Le système hybride utilise un moteur électrique de 34 ch en 48 volts qui prend en charge les manœuvres à basse vitesse et la marche arrière. Il permet de récupérer de l'énergie lors du freinage de la voiture. L'innovation de ce système consiste à faire appel à des super-condensateurs pour emmagasiner l'énergie à la place des classiques batteries lithium-ion. Les super-condensateurs permettent un allègement de masse d'un facteur trois par rapport à des batteries de même capacité. Leur charge et leur décharge est également beaucoup plus rapide.

Les condensateurs sont des dipôles qui permettent de stocker des charges électriques sur des électrodes placées en vis à vis appelées armatures et séparées par un milieu isolant appelé diélectrique. La grandeur qui caractérise leur aptitude à stocker des charges électriques est la capacité, notée C et mesurée en farad (F). L'ordre de grandeur de la capacité C d'un condensateur est donnée par $C = \epsilon \times S \times e$, avec ϵ , la permittivité du diélectrique (en F/m). S est la surface des armatures (en m^2) et e , l'épaisseur qui sépare les armatures (en m).

Les super-condensateurs se distinguent des condensateurs classiques de type électrolytique par leur capacité C très élevée. Ils sont constitués de deux armatures poreuses, généralement en charbon actif, imprégnées d'électrolyte (un liquide contenant des ions) et séparées par une membrane isolante (voir schéma ci-dessus).

FIGURE 1 – Les super-condensateurs.

	Permittivité du diélectrique ϵ (F/m)	Surface des électrodes S (m^2)	Epaisseur entre les électrodes e (m)	Capacité C (F)
Condensateur électrolytique	10^{-10}	1	10^{-9}	0,1
Supercondensateur	10^{-10}	100	10^{-9}	-

FIGURE 2 – Document 2.

	Pile à combustible	Batterie	Supercondensateur	Condensateur électrolytique
Densité de puissance (W/kg)	120	150	1000 à 5000	100000
Densité d'énergie (Wh/kg)	150 à 1500	50 à 1500	4 à 6	0,1
Durée de charge	Sans objet	Dizaine de min	Quelques secondes	Quelques secondes
Nombre de cycles charge-décharge	Sans objet	500 à 1000	Plusieurs milliers	Plusieurs milliers

FIGURE 3 – Document 3.

Données : $E = P \times t$; 1 ch = 736 W.

En vous aidant des documents, répondre aux questions suivantes :

1. Quel est l'intérêt d'utiliser des super-condensateurs pour alimenter le moteur électrique de cette voiture ?
2. Quel est le principal inconvénient d'un super-condensateur par rapport à une batterie ?
3. **Calculer** la capacité C du super-condensateur dont les caractéristiques sont données dans le document 2. **Comparer** la avec celle du condensateur électrolytique.
4. La voiture embarque une masse $m = 10$ kg de super-condensateurs de densité d'énergie 6 Wh/kg. Pendant quelle durée Δt la voiture peut elle rouler à l'aide du seul moteur électrique (à pleine puissance de ce dernier), les super-condensateurs étant chargés ?
5. **Expliquer** pourquoi, malgré leur faible densité d'énergie stockable, des super-condensateurs sont utilisés dans des bus à moteurs électriques qui effectuent des arrêts fréquents.