

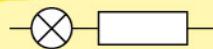
Aspects énergétiques des

Avant d'aborder le chapitre EN AUTONOMIE

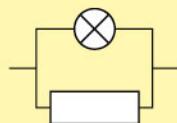
LES ACQUIS INDISPENSABLES

■ Pour représenter les éléments d'un circuit, branchés en série et en dérivation, on utilise des symboles normalisés.

Une lampe et une résistance en série



Une lampe et une résistance en dérivation



■ La **caractéristique intensité-tension** d'un dipôle est la représentation graphique de la tension à ses bornes en fonction de l'intensité qui le traverse.

■ La **loi d'Ohm** est valable pour un certain nombre de dipôles appelés « conducteurs ohmiques ». Elle s'écrit :

$$U = R \cdot I$$

Diagram illustrating the Ohm's Law equation $U = R \cdot I$:

- tension aux bornes d'un dipôle ohmique (en V)
- résistance du conducteur ohmique (en Ω)
- intensité du courant électrique qui traverse le conducteur ohmique (en A)

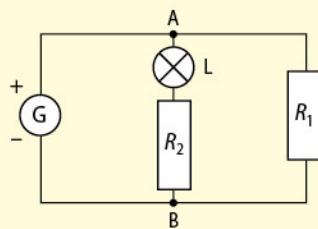
POUR VÉRIFIER LES ACQUIS

Pour chaque situation, rédiger une réponse qui explique en quelques lignes le raisonnement. → Vérifiez vos réponses en flashant la page ou sur le site lycee.editions-bordas.fr

SITUATION 1

Pour mesurer l'intensité du courant électrique qui circule dans un dipôle, il faut brancher un ampèremètre en série avec celui-ci.

Si on veut mesurer l'intensité du courant qui traverse la lampe L, à quels endroits peut-on placer l'ampèremètre dans le circuit ci-dessous ?



SITUATION 2

Si, pour un dipôle, la tension à ses bornes est proportionnelle au courant qui le traverse, quelle sera l'allure de la caractéristique de ce dipôle ?

SITUATION 3

Soumise à une tension de 20 V, une résistance chauffante est traversée par un courant électrique d'intensité 8 A.

Si la tension imposée à la résistance est de 25 V, quelle sera alors la valeur de l'intensité du courant la traversant ?



phénomènes électriques

CHAPITRE

11

PHYSIQUE

Un datacenter doit posséder un système de refroidissement efficace. Pourquoi cela est-il nécessaire ?

EXERCICE 44

NOTIONS ET CONTENUS

- ▶ Porteur de charge électrique. Lien entre l'intensité et le débit de charges.
- ▶ Source réelle de tension : modélisation et caractéristique.
- ▶ Puissance et énergie. Bilan de puissance, effet Joule. Rendement d'un convertisseur.

CAPACITÉS EXPÉRIMENTALES

- ▶ Déterminer la caractéristique d'une source réelle de tension ➔ ACTIVITÉ 2
- ▶ Évaluer le rendement d'un dispositif ➔ ACTIVITÉ 4

1. DÉMARCHES DIFFÉRENCIÉES

COMPÉTENCES :

(APP) Rechercher et organiser l'information

(AN/RA) Proposer une stratégie de résolution

Vitesse des électrons dans le cuivre

Dès que l'on ferme l'interrupteur d'une lampe, le mouvement des électrons libres s'oriente dans la même direction et dans le même sens, dans tout le circuit. La lampe s'allume alors quasi instantanément. À quelle vitesse se déplacent les électrons ?



DONNÉES

- Constante d'Avogadro : $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; charge élémentaire : $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$; masse molaire du cuivre $M_{\text{Cu}} = 63,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; masse volumique du cuivre métal : $\rho = 8,96 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$; nombre d'électron libre par atome de cuivre : 1

DÉMARCHE EXPERTE

À l'aide des données et des documents fournis, proposer une démarche pour exprimer la quantité de charges électriques qui traversent la section d'un fil de cuivre de rayon $r = 0,50 \text{ mm}$ en fonction de la vitesse des charges. En déduire la valeur numérique de la vitesse des charges dans le fil pour une intensité du courant électrique de 100 mA.

DOC 1 Débit et intensité électrique

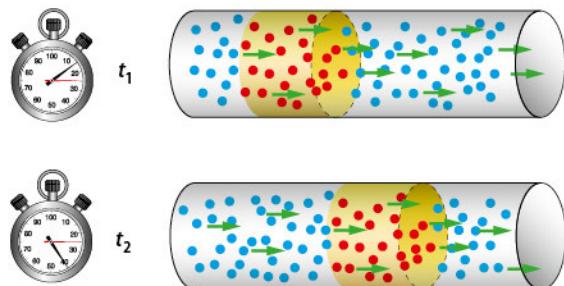
Le débit de charges électriques correspond à la quantité de charges électriques qui passent par une section d'un circuit électrique par unité de temps.

$$\text{intensité du courant électrique (en A)} \rightarrow I = \frac{Q}{\Delta t} \leftarrow \begin{array}{l} \text{quantité de charges électriques (en C)} \\ \text{durée (en s)} \end{array}$$

DÉMARCHE AVANCÉE

- Calculer le nombre N d'électrons libres contenus dans un volume de 1 m^3 de cuivre.
- a. Exprimer la charge électrique Q portée par les électrons de vitesse v qui traversent une section de fil de cuivre de $0,50 \text{ mm}$ de diamètre pendant une durée Δt en fonction de v et Δt .
b. En déduire une relation entre la vitesse v des électrons et l'intensité du courant électrique I .
c. Exprimer v et calculer sa valeur pour une intensité du courant électrique de 100 mA.

DOC 2 Débit et vitesse



On admet que le nombre de particules qui traversent la section du fil pendant la durée $\Delta t = t_2 - t_1$ est contenu dans un cylindre de volume V , tel que :

$$\text{rayon du fil (en m)} \quad \text{vitesse de déplacement des particules (en } \text{m} \cdot \text{s}^{-1}\text{)} \quad \rightarrow V = \pi \cdot r^2 \cdot v \cdot \Delta t \quad \leftarrow \text{volume (en } \text{m}^3\text{)} \quad \leftarrow \text{durée (en s)}$$

DÉMARCHE ÉLÉMENTAIRE

- À l'aide des données, calculer le nombre N d'électrons libres contenus dans un volume de 1 m^3 de cuivre.
- a. Donner l'expression de la charge Q contenues dans un volume V en fonction de N et V .
- À l'aide du document 2, en déduire une relation entre cette charge Q , la vitesse v des électrons et la durée Δt dans le cas d'un fil de cuivre de $0,50 \text{ mm}$ de diamètre.
- Proposer une autre expression de la charge Q traversant une section du fil pendant une durée Δt , en fonction de I et Δt .
- À partir des réponses données aux questions 2.b et 2.c, en déduire une expression de la vitesse des charges dans le fil de cuivre. Calculer sa valeur pour une intensité du courant électrique de 100 mA.

Je réussis si...

- Je sais mettre en relation des données.
- Je sais manipuler des expressions littérales.
- Je sais exprimer les grandeurs physiques avec les unités adaptées.

2. DÉMARCHE EXPÉIMENTALE

TP

COMPÉTENCES :

(RÉA) Effectuer des procédures courantes (collectes et représentations de données)

(VAL) Confronter un modèle à des résultats expérimentaux

Caractéristique d'une pile

Une pile est une source de tension très employée pour des systèmes nomades. Comment se comporte-t-elle si l'intensité du courant électrique dont le circuit a besoin devient importante ?

DOC 1 Le rhéostat

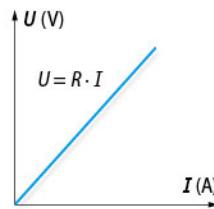
Un rhéostat est une résistance réglable. Les bornes noires sont branchées aux deux extrémités d'un enroulement de fil. La borne rouge est branchée sur un curseur qui est en contact avec le dessus de l'enroulement. Le déplacement du curseur permet de changer la longueur du fil parcouru par le courant et donc la résistance de celui-ci.



Les deux faces d'un même rhéostat.

DOC 3 La caractéristique intensité-tension d'un conducteur ohmique

La caractéristique d'un dipôle permet de connaître le lien qui existe entre la tension à ses bornes et l'intensité du courant qui le traverse, ceci afin de prévoir son fonctionnement dans un circuit. La caractéristique intensité-tension d'un conducteur ohmique est (à température constante) une droite qui passe par l'origine : le dipôle suit la loi d'Ohm.



ANALYSE

- 1 a. Pour un dipôle ohmique, que se passe-t-il si on diminue la valeur de la résistance tout en maintenant la tension constante à ses bornes ?
- b. En déduire le rôle du rhéostat dans un circuit comprenant uniquement une pile et un rhéostat.
- c. Faire le schéma du circuit électrique en y faisant figurer un voltmètre et un ampèremètre permettant respectivement de mesurer la tension aux bornes de la pile et l'intensité du courant débité.

MESURES

- 2 Construire un tel circuit électrique à l'aide d'un rhéostat dont on n'utilisera que la borne rouge et une borne noire au choix. Positionner le curseur du rhéostat vers le milieu de sa course.
- a. Afin de construire la caractéristique intensité-tension de la pile, effectuer des mesures en déplaçant le curseur, pour des intervalles de courants à peu près identiques jusqu'à 1,0 A (ne pas mettre le rhéostat en butée).
- b. À l'aide d'un tableur-grapheur, tracer l'allure de la caractéristique et déterminer l'équation de la courbe par un modèle adapté. (**FICHE PRATIQUE** p. 372)

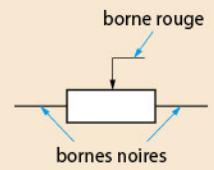
DOC 2 La pile, source de tension

Une pile est une source de tension capable de générer de fortes intensités qui peuvent, par exemple, déclencher des combustions.



REPÈRE

► Symbole normalisé du rhéostat



SYNTHÈSE

- 3 Une pile est une source réelle de tension. Son fonctionnement peut être modélisé par l'association en série d'une source idéale de tension U_0 et d'une résistance r . La tension U_0 de la source idéale correspond à celle de la pile « à vide » (sans courant à débiter) et la résistance interne r correspond à l'opposé du coefficient directeur de la droite moyenne.

En déduire les valeurs de U_0 et r .

Je réussis si...

- Je sais mesurer une intensité de courant et une tension.
- Je sais modéliser une courbe à l'aide d'un tableur grapheur.
- Je sais modéliser une pile.

3. DÉMARCHE EXPÉRIMENTALE

TP

COMPÉTENCES :

(AN/RAI) Choisir, élaborer, justifier un protocole.

(RÉA) Mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité

Principe de l'électrophorèse

L'électrophorèse est une technique utilisée en biologie. Elle permet, par exemple, de séparer des brins d'ADN ou de différencier des protéines en fonction des acides aminés dont elles sont constituées. Comment cela fonctionne-t-il ?

DOC 1 Exemple d'un résultat d'électrophorèse

Chaque bande verticale correspond à un échantillon analysé contenant plusieurs brins d'ADN. Les traits horizontaux, révélés grâce à un colorant, exposés à un éclairage ultraviolet, correspondent à un type de brin d'ADN, caractérisé par sa composition, sa taille, etc.



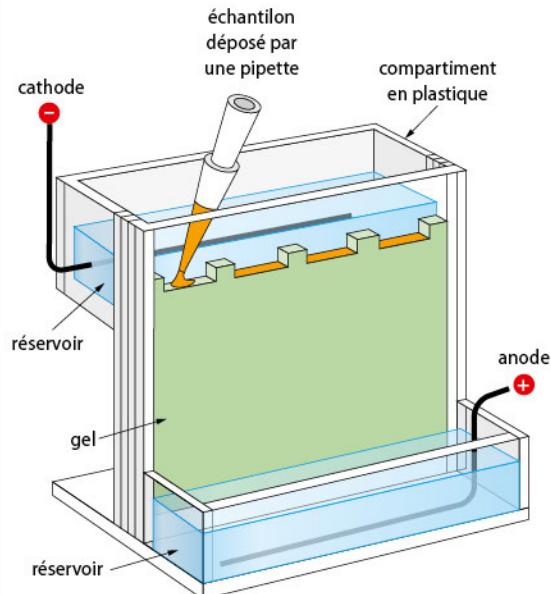
DOC 2 Pistes pour le protocole expérimental

Le gel d'agar-agar est soluble dans l'eau tiède. Une solution à $10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ portée à ébullition formera un gel lorsqu'elle se refroidira.

Les ions cuivre Cu^{2+} contenus dans une solution de sulfate de cuivre sont de couleur bleu, les ions permanganate MnO_4^- contenus dans une solution de permanganate de potassium sont de couleur violette. Le sulfate de potassium est un cristal ionique. Lorsqu'il se dissout en solution aqueuse, il se forme des ions sulfate et des ions sodium, incolores, qui ne se transforment pas sous l'effet d'un courant électrique.

DOC 3 Montage de l'électrophorèse verticale

Dans le montage de l'électrophorèse, un gel est maintenu entre deux plaques de plexiglas. Il est en contact avec deux solutions ioniques de pH basique se trouvant dans deux compartiments séparés (en haut et en bas). Chacun des compartiments est relié à l'une des bornes d'une source de tension grâce à une électrode immergée. Les échantillons sont déposés dans des « puits » creusés dans la partie supérieure du gel au début de l'expérience. La tension du générateur est de quelques dizaines de volts.



ANALYSE

1 À partir des documents fournis :

- que doit contenir le gel utilisé pour permettre la circulation du courant électrique ?
- dire quel est le signe de l'espèce ionique en laquelle l'ADN se transforme en milieu basique.

EXPÉRIMENTATION

- À l'aide des documents fournis, proposer un protocole simple permettant d'illustrer la migration des ions en fonction du signe de leur charge lorsqu'ils sont contenus dans un gel soumis à une tension électrique.
- Prévoir le résultat de l'expérience. Justifier.
- Après validation par le professeur, réaliser l'expérience proposée.

CONCLUSION

- Expliquer le principe de l'électrophorèse en termes de migrations d'ions.

Je réussis si...

- Je sais extraire d'un document les informations pertinentes.
- Je sais proposer un protocole à partir de données fournies.
- Je sais suivre un protocole établi.

4. DÉMARCHE EXPÉIMENTALE

TP

COMPÉTENCES :

(AN/RAI) Procéder à des analogies

(RÉA) Effectuer des procédures courantes (calculs, représentations, collectes de données)

Bilan de puissance dans un circuit

Dans un circuit électrique, une source de tension alimente les dipôles passifs. La puissance fournie par la source de tension correspond-elle à la puissance fournie aux dipôles passifs, qu'ils soient branchés en série ou en dérivation ?

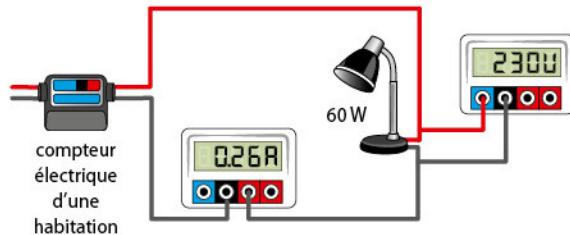
DOC 1 Calcul de la puissance d'un appareil électrique

Pour calculer la puissance d'un appareil électrique, il faut mesurer la tension électrique U à ses bornes et l'intensité du courant électrique I qui le traverse.

La puissance électrique se calcule alors grâce à la formule :

$$P = U \cdot I$$

puissance électrique utilisée ou fournie par un dipôle (en W) tension aux bornes du dipôle (en V)
intensité du courant électrique qui traverse le dipôle (en A)



PROTOCOLES EXPÉIMENTAUX

Expérience 1

- On dispose d'une pile de 4,5 V délivrant une tension U_0 , de deux lampes L_1 et L_2 de puissances différentes et d'un multimètre.
- On réalise un circuit électrique en dérivation à l'aide de la pile et des deux lampes.

Expérience 2

- On réalise un circuit en série avec les mêmes éléments.

DOC 2 Puissance dissipée par un conducteur ohmique

Un conducteur ohmique possède une résistance R . La puissance électrique reçue par un tel dipôle se calcule grâce à l'expression :

$$P = R \cdot I^2$$

puissance dissipée par un conducteur ohmique (en W) résistance du conducteur ohmique (en Ω)
intensité du courant électrique traversant le dipôle ohmique (en A)

DOC 3 Rendement d'une source de tension

Le rendement d'une source de tension est le rapport entre l'énergie utile (E_u), utilisée par les récepteurs et l'énergie absorbée (E_a) par la source de tension.

$$\rho = \frac{E_u}{E_a} = \frac{P_u}{P_a}$$

rendement (sans unité) énergie ou puissance utilisée par le récepteur
énergie ou puissance théorique absorbée par la source

MESURES ET ANALYSE

1 Mesurer la tension U_0 de la pile fournie.

2 Mettre en œuvre le protocole expérimental. Comment doivent être branchés un voltmètre et un ampèremètre pour pouvoir déterminer la puissance d'un dipôle ?

3 a. Pour les deux expériences, mesurer les valeurs des grandeurs nécessaires permettant de calculer la puissance P_{pile} fournie par la pile au circuit électrique, les puissances P_{L1} et P_{L2} utilisées par les lampes, ainsi que la puissance $P_{0,pile}$ que la pile aurait fournie si sa tension était restée égale à U_0 dans les expériences 1 puis 2.

b. La différence entre $P_{0,pile}$ et P_{pile} provient d'une dissipation d'une partie de la puissance par effet Joule. Donner la relation entre $P_{0,pile}$, P_{joule} , P_{L1} et P_{L2} .

4 Déduire des mesures la valeur de la résistance responsable des pertes par effet Joule.

5 Calculer le rendement pour la pile dans les deux circuits.

CONCLUSION

6 La pile possède une résistance interne comme la plupart des dipôles passifs. Proposer un bilan de puissance général à tout type de circuit électrique.

Je réussis si...

- Je sais mesurer une tension et l'intensité d'un courant électrique dans un circuit.
- Je sais exprimer les grandeurs physiques avec les unités adaptées.
- Je sais calculer un rendement.



1 Le courant électrique

► Les porteurs de charge

Les conducteurs contiennent des porteurs de charges libres de se déplacer. Ce sont les **électrons libres** dans les **métaux** (FIG. 1), les **ions** dans les solutions.

En l'absence de contrainte, les porteurs de charges sont animés d'un mouvement désordonné.

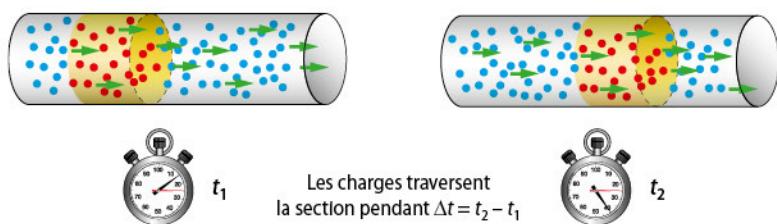
► Mouvement des porteurs de charge dans les conducteurs

Lorsqu'on soumet un métal ou une solution à une tension électrique, les mouvements des porteurs de charges deviennent ordonnés.

Les charges négatives (électrons libres et anions) se dirigent alors vers la borne positive du générateur (tout en restant dans leurs milieux respectifs). Les cations, chargés positivement, se déplacent dans la solution en direction du pôle négatif du générateur (FIG. 2).

► Débit de charge

Comme le débit d'eau qui correspond à la quantité d'eau passant par la section d'une canalisation par unité de temps, le débit de charges électriques correspond à la quantité de charges électriques qui passent par la section d'un circuit électrique par unité de temps (FIG. 3).

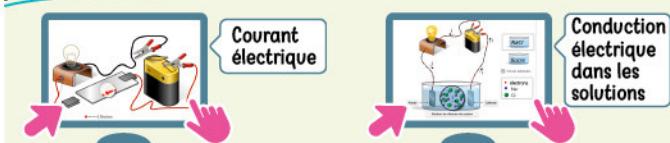


Ce débit est appelé **intensité du courant électrique** défini par la relation :

$$I = \frac{Q}{\Delta t}$$

intensité du courant électrique (en A) I quantité de charges électriques (en C)
durée (en s)

POUR VISUALISER



Deux animations sur les mouvements des porteurs de charges.

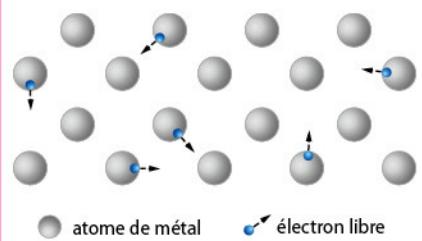


FIG. 1 Électrons libres dans les métaux.

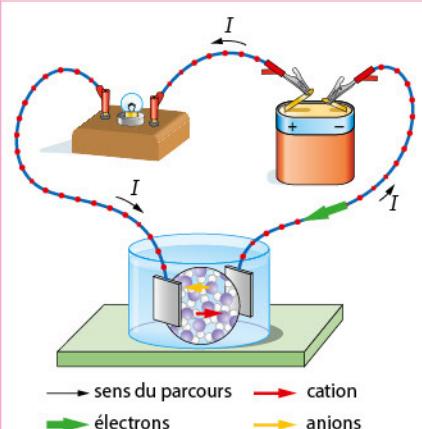


FIG. 2 Déplacements de charges libres.

FIG. 3 Débit de charge électrique.



2 Source réelle de tension

► Modélisation

Une source de tension idéale fournit une tension U_0 constante entre ses bornes, quelle que soit l'intensité du courant débité.

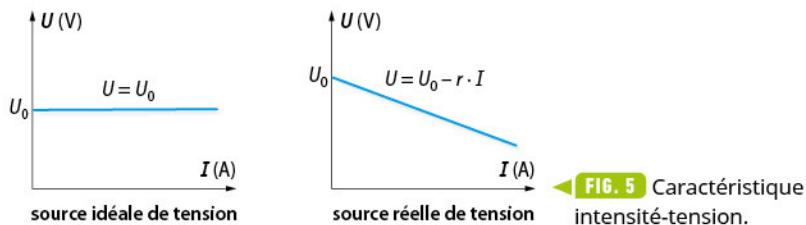
Une **source réelle de tension** peut être modélisée par un montage équivalent constitué d'une source idéale de tension et d'une résistance en série (FIG. 4).

La tension de la source idéale correspond à la tension « à vide » de la source réelle lorsqu'elle ne délivre aucun courant (lorsque aucun récepteur n'est branché à ses bornes). La résistance r correspond à la résistance interne de la source de tension réelle.

L'existence d'une **résistance interne** a des conséquences sur le fonctionnement de la source réelle, notamment si la source doit fournir un courant électrique important : lorsque l'intensité du courant augmente, la valeur de la tension électrique aux bornes du dipôle diminue.

► Caractéristique d'une source réelle de tension

La **caractéristique intensité-tension** d'un dipôle est la représentation graphique de la tension à ses bornes en fonction du courant qui le traverse avec U en ordonnée et I en abscisse (FIG. 5).



U_0 est la tension à vide de la source. La détermination du coefficient directeur de la droite nous permet de connaître r ; on peut ainsi proposer une modélisation d'une source réelle de tension dès lors que l'on a tracé sa caractéristique.

3 Puissance et énergie

► Puissance d'un dipôle

Une source de tension fournit de la puissance électrique à un circuit. Cette puissance est égale à la somme des puissances des dipôles passifs (résistance, lampe, etc.) contenus dans le circuit.

L'expression de la puissance est la suivante :

$$\text{puissance électrique utilisée ou fournie par un dipôle (en W)} \rightarrow P = U \cdot I$$

tension aux bornes du dipôle (en V)
intensité du courant électrique qui traverse le dipôle (en A)

REPÈRES

► Symboles normalisés de quelques dipôles usuels en électricité

symboles normalisés de quelques dipôles usuels en électricité	
lampe	résistance
interrupteur	diode
pile	source de tension idéale

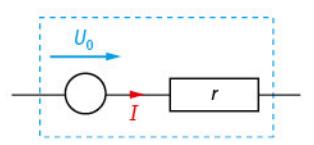
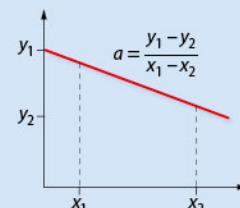


FIG. 4 Modélisation d'une source réelle de tension.

UN PONT VERS LES MATHS

Coefficient directeur

Le calcul du coefficient directeur d'une droite se fait en choisissant deux points de la droite et en calculant le rapport :





EXEMPLES

Quelques puissances électriques pour des dispositifs courants

Ampoule	Ordinateur	Micro-ondes	Machine à laver	Voiture électrique	Réacteur de centrale nucléaire
10 W	80 W	1 à 1,5 kW	2,2 kW	50 à 400 kW	1 à 1,5 GW

► Cas des conducteurs ohmiques

Si on associe la définition de la puissance ($P = U \cdot I$) et la loi d'Ohm ($U = R \cdot I$), on trouve la relation :

$$P = R \cdot I^2$$

puissance dissipée par un conducteur ohmique (en W)

résistance du conducteur ohmique (en Ω)

intensité du courant électrique traversant le dipôle ohmique (en A)

Cette puissance est dissipée sous forme de chaleur. C'est ce que l'on appelle l'**effet Joule**.

Même les fils de connexion ont une résistance bien qu'elle soit faible. Ainsi, tout circuit électrique produit de la chaleur, lors de son fonctionnement, par effet Joule.

EXEMPLE

Les armoires utilisées dans les centres de données comportent de nombreux ventilateurs (FIG. 6) afin de dissiper la chaleur produite par le fonctionnement des circuits.

Dans une source de tension réelle, la résistance interne va dissiper de la puissance par effet Joule.

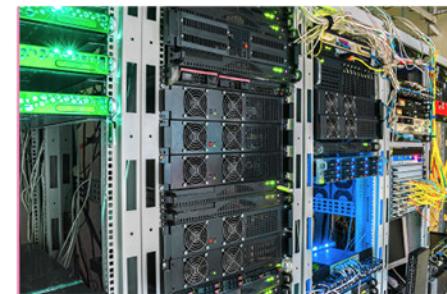


FIG. 6 Les ventilateurs d'une armoire de centre de données permettent la dissipation de la chaleur produite par effet Joule.

► Énergie

Si un dispositif électrique de puissance P est utilisé pendant une durée Δt , alors l'énergie utilisée ou fournie par ce dispositif est la suivante :

$$E = P \cdot \Delta t$$

énergie utilisée ou fournie par un dipôle (en J)

durée d'utilisation (en s)

puissance utilisée ou fournie par le dipôle (en W)

► Rendement d'un convertisseur

Un convertisseur transforme une forme d'énergie en une autre forme d'énergie (FIG. 7).

Une partie de l'énergie fournie au convertisseur est transformée sous une forme non utilisable : on parle d'énergie perdue. Cette perte d'énergie du dipôle se caractérise par son rendement :

$$\rho = \frac{E_u}{E_a}$$

rendement (sans unité)

énergie utile utilisée par le récepteur (en J)

énergie absorbée par le convertisseur (en J)

REPÈRE



► Les sociétés de distribution d'électricité comptabilisent cette énergie en $\text{kW} \cdot \text{h}$. Cela correspond à l'énergie convertie pendant une heure pour un appareil de 1 kW. Ainsi, $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 1\ 000 \times 3\ 600 = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$.

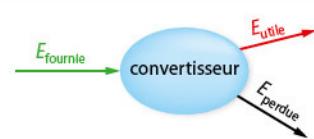
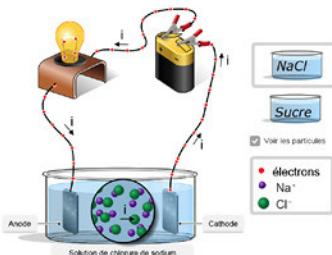


FIG. 7 Principe énergétique du convertisseur.

1 Le courant électrique

► Les conducteurs contiennent des **porteurs de charges** libres de se déplacer : les électrons libres dans les métaux, les ions dans les solutions.



Conduction électrique dans les solutions.

► Lorsqu'ils sont soumis à une tension électrique, les porteurs de charges se déplacent de façon **ordonnée**.

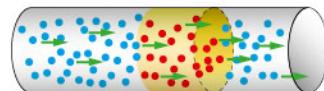
► Le **débit de charges électriques** est appelé **intensité du courant électrique** :

intensité du courant électrique (en A)

$$I = \frac{Q}{\Delta t}$$

pendant une durée Δt (en s)

charge électrique traversant une section du circuit (en C)



POUR VISUALISER

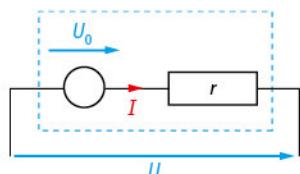


Courant électrique

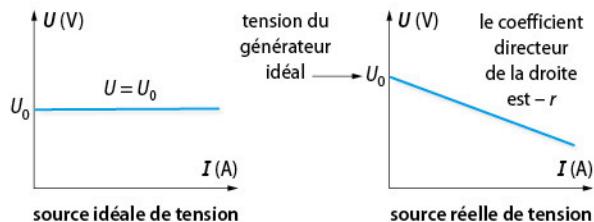
Une animation sur les porteurs de charges.

2 Source réelle de tension

► Une **source réelle de tension U** est modélisée par l'association en série d'une **source idéale de tension U_0** et d'une résistance appelée **résistance interne r** .



► Alors qu'une source de tension idéale délivre toujours une même tension, quelle que soit l'intensité du courant qui lui est demandée, la caractéristique d'une source réelle de tension n'est pas horizontale :



3 Puissance et énergie

Puissance d'un dipôle

$$P = U \cdot I$$

puissance électrique utilisée ou fournie par un dipôle (en W)

tension aux bornes du dipôle (en V)

intensité du courant électrique qui traverse le dipôle (en A)

Dans un circuit, la puissance fournie par la source de tension est égale à la somme des puissances utilisées par les dipôles passifs du circuit.

Énergie et rendement

$$E = P \cdot \Delta t$$

énergie utilisée ou fournie par un dipôle (en J)

puissance utilisée ou fournie par le dipôle (en W)

durée d'utilisation (en s)

Cas des conducteurs ohmiques

$$P = R \cdot I^2$$

puissance dissipée par effet Joule par un conducteur ohmique (en W)

résistance du conducteur ohmique (en Ω)

intensité du courant électrique traversant le dipôle ohmique (en A)

$$\rho = \frac{E_u}{E_a}$$

rendement (sans unité)

énergie utile utilisée par le récepteur (en J)

énergie absorbée par le convertisseur (en J)

Vérifier l'essentiel EN AUTONOMIE

Pour chaque question, choisir la ou les bonnes réponses. ➔ SOLUTIONS EN PAGE 423



1 Le courant électrique

	A	B	C
1 Dans la matière, les particules qui conduisent le courant électrique sont :	neutres.	chargées électriquement.	uniquement des électrons.
2 L'intensité du courant électrique correspond :	à la vitesse des charges électriques.	à l'énergie.	au débit des charges électriques.
3 L'intensité du courant électrique s'exprime en ampère (de symbole A). L'unité équivalente est :	le coulomb × seconde (de symbole C · s).	le coulomb + seconde (de symbole C · s ⁻¹).	le coulomb par mètre carré (de symbole C · m ⁻²).

2 Source réelle de tension

	A	B	C
4 Si on veut modéliser une source réelle de tension :	on associe une source de tension idéale et une résistance en série.	on associe une source de tension idéale et une résistance en dérivation.	on peut utiliser la modélisation suivante :
5 La caractéristique intensité-tension d'un générateur de tension réelle est la suivante :			

3 Puissance et énergie

	A	B	C
6 La formule pour calculer la puissance est :	$P = \frac{U}{I}$	$P = \frac{I}{U}$	$P = U \cdot I$
7 L'expression de la puissance dissipée par effet Joule est :	$P = R \cdot I$	$P = \frac{R}{I^2}$	$P = R \cdot I^2$
8 L'énergie convertie par un dispositif :	est proportionnelle à la puissance et à la durée d'utilisation du dispositif.	a pour expression $E = P \cdot t$	a pour expression $E = \frac{P}{t}$
9 Le rendement d'un convertisseur :	est inférieur ou égal à 1.	a pour expression $\rho = \frac{E_a}{E_u}$	a pour expression $\rho = \frac{E_u}{E_a}$

Acquérir les notions

1 Le courant électrique

Notions du programme

Porteur de charge électrique.
Lien entre intensité d'un courant continu et débit de charges
→ EXERCICES 10, 11, 12, 13, 14 et 15

Ce qu'on attend de moi

- Reconnaitre les espèces responsables du courant électrique dans les matériaux et connaître leur comportement.
- Connaître la relation :

$$I = \frac{Q}{\Delta t}$$

DONNÉES

- Charge de l'électron : $e = -1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$
- Constante d'Avogadro : $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

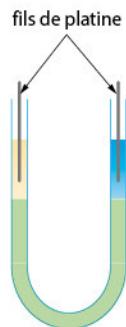
10 Séparation due à une source de tension

1. Un tube en « U » contient un mélange de plusieurs ions : potassium (K^+), sulfate (SO_4^{2-}) qui sont des ions incolores, cuivre (Cu^{2+}) qui donnent une coloration bleutée en solution et bichromate ($Cr_2O_7^{2-}$) qui donnent une coloration jaune en solution. Au départ, la solution est homogène et de couleur verte.

On plonge un fil de platine de chaque côté du tube en « U » dans la solution. Ces fils sont reliés aux bornes d'une source de tension.

Au bout d'un certain temps, on observe le résultat représenté par la figure ci-contre.

- Expliquer ce qui s'est passé dans le tube en « U ».
- De quel côté est reliée la borne positive de la source de tension ?



11 Quantités de charges électriques

Un fil de cuivre est traversé par un courant électrique d'intensité 0,10 A.

- Quelle charge (en coulomb) traverse une section de fil en une minute ?
- Combien d'électrons sont nécessaires pour obtenir cette charge ? (Exprimer le résultat en moles.)

12 Batterie de voiture

La capacité d'une batterie de voiture permet de connaître le nombre de charges potentielles qu'elle est capable de mettre en mouvement. Une batterie, pour un petit moteur diesel, a une capacité de 72 A.h (ampères-heures). Cela signifie que cette batterie pourra délivrer un courant continu d'une intensité de 72 A pendant 1 h.

- En déduire la charge totale mise en mouvement par la batterie.
- À combien d'électrons cela correspond-il ? (Exprimer le résultat en moles.)

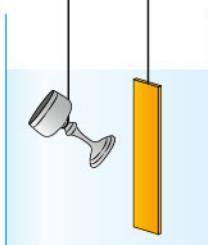
13 Décompte des charges

Un courant électrique circule dans un câble. Pendant une durée de 3,0 minutes, on dénombre $1,12 \times 10^{19}$ électrons libres qui ont traversé une section du câble.

- À quelle charge (en coulomb) cela correspond-il ?
- En déduire la valeur de l'intensité du courant électrique circulant dans ce câble.

14 Dépôts par électrolyse

Vers les bornes d'une source électrique de tension



Une des techniques pour argenter les métaux consiste à déposer le métal argent grâce à un courant électrique.

La pièce métallique, reliée à l'une des bornes d'un générateur, est plongée dans une solution contenant des ions Ag^+ . Une autre borne est immergée dans la solution pour fermer le circuit. Les ions Ag^+ viennent au contact du métal à argenter, ils gagnent un électron et se transforment en atome d'argent Ag qui se dépose à la surface.

Donnée : $M_{Ag} = 108 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

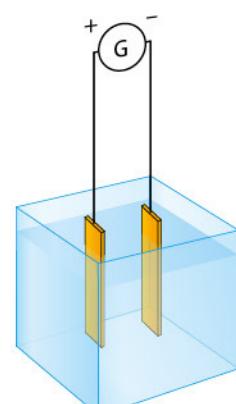
- Quelle est la charge, en coulomb, d'un ion Ag^+ ?
- À quelle borne du générateur est reliée la pièce à argenter ?
- Il s'est déposé 5,0 mg d'argent en 7 min 30 s d'expérience.
 - À quelle quantité de matière d'ion Ag^+ cela correspond-il ?
 - En déduire la charge, en coulomb, qui a été débitée dans le circuit.
 - En déduire l'intensité moyenne du courant électrique durant l'expérience.

15 Conductivité des ions

Une cellule de conductimétrie permet la mesure de l'aptitude d'une solution à conduire le courant électrique.

Elle est constituée de deux plaques métalliques parallèles de surfaces identiques.

Pour simplifier, on dira que seuls les ions contenus dans le volume délimité par les plaques participent à l'intensité du courant électrique.



- Pourquoi l'intensité du courant électrique est-elle proportionnelle à la concentration des ions en solution (pour des concentrations raisonnables) ?
- Le coefficient de proportionnalité est propre à chaque ion.

Pourquoi celui des ions Fe^{2+} est-il pratiquement deux fois plus important que celui des ions F^- ?

2 Source réelle de tension

Notions du programme

Modèle d'une source réelle de tension continue

→ EXERCICES 16, 17, 18, 19, 20 et 21

Ce qu'on attend de moi

- Savoir modéliser une source réelle de tension.
- Déterminer et exploiter la caractéristique intensité-tension d'une source réelle de tension.
- Expliquer les conséquences de la présence d'une résistance.

16 Source de tension modélisée

On considère une source de tension réelle dont la tension à vide est de 4,5 V et de résistance interne de 2 Ω.

1. Faire un schéma de l'équivalent électrique d'un tel générateur.
2. Qu'est-ce qu'une source idéale de tension ?
3. Représenter la caractéristique intensité-tension de la source réelle de tension pour des intensités de courants comprises entre 0 et 200 mA.

17 Caractéristique d'une pile



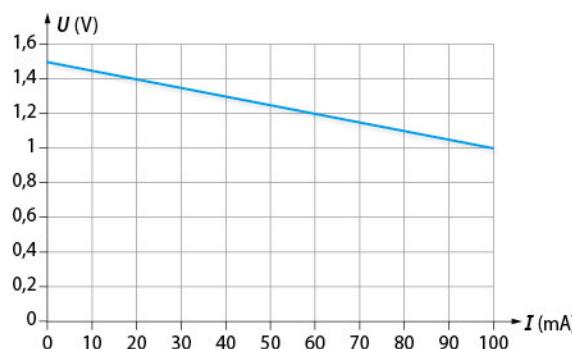
Lorsqu'une pile débite un courant électrique d'intensité 200 mA, la tension à ses bornes vaut 8,7 V et lorsque rien n'est branché à ses bornes, la tension électrique aux bornes de cette pile est de 9,0 V.

1. Qu'appelle-t-on tension « à vide » d'une pile ? Quelle est sa valeur pour la pile décrite ?
2. À partir de ces informations, construire la caractéristique intensité-tension de la pile pour des intensités de courants comprises entre 0 et 500 mA.
3. En déduire la valeur de la résistance interne de la pile.

18 À partir de la caractéristique intensité-tension

On donne la caractéristique intensité-tension d'un générateur réel de tension.

1. Modéliser une source réelle de tension avec un schéma électrique.



2. Déduire du graphique la tension à vide de la source réelle de tension et la résistance interne de la source réelle de tension.

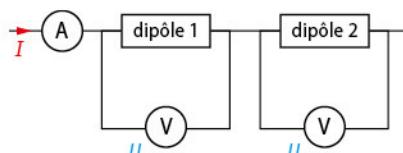
19 Pile et résistance interne

Une pile a une tension à vide de 1,5 V et une résistance interne de 1,5 Ω.

1. Construire la caractéristique intensité-tension d'une telle pile pour des intensités de courant électrique comprises entre 0 et 250 mA.
2. Quelle est la conséquence de la présence d'une résistance interne dans une source réelle de tension ?
3. Sans faire de calcul, tracer sur le même graphique l'allure de la caractéristique intensité-tension d'une pile de même tension à vide mais de résistance interne de 3 Ω.

20 Qui est qui ?

On effectue plusieurs mesures de tension aux bornes de deux dipôles disposés en série en faisant varier l'intensité du courant électrique qui les traverse.



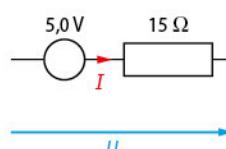
Les mesures sont consignées dans le tableau ci-dessous.

I (en mA)	0	20	40	60	80
U₁ (en V)	0	1,2	2,35	3,65	4,8
U₂ (en V)	4,5	3,85	3,3	2,75	2,1

1. Tracer les caractéristiques des deux dipôles.
2. Identifier le type de dipôle pour chacune des caractéristiques.
3. En déduire les paramètres permettant de modéliser ces dipôles.

21 Du schéma à la caractéristique

On propose le schéma de l'équivalent électrique d'une source réelle de tension suivant :



1. Tracer la caractéristique intensité-tension de cette source de tension pour des intensités comprises entre 0 et 100 mA.
2. Quelle est la tension aux bornes de la source réelle de tension quand l'intensité du courant est égale à 20 mA ?
3. Pour quelle intensité du courant électrique la tension aux bornes de la source est de 4,4 V ?

3 Puissance et énergie

Notions du programme

Puissance et énergie
Bilan de puissance dans un circuit
Effet Joule. Cas des dipôles ohmiques

→ EXERCICES 22
23 24 et 26

Rendement d'un convertisseur
→ EXERCICES 25 et 27

Ce qu'on attend de moi

- Connaître l'expression de la puissance électrique.
- Connaître l'expression de l'énergie.
- Connaître l'expression de la puissance dissipée par effet Joule.
- Connaître quelques exemples de puissance électrique.
- Connaître la relation entre puissance et énergie.
- Savoir définir le rendement d'un convertisseur.
- Savoir évaluer le rendement d'un convertisseur.

22 À qui est cette puissance ?

Associer chaque puissance proposée à un dispositif électrique représenté ci-dessous.

- 1 800 mW 2 100 W 3 150 kW 4 9 MW 5 4 GW



23 Entre le générateur et les lampes

Un générateur de tensions $U = 4,5 \text{ V}$ alimente deux lampes L_1 et L_2 en série dont la tension à leur bornes vaut respectivement de $3,2 \text{ V}$ et $1,3 \text{ V}$. Le circuit est traversé par un courant électrique d'intensité $I = 200 \text{ mA}$.

1. Calculer la puissance délivrée par le générateur et celle reçue par chacune des lampes.
2. Comparer la somme des puissances des lampes à la puissance délivrée par le générateur. Conclure.

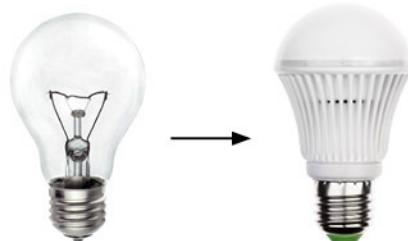
24 Même un petit fil, ça chauffe !

CALCUL MENTAL

Un fil conducteur est parcouru par un courant électrique d'intensité $I = 1,0 \text{ A}$. Il dissipe par effet Joule une puissance $P = 10 \text{ mW}$ sous forme de chaleur.

1. Calculer sa résistance électrique.
2. Si on veut que la puissance dissipée par effet Joule soit multipliée par 4, quelle doit être l'intensité du courant électrique qui doit traverser ce même fil ?

25 Comparaison de lampes



Les anciennes lampes à filament qui ne sont plus commercialisées avaient un rendement d'environ 2,0 %.

1. Pour une lampe à filament de $75,0 \text{ W}$ utilisée pendant une heure, calculer l'énergie dissipée sous forme de chaleur et celle fournie sous forme de lumière.
2. Les lampes DEL actuellement commercialisées qui produisent la même puissance lumineuse ont une puissance électrique de seulement $6,0 \text{ W}$. Calculer le rendement d'une telle lampe sur une heure.
3. Calculer le rendement électrique sur 30 minutes d'utilisation. Que remarque-t-on ?

26 Énergie dissipée par effet Joule

Une résistance de 30Ω est traversée par un courant électrique d'intensité $I = 7,74 \text{ A}$. Le circuit fonctionne ainsi pendant 10 minutes.



1. Calculer la puissance dissipée par effet Joule par la résistance.

2. Calculer l'énergie transformée sous forme de chaleur.

27 Le moteur électrique

Un moteur électrique est alimenté pendant 1 heure par une source de tension de 10 V qui délivre un courant électrique d'intensité 3 A . Le moteur électrique fournit une énergie mécanique de 105 kJ pendant la durée d'utilisation.



1. Calculer l'énergie fournie au générateur pendant la durée d'utilisation.

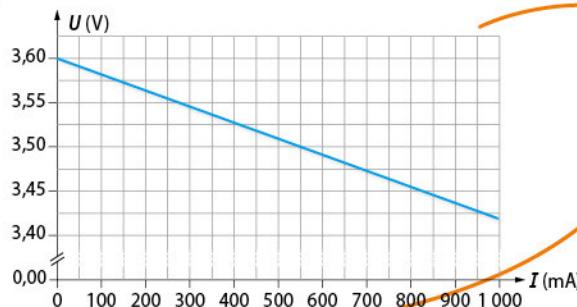
2. Calculer le rendement du moteur.

3. Une partie de l'énergie fournie au moteur a été convertie sous forme de chaleur par effet Joule. Calculer la valeur de la résistance électrique responsable de cette perte énergétique.

Exercice résolu EN AUTONOMIE

28 Batterie lithium-ion

À l'heure actuelle, la batterie lithium-ion est la plus utilisée pour les appareils nomades (téléphones portables, ordinateurs, etc.). La caractéristique intensité-tension d'une telle batterie est représentée ci-contre. La densité énergétique en réactif lithium est de $50 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$



LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

- La caractéristique intensité-tension donne toutes les informations sur la source de tension.
- La densité énergétique, d'après son unité, est la quantité d'énergie libérable en kJ pour 1 g de lithium.

- Déterminer la tension à vide de la pile ainsi que sa résistance interne.
- a. On considère une batterie contenant $0,97 \text{ g}$ de lithium. Si on néglige sa résistance interne, déterminer l'autonomie de la batterie dans le cas où elle débite un courant de 250 mA .
- b. Déterminer la puissance dissipée par effet Joule dans la batterie. En déduire le rendement de la batterie.

LES QUESTIONS À LA LOUPE

- Déterminer : mettre en œuvre une stratégie pour trouver un résultat.
- En déduire : intégrer les résultats précédents pour répondre.

EXEMPLE DE RÉDACTION

- D'après le graphique, la tension à vide est de $3,6 \text{ V}$ (pour $I = 0 \text{ A}$, $U = 3,6 \text{ V}$). La résistance interne peut se calculer à partir de deux points de la droite ($0 ; 3,6$) et ($550 ; 3,5$) :

$$\frac{3,5 - 3,6}{0,550 - 0} = -0,18 \text{ d'où } r = 0,18 \Omega.$$

- a. L'énergie contenue dans la batterie est de $0,97 \times 50 = 48,5 \text{ kJ}$ pour une puissance $P_0 = 3,6 \times 0,25 = 0,90 \text{ W} = 900 \text{ mW}$. La durée d'utilisation est :

$$\Delta t = \frac{48\,500}{0,9} = 54\,000 \text{ s} \approx 15 \text{ h.}$$

- b. La puissance dissipée par effet Joule est : $P = r \cdot I^2 = 0,18 \times 0,25^2 = 11 \text{ mW}$. En utilisant la puissance trouvée à la question 2.a, on exprime le rendement de la batterie :

$$\rho = \frac{900 - 11}{900} = 0,99 \text{ d'où } \rho = 99 \text{ %.}$$

QUELQUES CONSEILS

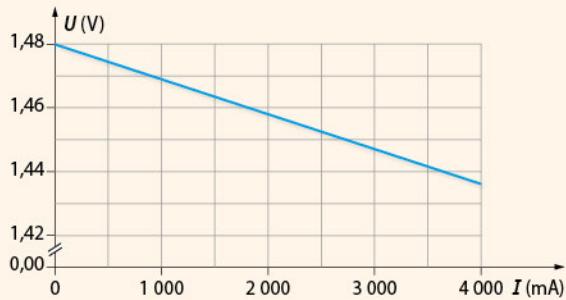
- b. Pour une durée donnée, le rendement peut s'exprimer comme le rapport entre la puissance délivrée par le convertisseur et la puissance fournie au convertisseur.

EXERCICE SIMILAIRE

29 La pile à combustible

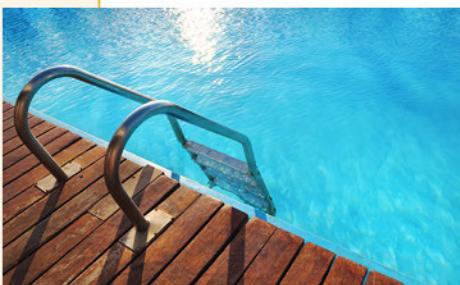
La pile à combustible sera peut-être, entre autre, la source d'énergie des voitures du futur. Son énergie provient de la réaction chimique : $\text{O}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\ell)$ qui produit 285 kJ d'énergie par mole de dihydrogène consommé. Sa caractéristique intensité-tension est représentée ci-contre.

- a. Quelle est l'énergie libérée par la réaction chimique pour $1,5 \text{ kmol}$ de dihydrogène ?
- b. Pour un véhicule roulant à $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, la batterie fournit une puissance de 45 kW . Combien de temps le véhicule peut-il rouler dans ces conditions ?
- a. Si le courant électrique vaut $2,25 \text{ A}$, déterminer la puissance électrique correspondant au générateur idéal de la pile à combustible.
- b. Déterminer la puissance dissipée par effet Joule. En déduire le rendement de la pile à combustible.



Exercice résolu EN AUTONOMIE

30 Électrolyseur pour piscine



L'eau des piscines « à sel » contient 4 g de chlore de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$) par litre d'eau. L'électrolyseur est constitué d'un générateur de tension relié à deux plaques parallèles immergées dans l'eau. Le générateur impose une tension de 4,0 V entre les plaques. L'eau se trouvant entre les plaques est alors traversée par un courant électrique d'intensité égale à 12 A. Au niveau de l'une des plaques, la production d'une molécule de dichlore produit 2 électrons.

LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

- Les espèces présentes dans l'eau sont porteurs de charges.
- Les principales grandeurs électriques sont données.
- Le nombre d'électrons mis en jeu par dichlore formé est cité.

Le dichlore formé sera utilisé pour désinfecter l'eau de la piscine.

Données : Nombre d'Avogadro : $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Charge d'un électron : $e = -1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$

1. **Expliquer** pourquoi l'eau de cette piscine permet le passage d'un courant électrique d'intensité aussi importante au niveau de l'électrolyseur.
2. a. L'électrolyse dure 5,0 h. **Déterminer** la charge totale qui a circulé pendant cette durée.
- b. **En déduire** le nombre de moles de dichlore fabriquées.
- c. **Déterminer** l'énergie mise en jeu lors de cette électrolyse.

LES QUESTIONS À LA LOUPE

- **Expliquer** : Donner une justification à une observation ou une affirmation.
- **Déterminer** : Mettre en œuvre une stratégie pour trouver un résultat.
- **En déduire** : intégrer les résultats précédents pour répondre.

EXEMPLE DE RÉDACTION

1. La présence d'ions $\text{Na}^+(\text{aq})$ et $\text{Cl}^-(\text{aq})$, qui sont des **espèces chargées et mobiles**, rend l'eau de la piscine **conductrice**.

2. a. $Q = I \cdot \Delta t = 12 \times 5 \times 3600 = 2,2 \times 10^5 \text{ C}$.

b. Soit N_e le nombre d'électrons qui ont circulé pendant cette durée : $N_e = \frac{Q}{|e|}$.

Soit n_e , le nombre de mole d'électrons : $n_e = \frac{N_e}{N_A} = \frac{Q}{N_A \cdot |e|}$.

Or, une mole de dichlore est fabriquée lorsque deux moles d'électrons ont circulé.

Ainsi $n_{\text{Cl}_2} = \frac{n_e}{2} = \frac{Q}{2 \cdot N_A \cdot |e|} = \frac{2,2 \times 10^5}{2 \times 6,022 \times 10^{23} \times 1,60 \times 10^{-19}} = 1,1 \text{ mol}$

c. L'énergie mise en jeu est : $E = P \cdot \Delta t = U \cdot I \cdot \Delta t = 4 \times 12 \times 5 \times 3600 = 8,6 \times 10^5 \text{ J}$.

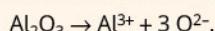
QUELQUES CONSEILS

2. b. Pour déterminer le nombre d'électrons, on divise la charge totale par la charge d'un électron. De même, pour déterminer le nombre de moles d'électrons, on divise le nombre total d'électrons par le nombre d'entités contenues dans une mole.

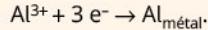
EXERCICE SIMILAIRE

31 Fabrication industrielle de l'aluminium

La fabrication de l'aluminium se fait industriellement à partir d'alumine Al_2O_3 dissoute dans un bain fluoré. La réaction suivante a lieu dans le bain :



La cuve dans lequel se trouve le bain est soumise à une tension de 4,20 V. Elle est traversée par un courant électrique de $3,5 \times 10^5 \text{ A}$. Dans l'usine de Dunkerque, 360 cuves sont alimentées en même temps, multipliant la puissance utilisée. Une énergie de $4,86 \times 10^{10} \text{ J}$ est nécessaire pour fabriquer une tonne d'aluminium, selon la réaction :



1. Expliquer pourquoi le bain de la cuve permet le passage d'un courant électrique d'intensité aussi importante au sein de celle-ci.

2. a. Déterminer la puissance totale fournie aux 360 cuves.

b. En déduire la durée de la production d'une tonne d'aluminium.

c. Déterminer la charge totale ayant circulé dans une cuve pendant cette durée.



Croiser les notions

DONNÉES

- ▶ Charge élémentaire : $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$;
- ▶ Constante d'Avogadro : $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

32 Puissance dans un circuit

Une source réelle de tension a pour tension à vide $U_0 = 5,0 \text{ V}$ et pour résistance interne $r = 2,0 \Omega$. Elle alimente un circuit comportant une lampe.

Le courant électrique qui circule dans le circuit a une intensité $I_1 = 2,50 \times 10^2 \text{ mA}$.

1. Quelle devrait être la puissance délivrée par la source de tension s'il n'avait pas de résistance interne ?

2. Calculer la puissance dissipée par effet Joule par la résistance interne.

3. En déduire la puissance effectivement délivrée par la source.

4. Considérons que le rendement de la source de tension est de 1 en l'absence de résistance interne. Calculer le rendement de la source réelle de tension.

5. On change la lampe ; le courant électrique a maintenant une intensité de 500 mA. Répondre aux questions 1, 2, 3 et 4 pour ce cas.

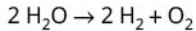
JE VÉRIFIE QUE J'AI...

- ▶ exprimé l'intensité du courant électrique en ampère ;
- ▶ tenu compte du nombre de chiffres significatifs de chaque valeur.

33 Électrolyse de l'eau

Deux électrodes de platine sont plongées dans une solution aqueuse contenant des ions. Ces électrodes sont reliées à une source de tension électrique.

L'énergie apportée à la solution permet de faire la transformation chimique suivante :



La production de 0,10 mol de dihydrogène nécessite en théorie 28,5 kJ d'énergie.

1. À quoi servent les ions dans la solution aqueuse ?

2. a. La tension étant de 1,48 V, quelle intensité électrique doit-on fournir pendant 1,00 h pour fabriquer 0,10 mol de dihydrogène ? On négligera les pertes énergétiques.

b. Calculer, en moles, le nombre d'électrons ayant circulés dans le circuit pendant la durée de l'expérience.

3. En réalité, la solution se comporte comme un conducteur ohmique de résistance $R = 1,14 \times 10^{-2} \Omega$.

a. Sous quelle forme sera dissipée une partie de l'énergie ?

b. Calculer la valeur de cette énergie dissipée dans les conditions de tension et d'intensité données à la question 2.

c. Calculer le rendement énergétique de la transformation dans les mêmes conditions.



34 La photopile



Une photopile peut être considérée comme une source de tension électrique qui convertit l'énergie lumineuse en énergie pouvant faire fonctionner un circuit électrique.

Pour un éclairage constant, on alimente un circuit avec une photopile et on mesure la tension à ses bornes et l'intensité du courant électrique qui la traverse. On obtient les valeurs consignées dans le tableau ci-dessous.

I (mA)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
U (mV)	370	365	358	350	335	315	290	260	220	130	0

1. Proposer le schéma d'un circuit permettant d'effectuer ces mesures.

2. a. Tracer la caractéristique intensité-tension de la photopile.

b. Pourquoi peut-on dire que ce dipôle peut être considéré comme une source de tension ?

c. Peut-on modéliser facilement cette source de tension ?

3. a. Calculer les valeurs de la puissance électrique.

b. Représenter graphiquement les variations de la puissance en fonction de l'intensité.

c. Quelle est la puissance maximale de ce dipôle ?

d. Quelle est alors l'intensité du courant électrique ?

35 Electroformage

L'électroformage consiste à fabriquer une pièce en métal par déposition électrolytique sur un substrat bien choisi.

On désire fabriquer un cylindre de zinc par cette technique.

On imprime le substrat dans une solution concentrée d'ions Zn^{2+} . On relie le substrat à la borne $-$ d'un générateur de tension. On plonge dans la même solution une barre de zinc reliée à la borne $+$ du générateur.

Donnée : $M_{\text{Zn}} = 65,4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

1. a. On dépose 50 mg de zinc en 20,0 min. Combien de moles d'électrons ont été nécessaires pour transformer les ions Zn^{2+} en atomes Zn ?

b. À quelle charge électrique cela correspond-il ?

c. Montrer que l'intensité du courant électrique moyen qui a circulé pendant la charge électrique est d'environ 120 mA.

2. La résistance interne de la solution est de 35Ω . En déduire l'énergie dissipée sous forme de chaleur par effet Joule.

JE VÉRIFIE QUE J'AI...

- ▶ exprimé le temps en secondes ;
- ▶ tenu compte du nombre de charge de l'ion Zn^{2+} .

36 La pile Volta

HISTOIRE DES SCIENCES

Une pile Volta est constituée d'un empilement répétitif et alterné (d'où le nom « pile ») d'un disque d'argent, d'un disque en carton imbibé d'une solution de chlorure de sodium de forte concentration et d'un disque de zinc, le tout formant une cellule. Un empilement de 3 cellules de ce type permet d'obtenir une tension à vide de 4,68 V. Lorsque cette pile fonctionne et débite un courant électrique d'intensité 1 mA, la tension aux bornes de la pile n'est plus que de 4,33 V.

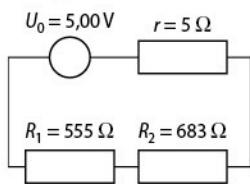


Une pile Volta est modélisable par un circuit équivalent constitué d'une source de tension idéale et d'une résistance en série.

1. Identifier, dans chaque disque de la pile, la nature des porteurs de charge.
2. Calculer la puissance électrique délivrée par la pile Volta dans les conditions de l'énoncé.
3. a. À partir des données fournies, tracer la caractéristique intensité-tension de la pile Volta.
b. En déduire la tension de la source idéale de tension et la valeur de la résistance utilisées pour la modélisation de la pile Volta.

37 Série ou dérivation ?

On considère le montage suivant :



1. a. Exprimer en fonction de l'intensité I qui circule dans le circuit :
 - la puissance délivrée par la source de tension réelle ;
 - la puissance dissipée par effet Joule dans chacune des deux résistances R_1 et R_2 .
- b. En déduire une expression de l'intensité I qui traverse le circuit électrique.
- c. Calculer I .
- d. Calculer le rendement énergétique de la source de tension.
2. Cette fois-ci, les résistances R_1 et R_2 sont branchées en dérivation. Les puissances dissipées par R_1 et R_2 sont respectivement de 43,6 mW et 35,4 mW.
 - a. En déduire la valeur de l'intensité du courant électrique qui traverse la source réelle de tension. (Remarque : $I < 20$ mA.)
 - b. En déduire le rendement énergétique de la source réelle de tension.

38 Pompage-turbinage



La technique de pompage-turbinage permet de stocker de l'énergie sous forme mécanique, par pompage d'eau, lorsque la demande sur le réseau électrique est faible. Cette énergie mécanique peut être convertie plus tard en énergie distribuable par le réseau électrique par turbinage de l'eau stockée lorsque la demande sur le réseau électrique devient plus importante. Parfois ces deux phases sont effectuées à l'aide d'un seul groupe réversible, capable de fonctionner tantôt comme alternateur, tantôt comme moteur.

1. On donne l'expression de la tension aux bornes d'un moteur en régime permanent : $U = U_0 + r \cdot I$ où U_0 est une tension qui dépend de la vitesse de rotation du moteur et où r est une résistance interne.
 - a. Représenter le modèle électrique équivalent au moteur.
 - b. Représenter schématiquement la caractéristique tension-intensité du moteur.
 - c. Un moteur peut-il être considéré comme une source réelle de tension ? Justifier.
2. Lorsqu'il fonctionne en alternateur, la tension aux bornes du moteur a pour expression : $U = U_0 - r \cdot I$. Répondre aux questions 1.a. ; 1.b. et 1.c. dans le cas de l'alternateur.
3. Pour une même tension de fonctionnement et une même intensité de courant électrique, les rendements des deux modes de fonctionnement sont pratiquement identiques. Proposer une explication.

39 Light emitting diode (LED)



The **lumen** (symbol: lm) is a measure of the total quantity of visible light emitted by a source. The theoretical limit of a source that fully transforms all the electrical energy into visible light is $683 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$.

A 25 W compact fluorescent lamp produces 1 600 lumens. It's equivalent to a 18 W LED lamp.



1. a. Calculate the theoretical yield of a 25 W compact fluorescent lamp.
- b. Calculate the theoretical yield of a 18 W LED lamp.
2. The electrical energy converted for one year (using the lamp 4 hours a day) with a 18 W LED lamp is 93.6 MJ. What is the electrical energy converted for one year (using the lamp 4 hours a day) with a 25 W compact fluorescent lamp?

40 Batterie de voiture électrique

DÉMARCHES DIFFÉRENCIÉES

Une voiture électrique est capable de parcourir 400 km à la vitesse constante de $110 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ en développant 67 ch de puissance. Le rendement du moteur électrique est de 95 %. Les batteries de cette voiture délivrent une tension de 350 V.

Donnée : $1 \text{ ch} = 745,7 \text{ W}$

DÉMARCHE AVANCÉE

Calculer l'énergie délivrée par ces batteries ainsi que leur capacité en coulomb.

DÉMARCHE ÉLÉMENTAIRE

1. a. Calculer la puissance du moteur en watt.
- b. Calculer la durée du trajet.
- c. En déduire l'énergie convertie par le moteur durant le trajet.
- d. Quelle énergie a été réellement délivrée par les batteries ?
2. a. Quelle est la puissance électrique délivrée par la batterie ?
- b. En déduire l'intensité du courant électrique délivrée par les batteries.
- c. Quelle est la charge totale qui a circulé dans le circuit d'alimentation du moteur électrique pendant la durée du trajet ?

41 Charge et décharge d'un accumulateur

Lorsqu'un accumulateur se charge, il convertit de l'énergie fournie par une source électrique en énergie chimique. Une partie de l'énergie reçue est dissipée par effet Joule.

D'un autre point de vue, tout se passe comme si l'accumulateur stockait des charges électriques afin de les libérer lors de sa décharge.

Pour recharger complètement un accumulateur, il faut lui fournir une énergie de 2 590 J. Pour cela, si on l'alimente par un courant constant, d'intensité $I = 75,0 \text{ mA}$, il faudra une durée de charge de 8,00 h. La résistance interne de cet accumulateur est de 3,20 Ω.

1. a. Donner l'expression de l'énergie dissipée par effet Joule au bout d'une durée Δt .
- b. Calculer l'énergie dissipée par effet Joule dans l'accumulateur.
2. Déterminer le rendement lors de la charge complète de l'accumulateur.
3. Quelle est la charge électrique accumulée pendant la phase de charge ?
4. a. Lors de la décharge de l'accumulateur, l'énergie chimique est libérée sous forme d'énergie utilisable dans un circuit électrique. Si le rendement de cette conversion est le même que précédemment, quelle énergie récupère-t-on ?
- b. Quel est le rendement pour un cycle complet (charge et décharge) ?

42 Rendement énergétique du transport électrique

Les câbles utilisés pour le transport de l'électricité à haute-tension possèdent une résistance électrique. Un câble de 100 km a une résistance de $5,0 \Omega$. À la sortie d'une centrale électrique, un transformateur élève la tension électrique à 400 kV, à puissance constante, afin de transporter l'énergie dans les câbles à haute-tension. L'intensité du courant électrique circulant dans les câbles est alors égale à 50 A.

1. a. On assimile le transformateur à une source idéale de tension. Faire un schéma équivalent de l'ensemble transformateur + câbles de transport.
- b. Expliquer les conséquences de la résistance électrique des câbles à haute tension.
2. a. Calculer la puissance à la sortie du transformateur.
- b. Calculer la puissance des pertes par effet Joule lors du transport sur 100 km.
- c. En déduire le rendement en bout de ligne, après un transport sur 100 km.
3. Imaginons que la tension ne soit que de 100 kV durant le transport de l'énergie.
 - a. La puissance au départ restant la même, calculer l'intensité du courant électrique dans la ligne de transport.
 - b. Reprendre les questions 2.b. et 2.c. avec ces nouvelles données. Conclure.

À L'ORAL

43 Rendement d'une source réelle de tension

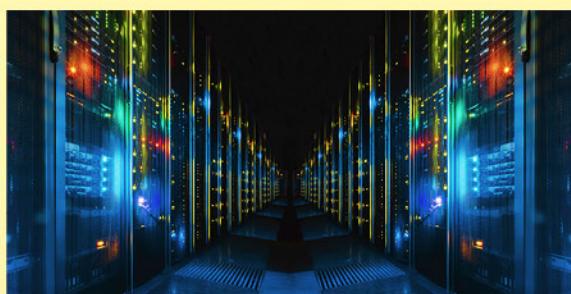
Une pile peut être modélisée par une source de tension idéale placée en série avec une résistance interne.

Préparer un exposé oral permettant d'expliquer pourquoi le rendement de la conversion d'énergie chimique en « énergie électrique » à l'intérieur d'une pile ne peut pas être de 100 % lorsqu'elle alimente un circuit électrique.

Cet exposé de quelques minutes devra utiliser les mots clés suivants : *énergie fournie par la transformation chimique* ; *énergie fournie par la source idéale de tension* ; *courant électrique* ; *résistance interne* ; *effet Joule* ; *énergie fournie par la source réelle de tension et rendement*.

44 RETOUR SUR LA PAGE D'OUVERTURE

Préparer un exposé expliquant pourquoi un data-center doit posséder un système de refroidissement efficace.



Acquérir des compétences

45 Lénigme de Volta DÉMARCHE EXPÉRIMENTALE

AN/RAI Faire des prévisions à l'aide d'un modèle

HISTOIRE DES SCIENCES

Lorsque Alessandro Volta invente sa pile il effectue plusieurs expériences dont notamment celle-ci : il branche un interrupteur aux bornes de sa pile et mesure ainsi à ses bornes une tension initiale non nulle. Il ferme l'interrupteur et constate que la tension est nulle. Il en conclue alors que sa pile est déchargée. Il ouvre de nouveau l'interrupteur et mesure une tension non-nulle, à peu près égale à celle initialement mesurée, concluant que la pile s'est rechargée spontanément.

Construire un raisonnement qui explique l'observation de Volta.



46 Rendement d'une éolienne TÂCHE COMPLEXE

AN/RAI Proposer une stratégie de résolution

On considère une éolienne dont les pâles occupent 675 m^2 de surface. Pour simplifier, on considère que le rendement total de la conversion dépend de deux facteurs : le rendement aérodynamique ρ_A (conversion d'énergie cinétique du vent en énergie mécanique de rotation du rotor) et le rendement de la génératrice électrique ρ_G , dont les pertes sont uniquement dues à l'effet Joule.

DOC 1 Fonctionnement d'une éolienne

Une éolienne convertit l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique par l'intermédiaire d'un rotor puis en énergie distribuable dans le réseau électrique grâce à une génératrice.



DOC 2 Puissance du vent

La puissance du vent dépend de la vitesse de celui-ci et aussi de la surface sur laquelle il agit ; son expression est la suivante :

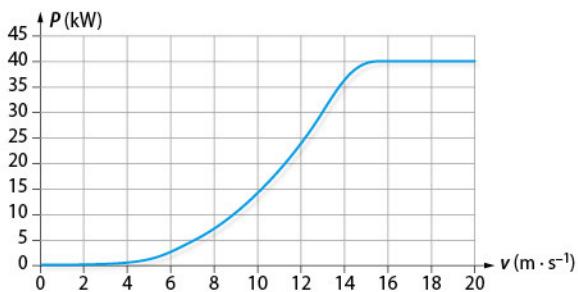
$$P = \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot v^3$$

puissance (en W) vitesse (en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
masse volumique de l'air (en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$) surface (en m^2)

À 20 °C, la masse volumique de l'air vaut $1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

DOC 4 Puissance électrique de l'éolienne

Puissance électrique délivrée en fonction de la vitesse du vent pour une éolienne de 675 m^2 de surface.



DOC 3 Générateur de l'éolienne

Expression de la tension aux bornes de la génératrice :

$$U = 690 - 0,55 \times I \quad (U \text{ en V et } I \text{ en A})$$

LE PROBLÈME À RÉSOUVRIR

Calculer le rendement aérodynamique ρ_A pour une vitesse de vent de $13 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

47 Une appli pour surveiller sa batterie

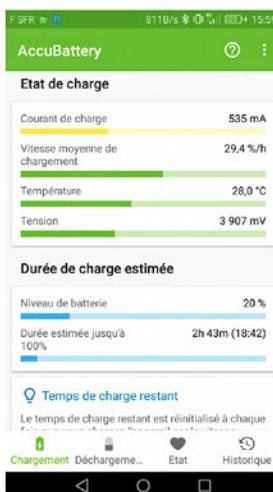
DÉMARCHES DIFFÉRENCIÉES

APP Rechercher et organiser l'information

Le document ci-dessous est une capture d'écran d'une application de smartphone permettant notamment de suivre l'évolution de la charge de la batterie.

DÉMARCHE EXPÉRTE

Déterminer la capacité de la batterie en coulomb, ainsi que son énergie en joule, lorsqu'elle est chargée à 100 %.

**DÉMARCHE AVANCÉE**

- Déterminer la quantité de charges en coulomb qui aura circulé pendant la durée encore nécessaire pour que la batterie soit chargée. Calculer l'énergie accumulée pendant cette même durée.
- a. Les quantités calculées correspondent à quel pourcentage total pour la batterie en charge ?
b. En déduire les valeurs correspondant à la batterie chargée à 100 %.

48 La puissance d'une source de tension

DÉMARCHE EXPÉIMENTALE

ECE

AN/RAT Élaborer un protocole**RÉA** Utiliser un modèle

On désire étudier le rendement d'une source de tension. On effectue une série de mesure et, grâce à un tableur-grapheur, on obtient le graphique ci-contre.

- Proposer un protocole permettant d'obtenir les valeurs représentées sur le graphique.
- Déduire de la lecture graphique la valeur de la tension à vide du générateur. Justifier.
- À partir du graphique, déterminer les valeurs de tension et d'intensité du courant électrique lorsque la puissance délivrée par la source de tension est maximale.
- a. En déduire la valeur de la résistance interne de la source de tension.
b. Calculer la puissance dissipée par effet Joule lorsque la puissance délivrée par la source de tension est maximale.
d. En déduire le rendement énergétique dans ces conditions.



DES PISTES POUR L'ORAL TERMINAL

Un projet sur la transmission du message nerveux permet de réinvestir des notions de physique et de chimie (charges électriques, ions, solution conductrice, etc.) mais aussi de SVT.

UNE SITUATION À L'ORIGINE DE MON PROJET

Dans le corps humain, le message nerveux se propage sous la forme d'un signal électrique grâce aux neurones appelés aussi cellules nerveuses.



DES DOCUMENTS POUR M'AIDER À L'ORIENTER

Principe de la propagation du potentiel d'action

Le potentiel d'action se déplace le long de l'axone grâce à un déséquilibre des charges de part et d'autre de la paroi de l'axone.

POUR VISUALISER

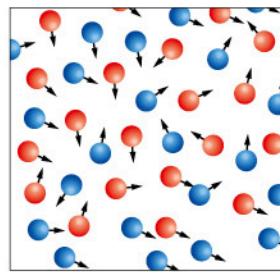


La propagation du potentiel d'action

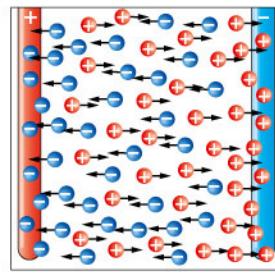
Une animation pour visualiser la propagation du potentiel d'action.

Courant électrique dans une solution aqueuse

Les solutions aqueuses contiennent des ions qui se déplacent dans une direction qui dépend du signe de leur charge.



sans tension électrique



avec tension électrique

DES PISTES DE RECHERCHE À EXPLORER

PHYSIQUE

Résistance électrique

Vitesse de déplacement

Tension et potentiel

Projet transmission du message nerveux

Migration des charges libres

CHIMIE

Ions

Axone myélinisé ou non myélinisé

SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

Solution aqueuse conductrice

Le vocabulaire scientifique à utiliser

- ion
- solution aqueuse

- tension électrique
- résistance électrique