

C. Électricité

Champ électrique

EL1 Deux charges ponctuelles

Soit une charge ponctuelle $q_1 = 27 \mu\text{C}$ située en $x = 0$ et une charge $q_2 = 3 \mu\text{C}$ en $x = 1 \text{ m}$.

- En quel point (autre que l'infini) la force électrique résultante exercée sur une troisième charge ponctuelle serait-elle nulle ?
- Reprenez la question avec $q_2 = -3 \mu\text{C}$. $(x=0,75\text{m} ; x=1,5\text{m})$

EL2 Proton et électron

- Pour quelle distance la force électrique entre un proton et un électron serait-elle égale à 1 N? $(r = 1,52 \cdot 10^{-14} \text{ m})$
- Calculer l'intensité de la force électrique s'exerçant entre l'électron et le proton dans un atome d'hydrogène sachant que leur distance est de 10^{-10} m .

EL3 Force électrique

Une charge ponctuelle $q_1 = 3,2 \text{ nC}$ est soumise à une force électrique ayant une intensité de $8 \cdot 10^{-6} \text{ N}$.

- Déterminez les caractéristiques du champ électrique en ce point.
- Quelle serait la force exercée sur une charge ponctuelle $q_2 = 6,4 \text{ nC}$ située au même point ?

EL4 Champ et forces électriques

Soit une charge $q_1 = 3 \text{ nC}$ située à l'origine et $q_2 = -7 \text{ nC}$ située en $x = 8 \text{ cm}$.

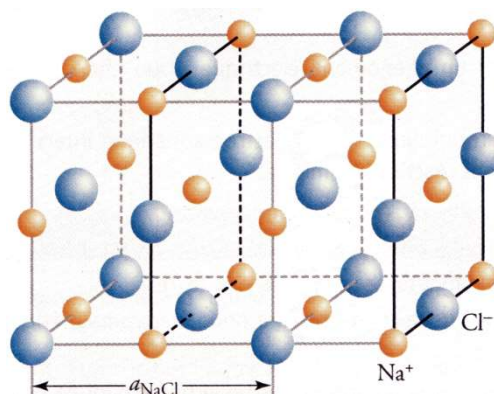
- Trouvez le champ électrique créé par q_1 au point où se trouve q_2 .
- Trouvez le champ électrique créé par q_2 au point où se trouve q_1 .
- Quelle est la force électrique exercée par q_1 sur q_2 ?
- Quelle est la force électrique exercée par q_2 sur q_1 ? $(E_1=4213 \text{ N/C} ; E_2=9830 \text{ N/C} ; F_{1/2} = 29,5 \mu\text{N} = F_{2/1})$

EL5 Cristal de chlorure de sodium

Le cristal de chlorure de sodium est constitué d'un empilement ordonné d'ions. Les ions Cl^- sont aux sommets de cubes contigus d'arête $a = a_{\text{NaCl}} = 556 \text{ pm}$ et aux centres de chaque face de ce cube. Les ions Na^+ sont situés au milieu de chaque arête et au centre de chaque cube.

- Déterminer les plus petites distances entre les centres de :
 - deux ions Cl^- respectivement deux ions Na^+ ;
 - un ion Cl^- et un ion Na^+ .
- Déterminer la force électrique entre :
 - deux ions Cl^- les plus proches ;
 - entre un ion Na^+ et un ion Cl^- les plus proches.
- Quel type de force maintient la cohésion du cristal ?

$$\left(\frac{\sqrt{2}}{2} a \text{ et } a/2 ; F_{\text{Cl}^-\text{Cl}^-} = 1,49 \text{ nN} ; \right)$$



Travail et potentiel électriques

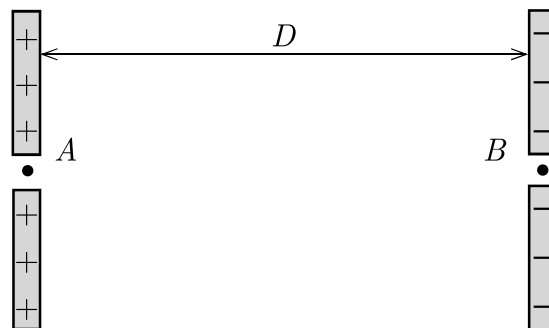
EL6 Champ et forces électriques

Un proton se déplace en ligne droite, dans le vide, de A vers B .

- Il passe en A à la vitesse $v_A = 2000 \text{ km/s}$. Quelle est son énergie cinétique $E_C(A)$, en joules, puis en électrons-volts ?
- Quelle tension U_{AB} faut-il appliquer entre les points A et B , pour que le proton passe au point B à la vitesse $v_B = 10000 \text{ km/s}$?
- Déterminer l'énergie cinétique du proton en B ainsi que la variation de l'énergie cinétique entre A et B . Conclure.
 ($E_{cA} = 20,9 \text{ keV}$; $U = 500 \text{ kV}$, $E_{cB} = 520,9 \text{ keV}$)

EL7 Particule alpha

Une particule α (noyau d'hélium), produite par une source radioactive, est émise au voisinage du point A avec une vitesse initiale négligeable.



- Quelle tension U_{AB} faut-il appliquer entre les plaques distantes de $D = 20 \text{ cm}$, pour que la vitesse des particules en B soit $v = 4 \cdot 10^5 \text{ m/s}$?
 ($U_{AB} = 1659 \text{ V}$)
- Calculer la vitesse des particules à mi-chemin entre A et B .
 ($v = 283 \text{ km/s}$)
- Donner les caractéristiques du champ électrique $\vec{E}$ entre les plaques. Tracer quelques lignes de champ.
 ($E = 8,30 \text{ kV/m}$)
- Quelle force la particule subit-elle ?
 ($F_{el} = 2,66 \cdot 10^{-15} \text{ N}$)
- Quelle est son accélération ?
 ($a = 4 \cdot 10^{11} \text{ m/s}^2$)
- Combien de temps la particule met-elle pour parcourir la distance AB ? ($t = 1 \mu\text{s}$)
- Quelle est en J, puis en eV, l'énergie cinétique d'une particule en B ?
 ($E_c = 5,32 \cdot 10^{-16} \text{ J} = 3318 \text{ eV}$)
- Calculer le potentiel d'un point situé à 5 cm, à 12 cm, à 18 cm de la plaque A . Calculer l'énergie potentielle d'une particule α en ces points. ($V_5 = 1244 \text{ V}$; $V_{12} = 664 \text{ V}$; $V_{18} = 166 \text{ V}$)

EL8 Pendule électrique

Un pendule électrique, constitué d'un fil de masse négligeable et d'une petite sphère isolante S de masse $m = 0,2 \text{ g}$, portant la charge $q = 2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, est suspendu entre deux plaques métalliques verticales P_1 et P_2 distantes de $d = 20 \text{ cm}$.

- On établit la tension $U = 4000 \text{ V}$ entre ces plaques de manière à créer entre celles-ci un champ électrique uniforme E . Quels sont la direction, le sens et l'intensité du champ E ? (On admet que ce dernier n'est pas perturbé par la présence de la charge q .)
- Faire un schéma montrant l'inclinaison subie par le pendule et calculer l'angle α entre le fil et la verticale lorsque l'équilibre est atteint. Cet angle dépend-il de la position initiale du pendule ? (On admet que la sphère S ne touche jamais l'une ou l'autre des plaques.)

- c) Le pendule est déplacé horizontalement, vers la droite, sur une distance $x = 2$ cm à partir de la position d'équilibre précédente. Calculer le travail de la force électrique qui s'exerce sur la boule pendant ce déplacement.

$$(E=20\text{ kV/m}, \alpha=11,5^\circ, W = -8 \text{ } \mu\text{J})$$

EL9 Différence de potentiel

Une particule de charge $q = -10^{-12}$ C est accélérée dans un champ électrique $\vec{E}$. Initialement au repos au point A , elle acquiert une énergie cinétique de 10 GeV au point B , après avoir parcouru une distance de 5 cm. Déduisez-en :

- a) la valeur de la différence de potentiel entre A et B ;
b) l'intensité E du champ électrostatique.

$$(V_A - V_B = -1,602 \text{ kV} ; E = 32,0 \text{ kV/m})$$

Condensateurs**EL10 Source de courant**

On charge un condensateur de capacité $C = 0,8 \mu\text{F}$ à l'aide d'une source de courant qui débite, pendant le temps $t = 2,5 \text{ s}$, un courant d'intensité constante $I = 22 \mu\text{A}$.

- Quelle est la charge acquise par le condensateur ?
- Quelle est la tension entre ses armatures ?

$$(Q = 55 \mu\text{C}, U = 68,75 \text{ V})$$

EL11 Énergie emmagasinée

Quelle doit être la capacité d'un condensateur pour qu'il emmagasine l'énergie électrostatique $E_{\text{el}} = 10^{-4} \text{ J}$ lorsqu'on applique entre ses armatures la tension $U = 100 \text{ V}$? Quelle énergie E_{el} possède-t-il lorsque la tension est $U = 200 \text{ V}$?

$$(C = 2 \cdot 10^{-8} \text{ F}, E_{\text{el}} = 0,4 \text{ mJ})$$

EL12 Capacité

Les armatures d'un condensateur plan sont distantes de 1 mm . Il règne entre les armatures un champ électrostatique uniforme $\vec{E}$ d'intensité 20 kV/m ; la charge Q du condensateur est, dans ces conditions, égale à 10^{-4} C .

- Quelle est la valeur de sa capacité C ?
- Calculer son énergie électrostatique E_{el} .

$$(C = 5 \mu\text{F})$$

$$(E_{\text{el}} = 1 \text{ mJ})$$

EL13 Capacité d'un condensateur plan

Les armatures d'un condensateur plan ont pour surface $S = 50 \text{ cm}^2$ et sont distantes de $d = 5 \text{ mm}$. L'espace entre les armatures est constitué par de l'air. Calculer sa capacité C .

$$(C = 8,854 \text{ pF})$$

EL14 Influence du diélectrique

Un condensateur plan comporte deux armatures de surface $S = 200 \text{ cm}^2$, séparées par un isolant de 3 mm d'épaisseur. Cet isolant pourra être successivement de l'air ou du mica ($\epsilon_r = 8$).

On charge le condensateur sous la tension $U = 200 \text{ V}$. On demande dans les deux cas de :

- Calculer sa capacité.
- Déterminer sa charge.
- Quelle est l'énergie emmagasinée ? Conclure.

$$(C_{\text{air}} = 0,059 \text{ nF} ; C_{\text{mica}} = 0,472 \text{ nF})$$

$$(Q = 11,8 \text{ nC} ; Q = 94 \text{ nC})$$

$$(E_{\text{el}} = 1,18 \mu\text{J}, E_{\text{el}} = 9,44 \mu\text{J})$$

EL15 Condensateur plan

Un condensateur plan est formé par des armatures de surface S , le diélectrique de permittivité ϵ_r a pour épaisseur e . On charge ce condensateur en le laissant connecté à un générateur fournissant une tension U .

Comment varient la capacité C , la charge Q et l'énergie E_{el} du condensateur si :

- S est divisée par 2 ?
- e est divisée par 2 ?
- U est divisée par 2 ?
- On décale l'une des armatures parallèlement à elle-même ?

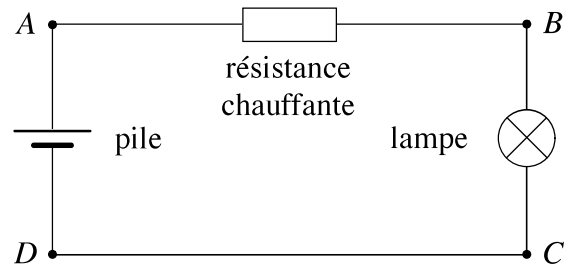
Refaire l'exercice dans le cas où on déconnecte le condensateur du générateur après l'avoir chargé sous une tension U .

Dipôles actifs

EL16 Circuit électrique

On considère le circuit ci-contre formé d'une pile de tension 6 V d'une résistance chauffante de valeur $R = 10 \Omega$ et d'une lampe. L'intensité du courant est $I = 0,45 \text{ A}$.

- Déterminer les potentiels en A , B et C en choisissant $V_D = 0$.
- Calculer la tension aux bornes de la lampe.



EL17 Générateur

La différence de potentiel aux bornes d'un générateur est de 8,75 V lorsqu'il débite un courant d'intensité 1,3 A et de 7,5 V lorsque le courant vaut 1,8 A.

Calculez la f.é.m. et la résistance interne de ce générateur.

$$(r = 2,5 \Omega; E = 12 \text{ V})$$

EL18 Puissance en fonction de l'intensité

Un générateur a une f.é.m. $E = 11 \text{ V}$ et une résistance interne $r = 5,5 \Omega$.

- Exprimez, en fonction de l'intensité I débitée :
 - la tension entre les bornes de ce générateur, $(U = 11 - 5,5I)$
 - la puissance utile fournie par ce générateur, $(P_{\text{utile}} = 11I - 5,5I^2)$
 - son rendement électrique. $(\eta = 1 - 0,5I)$
- Tracez la courbe représentant $P = f(I)$. Pour quelle valeur de l'intensité la puissance est-elle maximale ? $(P_{\text{maximal}} \text{ si } I = 1 \text{ A})$

EL19 Moteur électrique

Un moteur électrique a une f.c.é.m. $E' = 100 \text{ V}$ et une résistance interne $r' = 4 \Omega$.

- Quelle est l'intensité de courant qui traverse le moteur si la tension à ses bornes vaut 110 V ? $(I = 2,5 \text{ A})$
- Quelle est la tension à appliquer pour qu'il soit traversé par un courant d'intensité 4 A ? $(U = 116 \text{ V})$

EL20 Moteur électrique

Un moteur électrique de résistance $0,8 \Omega$ est parcouru par un courant de 10 A lorsqu'il est alimenté sous une tension de 90 V.

Déterminez :

- sa f.c.é.m., $(E' = 82 \text{ V})$
- la puissance reçue par ce moteur, $(P_{\text{reçue}} = 900 \text{ W})$
- la puissance utile fournie par ce moteur, $(P_{\text{utile}} = 820 \text{ W})$
- son rendement électrique. $(\eta = 91,1\%)$

EL21 Accumulateur

Un accumulateur de f.é.m. $E = 12 \text{ V}$ et de résistance interne $r = 1 \Omega$ alimente un moteur électrique de f.c.é.m. $E' = 10 \text{ V}$ et de résistance interne $r' = 2 \Omega$.

Déterminez :

- a) l'intensité du courant dans le circuit ; $(I = 2/3 \text{ A})$
- b) la tension entre les bornes de l'accumulateur ; $(U = 11,3 \text{ V})$
- c) la puissance utile fournie par le moteur ; $(P_{\text{utile}} = 20/3 \text{ W})$
- d) le rendement du moteur. $(\eta = 88,2\%)$

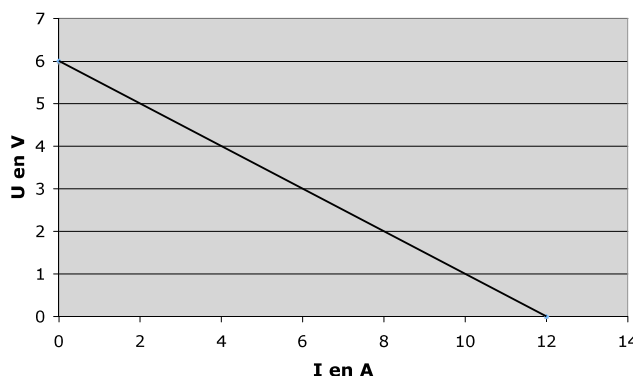
EL22 Moteur de pompe

Un générateur ($E = 12 \text{ V}$; $r = 0,1 \Omega$) alimente un moteur de pompe ($E' = 6 \text{ V}$; $r' = 0,5 \Omega$).

- a) Quelle sera l'intensité de courant dans le circuit, si le moteur est directement relié au générateur ? $(I = 10 \text{ A})$
- b) Il peut arriver qu'un caillou bloque la pompe (le moteur ne tourne plus). Quelle sera alors l'intensité de courant ? $(I = 20 \text{ A})$
- c) Au-delà d'une intensité de 12 A , le moteur risque de se détériorer. Quelle résistance minimale R faut-il brancher en série, pour qu'en cas de blocage, l'intensité ne dépasse pas la valeur limite ? $(R = 0,4 \Omega)$

EL23 Caractéristique d'un accumulateur

On enregistre la caractéristique suivante :



- a) Tracez le dispositif expérimental qui conduit à cette mesure.
- b) Dédurre du graphique l'intensité du courant court-circuit, et la f.é.m. et la résistance interne de l'accumulateur. $(E = 6 \text{ V} ; r = 0,5 \Omega)$
- c) Expliquez les transformations d'énergie qui ont lieu.

EL24 Génératrice

Une génératrice de courant continu convertit une puissance mécanique de $P_m = 1,86 \text{ kW}$ en énergie électrique. La tension à ses bornes est de 112 V et elle débite un courant électrique de $14,2 \text{ A}$.

- a) Calculer la puissance électrique fournie par cette génératrice au circuit extérieur.
- b) Calculer la puissance du transfert thermique dissipé par effet Joule.
- c) Quelles sont la f.é.m. de la génératrice ainsi que sa résistance interne r ?
- d) Sous forme d'un schéma, faire un bilan d'énergie de cette génératrice en terme de puissance.

$$(P_{el} = 1590 \text{ W} ; P_{th} = 270 \text{ W} ; E = 131 \text{ V} , r = 1,34 \Omega)$$

EL25 Pile électrochimique

On se propose de tracer la caractéristique $U = f(I)$ d'une pile électrochimique en utilisant comme instrument de mesure deux multimètres. On dispose également d'un rhéostat et des fils de jonction nécessaires.

- Faire le schéma du montage électrique permettant d'effectuer ce tracé. Préciser le rôle de chacun des multimètres employés.
- Les différentes mesures sont consignées dans le tableau suivant:

I en mA	0	100	200	300	400	500	600
U_{PN} en V	4,7	4,54	4,40	4,27	4,13	3,98	3,82

- Tracer la caractéristique de la pile.
- En utilisant le tracé, déterminer la f.é.m. E de la pile et sa résistance interne r et donner l'équation de la caractéristique
- Si la pile était mise en court-circuit, quelle serait alors l'intensité I_{cc} du courant électrique ?

EL26 Moteur électrique

Un moteur électrique ($E' = 4 \text{ V}$; $r' = 4 \Omega$) est alimenté par un générateur ($E = 12 \text{ V}$; $r = 2 \Omega$).

- Calculer la tension aux bornes du moteur et l'intensité qui le traverse. ($U=28/3\text{V}$; $I=4/3\text{A}$)
- Le moteur est bloqué. Que deviennent la tension et l'intensité ? ($U=8\text{V}$; $I=2\text{A}$)

EL27 Cellule à électrolyse

Une cellule à électrolyse a une f.c.é.m. $E' = 1,6 \text{ V}$ et une résistance interne $r' = 0,1 \Omega$.

- On applique une tension $U_1 = 2,1 \text{ V}$. Calculer l'intensité I_1 du courant qui traverse la cellule à électrolyse.
- On veut que l'intensité du courant soit $I_2 = 8 \text{ A}$. Quelle est la tension U_2 à appliquer ?
- Calculer la puissance électrique reçue par la cellule ainsi que la puissance dissipée par effet Joule.
- En déduire le rendement de la transformation d'énergie dans l'électrolyseur.
- On veut que la puissance électrique consommée par l'électrolyseur soit de $15,5 \text{ W}$. Quelle tension faut-il appliquer ?

$$(I=5\text{A} ; U=2,4\text{V} ; P_{el} = 19,2\text{W} , P_{th} = 6,4\text{W} ; \eta = 66,7\% ; U = 2,28\text{V})$$

EL28 Pile

Une pile de f.é.m. $E = 4,5 \text{ V}$ et de résistance interne $r = 2 \Omega$ est branchée aux bornes d'un conducteur ohmique de résistance R . L'intensité du courant qui traverse le circuit est $I = 0,3 \text{ A}$.

- Déterminer la tension aux bornes de la pile et la puissance électrique qu'elle fournit.
- Calculer la valeur de la résistance R .
- Calculer la puissance totale dissipée par effet Joule dans ce circuit.

$$(U_{pile}=3,9\text{V} , P_{el} = 1,17\text{W} ; R = 13\Omega ; P_{th} = 1,35 \text{ W})$$

EL29 Générateur

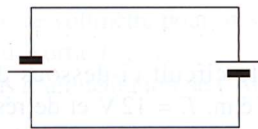
Un générateur de f.é.m. $E = 33 \text{ V}$ débite un courant d'intensité $I = 11 \text{ A}$ lorsqu'il est connecté à un conducteur ohmique de résistance $R = 2,5 \Omega$. Calculer :

- a) la puissance dissipée par effet Joule dans le conducteur ohmique, ($P_{th} = 302,5 \text{ W}$)
- b) la puissance totale disponible dans le générateur, ($P_{chim} = 363 \text{ W}$)
- c) la puissance dissipée par effet Joule dans le générateur, ($P_{chim} = 60,5 \text{ W}$)
- d) la résistance interne du générateur. ($r = 0,5 \Omega$)

EL30 Deux piles

On considère le circuit suivant formé de deux piles de même f.é.m. $E = 4,5 \text{ V}$ et de même résistance interne $r = 1,5 \Omega$.

Calculer:



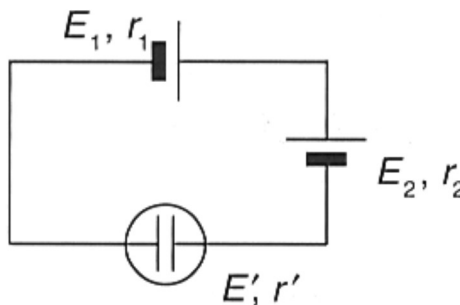
- a) l'intensité du courant qui traverse le circuit ;
- b) la puissance totale dissipée par effet Joule.
- c) Reprendre les mêmes questions après avoir inversé le sens de l'une des deux piles.

$$(I = 3 \text{ A}, P_{therm} = 27 \text{ W}, I = 0 \text{ A})$$

EL31 Circuit électrique

On considère le circuit suivant comportant l'association en série de deux accumulateurs (E_1, r_1) et (E_2, r_2), et d'un électrolyseur (E', r') :

$E_1 = 12 \text{ V}$; $r_1 = 4 \Omega$; $E_2 = 4 \text{ V}$; $r_2 = 3 \Omega$; $E' = 3 \text{ V}$; $r' = 2 \Omega$.



- a) Déterminer le sens et l'intensité du courant dans le circuit.
- b) Comment fonctionne l'accumulateur 2 ?

Calculer:

- c) la puissance totale fournie par l'accumulateur 1 ;
- d) la puissance électrique reçue par l'accumulateur 2 ;
- e) la puissance électrique reçue par l'électrolyseur.

$$(I = 0,55 \text{ A}, P_{tot \text{ fournie } 1} = 6,67 \text{ W}, P_{\text{él fournie } 1} = 5,43 \text{ W}, P_{\text{él reçue } 2} = 3,15 \text{ W}, P_{\text{él reçue } e'} = 2,28 \text{ W})$$