

I Synthèse de la butanone à partir du butan-2-ol 8points

➤ Principe de la synthèse

Le but du TP est la synthèse de la butanone par oxydation du butan-2-ol par de l'eau de javel en milieu acide éthanoïque (l'acide éthanoïque est le solvant). La butanone est présente dans notre environnement naturel et industriel. C'est un liquide d'odeur assez agréable, entrant dans la composition de peintures pour sa forte volatilité, qui permet un séchage rapide, et de sa capacité à dissoudre un grand nombre de substances. Elle est aussi utilisée dans la confection de colles et d'agents nettoyant.

Données

	M (g.mol ⁻¹)	Température de fusion θ_{fus} (°C)	Température d'ébullition θ_{Eb} (°C)	Densité d
butan-2-ol	74	- 115	94	0,81
butanone	72	- 87	80	0,81
Acide éthanoïque	60	17	118	1,05

L'eau de javel est un mélange équimolaire d'hypochlorite de sodium ($Na^+_{aq} + ClO^-_{aq}$) et de chlorure de sodium ($Na^+ + Cl^-$). La concentration molaire en ions hypochlorite ClO^- d'une eau de javel à 48 °chl vaut 2,14 mol.L⁻¹.

En milieu acide éthanoïque, l'ion hypochlorite ClO^- se transforme en acide hypochloreux $ClOH$, l'espèce qui oxyde le butan-2-ol est l'acide hypochloreux $ClOH$.

Les couples oxydoréducteurs intervenant au cours de cette transformation sont :

- $ClOH/Cl^-$
- butanone/butan-2-ol

Questions préliminaires

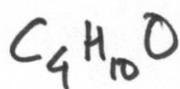
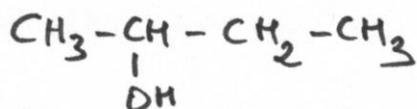
Dans les conditions expérimentales de température et de pression, donner l'état physique (solide, liquide ou gazeux) du butan-2-ol et de la butanone. Justifier.

A température ambiante, on est largement au dessus^{/1} de la T° de fusion et bien en dessous de celle d'ébullition.

Ces 2 produits sont donc liquides

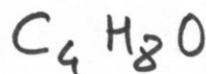
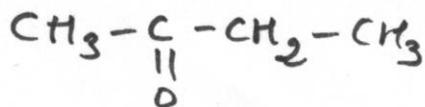
Ecrire les formules semi-développées du butan-2-ol et de la butanone. En déduire les formules brutes et les masses molaires de ces molécules. Compléter le tableau ci-dessus.

butan-2-ol



$$\begin{aligned} M &= 4M_C + 10M_H + M_O \\ &= 4 \times 12 + 10 \times 1 + 1 \times 16 \\ &= \underline{74 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \end{aligned}$$

butanone



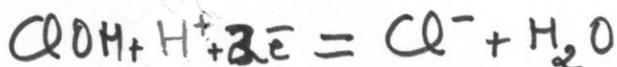
$$\begin{aligned} M &= 4M_C + 8M_H + M_O \\ &= 4 \times 12 + 8 \times 1 + 16 \\ &= \underline{72 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \end{aligned}$$

Quelle est la classe du butan-2-ol ?

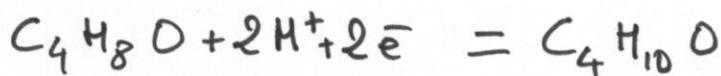
C'est un alcool II car le carbone fonctionnel est lié à 2 autres carbones

/0,5

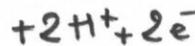
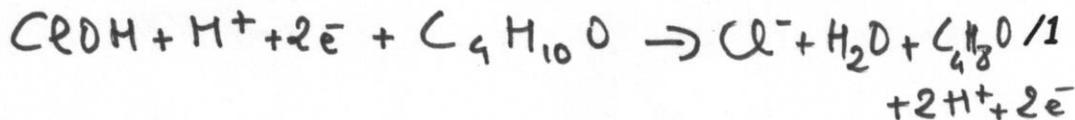
Ecrire les demi équations des deux couples mis en jeu : ClO₂⁻/Cl⁻ et butanone/butan-2-ol.



/1

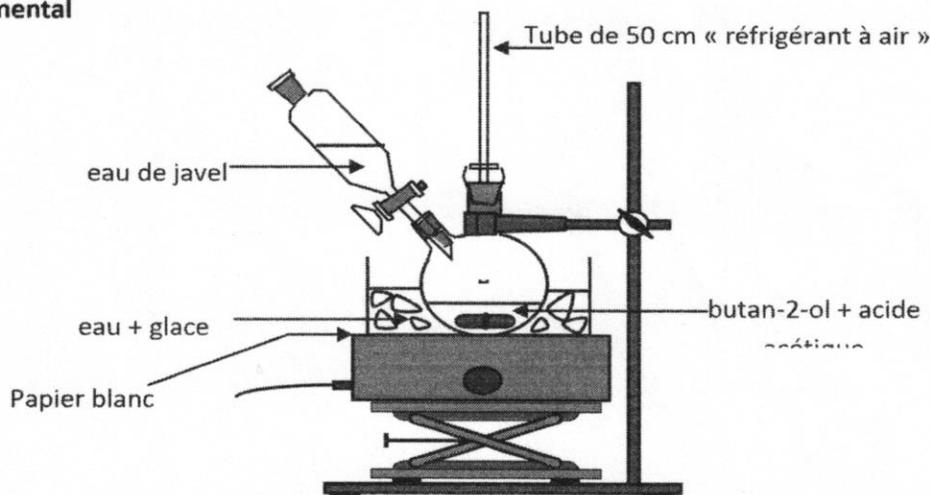


En déduire l'équation de la réaction qui est associée à la transformation réalisée dans ce TP.



> Mode opératoire (METTRE DES GANTS ET DES LUNETTES)

Montage expérimental



Une ampoule de coulée est adaptée à l'autre col du ballon et permet de verser lentement l'eau de javel dans le mélange butan-2-ol et acide acétique.

Quel est le rôle du réfrigérant à air ?

Son rôle est de refroidir les vapeurs pour les liquéfier et donc éviter l'évaporation des substances.

10,5

Mise en place des réactifs et déroulement de la transformation chimique

Sous la hotte, introduire les réactifs dans le ballon :

- 9,1 mL de butan-2-ol, (mesurés à l'éprouvette)

- 15 mL d'acide éthanoïque pur.

Mettre l'agitateur magnétique en fonctionnement.

Introduire dans l'ampoule de coulée 50 mL d'eau de javel à 48°chloré et faire couler l'eau de javel par fractions de quelques mL. Lorsque la réaction se produit, la solution se décolore. Attendre la décoloration entre les ajouts. La durée de cette opération est environ 10 minutes.

La butanone est ensuite récupérée par distillation. Après séchage, on récupère 4,6 g de butanone.

Calculer le rendement de la réaction.

12

$$n_{\text{ClOH}} = C \cdot V = 2,14 \times 50 \cdot 10^{-3} = 1,07 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V = 0,81 \times 9,1 = 7,37 \text{ g}$$

$$n_{\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}} = \frac{m}{M} = \frac{7,37}{74} = 9,96 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

ClOH et $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ réagissent "mole à mole", $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ est donc le réactif limitant et $x_{\text{max}} = 9,96 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

$$n_{\text{Butanone}} = x_{\text{max}} = 9,96 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

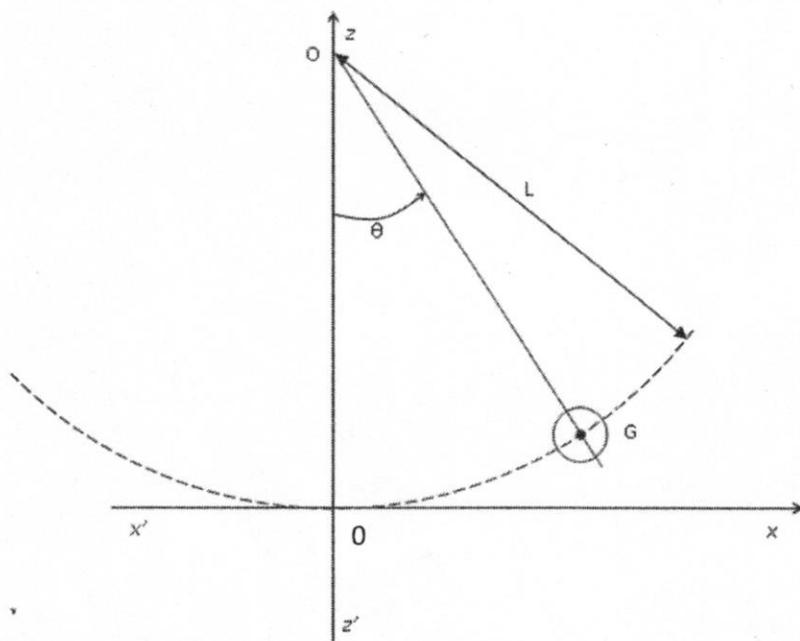
$$m = n \times M = 9,96 \times 10^{-2} \times 72 = 7,17 \text{ g}$$

$$r = \frac{m_{\text{exp}}}{m_{\text{theo}}} \times 100 = \frac{4,6}{7,17} \times 100 = 64\%$$

$$\underline{\underline{r = 64\%}}$$

II Le pendule 10 points

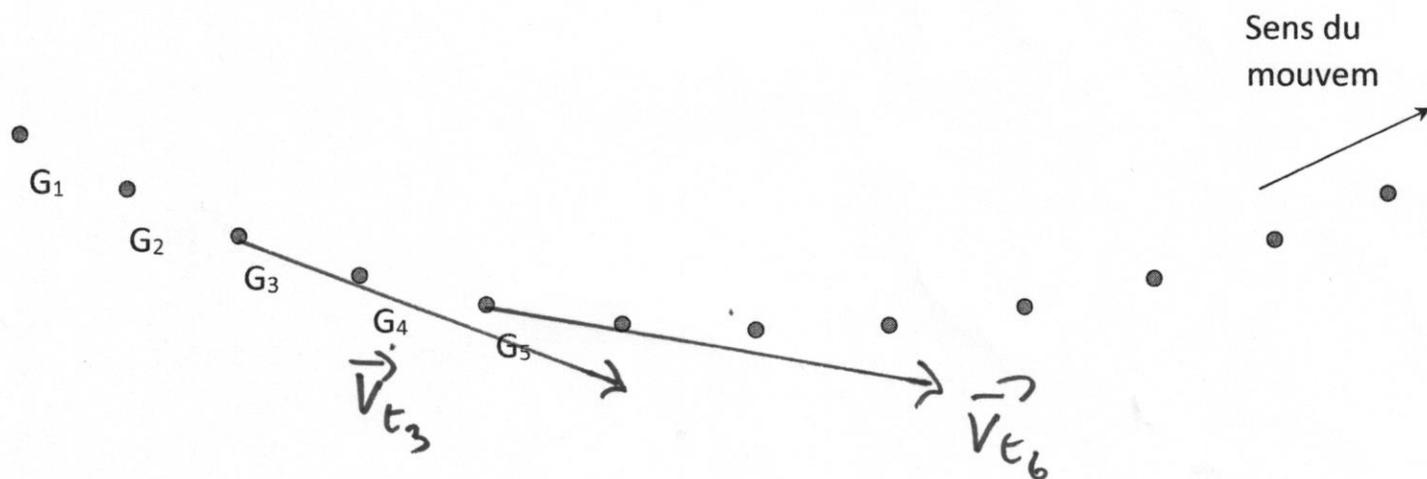
Le mouvement d'un pendule a été enregistré à l'aide d'un logiciel de pointage. Ce pendule est constitué d'une masse m suspendue à l'extrémité d'un fil de longueur L . Le plan vertical du mouvement du pendule est rapporté à un axe horizontal xx' et à un axe vertical zz' , d'origine G_0 , orientés comme l'indique la figure ci-dessous.



Données : $L = 41 \text{ cm}$; $m = 236 \text{ g}$; $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$

À l'aide du logiciel adapté, on enregistre les différentes positions du centre d'inertie G du mobile. On obtient la succession de points représentée sur le document n°1.

Document n°1 : positions du centre d'inertie du mobile (échelle 1)



Étude du mouvement

L'intervalle de temps entre deux points consécutifs est $\tau = 30 \text{ ms}$.

Déterminer les valeurs v_3 et v_5 des vecteurs vitesse instantanée du centre d'inertie du mobile aux points G_3 et G_5 . Représenter ces vecteurs, sur le document n°1, à l'échelle : $1 \text{ cm} \rightarrow 0,1 \text{ m.s}^{-1}$.

$$v(t_3) = \frac{G_2 G_4}{t_4 - t_2} = \frac{3,3 \cdot 10^{-2}}{30 \times 2 \times 10^{-3}} = \underline{0,55 \text{ m.s}^{-1}}$$

/2

$$v(t_5) = \frac{G_4 G_6}{t_6 - t_4} = \frac{3,6 \cdot 10^{-2}}{30 \times 2 \times 10^{-3}} = \underline{0,60 \text{ m.s}^{-1}}$$

Étude énergétique

Étude théorique

Rappeler l'expression en explicitant chaque terme :

- de l'énergie cinétique du pendule simple ainsi constitué,

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

E_c : énergie cinétique (J)

/0,5

m : masse (kg)

v : vitesse (m.s^{-1})

- de l'énergie potentielle du pendule en fonction de z . Le niveau de référence des énergies potentielles est choisi à la position d'équilibre.

$$E_{pp} = m g h$$

m : masse (kg)

/0,5

h : hauteur (m)

E_{pp} : Énergie pot de pesanteur (J)

g : intensité de la pesanteur (m.s^{-2})

- Donner l'expression de l'énergie mécanique totale du pendule.

$$E_M = E_c + E_{pp}$$

/0,5

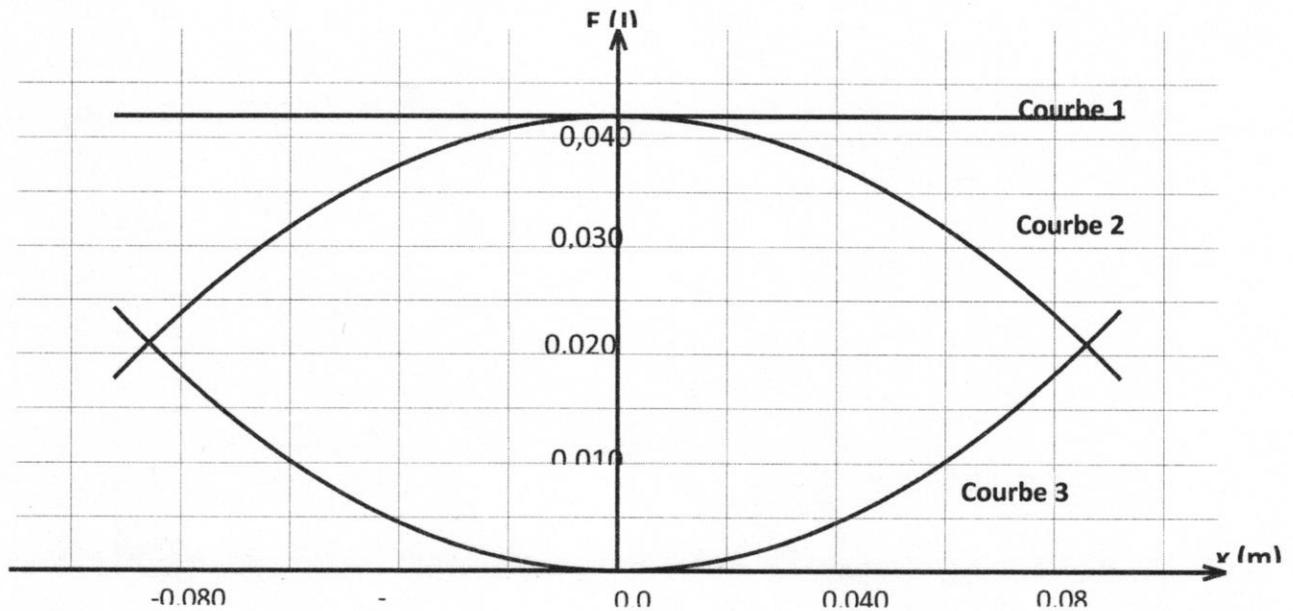
E_M : énergie mécanique (J)

Exploitation des courbes d'énergie

En justifiant votre choix, attribuer l'énergie correspondant à chaque type de courbe ci-après.

courbe 3 : minimale à la verticale (hauteur la plus faible)

/1



courbe 2 : maximale à la verticale $\Rightarrow E_c$ car v est maximale

courbe 1 : E_m car c'est la somme des 2 autres.

Expliquer brièvement ce qui se passe du point de vue énergétique lors des oscillations.

Lors des oscillations, il y a transfert d'énergie /1
potentielle en énergie cinétique lorsqu'il descend
et inversement.

Calculer les valeurs

- de la vitesse maximale du pendule,

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow v^2 = \frac{2E_c}{m} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} \quad /1$$

$$E_{c \max} = 0,040 \text{ J} \quad v = \sqrt{\frac{2 \times 0,040}{0,236}} = 0,50 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\underline{v_{\max} = 0,50 \text{ m.s}^{-1}}$$

- de la hauteur maximale atteinte par le pendule

$$E_{pp} = m g h \quad h = \frac{E_{pp}}{m g} \quad /1$$

$$E_{pp \max} = 0,040 \text{ J} \quad h = \frac{0,040}{0,236 \times 9,8} = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$h = 1,8 \text{ cm}$$

Étude des oscillations

To est la période des oscillations.

A l'aide d'un calcul sur les unités, montrer qu'une seule formule ci-dessous est possible.

$$T_0 = 2\pi \frac{mg}{L}; \quad T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{g}{L}}; \quad T_0 = 2\pi \frac{L}{g}; \quad T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}.$$

$$\frac{2\pi mg}{L} : \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}}{\text{m}} = \frac{\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}}{\text{m}} \quad /1$$

$$2\pi \sqrt{\frac{g}{L}} = \sqrt{\frac{\text{m} \cdot \text{s}^{-2}}{\text{m}}} = \sqrt{\text{s}^{-2}} = \text{s}^{-1}$$

$$2\pi \frac{L}{g} : \frac{\text{m}}{\text{m} \cdot \text{s}^{-2}} = \text{s}^2$$

$$2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} = \sqrt{\frac{\text{m}}{\text{m} \cdot \text{s}^{-2}}} = \sqrt{\text{s}^2} = \text{s} \rightarrow \text{Seule expression qui est homogène à un temps comme } T$$

donc $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$

En déduire la valeur la période propre des oscillations du pendule étudié.

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{0,41}{9,8}} = \underline{1,3 \text{ s}} \quad /1$$

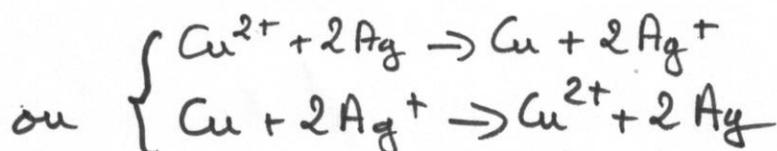
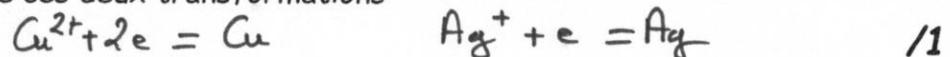
Dans la réalité, au cours du temps, on constate que les oscillations sont légèrement amorties. Quelle est l'origine de cet amortissement ?

L'origine de l'amortissement est l'existence de frottements. /0,5

III Étude de la pile Cuivre-Argent 6 points

A partir des couples oxydant/réducteur $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}/\text{Cu}_{(\text{s})}$ et $\text{Ag}^{+}_{(\text{aq})}/\text{Ag}_{(\text{s})}$ on peut envisager deux transformations.

Ecrire les équations de ces deux transformations



Transformation chimique spontanée par transfert direct d'électrons

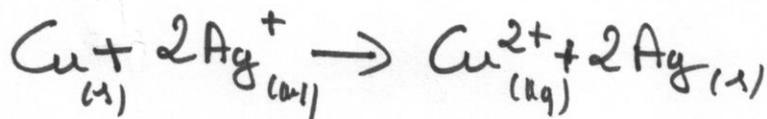
Un élève réalise l'expérience dont le protocole est donné ci-dessous :

- Verser dans un bécher un volume $V_1 = 50 \text{ mL}$ de solution de sulfate de cuivre (II) de concentration molaire $C_1 = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$ et un volume $V_2 = 50 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse de nitrate d'argent de concentration molaire $C_2 = 0,50 \text{ mol.L}^{-1}$. La solution de sulfate de cuivre est bleue, celle de nitrate d'argent incolore.
- Plonger un fil d'argent et ajouter 3 g de poudre de cuivre de couleur rouge.
- Filtrer la solution obtenue et observer sa couleur.

L'élève note dans son compte rendu de TP : "On observe un léger dépôt gris et une intensification de la coloration bleue"

Parmi les deux réactions possibles quelle est celle associée à la transformation chimique du système? Justifier.

dépôt gris : formation d'argent
intensification de la couleur bleue : formation d'ions Cu^{2+} /1

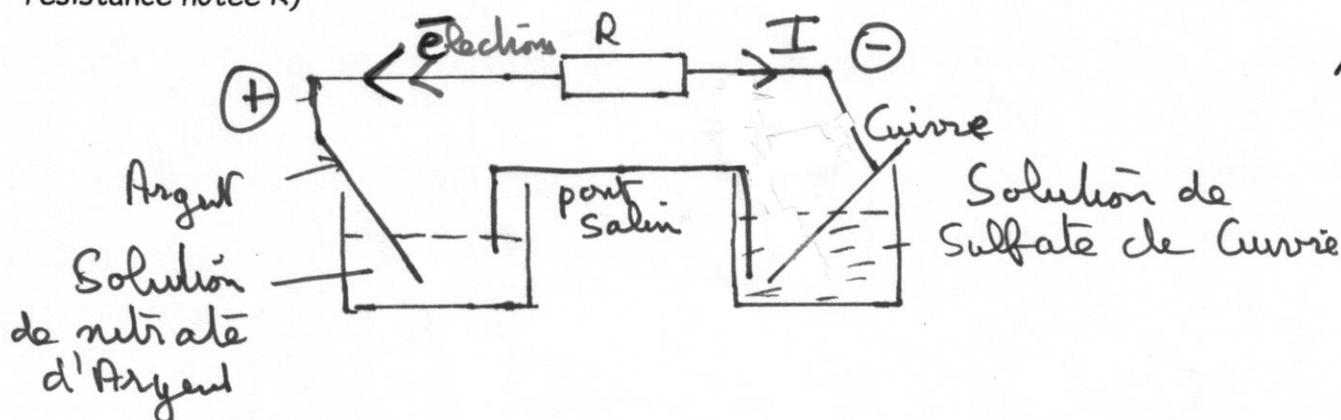


Constitution et fonctionnement de la pile cuivre-argent en circuit fermé

On dispose :

- d'un fil de cuivre,
- d'un fil d'argent,
- d'une solution de sulfate de cuivre (II)
- d'une solution de nitrate d'argent
- d'un papier imbibé de nitrate de potassium pouvant constituer un pont salin.

Faire un schéma annoté de la pile réalisable avec le matériel donné ci-dessus (la pile débite dans une résistance notée R)

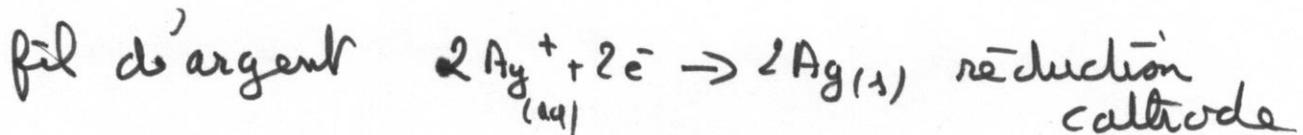
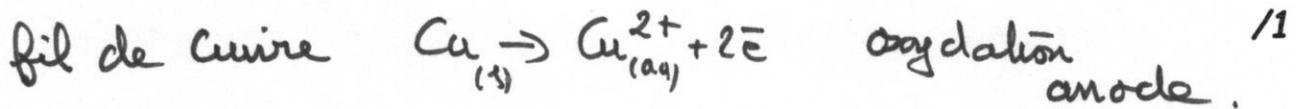


On observe dans le circuit extérieur le passage d'un courant électrique de l'électrode d'argent vers l'électrode de cuivre.

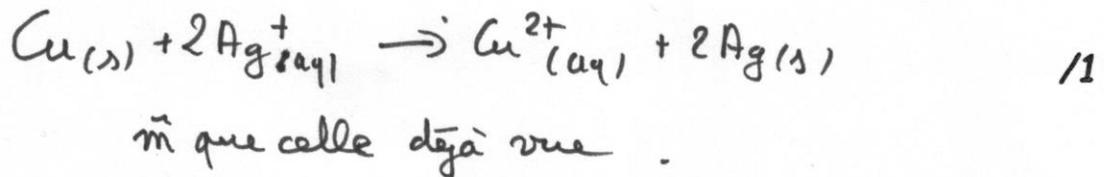
Préciser sur votre schéma le sens de circulation des électrons dans le circuit et la polarité des électrodes.

/0,5

Écrire les équations des réactions modélisant les transformations ayant lieu à chaque électrode. Préciser pour chacune des électrodes si elle forme l'anode ou la cathode.



Écrire l'équation de la réaction associée à la transformation ayant lieu dans la pile.



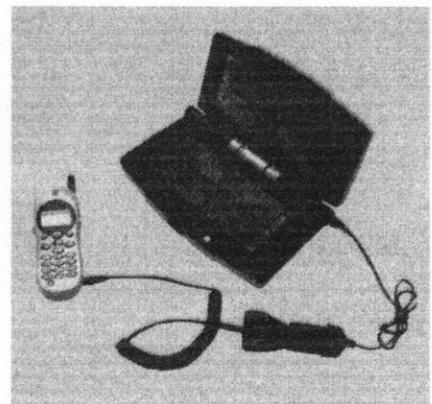
IV. CHARGEUR SOLAIRE 5 points

Un fabricant de chargeur solaire propose en ces termes son produit :

L'utilisation des appareils solaires et des batteries (piles rechargeables) évite celui des piles ordinaires (non rechargeables) qui font grossir la masse des déchets qui polluent dangereusement l'environnement.

Le chargeur solaire, photographié ci-contre, vous permet, avec tous ses accessoires, de faire fonctionner près de 90% des petits appareils électroniques requérant moins de 2 watts de puissance. Il fonctionne avec des cellules photovoltaïques.

- Puissance électrique fournie : 2,2 W.
- Fonctionnement nominal : 290 mA ; 145 mA.
- Avec un ensoleillement de 5h par jour, il peut fournir une énergie comprise entre 8,8 et 11 Wh.



Calculer les tensions nominales disponibles aux bornes de ce chargeur lors d'un fonctionnement nominal.

$$P = U \times I \quad U = \frac{P}{I} \quad /1$$

$$I = 290 \text{ mA} \quad U = \frac{2,2}{0,29} = 7,6 \text{ V} \quad I = 0,145 \text{ A} \quad U = \frac{2,2}{0,145} = 15 \text{ V}$$

Calculer, en joule, l'énergie équivalente à 11 Wh.

$$E = P \cdot \Delta t = 11 \times 3600 = \underline{4,0 \cdot 10^4 \text{ J}} \quad /1$$

$\begin{matrix} \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \text{J} & \text{W} & \text{s} \end{matrix}$

Une batterie Cd-Ni, de résistance interne $0,80 \Omega$, est rechargée avec un tel dispositif. Cette recharge se fait à intensité constante $I = 290 \text{ mA}$ sous une tension de $7,6 \text{ V}$. La durée de la charge est évaluée à 4 h .

Calculer l'énergie électrique fournie par le chargeur au cours de la charge.

$$E = P \cdot \Delta t = U_{\text{gen}} \times I_{\text{gen}} \times \Delta t = 7,6 \times 0,29 \times 4 \times 3600 \quad /1$$

$$\underline{E = 3,2 \cdot 10^4 \text{ J}} \quad (8,89 \text{ Wh})$$

Calculer l'énergie dissipée par effet Joule dans la batterie pendant la charge.

$$E_{\text{Joule}} = P_{\text{Joule}} \Delta t = R I^2 \Delta t = 0,80 \times (0,29)^2 \times 4 \times 3600 \quad /1$$

$$\underline{E_{\text{Joule}} = 9,7 \cdot 10^2 \text{ J}} \quad (0,27 \text{ Wh})$$

Calculer l'énergie stockée dans la batterie sous forme d'énergie chimique.

L'énergie stockée est égale à celle fournie par le générateur - celle perdue par effet Joule /1