Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + Physique, veuillez visiter :
bac-maths-physique.fr/annales-sujets-et-corriges

Bac Métropole 2024 Jour 2 Spécialité physique-chimie Correction © https://labolycee.org
EXERCICE 1– Autour du basket-ball (11 points)

1. Étude d'une trajectoire idéale

Q1. Système {ballon} de masse *m* et de centre de masse M.
Référentiel terrestre supposé galiléen.
Repère d'étude (Oxy).
Dans le cas d'une chute libre, le ballon n'est soumis qu'à son poids $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$.
Deuxième loi de Newton : $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{P} = m \cdot \vec{a}$ soit $m \cdot \vec{g} = m \cdot \vec{a}$ donc $\vec{a} = \vec{g}$.

En projection selon les axes Ox et Oy du repère choisi et compte tenu du sens du vecteur $\vec{g}$ indiqué sur le schéma il vient :

$$\vec{a}(t)\begin{cases} a_x(t) = g_x = 0 \\ a_y(t) = g_y = -g \end{cases}$$

Q2. $\vec{a} = \dfrac{d\vec{v}}{dt}$ donc $a_x(t) = \dfrac{dv_x(t)}{dt}$ et $a_y(t) = \dfrac{dv_y(t)}{dt}$

Ainsi en primitivant on obtient $\vec{v}\begin{cases} v_x(t) = Cte_1 \\ v_y(t) = -g.t + Cte_2 \end{cases}$

On détermine les constantes avec les conditions initiales.
Coordonnées du vecteur vitesse initiale $\vec{v}_0$: $\vec{v}_0\begin{cases} v_{0x} = v_0.\cos\alpha \\ v_{0y} = v_0.\sin\alpha \end{cases}$

Compte tenu du vecteur vitesse initiale $\vec{v}_0 = \vec{v}(t=0)$ on a :

$v_0.\cos\alpha = Cte_1$
$v_0.\sin\alpha = 0 + Cte_2$

Finalement : $\vec{v}\begin{cases} v_x(t) = v_0.\cos\alpha \\ v_y(t) = -g.t + v_0.\sin\alpha \end{cases}$

Q3. À chaque instant $\vec{v} = \dfrac{d\overrightarrow{OM}}{dt}$ donc $v_x(t) = \dfrac{dx(t)}{dt}$ et $v_y(t) = \dfrac{dy(t)}{dt}$

En primitivant on obtient $\overrightarrow{OM}(t)\begin{cases} x(t) = v_0.\cos\alpha.t + Cte_3 \\ y(t) = -\dfrac{1}{2}g.t^2 + v_0.\sin\alpha.t + Cte_4 \end{cases}$

Conditions initiales, à t = 0 s, le ballon est au point M_0 de coordonnées ($x(0) = 0$; $y(0) = H_m$) donc :

$0 + Cte_3 = 0$
$0 + 0 + Cte_4 = H_m$

Finalement, on obtient les équations horaires $\overrightarrow{OM}\begin{cases} x(t) = v_0.\cos(\alpha).t \\ y(t) = -\dfrac{1}{2}g.t^2 + v_0.\sin(\alpha).t + H_m \end{cases}$

Q4. $t = \dfrac{x(t)}{v_0.\cos(\alpha)}$

$$y(x) = -\frac{1}{2}.g.\left(\frac{x}{v_0.\cos(\alpha)}\right)^2 + v_0.\sin\alpha.\frac{x}{v_0.\cos(\alpha)} + H_m$$

$$y(x) = -\frac{g}{2.v_0^2.\cos^2(\alpha)}.x^2 + x.\tan(\alpha) + H_m$$

Q5. Le centre du panier a pour coordonnées C($x_C = L$; $y_C = H_a$)
Remplaçons ces coordonnées dans l'équation de la trajectoire.

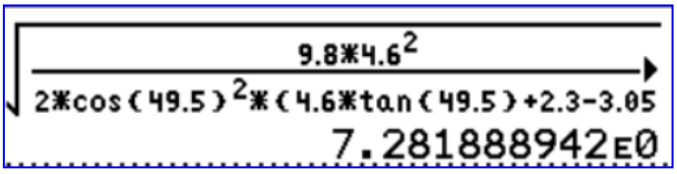
$$H_a = -\frac{g}{2.v_{0c}^2.\cos^2(\alpha)}.L^2 + L.\tan(\alpha) + H_m$$

$$\frac{g}{2.v_{0c}^2.\cos^2(\alpha)}.L^2 = -H_a + L.\tan(\alpha) + H_m$$

$$g.L^2 = \left(-H_a + L.\tan(\alpha) + H_m\right).2.v_0^2.\cos^2(\alpha)$$

$$\frac{g.L^2}{\left(-H_a + L.\tan(\alpha) + H_m\right).2.\cos^2(\alpha)} = v_{0c}^2$$

$$v_{0c} = \sqrt{\frac{g.L^2}{2.\cos^2(\alpha).\left(L.\tan(\alpha) + H_m - H_a\right)}}$$



Q6. $v_{0c} = \sqrt{\frac{9,8 \times 4,6^2}{2.\cos^2(49,5°).\left(4,6 \times \tan(49,5°) + 2,30 - 3,05\right)}}$ = 7,3 m.s^{-1}

Attention calculatrice en degrés.

Q7. Par lecture graphique sur la figure 2-b, la vitesse minimale correspond à un angle d'environ 55,2°.

Ainsi à 2 m, la vitesse initiale est plus faible que lors d'un lancer franc. Par contre l'angle est plus élevé.
À 2 m, on réalise un tir plus en cloche.

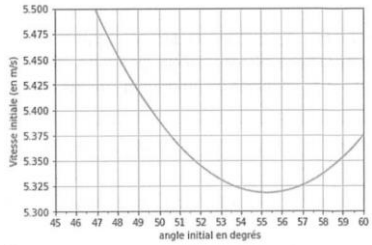


Figure 2-b. Agrandissement de la zone entourée de la figure 2-a

Q8. On a vu précédemment que $v_{0c} = \sqrt{\frac{g.L^2}{2.\cos^2(\alpha).\left(L.\tan(\alpha) + H_m - H_a\right)}}$,
pour α qui se rapproche de 90° alors v_{0c} tend vers l'infini.
Plus l'angle augmente et plus le tir est vertical, plus il faut tirer fort en cloche.
Un tir à 90° est parfaitement vertical, il est logique qu'alors on ne puisse pas atteindre le panier.

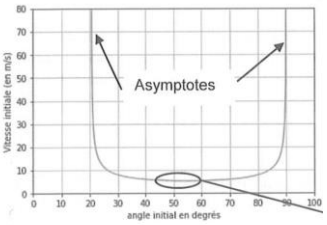
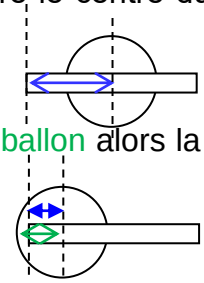


Figure 2-a. Vitesse initiale à donner au ballon à

Q9. max(y) < Ha signifie que la plus grande altitude atteinte par le centre de masse M est inférieure à l'altitude du centre du panier. Ce qui correspond à la condition « le ballon ne passe pas au-dessus de l'arceau ».

Q10. La condition 2 indique que le ballon ne doit pas rebondir sur le bord du panier pour que le tir soit parfait. Pour cela, le ballon ne doit pas trop s'approcher de l'arceau.
La fonction d_bord est définie ligne 87, c'est la distance entre le centre du ballon et le bord de l'arceau.



La ligne 91 indique que si d_bord est inférieure au rayon du ballon alors la condition 2 n'est pas respectée. En effet le ballon toucherait l'arceau.

Q11. Le site internet conseille un angle de tir compris entre 47° et 55°, ce qui est supérieur à 45° angle minimal indiqué par la simulation.
Ces deux indications sont bien en accord.

2. Étude du dribble et du rebond du ballon

Q12. La courbe 2 montre une diminution d'énergie juste après le lâcher.
Elle représente l'énergie potentielle de pesanteur, $E_{pp} = m.g.h$ avec l'altitude h qui diminue au début.
La courbe 3 correspond à une augmentation d'énergie.
Elle représente l'énergie cinétique, en effet $E_c = \frac{1}{2}.m.v^2$ et la vitesse augmente au début du lâcher.
Enfin la courbe 1 correspond à l'énergie mécanique,
elle donne des valeurs égales à la somme des deux autres courbes en accord avec $E_m = E_c + E_{pp}$.

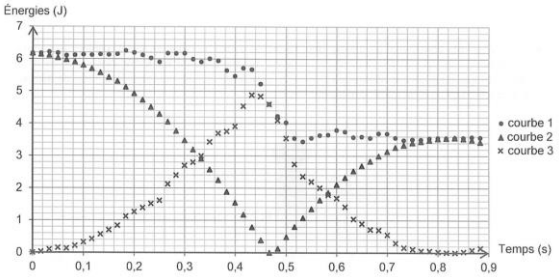


Figure 4. Évolution des énergies au cours du temps

Q13. Avant le rebond, on lit $6,0 \leq E_m \leq 6,2$ J.
Après le rebond, au-delà de 0,5 s, on lit $3,4 \leq E_m \leq 3,6$ J.
L'énergie perdue est bien voisine de 2,5 J.

Q14. En présence de frottements, l'énergie mécanique devrait diminuer en dehors des rebonds.
Or, en dehors des rebonds, l'énergie mécanique varie peu, moins de 0,2 J.
Cette faible variation est sans doute due aux erreurs de pointage du centre du ballon.
Ainsi on peut négliger les frottements.

Q15. Position 1
Vitesse minimale v_1 = ?
Altitude h = 1,0 m
Énergie mécanique E_{m1}

Position 2 le ballon est remonté
vitesse nulle
Altitude h = 1,0 m
Énergie mécanique $E_{m2} = E_{m1} - 2,5$ J

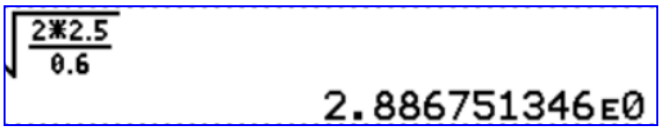
$E_{m2} = E_{m1} - 2,5$

$m.g.h = m.g.h + \frac{1}{2}.m.v_1^2 - 2,5$

$\frac{1}{2}.m.v_1^2 = 2,5$

$v_1 = \sqrt{\frac{2 \times 2,5}{m}}$

$v_1 = \sqrt{\frac{2 \times 2,5}{0,600}}$ = 2,9 m.s^{-1} (X3,6 = 10 km.h^{-1})



3. Entendre l'arbitre lors du match

Q16. Le bruit ambiant est de 80 dB.

Le joueur le plus éloigné, à d_1 = 20 m, doit percevoir un son de sifflet de niveau sonore supérieur à L_1 = 83 dB.

On peut déterminer l'intensité sonore I_1 qui correspond et en déduire la puissance sonore que doit produire le sifflet.

$$L_1 = 10.\log\left(\frac{I_1}{I_0}\right)$$

$$\frac{L_1}{10} = \log\left(\frac{I_1}{I_0}\right)$$

$$\frac{I_1}{I_0} = 10^{\frac{L_1}{10}}$$

$$I_1 = I_0 \times 10^{\frac{L_1}{10}}$$

$I_1 = 10^{-12} \times 10^{\frac{83}{10}} = 10^{-12+8,3} = 10^{-3,7}$ W.m^{-2} on n'arrondit pas ce résultat intermédiaire.

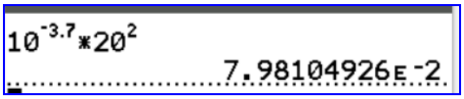
On peut en déduire P :

$I_1 = \frac{P}{4.\pi.d_1^2}$ donc $P = I_1.4.\pi.d_1^2$

On peut calculer I_2 à la distance d_2 =1,0 m correspondant au joueur remplaçant.

$$I_2 = \frac{P}{4.\pi.d_2^2} = \frac{I_1.4.\pi.d_1^2}{4.\pi.d_2^2} = \frac{I_1.d_1^2}{d_2^2}$$

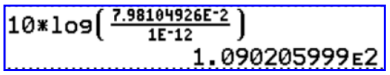
$I_2 = \frac{10^{-3,7} \times 20^2}{1,0^2}$ = 8,0×10^{-2} W.m^{-2}



Enfin on calcule le niveau sonore L_2

$$L_2 = 10.\log\left(\frac{I_2}{I_0}\right)$$

$L_2 = 10.\log\left(\frac{7,9810..\times10^{-2}}{1,0\times10^{-12}}\right)$ = 109 dB



Le joueur le plus proche perçoit le sifflet avec un niveau d'intensité sonore de 109 dB.

La figure 5 montre que cela est supérieur au seuil de danger.

Le remplaçant devrait porter des protections auditives.

On sait bien que cela n'est pas le cas en réalité, en effet le joueur risquerait alors de ne plus entendre ses coéquipiers. Ce qui poserait un problème pour le jeu.

Merci de nous signaler d'éventuelles erreurs à labolycee@labolycee.org

Bac Métropole 2024 Jour 2 Spécialité physique-chimie Correction © https://labolycee.org
EXERCICE 2– UN CHAMPIGNON PARFUMÉ (4 points)

1. Étude des réactifs de la synthèse du cinnamate de méthyle

Q1. L'acide cinnamique appartient à la famille des **acides carboxyliques** car son nom dans la nomenclature systématique comprend « acide … oïque ».

Q2. L'acide cinnamique ne peut correspondre qu'à la formule A qui est un acide carboxylique avec le groupe carboxyle COOH (B est une cétone et C un ester).

2. Synthèse du cinnamate de méthyle à partir du chlorure de cinnamoyle

Q3. Il s'agit d'une réaction de **substitution** car -Cℓ est remplacé (substitué) par -O-CH_3.

Q4. En Chimie, le port de la blouse et de lunettes de protection est obligatoire.
Le dichlorométhane est nocif ou irritant et dangereux pour la santé, on portera également des gants de protection et on manipulera sous hotte pour se protéger des vapeurs (remarque : ce n'est pas indiqué mais le méthanol est lui aussi dangereux).

Q5. On utilise le dichlorométhane comme solvant car c'est le seul solvant dans lequel les deux réactifs (chlorure de cinnamoyle et méthanol) sont solubles. Or la réaction ne peut se faire efficacement que si les réactifs sont dans la même phase.

Q6. L'équation de la réaction entre les ions H_3O^+ (acide) et HCO_3^- (base) est :

$$H_3O^+(aq) = H_2O(\ell) + H^+$$
$$HCO_3^-(aq) + H^+ = CO_2(aq) + H_2O(\ell)$$
$$H_3O^+(aq) + HCO_3^-(aq) \rightarrow 2H_2O(\ell) + CO_2(aq)$$

L'effervescence observée provient du CO_2 formé qui est peu soluble dans l'eau et passe à l'état gazeux (comme dans les boissons pétillantes).

Q7. Étudions d'abord la réaction de synthèse dont les réactifs sont le chlorure de cinnamoyle (qu'on abrègera en CdC) et le méthanol (qu'on abrègera en ol).
Déterminons le réactif limitant :

- $n(\text{CdC})_i = \dfrac{m(\text{CdC})_i}{M(\text{CdC})}$ donc $n(\text{CdC})_i = \dfrac{8,3}{166,6} = 5,0\times10^{-2}\text{mol}$
- $n(\text{ol})_i = \dfrac{m(\text{ol})_i}{M(\text{ol})} = \dfrac{\rho(\text{ol})\times V(\text{ol})_i}{M(\text{ol})}$ donc $n(\text{ol})_i = \dfrac{0,792\times4,0}{32,0} = 9,9\times10^{-2}\text{mol}$

On constate que $\dfrac{n(\text{CdC})_i}{1} < \dfrac{n(\text{ol})_i}{1}$ donc le CdC est le réactif limitant.

Rq : ce n'est pas surprenant car c'est le précurseur du cinnamate de méthyle que l'on veut synthétiser.

D'après l'équation de la réaction de synthèse : $\dfrac{n(\text{CdC})_i}{1} = \dfrac{n(\text{HCl})_{MAX}}{1}$

D'après l'énoncé (réaction totale entre HCℓ et l'eau) : $\dfrac{n(\text{HCl})_{MAX}}{1} = \dfrac{n(H_3O^+)_{formé}}{1}$

D'après l'équation de réaction de Q6 : $\dfrac{n(HCO_3^-)_{min}}{1} = \dfrac{n(H_3O^+)_{formé}}{1}$

Finalement, $n(HCO_3^-)_{min} = n(H_3O^+)_{formé} = n(\text{HCl})_{MAX} = n(\text{CdC})_i$

En conclusion $n(HCO_3^-)_{min} = n(\text{CdC})_i$ soit $C\times V_{min} = n(\text{CdC})_i$

D'où $V_{min} = \dfrac{n(\text{CdC})_i}{C}$

soit $V_{min} = \dfrac{5,0\times10^{-2}\text{mol}}{0,50\ \text{mol.L}^{-1}} = 0,10\ \text{L}$.

Q8. Par définition du rendement : $\eta = \frac{n(\text{pro})_{\text{exp}}}{n(\text{pro})_{\text{MAX}}} = \frac{n(\text{CdM})_{\text{exp}}}{n(\text{CdM})_{\text{MAX}}}$ ici (en notant CdM le cinnamate de méthyle).

On a démontré en Q7. que le CdC est le réactif limitant donc $\frac{n(\text{CdM})_{\text{MAX}}}{1} = \frac{n(\text{CdC})_{\text{i}}}{1}$

Ainsi, $\eta = \frac{\left(\frac{\text{m(CdM)}_{\text{exp}}}{M(\text{CdM})}\right)}{n(\text{CdC})_{\text{i}}}$

$\eta = \frac{\left(\frac{6,2}{162,2}\right)}{5,0\times10^{-2}} = 0,76$, soit 76 %.

Ce rendement est bien meilleur que les 40 % de l'autre procédé de synthèse.

Bac Métropole 2024 Jour 2 Spécialité physique-chimie Correction © https://labolycee.org
EXERCICE 3 – BATTERIE LITHIUM - SOUFRE(5 points)

1. Le Lithium

Q1. Par définition, un réducteur est une espèce qui cède des électrons.
Dans la réaction étudiée, le Lithium Li se transforme en ion Li+ en cédant un électron ($Li(s) = Li^+(aq) + e^-$) donc il s'agit bien d'un réducteur.

Q2. Le Lithium étant le réactif limitant, d'après l'équation de réaction : $\frac{n(Li)_i}{2} = \frac{n(H_2)_{MAX}}{1}$.

Or $n(H_2)_{MAX} = \frac{V(H_2)_{MAX}}{V_m}$ donc $V(H_2)_{MAX} = \frac{n(Li)_i}{2} \times V_m = \frac{m(Li)_i \times V_m}{2 \times M(Li)}$.

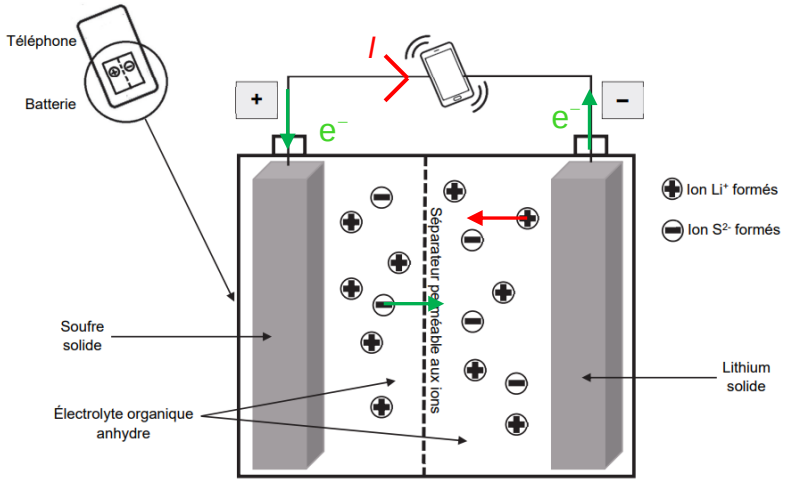
Donc $V(H_2)_{MAX} = \frac{0,5 \times 24,4}{2 \times 6,9} = 0,9 \text{ L}$.

Il est donc fondamental d'utiliser un électrolyte organique anhydre (sans eau) car le Lithium réagirait avec l'eau et produirait du gaz ce qui ferait exploser la pile (sans parler des risques d'explosion avec la combustion du dihydrogène).

2. La batterie Lithium – Soufre (qu'on l'achève ou lui donne du paracétamol)

Q3. À l'électrode négative, des électrons sont fournis au circuit : il y a oxydation (perte d'électrons) selon l'équation $Li(s) \rightarrow Li^+(aq) + e^-$ (avec $\rightarrow$ au lieu de = car c'est une réaction à l'électrode et pas une demi-équation).
À l'électrode positive, des électrons provenant du circuit sont consommés : il y a réduction (gain d'électrons) selon l'équation : $S(s) + 2e^- \rightarrow S^{2-}(aq)$.

Q4.



Q5. « Normalement », on obtient l'équation de fonctionnement de la pile en combinant les équations aux électrodes : $Li(s) \rightarrow Li^+(aq) + e^-$ $(\times 2)$

$S(s) + 2e^- \rightarrow S^{2-}(aq)$ $(\times 1)$

Ainsi : $2\,Li(s) + S(s) \rightarrow 2\,Li^+(aq) + S^{2-}(aq)$

Mais l'énoncé nous précise que les ions réagissent pour former un précipité peu soluble dans l'eau ; on en déduit que finalement : $2\,Li(s) + S(s) \rightarrow Li_2S(s)$

Q6. L'énoncé nous rappelle que $Q = I \times \Delta t \Leftrightarrow \Delta t = \frac{Q}{I}$

soit $\Delta t = \frac{3500 \text{ mAh}}{0,55 \text{ A}} = \frac{3500 \times 10^{-3} \text{ Ah}}{0,55 \text{ A}} = 6,4 \text{ h}$.

Q7. Vu que $Q_{massique} = 300$ mAh.g^{-1}, on en déduit que 1 g de matière active a une capacité de 300 mAh. Par proportionnalité, pour avoir une capacité de 3500 mAh, il faut $\frac{3500}{300} = 11{,}6$ g soit environ 12 g.
De même, par proportionnalité, la durée d'utilisation ramenée à 1 g de matière active est : $\frac{6{,}4}{11{,}6} = 0{,}55$ h.

Q8. Déterminons la capacité d'une pile Lithium – Soufre contenant 1 g de soufre (on considèrera le Lithium en excès).
Par définition, $Q = n(e^-) \times N_A \times e = n(e^-) \times F$

D'après l'équation à l'électrode de soufre, $S(s) + 2e^- \rightarrow S^{2-}(aq)$ donc $\frac{n(e^-)}{2} = \frac{n(S)_i}{1}$

Donc $Q = 2 \times n(S)_i \times F = 2 \times \frac{m(S)_i}{M(S)} \times F$

soit $Q = 2 \times \frac{1{,}0}{32{,}1} \times 96500 = 6{,}0 \times 10^3 C$

Or 1 mAh = 3,6 C donc $Q = \frac{6{,}0 \times 10^3}{3{,}6} C = 1{,}7 \times 10^3 mAh$

On en déduit que $Q_{massique}(S) = 1{,}7 \times 10^3$ mAh.g^{-1}

En reprenant le raisonnement de Q6 : $\Delta t = \frac{Q}{I}$.

Soit ici $\Delta t = \frac{1{,}7 \times 10^3 \text{ mAh}}{0{,}55 \text{ A}} = \frac{1{,}7 \text{ Ah}}{0{,}55 \text{ A}} = 3{,}1$ h par gramme de soufre

Avec le lithium-ion, on avait calculé une durée d'utilisation de 0,55 h par gramme de lithium.
Donc la batterie lithium-soufre a une durée d'utilisation environ 6 fois plus longue, ce qui semble très prometteur.

Remarque :

Cependant la capacité massique utilisée ici dans le calcul pour la comparaison ne tient pas compte que la masse de soufre. Ce type de batterie ne peut fonctionner que s'il y a une électrode en lithium dont il faudrait tenir compte pour faire une comparaison plus rigoureuse avec la batterie Li-ion.

En supposant que le soufre et le lithium sont dans les proportions stœchiométriques de l'équation de la pile, $2Li + S \rightarrow Li_2S$, on a alors $\frac{n_{Li}}{2} = \frac{n_S}{1}$ soit $2 \times n_S = n_{Li}$

On calcule la masse de lithium nécessaire pour réagir avec 1 gramme de soufre : $m_{Li} = 2 \times \frac{m_S}{M_S} \times M_{Li}$

$m_{Li} = 2 \times \frac{1}{32} \times 6{,}9 = 0{,}43\ g$

Pour calculer la capacité massique de la batterie Li-S par gramme de substance active , il faut tenir compte de la masse totale de substance active (soufre et lithium) c'est-à-dire $1\ g + 0{,}43\ g = 1{,}43\ g$.

Soit $Q_{massique\ Li-S} = \frac{1{,}7 \cdot 10^3\ mAh}{1{,}43\ g} = 1{,}2 \cdot 10^3\ mAh \cdot g^{-1}$

On peut maintenant parfaitement comparer la capacité massique de la batterie Li-ion à la capacité massique théorique de la batterie Li-S :

$\frac{Q_{massique\ Li-S}}{Q_{massique\ Li-ion}} = \frac{1{,}2 \cdot 10^3\ mAh \cdot g^{-1}}{300\ mAh \cdot g^{-1}} = 4$

La batterie Li-S offre une capacité massique 4 fois supérieure à celle de la batterie Li-ion

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.