

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2026

Jour 1

PHYSIQUE-CHIMIE

Vendredi 13 février 2026

Durée de l'épreuve : 3 heures 30

*L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.*

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 9 pages numérotées de 1/9 à 9/9.

Le candidat traite les 3 exercices

EXERCICE 1 – APOLLO ET LA LUNE (10 POINTS)

L'année 2019 a marqué le 50^e anniversaire de la mission Apollo 11. En effet, le 20 juillet 1969, l'Homme marche pour la première fois sur la Lune.

Le but de cet exercice est d'étudier différents aspects des missions Apollo 11 et 16 : le décollage depuis la Terre, la mise en orbite autour de la Lune et une expérience de détermination de la valeur de l'intensité de la pesanteur lunaire.



Équipage de la mission Apollo 11 en 1969 (de gauche à droite : N. Armstrong, M. Collins, B. Aldrin)

Source : NASA



Équipage de la mission Apollo 16 en 1972 (de gauche à droite : T. Mattingly, J. Young, C. Duke Jr.)

Source : NASA

Données :

- constante de gravitation universelle $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$;
- masse de la Terre : $M_T = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$;
- masse de la Lune : $M_L = 7,34 \times 10^{22} \text{ kg}$;
- masse du vaisseau Apollo 11 avec son module lunaire : $m_1 = 4,50 \times 10^4 \text{ kg}$;
- rayon de la Terre : $R_T = 6,37 \times 10^3 \text{ km}$;
- rayon de la Lune : $R_L = 1,73 \times 10^3 \text{ km}$;
- intensité de pesanteur terrestre : $g_T = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

1. Décollage depuis la Terre de la mission Apollo 11

La fusée Saturn V est composée de trois étages contenant du carburant. Lorsqu'ils sont vides, ces étages se décrochent au fur et à mesure de la progression de la fusée.

Le 16 juillet 1969, la fusée Saturn V décolle de cap Canaveral en Floride en emportant l'équipage et le vaisseau Apollo 11 sur lequel est fixé un module lunaire. Elle met en orbite le vaisseau Apollo 11 qui effectue alors 1,5 tour autour de la Terre, afin de permettre la vérification de tous les paramètres du vol. Le vaisseau Apollo 11 est ensuite transféré sur une nouvelle trajectoire grâce au dernier étage de la fusée, qui va le mener à proximité de la Lune.

Pour toute cette partie, l'étude est effectuée dans le référentiel géocentrique dont l'origine est le centre de la Terre et dont les axes pointent vers des étoiles fixes ; le référentiel est supposé galiléen. La valeur de la vitesse du vaisseau Apollo 11 sur son orbite supposée circulaire de rayon $6,56 \times 10^3 \text{ km}$ vaut $v_h = 7,79 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Q1. Calculer la valeur de la durée passée en orbite terrestre par l'équipage dans le vaisseau Apollo 11.

La valeur de l'énergie potentielle de pesanteur du vaisseau Apollo 11 en orbite terrestre est $E_p = -2,74 \times 10^{12} \text{ J}$, l'origine de l'énergie potentielle de pesanteur étant prise nulle à grande distance de la Terre.

Q2. Calculer la valeur de l'énergie cinétique E_c du vaisseau en orbite terrestre.

Q3. En déduire la valeur de l'énergie mécanique E_m du vaisseau en orbite terrestre.

La valeur de l'énergie mécanique E_{m0} du vaisseau Apollo 11 avant le décollage est : $E_{m0} = -2,81 \times 10^{12}$ J.

Q4. Déterminer l'énergie minimale que doit fournir Saturn V pour mettre en orbite terrestre le vaisseau Apollo 11. Conclure, sachant que la fusée Saturn V est un lanceur qui a la capacité de fournir une énergie de l'ordre de 5×10^{12} J pour mettre un corps en orbite autour de la Terre.

Q5. Expliquer pourquoi l'énergie cinétique du vaisseau avant le décollage n'est pas nulle dans le référentiel géocentrique.

2. Michael Collins en orbite autour de la Lune lors de la mission Apollo 11

Le vaisseau Apollo 11 se trouve au voisinage de la Lune à une altitude $h_L = 110$ km par rapport au sol lunaire.

À cet instant, le module lunaire se détache du vaisseau emportant à son bord les deux astronautes Buzz Aldrin et Neil Armstrong vers le sol lunaire. Le troisième astronaute Michael Collins reste seul en orbite dans le vaisseau qui est animé d'un mouvement supposé circulaire uniforme dans le référentiel d'étude centré sur la Lune et supposé galiléen. Libéré de son module, le vaisseau possède alors une masse m_2 qui n'est plus que de $3,0 \times 10^4$ kg environ. Les deux astronautes restent 21 h et 36 min sur le sol lunaire.

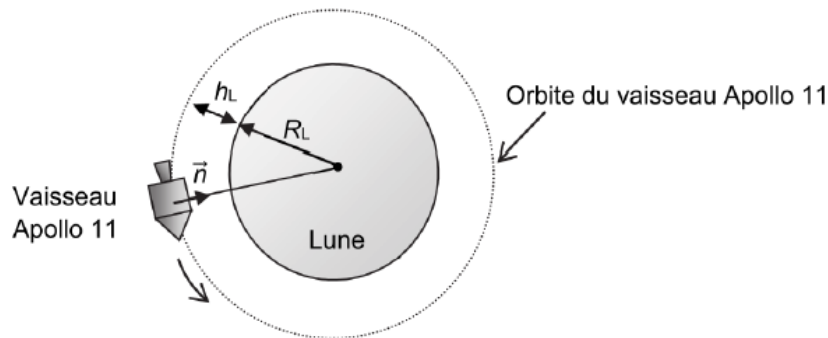


FIGURE 1 – Vaisseau en orbite lunaire à une altitude h_L

On note \vec{n} un vecteur unitaire choisi dans la direction vaisseau — centre de la Lune et dans le sens du vaisseau Apollo 11 vers la Lune (cf. figure 1). On considère que le vaisseau n'est soumis qu'à l'attraction de la Lune.

Q6. En appliquant la deuxième loi de Newton, déterminer l'expression du vecteur accélération \vec{a} du vaisseau Apollo 11 à l'altitude h_L dans le référentiel d'étude.

Q7. Montrer que la norme de la vitesse v du vaisseau Apollo 11 à l'altitude h_L a pour expression :

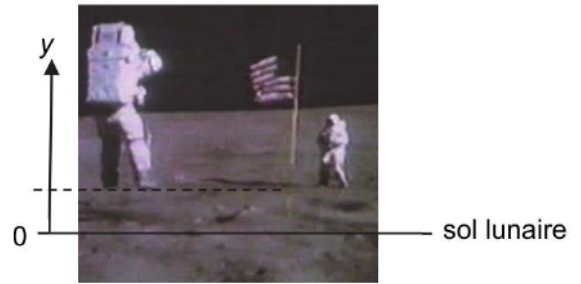
$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M_L}{(R_L + h_L)}}$$

Q8. Calculer la valeur de la période de révolution T du vaisseau Apollo 11, puis déterminer celle du nombre de tours autour de la Lune qu'a fait l'astronaute Michael Collins pendant le séjour des deux autres astronautes sur la Lune.

3. Saut de John Young lors de la mission Apollo 16

Lors de la mission Apollo 16 en 1972, l'astronaute John Young fait un grand saut vertical. Cette scène a été filmée et la vidéo est exploitée grâce à un logiciel de pointage.

Une image de cette vidéo présentée ci-contre montre John Young au point le plus haut du saut, ses pieds étant alors situés à 60 cm au-dessus du sol.



Source : NASA

On choisit l'axe Oy vertical, orienté vers le haut, l'origine O de cet axe étant situé au niveau du sol lunaire. On repère la position de John Young selon cet axe en pointant la position de ses pieds image par image.

La courbe $y(t)$ donnée ci-dessous représente l'évolution de la position de John Young en fonction du temps pendant son saut sur la Lune. L'origine des dates, $t = 0$ s, est prise au début du saut.

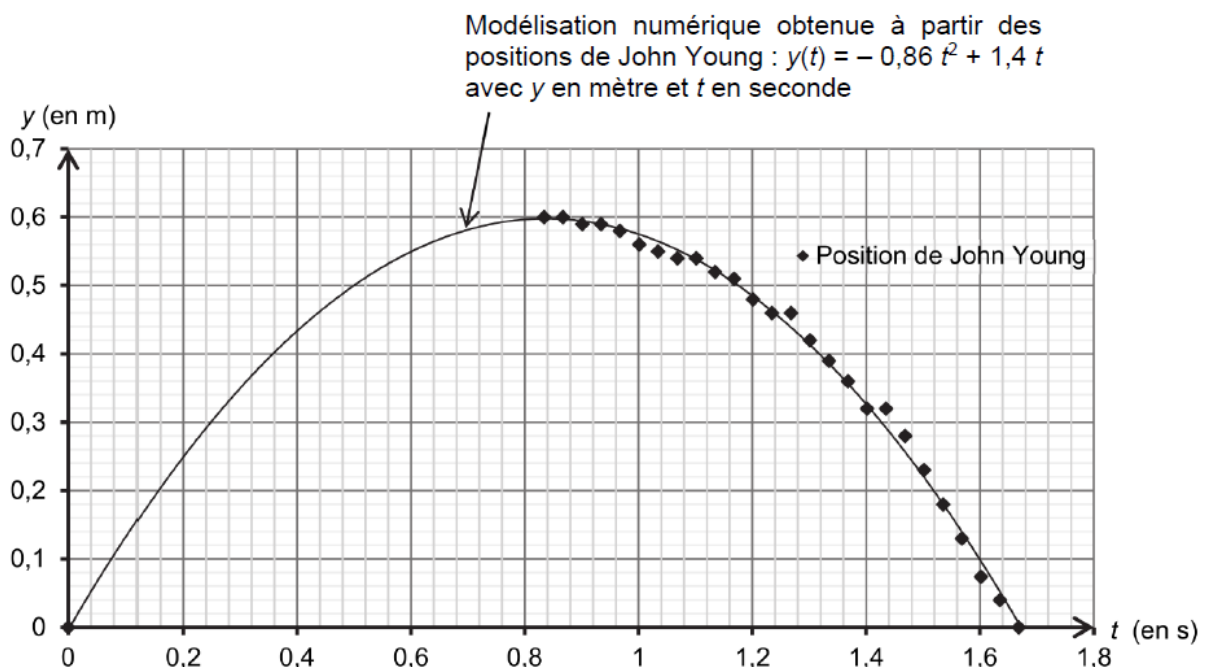


FIGURE 2 – Évolution de la position y des pieds de John Young en fonction du temps t pendant son saut sur la Lune

En l'absence d'atmosphère sur la Lune, on considère que le saut de John Young est une chute libre verticale.

Q9. En utilisant la modélisation numérique, déterminer l'expression numérique de la vitesse $v_y(t)$ de John Young. Calculer la valeur de la vitesse initiale v_{0y} de John Young.

Q10. Montrer que la valeur de l'intensité de la pesanteur lunaire g_L est d'environ $1,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Q11. John Young, avec son scaphandre, a une masse totale d'environ 150 kg et il parvient pourtant à faire un saut vertical de 60 cm sur la Lune.

Déterminer les valeurs de la hauteur et de la durée d'un saut vertical qu'aurait réalisé John Young avec son équipement sur la Terre avec la vitesse initiale v_{0y} dans le cadre du modèle de la chute libre. Commenter.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie est évaluée et nécessite donc d'être correctement présentée.

EXERCICE 2 – BATTERIE LITHIUM – SOUFRE (5 POINTS)

Les appareils électroniques nomades (tablette, téléphone...) sont omniprésents et en évolution permanente. L'autonomie de ces appareils repose sur l'utilisation de batteries qui stockent toujours plus efficacement l'énergie. Les téléphones portables sont actuellement équipés de batteries lithium – ion mais des recherches sont menées pour développer des batteries lithium – soufre.

La batterie lithium – soufre semble être en effet une alternative intéressante en raison de l'abondance et du faible coût du soufre. Cependant, les travaux de recherche visent à améliorer sa durée de vie encore trop faible.

L'objectif de cet exercice est d'étudier quelques caractéristiques d'une batterie lithium – soufre et de les comparer à celles d'une batterie lithium – ion.

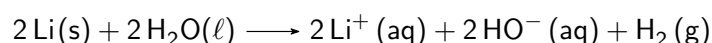
Données :

- numéro atomique du lithium : $Z = 3$;
- couples oxydant/réducteur :
 - du lithium : Li^+/Li ;
 - du soufre : S/S^{2-} ;
- volume molaire de gaz à 20°C et à pression atmosphérique : $V_m = 24,4 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$;
- masses molaires atomiques :
 - du soufre : $M(\text{S}) = 32 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$;
 - du lithium : $M(\text{Li}) = 6,9 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$;
- charge par mole d'électrons : $F = 96\,500 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$;
- les ions lithium (Li^+) et les ions sulfure (S^{2-}) réagissent pour donner un précipité de sulfure de lithium très peu soluble en milieu organique ;
- la relation entre la capacité Q , l'intensité du courant I supposée constante et la durée d'utilisation Δt , de la pile, est : $Q = I \times \Delta t$;
- la capacité d'une pile peut être exprimée en milliampère-heure : $1 \text{ mAh} = 3,6 \text{ C}$.

La batterie lithium – soufre peut être modélisée de façon simplifiée : elle se compose d'une électrode constituée d'un matériau contenant du soufre, un électrolyte organique anhydre et une électrode de lithium métallique.

1. Le lithium

Le lithium réagit spontanément avec l'eau. Cette transformation est exothermique. L'équation de la réaction modélisant cette transformation supposée totale s'écrit :



La batterie d'un téléphone portable contient en moyenne une masse $m = 0,5 \text{ g}$ de lithium.

Q1. Justifier que le lithium se comporte comme un réducteur dans cette transformation.

Q2. Déterminer le volume de dihydrogène formé, à 20°C et à pression atmosphérique, si une masse $m = 0,5 \text{ g}$ de lithium réagit totalement avec l'eau. Justifier l'utilisation d'un électrolyte organique anhydre dans une telle batterie.

2. La batterie lithium – soufre

On donne, sur la figure 3 de **L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, le schéma simplifié de la batterie lithium – soufre quand elle se décharge, c'est-à-dire quand elle fonctionne en tant que pile. Les pôles de cette pile sont indiqués sur la figure 3 de **L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**.

Q3. Écrire les demi-équations modélisant les réactions électrochimiques qui se déroulent alors à chaque électrode en tenant compte de la polarité de la pile.

Q4. Sur le schéma de la figure 3 de **L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, où la polarité de la pile est donnée, indiquer :

- le sens du courant électrique ;
- le sens de déplacement des électrons dans les fils électriques reliant la pile au téléphone ;
- le sens de déplacement des ions formés dans l'électrolyte.

Q5. Écrire l'équation de fonctionnement de la pile en tenant compte de la formation d'un précipité dans la pile.

Une batterie lithium – ion de smartphone, de capacité de $Q = 3500 \text{ mAh}$, débite un courant d'intensité $I = 0,55 \text{ A}$ supposée constante, lors de l'utilisation de la fonction lampe torche.

Q6. Déterminer la durée d'utilisation de la batterie lithium – ion dans ces conditions.

La batterie se comporte dans ce contexte comme une pile. La capacité massique moyenne par gramme de matière active d'une batterie lithium – ion a pour valeur $Q_{\text{massique}} = 300 \text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}$.

Q7. Vérifier, à l'aide de cette dernière donnée, qu'une batterie lithium – ion neuve contient environ 12 g de matière active. En déduire la durée d'utilisation ramenée à un gramme de matière active dans ces conditions d'utilisation.

Q8. Déterminer la capacité massique par gramme de soufre actif de la batterie lithium – soufre, exprimée en $\text{mAh}\cdot\text{g}^{-1}$. En déduire sa durée d'utilisation par gramme de soufre actif si elle débite un courant d'intensité $I = 0,55 \text{ A}$ supposée constante. Commenter.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et doit être correctement présentée.

EXERCICE 3 – ÉTUDE D'UN PRODUIT MÉNAGER COURANT (5 POINTS)

« L'ammoniaque » est une solution obtenue en dissolvant du gaz ammoniac, $\text{NH}_3(\text{g})$, dans l'eau. Cette solution est présente dans de nombreux produits d'entretien.

On dispose d'une bouteille « d'ammoniaque » achetée dans le commerce dont l'étiquette précise : « Ammoniaque concentration 13 % ». « 13 % » correspond au titre massique de la solution commerciale en ammoniac.

On souhaite mettre en oeuvre un protocole permettant de déterminer la concentration en ammoniac dans la solution commerciale.

Données à 25°C :

- masse molaire de l'ammoniac : $M(\text{NH}_3) = 17,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$;
- densité de la solution d'ammoniaque commerciale : $d = 0,97$
- couples acide-base : $\text{NH}_4^+(\text{aq})/\text{NH}_3(\text{aq})$, $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})/\text{H}_2\text{O}(\ell)$ et $\text{H}_2\text{O}(\ell)/\text{HO}^-(\text{aq})$;
- NH_4^+ est la formule chimique de l'ion ammonium.

1. Etude préliminaire : étude du couple ion ammonium/ammoniac

Q1. Préciser si l'ammoniac est un acide ou une base en solution aqueuse. Justifier.

Q2. Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation mise en jeu entre l'ammoniac dissous, $\text{NH}_3(\text{aq})$, et l'eau.

Q3. À partir de la donnée figurant sur l'étiquette, montrer que la concentration en quantité de matière de l'ammoniac dans la solution commerciale est de l'ordre de $7,4 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

2. Titrage de la solution « d'ammoniaque » commerciale

La solution S_0 de la bouteille « d'ammoniaque » étant trop concentrée pour réaliser le titrage, une solution S_d , 100 fois moins concentrée est préparée et on réalise un titrage suivi par pH-métrie de cette solution diluée.

- On prélève un volume $V_d = 10,0 \text{ mL}$ de solution S_d .
- On titre ce prélèvement par une solution d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}), \text{Cl}^-(\text{aq})$) de concentration $C_A = (5,00 \pm 0,02) \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Les résultats des mesures effectuées au cours du titrage et leur exploitation sont présentés dans la figure 4 ci-dessous :

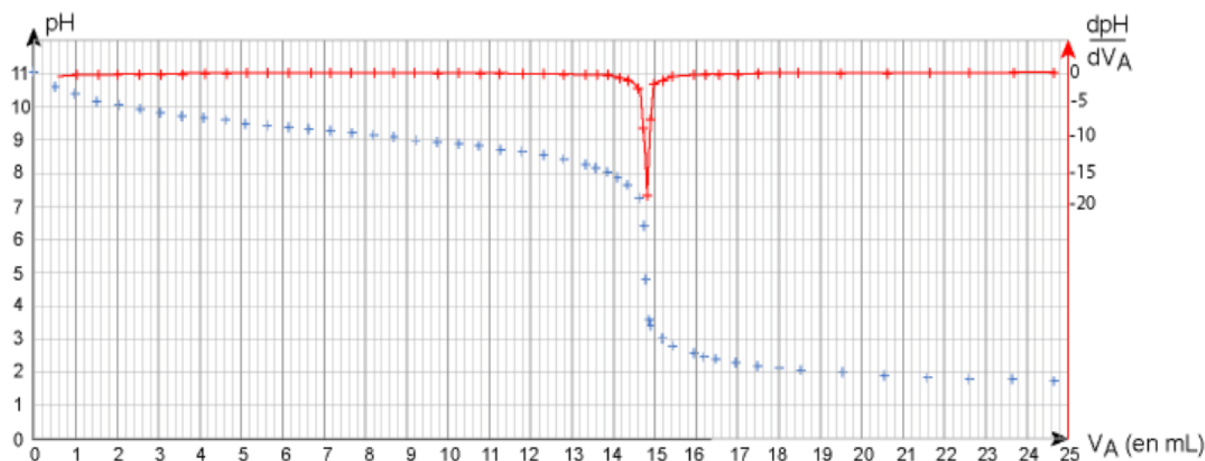


FIGURE 4 – Évolution du pH et de sa dérivée en fonction de V_A

Q4. À partir des résultats expérimentaux, déterminer la valeur du pH de la solution S_d .

Q5. Écrire l'équation de la réaction acide-base support du titrage.

Q6. Définir l'équivalence du titrage et déterminer le volume équivalent V_E de ce titrage.

Q7. Déterminer la valeur de la concentration C_d en ammoniac de la solution S_d .

Les incertitudes-types sur les volumes prélevés sont estimées à 0,2 mL.

Par ailleurs, l'incertitude-type $u(C_d)$ sur la concentration C_d se déduit des grandeurs mesurées par :

$$\frac{u(C_d)}{C_d} = \sqrt{\left(\frac{u(V_E)}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{u(C_A)}{C_A}\right)^2 + \left(\frac{u(V_d)}{V_d}\right)^2}$$

Enfin, dans ces conditions expérimentales, le rapport entre la concentration C de la solution S_0 de la bouteille « d'ammoniaque » et son incertitude $u(C)$ est considéré comme étant le même qu'entre la concentration C_d de la solution diluée S_d et son incertitude $u(C_d)$:

$$\frac{u(C)}{C} = \frac{u(C_d)}{C_d}$$

Q8. Déterminer la valeur de l'incertitude-type $u(C)$ sur la concentration en ammoniac de la solution S_0 commerciale. Écrire le résultat de la mesure de cette concentration C avec son incertitude ou donner un encadrement de la valeur de la concentration C .

Q9. Confronter la valeur de la concentration déterminée expérimentalement avec l'indication de l'étiquette de la bouteille « d'ammoniaque » commerciale. Commenter.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

NOM, PRÉNOM :

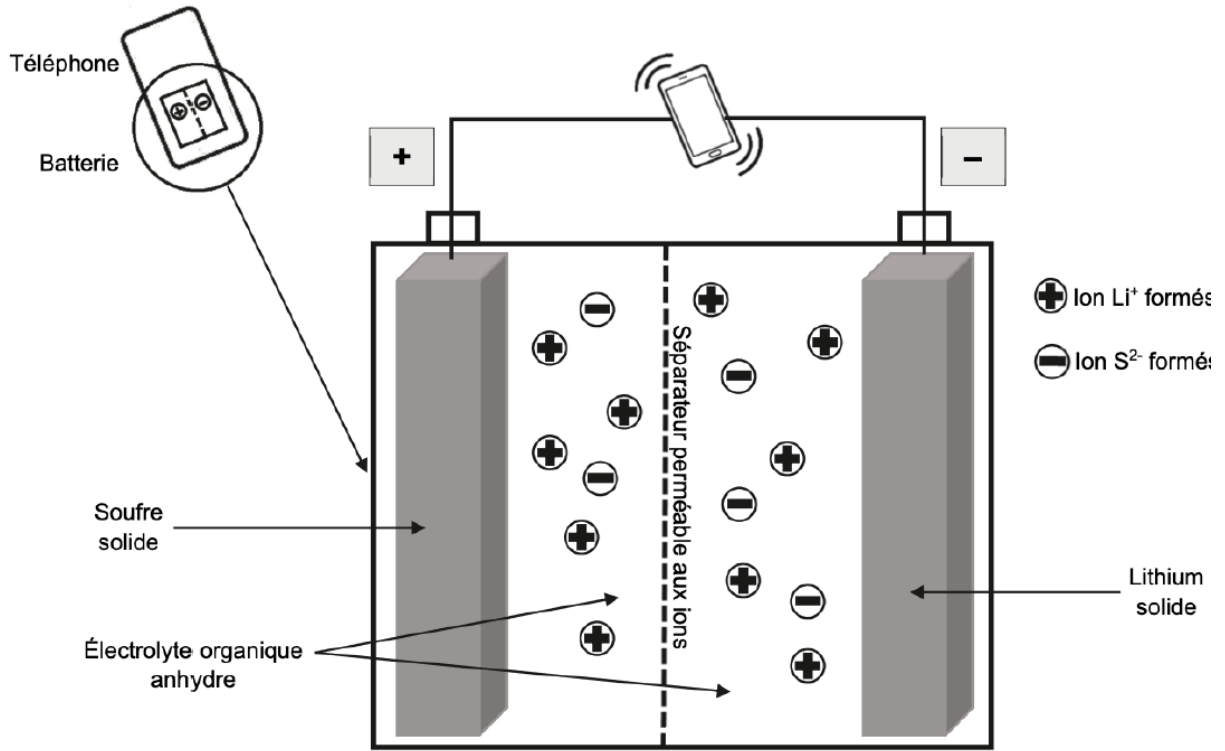


FIGURE 3 – Schéma simplifié de la batterie lithium-soufre lors de sa décharge