

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2017

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Spécialité

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8

L'usage d'une calculatrice EST autorisé.

« Conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999 »

Ce sujet nécessite une feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte **12** pages numérotées de **1** à **12**.

Le sujet est composé de 3 exercices indépendants les uns des autres.

Le candidat doit traiter les trois exercices.

EXERCICE I - Saut spectaculaire au-dessus du canal de Corinthe (6 points)

Le canal de Corinthe est situé en Grèce. Il a été creusé pour relier la mer Égée et la mer Ionienne. Les parois rocheuses sont très hautes et l'eau s'écoule à 79 m au-dessous du niveau du sol.

Plusieurs pilotes de moto avaient déjà eu l'intention de franchir le canal de Corinthe, situé en Grèce, mais seul l'Australien Robbie Maddison a réalisé cet exploit en avril 2010.

Il a pris son élan pour accélérer sa moto et atteindre la vitesse de 125 km.h^{-1} . Il a ensuite emprunté une rampe qui lui a permis de franchir le canal, avant d'atterrir de l'autre côté.

Le point le plus haut de son vol a dépassé les 95 mètres au-dessus du niveau de l'eau.



<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kanal-Korinth-2011.jpg>

Chronophotographie réalisée à partir d'une vidéo du saut

<http://wims.math.cnrs.fr/wims/modules/H4/algebra/oefunctionmod.fr/images/robbie-maddison.png>



Dans cet exercice on se propose de vérifier les informations sur ce saut à l'aide de cette chronophotographie (photos prises à intervalles de temps identiques).

Le référentiel d'étude est le référentiel terrestre, supposé galiléen pendant la durée du saut. Le mouvement de Maddison et sa moto est étudié à l'aide du repère (O, x, y) représenté sur la chronophotographie.

À l'instant de date $t = 0$, Maddison et sa moto se trouvent à l'origine du repère et quittent le tremplin. Le vecteur vitesse $\vec{v}_0$ du pilote et de sa moto fait alors un angle α avec l'axe horizontal (Ox) comme indiqué sur la chronophotographie.

L'étude est réalisée dans le cadre d'un modèle de chute libre. Maddison et sa moto sont assimilés à un point matériel de masse supposée constante.

Donnée : intensité du champ de pesanteur terrestre, $g = 9,81 \text{ u.s.i.}$

1. Pertinence de l'hypothèse d'une chute libre faite par les élèves

Pour justifier que les frottements sont négligeables devant le poids, on étudie le mouvement de Maddison et de sa moto suivant l'horizontale.

- 1.1 Montrer que si le poids est la seule force qui s'applique sur Maddison et sa moto le mouvement suivant l'axe (Ox) est uniforme. *L'établissement des équations horaires du mouvement n'est pas attendu.*
- 1.2 Sans souci d'échelle, utiliser l'extrait ci-dessous de la chronophotographie pour valider le modèle de chute proposé. Justifier en précisant les mesures réalisées.



2. Vérification de la valeur de la vitesse initiale

En tenant compte de l'échelle des distances, on mesure quelques abscisses des positions occupées par Maddison et sa moto et on calcule la vitesse v_x suivant l'horizontale pour ces positions. On obtient les valeurs ci-après :

v_x (en m.s^{-1})	28,3	29,1	28,7	29,0	27,7	29,0
-------------------------------	------	------	------	------	------	------

- 2.1 Présenter le résultat de ces mesures sous la forme : $v_x = \bar{v}_x \pm U(v_x)$

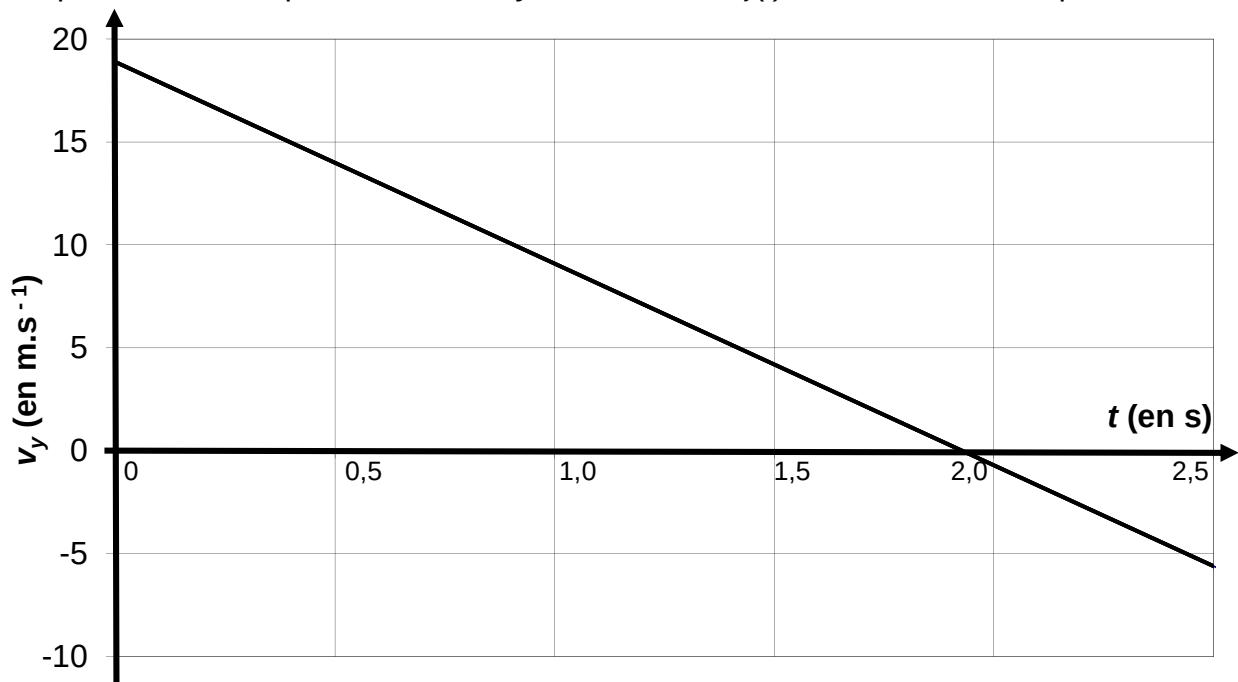
où $\bar{v}_x$ est la valeur moyenne des N mesures
et $U(v_x)$ l'incertitude avec un niveau de confiance de 95%.

On donne $U(v_x) = k \frac{s_{n-1}}{\sqrt{N}}$ où $s_{n-1} = 0,543 \text{ m.s}^{-1}$ et $k = 2,6$.

- 2.2 La vitesse en sortie de tremplin $v_0 = 125 \text{ km.h}^{-1}$ annoncée sur les sites internet est-elle vérifiée, sachant que l'inclinaison en sortie du tremplin vaut $\alpha = 33^\circ$?

3. Vérification de la hauteur du saut

En utilisant le modèle de la chute libre et les conditions initiales, on obtient la courbe suivante qui représente la composante suivant y de la vitesse $v_y(t)$ en fonction du temps.



- 3.1** En utilisant l'allure du graphique $v_y(t)$, justifier que le mouvement suivant la verticale est uniformément varié.
- 3.2** Quelle position particulière de la trajectoire est occupée par Maddison et sa moto à la date pour laquelle $v_y = 0$? Quelle est alors la valeur de la vitesse à cette date ?

L'énergie potentielle de pesanteur est nulle lorsque $y = 0$ m.

- 3.3** Donner l'expression de l'énergie mécanique de Maddison et sa moto en fonction de la masse m , la vitesse v , l'ordonnée y et l'intensité de la pesanteur terrestre g .
- 3.4** En utilisant l'expression précédente, déterminer l'ordonnée y_S du point S, sommet de la trajectoire.
- 3.5** Le niveau de l'eau du canal de Corinthe est situé à 79 m au-dessous du niveau du sol. Le point de sortie du tremplin se situe à 5,7 m au-dessus du niveau du sol. Le résultat précédent confirme-t-il l'information suivante : *le point le plus haut de son vol a dépassé les 95 mètres au-dessus de l'eau* ?

EXERCICE II - Un smartphone en TP de physique-chimie (9 points)

Les 4 parties de cet exercice sont indépendantes.

Le but de cet exercice est de découvrir différentes utilisations possibles d'un smartphone en sciences physiques.

1. Étude de la constitution de l'écran

Indications du fabricant sur le smartphone utilisé :



Dimensions de l'écran : 5,98 cm × 10,62 cm

Résolution de l'écran : 720 px* × 1280 px*, 306 ppp*

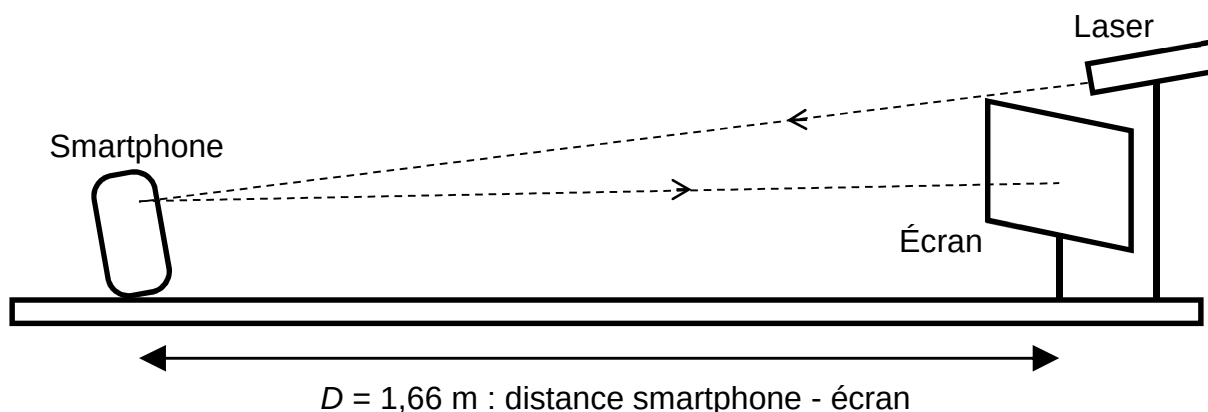
Connectivité : Wi-Fi – Bluetooth® 4.0

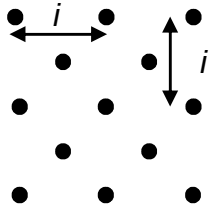
*px = pixel et ppp = pixel par pouce
Un pouce est égal à 2,54 cm

Les écrans de smartphones sont des écrans LCD constitués de pixels (px) très petits. Ces pixels sont eux-mêmes constitués de 3 « sous-pixels » : un vert, un bleu et un rouge. En réflexion, ils se comportent avec la lumière comme un réseau optique à deux dimensions.

Description de l'expérience

Pour vérifier les indications du constructeur concernant la résolution de l'écran, on réalise l'expérience schématisée ci-dessous. Le laser émet un faisceau monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 650$ nm.



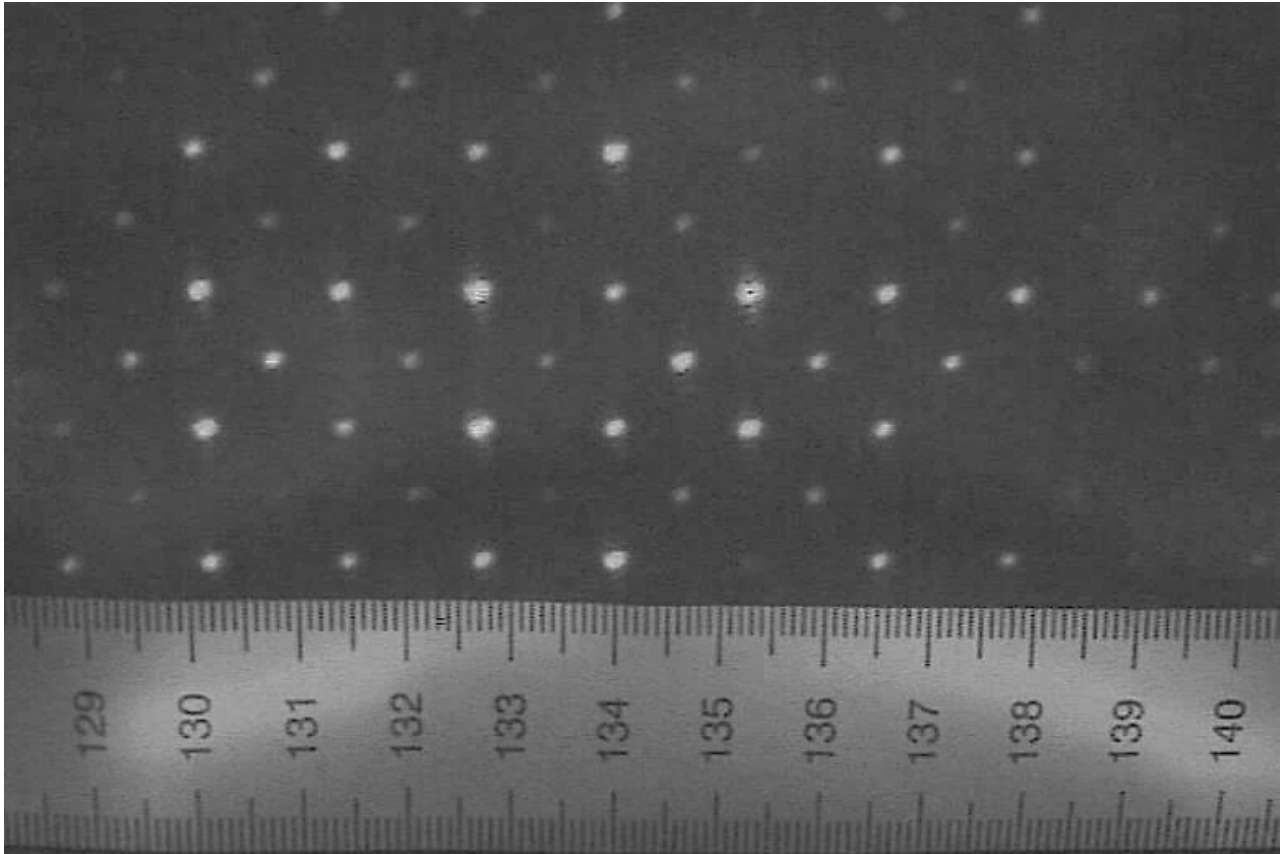


La figure obtenue dépend de la forme des pixels de l'écran.

Avec l'écran du smartphone utilisé ici, on observe une figure ressemblant au schéma ci-contre sur laquelle on peut repérer un paramètre noté i .

On peut relier ce paramètre i à la distance p séparant 2 pixels de l'écran du smartphone par la relation : $i = \frac{\lambda \times D}{p}$ où λ est la longueur d'onde du faisceau laser utilisé.

Photographie de la figure obtenue (les valeurs indiquées sur la règle sont en cm)



- 1.1 On parle généralement de dualité onde-particule au sujet de la lumière. Quel comportement de la lumière est mis en jeu lors de l'expérience présentée dans cette partie ?
- 1.2 À l'aide des résultats de l'expérience, déterminer la distance séparant deux pixels de l'écran du smartphone.
- 1.3 Vérifier que ce résultat est cohérent avec les indications du fabricant. On considérera que les pixels sont accolés.

2. Étude de la transmission Bluetooth®

Lors d'une autre séance de travaux pratiques, un élève utilise le smartphone pour filmer les oscillations d'un pendule simple de masse $m = 100$ g et de longueur notée L .

Pour réaliser cette vidéo, il utilise les réglages suivants sur la webcam du smartphone :

- Résolution 720×480 pixels,
- 30 images par seconde,
- Couleur 24 bits par pixels,
- Durée : 20 s,
- Son désactivé.

Données dans les unités du système international (u.s.i.)

- Célérité des ondes électromagnétiques : $c = 3,0 \times 10^8$ u.s.i.
- Intensité du champ de pesanteur terrestre : $g = 9,81$ u.s.i.
- Spectre électromagnétique où λ est la longueur d'onde en mètre :

λ :	10^{-11}	10^{-9}	10^{-7}	10^{-5}	10^{-3}	10^{-1}	10^1	10^3
Rayons gamma	Rayons X		U.V.	Infra-rouge	Micro-ondes		Ondes radio	

- 1 Mo = 10^6 octets et que 1 octet = 8 bits.

Le Bluetooth®

Il s'agit d'une technologie de transfert de données sans fil.

Le Bluetooth® et certaines normes de Wi-Fi partagent la même bande de fréquence de 2,4 GHz mais ils n'ont pas du tout les mêmes usages. Le Wi-Fi est utile pour transmettre des données de taille importante avec une bande passante élevée. Au contraire, le Bluetooth® possède une bande passante plus faible et sert plutôt à transmettre des données de taille plus faible.

La norme Bluetooth® 4.0 permet un transfert avec un débit de 24 Mbit.s^{-1} .

D'après <http://www.frandroid.com>

2.1 Quelle devrait-être en mégaoctets (Mo) la taille de la vidéo obtenue ?

L'élève transfère le fichier vidéo sur un ordinateur par Bluetooth® 4.0.

2.2 À quel domaine du spectre électromagnétique appartiennent les ondes émises par le smartphone lors du transfert Bluetooth® ? Justifier par un calcul.

2.3 Après compression la taille du fichier n'est plus que de 9,1 Mo. Déterminer la durée minimale de transfert de cette vidéo.

3. Utilisation de la vidéo pour l'étude des oscillations du pendule

3.1 En effectuant une analyse dimensionnelle, choisir parmi les trois relations ci-après celle qui permet de calculer la période T des petites oscillations de ce pendule.

a. $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{g}}$ b. $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ c. $T = 2\pi\sqrt{\frac{g}{L}}$

où g est l'intensité du champ de pesanteur terrestre du lieu de l'expérience.

3.2 En visionnant la vidéo image par image, l'élève observe que le pendule passe par la position d'équilibre sur l'image n°16, puis il effectue une oscillation complète et repasse par la position d'équilibre sur l'image n° 50.

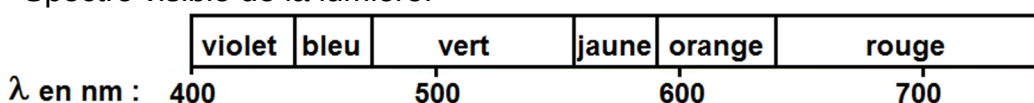
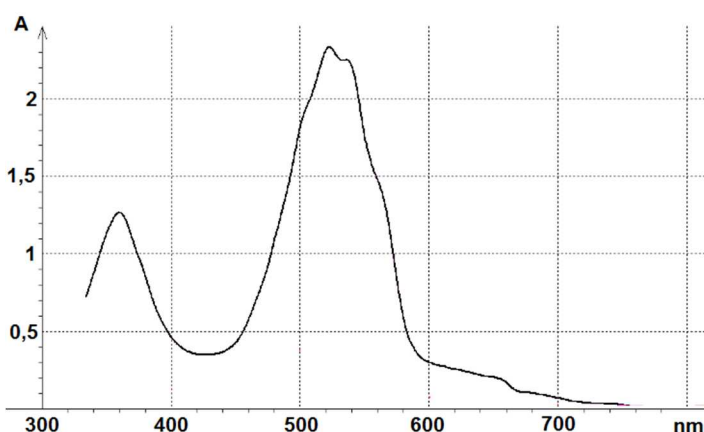
L'élève ayant oublié de mettre un repère de longueur lors de la capture de la vidéo, retrouver la longueur L du fil.

4. Dosage d'une solution colorée

Lors d'une troisième séance de travaux pratiques, les élèves doivent déterminer la concentration en permanganate de potassium dans une solution d'antiseptique (désinfectant qui empêche le développement de bactéries, champignons et virus).

Données

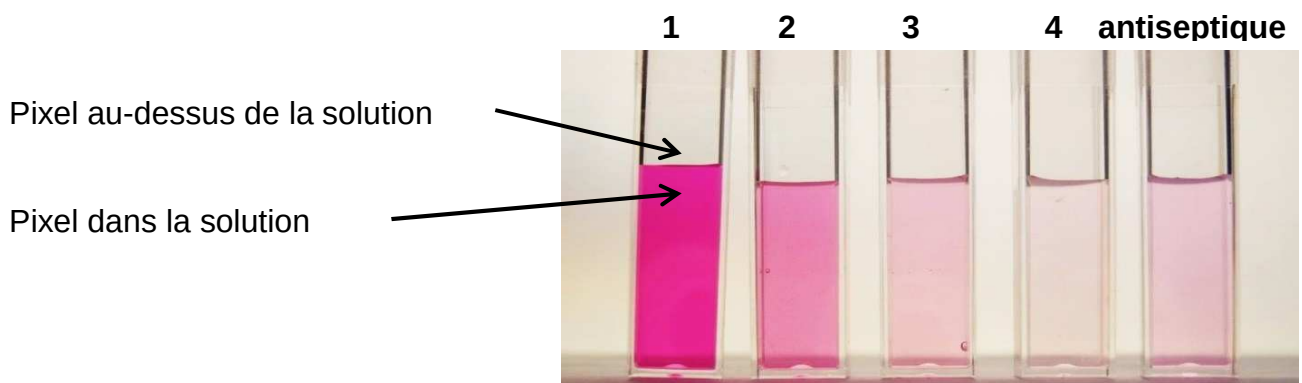
- Masse molaire du permanganate de potassium $\text{KMnO}_4 = 158,0 \text{ g.mol}^{-1}$.
- Une solution aqueuse de permanganate de potassium a une couleur rose / violette.
- Spectre d'absorption d'une solution de permanganate de potassium ci-contre.
- Spectre visible de la lumière.



À partir d'une solution mère (solution n°1) de permanganate de potassium de concentration $C_1 = 2,5 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$, les élèves réalisent 3 solutions filles (n°2, 3 et 4) dont les concentrations molaires sont données dans le tableau ci-après.

Une fois l'échelle de teintes réalisée, les élèves la placent sur un fond blanc pour faire une photographie avec le smartphone. Ils obtiennent une image dans laquelle chaque pixel est codé sur 24 bits, c'est-à-dire 3 octets : un octet pour le rouge (R), un pour le vert (V) et un pour le bleu (B).

À l'aide d'une application, on obtient les 3 valeurs de code RVB (rouge, vert, bleu) des sous-pixels de l'image pour chacune des 5 solutions.



Par analogie avec l'absorbance mesurée par un spectrophotomètre, on calcule une grandeur $A_{\text{octet}} = \log \left(\frac{\text{valeur de l'octet d'un sous-pixel vert au-dessus de la solution}}{\text{valeur de l'octet d'un sous-pixel vert dans la solution}} \right)$.

Solution	n°1	n°2	n°3	n°4	antiseptique
C (mol.L⁻¹)	$C_1 = 2,5 \times 10^{-4}$	$C_2 = 1,0 \times 10^{-4}$	$C_3 = 5,0 \times 10^{-5}$	$C_4 = 1,5 \times 10^{-5}$	$C_A = ?$
[R,V,B] au-dessus de la solution	[190,181,176]	[202,194,183]	[207,201,187]	[208,200,189]	[201,194,183]
[R,V,B] dans la solution	[199, 68,136]	[210,134,162]	[212,169,178]	[212,189,184]	[206,172,179]
A_{octet}	0,43	0,16	0,075	0,025	?

- 4.1 Nommer la verrerie nécessaire pour réaliser la solution n°3 à partir de la solution mère (solution n°1) et décrire précisément le protocole mis en œuvre.
- 4.2 Expliquer pourquoi la valeur de chaque sous-pixel est comprise entre 0 et 255.
- 4.3 Pourquoi, dans cette étude choisit-on la valeur du sous-pixel vert pour le calcul de la grandeur A_{octet} plutôt que celle du rouge ou du bleu ?

Il y a quelques années, le fabricant de l'antiseptique indiquait dans la notice une teneur en permanganate de potassium de 1 mg pour 100 mL de solution. Cette indication n'apparaît plus sur le flacon neuf utilisé pour cette expérience.

- 4.4 Le fabricant a-t-il changé la teneur en permanganate de potassium de son antiseptique ?

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 nécessite d'être correctement présentée.

EXERCICE III - Les « éponges » à hydrogène, une révolution ? (5 POINTS)

La société française McPhy développe une solution pour stocker du dihydrogène sous une « forme solide » dans une galette métallique (voir photo ci-contre). Jusqu'à présent le stockage du dihydrogène se faisait dans des bouteilles sous haute pression.



Les applications de cette nouvelle technique pourraient concerner le domaine des transports ; en effet, le dihydrogène peut être utilisé dans une pile à combustible servant à recharger des batteries, lesquelles alimentent un moteur électrique. Cette technique permet de s'affranchir des problèmes d'autonomie et/ou de poids liés aux batteries.

Par ailleurs, le stockage du dihydrogène dans une galette solide est facilité par l'adjonction de nanoparticules de vanadium. La restitution du gaz se fait ensuite lors d'une opération à basse pression.

D'après <http://www.stopaugazdeschiste07.org> et <http://www.cnetfrance.fr/>

Questions préliminaires

1. Écrire les demi-équations électroniques des réactions ayant lieu à l'anode et à la cathode de la pile à combustible PEFMC. En déduire l'équation de la réaction globale mise en jeu dans cette pile.
2. Les signes des pôles de la pile à combustible PEFMC indiqués sur le schéma du document 2 sont-ils corrects ? Justifier.

Problème

3. On dispose de galettes à base d'hydruure de magnésium. Combien faudrait-il prévoir de galettes de 760 g pour assurer une autonomie totale de 10 heures au véhicule prototype du document 2 ? Commenter le résultat obtenu et expliquer l'intérêt de ce type de stockage.

La démarche suivie et l'analyse critique du résultat sont évaluées et nécessitent d'être correctement présentées. Le candidat notera sur sa copie toutes ses pistes de recherche, même si elles n'ont pas abouti.

Données

Charge électrique échangée au cours de la réaction pendant la durée Δt :

$$Q = n(e^-) \times F = I \times \Delta t \text{ avec :}$$

- Q : charge électrique échangée en coulomb (C) ;
- $n(e^-)$: quantité d'électrons (en mol) échangée au cours de la réaction pendant la durée Δt en seconde ;
- $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C.mol}^{-1}$;
- I : intensité (en A) du courant électrique supposée constante circulant dans le circuit extérieur de la pile.

Couples d'oxydoréduction mis en jeu dans la pile PEFMC : $\text{H}^+_{(\text{aq})} / \text{H}_{2(\text{g})}$; $\text{O}_{2(\text{g})} / \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$

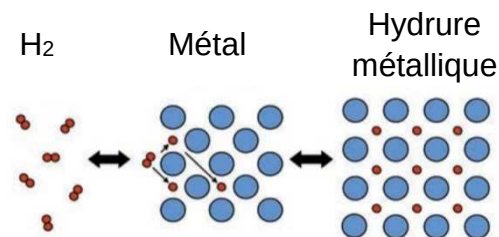
Masses molaires atomiques en g.mol^{-1} : $M(\text{Mg}) = 24,3$ et $M(\text{H}) = 1,0$

Document 1 : stocker l'hydrogène sous « forme solide »

À haute température et sous une pression de 5 à 10 bars, le métal absorbe le dihydrogène pour former un hydrure métallique.

En réduisant la pression, il y a désorption (libération) du dihydrogène et le métal revient à son état d'origine. On peut obtenir la désorption du dihydrogène en chauffant l'hydrure métallique.

L'hydrure de magnésium est particulièrement intéressant car le processus d'absorption-désorption est totalement réversible.



D'après <http://www.cnrs.fr>

Document 2 : utilisation d'une pile à combustible PEMFC

Les piles à combustible PEMFC connues en français sous le nom de *piles à combustible à membrane électrolyte polymère* sont un type de pile à combustible développé pour des applications dans les transports en remplacement du moteur thermique.

Au cours du fonctionnement de la pile, les gaz dioxygène et dihydrogène réagissent au niveau des électrodes et conduisent à la formation d'eau par le biais d'un échange de protons à travers un électrolyte polymère solide (membrane).

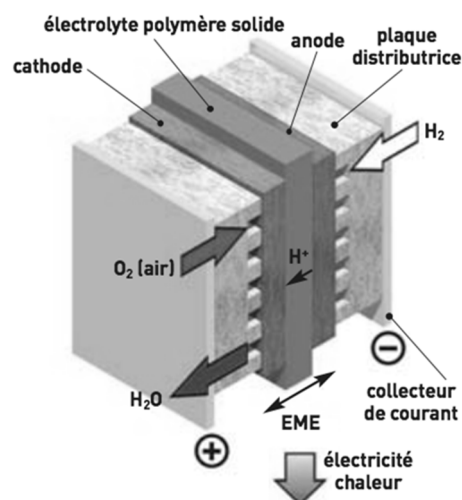
Une pile à combustible nécessite une pression d'alimentation en dihydrogène de 0,3 MPa.

On envisage d'alimenter cette pile à combustible en utilisant des galettes d'hydrure de magnésium dans un véhicule prototype.

Durant cette utilisation, pour alimenter le moteur du véhicule prototype, on peut considérer qu'un courant électrique d'intensité constante égale à 200 A circule dans le circuit extérieur de la pile.

Ci-contre : Schéma de principe de fonctionnement d'une pile à combustible (PEMFC).

EME désigne l'ensemble électrodes-membrane.



D'après <http://www.futura-sciences.com> et les clés du CEA n°50-51

Document 3 : évaluation expérimentale des performances de la galette d'hydrure de magnésium

(D'après : Thèse d'Albin CHAISE :
Étude expérimentale et numérique de réservoirs d'hydrure de magnésium)

Pour récupérer le dihydrogène, un étudiant a chauffé la galette d'hydrure de magnésium et mesuré le pourcentage massique de dihydrogène libéré.

Le pourcentage massique est défini par :

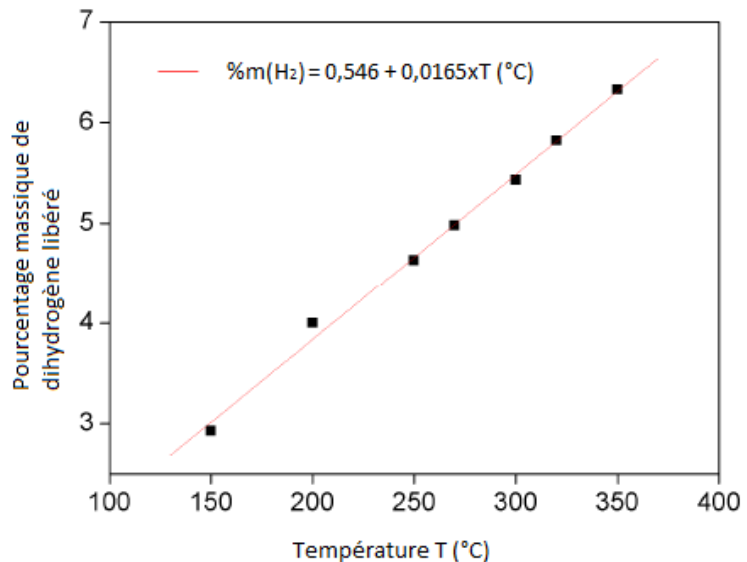
$$\%m(H_2) = \frac{m_{H_2 \text{ libéré}}}{m_{\text{galette}}} \times 100$$

La libération du dihydrogène gazeux s'effectue en chauffant la galette d'hydrure métallique ; le gaz est émis à une pression donnée.

L'étudiant a étudié l'évolution de la pression du dihydrogène émis en fonction de la température.

Ci-contre est représentée l'évolution de la pression d'équilibre (pression de libération) du dihydrogène en fonction de la température.

Graphique 1 : libération du dihydrogène en fonction de la température



Graphique 2 : diagramme d'équilibre $P = f(T)$

