

# BACCALAUREAT BLANC

SESSION février 2018

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

## Spécialité

**L'usage d'une calculatrice EST autorisé**

### Quelques conseils :

1. Lire la totalité du sujet plusieurs fois
2. Réserver une copie par exercice
3. Soigner la présentation et la rédaction (utiliser le brouillon !)
4. Respecter les notations et la numérotation de l'énoncé
5. Encadrer le résultat littéral et souligner l'application numérique
6. Respecter le nombre de chiffres significatifs
7. Avoir un regard critique sur les résultats (cohérent, vraisemblable)

**Bon courage !**

Ce sujet comporte 11 pages numérotées, y compris celle-ci.

*Ce sujet comporte trois exercices qui sont indépendants les uns des autres*

- I- Étude de différentes formes d'aspirine (5 points)
- II- Vol parabolique et photographie (10 points)
- III- Les éponges à hydrogène, une révolution (5 points)

<b>Exercice I : Étude de différentes formes d'aspirine (5 points)</b>
---

**Les 3 parties de cet exercice sont indépendantes**

L'aspirine est un médicament qui peut se présenter sous plusieurs formes, chacune renfermant de l'acide acétylsalicylique, le principe actif.

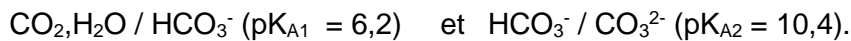
Dans cet exercice, cet acide est noté AH et sa base conjuguée A<sup>-</sup> (ion acétylsalicylate).

**Données pour l'exercice :**

- Masse molaire de l'acide acétylsalicylique C<sub>9</sub>H<sub>8</sub>O<sub>4</sub> :

$$M(\text{AH}) = 180 \text{ g.mol}^{-1}.$$

- L'ion hydrogénocarbonate HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> fait partie de 2 couples acide/base :



- Pour l'acide acétylsalicylique pK<sub>A</sub> = 3,5.

**1. Solution d'aspirine obtenue à partir d'un cachet**

On dissout un comprimé contenant 500 mg d'aspirine (ou acide acétylsalicylique) dans une fiole jaugée de volume V = 500,0 mL. On obtient une solution notée S. La mesure du pH de cette solution à 25°C donne pH = 2,9.

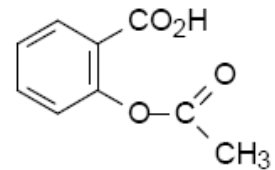


- 1.1. Déterminer la concentration molaire C de cette solution en acide acétylsalicylique.
- 1.2. Écrire l'équation de la réaction de l'acide acétylsalicylique AH avec l'eau.
- 1.3. En vous appuyant sur un tableau d'avancement (**à compléter en annexe et à rendre avec votre copie**), montrer que l'acide acétylsalicylique est un acide faible. Expliquer précisément la démarche suivie.  
Le tableau d'avancement devra comporter des valeurs numériques pour l'état final.
- 1.4. Définir puis calculer la valeur de la constante d'acidité K<sub>A</sub> associée au couple acide/base de l'acide acétylsalicylique. Vérifier que le pK<sub>A</sub> du couple AH/A<sup>-</sup> de l'acide acétylsalicylique vaut 3,5.

L'aspirine peut également être vendue sous forme effervescente. Dans ce cas le comprimé contient en plus de l'hydrogénocarbonate de sodium (solide ionique contenant des ions sodium Na<sup>+</sup> et hydrogénocarbonate HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Lorsque le cachet est placé dans un verre d'eau, il se dissout et on observe un dégagement gazeux de dioxyde de carbone.



- 1.5. Tracer le diagramme de prédominance associé au couple de l'aspirine, ainsi que le diagramme de prédominance associé aux 2 couples de l'ion hydrogénocarbonate HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.
- 1.6. Écrire l'équation de la réaction acido-basique qui a lieu entre l'aspirine AH et les ions hydrogénocarbonate HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, responsable de l'effervescence du comprimé.



Formule de l'acide acétylsalicylique

## 2. Titrage de l'aspirine contenu dans un comprimé

Un professeur souhaite faire réaliser à ses élèves un titrage de l'aspirine contenue dans un comprimé non effervescent.

Les élèves réalisent une solution d'aspirine notée  $S_A$  par dissolution d'un comprimé dans une fiole jaugée de volume  $V = 200,0$  mL qu'ils complètent avec de l'eau distillée.

Ils prélèvent ensuite un volume de  $V_A = 10,0$  mL de cette solution

$S_A$  puis ils réalisent un dosage afin de déterminer la concentration molaire  $C_A$  de l'aspirine dans la solution  $S_A$ .



La solution titrante utilisée est une solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$ ) de concentration molaire  $C_B = 1,00 \cdot 10^{-2}$  mol.L<sup>-1</sup>. Les volumes équivalents obtenus par chaque binôme sont notés dans le tableau suivant.

Binôme	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Volume équivalent $V_{BE}$ en mL	13,7	13,5	13,9	13,8	14,0	13,8	13,6	13,7	13,7

2.1. Pour la série de mesures réalisée, on note :

- $\overline{V_B}$  la valeur moyenne des  $n$  volumes équivalents  $V_{BE}$  obtenus par les élèves
- $U(V_B)$  l'incertitude de mesure correspondante, associée au niveau de confiance de 95%.

Par définition  $U(V_B) = t_{95} \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$  où :

où  $\sigma_{n-1}$  désigne l'écart-type expérimental, donné par la calculatrice en mode statistique  
 $t_{95}$  est appelé facteur d'élargissement, il dépend du nombre  $n$  de mesures réalisées.

Pour  $n = 9$  mesures et pour le niveau de confiance choisi de 95%,  $t_{95} = 2,31$

Calculer la valeur moyenne  $\overline{V_B}$  du volume équivalent pour ce groupe de TP.

En déduire un encadrement de ce volume sous la forme :  $V_{BE} = \overline{V_B} \pm U(V_B)$

2.2. Écrire l'équation de la réaction support de ce titrage.

2.3. Définir l'état d'équivalence pour un titrage et établir la relation permettant de calculer la valeur de la concentration molaire  $C_A$  de l'aspirine dans la solution  $S_A$ .

2.4. En considérant que l'incertitude relative  $\frac{U(V_B)}{V_B}$  sur le volume équivalent est égale à l'incertitude relative  $\frac{U(C_A)}{C_A}$  sur la concentration molaire  $C_A$ , donner un encadrement de la valeur de  $C_A$

2.5. Vérifier si le comprimé utilisé contient bien 500 mg d'acide acétylsalicylique.

**Exercice 2 : Vol parabolique et photographie (10 points)**

Thomas Pesquet, ancien élève du lycée Pierre Corneille de 1996 à 1998, a subi 7 années de formation avant sa mission de 6 mois dans l'espace en 2017.

Il a suivi des cours intensifs en informatique, mécanique spatiale, apprentissage du russe, les procédures médicales de base...mais aussi un grand nombre d'entraînements pour éprouver sa résistance physique mais aussi mentale dans un milieu hostile pour l'homme. L'un de ses entraînements a consisté à réaliser des vols paraboliques grâce à l'avion « zéro G ».

**Document 1 : apesanteur ou impesanteur ?**

Un objet est en **apesanteur** lorsqu'il y a absence totale de pesanteur (concept théorique).

Un objet est en **impesanteur** lorsque le sol ou le support n'exerce aucune action sur lui. C'est le cas lors d'une chute libre (c'est à dire quand le système n'est soumis qu'à la seule action du poids). L'impesanteur est donc l'absence apparente de pesanteur.

Considérons le spationaute de la photo ci-contre, la tête en bas. Il est placé dans une « cabine » en chute libre :



- dans le référentiel terrestre, cabine et astronaute sont tous deux en chute libre et la cabine n'exerce aucune action sur l'astronaute lui-même et celui-ci « flotte » dans l'air de la cabine.
- dans un référentiel lié à la cabine, le spationaute ne semble pas soumis à la pesanteur, il est en état d'impesanteur.

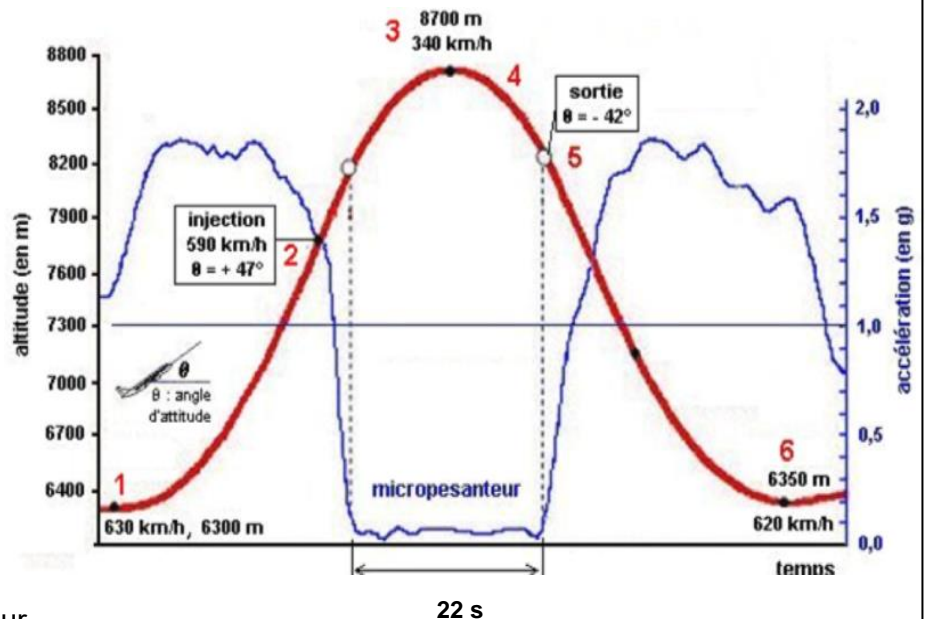
**Document 2 : Pourquoi un vol parabolique ?**

Lorsqu'on lance un objet en l'air, hormis le cas où il a été lancé rigoureusement à la verticale vers le haut, sa trajectoire est une parabole. Il s'agit d'une chute libre avec vitesse initiale.

Si un avion arrive à effectuer une trajectoire parabolique, passagers et matériel embarqué seront en impesanteur.

L'Airbus « Zéro G » qui est en vol horizontal à 6300 mètres d'altitude monte en se cabrant à 47°. Il est alors en hyperpesanteur à 1,8 g (où g correspond à l'accélération de la pesanteur à la surface de la Terre).

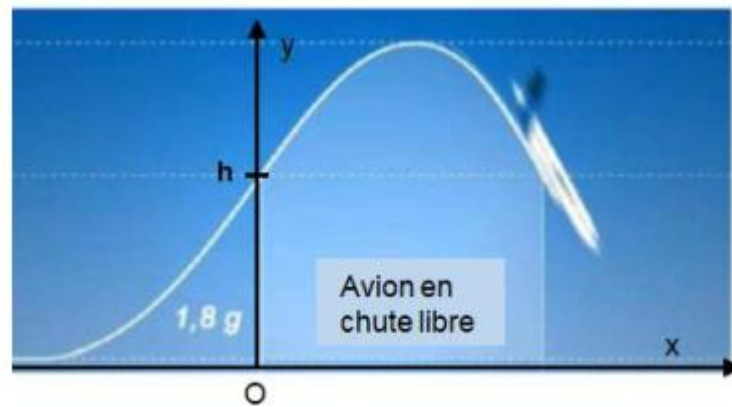
Le pilote diminue ensuite la poussée des réacteurs de façon à juste compenser le frottement de l'air et l'avion entre en phase de chute libre dès 8200 mètres. Son contenu est en impesanteur. Son élan lui permet d'atteindre 8700 mètres puis il retombe (phase descendante de la parabole). Après avoir remis les gaz à 8200 mètres et retrouvé une phase d'hyperpesanteur l'avion reprend son vol horizontal à 6300 mètres. L'opération dure environ une minute pour obtenir 22 secondes d'impesanteur.



### Partie 1 : Répondre aux questions

- Schématiser la situation décrite dans le document 1 (spationaute la tête en bas dans l'avion « ZéroG ») en faisant apparaître les forces mises en jeu sur la cabine et l'objet.
- En vous appuyant sur les documents, expliquer simplement pourquoi le spationaute est en état d'impesanteur pendant la phase de chute libre de l'avion « ZéroG ».
- On étudie le mouvement parabolique de l'avion (que l'on assimile à un point M, de masse  $m$  constante) dans un repère orthonormé  $(O, \vec{i}, \vec{j})$  (l'origine  $O$  étant prise au niveau du sol, d'axe  $Ox$  horizontal orienté dans le sens du mouvement et d'axe  $Oy$  vertical orienté vers le haut). Celui-ci débute à  $t = 0$ , à une altitude  $h = 8\,200$  m à la verticale du point  $O$  avec un vecteur vitesse  $\vec{v}_0$  faisant un angle  $\theta = 47^\circ$  avec l'horizontale et de norme  $v_0 = 500$  km.h<sup>-1</sup>.

On considèrera que l'intensité de la pesanteur est constante et égale à  $g = 9,8$  m.s<sup>-2</sup>.



- D'après les documents, comment agit le pilote pour que l'avion soit en impesanteur ?
- On étudie le système {avion} dans le référentiel terrestre supposé galiléen.  
En considérant que l'avion n'est soumis qu'à son poids, établir que le vecteur accélération de l'avion s'écrit  $\vec{a} = \vec{g}$ .
- Indiquer quelles sont les expressions des coordonnées  $v_{0x}$  et  $v_{0y}$  du vecteur vitesse à la date  $t = 0$ .
- En déduire que les équations horaires  $x(t)$  et  $y(t)$  du mouvement peuvent s'écrire :  

$$x(t) = v_0 \cos\theta t \quad \text{et} \quad y(t) = \frac{-1}{2} g t^2 + v_0 \sin\theta t + h$$
- Montrer que l'équation de la trajectoire s'écrit sous la forme :  

$$y(x) = \frac{-1}{2} g \left( \frac{x}{v_0 \cos\theta} \right)^2 + \tan\theta x + h$$
- Déterminer le temps  $t_s$  pour lequel l'avion atteint son altitude maximale.
- Retrouver la durée maximale  $\Delta t$  durant laquelle il est possible d'être en impesanteur par ce procédé.

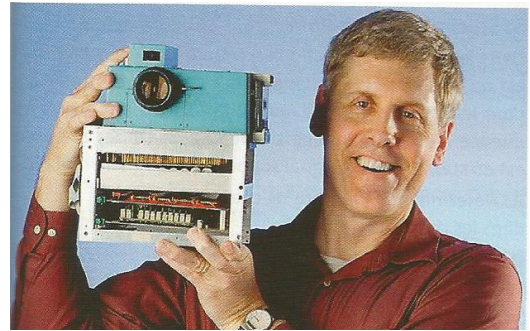
## Partie 2 : image numérique

### Document 1 : le premier appareil numérique

C'est en 1975 qu'un ingénieur de Kodak, Steve Sasson, mit au point le tout premier appareil photo numérique. Il pesait près de 4 kg et possédait une définition très basse de 100 x 100 pixels. Chaque pixel était codé en niveau de gris sur 4 bits. Les photographies étaient visualisées sur un écran cathodique noir et blanc.

Le plus gros problème ne fut pas de numériser les photographies, mais de les enregistrer : les supports mémoires étaient limités en capacité et peu pratiques.

On rappelle qu'un nombre binaire à  $n$  bits peut prendre  $2^n$  valeurs entières différentes. Un octet est un nombre à 8 bits.



Steve Sasson et son appareil (1975)

### Document 2 : Les appareils photos numériques actuels

Depuis la station spatiale internationale, Thomas Pesquet a pu prendre un grand nombre de photos.

Il disposait à bord de la station d'un appareil photo Nikon D4S dont certaines caractéristiques sont données ci-dessous :

Capteur : 16,2 millions de pixels,  
Format d'image 4928 x 3280  
Il peut enregistrer des images au format RAW au maximum en 14 bits.

Depuis la station spatiale internationale, la connexion à la Terre se fait via une connexion satellite. Cette connexion offre des débits plus élevés que ceux d'une bonne partie de la planète : 10 mégabits/s en réception et 3 mégabits/s en émission.

Gros point noir, par contre, l'accès est indirect : dans la majorité des cas (sauf, par exemple, les conférences vidéo) l'accès doit passer par les serveurs de la NASA, qui gardent une copie complète des données présentes dans l'ISS. Dans les faits, la synchronisation avec l'extérieur ne s'effectue par exemple que trois fois par jour, les e-mails ne sont donc pas aussi rapides qu'ils devraient l'être. La raison d'être de cette limitation est simple : limiter l'impact des virus sur les machines.

Notons tout de même, pour se faire une petite idée, que la sonde Voyager 2 (sortie du système solaire il y a déjà quelques années) offre des débits bien moins élevés : entre la Terre et la sonde, la transmission s'effectue à 16 bits.s<sup>-1</sup>.



Thomas Pesquet @Thom\_astro

.@Rouen, la capitale régionale: j'y ai fait une partie de mes études au lycée Pierre Corneille  
[flic.kr/p/Ue1W2Z](https://www.flic.kr/p/Ue1W2Z) #Normandie #proxima



## 1. L'appareil historique

- Calculer le nombre de pixels d'une photo faite avec l'appareil de Sasson. Exprimer le résultat en millions de pixels et le comparer avec à la définition d'un appareil actuel.
- Déterminer le nombre de niveau de gris codant un pixel de cet appareil.
- Déterminer, en kilo-octets (ko) la capacité de mémoire nécessaire afin de mémoriser les informations de niveaux de gris de l'ensemble des pixels de cette image.

## 2. Numérisation d'une image en niveaux de gris

Depuis l'époque de Steve Sasson, les progrès ont concerné la numérisation de l'image, mais aussi la qualité de l'optique et les capacités mémoires.

La lumière est captée par une dalle, quadrillée de cellules comportant chacune un capteur qui convertit l'intensité lumineuse reçue en tension électrique. L'étape consistant à quantifier et à numériser le signal est ensuite réalisée par un convertisseur analogique-numérique.

- Comment s'appelle l'étape qui consiste à scinder en petite portion l'image reçue par la dalle ?
- Quelle grandeur électrique est quantifiée par le convertisseur ? A quelle perception humaine est-elle associée ?

## 3. Étude de la résolution du Nikon D4S

La résolution permet d'évaluer la qualité d'une image : plus il y a de pixels par unité de longueur, meilleure est la qualité. Elle est donnée en ppp (pixel par pouce) où 1 pouce = 2,54 cm.

Une image numérique est dite de qualité photo si sa résolution est supérieure à 300 ppp. La dalle du Nikon D4S comporte 4928 pixels en largeur et 3280 en hauteur. Tous les pixels sont carrés.

- Calculer le nombre de pixels de la dalle de capteurs
- Une image de 16,9 cm de largeur et 12,7 cm de hauteur est prise. Calculer sa résolution en ppp.
- Cette image est-elle de qualité photo ?

## 4. Échelle RVB

Les capteurs de l'appareil photo de Steve Sasson n'étaient pas conçus pour distinguer les couleurs. De nos jours les capteurs le permettent ; le codage le plus utilisé est l'échelle RVB (rouge, vert, bleu), basé sur la synthèse additive des couleurs. La couleur est codée avec une échelle RVB de 24 bits, chaque couleur primaire est codée sur 8 bits.

- Déterminer le nombre de valeurs codant chaque couleur primaire et le nombre de couleurs possibles.
- Quel code RVB permet d'obtenir le bleu de la mer ? Ecrire de même le code RVB du noir.

## 5. Transfert des photos depuis l'ISS

- Montrer que la taille des photos prises par Thomas Pesquet était de 28 Mo.
- Quelle serait alors la durée d'un transfert de ce fichier depuis l'ISS jusqu'à la Terre ? Répondre à la même question si le débit était le même que celui de la sonde Voyager 2.

### 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  $\Delta t$  :  

$$Q = n(e^-) \times F = I \times \Delta t$$
 avec :  
 $Q$  : charge électrique échangée en coulomb (C) ;  
 $n(e^-)$  : quantité d'électrons (en mol) échangée au cours de la réaction pendant la durée  $\Delta t$  en seconde ;  
 $F = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;  
 $I$  : 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  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$  :  $M(\text{Mg}) = 24,3$  et  $M(\text{H}) = 1,0$

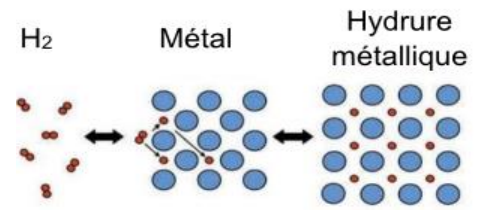


**Document 1 : Stocker l'hydrogène sous « forme solide »**

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**

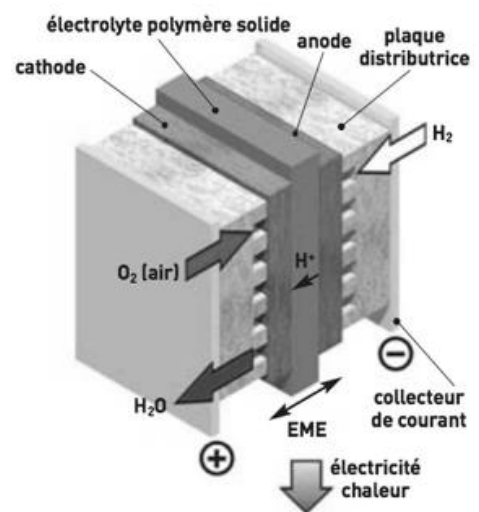
Les piles à combustible PEMFC connues en français sous le nom de *piles à combustible à membrane électrolyte polymère* sont un type de pile à combustible développé pour des applications dans les transports en remplacement du moteur thermique.

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.



**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

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 :

$$\%m(\text{H}_2) = \frac{m_{\text{H}_2\text{libéré}}}{m_{\text{galette}}} \times 100$$

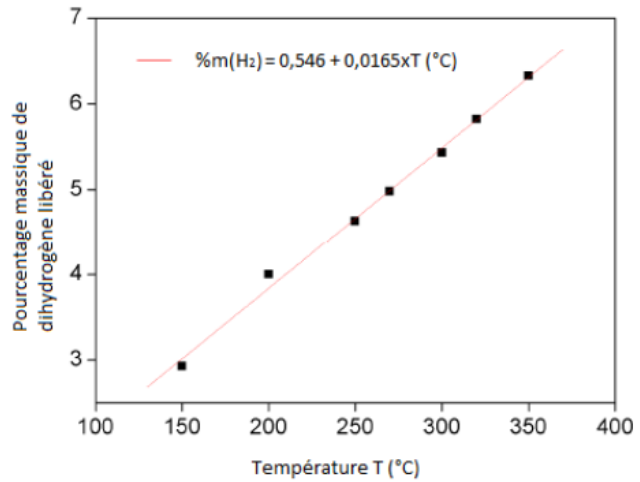
La libération du dihydrogène gazeux s'effectue en chauffant la galette d'hydrure métallique ; le gaz est émis à une pression donnée.

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

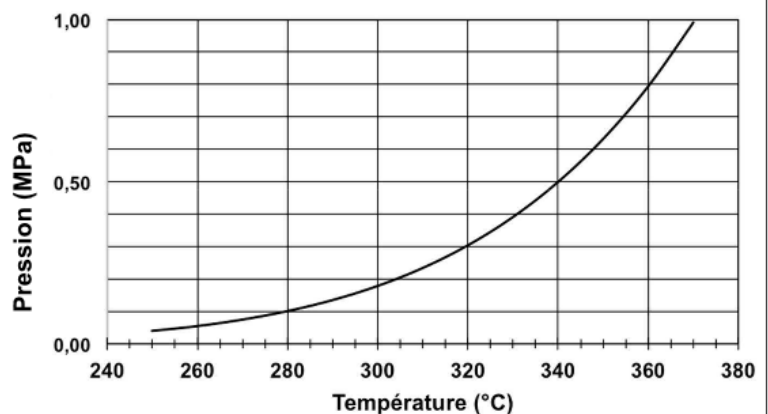
Ci-contre est représentée l'évolution de la pression d'équilibre (pression de libération) du dihydrogène en fonction de la température.

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

**Graphique 1 : libération du dihydrogène en fonction de la température**



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



**Annexes à rendre avec la copie**

**NOM, Prénom :** .....

**Exercice I : Étude de différentes formes d'aspirine**

**Tableau d'avancement à compléter**

Equation de la réaction :					
État	Avancement				
État initial	$x_i = 0$				
État d'équilibre final Si la réaction est limitée	$x_f$				
État final Si la réaction est totale	$x_{\max}$				