

## Devoir de Sciences Physiques n°9

### Partie physique : Le Grand Saut ( 12 points )

Cet exercice vise dans un premier temps à analyser quelques informations extraites d'un document Internet relatif au projet de "Grand Saut" du parachutiste Michel Fournier et dans un deuxième temps à étudier un saut en parachute plus classique.

Les deux parties A et B sont indépendantes.

#### PARTIE A - Le grand saut

D'après l'édition Internet du vendredi 12 juillet 2002 du Quotidien Québécois Le Devoir.

Paris - Michel Fournier, 58 ans, ancien instructeur parachutiste de l'armée française, a annoncé hier son intention d'effectuer en septembre un saut en chute libre de 40 000 mètres d'altitude au dessus du Canada.

"Ce qui m'intéresse au premier chef, c'est le record et le challenge physique que représente ce saut", a déclaré Michel Fournier à Paris.

Pour réaliser cet exploit, il sera équipé d'une combinaison pressurisée proche de celles utilisées par les astronautes, mais modifiée pour résister à des températures extrêmement basses (moins 110 degrés Celsius) et équipée d'un parachute.

Il atteindra l'altitude de 40 000 mètres en trois heures environ, à bord d'une nacelle, elle aussi pressurisée, et tirée par un ballon gonflé à l'hélium.

La durée du saut est évaluée à six minutes vingt-cinq secondes.

En l'absence de pression atmosphérique, Fournier dépassera la vitesse du son (1067 kilomètres/heure) trente secondes environ après son départ en position verticale. Il sera ensuite progressivement freiné dans sa chute par la densification de l'air. Il pourra alors reprendre une position horizontale et ouvrir son parachute à une altitude de 1000 mètres. Pour des raisons de sécurité, le saut aura lieu dans le nord du Canada, au-dessus de la base de Saskatoon, dans une zone où la densité de population est très réduite. Le record est actuellement détenu par l'Américain Joseph Kittinger, qui, en août 1960, avait sauté d'une nacelle à 30840 mètres.

#### 1 - La chute libre (début du saut)

Au début du saut, la pression atmosphérique est très faible: l'air est raréfié et son action sur le parachutiste peut être négligée.

On admettra pour cette question que l'intensité de la pesanteur est constante, de valeur égale à  $g = 9,7 \text{ N.kg}^{-1}$ . On précise que la vitesse initiale est nulle.

1.1 - Qu'appelle-t-on une chute libre ?

1.2 - Établir l'expression de l'accélération du parachutiste lors de cette phase du saut.

1.3 - Établir la relation liant la vitesse  $v$  atteinte à la durée de chute  $t$ . Vérifier que la durée de chute  $t_1$  permettant d'atteindre la "vitesse" du son (soit  $v_1 = 1067 \text{ km.h}^{-1}$ ) est bien celle présentée dans le texte.

1.4 - Établir la relation liant la distance  $x$  parcourue à la durée de chute. Calculer la distance  $x_1$  parcourue quand la "vitesse" du son est atteinte. Quelle est alors l'altitude  $h_1$  du parachutiste ?

#### 2. Les conditions de température

2.1 - A propos du son, le terme de célérité est préférable à celui de vitesse. Expliquer.

2.2 - En admettant que la célérité du son est proportionnelle à la racine carrée de la température absolue, déterminer la température  $\theta_1$  de l'atmosphère correspondant à une célérité  $v_1 = 1067 \text{ km.h}^{-1}$ .

Données : célérité du son :  $v_0 = 1193 \text{ km.h}^{-1}$  à  $\theta_0 = 0^\circ \text{ C}$   
 $T = \theta + 273$  ( $\theta$  température en  $^\circ\text{C}$ ,  $T$  température absolue en K)

## PARTIE B : Le saut classique

Le parachutiste et son équipement (système étudié) ont au total une masse  $m = 80 \text{ kg}$ . On supposera que le parachutiste s'élance sans vitesse initiale d'un ballon immobile situé à 1000 m d'altitude. Le saut se déroule en deux phases.

### 1 - Première phase

Lors de la première phase, le parachute n'est pas déployé. L'action exercée par l'air peut être modélisée par une force de valeur exprimée par  $F = kv^2$  avec  $k = 0,28 \text{ S.I.}$  (unités du système international). La poussée d'Archimède due à l'air sera supposée négligeable. L'intensité de la pesanteur sera considérée comme constante et de valeur  $g_0 = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$ .

1.1 - Déterminer l'unité du coefficient  $k$  (en utilisant les unités fondamentales du système international).

1.2 - Effectuer le bilan des actions exercées sur le système et établir l'équation différentielle relative à l'évolution de la vitesse du système au cours du temps. Montrer qu'elle correspond numériquement à

$$\frac{dv}{dt} = 9,8 - 0,0035 \times v^2.$$

1.3 - La courbe d'évolution de la vitesse au cours du temps est représentée en **annexe 1 à rendre avec la copie**.

1.3.1 - Déterminer la vitesse limite et le temps caractéristique de ce mouvement.

1.3.2 - Comment peut-on retrouver, à partir de ce document, une valeur approchée de l'intensité de la pesanteur ?

1.4 - La courbe précédente a en fait été obtenue par résolution de l'équation différentielle précédente par la méthode numérique itérative d'Euler. Un extrait de la feuille de calcul est représenté ci-dessous.

Date $t$ (s)	Vitesse $v$ ( $\text{m.s}^{-1}$ )	Accélération $a = dv/dt$ ( $\text{m.s}^{-2}$ )
0,00	0,00	9,80
0,10	0,98	9,80
0,20	1,96	9,79
0,30	2,94	9,77
0,40	3,92	9,75
0,50	4,89	9,72
0,60	5,86	9,68
0,70	6,83	9,64

1.4.1 - Quel est le pas  $\Delta t$  utilisé pour les calculs ?

1.4.2 - Expliquer la méthode d'Euler en effectuant les calculs de l'accélération à la date  $t_4 = 0,40 \text{ s}$  et de la vitesse à la date  $t_5 = 0,50 \text{ s}$ .

1.5 - Sur le document fourni en **annexe 1 à rendre avec la copie**, est également représentée l'évolution de la position  $x$  au cours du temps. Déterminer à quelle date le parachutiste atteindrait le sol s'il n'ouvrait pas son parachute.

## 2 - Deuxième phase

Le parachutiste déclenche l'ouverture de son parachute à l'instant 12 s. La vitesse diminue et se stabilise en 4 s à la valeur limite de  $4,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

2.1 - L'ouverture du parachute modifie la force de frottement exercée par l'air qui devient  $F' = k'\cdot v^2$ .

En s'aidant de l'expression littérale de la vitesse limite, déterminer la valeur de  $k'$ .

2.2 - Représenter, sur l'**annexe 2 à rendre avec la copie**, l'évolution de la vitesse au cours du temps (évolution correspondant à l'ensemble du saut). L'évolution correspondant à la chute étudiée au cours de la première phase, lorsque le parachute n'est pas déployé, est rappelée en trait fin.

## Partie Chimie. Pourquoi cuisiner dans des casseroles en cuivre? ( 8 points )

Les casseroles en cuivre semblent un luxe. En sont-elles vraiment ? La chose n'est pas certaine, car le cuivre conduit très bien la chaleur : tout excès de chaleur, en un point de la casserole, est rapidement dissipé parce que la chaleur se propage rapidement vers le reste de l'ustensile...

Pour éviter le contact toxique du vert de gris, on doit toutefois recouvrir les ustensiles en cuivre d'étain pur, aujourd'hui par électrolyse.

D'après Hervé This, les secrets de la casserole

C'est par oxydation que le cuivre se recouvre de « vert de gris ». La couche obtenue donne un aspect particulier aux statues, mais elle est constituée d'un sel d'un sel soluble qui est toxique. L'électrolyse du cuivre consiste dans ce cas à déposer une fine couche d'étain sur toute la surface du récipient. Ce procédé est appelé étamage. L'électrolyte est constitué de sulfate d'étain,  $\text{Sn}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$  et de différents additifs. Le récipient à étamer constitue une électrode, l'autre étant de l'étain  $\text{Sn}(\text{s})$  pur.

Données :

Masse molaire de l'étain :  $M(\text{Sn}) = 119 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Constante de Faraday :  $F = 9,65.10^4 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$  ( quantité d'électricité d'une mole d'électrons )

L'étain appartient au couple :  $\text{Sn}^{2+}_{(\text{aq})}/\text{Sn}(\text{s})$

### Partie A : Étamage d'une casserole

1. On considère le schéma du montage représenté en **annexe à rendre avec la copie**.

1.1. Indiquer sur ce schéma le sens du courant électrique dans le circuit ainsi que le sens de circulation des porteurs de charge dans les conducteurs métalliques.

1.2. L'électrolyse est-elle une transformation spontanée ? Justifier la réponse.

2. On étudie les réactions aux électrodes en considérant que le solvant n'intervient pas.

2.1. La réaction se produisant à l'électrode A reliée à la borne négative du générateur est-elle une oxydation ou une réduction ? Justifier. En déduire le nom de chaque électrode.

2.2. Écrire l'équation de la réaction ayant lieu à l'électrode A. Le récipient à recouvrir doit-il constituer cette électrode ? Justifier.

2.3. Écrire l'équation de la réaction ayant lieu à l'autre électrode (B).

2.4. En déduire l'équation de la réaction globale de cette électrolyse.

Comment évolue la concentration en ions étain  $\text{Sn}^{2+}_{(\text{aq})}$  dans la solution au cours de la réaction ?

3. L'intensité du courant électrique est maintenue constante pendant toute la durée  $\Delta t$  de l'électrolyse et vaut  $I=0,250$  A.

3.1. Donner l'expression de la quantité d'électricité  $Q$  qui a traversé le circuit au cours de l'électrolyse.

3.2. En s'aidant éventuellement d'un tableau d'avancement, établir la relation entre la quantité d'électrons  $n(e^-)$  échangée et la quantité d'étain déposé sur le récipient.

3.3. Donner la relation entre la quantité d'électricité  $Q$  et la quantité d'électrons  $n(e^-)$  échangés aux électrodes.

3.4. Montrer alors que la durée de l'électrolyse peut être exprimée, en fonction de la masse  $m_{Sn}$  déposée, par la

$$\text{relation } \Delta t = \frac{2 \cdot m_{Sn} \cdot F}{I \cdot M_{Sn}}$$

4. On veut étamer une casserole cylindrique, de diamètre  $D = 15$  cm, de hauteur  $H = 7,0$  cm, et d'épaisseur négligeable. Le dépôt d'étain doit être réalisé sur les faces interne et externe et sur une épaisseur  $e = 20$   $\mu\text{m}$ .

Le volume d'étain nécessaire pour le dépôt est donné par la relation  $V = S e$  avec  $S = \frac{\pi D^2}{2} + 2 \pi D H$ .

4.1. Calculer la valeur de  $V$  en  $\text{cm}^3$ .

4.2. La masse volumique de l'étain est  $\rho = 7,30$   $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ . Calculer la masse d'étain nécessaire.

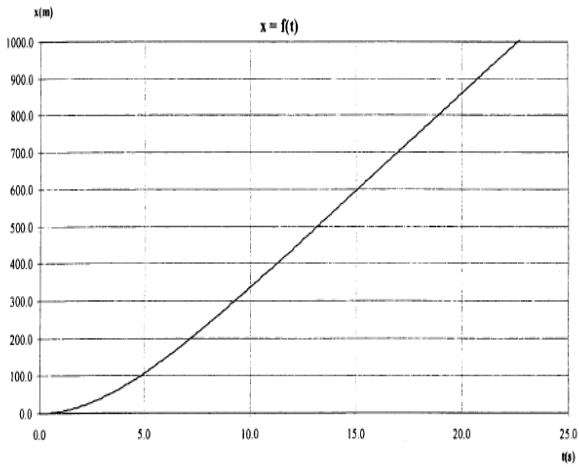
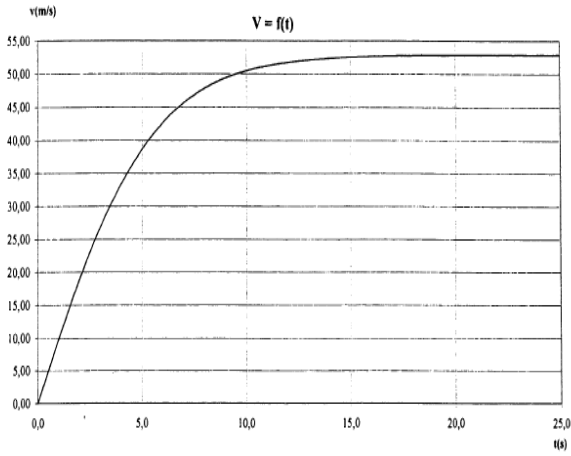
4.3. À l'aide de l'expression donnée en 3.4, calculer la durée minimale de l'électrolyse pour réaliser ce dépôt.

Nom

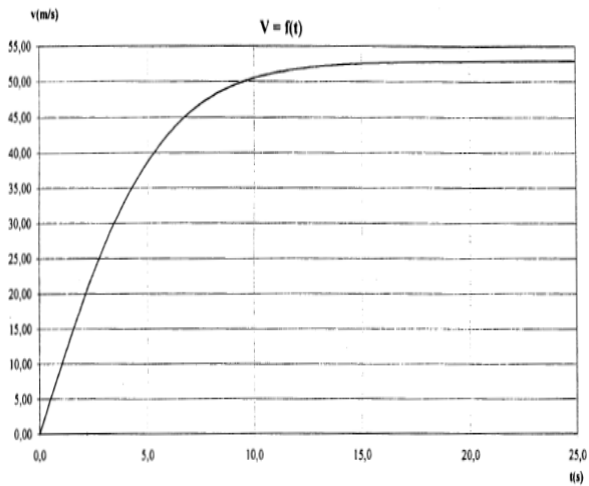
Prénom

Annexe Physique

ANNEXE 1 (à rendre avec la copie)



ANNEXE 4 (à rendre avec la copie)



Annexe Chimie

