BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2011

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **3 h 30** – COEFFICIENT : **6**.

L'usage des calculatrices EST autorisé

Ce sujet nécessite une feuille de papier millimétré

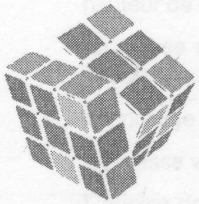
Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci.
Les feuilles annexes *(pages 9 et 10)* ***SONT À RENDRE AVEC LA COPIE.***

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

obligatoire

Exercice I : Un Rubik's Cube résolu à près de 4300m d'altitude. (6,5 points)

*Le **Rubik's Cube** a été inventé en 1974 par le Hongrois Ernő Rubik, et s'est rapidement répandu sur toute la planète au cours des années 1980.*



UN PARACHUTISTE A RÉSOLU LE RUBIK'S CUBE ALORS QU'IL SE TROUVAIT À UNE ALTITUDE DE 4300 METRES.

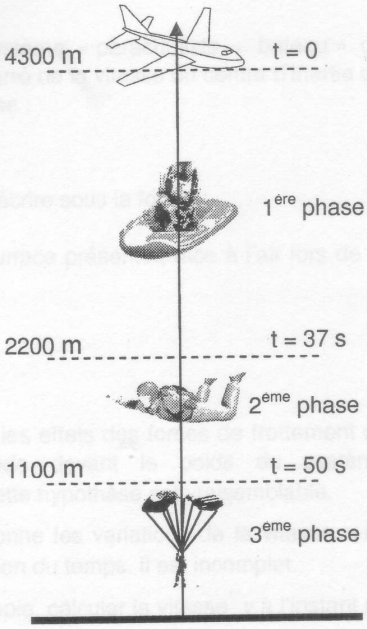
Le 3 août 2010, Ludwig Fichte, 29 ans, s'est assis dans un bateau gonflable après avoir sauté d'un avion. Il a résolu le Rubik's Cube en 31,5 secondes et son altimètre indiquait alors 2500 mètres. Le parachutiste dit avoir utilisé le bateau gonflable pour avoir plus de stabilité et pouvoir mieux se concentrer sur le casse-tête.

Source : http://fr.news.yahoo.com

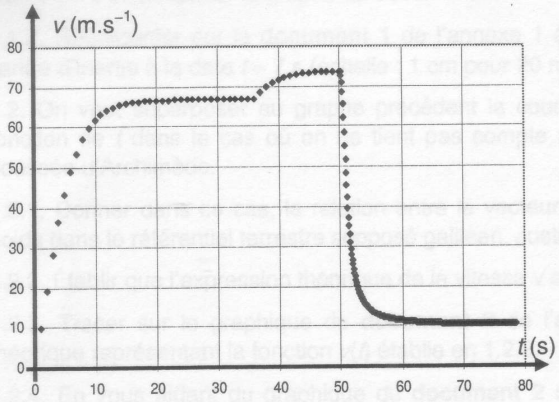
A la fin du film qui accompagne l'article, on apprend que M. Fichte a quitté son bateau à l'altitude 2200 m et a ouvert son parachute à l'altitude de 1100 m.

La chute de M. Fichte a été modélisée à partir des éléments fournis dans l'article. Elle a été pour cela décomposée en trois phases :

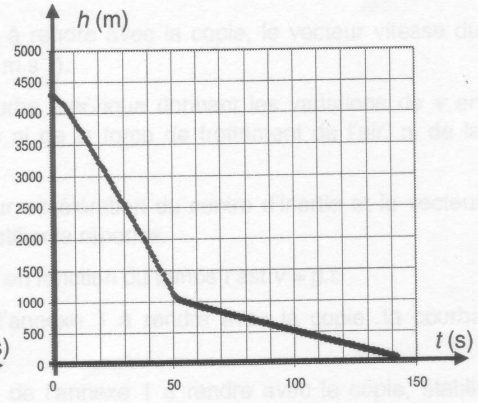
- 1ère phase : Chute de M. Fichte assis sur le bateau gonflable pendant qu'il résout le Rubik's cube.
- 2ème phase : Chute de M. Fichte sans bateau, dans la position classique de descente.
- 3ème phase : Chute de M. Fichte avec son parachute ouvert.



On obtient les deux courbes suivantes donnant les variations de l'altitude *h* et de la vitesse *v* du parachutiste en fonction de la durée de chute notée *t*.



Courbe 1



Courbe 2

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Page 2 / 10

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

On a pu également reproduire les différentes positions du parachutiste dans la phase 1, à intervalles de temps réguliers espacés d'une durée $\Delta t = 1{,}0$ s. Ce relevé est reproduit sur le **document 1 de l'annexe 1** à rendre avec la copie.

Pour établir la modélisation, on a supposé vraies les hypothèses simplificatrices suivantes :

- L'accélération de la pesanteur est considérée comme constante et égale à $g = 9{,}8$ m.s^{-2} sur la hauteur de chute du parachutiste.
- La masse du parachutiste seul avec son équipement est $m = 75$ kg et la masse du bateau pneumatique est négligeable devant celle du parachutiste.
- On néglige la poussée d'Archimède.
- La masse volumique de l'air est supposée constante et égale à $\rho = 1{,}3$ kg.m^{-3}
- L'origine des dates a été choisie à l'instant où le parachutiste et le bateau quittent l'avion. La composante verticale de la vitesse est alors nulle. On néglige la composante horizontale de la vitesse, le parachutiste étant très vite freiné par l'air dès sa sortie de l'avion. La chute est donc supposée sans vitesse initiale.
- La force de frottement $\vec{F}$ exercée par l'air sur le système « parachutiste + bateau » ou « parachutiste seul » a une valeur proportionnelle au carré de la vitesse du centre d'inertie du système et est dirigée en sens opposé du vecteur vitesse :

  $\vec{F} = -k.v.\vec{v}$ et $F = k.v^2$.

  Le coefficient de proportionnalité k entre F et v^2 peut s'écrire sous la forme :

  $k = \frac{1}{2}\rho . S$; ρ est la masse volumique de l'air, S la surface présentée face à l'air lors de la chute.

1. Étude des premières secondes de chute

On a supposé dans cette première partie du mouvement, que les effets des forces de frottement de l'air sont négligeables ainsi que la poussée d'Archimède devant le poids du système « parachutiste + bateau ». On veut vérifier jusqu'à quelle date cette hypothèse est vraisemblable.

1.1 Le **document 2** de l'annexe 1 à rendre avec la copie donne les variations de la vitesse v du centre d'inertie G du système « parachutiste +bateau » en fonction du temps. Il est incomplet.

1.1.1. D'après le **document 1** de l'annexe 1 à rendre avec la copie, calculer la vitesse v à l'instant de date $t = 7$ s et compléter le graphe du document 2.

1.1.2. Représenter sur le **document 1** de l'annexe 1 à rendre avec la copie, le vecteur vitesse du centre d'inertie à la date $t = 7$ s (échelle : 1 cm pour 20 m.s^{-1}).

1.2. On veut superposer au graphe précédent la courbe théorique donnant les variations de v en fonction de t dans le cas où on ne tient pas compte ni de la force de frottement de l'air, ni de la poussée d'Archimède.

1.2.1. Donner dans ce cas, la relation entre le vecteur accélération du centre d'inertie et le vecteur poids dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Justifier la réponse.

1.2.2. Établir que l'expression théorique de la vitesse v en fonction du temps t est $v = g.t$.

1.2.3. Tracer sur le graphique du **document 2** de l'annexe 1 à rendre avec la copie, la courbe théorique représentant la fonction $v(t)$ établie en 1.2.2.

1.2.4. En vous aidant du graphique du **document 2** de l'annexe 1 à rendre avec la copie, établir jusqu'à quelle date on peut raisonnablement négliger les frottements de l'air.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

2. Effet des forces de frottement

M. Fichte a résolu le Rubik's cube en 31,5 s après sa sortie de l'avion. D'après les résultats du 1. , on ne peut plus négliger les frottements de l'air.

Sur cette partie du trajet l'expression de la force de frottement est :

$$\vec{F}_1 = -k_1.v.\vec{v} \text{ et } F_1 = k_1.v^2 \qquad k_1 = 0{,}165 \text{ kg.m}^{-1}$$

2.1. Écrire la deuxième loi de Newton appliquée au système « parachutiste + bateau » dans un référentiel terrestre supposé galiléen.

2.2. La courbe **1** donnée en début d'exercice montre que la vitesse se stabilise à la valeur v_1 après une certaine durée de chute.

2.2.1. Que peut–on dire du vecteur accélération lorsque $\vec{v}$ devient constant ?

2.2.2. Donner alors la relation entre les forces $\vec{P}$ et $\vec{F}_1$. Justifier la réponse.

2.2.3. Calculer v_1 et vérifier le résultat sur la courbe 1.

2.2.4. Justifier, par un raisonnement qualitatif, l'augmentation de la valeur de la vitesse, constatée sur la courbe 1 au moment du largage du bateau.

3. Étude énergétique

L'altitude z du centre d'inertie du parachutiste est repérée sur un axe vertical orienté vers le haut, dont l'origine est prise au sol.

3.1. Calculer l'énergie mécanique E_1 du système « parachutiste + Terre » au moment de la sortie de l'avion. (On rappelle que la vitesse est supposée nulle à cet instant malgré le déplacement de l'avion.)

3.2. Calculer l'énergie mécanique E_2 du système, juste avant le largage du bateau, à l'altitude de $h = 2200$ m. On rappelle qu'à cet instant, la vitesse du centre d'inertie G est $v = 66{,}7 \text{ m.s}^{-1}$.

3.3. Pourquoi l'énergie mécanique a–t–elle diminué ?

3.4. Si la tentative de M. Fichte s'était déroulée en absence d'atmosphère,

3.4.1. Le parachutiste pourrait-il être freiné ? Pourquoi ?

3.4.2. Que pourrait-on dire de l'énergie mécanique du système ?

3.4.3. Quelle aurait été la vitesse du parachutiste dans ces conditions à l'altitude 2200 m ?

3.5. Le sport pratiqué par M. Fichte est communément appelé « chute libre ». Ce terme vous semble–t–il conforme à la situation réelle étudiée ? Justifier la réponse.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Page 4 / 10

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Exercice II : Les bulles de savon (5,5 points)

Une bulle de savon est un globe formé d'un mince film d'eau savonneuse rempli d'air qui flotte dans l'atmosphère. Sa paroi est constituée de deux rangées de molécules de tensio–actif (un tensio–actif influence la tension superficielle de l'eau). Une étroite couche d'eau est retenue entre les têtes hydrophiles tandis que les queues hydrophobes, préférant le contact de l'air plutôt que celui de l'eau, se placent de la manière suivante :

- queues de la rangée externe : tournées vers l'extérieur de la bulle, donc vers l'air ambiant.
- queues de la rangée interne : tournées vers l'intérieur de la bulle, donc vers l'air emprisonné.

Les champions parviennent à produire des bulles de savon d'un mètre et plus.
D'après plusieurs articles de Wikipédia

1. Étude du texte

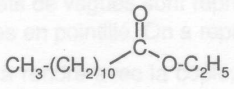
1.1. Définir les termes « hydrophile » et « hydrophobe »

1.2. Entourer sur l'ion carboxylate, représenté sur le **document 3** de l'annexe 2 à rendre avec la copie, la partie hydrophile et la partie hydrophobe.

1.3. L'ion carboxylate est souvent représenté schématiquement par un trait au bout duquel se trouve un cercle. Le trait représente la chaîne carbonée et le cercle représente le groupe carboxylate. Retrouver, parmi les quatre schémas placés sur le **document 4** de l'annexe 2 à rendre avec la copie, celui qui convient le mieux à la description de la paroi d'une bulle de savon.

2. La réaction d'hydrolyse basique d'un ester

2.1. L'ion dodécanoate représenté sur le **document 3** de l'annexe 2 peut être obtenu à partir de l'hydrolyse basique du dodécanoate d'éthyle.



dodécanoate d'éthyle

Écrire l'équation de cette réaction.

2.2. Quelles sont les deux caractéristiques de l'hydrolyse basique d'un ester ?

2.3. En partant de 12,0 g de dodécanoate d'éthyle et d'un excès d'ions hydroxyde, trouver la quantité de matière d'ion dodécanoate obtenu si le rendement de la transformation chimique est de 95%.

Données :
$M_C = 12{,}0\ g.mol^{-1}$, $M_O = 16{,}0\ g.mol^{-1}$, $M_H = 1{,}0\ g.mol^{-1}$.

3. Influence de la tension superficielle sur la propagation des ondes mécaniques à la surface de l'eau

La célérité des ondes mécaniques transversales à la surface d'un liquide dépend de sa tension superficielle seulement si la longueur d'onde est inférieure à 1,7 cm. On a alors affaire à des ondes de capillarité.

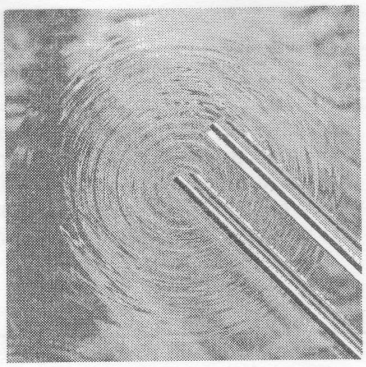
La célérité d'une onde de capillarité, si la profondeur du liquide est suffisamment importante et la longueur d'onde suffisamment faible (conditions que l'on suppose réunies dans cet exercice), peut s'écrire :

$$v = \sqrt{\frac{2\pi\sigma}{\rho\lambda}}$$

σ est la tension superficielle du liquide (en $N.m^{-1}$)
ρ est la masse volumique du liquide (en $kg.m^{-3}$)
λ est la longueur d'onde (en m).

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 5 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

Pour observer ces ondes, on peut faire vibrer un diapason en maintenant une de ses branches en contact avec la surface du liquide.
Une onde circulaire de même fréquence que la vibration du diapason se propage alors à la surface de l'eau. Elle est difficilement observable parce que rapidement amortie, mais il est néanmoins possible, en filmant le phénomène, et en faisant défiler le film image par image, de trouver une photo exploitable permettant de mesurer la longueur d'onde.



On dispose de plusieurs diapasons donnant plusieurs notes. Leurs fréquences de vibration sont données dans le tableau ci dessous :

Note	Do	Ré	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do
Fréquence (Hz)	261	294	330	349	392	440	466	494

L'expérience est réalisée avec de l'eau.
$\sigma = 0{,}073$ N.m^{-1} $\rho = 1{,}0\times10^{3}$ kg.m^{-3}

3.1. On choisit le diapason donnant la note La. Sa fréquence de vibration est $f_1 = 440$ Hz. La longueur d'onde mesurée est $\lambda_1 = 1{,}33$ mm.

3.1.1 Donner la relation permettant de calculer la célérité de l'onde.

3.1.2 Vérifier que cette célérité vaut $v_1 = 0{,}585$ m.s^{-1} .

3.2. Sur le **document 5** de l'annexe 2 à rendre avec la copie, on a représenté la surface de l'eau vue de dessus à la date t_1 . Les sommets de vagues sont représentés par des cercles en trait plein, et les creux de vagues par des cercles en pointillé. On a représenté une ligne de coupe AB.

Sur le **document 6** de l'annexe 2 à rendre avec la copie, on a représenté la surface de l'eau en coupe, à la date t_1, en faisant apparaître les points M_1 et M_2 (on néglige le phénomène d'amortissement).

3.2.1. Choisir parmi les trois schémas du **document 7** de l'annexe 2 à rendre avec la copie, celui qui correspond à la surface de l'eau en coupe à la date $t_2 = t_1 + \frac{T}{2}$.

3.2.2 Comparer les mouvements verticaux des points M_3 et M_4.

3.2.3. Comparer les mouvements verticaux des points M_3 et M_5.

3.3. On réalise la même expérience avec un nouveau diapason de fréquence différente du premier, mais inconnue. La nouvelle longueur d'onde mesurée est $\lambda_2 = 1{,}62$ mm. La célérité est $v_2 = 0{,}534$ m.s^{-1}.

Comment peut–on qualifier le milieu de propagation que constitue la surface de l'eau, pour cette gamme de fréquence ? Justifier la réponse.

3.4. On garde le même diapason, de fréquence inconnue, et on ajoute quelques gouttes de détergent qui se répartit à la surface et modifie la tension superficielle qui vaut alors $\sigma = 0{,}038$ N.m^{-1}. La masse volumique reste inchangée. La nouvelle longueur d'onde mesurée est $\lambda_3 = 1{,}30$ mm.

3.4.1. Calculer la célérité de l'onde.

3.4.2. Calculer la fréquence du diapason et donner le nom de la note qu'il produit.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 6 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Exercice III : Dosage colorimétrique de l'aluminium (4 points)

L'aluminium est reconnu pour ses effets néfastes à haute dose sur le système nerveux. Les cellules du cerveau des patients atteints d'Alzheimer contiennent de 10 à 30 fois plus d'aluminium que la normale. L'Institut de la Veille sanitaire a réalisé en 2003 une étude poussée qui montre le manque de données suffisantes pour confirmer ou infirmer les conséquences de l'aluminium sur la santé. Les études ont porté surtout sur la qualité des eaux utilisées pour la boisson, mais pas sur les effets des emballages en aluminium.

D'après un article de Wikipédia

Les normes actuelles tolèrent une concentration maximale en aluminium de 7,4 µmol.L^{-1} pour l'eau potable. Le but de cet exercice est d'exploiter une analyse par spectrophotométrie afin de s'assurer qu'un échantillon d'eau vérifie ce critère.

1. Préparation de la solution S_0

On prépare 1,00 L d'une solution mère de concentration 8,15 mmol.L^{-1} en élément aluminium à partir de chlorure d'aluminium hexahydraté $AlCl_3$, $6H_2O$ solide (il libère des ions aluminium III Al^{3+} lors de sa dissolution en solution aqueuse). On prélève un volume qui est dilué 100 fois afin d'obtenir 100,0 mL d'une solution qui sera appelée par la suite S_0.

1.1. Retrouver qu'il faut peser 1,97 g de chlorure d'aluminium hexahydraté de masse molaire M = 241,5 g.mol^{-1} pour préparer un litre de solution à une concentration de 8,15 mmol.L^{-1} en élément aluminium.

1.2. Quel est le volume de solution mère à prélever pour préparer la solution S_0 ?

2. Préparations de la gamme d'étalon

On fait réagir les ions aluminium III, contenus dans une solution incolore, avec un colorant appelé aluminon présent en large excès. Une nouvelle espèce chimique colorée est ainsi obtenue par une transformation chimique supposée totale.
Sept solutions sont préparées de la façon suivante : Il faut placer dans une fiole jaugée de 50,0 mL, 5 mL d'une solution d'aluminon, 20 mL d'une solution tampon permettant de maintenir le pH à 4,8, un certain volume de solution S_0 précisé dans le tableau placé à la suite de l'exercice et compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée. Après homogénéisation et un temps d'attente de 15 minutes, les échantillons sont analysés au spectrophotomètre.

2.1. Donner un critère qui permet de choisir la longueur d'onde du spectrophotomètre.
L'absorbance est par la suite mesurée à 525 nm.

2.2. Quelle est la verrerie, parmi la liste suivante, qui permet de prélever un volume de 5 mL, sans recherche de précision ?

Bécher de 100 mL, éprouvette graduée de 10 mL, pipette jaugée de 5 mL, pipette graduée de 10 mL.

2.3. Quel est le rôle de la solution S_1 qui apparait dans cette série de mesures ?

Solution	Volume de S_0 (mL)	Concentration molaire en élément aluminium (mmol.L^{-1}).	Absorbance mesurée
S_1	0	0	0
S_2	1,0	$0{,}16\times10^{-2}$	0,012
S_3	3,0	$0{,}48\times10^{-2}$	0,037
S_4	6,0		0,072
S_5	12,0	$2{,}0\times10^{-2}$	0,15
S_6	15,0	$2{,}4\times10^{-2}$	0,19
S_7	20,0	$3{,}3\times10^{-2}$	0,25

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Page 7 / 10

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

2.4. Calculer la concentration molaire en élément aluminium de la solution S_4.

3. Dosage de la teneur en aluminium de l'échantillon

3.1. Tracer le graphe représentant l'absorbance en fonction de la concentration molaire en élément aluminium. On prendra pour échelle : 1 cm pour 0,02 valeur d'absorbance et 1 cm pour $0{,}2\times10^{-2}$ mmol.L^{-1}.

3.2. Quelle est la relation mathématique entre l'absorbance A et la concentration molaire C ?

3.3. En déduire la relation numérique entre A et C et préciser l'unité de la valeur numérique trouvée.

3.4. L'absorbance d'un échantillon d'eau donne une valeur de 0,12. En déduire la concentration molaire en élément aluminium pour cette eau. Cette eau respecte-t-elle le critère de potabilité pour l'élément aluminium ?

3.5. Est-il possible d'analyser, avec cette technique, des échantillons d'eau ayant une concentration molaire en élément aluminium environ 10 fois supérieure à celle de la solution S_7 ? Que faut-il faire ?

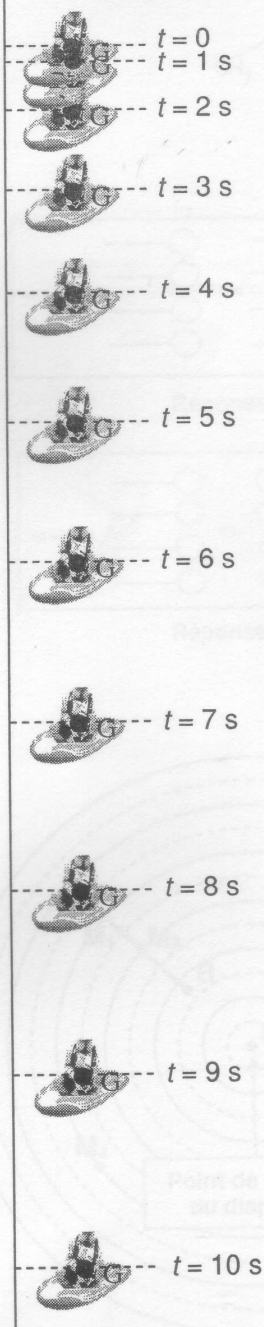
Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Page 8 / 10

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale

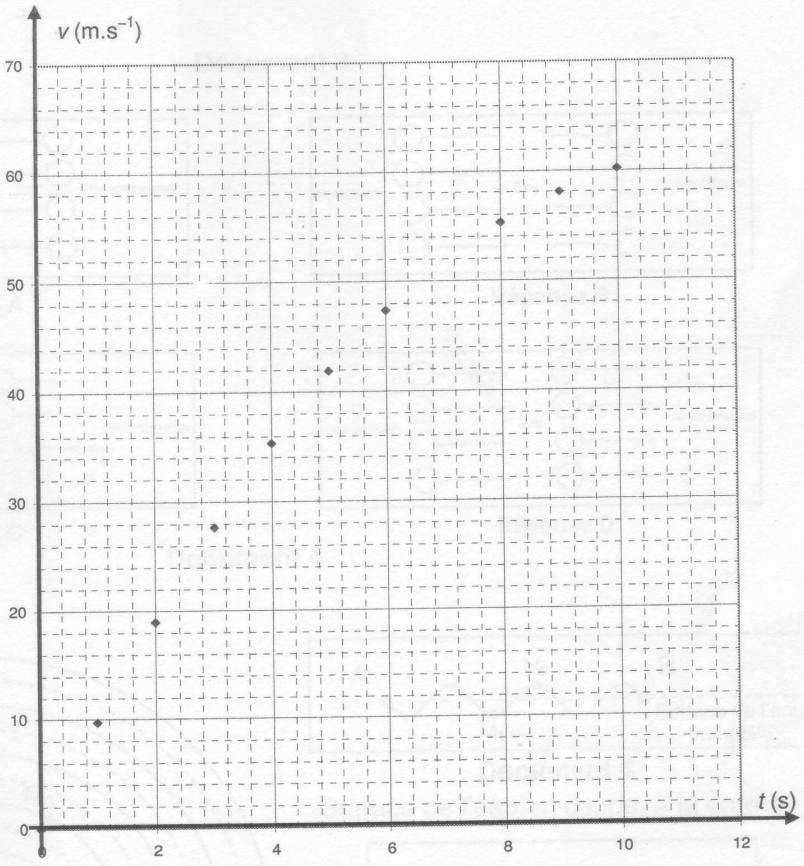
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

ANNEXE 1 À RENDRE AVEC LA COPIE



Document 1

Reproduction à l'échelle 1/2000 des positions du centre d'inertie au cours des premières secondes de chute.
(1 cm sur le dessin représente 20 m de déplacement réel)



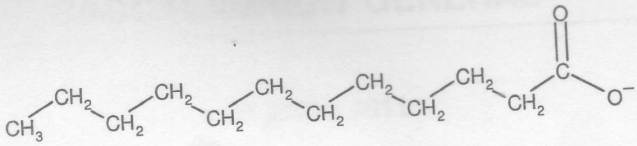
Document 2

Variation de la vitesse du centre d'inertie en fonction du temps pendant les premières secondes de chute.

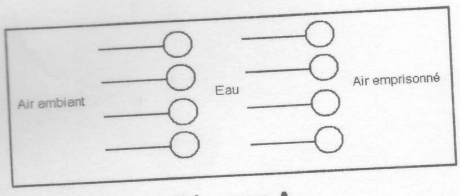
11 PYSCOAS 1

Page 9 / 10

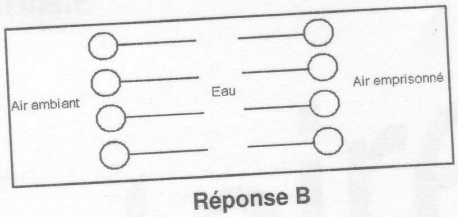
ANNEXE 2 A RENDRE AVEC LA COPIE



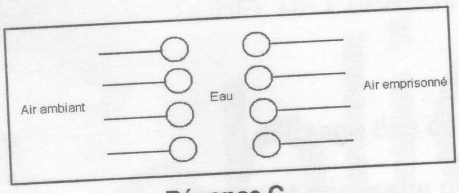
Document 3



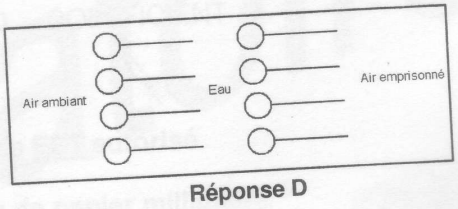
Réponse A



Réponse B

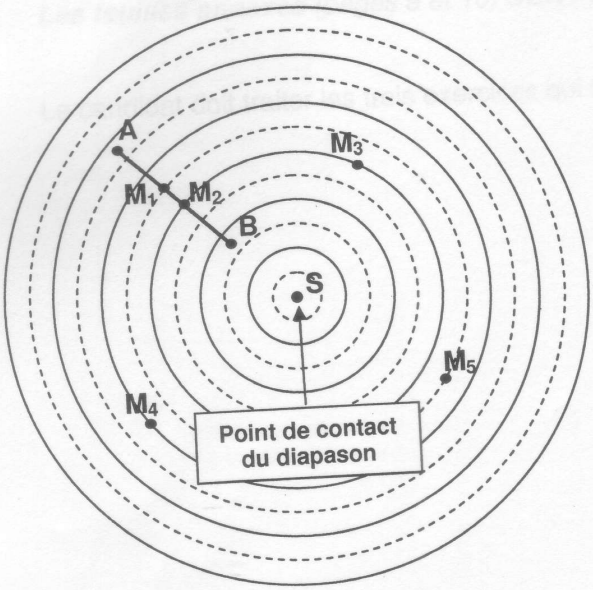


Réponse C



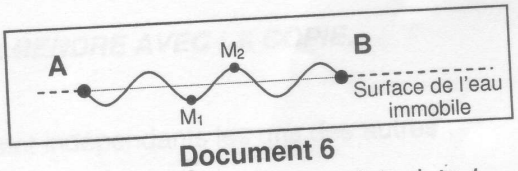
Réponse D

Document 4



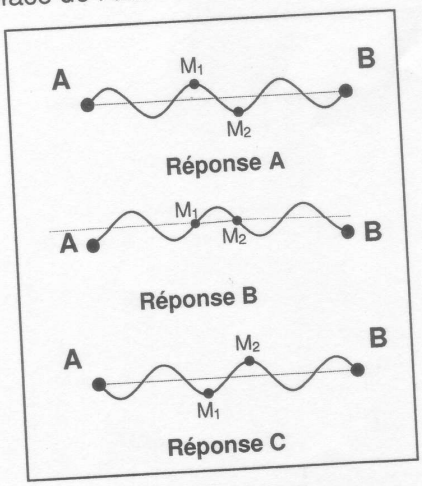
Document 5

Représentation de la surface de l'eau vue de dessus.



Document 6

Surface de l'eau en coupe, à la date t_1



Document 7

Surface de l'eau en coupe, à la date $t_2 = t_1 + \frac{T}{2}$

Page 10 / 10

11 PYSCOAS 1