

# Baccalauréat blanc

**Mercredi 26 Mai 2010**

**Durée : 3h30**

Ce sujet comporte 3 exercices répartis sur 9 pages, y compris celle-ci. **Les deux dernières pages sont des annexes à rendre avec la copie.** Le barème est donné à titre indicatif.

Exercice I : l'oscillateur mécanique	5 points
Exercice II : autour de l'acide propanoïque	8,5 points
Exercice III : des angles de $0^\circ$ à $360^\circ$	6,5 points

On veillera à donner une expression littérale avant tout calcul que l'on mettra en évidence, utilisant exclusivement les données et les notations de l'énoncé. Les chiffres significatifs d'un résultat devront être en accord avec la précision des données. On utilisera une feuille distincte pour chaque exercice. A l'intérieur d'un exercice, les différentes parties sont totalement indépendantes.

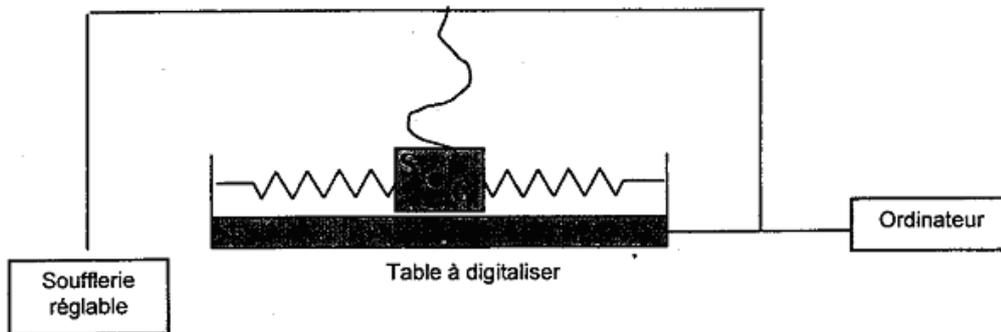
Si le candidat s'aperçoit d'une erreur dans l'énoncé, il le signale clairement sur sa copie et explique les initiatives qu'il est amené à prendre par la suite.

**L'usage de la calculatrice est autorisé**

## Exercice I : l'oscillateur mécanique

(5 points)

Un solide S, de masse  $m = 100 \text{ g}$ , relié à une soufflerie réglable est accroché à deux ressorts identiques à spires non jointives de raideur  $k/2$ . On enregistre la position de son centre d'inertie G au cours du temps à l'aide de l'ordinateur connecté à une table à digitaliser horizontale.



### 1) Etude théorique du cas général

L'oscillateur décrit ci-dessus est équivalent à un solide de masse  $m$  accroché à un seul ressort à spires non jointives de constante de raideur  $k$ . La position du centre d'inertie G quand le ressort n'est pas déformé est  $G_0$ , d'abscisse 0 sur l'axe Ox horizontal (voir annexe). A un instant de date  $t$  quelconque, l'abscisse de G est notée  $x(t)$ . Le mouvement de G est horizontal.

La force exercée par le ressort sur S est notée  $\vec{F}$ . S est soumis à des frottements dus à l'air et à la table dont les actions mécaniques sont modélisables par une unique force notée  $\vec{f}$  égale à  $\vec{f} = -\lambda \cdot \vec{v}$  où  $\vec{v}$  est le vecteur vitesse de G. Cette force s'applique au centre de la face de S qui se trouve « face au vent ».

a) Quelle est la dimension de  $\lambda$  ? En déduire son unité dans le SI.

b) Représenter, sans souci d'échelle, sur les schémas de l'annexe, les forces exercées sur le mobile S dans les deux situations décrites sur cette même annexe.

c) Donner les expressions, dans le tableau en annexe, de  $\vec{F}$  et de  $\vec{f}$  en fonction de  $x$ ,  $\dot{x}$ ,  $k$ ,  $\lambda$  et  $\dot{i}$  pour chaque situation.

d) Etablir l'équation différentielle suivante :  $m\ddot{x} + \lambda\dot{x} + kx = 0$  (équation 1).

### 2) Les trois enregistrements

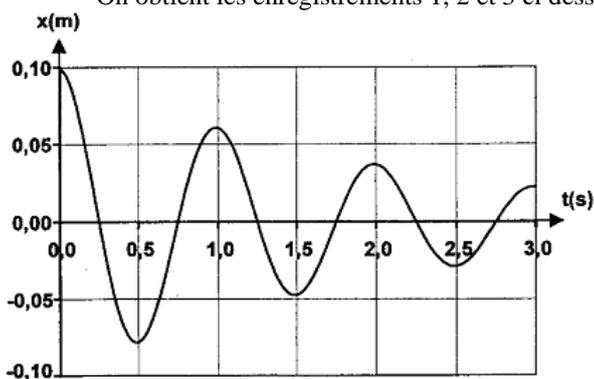
On réalise trois enregistrements dans les conditions suivantes:

a) Soufflerie à puissance maximale ;

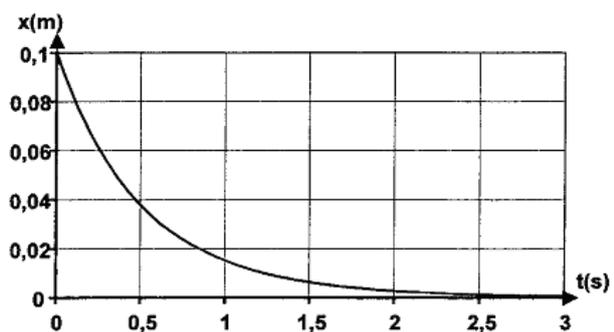
b) Puissance de la soufflerie légèrement diminuée ;

c) Puissance de la soufflerie fortement diminuée .

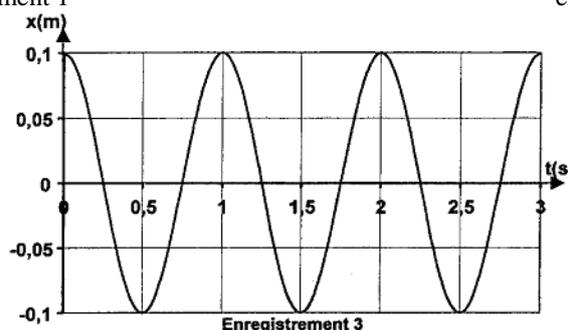
On obtient les enregistrements 1, 2 et 3 ci dessous :



enregistrement 1



enregistrement 2



Enregistrement 3

enregistrement 3

- Indiquer, sans justification, pour chacun des trois enregistrements:
- la condition (a, b ou c) de fonctionnement de la soufflerie ;
  - le régime d'évolution.

### 3) Etude du cas sans frottement

On suppose dans les questions qui suivent qu'il n'y a pas de frottement. La solution analytique de l'équation différentielle est de la forme:

$$x = X_M \cos\left(\frac{2\pi t}{T_0} + \Phi_0\right).$$

- a) Comment nomme-t-on les constantes  $X_M$  et  $\Phi_0$  ?
- b) On décide, à  $t = 0$ , de lancer le mobile A *depuis sa position d'équilibre* en lui soumettant une secousse à l'origine d'un mouvement initial *vers les x positifs avec une vitesse  $v_0$* .
- i) A partir de la condition initiale sur la position, déterminer  $\Phi_0$ .
  - ii) A partir de la condition initiale sur la vitesse, en déduire  $X_M$ .
  - iii) Donner l'expression complète de  $x(t)$ .
- c) A l'aide d'une analyse dimensionnelle, déterminer l'expression de la période propre  $T_0$  parmi celles proposées ci-dessous :

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad ; \quad T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{k}{m}} \quad ; \quad T_0 = 2\pi \frac{m}{k} .$$

- d) Etude énergétique
- i) Etablir l'expression, *en fonction du temps*, de l'énergie potentielle du système « masse + ressort ».
  - ii) Etablir l'expression, *en fonction du temps*, de l'énergie cinétique du système « masse + ressort ».
  - iii) En déduire que l'énergie mécanique du même système se conserve.

### 4) Etude de l'oscillateur avec amortissement

Le dispositif est modifié et les frottements deviennent plus importants. L'équation différentielle du mouvement a maintenant l'expression suivante :  $\ddot{x} + \alpha \dot{x} + \beta x = 0$

On a pu déterminer que  $\alpha = 60$  S.I. et  $\beta = 1,00 \cdot 10^3$  S.I. La méthode numérique itérative d'Euler permet de résoudre cette équation différentielle. Un extrait de feuille de calcul pour cette résolution est représenté ci-après :

Indice	Instant $t$ (s)	$\ddot{x}$ ( $m \cdot s^{-2}$ )	$\dot{x}$ ( $m \cdot s^{-1}$ )	$x$ (m)
0	0,00	-30,0	0,00	0,030
1	0,01	-9,0	-0,30	0,030
2	0,02	0,3	-0,39	0,027
3	0,03	4,0	-0,39	0,013
4	0,04	5,1	-0,35	0,018
5	0,05	5,0	-0,30	0,014
6	0,06	4,5	-0,25	0,011
7	0,07	$\ddot{x}_7$	-0,20	0,008
8	0,08		$\dot{x}_8$	$x_8$

- a) Calculer la valeur numérique de la coordonnée du vecteur accélération  $\ddot{x}_7$  à l'instant  $t_7 = 0,07$  s (coup de pouce pour ceux qui n'ont pas révisé la méthode d'Euler... : utiliser l'équation différentielle).
- b) Quel est le pas  $\Delta t$  adopté dans cette étude ? Calculer alors la valeur de  $\dot{x}_8$  puis de l'abscisse  $x_8$  à l'instant  $t_8 = 0,08$ s en utilisant l'approximation d'Euler d'une part pour  $\dot{x}$  et d'autre part pour  $x$ .

**Exercice II : autour de l'acide propanoïque****(8,5 points)****Partie 1 : obtention de l'acide propanoïque CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>COOH**

L'acide propanoïque peut être obtenu par oxydation du propanal de formule CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CHO en présence d'ions fer(III) Fe<sup>3+</sup>(aq) du couple Fe<sup>3+</sup>(aq)/Fe<sup>2+</sup>(aq).

1) Ecrire l'équation correspondante en milieu acide. De quel genre de réaction s'agit-il ?

2) On utilise au départ un volume V = 2,00 mL de propanal pur que l'on introduit dans un volume V' = 600 mL de solution contenant des ions fer III, acidifiée (acide en excès), de concentration c = 5,0 · 10<sup>-2</sup> mol.L<sup>-1</sup>.

a) Déterminer les quantités de matière initiale des réactifs sachant que M(propanal) = 58,0 g.mol<sup>-1</sup> et d<sub>propanal</sub> = 0,81

b) Dresser un tableau d'avancement de la réaction et déterminer le réactif limitant.

c) On obtient après séparation et purification une masse m = 0,89 g d'acide propanoïque. Quel est le rendement de la synthèse ainsi effectuée ? M(CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>COOH) = 74,0 g.mol<sup>-1</sup>.

d) Afin d'améliorer le rendement, on propose d'ajouter des ions Fe<sup>2+</sup>(aq). Qu'en pensez-vous ? Justifier.

**Partie 2 : réaction entre l'acide propanoïque et l'eau**

Dans ce qui suit, l'acide propanoïque est noté AH et l'ion propanoate A<sup>-</sup>.

Le conductimètre utilisé permet de mesurer la conductivité σ de la solution étudiée, proportionnelle à sa conductance G. On considère une solution aqueuse d'acide propanoïque. On néglige la concentration en ions hydroxyde HO<sup>-</sup> par rapport à celles des autres espèces ainsi que leur contribution à la conductivité de la solution.

- λ<sub>1</sub> conductivité molaire ionique de l'ion H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> : λ<sub>1</sub> = 35,0 mS.m<sup>2</sup>.mol<sup>-1</sup>
- λ<sub>2</sub> conductivité molaire ionique de l'ion propanoate : λ<sub>2</sub> = 3,58 mS.m<sup>2</sup>.mol<sup>-1</sup>

On verse 0,10 mole d'acide propanoïque pur dans de l'eau pour obtenir 500 mL d'une solution notée S<sub>0</sub>. Pour des mesures de conductimétrie, il est nécessaire de disposer de solutions moins concentrées. On souhaite donc obtenir V = 1,00 L de solution S de concentration apportée 2,0 · 10<sup>-3</sup> mol.L<sup>-1</sup> en acide propanoïque.

1) On donne la liste du matériel disponible : béchers et erlenmeyers de diverses capacités, pipettes jaugées de 10 mL et 20 mL avec son système de pipetage, fioles jaugées de 50,0 mL, 100 mL et 1000 mL. Indiquer la verrerie à utiliser pour réaliser la solution S à partir de S<sub>0</sub> en justifiant.

2) On a dressé un tableau d'avancement de la transformation de n<sub>1</sub> = 2,0 · 10<sup>-3</sup> mol d'acide propanoïque dans un volume d'eau tel qu'on obtient V = 1,00 L de solution S. On a noté x<sub>éq</sub> l'avancement à l'équilibre.

etat	avancement	AH(aq)	+ H <sub>2</sub> O(l)	=	A <sup>-</sup> (aq)	+ H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> (aq)
EI	0	n <sub>1</sub>	solvant		0	traces
EF	x <sub>éq</sub>	n <sub>1</sub> - x <sub>éq</sub>	solvant		x <sub>éq</sub>	x <sub>éq</sub>
EF si totale	x <sup>max</sup>	n <sub>1</sub> - x <sub>max</sub>	solvant		x <sub>max</sub>	x <sub>max</sub>

a) Etablir la relation entre la conductivité σ de la solution, les conductivités molaires ioniques λ<sub>1</sub> et λ<sub>2</sub>, le volume V et l'avancement x<sub>éq</sub> à l'équilibre.

b) La mesure au conductimètre donne σ = 6,20 · 10<sup>-3</sup> S.m<sup>-1</sup>. Déterminer la valeur numérique de x<sub>éq</sub>. En déduire que le pH vaut 3,8.

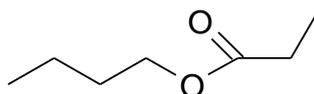
c) Rappeler l'expression de la constante d'acidité K<sub>a</sub> du couple acide propanoïque / ion propanoate et la calculer en utilisant x<sub>éq</sub>. Retrouver alors la valeur de 4,9 pour le pK<sub>a</sub> du couple.

d) Quelle est l'espèce qui prédomine, à l'équilibre, entre AH et A<sup>-</sup> ? Justifier.

e) La solution à l'équilibre est-elle acide ou basique ? Justifier.

**Partie 3 : réaction entre l'acide propanoïque et un alcool**

On prélève 0,20 mole d'acide propanoïque pur et 0,20 mole d'une l'espèce B pure qu'on verse dans un ballon. On obtient alors un produit E et de l'eau. E a pour formule topologique :



1) Comment s'appelle la réaction qui a lieu entre les deux réactifs ? Ecrire l'équation de cette réaction chimique avec des formules semi-développées. Donner les noms de B et de E.

Le tableau d'avancement de la transformation est donné ci-dessous ainsi que quelques renseignements concernant les espèces chimiques intervenant dans cette synthèse toutes miscibles entre elles.

etat	avancement	AH(l)	+ B(l)	=	E(l)	+ H <sub>2</sub> O(l)
EI	0	n	n		0	0
EF	x <sub>éq</sub>	n - x <sub>éq</sub>	n - x <sub>éq</sub>		x <sub>éq</sub>	x <sub>éq</sub>
EF si réaction totale	x <sub>max</sub>	n - x <sub>max</sub>	n - x <sub>max</sub>		x <sub>max</sub>	x <sub>max</sub>

	Formule brute	Masse volumique	Masse molaire	Température d'ébullition
Acide propanoïque	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	1,00.10 <sup>3</sup> kg.m <sup>-3</sup>	74,0 g.mol <sup>-1</sup>	141,0 °C
B		8,10.10 <sup>2</sup> kg.m <sup>-3</sup>	74,0 g.mol <sup>-1</sup>	117,5 °C
E				146,0 °C
Eau				100,0 °C

2) Donner l'expression du quotient de réaction  $Q_r$  en fonction de l'avancement  $x$  à la date  $t$ .

3) Calculer l'avancement final à l'équilibre  $x_{\text{éq}}$  sachant que la constante d'équilibre  $K$  vaut  $K = 4,0$ .

4) En déduire le taux d'avancement  $\tau$  final de la réaction en théorie.

5) Afin de vérifier ce taux d'avancement théorique, on souhaite doser l'acide restant à l'équilibre. Le volume du milieu réactionnel à l'équilibre est noté  $V_{\text{milieu}}$ . Pour cela, on prend une prise d'essai de  $V_{\text{prise}} = 5,00 \text{ mL}$  du système à l'équilibre et on dose l'acide propanoïque contenu dans cette prise avec une solution de soude ( $\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$ ) de concentration  $c_B = 1,0.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ . Le volume équivalent obtenu est de  $V_E = 5,2 \text{ mL}$

a) Quelle est la réaction support de titrage ? Préciser le type de réaction et les couples mis en jeu.

b) Donner l'expression de la quantité d'acide dosée dans la prise d'essai. L'utilisation d'un tableau d'avancement est laissée au choix du candidat.

c) En justifiant clairement, donner l'expression de l'avancement expérimental du système à l'équilibre de la réaction produisant E en utilisant  $n$ ,  $V_{\text{milieu}}$ ,  $c_B$ ,  $V_{\text{prise}}$  et  $V_E$ . Tous calculs faits, on trouve une valeur de 0,13 mol. Conclure.

d) Cet équilibre est qualifié de « dynamique ». Expliquez.

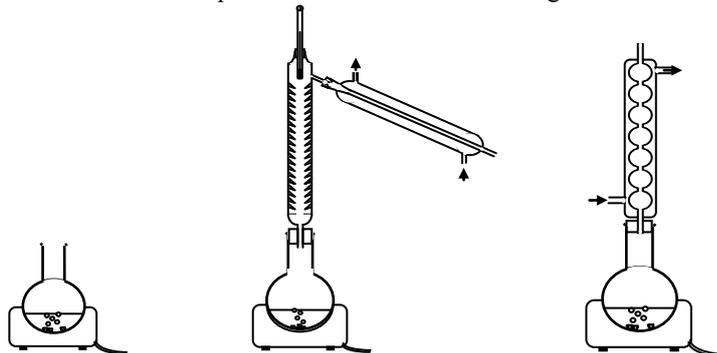
6) La réaction, en plus d'être limitée, est lente.

a) Quelle durée permet de caractériser, en cinétique chimique, la vitesse globale d'une réaction ? Cette durée est égale à 33 jours. Quelle quantité de l'espèce E trouve-t-on au bout de ces 33 jours dans le milieu réactionnel ?

b) Parmi les montages ci-dessous que vous nommerez, lesquels utiliseriez-vous afin :

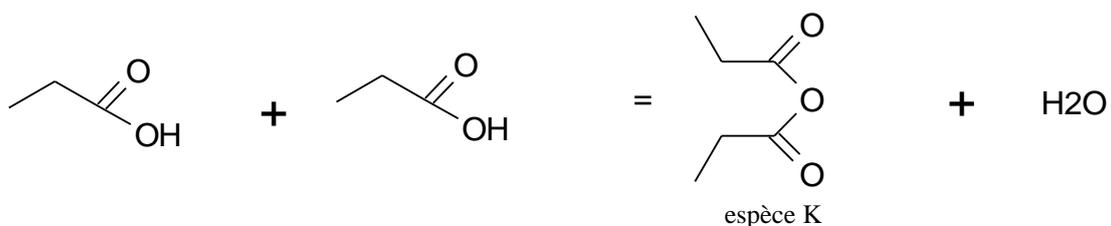
- d'augmenter la vitesse de réaction ?

- d'augmenter le rendement ? Justifier ce dernier cas. (coup de pouce pour ceux qui n'ont pas révisé : analyser toutes les données qu'on vous fournit sur le mélange réactionnel et ses espèces chimiques)



#### Partie 4 : déshydratation de l'acide propanoïque

En chauffant de l'acide propanoïque, celui-ci est l'objet d'une transformation modélisée par la réaction elle-même symbolisée par l'équation suivante en sens direct :



1) Quelle est l'espèce produite K (en plus de l'eau) dans cette réaction ? A quelle famille appartient-elle ?

2) Cette espèce peut servir à la synthèse de E de la partie précédente.

a) Ecrire l'équation de la réaction correspondante en donnant le nom de tous les réactifs et produits.

b) Quel(s) avantage(s) présente cette technique de préparation de E ?

3) Bonus : justifier le nom de la famille de K.

**Partie I : des petits angles pour un pendule simple**

- 1) Qu'appelle-t-on un pendule simple ?
- 2) Un pendule simple est entièrement décrit par un angle  $\theta$ . Comment s'appelle cet angle ?
- 3) Lorsque cet angle est faible, la loi d'isochronisme des petites oscillations est valide. Qu'appelle-t-on « loi d'isochronisme des petites oscillations » ?
- 4) Rappeler l'expression de la période du pendule simple. A l'équateur,  $g_{\text{équateur}} = 9,78 \text{ m.s}^{-2}$ . En déduire la longueur d'un pendule simple afin que celui-ci « batte la seconde », c'est-à-dire qu'une demi oscillation dure exactement une seconde.
- 5) De quelle valeur  $d$  et comment faut-il modifier la longueur du pendule si celui-ci est apporté au pôle nord où  $g_{\text{pôle}} = 9,84 \text{ m.s}^{-2}$  afin qu'il continue de battre la seconde ?
- 6) (bonus +++) Quelle expérience feriez vous au pôle avec ce pendule et quel résultat attendriez-vous pour montrer que le référentiel géocentrique est davantage galiléen que le référentiel terrestre, autrement dit que la Terre tourne sur elle-même de façon absolue (expérience de Foucaud) ?

**Partie II : des petits angles en optique ondulatoire**

Jean et Marie souhaitent déterminer la largeur  $a$  d'une microfissure dans une plaque d'acier. Ils disposent pour cela d'un régllet métallique gradué en cm, d'un pied à coulisse, d'un décimètre ruban, d'un laser émettant une lumière de longueur d'onde dans le vide de 632 nm, d'un écran, de supports, de ficelle et de leur matériel d'étudiant.

- 1) Est-il nécessaire de préciser « dans le vide » pour la longueur d'onde du laser ? Pourquoi ?
- 2) Décrire un protocole complet grâce à un schéma permettant de mesurer la largeur  $a$  en précisant le phénomène utilisé.
- 3) Indiquer les mesures à effectuer et les calculs à faire afin de déterminer  $a$  en redémontrant proprement son expression (en ayant soin de faire intervenir un « petit angle en optique ondulatoire »).

**Partie III : 360° autour de la Terre**

Les satellites d'observation sont des objets spatiaux en orbite circulaire autour de la Terre. Leur mission principale est d'effectuer des observations de l'atmosphère, des océans, des surfaces émergées et des glaces, et de transmettre à une station terrestre les données ainsi obtenues.

**1). ENVISAT, un satellite circumpolaire**

C'était le plus gros satellite européen d'observation lors de son lancement le 1<sup>er</sup> mars 2002. Ses capteurs peuvent recueillir des données à l'intérieur d'une bande de largeur au sol de 3000 km permettant une observation biquotidienne de l'ensemble de la planète.

*Données :* Constante de gravitation universelle :  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ USI}$   
ENVISAT : masse :  $m = 8200 \text{ kg}$  ; altitude moyenne :  $h = 800 \text{ km}$  ; orbite contenue dans un plan passant par les pôles  
TERRE : masse :  $M = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$  ; rayon :  $R = 6,38 \times 10^3 \text{ km}$  ; période de rotation propre : 1436 minutes

- a) Représenter sur la figure 1 de l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE la force d'interaction gravitationnelle exercée par la Terre (sa répartition de masse étant supposée à symétrie sphérique) sur le satellite supposé ponctuel et noté S. Donner l'expression vectorielle de cette force en représentant le vecteur unitaire choisi sur la figure 1.
- b) Calculer la valeur de cette force.
- c) En considérant la seule action de la Terre, établir l'expression vectorielle de l'accélération du satellite dans le référentiel géocentrique, supposé galiléen, en fonction de  $M$ ,  $h$  et  $R$ .
- d) Sur la figure 2 de l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE, représenter, sans souci d'échelle, le vecteur accélération à trois dates différentes correspondant aux positions A, B et C du satellite.
- e) Montrer que, dans le cas d'un mouvement circulaire, dont on admettra sans démonstration qu'il est

uniforme, la vitesse du satellite a pour expression :  $v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$ .

- f) Calculer la vitesse du satellite en  $\text{km.s}^{-1}$ .
- g) Donner l'expression de la période de révolution du satellite en fonction de sa vitesse et des caractéristiques de la trajectoire  $R$  et  $h$ . Puis calculer sa valeur.

**2) METEOSAT 8 : un satellite géostationnaire**

Ce satellite a été lancé par ARIANE 5 le 28 août 2002. Il est opérationnel depuis le 28 janvier 2004.

La position d'un satellite géostationnaire paraît fixe aux yeux d'un observateur terrestre. Situé à une altitude  $H$  voisine de 36000 km, il fournit de façon continue des informations couvrant une zone circulaire représentant environ 42% de la surface de la Terre.

*Rappel : troisième loi de Képler dans le cas général d'une trajectoire elliptique :*

Pour tous les satellites, le rapport entre le carré de la période de révolution  $T$  et le cube du demi-grand axe  $r$  de sa trajectoire est le même :  $\frac{T^2}{r^3} = cste = K$

Dans le cas d'une trajectoire circulaire  $r$  correspond au rayon de la trajectoire.

- En utilisant les réponses aux questions de 1), établir l'expression de la constante  $K$  en fonction de  $G$  et  $M$  pour les satellites étudiés. Calculer  $K$  dans le système international d'unités.
- En déduire, pour METEOSAT 8, la valeur de son altitude  $H$ .

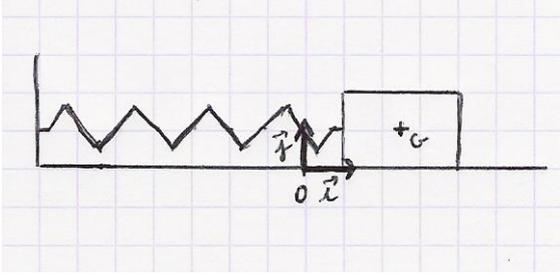
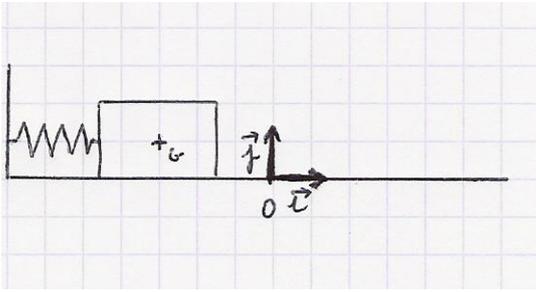
La mise en place du satellite sur l'orbite géostationnaire s'effectue en plusieurs étapes.

Tout d'abord, ARIANE 5 amène le satellite hors de l'atmosphère et le largue sur une orbite de transfert. L'orbite de transfert parcourue par le satellite est une ellipse (voir figure 3 de L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE) dont le périhélie  $P$  se situe à une altitude voisine de 200 km et l'apogée  $A$  à l'altitude de l'orbite géostationnaire voisine de 36000 km.

Ensuite le « moteur d'apogée » du satellite lui permettra d'obtenir la vitesse nécessaire à sa mise sur orbite géostationnaire lors des passages successifs par l'apogée.

- À l'aide des données ci-dessus, calculer la longueur  $r$  du demi-grand axe de la trajectoire sur cette orbite de transfert.
- À l'aide de la troisième loi de Képler, en déduire la période  $T$  du satellite sur cette orbite de transfert (non, pas de coup de pouce, vous connaissez parfaitement votre cours).

## Exercice de physique : oscillateur mécanique horizontal

Première situation	Deuxième situation
	
Le mobile se déplace de droite à gauche dans cette situation	Le mobile se déplace également de droite à gauche dans cette situation
Expression de $\vec{F}$ :	Expression de $\vec{F}$ :
Expression de $\vec{f}$ :	Expression de $\vec{f}$ :

Exercice de physique : des angles ... , partie III : 360° autour de la Terre

figure 1 :

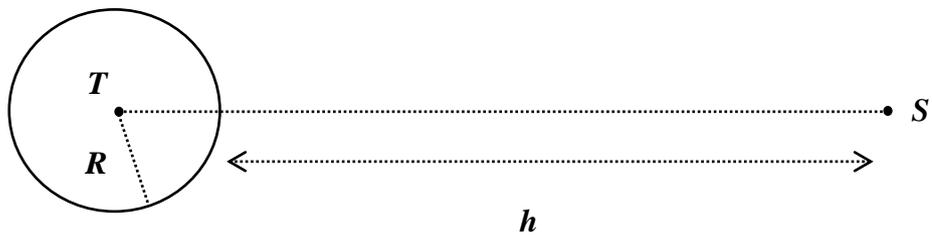


figure 2 :

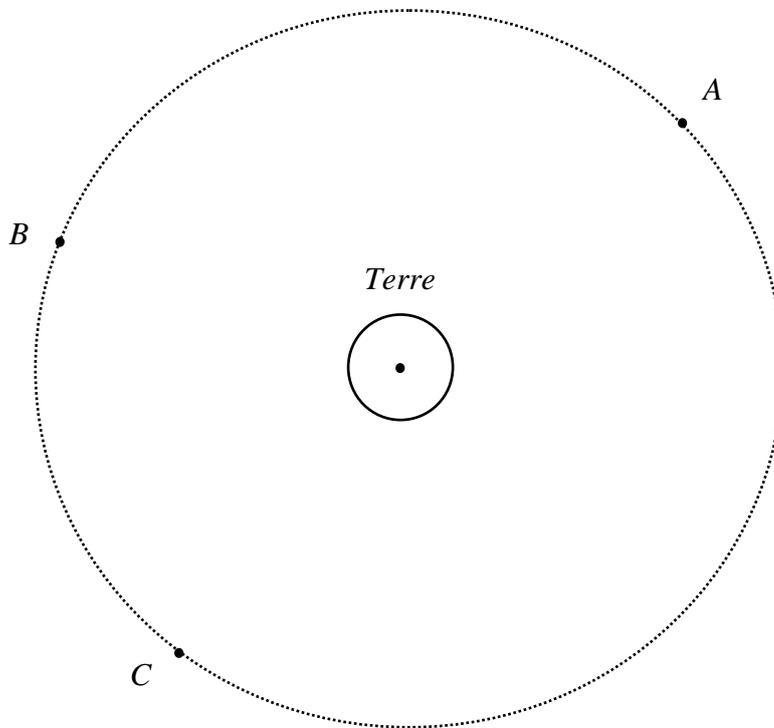


figure 3 :

