TD Physique 09 **BCPST 1C**

- Cinématique du point -

♣ Exercice 01 : Balle lancée verticalement

Soit un repère cartésien **(O, $\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$)** *associé au référentiel terrestre, constitué de trois vecteurs unitaires pour les axes* **(Ox, Oy, Oz)***, l'axe* **(Oz)** *étant orienté vers le haut, l'axe* **(Oy)** *étant orienté horizontalement vers la droite et représentant la position du sol.*

Emma lance verticalement une balle qu'on assimile à un point matériel confondu avec son centre d'inertie. Les équations horaires du mouvement sont les suivantes :

$$x(t) = 0 \quad ; \quad y(t) = 0{,}6 \quad ; \quad z(t) = -4{,}9\ t^2 + 2{,}0\ t + 1{,}5 \text{ (SI)}$$

1- Déterminer les unités SI des coefficients **0,5** ; **– 4,9** ; **2,0** et **1,5**.

2- Où se trouve la balle à $t_0 = 0$ s ?

3- Déterminer les coordonnées du vecteur vitesse à l'instant de date t_0. En déduire si la balle est lancée vers le haut ou vers le bas.

4- Déterminer la date t_1 pour laquelle la balle a sa vitesse qui s'annule. A quelle hauteur H du sol se trouve-t-elle alors ?

5- A quelle vitesse la balle atteindra-t-elle le sol ?

6- Que vaut l'accélération de la balle ?

♣ Exercice 02 : Balle lancée obliquement

Soit un repère cartésien **(O, $\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$)** *associé au référentiel terrestre, constitué de trois vecteurs unitaires pour les axes* **(Ox, Oy, Oz)***, l'axe* **(Oz)** *étant orienté vers le haut, l'axe* **(Oy)** *étant orienté horizontalement vers la droite et représentant la position du sol.*

Emma, dont les pieds sont situés à l'origine du repère, lance une balle, assimilée à un point matériel confondu avec son centre d'inertie. Les équations horaires du mouvement sont les suivantes :

$$x(t) = 0 \quad ; \quad y(t) = 12\ t \quad ; \quad z(t) = -4{,}9\ t^2 + 4{,}9\ t + 1{,}20 \text{ (SI)}$$

1- À quelle date t_1 la balle atteindra-t-elle le sol ?

2- A quelle distance D des pieds d'Emma la balle atteindra-t-elle le sol (donner 3 CS) ?

3- Montrer qu'on retrouve la même distance D à l'aide de l'équation de la trajectoire (à établir).

4- Quelle est la direction du vecteur vitesse lorsque la bille atteint le sommet de sa trajectoire ? En déduire quelle(s) coordonnée(s) du vecteur vitesse s'annule(nt) lorsque la bille est en ce point particulier de la trajectoire puis la date t_2 correspondante.

5- Calculer la valeur $\mathbf{v_0}$ de la vitesse à l'instant de date $t_0 = 0$ s.

6- Quel est l'angle formé par le vecteur vitesse avec l'horizontale à $t_0 = 0$ s ?

♣ Exercice 03 : Sur la route …

Une voiture roule en agglomération à une vitesse constante $v_0 = 50{,}0$ km.h^{-1}*. Au moment où elle franchit le panneau de sortie d'agglomération, la voiture accélère avec une accélération constante* $a_0 = 2{,}0$ m.s^{-2} *sur une portion de route rectiligne jusqu'à atteindre la vitesse maximale autorisée qui est* $v_{max} = 90{,}0$ km.h^{-1}.

Combien de temps faudra-t-il à l'automobiliste pour atteindre cette nouvelle vitesse et quelle sera alors la distance parcourue depuis la sortie d'agglomération ?

♣ Exercice 04 : Encore sur la route …

Une voiture roule en agglomération à une vitesse constante $v_0 = 50{,}0$ km.h^{-1} *sur une portion de route rectiligne. Alors qu'elle se trouve à* 40,0 m *d'un feu tricolore, celui-ci bascule à l'orange. L'automobiliste freine alors avec une accélération constante* $a_0 = 3{,}0$ m.s^{-2}.

Combien de temps faudra-t-il à l'automobiliste pour s'arrêter ? Sera-t-il trop tard ?

♣ Exercice 05 : Et toujours sur la route …

Une voiture A *de longueur* d = 4,00 m *suit un camion de longueur* D = 10,00 m*, tous les deux roulant à la vitesse constante* $v_0 = 72{,}0$ km.h^{-1} *sur une route droite et horizontale. La distance entre l'avant de la voiture et l'arrière du camion est alors* L = 35,00 m.

A un instant pris comme origine des dates, le conducteur de la voiture décide de doubler le camion et impose à son véhicule une accélération constante a = 3,00 m.s^{-2}*. On prendra comme origine du repère la position de l'avant de la voiture au début du dépassement.*

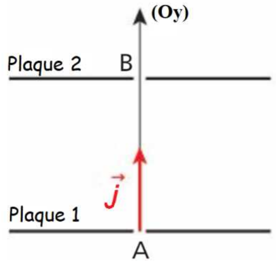
Si on considère que le dépassement est terminé quand l'arrière de la voiture et l'avant du camion sont séparés d'une distance $\mathcal{L}$ = 20,00 m, calculer la durée du dépassement et la distance parcourue par le camion pendant cette durée (*Aides à la résolution ci-dessous*).

> ***1-** Etablir l'équation horaire $x_A(t)$ du mouvement de la voiture.*
> ***2-** Etablir l'équation horaire $x_C(t)$ du mouvement du camion.*
> ***3-** Quelle relation y a-t-il entre x_A et x_C au moment du dépassement ? En déduire la durée du dépassement.*

♣ Exercice 06 : Ion et champ électrique

Un champ électrique intense règne entre deux plaques horizontales 1 *et* 2*, trouées respectivement en* A *et en* B*. A l'instant de date* t = 0*, un ion magnésium* Mg^{2+} *pénètre au point* A.

Le point A *est confondu avec l'origine de l'axe* (Oy) *ascendant, la vitesse d'entrée au point* A *vaut* $v_A = 40{,}0$ km.s^{-1} *et la distance entre les plaques vaut* d = 40,0 cm.



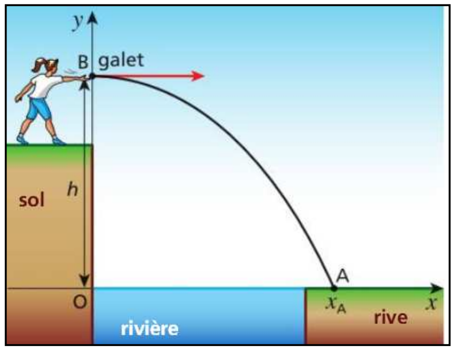
1- L'ion est soumis à une accélération constante $a_0 = 1{,}0.10^{10}$ m.s^{-2} orientée verticalement vers le haut. Quelle sera sa vitesse en B ?

2- Donner les caractéristiques du vecteur accélération (supposé vertical et constant) auquel devrait être soumis l'ion pour que le dispositif permette de l'immobiliser exactement 10,0 cm sous le point B.

♣ Exercice 07 : Lancet de galet

Maéva lance un galet horizontalement du haut d'une paroi verticale située à l'aplomb d'une rivière. Le point de départ du galet est le point B*, situé à une hauteur* h *du niveau de la rivière ; la vitesse du lancer est* $v_0 = 20{,}0$ m.s^{-1}*. Le galet atteint le niveau de la rivière à la date* $t_A = 3{,}00$ s.

On note (Oy) *l'axe vertical orienté vers le haut et* (Ox) *l'axe horizontal matérialisant le niveau de la rivière et orienté dans le sens du lancer, l'origine étant située à la verticale du point* B.



Durant cette étude, on admet que le galet est soumis à une accélération constante de valeur $a_0 = 10{,}0\ m.s^{-2}$ *orientée verticalement vers le bas.*

1- Montrer que les coordonnées x et y de la position du galet vérifient les relations suivantes :

$$\mathbf{x = v_0.t} \qquad ; \qquad \mathbf{y = -a_0.\frac{t^2}{2} + h}$$

2- Quelle est l'équation de la trajectoire ?

3- Que vaut la hauteur h ?

4- a) La largeur de la rivière vaut L = 30 m. Le galet atteint-il la rive opposée ?

b) On note v_{min} la vitesse minimale à laquelle il faut lancer la pierre pour que celle-ci atteigne la rive. Donner l'expression de v_{min} en fonction de L, a_0 et h puis faire le calcul.

♣ Exercice 08 : Eruption volcanique

Document 1 – L'éruption de la Montagne Pelée en 1902

L'éruption de la Montagne Pelée en 1902 provoqua une large coulée de lave qui détruisit entièrement la ville de Saint-Pierre, alors préfecture de la Martinique. Mais cette éruption éjecta aussi de nombreux blocs de pierre à des distances phénoménales. Différents témoignages du phénomène ont été rassemblés et ont permis d'établir la trajectoire « type » des blocs de pierre éjectés. En moyenne, ces blocs de pierre ont décrit des mouvements paraboliques avec un angle d'inclinaison de 47 ° *par rapport à la verticale et une vitesse d'éjection de* $110\ m.s^{-1}$ *!*

Document 2 – Conditions d'étude

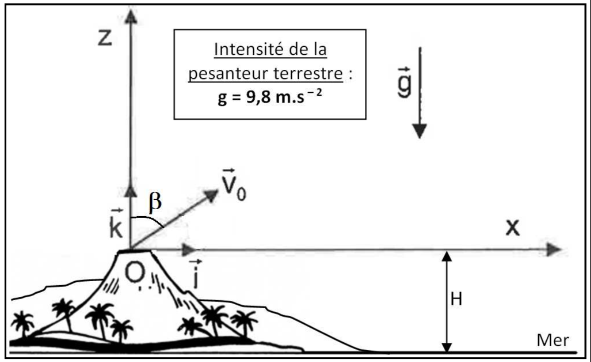
On considère, dans le référentiel terrestre, un bloc de pierre éjecté depuis le point O*, point culminant du Mont Pelée. Le repère d'étude* **(O, $\vec{i}$, $\vec{k}$)** *est choisi de telle sorte que :*

- le point **O** *est le point culminant du Mont Pelée ;*

- l'axe **(Ox)** *est horizontal et orienté vers la droite ;*

- l'axe **(Oz)** *est vertical et orienté vers le haut ;*

- le vecteur vitesse initial $\overrightarrow{v_0}$ *est dans le plan* **xOz***, incliné d'un angle β par rapport à l'axe* **(Oz)***.*



L'origine des dates est l'instant où le bloc de pierre quitte le point **O***.*

Le point O est situé à une altitude H = 1397 m *par rapport au niveau de la mer.*

1- a) Que valent les coordonnées x_0 et z_0 du vecteur position initial $\overrightarrow{OG_0}$?

b) Exprimer les coordonnées v_{x0} et v_{z0} du vecteur vitesse initial $\overrightarrow{v_0}$ en fonction de v_0 et de l'angle β.

2- a) En supposant que le bloc de pierre est soumis à une accélération constante, verticale, orientée vers le bas et de norme $g = 9{,}8\ m.s^{-2}$, montrer que les équations horaires **x(t)** et **z(t)** de son mouvement ont pour expressions :

$$\mathbf{x(t) = v_0 \times \sin(\beta) \times t} \qquad ; \qquad \mathbf{z(t) = -\frac{1}{2}\, g \times t^2 + v_0 \times \cos(\beta) \times t}$$

b) Déterminer l'équation de la trajectoire des blocs de pierre.

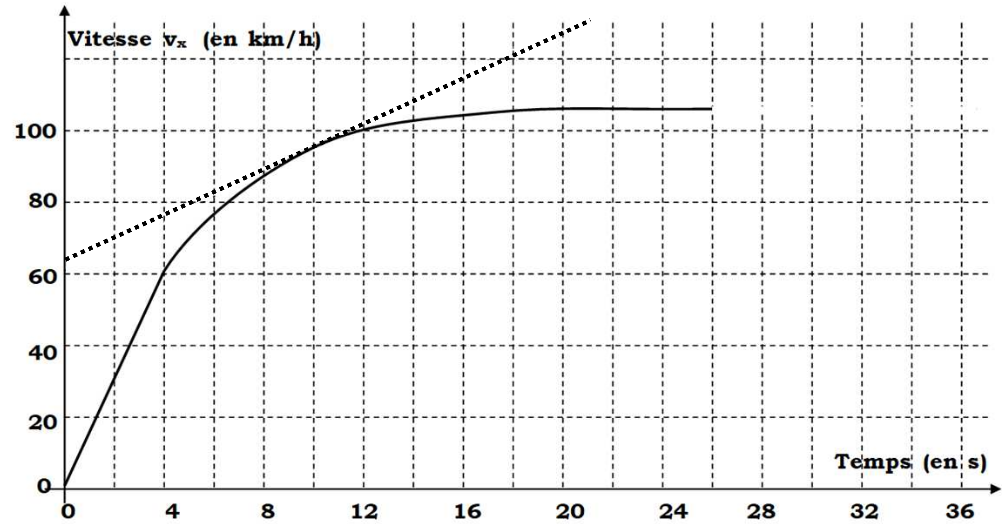
3- Laquelle des équations établies précédemment prouve le caractère « parabolique » du mouvement des blocs de pierre évoqué dans le ***Document 1*** ? Justifier votre réponse.

On cherche l'altitude maximale H' *atteinte par les blocs de pierre par rapport au niveau de la mer dans les conditions énoncées dans le Document 1 et dans le Document 2.*

4- A l'aide des différentes équations établies à la question **2-**, déterminer l'expression de H' en fonction de H, g, v_0 et β. Faire l'application numérique.

♣ Exercice 09 : Et un dernier pour la route !

On étudie la vitesse d'une voiture s'élançant sur une autoroute depuis le poste de péage. On suppose que la voiture évolue selon un trajet rectiligne matérialisé par un axe **(Ox)** *orienté dans le sens du mouvement. Le graphique ci-dessous représente l'évolution de la coordonnée* v_x *du vecteur vitesse de la voiture au cours du temps ainsi que la tangente à la courbe à l'instant de date* t = 10 s.



1- Comment qualifier le mouvement sur les intervalles [0 ; 4 s], [4 s ; 20 s] et [20 s ; 26 s] ?

2- Calculer l'accélération de la voiture à l'instant de date t = 10 s.

3- A l'instant de date t_1 = 26 s, la voiture roule à une vitesse $v_1 = 105\ km.h^{-1}$ mais un problème technique oblige le conducteur à s'arrêter sur la voie d'arrêt d'urgence. La voiture a alors un mouvement rectiligne uniformément décéléré qui la stoppe à l'instant de date t_2 = 36 s. Toutes les questions qui suivent portent sur l'intervalle de temps [t_1 ; t_2].

a) Tracer qualitativement l'évolution de v_x sur l'intervalle de temps [t_1 ; t_2].

b) Déterminer la valeur a_x de l'accélération sur [t_1 ; t_2]. Dans la suite, on la notera A.

b) Montrer que $\mathbf{v_x(t) = A \times (t - t_1) + v_1}$.

c) En prenant comme nouvelle origine de l'axe (Ox) la position de la voiture au début de la phase de décélération, montrer que $\mathbf{x(t) = \frac{1}{2} A \times (t^2 + t_1^2) + v_1 \times (t - t_1) - A \times t_1 \times t}$.

d) Quelle est la distance parcourue par la voiture sur l'intervalle [t_1 ; t_2] ?