

Exercices d'enrichissement sur le mouvement du centre d'inertie d'un solide
T.S.E - LMMS 2019-2020

Exercice 1 :

Les équations paramétriques (horaires) d'un mobile M dans un repère cartésien $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ sont :

$$\begin{cases} x = 2t \\ y = 4t^2 + 6t + 2 \\ z = 0 \end{cases}$$

- 1) Donne la nature du mouvement suivant chaque axe.
- 2) Détermine l'équation de la trajectoire (équation cartésienne). En déduis la nature de la trajectoire.
- 3) Détermine la position du mobile à la date origine, à la date $t = 2$ s et à l'abscisse de 2 m.
- 4) Détermine les coordonnées du vecteur vitesse puis son module. En déduis la nature du mouvement et calcule la vitesse à la date $t = 2$ s.
- 5) Détermine l'accélération.

Exercice 2 :

Les équations paramétriques d'un mobile (M) dans un repère cartésien $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ sont :

$$\begin{cases} x = t + 1 \\ y = 3t - 2 \\ z = 3 \end{cases}$$

Détermine la nature du mouvement de (M).

Exercice 3 :

Les composantes du vecteur accélération d'un point mobile sont :

$$\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -4 \\ a_z = 0 \end{cases}$$

On sait qu'à l'instant $t = 0$, le vecteur vitesse initiale est nul et que le point se trouve en M (1,-3,0).

- 1) Détermine les équations horaires du mouvement.
- 2) Détermine la nature du mouvement (équation de la trajectoire et vitesse).

Exercice 4 :

Par rapport à un repère orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ une particule M est soumise à l'accélération constante $\vec{a} = -9,8 \vec{k}$.

Cette particule se trouve à la date $t = 0$ en

$$M_0 \begin{cases} x_0 = 2 \\ y_0 = 0 \\ z_0 = -0,5 \end{cases} \quad \text{et} \quad \vec{v}_0 = \vec{i} + 4 \vec{k}.$$

(Les unités sont celles du système international).

- 1) Donne les équations paramétriques du mouvement : $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$. Le mouvement est-il plan ?
- 2) Donne l'expression de $\vec{v}_M(t)$ et calcule la vitesse de M à la date $t = 0,5$ s.

Exercice 5 :

Une roue de locomotive de 2 m de diamètre tourne à pleine allure à 350 tours par minute. Calcule la vitesse circonférentielle de la roue.

Si on admet que la roue ne glisse pas sur le rail, cette vitesse est celle du train. Donne sa valeur en km.h^{-1} .

Exercice 6 :

Un disque de diamètre 10 cm tourne autour d'un axe O, un point mobile du disque décrit une trajectoire circulaire avec une vitesse angulaire de 4,7 rad/s.

- 1) Calcule la fréquence de rotation du disque en tour par seconde et en tour par minute. En déduis le temps que mettra le disque pour faire un tour complet.
- 2) Calcule de deux manières la vitesse du point mobile en un point de sa trajectoire en m/s.

Exercice 7 :

Une bille, supposée ponctuelle, fixée à un fil de longueur $R = 1,5$ m décrit un cercle de centre O à vitesse constante $v = \sqrt{2} \text{ m.s}^{-1}$.

- 1) Détermine les caractéristiques de son vecteur vitesse $\vec{v}$ à un instant t quelconque.
- 2) Détermine les caractéristiques de son vecteur accélération $\vec{a}$, au même instant.
- 3) Calcule la valeur de sa vitesse angulaire ω .
- 4) Donne les lois horaires $s(t)$ et $\alpha(t)$ (abscisses curviligne et angulaire) du mouvement de la bille.
- 5) Calcule la période de son mouvement.

Exercice 8 :

Dans un référentiel donné, on choisit un repère $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ et une date origine.

Les coordonnées d'un mobile quasi-ponctuel M sont alors fournies par les équations suivantes :

$$\begin{cases} X = L \cos \omega t \\ Y = L \sin \omega t \\ Z = 0 \end{cases}$$

- 1) Donne la nature du mouvement associé à chaque coordonnée.
- 2) Détermine la distance OM et en déduis la trajectoire du point mobile.
- 3) Précise la position du mobile à la date origine.
- 4) On donne $L = 2,0$ m et $\omega = \frac{\pi}{2} \text{ rad.s}^{-1}$.
 - a) Détermine les coordonnées et les valeurs des vecteurs vitesse et accélération.
 - b) Montre que le vecteur accélération $\vec{a}$ est colinéaire au vecteur position $\overrightarrow{OM}$.

Exercice 9 :

Un poisson rouge se promène dans son bocal. Le mouvement de son centre d'inertie M dans un repère orthogonal $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ est décrit par les équations paramétriques suivantes.

$$\begin{cases} x(t) = a \cos \omega t \\ y(t) = a \sin \omega t \\ z(t) = 0 \end{cases}$$

(ω et a sont deux constantes positives)



- 1) Établis l'équation paramétrique de la trajectoire du centre d'inertie du poisson et précise sa nature.
- 2) Détermine le vecteur vitesse correspondant. Donne sa norme. Quelle caractéristique le mouvement présente-t-il et que représente la constante ω ?
- 3) Établis une relation simple entre les vecteurs position $\overrightarrow{OM}$ et accélération $\vec{a}$.

Exercice 10 :

Dans un référentiel donné, on choisit un repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$, et une date origine.

Les coordonnées d'un point M sont alors fournies par les équations suivantes :

$$\begin{cases} X(t) = 2 \cos(t) + 2 \\ Y(t) = 2 \sin(t) - 1 \end{cases}$$

Détermine l'équation de la trajectoire décrite par le point M et sa vitesse. En déduis la nature du mouvement

Exercice 11 :

Les équations horaires d'un mouvement plan sont :

$$\begin{cases} X(t) = 2t \\ Y(t) = \sqrt{4(1-t^2)} \end{cases}$$

- 1) Détermine les positions du mobile les 0,1 s de 0 à 1s.
- 2) Détermine la nature de la trajectoire.
- 3) Détermine le vecteur vitesse et sa valeur. En déduis les composantes normale et tangentielle du vecteur accélération (repère de Frenet).
- 4) Détermine les composantes cartésiennes du vecteur accélération. En déduis que le module du vecteur accélération est indépendant du repère d'étude.

Exercice 12 :

Un volant est assimilable à un cylindre homogène de masse $m = 400$ g et de rayon $R = 0,4$ m. Calcule son énergie cinétique lorsqu'il tourne autour de son axe à 1500 tours par minute.

Exercice 13 :

Une bille de masse $m = 200$ g est lancée d'une hauteur $h_0 = 1,5$ m verticalement vers le haut avec une vitesse initiale $v_0 = 5$ m.s⁻¹.

- 1) Calcule l'énergie potentielle Ep_0 de la bille au départ du lancer.
- 2) À quelle altitude sa vitesse est-elle la moitié de sa vitesse initiale ?
- 3) Quelle est l'altitude maximale atteinte par la bille ? Quelle est sa vitesse lorsqu'elle retombe sur le sol ?

Exercice 14 :

Un mobile de masse $m = 500$ kg, lancé à la vitesse de 20 m.s⁻¹ aborde un plan incliné à 10%.

- 1) Détermine l'accélération. En déduis la nature du mouvement.
- 2) Calcule la distance parcourue avant l'arrêt et la durée du parcours.

Exercice 15 :

Un corps de masse $m = 500$ g est abandonné sans vitesse initiale sur un plan incliné faisant un angle de 30° par rapport à l'horizontale.

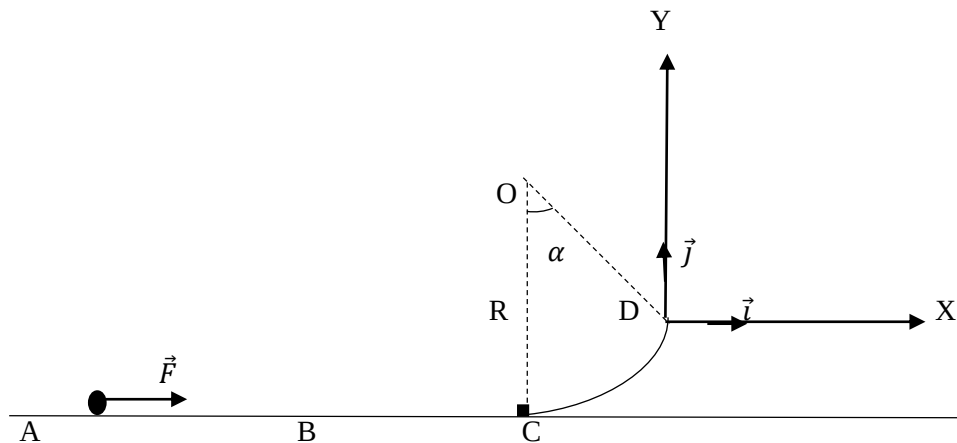
- 1) Quelle distance doit parcourir le solide pour que sa vitesse soit 2 m.s⁻¹ ?
- 2) Quelle est sa vitesse lorsqu'il a parcouru 80 cm ?

Exercice 16 : (A traiter après avoir fini avec le cours sur les projectiles)

On néglige tous les frottements et on prendra $g = 10$ m.s⁻². La piste de lancement d'un projectile M est située dans un plan vertical ; elle comprend une partie rectiligne horizontale ABC et une portion circulaire CD, centrée en O, de rayon $R = 1$ m, d'angle au centre $\alpha = 60^\circ$.

Le projectile M, assimilable à un point matériel de masse $m = 0,5$ Kg, est lancé sans vitesse initiale, suivant AB, avec une force constante $\vec{F}$, horizontale, s'exerçant entre A et B sur la distance $AB = 1$ m.

- 1) Calcule la valeur minimum qu'il faut donner à $\vec{F}$ pour que le projectile quitte la piste en D.
- 2) Calcule la vitesse $\vec{v}_D$ qui permet au projectile de quitter la piste quand $F = 150$ N. Calcule alors la valeur de la force exercée par le projectile sur la piste.
- 3) Donne l'équation de la trajectoire du projectile dans le repère orthonormé $(D, \vec{i}, \vec{j})$, $\overrightarrow{DX}$ parallèle à ABC. En déduis la hauteur maximum atteinte au-dessus de l'horizontale ABC.



Exercice 17 : (A traiter après avoir fini avec le cours sur les projectiles)

On considérera que le référentiel terrestre est galiléen et on négligera les frottements dus à l'air. L'accélération de la pesanteur est $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

1^{er} tir : «drive»

Un golfeur se présente au départ d'un parcours de golf. Le centre d'inertie G de la balle qu'il va lancer se trouve en O. A $t = 0$, la balle est lancée dans un plan vertical repéré par OX, OY avec une vitesse de G de valeur 144 km.h^{-1} et faisant un angle $\alpha = 40^\circ$ avec l'horizontale (Fig1).

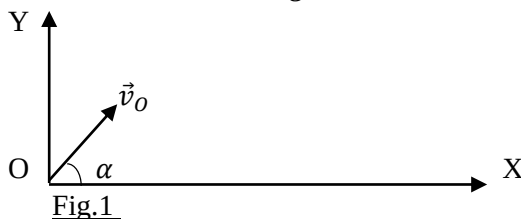


Fig.1

- 1) Etablis les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ du mouvement de G.
- 2) En déduis l'équation cartésienne de la trajectoire de G.
- 3) Détermine la distance du point O où la balle retombe.

2^{ème} tir : «approche»

La balle se trouve maintenant sur le «green» (terrain horizontal), en O' et le golfeur doit pousser la balle à l'aide de son «club», sans la soulever, pour la faire tomber dans un trou situé à 5 m de la balle. Les forces de frottements s'exerçant sur la balle sont supposées constantes et équivalentes à une force d'intensité $f = 5.10^{-2} \text{ N}$. La balle se déplace en ligne droite. Le «club» communique au centre d'inertie G de la balle une vitesse initiale, de valeur $3,2 \text{ m.s}^{-1}$ (masse de la balle : $m = 45 \text{ g}$) (Fig.2).

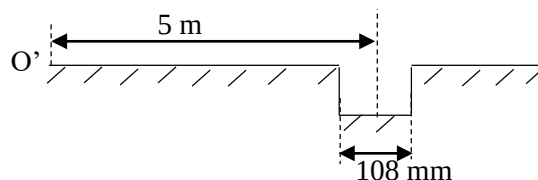


Fig.2

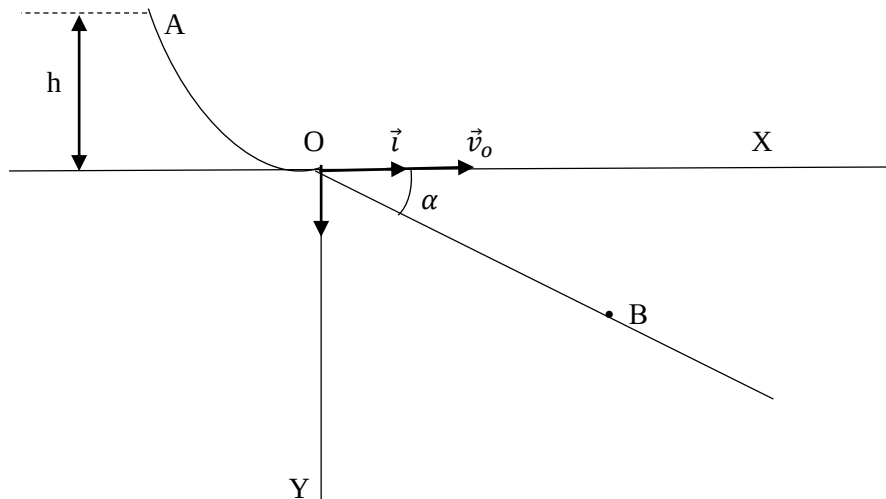
- 1) Fais le bilan des forces s'exerçant sur la balle et représente-les sur un schéma.
- 2) Détermine l'accélération de G. En déduis la nature du mouvement de G.
- 3) Etablis l'équation horaire de la position de G, notée $x_1(t)$.
- 4) Calcule la distance parcourue par la balle avant de s'arrêter. En déduis si l'approche est réussie.

Exercice 18 : (A traiter après avoir fini avec le cours sur les projectiles)

On imagine un tremplin-école d'initiation au saut à skis comprenant une piste d'élán de profil curviligne prolongée par une piste de réception plane et inclinée sur l'horizontale d'un angle $\alpha = 30^\circ$.

Un skieur part sans vitesse initiale du point A (les frottements sont négligeables). Il quitte sa trajectoire curviligne au point O avec la vitesse horizontale $\vec{v}_0$ de valeur $v_0 = 12,5 \text{ m.s}^{-1}$.

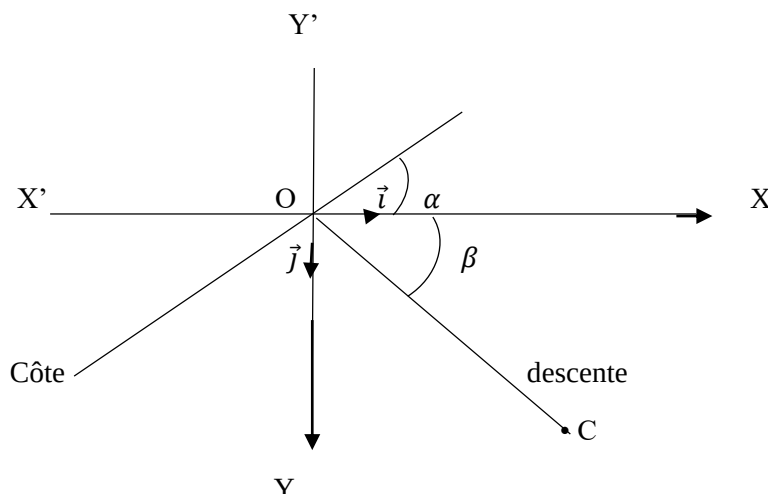
La trajectoire est contenue dans un plan vertical.



- 1) Calcule l'altitude h de A par rapport à O, après avoir énoncé le théorème utilisé.
- 2) Dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$, établis l'équation littérale de la trajectoire aérienne du skieur.
- 3) a) Établis les expressions littérales des coordonnées du point B (x_B, y_B) en fonction de v_0 , α et g où le skieur reprend contact avec la piste de réception.
b) Calcule numériquement ses coordonnées et en déduis la longueur $l = OB$ du saut ainsi que sa durée t .

Exercice 19 : (A traiter après avoir fini avec le cours sur les projectiles)

Un skieur parcourt une côte inclinée d'un angle $\alpha = 40^\circ$ sur l'horizontale. Au sommet O de cette cote, sa vitesse a pour valeur $v_0 = 12 \text{ m.s}^{-1}$. Après le point O se présente une descente inclinée d'un angle $\beta = 45^\circ$ sur l'horizontale. Le skieur accomplit un saut et reprend contact avec la piste en un point C.



Détermine :

- la nature de la trajectoire correspondant au saut du skieur ;
- les coordonnées du point C dans le repère orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j})$ indiqué sur la figure ;
- la longueur OC ;
- la durée du saut

On prendra $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$ et on négligera la résistance de l'air.

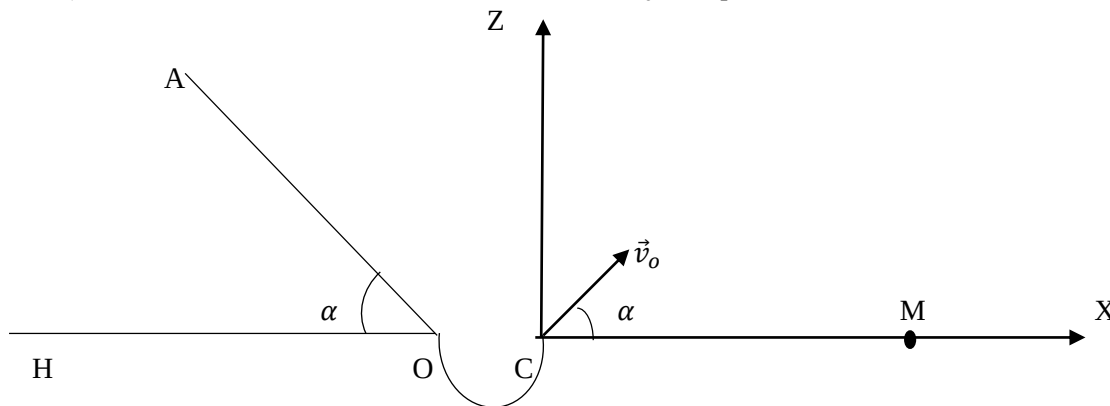
Exercice 20 : (A traiter après avoir fini avec le cours sur les projectiles)

Tous les frottements sont négligés.

Du point A d'un plan incliné de l'angle α sur le plan horizontal OCM, on abandonne sans vitesse initiale d'un corps assimilable à un point matériel de masse m . Il glisse selon la ligne de plus grande pente AO du plan et arrive en O avec une vitesse $\vec{v}_0$.

Le plan incliné se raccorde tangentiellement en O avec une piste circulaire de rayon R . Au-delà du point C, le mobile quitte la piste et retombe en M sur le plan horizontal. Le vecteur vitesse du mobile en C ($\vec{v}_C$) fait, avec le plan horizontal, le même angle α que AO.

- Etude du mouvement sur le plan incliné.
 - Établis l'équation horaire du mouvement du mobile sur le plan incliné : $AO = f(t)$.
 - Exprime sa vitesse v_0 en fonction de α , g et de la distance $AO = l$.
 - Montre que la mesure de la vitesse du mobile en C est la même qu'en O.
- Étude du mouvement dans le repère $(\vec{CX}, \vec{CZ})$.
 - Établis en fonction de α , v_0 et g l'équation de la trajectoire du mobile entre C et M dans le repère $(\vec{CX}, \vec{CZ})$.
 - Donne l'expression de la portée CM en fonction de α , v_0 et g , puis de l et α .
 - Pour $\alpha = 45^\circ$ et $l = AO = 1,6 \text{ m}$, calcule v_0 et la portée CM.



Exercice 21 :

Une automobile a une masse totale de 1 tonne. La résistance opposée à l'avancement due aux frottements solides et à la résistance de l'air équivaut à une force constante égale à $f = 500 \text{ N}$.

- La voiture roule en ligne droite sur une route horizontale à vitesse constante. Détermine l'intensité de la force motrice $\vec{F}$.



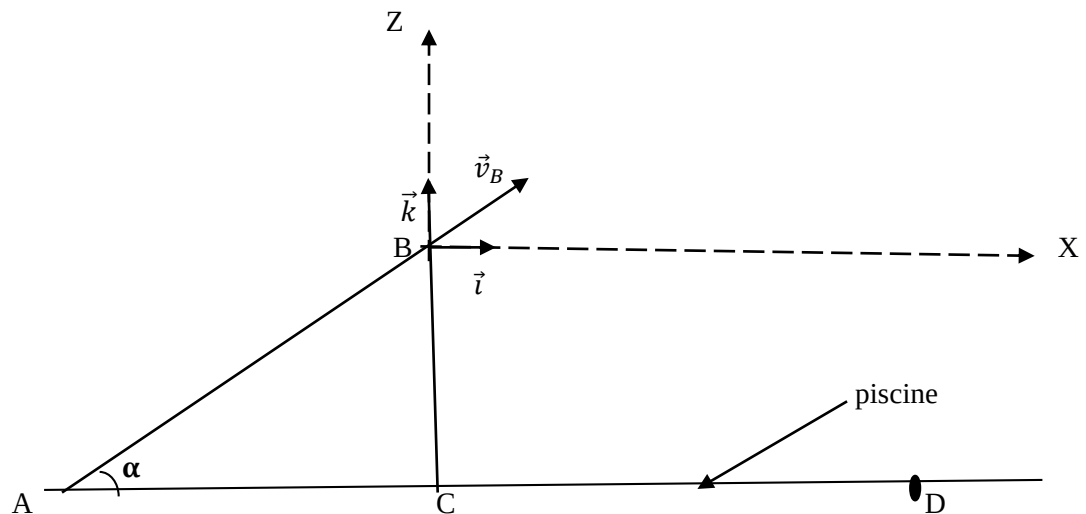
- L'automobile roulant à 72 km.h^{-1} sur une route rectiligne horizontale, le conducteur freine pour l'arrêter. La voiture s'arrête sur 100 m. Détermine l'intensité de la force de freinage supposée constante.
- Après être repartie, l'automobile prend un virage de rayon $r = 100 \text{ m}$, à la vitesse constante $v = 72 \text{ km.h}^{-1}$. Ce virage est relevé d'un angle α par rapport à l'horizontale, si bien que la réaction du sol est normale au sol. Détermine α .

On donne $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$

Exercice 22 : (A traiter après avoir fini avec le cours sur les projectiles)

Un skieur de masse $M = 56 \text{ Kg}$ aborde un tremplin de longueur $AB = 8 \text{ m}$, faisant un angle $\alpha = 30^\circ$ avec le plan horizontal.

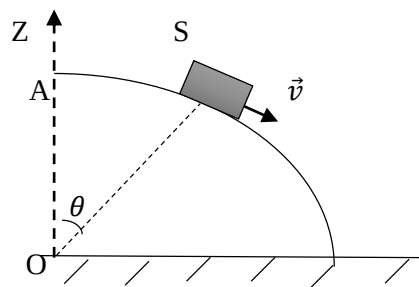
- 1) Le skieur aborde le tremplin en A avec une vitesse $v_A = 82,8 \text{ Km.h}^{-1}$. La vitesse du skieur lorsqu'il quitte le tremplin en B est $v_B = 61,2 \text{ Km.h}^{-1}$.
Calcule la valeur de la force de frottement $\vec{f}$, en utilisant le théorème de l'énergie mécanique ($g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$).
- 2) Le skieur chute dans une piscine au point D.
 - a) Donne les équations paramétriques $x(t)$ et $z(t)$ du skieur dans le repère $(B, \vec{i}, \vec{k})$ et en déduis l'équation cartésienne de sa trajectoire.
 - b) Détermine la distance AD.

Exercice 23 :

Un petit solide S, de masse m , part, pratiquement sans vitesse, du sommet A d'un demi-cylindre de rayon r , de centre O, collé sur un plan horizontal. Les frottements sont négligeables.

Exprime la vitesse de S en fonction de r , de l'intensité de la pesanteur g , et de $\theta = (\vec{OA}, \vec{OS})$

- 1) .
- 2) Donne une expression de l'intensité de la réaction, R , en fonction de θ , g et m .
- 3) Lorsque S dépasse une position S_0 , S décolle du cylindre. Détermine cette position S_0 .
- 4) Avec quelle intensité de force, F , le solide S appuie-t-il sur le demi-cylindre avant d'atteindre S_0 ?



Exercice 24 :

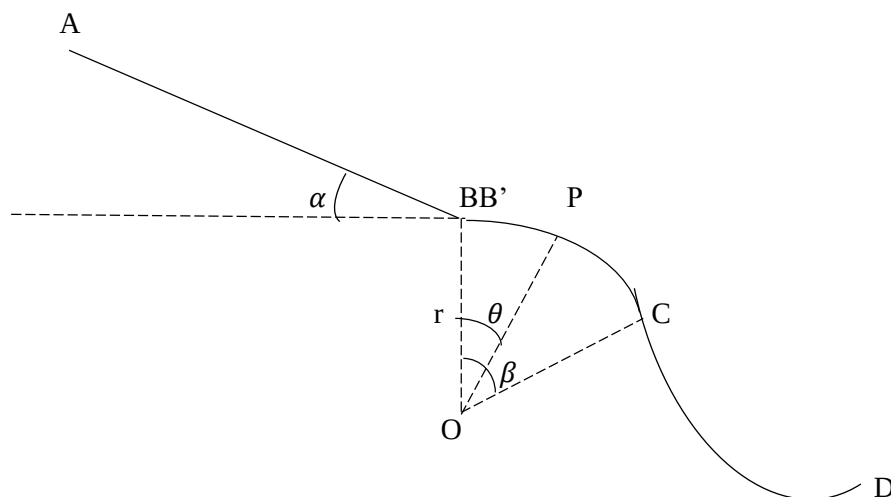
Un skieur parcourt une piste AD située au voisinage d'un plan vertical pris pour plan de figure. La partie AB, de longueur l , est rectiligne, descendante et fait avec l'horizontale l'angle de mesure α . Elle se raccorde en B' par l'intermédiaire d'un tronçon BB', de longueur négligeable, non représenté sur la figure, à la partie B'C, circulaire, de centre O, de rayon r , horizontale en B'. La mesure β de l'angle $\widehat{B'OC}$ est de l'ordre de 60° , sa valeur exacte et la partie CD de la piste n'interviennent pas dans le problème.

Pour que les calculs soient faciles, on assimile le skieur à un point matériel (M) de masse m qui se déplace sur AD. On admet que sur la piste enneigée AB, la force de frottement est constante, tandis que sur B'C, verglacée, cette force est pratiquement nulle. Enfin, on néglige la résistance de l'air et on suppose que le repère terrestre est galiléen.

Pour les calculs numériques on prendra :

$$l = 500 \text{ m} ; \alpha = 10^\circ ; r = 100 \text{ m} ; m = 80 \text{ kg} ; g = 10 \text{ m.s}^{-2}.$$

- 1) Le skieur part de A avec la vitesse $v_A = 0$; il arrive en B avec la vitesse v_B . Etablis l'expression en fonction de m, g, l, α et v_B de la valeur f de la force de frottement sur AB. Calcule numériquement f avec $v_B = 18 \text{ m.s}^{-1}$.
- 2) La vitesse en B' est pratiquement v_B . Trouve l'expression en fonction de v_B, r, g et $\cos\theta$, du carré v^2 de la vitesse de M) lorsqu'il passe au point P, repéré par l'angle θ , de la piste B'C.
- 3) Établis de même, en fonction de v, m, g, r et θ , l'expression de la valeur R de la réaction $\vec{R}$ que la piste exerce sur le skieur au point P.
- 4) En déduis finalement R en fonction de v_B et θ , ainsi que de certaines autres données.
- 5) Calcule la valeur numérique θ_0 de θ pour laquelle le point (M) quitte la piste BC.

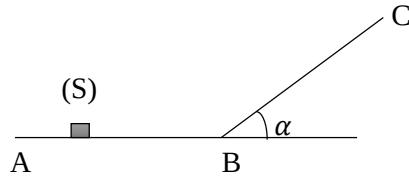
Exercice 25 :

Dans un stand de fête foraine, un objet (S), de masse $m = 5 \text{ kg}$ assimilable à un point matériel, est placé sur des rails horizontaux de longueur AB (figure ci-dessous). On prendra $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

- 1) Pour « tester sa force », une personne pousse cet objet avec une force $\vec{F}$ constante, horizontale pendant une durée $t = 3 \text{ s}$.
 - a) Détermine la nature du mouvement de l'objet (S), en supposant qu'il glisse sans frottement sur les rails en partant de la position de repos.
 - b) Sachant qu'à la fin de la période de lancement, l'objet (S) a une vitesse égale à 6 m.s^{-1} , calcule la valeur numérique de la force $\vec{F}$.

- c) Calcule la distance de lancement AB et le travail effectué par la personne.
- 2) Arrivé en B, l'objet (S) doit s'élever sur un plan incliné d'un angle $\alpha = 30^\circ$ par rapport au plan horizontal.

En supposant les frottements négligeables, et le plan incliné suffisamment long, détermine la longueur que l'objet (S) doit parcourir sur le plan incliné jusqu'à ce que sa vitesse s'annule.

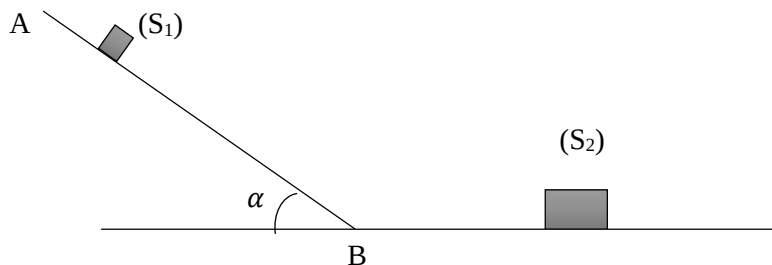


Exercice 26 :

Un solide S_1 , supposé ponctuel, de masse $m_1 = 50 \text{ g}$, est abandonné sans vitesse d'un point A et glisse sur un plan incliné de l'angle $\alpha = 30^\circ$ avec l'horizontale. Après un parcours $AB = l = 1 \text{ m}$, il aborde un plan horizontal sur lequel il continue de glisser avant de heurter un solide S_2 , immobile, supposé ponctuel, de masse $m_2 = 150 \text{ g}$.

Tous les mouvements s'effectuent sans frottement. On prendra $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

- 1) Calcule juste avant le choc avec S_2 , la vitesse v_1 du solide S_1 , sa quantité de mouvement P_1 et son énergie cinétique Ec_1 .
- 2) Au moment du choc il y a accrochage des deux solides.
 Applique la loi de conservation de la quantité de mouvement au système formé des deux solides S_1 et S_2 . En déduis la vitesse v_G de son centre d'inertie, juste après le choc.
- 3) Y a-t-il eu conservation de l'énergie cinétique ?

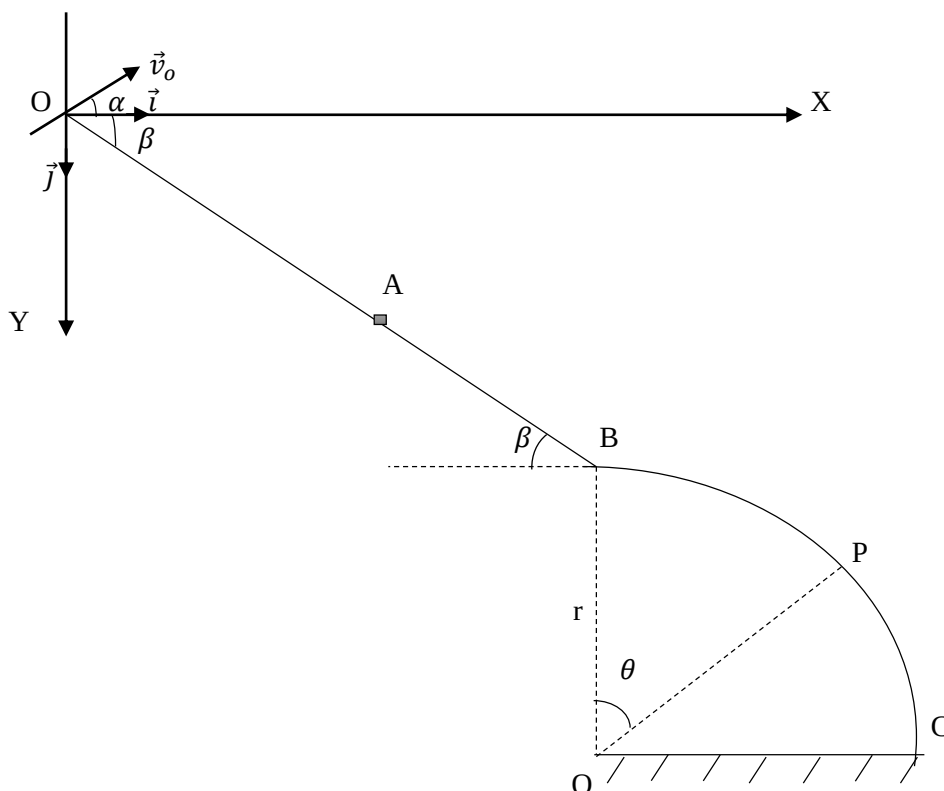


Exercice 27 : (A traiter après avoir fini avec le cours sur les projectiles)

Un skieur de masse $m = 56 \text{ kg}$, parcourt une côte inclinée d'un angle $\alpha = 40^\circ$ sur l'horizontale. Au sommet O de cette côte, sa vitesse a pour valeur $v_o = 20 \text{ m.s}^{-1}$. Après le point O se présente une descente inclinée d'un angle $\beta = 30^\circ$ sur l'horizontale. Le skieur accomplit un saut et reprend contact avec la piste inclinée en un point A. Il parcourt la distance $AB = l = 100 \text{ m}$ et aborde un tronçon circulaire BC de centre O', de rayon $r = 250 \text{ m}$.

L'intensité de la pesanteur est $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$, la résistance de l'air et les forces de frottements sur le skieur sont négligeables.

- 1) Étude du saut du skieur
 - a) Détermine la nature de la trajectoire correspondant au saut du skieur.
 - b) Détermine les coordonnées du point A dans le repère orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j})$ indiqué sur la figure.
 - c) Calcule la durée du saut.
 - d) Montre que la vitesse du skieur en A est $v_A \approx 34,17 \text{ m.s}^{-1}$.
- 2) Étude du mouvement du skieur sur le plan incliné AB
 - a) Établis l'équation horaire du mouvement sur AB.
 - b) Calcule la vitesse v_B du skieur en B.
- 3) Étude du mouvement du skieur sur le tronçon circulaire BC
 - a) Détermine l'accélération tangentielle. En déduis la nature du mouvement.
 - b) Exprime la vitesse v du skieur au point P en fonction de r , de l'intensité de la pesanteur g , de v_B et de $\theta = \angle BO'P$.
 - c) Donne l'expression de l'intensité de la réaction, R , en fonction de θ , g , r , v_B et m .
 - d) Calcule la valeur numérique θ_0 de θ pour laquelle le skieur quitte la piste BC.



Exercice 28 :

On étudie le mouvement d'un solide ponctuel S dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Ce solide, de masse m , est au repos en A initialement. On le lance sur la piste ACD, en faisant agir sur lui, le long de la partie AB de sa trajectoire, une force $\vec{F}$ horizontale et d'intensité F constante.

On pose $AB = l$, la portion AC de la trajectoire est horizontale et la portion CD est un demi-cercle de centre O et rayon r ; ces deux portions sont dans un même plan vertical. On suppose que la piste ACD est partiellement lisse et que la résistance de l'air est négligeable.

- 1) Détermine, en fonction de F , l , et m , la valeur V_B de la vitesse de S en B.

Au point M défini par l'angle $\theta = (\overrightarrow{OC}, \overrightarrow{OM})$

- 2) , établis, en fonction de F , l , m , r , θ et g (g étant l'accélération de la pesanteur), l'expression de :
- La valeur V de la vitesse de S.
 - L'intensité R de la réaction $\vec{R}$ de la piste.
- 3) De l'expression de R , déduis, en fonction de m , g , r , et l , la valeur minimale F_0 de F pour que S atteigne D.

Calcule F_0 sachant que $M = 0,5 \text{ kg}$; $r = 1 \text{ m}$; $l = 1,5 \text{ m}$; $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

