

Physique et chimie – 2h

DS sans calculatrice

Quelques recommandations de type concours

- Les candidats doivent vérifier que le sujet comprend **4 pages** numérotées 1/4, 2/4, 3/4 et 4/4.
- Les candidats sont invités à porter une attention toute particulière à la **rédaction** : les copies illisibles ou mal présentées seront pénalisées.
- Les candidats devront toujours établir une **expression littérale** avant d'effectuer toute application numérique (pas de calcul numérique intermédiaire).
- Les réponses **non justifiées** ne seront pas prises en compte.
- Toute relation littérale présentant une erreur flagrante d'**homogénéité** ne donnera pas lieu à l'attribution de points.
- Toute application numérique ne comportant pas d'**unité** ne donnera pas lieu à l'attribution de points.
- Tous les résultats doivent être **encadrés**.
- Les pages de votre copie doivent être numérotées ; par exemple, pour 4 pages rendues (une copie double) : 1/4, 2/4, 3/4 et 4/4.
- Si un candidat repère ce qui semble être une **imprécision de l'énoncé**, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.
- Toutefois, si un candidat repère ce qui semble être une **erreur d'énoncé** (relation fausse, valeur numérique manquante...), il peut dans ce cas se lever et interroger le professeur surveillant.

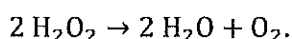
Exercice 1 : cinétique chimique

≈ 16% des points

Dans cet exercice, aucune application numérique n'est demandée mais en revanche, une fois l'expression littérale obtenue, il est demandé d'exprimer la grandeur demandée en fonction des valeurs numériques de l'énoncé en ayant bien pris soin d'effectuer les conversions nécessaires et de faire apparaître celles-ci clairement.

Le peroxyde d'hydrogène, usuellement appelée « eau oxygénée », a pour formule H_2O_2 . Il peut servir d'antiseptique à usage externe.

En solution aqueuse, le peroxyde d'hydrogène se décompose lentement suivant la réaction :



1. On appelle « eau oxygénée à 10 volumes » une eau oxygénée qui peut libérer 10 fois son volume en dioxygène. Plus précisément, $V_0 = 1 \text{ L}$ d'une solution d'eau oxygénée à 10 volumes peut libérer au maximum $V_g = 10 \text{ L}$ de dioxygène selon la réaction ci-dessus à $\theta = 25^\circ\text{C}$ et sous $p = 1013 \text{ hPa}$.

Exprimer la concentration C_0 en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de cette eau oxygénée en fonction des données littérales de l'énoncé puis en fonction des valeurs numériques éventuellement converties.

2. À la température constante de 25°C , la concentration d'une solution en peroxyde d'hydrogène passe en 15 minutes de $1,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ à $0,79 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Dans l'hypothèse d'un ordre 1, déterminer l'expression littérale puis numérique de la constante de vitesse k .

Numériquement, on trouve $k = 7,9 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$

3. Sachant qu'à 50°C la constante de vitesse vaut $0,13 \text{ min}^{-1}$, déterminer l'expression littérale puis numérique de l'énergie d'activation E_a . Numériquement, on trouve $E_a = 90 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

Donnée numérique : $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

Exercice 2 : mécanique en base cartésienne

≈ 45% des points

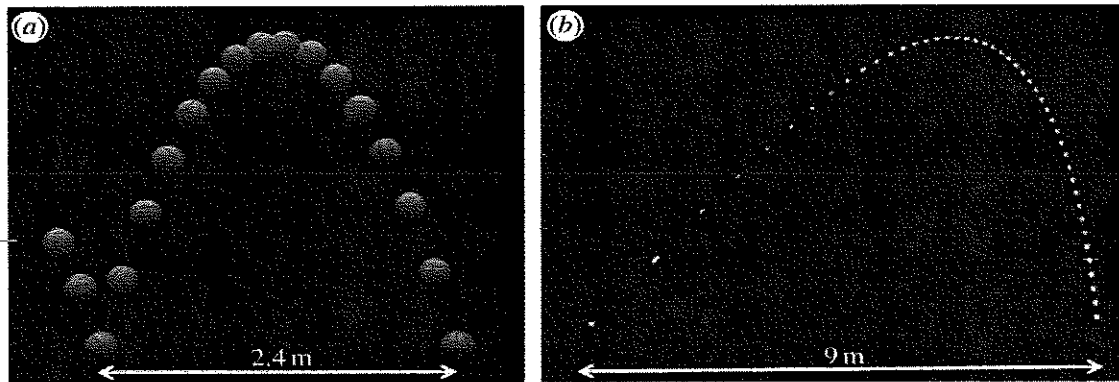


Figure 1 : chronophotographies d'un ballon de basket (a) et d'un volant de badminton (b)

On remarque que la trajectoire du volant de badminton est très différente de celle du ballon. Dans cet exercice, on tente de comprendre ces différences et d'expliquer la trajectoire du volant de badminton.

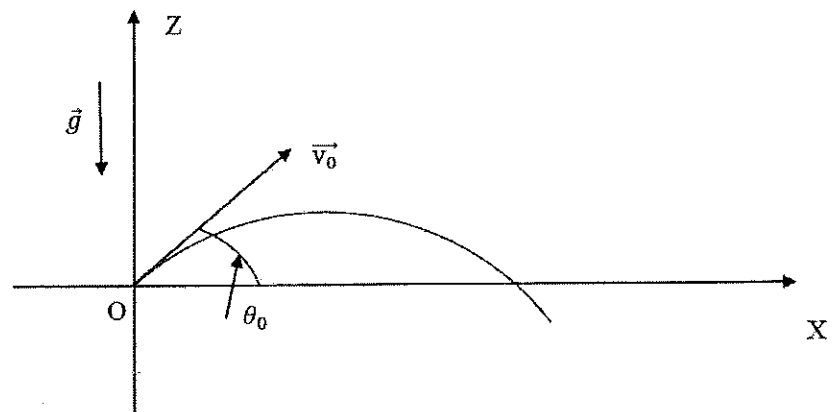
Dans tout le problème, la poussée d'Archimède sera négligée. Les seules forces que l'on prendra en compte sont donc le poids et la résistance de l'air.

A- Premier modèle : trajectoire gravitaire

On note m la masse du projectile.

On considère le cas où la vitesse initiale du projectile est suffisamment faible pour que l'on puisse négliger la force de frottement fluide de l'air. On parle alors de trajectoire gravitaire.

On note θ l'angle de la vitesse $\vec{v}$ avec le plan horizontal et θ_0 sa valeur à l'instant initial. On note $\vec{v}_0$ le vecteur vitesse initiale et on choisit l'origine O au niveau de la position du projectile à l'instant initial.



1. Projeter l'équation du mouvement sur la base cartésienne (voir figure ci-dessus) et en déduire les équations horaires du mouvement puis l'équation de la trajectoire. En comparant vos résultats et la trajectoire réelle, ce modèle est-il satisfaisant pour le volant de badminton ?

2. Montrer que la portée du tir, c'est-à-dire la distance atteinte par le projectile dans le plan horizontal de départ ($Z = 0$), vaut

$$X_M = \frac{v_0^2 \sin(2\theta_0)}{g}$$

Déterminer de même la hauteur maximale H_M atteinte par le projectile.

B- Deuxième modèle : prise en compte des frottements

On va à présent tenir compte des frottements de l'air sur le volant de badminton. On va considérer que la force de frottement de l'air est proportionnelle au carré de la vitesse. Plus précisément, elle s'écrit :

$$\vec{F} = -\frac{1}{2} \rho S C_x v \vec{v}$$

où S est la section du volant, ρ la masse volumique de l'air, $\vec{v}$ le vecteur vitesse du volant (v sa norme).

3. Déterminer la dimension de C_x .
4. Ecrire l'équation différentielle satisfaite par le vecteur vitesse $\vec{v}$ du volant.
5. Montrer que la trajectoire gravitaire de la partie A ne peut être obtenue que si $v \ll v_{\text{lim}}$ en précisant l'expression de v_{lim} en fonction de ρ, S, C_x, m et g .
6. L'équation différentielle de la question 4 peut alors s'écrire :

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{g} - \frac{g}{v_{\text{lim}}^2} v \vec{v}$$

Montrer qu'elle admet une solution particulière correspondant à un mouvement rectiligne uniforme dont on exprimera le vecteur vitesse, notée $\vec{v}_{\text{lim}}$, en fonction des paramètres du problème.

Cette solution particulière correspond-elle au mouvement en fin de trajectoire ou au début du lancement ? Justifier.

7. À quelle condition sur v et v_{lim} peut-on négliger la pesanteur devant la force de frottements ? Pour un volant de badminton de vitesse initiale $v_0 = 58 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, cette condition est initialement vérifiée (pour la première portion du mouvement).

Expliquer qualitativement pourquoi, dans le cas où on peut négliger la pesanteur, la trajectoire est rectiligne.

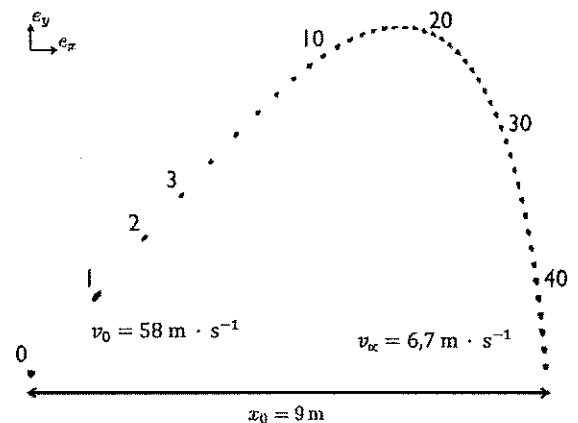
8. Des réponses aux questions 6 et 7, en déduire l'allure de l'ensemble de la trajectoire du volant de badminton (en la justifiant) mais sans se préoccuper de la forme de la trajectoire vers le sommet.

9. En négligeant la pesanteur et en sachant que la trajectoire est alors rectiligne déterminer l'expression de v (norme du vecteur vitesse du volant) en fonction du temps.

Indication : puisque l'on suppose que la trajectoire est rectiligne, on pourra projeter l'équation différentielle dans la direction de la trajectoire, puis l'intégrer par une méthode « connue ».

10. En déduire l'expression du temps $t_{1/2}$ pour lequel la vitesse est égale à la moitié de la vitesse initiale. Numériquement on trouve $t_{1/2} \approx 100 \text{ ms}$.

Déterminer en la justifiant une estimation de $t_{1/2}$ à partir de la chronophotographie ci-contre, la durée entre deux pointages étant de 40 ms. Commenter.



Trajectoires similaires à celle du volant de badminton, obtenues pour des particules projetées à grande vitesse lors d'une soudure, des feux d'artifice ou des jets d'eau

Exercice 3 : mécanique en base polaire**≈ 39% des points**

Dans cette partie on étudie le mouvement d'un skieur sur une piste composée d'une portion rectiligne AB et inclinée d'un angle $\alpha = 30^\circ$ par rapport à l'horizontale, et d'une portion circulaire BC , de rayon $R = 2 \text{ m}$ et d'angle $(BO, OC) = \frac{\pi}{2} + \alpha$ (cf figure 1. ci-dessous). L'orientation positive des angles sera prise dans le sens horaire.

Le skieur est assimilé à un point et part initialement depuis A avec la vitesse $\vec{v}_A$.

On notera R_N la norme de la réaction normale du support et on négligera tout frottement.

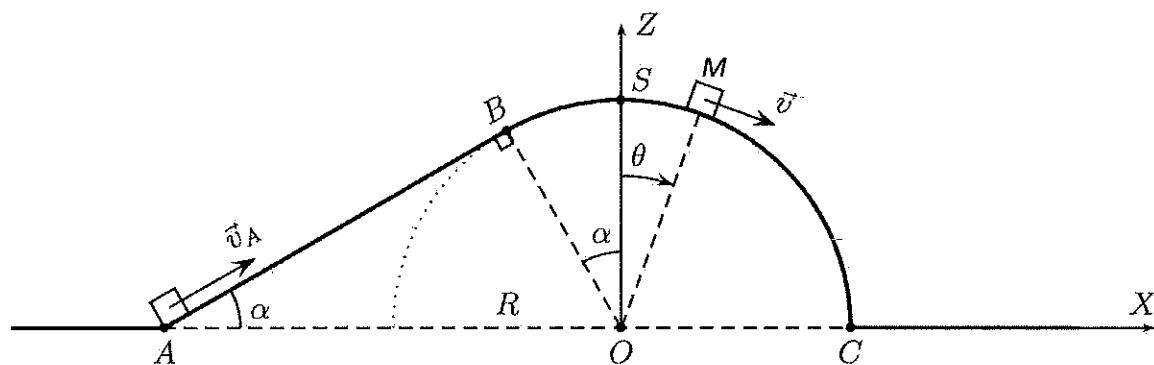


Figure 1 : piste parcourue par le skieur

1. Questions préliminaires :

- Exprimer la hauteur du point B par rapport à l'horizontale ainsi que celle de M en fonction de R et α .
- Déterminer l'expression du poids au point M dans la base polaire.

2. Déterminer par un raisonnement énergétique l'expression de v_B en fonction de v_A , g , R et α .

3. Projeter dans la base polaire, le principe fondamental de la dynamique appliqué au skieur lorsqu'il est sur la portion circulaire, à la position quelconque caractérisée par l'angle θ (voir figure 1).

4. Déterminer l'expression de la vitesse v du skieur dans la position précédente caractérisée par l'angle θ , en fonction de θ , v_B , R et α .

Vous pouvez opter pour un raisonnement énergétique ou pour un calcul d'intégrale.

5. En utilisant les réponses aux questions 2, 3 et 4, démontrer l'expression de la norme de la réaction normale sur la portion circulaire :

$$R_N = m \left[3g \cos(\theta) - \frac{v_A^2}{R} \right]$$

6. En supposant que le skieur est parvenu à passer le sommet S , déterminer l'expression θ_d de θ pour laquelle il quitte la piste.

7. À quelle condition sur v_A n'y aura-t-il pas de décollage du skieur avant le sommet S ?

DS 4 - CORRECTION

Exercice 2 : mécanique en base cartésienne

A- Premier modèle : trajectoire gravitaire

1. On applique la deuxième loi de Newton au volant de badminton dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Puisqu'on néglige la résistance de l'air, la seule force à prendre en compte est le poids. On a donc :

$$m\vec{a} = m\vec{g}$$

d'où $\vec{a} = \vec{g}$

En projetant sur les axes (Ox) et (Oy), on obtient :

$$\begin{aligned}\ddot{x} &= 0 \\ \ddot{y} &= -g\end{aligned}$$

D'où, en intégrant :

$$\begin{aligned}\dot{x} &= cte = v_0 \cos(\theta_0) \\ \dot{y} &= gt + cte = -gt + v_0 \sin(\theta_0)\end{aligned}$$

En intégrant à nouveau, il vient :

$$\begin{aligned}x(t) &= v_0 \cos(\theta_0)t + cte = v_0 \cos(\theta_0)t \\ y(t) &= -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \sin(\theta_0)t + cte = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \sin(\theta_0)t\end{aligned}$$

La première équation permet d'exprimer le temps en fonction de l'abscisse x du volant : $t = \frac{x}{v_0 \cos(\theta_0)}$, puis en injectant dans la deuxième équation, on obtient :

$$y(x) = -\frac{1}{2}g \frac{x^2}{v_0^2 \cos^2(\theta_0)} + \tan(\theta_0)x$$

La trajectoire est donc, si on néglige les frottements, une parabole. Cette approximation paraît donc correcte pour le ballon de basket mais mauvaise pour le volant de badminton.

2. La portée X_M est solution de l'équation $y(x) = 0$, soit $-\frac{1}{2}g \frac{x^2}{v_0^2 \cos^2(\theta_0)} + \tan(\theta_0)x = 0$, qui admet deux solutions : $x = 0$ (normal : c'est la position initiale), ou $X_M = \frac{2v_0^2 \cos(\theta_0)^2 \tan(\theta_0)}{g} = \frac{v_0^2 \sin(2\theta_0)}{g}$

La hauteur maximale du tir correspond à l'altitude Z quand $\dot{Z} = 0$ soit pour $t_1 = \frac{v_0 \sin(\theta_0)}{g}$, donc

$$H_M = Z(t_1) = -\frac{1}{2}g \left(\frac{v_0 \sin(\theta_0)}{g} \right)^2 + v_0 \sin(\theta_0) \frac{v_0 \sin(\theta_0)}{g}$$

$$H_M = \frac{v_0^2 \sin^2(\theta_0)}{2g}$$

3. Les dimensions des différentes grandeurs sont les suivantes :

- F a pour dimension $M \cdot L \cdot T^{-2}$
- ρ a pour dimension $M \cdot L^{-3}$
- S a pour dimension L^2
- v a pour dimension $L \cdot T^{-1}$

Ainsi, C_x a pour dimension $\frac{M \cdot L \cdot T^{-2}}{M \cdot L^{-3} \cdot L^2 \cdot L^2 \cdot T^{-2}}$. Après simplification, on remarque que C_x est sans dimension : c'est un coefficient d'aérodynamisme, **sans dimension**, qui dépend uniquement de la forme de l'objet (il est d'autant plus petit que l'objet a une forme "aérodynamique").

4. Appliquons à nouveau le principe fondamental de la dynamique au volant, cette fois-ci en tenant compte des frottements de l'air :

$$m\vec{a} = m\vec{g} - \frac{1}{2}\rho S C_x v \vec{v}$$

soit, après simplification par la masse :

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{g} - \frac{1}{2m}\rho S C_x v \vec{v}$$

5. La force de frottement est négligeable devant la force de pesanteur si et seulement si :

$$\frac{\rho S C_x}{2} v^2 \ll mg \Leftrightarrow v \ll \sqrt{\frac{2mg}{\rho S C_x}} = v_{\text{lim}}$$

6. Cherchons une solution particulière $\vec{v}_p = \text{cte}$ (qui correspondrait donc à un mouvement rectiligne et uniforme). Dans ce cas, puisque $\frac{d\vec{v}_p}{dt} = \vec{0}$, on aurait :

$$v_p \vec{v}_p = \frac{2m}{\rho S C_x} \vec{g}$$

Ainsi, v_p aurait la même direction que $\vec{g}$ et en norme, on aurait :

$$v_p^2 = \frac{2mg}{\rho S C_x}$$

d'où :

$$v_p = \sqrt{\frac{2mg}{\rho S C_x}} = v_{\text{lim}}$$

Conclusion : un mouvement rectiligne et uniforme de vecteur vitesse $\vec{v}_{\text{lim}} = -v_{\text{lim}} \vec{u}_y$ est une solution particulière de l'équation du mouvement.

Ce mouvement correspondant à la solution particulière est observé après le régime transitoire (en régime permanent) donc **en fin de trajectoire**.

7. A l'inverse de la question 5, la force de pesanteur est négligeable devant les frottements si et seulement si $v \gg v_{\text{lim}}$

Si on néglige la pesanteur, la seule force que subit le volant est la force de frottements, qui est colinéaire à sa vitesse. Or, pour que le volant dévie d'une trajectoire rectiligne, il faut qu'il subisse une force qui ne soit pas colinéaire à cette trajectoire. Puisqu'ici ce n'est pas le cas, la trajectoire sera forcément rectiligne.

Remarque : pour ceux qui ne seraient pas convaincus par cet argument, je vous en propose un autre, plus "mathématique". L'équation du mouvement en négligeant le poids s'écrit :

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = -\frac{g}{v_{\text{lim}}^2} v \vec{v}$$

Notons $\vec{v} = v\vec{u}$, où $\vec{u}$ est un vecteur unitaire tangent à la trajectoire. Montrer que la trajectoire est rectiligne revient à montrer que $\vec{u}$ est constant.

$$\text{Or } \frac{d}{dt}(v\vec{u}) = \frac{dv}{dt}\vec{u} + v\frac{d\vec{u}}{dt}.$$

De plus, la dérivée d'un vecteur unitaire est toujours orthogonale au vecteur unitaire en question. En effet, si $\vec{u}$ est unitaire, alors $\vec{u}^2 = 1$, soit en dérivant : $2\vec{u} \cdot \frac{d\vec{u}}{dt} = 0$.

En faisant le produit scalaire de l'équation du mouvement par $\frac{d\vec{u}}{dt}$ et en utilisant ce dernier point, on obtient que $v\left(\frac{d\vec{u}}{dt}\right)^2 = 0$, ce qui montre que $\vec{u}$ est constant, et donc que la trajectoire est rectiligne.

8. Si l'on néglige le régime intermédiaire, la trajectoire se compose de deux segments de droites : ✕

- un premier segment oblique, faisant un angle θ_0 avec l'horizontale, qui correspond au cas où le poids est négligeable devant les frottements (question 7) ;

- et un deuxième segment vertical correspondant au cas de la question 6 (régime permanent).

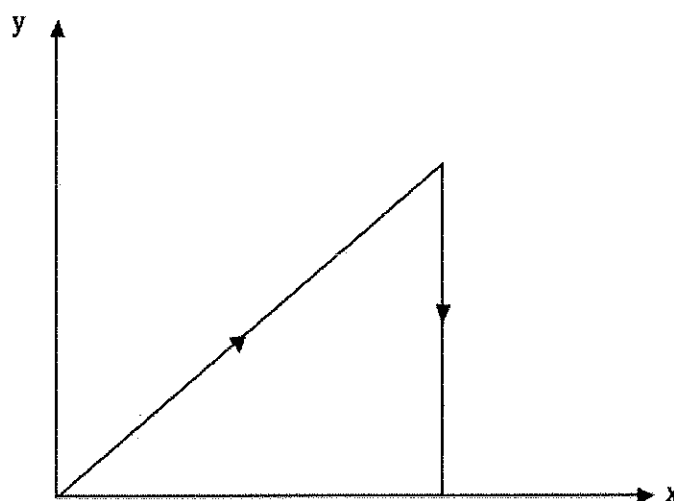


Figure 1 - Trajectoire simplifiée du volant de badminton, si on néglige le régime intermédiaire

9. L'équation du mouvement en négligeant la pesanteur et en projetant dans la direction où a lieu le mouvement (puisque l'on sait qu'il est rectiligne) donne :

$$\frac{dv}{dt} = -g \frac{v^2}{v_{\text{lim}}^2}$$

Pour résoudre cette équation non linéaire du premier ordre, il faut séparer les variables (comme en cinétique d'ordre 2). On obtient alors :

$$-\frac{dv}{v^2} = \frac{g}{v_{\text{lim}}^2} dt$$

D'où, en intégrant :

$$\frac{1}{v} = \frac{g}{v_{\text{lim}}^2} t + cte$$

En appliquant à $t = 0$, on obtient que $cte = \frac{1}{v_0}$.

On obtient donc que :

$$v(t) = \frac{v_0 v_{\text{lim}}^2}{v_{\text{lim}}^2 + g v_0 t} = \frac{v_0}{1 + \frac{g v_0}{v_{\text{lim}}^2} t}$$

10. $t_{1/2}$ vérifie $v(t_{1/2}) = \frac{v_0}{2}$.

Puisqu'on avait :

$$\frac{1}{v} = \frac{g}{v_{lim}^2} t + \frac{1}{v_0}$$

on obtient, en remplaçant :

$$\frac{2}{v_0} = \frac{g}{v_{lim}^2} t_{1/2} + \frac{1}{v_0}$$

soit, après calcul :

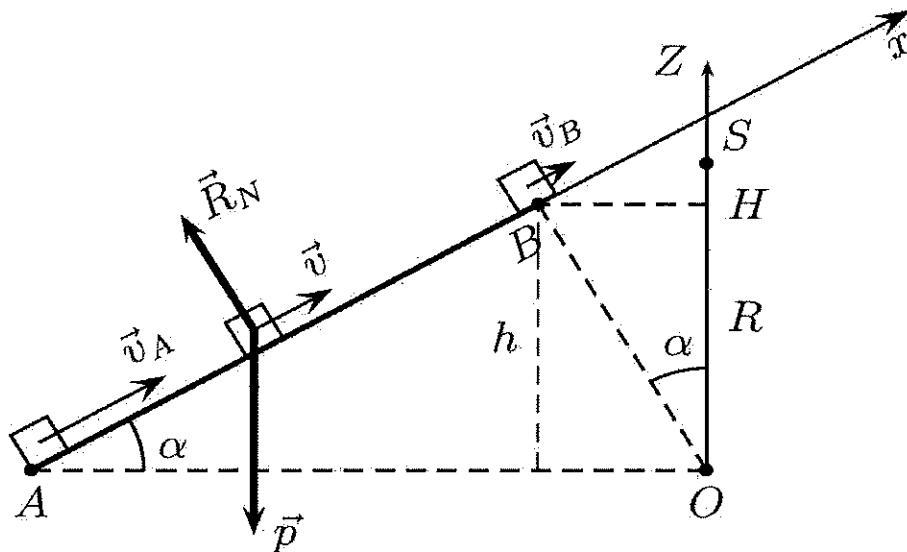
$$t_{1/2} = \frac{v_{lim}^2}{v_0 g}$$

Pour déterminer $t_{1/2}$ sur la chronophotographie, il faut regarder quand la distance entre deux positions successives est égale à la moitié de la distance initiale. On remarque que cela a lieu entre le point 2 et le point 3, ce qui signifierait que $t_{1/2}$ est compris entre 80 ms et 120 ms. Cette estimation est cohérente avec le calcul.

Exercice 3 : mécanique en base polaire

1. $Z_B = h = R \cos(\alpha)$; $Z_M = R \cos(\theta)$

Et $\vec{P} = -mg \cos(\theta) \vec{e}_r + mg \sin(\theta) \vec{e}_\theta$ (base polaire représentée sur le deuxième schéma).



2. Etudions le skieur sur la portion rectiligne.

Bilan des forces :

- poids $\vec{P} = m\vec{g}$: force conservative qui dérive de l'énergie potentielle $E_p = +mgZ$ car l'axe est orienté vers le haut.
- réaction du support $\vec{R} = \vec{R}_N$ car il n'y a pas de frottement. $\vec{R}_N$ est conservative et l'énergie potentielle associée est constante.

Les forces étant conservatives, l'énergie mécanique se conserve :

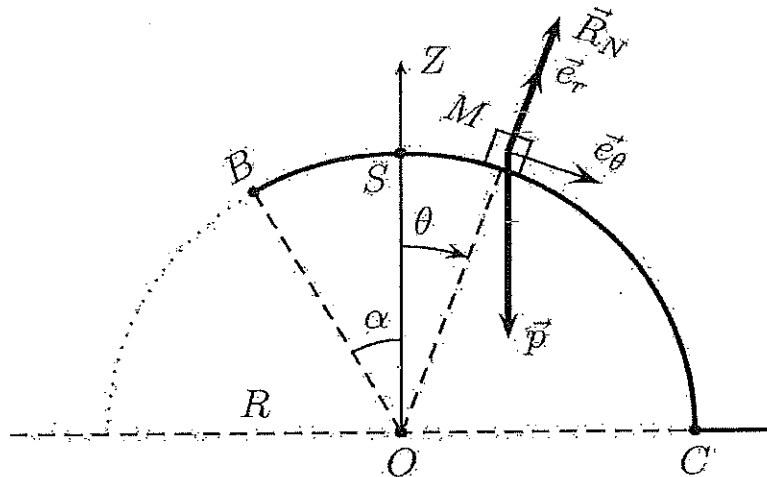
$$E_m(B) = E_m(A) \Rightarrow \frac{1}{2}mv_B^2 + mgZ_B = \frac{1}{2}mv_A^2 + mgZ_A$$

avec $Z_B = R \cos(\alpha)$ et $Z_A = 0 \Rightarrow v_B^2 = v_A^2 - 2gR \cos(\alpha)$ et $v_B = \sqrt{v_A^2 - 2gR \cos(\alpha)}$ si le terme sous la racine est positif.

Remarque : on obtient bien $v_B < v_A$ comme le suggère l'intuition.

3. Système : {skieur assimilé au point M }

Référentiel d'étude : le référentiel terrestre supposé galiléen



Le palet M est soumis à...

- son poids $\vec{P} = m\vec{g} = -mg \cos(\theta) \vec{e}_r + mg \sin(\theta) \vec{e}_\theta$
- la réaction du support $\vec{R} = R_N \vec{e}_r$

Par ailleurs, dans la base polaire $\vec{OM} = R \vec{e}_r \Rightarrow \vec{v} = R\dot{\theta} \vec{e}_\theta$ et $\vec{a} = R\ddot{\theta} \vec{e}_\theta - R\dot{\theta}^2 \vec{e}_r$.

Le principe fondamental s'écrit donc ici,

$$m\vec{a} = \vec{P} + \vec{R}_N \Rightarrow m(R\ddot{\theta} \vec{e}_\theta - R\dot{\theta}^2 \vec{e}_r) = -mg \cos(\theta) \vec{e}_r + mg \sin(\theta) \vec{e}_\theta + R_N \vec{e}_r$$

soit après projection selon $\vec{e}_r$: $R_N = mg \cos(\theta) - mR\dot{\theta}^2$

et selon $\vec{e}_\theta$: $mR\ddot{\theta} = mg \sin(\theta)$

4. Le système n'est soumis qu'à des forces conservatives donc l'énergie mécanique se conserve :

$$E_m(B) = E_m(A)$$

Le poids dérive de l'énergie potentielle $E_p = mgZ + Cte = mgR \cos(\theta) + Cte$ ici.

Remarque : on peut poser $Cte = 0$ si on veut prendre $E_p = 0$ pour $Z = 0$

Par application de la conservation de l'énergie mécanique entre B ($\theta = -\alpha$; $v = v_B$) et $M(\theta; v)$, on peut écrire :

$$E_m(B) = E_m(A) \Rightarrow \frac{1}{2}mv_B^2 + mgR \cos(-\alpha) = \frac{1}{2}mv^2 + mgR \cos(\theta)$$

$$\Rightarrow v^2 = v_B^2 + 2gR [\cos(\alpha) - \cos(\theta)] \Rightarrow v = \sqrt{v_B^2 + 2gR [\cos(\alpha) - \cos(\theta)]}$$

si le terme sous la racine est défini, c'est à dire si le palet peut atteindre la valeur de θ considérée.

5. En reportant la relation $v^2 = R^2 \dot{\theta}^2 \Rightarrow \dot{\theta}^2 = \frac{v^2}{R^2}$ dans l'expression de R_N de la question 2, on obtient :

$$\begin{aligned} R_N &= m \left[g \cos(\theta) - \frac{v^2}{R} \right] \\ &= m \left[g \cos(\theta) - \frac{v_B^2}{R} - 2g \cos(\alpha) + 2g \cos(\theta) \right] \quad \text{d'après la relation de la question 4} \\ &= m \left[3g \cos(\theta) - \frac{v_B^2}{R} - 2g \cos(\alpha) \right] \end{aligned}$$

et comme $v_B^2 = v_A^2 - 2gR \cos(\alpha)$ d'après la question 2, il vient :

$$R_N = m \left[3g \cos(\theta) - \frac{v_A^2}{R} \right]$$

6. Le palet quittera la piste en θ_d tel que $R_N = 0 \Rightarrow 3g \cos \theta_d - \frac{v_A^2}{R} = 0 \Rightarrow \theta_d = \arccos \left[\frac{v_A^2}{3gR} \right]$

Remarque : nous verrons à la question suivante que l'argument d'arc-cosinus est bien inférieur à 1 (sinon le skieur aurait déjà décollé en S).

7. Si le skieur décolle avant S, c'est forcément sur la portion BS et nous allons prouver que c'est forcément en B. En effet : $R_N = mg \cos(\theta) - mR\dot{\theta}^2$ d'après la question 2.

De plus $\cos(\theta)$ augmente entre B et S.

Il en est de même de $-\dot{\theta}^2$ car la vitesse angulaire diminue entre B et S (car l'énergie cinétique est convertie en énergie potentielle).

Donc $R_N = mg \cos(\theta) - mR\dot{\theta}^2$ augmente entre B et S

Si le skieur ne décolle pas avant S, c'est donc qu'il n'a pas décollé en B. Et la condition de non décollement en B s'écrit : $R_N(B) > 0$ avec $R_N(B) = m \left[3g \cos(-\alpha) - \frac{v_A^2}{R} \right]$

D'où la condition de non décollement avant S : $v_A < \sqrt{3Rg \cos(\alpha)}$

Exercice 1 : cinétique chimique

1. Soit n_0 la quantité de matière initiale de H_2O_2

La réaction libère au maximum $n(O_2) = x_{\max} = \frac{n_0}{2}$

Et $V_g = 10L$ correspond à $MO_2 \max = \frac{P V_g}{RT} = x_{\max} = \frac{n_0}{2}$ donc $n_0 = \frac{2 P V_g}{RT}$

$$\text{D'où } C_0 = \frac{n_0}{V_0} = \frac{2 P V_g}{RT V_0}$$

$$\text{Numériquement : } C_0 = \frac{2 \times (10^{13} \times 10^2) \times (10 \times 10^{-3})}{8131 \times 298 \times 1} \text{ en mol.L}^{-1}$$

2. A l'ordre 1 : $[H_2O_2]_{(t)} = C_0 e^{-kt}$

$$\text{donc } k = \frac{1}{2t} \ln \left(\frac{C_0}{[H_2O_2]_{(t)}} \right) = \frac{1}{2 \times 15} \times \ln \left(\frac{1}{0,79} \right) \text{ en min}^{-1}$$

3. A $T = 298K$: $k = k_0 e^{-\frac{E_a}{RT}}$

A $T' = 323K$: $k = k_0 e^{-\frac{E_a}{RT'}}$

$$\text{donc } \ln \left(\frac{k'}{k} \right) = \frac{E_a}{R} \left[-\frac{1}{T'} + \frac{1}{T} \right]$$

$$\text{Et } E_a = \frac{R}{\frac{1}{T} - \frac{1}{T'}} \times \ln \left(\frac{k'}{k} \right) = \frac{8,31}{\frac{1}{298} - \frac{1}{323}} \ln \left(\frac{0,13}{1,9 \times 10^{-3}} \right) \text{ en J.mol}^{-1}$$