DEVOIR SURVEILLE N°1

PHYSIQUE-CHIMIE

Terminale Générale Scientifique

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **1h30**

L'usage d'une calculatrice <u>EST</u> autorisé
Le sujet doit être rendu avec la copie

Bac Amérique du nord 2022 Jour 2 Spécialité physique-chimie

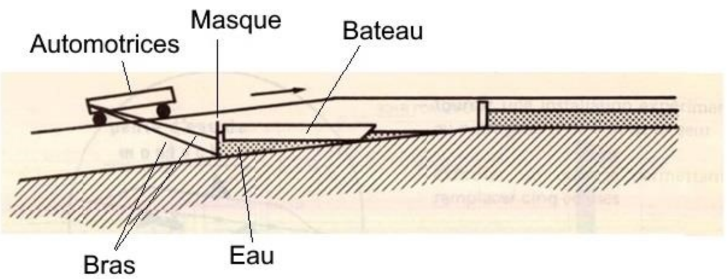
EXERCICE A LA PENTE D'EAU DE MONTECH (5 pts)

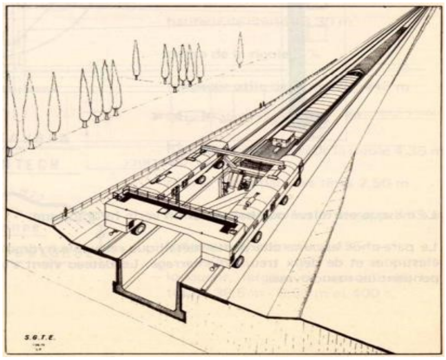
<u>*Mots-clés*</u> *: étude d'un mouvement, modèle optique d'une lunette astronomique*

La pente d'eau de Montech est un ascenseur à bateaux établi sur un canal latéral de la Garonne, de la commune de Montech dans le sud-ouest de la France. Hors service depuis 2009, la pente est devenue un site touristique en 2021. La pente permettait de monter ou descendre les bateaux en vingt minutes.

D'après *<u>https://www.pentedeaudemontech.fr/</u>*

<u>Principe de fonctionnement de la pente d'eau de Montech</u>



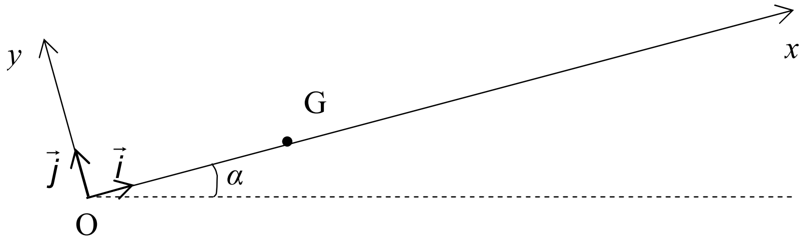


D'après Éditions de la navigation du Rhin

Un panneau vertical en acier appelé masque retient l'eau sur laquelle le bateau flotte. Deux automotrices, liées entre elles, poussent le système {bateau + eau + masque} par l'intermédiaire de deux bras.

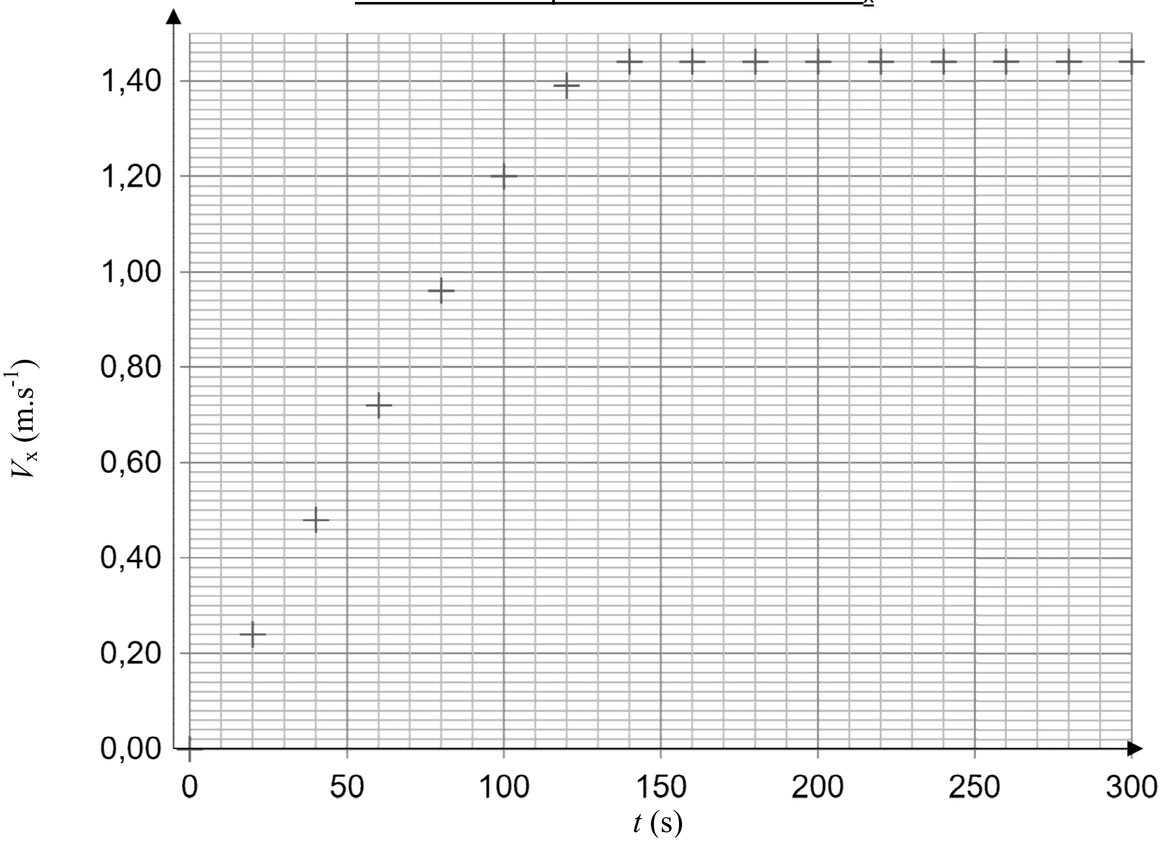
<u>A. Étude cinématique du mouvement du système {bateau + eau + masque}</u>

Le système {bateau + eau + masque} de centre de masse G se déplace le long de l'axe Ox incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale. À l'instant initial t = 0 s, le centre de masse G du système se trouve en O.



Après une accélération constante pendant 100 s, le système atteint une vitesse limite V_{140} à la date t_{140} = 140 s.

Évolution temporelle de la vitesse V_x

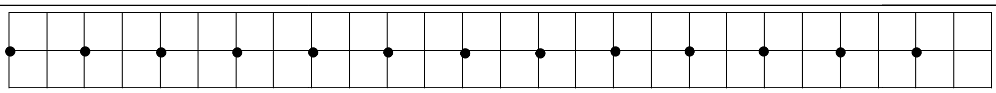
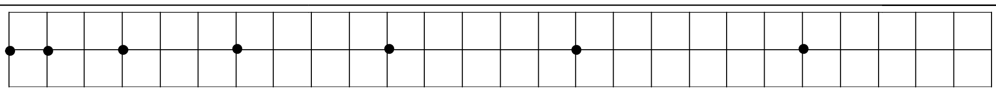
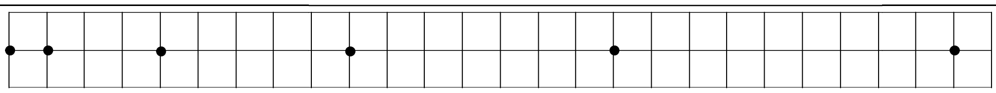


A.1. Donner la relation entre le vecteur accélération $\overrightarrow{a(t)}$ et le vecteur vitesse $\overrightarrow{v(t)}$ puis en déduire, en justifiant la réponse, celle entre les normes $a(t)$ et $v(t)$.

A.2. En analysant la courbe précédente, montrer que l'accélération du système est bien constante entre $t_0 = 0$ s et t_1 = 100 s et qu'elle vaut $a_0 = 1{,}20 \times 10^{-2}$ m·s^{-2}. En déduire l'équation horaire de la vitesse $v(t)$ du centre de masse G du système en fonction de a_0 et t pour cette partie du mouvement.

A.3. Montrer que l'équation horaire de la position $x(t)$ du centre d'inertie G s'écrit entre $t_0 = 0$ s et t_1 = 100 s : $x(t) = \frac{1}{2} \times a_0 \times t^2$.

A.4. Parmi les chronophotographies A, B et C suivantes, indiquer celle qui pourrait convenir pour le mouvement du système entre $t_0 = 0$ s et t_1 = 100 s. Justifier la réponse.

	Les points représentent les positions du centre de masse G du système à des intervalles de temps réguliers. *Sens du mouvement* →
A	
B	
C	

B. Étude dynamique du mouvement du système {bateau + eau + masque}

Le système {bateau + eau + masque}, de centre de masse G, en se déplaçant le long de la pente d'axe Ox est soumis à quatre actions modélisées par quatre forces : son poids, la réaction normale de la pente, la force des automotrices, et la force de frottement du masque et de l'eau le long de la pente.
Deux schémas représentés ci-dessous sont proposés pour modéliser la situation mécanique entre $t_0 = 0$ s et $t_1 = 100$ s :

Schéma 1

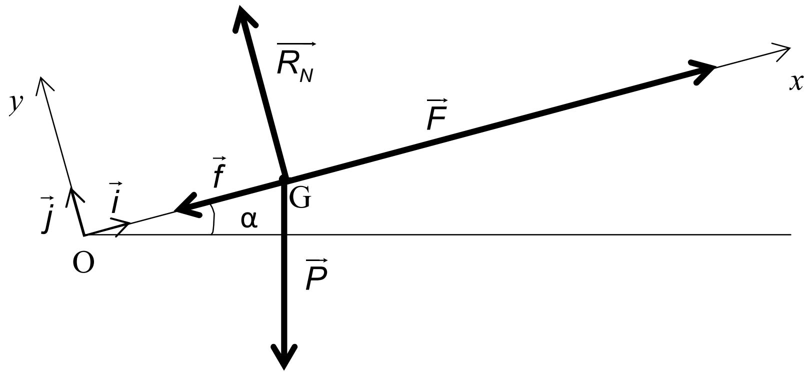
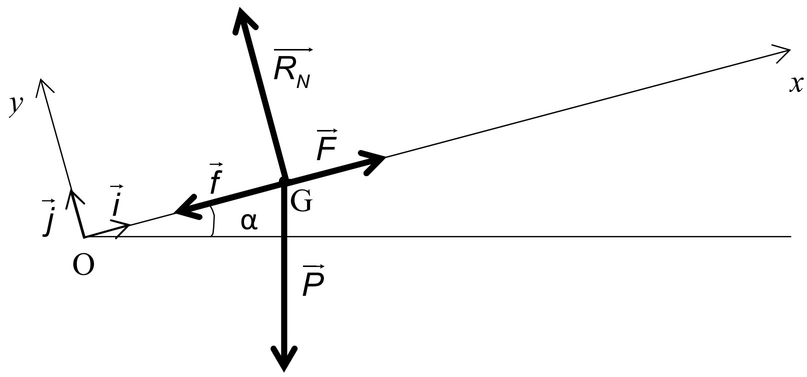


Schéma 2



B.1. Déterminer le schéma qui représente le mieux la situation. Justifier la réponse en associant chaque vecteur force aux quatre forces décrites précédemment et en représentant la construction vectorielle de la somme des forces sur l'**annexe à rendre avec la copie.**

On s'intéresse maintenant à la phase du mouvement comprise entre $t_2 = 140$ s et $t_3 = 300$ s.
B.2. Déterminer la nature du mouvement entre t_2 et t_3 et en déduire la valeur de la somme vectorielle des forces.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice A – Question B.1.

Schéma 1

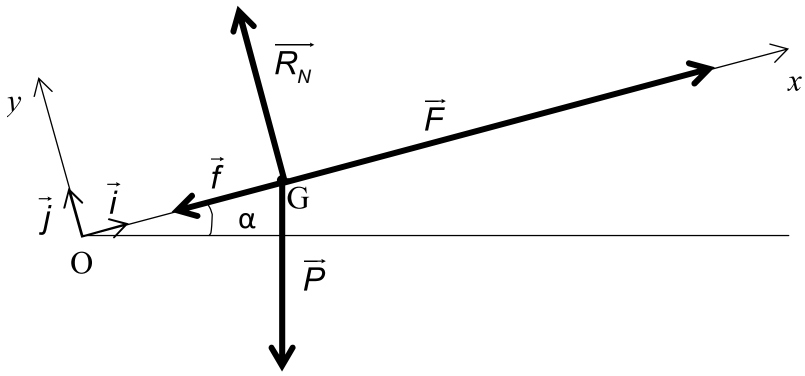
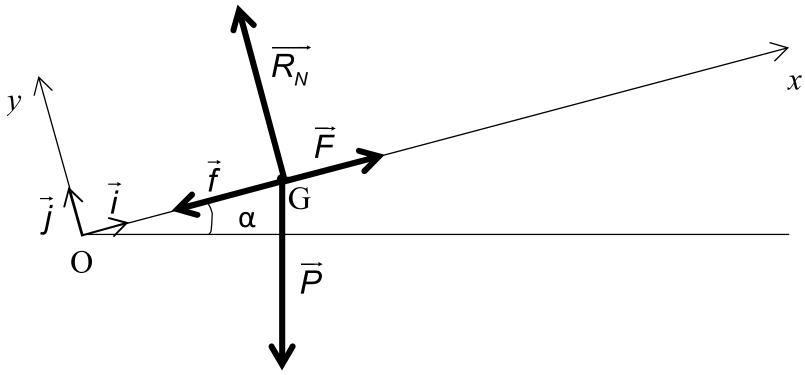


Schéma 2



Exercice B : « Water bottle flip » (5 points)

Mots-clés : mouvement dans un champ de pesanteur uniforme, lois de Newton, langage Python.

Le « water bottle flip » est un jeu d'adresse consistant à lancer une bouteille plastique partiellement remplie d'eau afin qu'elle se pose verticalement sur sa base sur une table placée à proximité. Il faut beaucoup s'entraîner pour réussir un « water bottle flip ». Initialement, la bouteille n'est tenue que par son col. Le mouvement ascendant du bras communique la vitesse juste suffisante à la bouteille. Tandis qu'elle monte puis redescend, celle-ci tourne sur elle-même.

Quelques photos successives tirées d'une vidéo montrant un lancer réussi.


(a)


(b)


(c)


(d)


(e)


(f)


(g)


(h)


(i)


(j)

Dans cet exercice, on se propose d'étudier le mouvement du centre de masse de la bouteille.

Le système considéré est l'ensemble {bouteille + eau} de masse m = 162 g dont on étudie le mouvement du centre de masse, noté G.

Le système évolue dans le champ de pesanteur terrestre $\vec{g}$ uniforme.

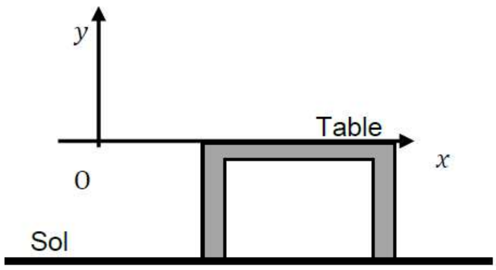


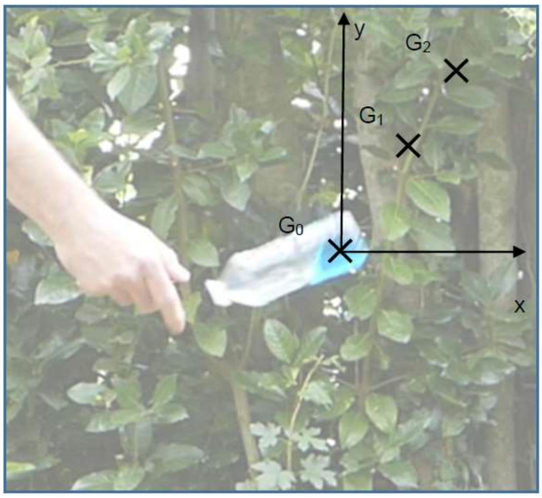
figure 1

On fait l'hypothèse que l'action de l'air est négligeable.

Le mouvement est étudié dans le système d'axes (Oxy) (Cf. **figure 1**).

À la date t = 0 s, le centre de masse G est placé à l'origine du repère O et sa vitesse initiale, notée $\vec{v_0}$ a une direction faisant un angle α avec l'axe horizontal (Ox).

Recherche des conditions initiales sur la vitesse



Grâce à la vidéo montrant un lancer réussi, on a pu pointer la position du centre de masse G à différents instants.

Sur la **figure 2**, la durée entre deux positions successives est $\tau = 40$ ms.

L'échelle est donnée par la bouteille dont la hauteur est 18,8 cm.

figure 2 : chronophotographie du mouvement du centre de masse G lors du « water bottle flip » réussi.

1. Représenter sur la copie, sans souci d'échelle, le système d'axes (Oxy), le vecteur $\vec{v_0}$, l'angle α ainsi que les coordonnées v_{0x} et v_{0y} et l'allure de la trajectoire du centre de masse de la bouteille.
2. À partir des données expérimentales fournies et de la **figure 2**, vérifier que la valeur expérimentale v_0 du vecteur initial $\vec{v_0}$ est proche de 3,6 m.s^{-1}
3. Proposer une méthode permettant de déterminer expérimentalement la valeur de l'angle α.

Modélisation du déplacement du centre de masse

4. En précisant la loi utilisée, donner les expressions des coordonnées du vecteur accélération $\vec{a}$ du centre de masse : $a(t)$ et $a_y(t)$.
5. En déduire les expressions des coordonnées $v(t)$ et $v_y(t)$ du vecteur vitesse du centre de masse et montrer que les équations horaires du mouvement sont :

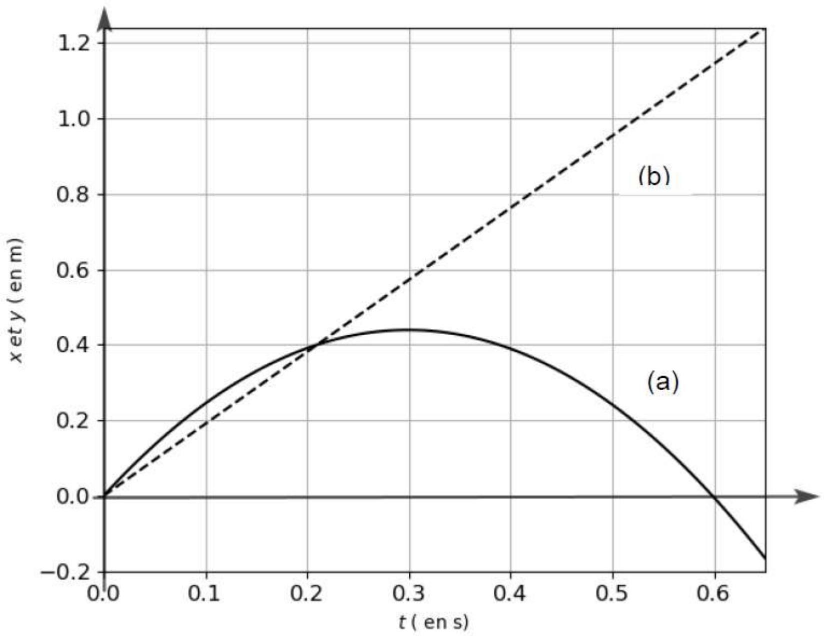
$$\begin{cases} x(t) = v_0.\cos(\alpha).t \\ y(t) = -\dfrac{1}{2}.g.t^2 + v_0.\sin(\alpha).t \end{cases}$$

Pour déterminer la distance à laquelle tombe la bouteille par rapport au point O, on crée un programme en langage python dont un extrait est présenté ci-dessous. Ce programme utilise les équations horaires modélisant le déplacement du centre de masse et les valeurs expérimentales :

v_0 = 3,6 m·s^{-1} α = 59 ° g = 9,81 m·s^{-2}

```
5.   g = 9.81   # Intensité du champ de pesanteur en m /s²
6.
7.   v0 = float(input('valeur de la vitesse initiale(en m/s) : v0 = '))
8.   alpha = float(input('valeur de l'angle de tir(en degré) : alpha = '))
9.
10.  # Tracé des courbes horaires
11.
12.  t=np.linspace(0,0.65,100)
13.  for i in t :
14.      x = v0*cos(alpha*pi/180)*t       #calcul de x à la date t
15.      y = -0.5*g*t**2+            *t    #calcul de y à la date t
16.
17.  plt.plot(t,x,'k--',label='x en fonction de t')
18.  plt.plot(t,y,'k',label='y en fonction de t')
19.
```

L'exécution de ce programme permet d'obtenir le graphique ci-dessous qui modélise l'évolution des coordonnées $(x,\, y)$, exprimées en mètre, du point G au cours du temps.



6. Associer chacun de ces tracés à (t) et $y(t)$.

7. Préciser ce qui est caché par le rectangle gris dans la ligne 15 du programme (expression ou valeur).

On estime que le centre de masse G se trouve à une hauteur voisine de 2 cm du fond de la bouteille lorsque celle-ci se pose sur la table.

8. Estimer la durée du mouvement de la bouteille obtenue par la modélisation.

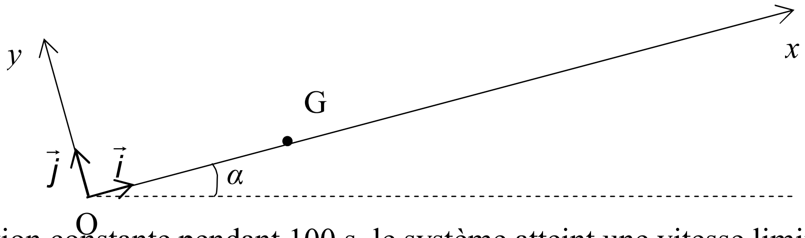
La durée du mouvement de la bouteille lors de la réalisation de ce « water bottle flip » a été mesurée. On a obtenu Δt = (0,50 ± 0,05) s.

9. Proposer au moins une explication permettant de rendre compte de l'écart entre cette durée réelle et la durée obtenue par la modélisation.

10. À l'aide du modèle, déterminer la distance à laquelle la bouteille tombe sur la table par rapport à l'origine du repère. Indiquer ce qu'il est possible de prévoir pour la distance réelle.

A. Étude cinématique du mouvement du système {bateau + eau + masque}

Le système {bateau + eau + masque} de centre de masse G se déplace le long de l'axe Ox incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale. À l'instant initial $t = 0$ s, le centre de masse G du système se trouve en O.



Après une accélération constante pendant 100 s, le système atteint une vitesse limite V_{140} à la date t_{140} = 140 s.

t (s)

A.1. Donner la relation entre le vecteur accélération $\overrightarrow{a(t)}$ et le vecteur vitesse $\overrightarrow{v(t)}$ puis en déduire, en justifiant la réponse, celle entre les normes *a*(*t*) et *v*(*t*).

$$\overrightarrow{a(t)} = \frac{\overrightarrow{dv(t)}}{dt}$$

$$\vec{a}\begin{cases} a_x = \dfrac{dv_x}{dt} = a > 0 \\ a_y = \dfrac{dv_y}{dt} = 0 \end{cases} \qquad \|\vec{a}\| = a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{a_x^2} = a_x$$

Comme a_x >0 et $a_y = 0$, alors on peut confondre coordonnée a_x et norme a.

$$\vec{v}\begin{cases} v_x = v > 0 \\ v_y = 0 \end{cases}$$

$$\|\vec{v}\| = v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_x^2} = v_x$$

Comme v_x >0 et $v_y = 0$, alors on peut confondre coordonnée v_x et norme v.

Ainsi $a(t) = \dfrac{dv(t)}{dt}$.

A.2. En analysant la courbe précédente, montrer que l'accélération du système est bien constante entre $t_0 = 0$ s et $t_1 = 100$ s et qu'elle vaut $a_0 = 1{,}20 \times 10^{-2}$ m·s^{-2}. En déduire l'équation horaire de la vitesse *v*(*t*) du centre de masse G du système en fonction de a_0 et *t* pour cette partie du mouvement.

$$a_0 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v(t=100) - v(t=0)}{\Delta t} \qquad a_0 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1{,}20 - 0}{100} = 1{,}20 \times 10^{-2} \text{ m.s}^{-2}$$

Comme $a_0 = \dfrac{dv}{dt}$ alors $v(t)$ est une primitive de a_0. $v(t) = a_0.t$ + Cte

À la date $t = 0$, on a $v(t = 0) = 0$ donc Cte = 0 , ainsi $v(t) = a_0.t$

A.3. Montrer que l'équation horaire de la position *x*(*t*) du centre d'inertie G s'écrit entre $t_0 = 0$ s et t_1 = 100 s : $x(t) = \dfrac{1}{2} \times a_0 \times t^2$.

Comme $v_x = \dfrac{dx}{dt}$ alors $x(t)$ est une primitive de v_x. $v_x(t) = a_0.t$ $\quad x(t) = \dfrac{1}{2}.a_0.t^2$ + Cte 2

À la date $t = 0$, on a $x(t = 0) = 0$ donc Cte2 = 0 , ainsi $x(t) = \dfrac{1}{2}.a_0.t^2$.

A.4. On élimine la chronophotographie A qui montre des positions séparées d'une même distance, ce qui caractérise une vitesse constante.
On relève les abscisses suivantes :
Chronophotographie B :

t (unité arbitraire)	0	1	2	3	4	5
x(m)	0	1	3	6	10	15

Chronophotographie C :

t (unité arbitraire)	0	1	2	3	4	5
x(m)	0	1	4	9	16	25

x doit évoluer comme le carré du temps, si le temps est multiplié par 2 alors *x* est multiplié par 4.
Seule la chronophotographie C correspond (exemple : entre $t = 1$ et $t = 2$, alors x passe de 1 à 4 ; ou encore entre $t = 2$ et $t = 4$, alors x passe de 4 à 16).

B. Étude dynamique du mouvement du système {bateau + eau + masque}
Le système {bateau + eau + masque}, de centre de masse G, en se déplaçant le long de la pente d'axe Ox est soumis à quatre actions modélisées par quatre forces : son poids, la réaction normale de la pente, la force des automotrices, et la force de frottement du masque et de l'eau le long de la pente.
Deux schémas représentés ci-dessous sont proposés pour modéliser la situation mécanique entre $t_0 = 0$ s et $t_1 = 100$ s :

Schéma 1

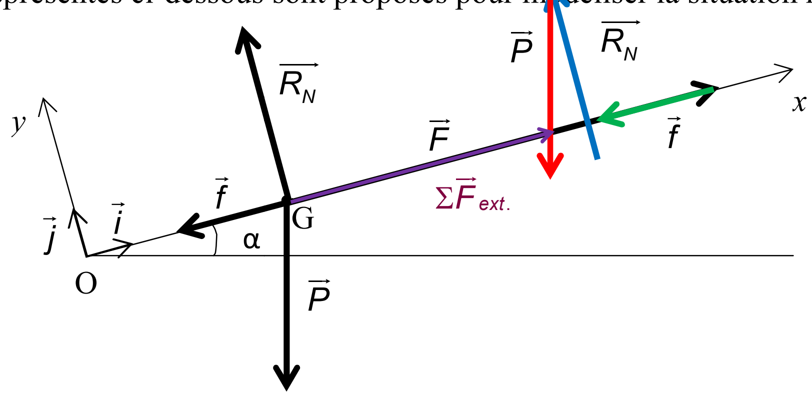
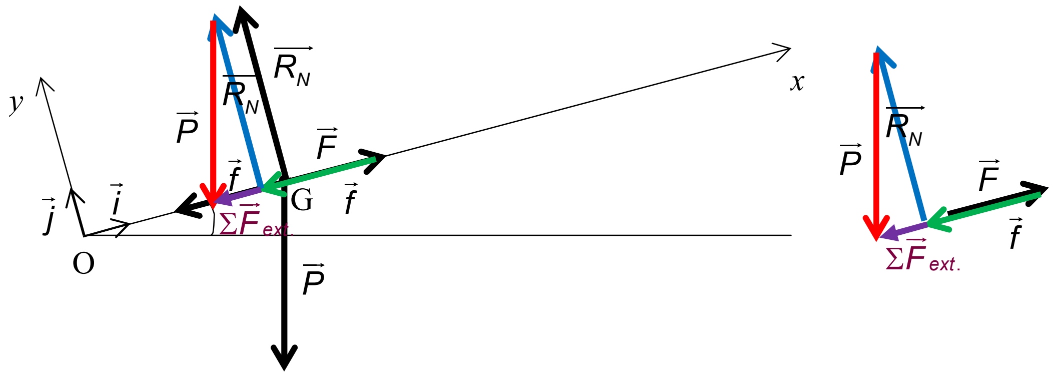


Schéma 2

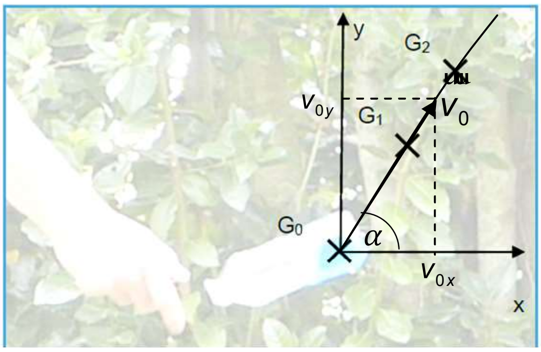


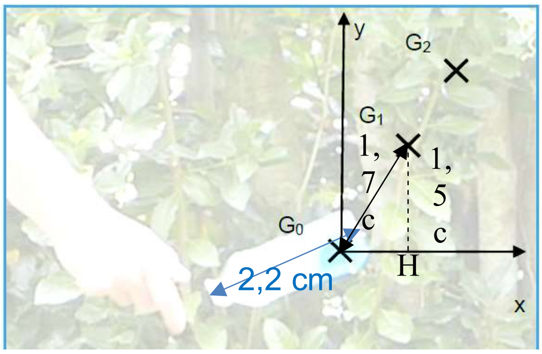
B.1.
$\vec{P}$ poids $\vec{F}$ force des automotrices $\vec{R_N}$ réaction normale de la pente
$\vec{f}$ force de frottement du masque et de l'eau Voir les constructions ci-dessus.
D'après la deuxième loi de Newton, $\Sigma\vec{F_{ext}} = m.\vec{a}$, donc $\Sigma\vec{F_{ext}}$ et $\vec{a}$ ont même direction et même sens.
Or $a_x > 0$ donc $\vec{a}$ est orienté vers la droite comme $\vec{i}$ alors $\Sigma\vec{F_{ext}}$ également.
Seule le schéma 1 convient.

B.2.
Le système a atteint sa vitesse limite, il suit donc un mouvement rectiligne et uniforme $\vec{v} = \vec{Cte}$.
D'après le principe d'inertie (1ère loi de Newton) si $\vec{v} = \vec{Cte}$ alors $\Sigma\vec{F_{ext}} = \vec{0}$.
Les forces se compensent.

Bac 2021 Asie Spécialité physique-chimie Correction ©https://labolycee.org
ExerciceB : « Water bottle flip » (5 points)

1. Représenter sur la copie, sans souci d'échelle, le système d'axes (Oxy), le vecteur $\vec{v_0}$, l'angle α ainsi que les coordonnées v_{0x} et v_{0y} et l'allure de la trajectoire du centre de masse de la bouteille.





2. À partir des données expérimentales fournies et de la **figure 2**, vérifier que la valeur expérimentale v_0 du vecteur initial $\vec{v_0}$ est proche de 3,6 m.s^{-1}.

Entre les points G_0 et G_1, la vitesse v_0 s'écrit : $v_0 = \dfrac{G_0G_1}{t_1 - t_0} = \dfrac{G_0G_1}{\tau}$ avec τ = 40 ms.

Bouteille : 18 cm en réalité et 2,2 cm sur la photo.

G_0G_1 : 1,7 cm sur la photo donc en réalité : $G_0G_1 = \dfrac{1,7 \times 18}{2,2}$ = 14 cm = 1,4×10^{-1} m.

$v_0 = \dfrac{1,4 \times 10^{-2}}{40 \times 10^{-3}}$ = 3,5m.s^{-1}. Valeur proche de la valeur 3,6 m.s^{-1}.

3. Proposer une méthode permettant de déterminer expérimentalement la valeur de l'angle α.

Le vecteur vitesse $\vec{v_0}$ a pour direction la droite (G_0G_1).
On appelle H le projeté du point G_1 sur l'axe Ox. Dans le triangle G_0G_1H rectangle en H, on a

$\sin\alpha = \dfrac{G_1H}{G_0G_1}$. On a mesuréG_0G_1 = 1,7 cmet on mesure G_1H = 1,5 cm donc :

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{G_1H}{G_0G_1}\right) \arcsin\left(\frac{1,5}{1,7}\right) = 62°$$

Modélisation du déplacement du centre de masse

4. En précisant la loi utilisée, donner les expressions des coordonnées du vecteur accélération $\vec{a}$ du centre de masse : $a(t)$ et $a_y(t)$.

Système {bouteille} de centre de masse G. **Référentiel terrestre supposé galiléen.**

Repère $(O;\vec{i},\vec{j})$ d'axes (Oxy).

Force : $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$ l'action de l'air est négligeable.

La deuxième loi de Newton impose : $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m \cdot \vec{a}$ soit : $\vec{P} = m \cdot \vec{a} \Leftrightarrow m \cdot \vec{g} = m \cdot \vec{a} \Leftrightarrow \boxed{\vec{a} = \vec{g}}$

En projection dans le repère $(O;\vec{i},\vec{j})$ et compte tenu du vecteur $\vec{g}$ vertical et orienté vers le bas, il vient : $\vec{a}\begin{cases} a_x = g_x = 0 \\ a_y = g_y = -g \end{cases}$

5. En déduire les expressions des coordonnées $v(t)$ et $v_y(t)$ du vecteur vitesse du centre de masse et montrer que les équations horaires du mouvement sont :

$$\begin{cases} x(t) = v_0.\cos(\alpha).t \\ y(t) = -\frac{1}{2}.g.t^2 + v_0.\sin(\alpha).t \end{cases}$$

$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ **donc** $a_x = \frac{dv_x}{dt}$ **et** $a_y = \frac{dv_y}{dt}$

Ainsi en primitivant, on obtient $\vec{v}\begin{cases} v_x(t) = Cte_1 \\ v_y(t) = -g.t + Cte_2 \end{cases}$

On détermine les constantes avec les conditions initiales.

Coordonnées du vecteur vitesse initiale: $\vec{v}_0\begin{cases} v_{0x} = v_0.\cos\alpha \\ v_{0y} = v_0.\sin\alpha \end{cases}$

Compte tenu du vecteur vitesse initiale $\vec{v}_0 = \vec{v}(t=0)$ on a : $\vec{v}(0)\begin{cases} v_0.\cos\alpha = Cte_1 \\ v_0.\sin\alpha = Cte_2 \end{cases}$

Finalement : $\vec{v}\begin{cases} v_x(t) = v_0.\cos\alpha \\ v_y(t) = -g.t + v_0.\sin\alpha \end{cases}$

À chaque instant $\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OG}}{dt}$ **donc** $v_x = \frac{dx}{dt}$ **et** $v_y = \frac{dy}{dt}$

En primitivant, on obtient : $\overrightarrow{OG}\begin{cases} x(t) = v_0.\cos\alpha.t + Cte_3 \\ y(t) = -\frac{1}{2}.g.t^2 + v_0.\sin\alpha.t + Cte_4 \end{cases}$

Conditions initiales, à t = 0 s, le projectile est au point de coordonnées ($x(0) = 0$; $y(0) = 0$) donc : $\overrightarrow{OG}(0)\begin{cases} 0 = Cte_3 \\ 0 = Cte_4 \end{cases}$

Finalement, on obtient les équations horaires $\overrightarrow{OG}\begin{cases} x(t) = v_0.\cos\alpha.t \\ y(t) = -\frac{1}{2}.g.t^2 + v_0.\sin\alpha.t \end{cases}$

6. Associer chacun de ces tracés à (t) et $y(t)$.

La droite en pointillés (b) passe par l'origine. Elle correspond à $x(t)$ car l'expression $x(t) = v_0.\cos\alpha.t$ montre que x est proportionnel au temps t.

La courbe (a) est une parabole de concavité tournée vers le bas. Elle correspond à $y(t)$ car

l'expression $y(t) = -\frac{1}{2}.g.t^2 + v_0.\sin\alpha.t$ montre que *y* est une fonction parabolique du temps *t* dont le terme devant t^2 est négatif.

7. Préciser ce qui est caché par le rectangle gris dans la ligne 15 du programme (expression ou valeur).

Le terme caché dans le rectangle gris est : $v_0 * \sin(\text{alpha} * \text{pi} / 180)$

On estime que le centre de masse G se trouve à une hauteur voisine de 2 cm du fond de la bouteille lorsque celle-ci se pose sur la table.

8. Estimer la durée du mouvement de la bouteille obtenue par la modélisation.

Lorsque la bouteille touche la table *y*(*t*) = 0.
Graphiquement, en écartant la solution *t* = 0 s, on lit : *t* = 0,60 s.

Remarque : $-\frac{1}{2}.g.t^2 + v_0.\sin\alpha.t = 0 \Leftrightarrow t.\left(-\frac{1}{2}.g.t + v_0.\sin\alpha\right) = 0$.

En écartant la solution *t* = 0 s,il vient : $-\frac{1}{2}.g.t + v_0.\sin\alpha = 0$

$$\Leftrightarrow t = \frac{2v_0.\sin\alpha}{g}$$

$$t = \frac{2 \times 3,6 \times \sin(59)}{9,81} = 0,63 \text{ s.}$$

La durée du mouvement de la bouteille lors de la réalisation de ce « water bottle flip » a été mesurée. On a obtenu Δt = (0,50 ± 0,05) s.

9. Proposer au moins une explication permettant de rendre compte de l'écart entre cette durée réelle et la durée obtenue par la modélisation.

La durée réelle du mouvement est comprise entre 0,45 s et 0,55 s.

La durée obtenue par la modélisation est 0,60 s. Elle n'appartient pas à l'intervalle de la durée réelle. Cet écart peut être expliqué par le fait que,dans la modélisation, on a négligé les actions de l'air sur la bouteille et le mouvement de l'eau dans la bouteille.

10. À l'aide du modèle, déterminer la distance à laquelle la bouteille tombe sur la table par rapport à l'origine du repère. Indiquer ce qu'il est possible de prévoir pour la distance réelle.

Pour *t* = 0,60 s on lit : *x* = 1,15 m.
La distance réelle sera certainement inférieure à 1,15 m à cause des frottements de l'air.