

TRAVAUX DIRIGES DE PHYSIQUE N°4
LES LOIS DE NEWTON (I)

Exercice 1

1. Énoncer le principe d'inertie (ou 1^{re} loi de Newton); définir ensuite un référentiel galiléen.
2. Un référentiel géocentrique est-il galiléen ?
3. Énoncer la 2^e loi de Newton, ou relation fondamentale de la dynamique, appliquée à un solide en mouvement.
4. Rappeler la 3^e loi de Newton ou loi des actions réciproques.
5. Qu'est-ce qu'un système pseudo-isolé ?

Exercice 2

La fusée américaine Saturne a une masse voisine de 3 000 tonnes et la force propulsive développée par ses moteurs au décollage est d'environ 36 MN (méganewtons).

Calculer son accélération au décollage ($g \approx 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$).

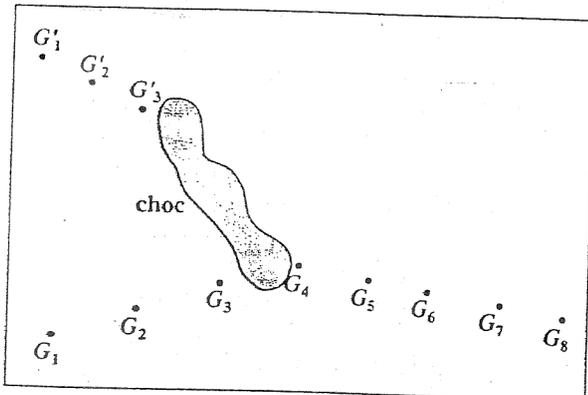
Un skieur, de masse $m = 80 \text{ kg}$ avec son équipement, descend une pente verglacée inclinée de l'angle $\alpha = 15^\circ$ sur l'horizontale.

Calculer son accélération ($g \approx 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$).

Exercice 3

On réalise, sur une table horizontale, le choc de deux mobiles autoporteurs de même masse.

La figure vous donne, à l'échelle 1/10, l'enregistrement du mouvement des deux mobiles; on observe les positions G_1, G_2, G_3 du premier et G'_1, G'_2, G'_3 du deuxième avant le choc. Mais, à cause du choc, le système de marquage de ce dernier cesse de fonctionner et on ne trouve plus que les positions G_4, G_5, \dots du premier mobile après le choc.



a) A1. Que peut-on dire du système mécanique constitué par les deux mobiles autoporteurs ?

Où se situe son centre d'inertie G ?

b) A2. Quel est le mouvement du point G ?

Utiliser une construction géométrique que l'on expliquera pour déterminer les positions G'_4, G'_5, \dots du centre d'inertie du deuxième mobile après le choc.

Exercice 4

Sur une route, horizontale et rectiligne, une voiture de masse $m = 1,0$ tonne freine pour s'arrêter à un panneau stop.

L'ensemble des forces de frottement exercées par la route est équivalent à une force constante, horizontale, opposée à la vitesse et de valeur :

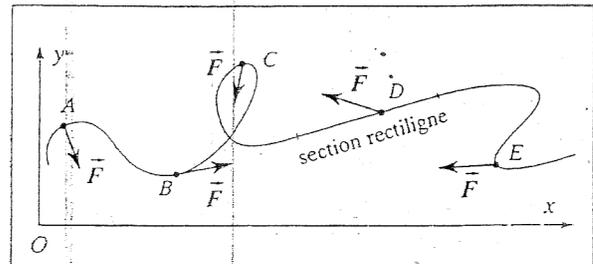
$$F = 2,0 \cdot 10^3 \text{ N.}$$

a. Faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur la voiture, puis appliquer le théorème du centre d'inertie dans un référentiel que l'on précisera.

b. Déterminer les caractéristiques du vecteur accélération \vec{a} du centre d'inertie de la voiture pendant la durée du freinage.

Exercice 5

Une particule se déplace à vitesse constante, dans un plan sous l'action d'une force unique \vec{F} qui varie. Sa trajectoire est donnée par la figure ci-dessous.



1. Quels sont les points pour lesquels la représentation de la force \vec{F} est manifestement fautive ?

2. Dans quelle partie de la trajectoire la force peut-elle être nulle ? Pourquoi ?

Exercice 6

Une bille d'acier de masse m est suspendue, en un point fixe, par un fil inextensible de longueur l . Le pendule ainsi constitué est écarté d'un angle θ_0 de sa position d'équilibre, puis abandonné sans vitesse initiale. Il effectue alors des oscillations de part et d'autre de sa position d'équilibre. On néglige les frottements et la masse du fil.



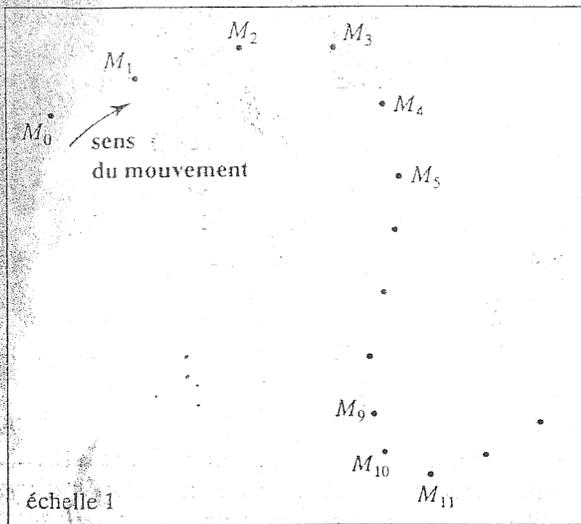
1) Au instant où la bille passe par sa position d'équilibre, déterminer l'expression littérale de la valeur de la vitesse en appliquant le théorème de l'énergie cinétique. En déduire la valeur de l'accélération normale de la bille.

2) En appliquant le théorème du centre d'inertie, montrer que l'accélération tangentielle est alors nulle.

3) Exprimer les valeurs de la vitesse de la bille et de la tension du fil lorsque celui-ci fait un angle θ quelconque par rapport à la verticale.

exercice 7

On déplace un mobile autoporteur sur une table horizontale. Les positions de son centre d'inertie sont repérées à intervalles de temps réguliers égaux $\tau = 60$ ms.

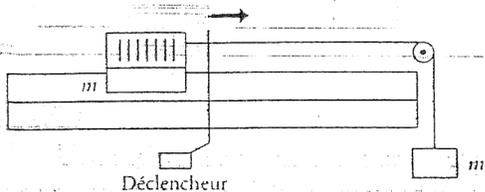


- Déterminer les caractéristiques des vecteurs vitesse aux points M_2 , M_4 , M_9 et M_{11} . Représenter ces vecteurs à l'échelle $1 \text{ cm} \cong 0,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
- Déterminer les caractéristiques des vecteurs accélération aux points M_3 et M_{10} . Représenter ces vecteurs avec une échelle à préciser.

Exercice 8

Un système (E) est constitué de deux solides S et S' de masses respectives m et m' , accrochés aux extrémités d'un fil inextensible qui s'enroule sur la gorge d'une poulie. Le solide S peut se déplacer sans frottement sur un banc à coussin d'air horizontal. Fil et poulie ont une masse qui sera négligée.

Données : $m = 58,3 \text{ g}$; $m' = 20 \text{ g}$.



Un déclencheur mécanique libère (E) à un instant t_1 qui sera pris comme origine des temps : le solide S est entraîné par la chute verticale du solide S' .

S' chute de $h = 90 \text{ cm}$ avant que S n'atteigne l'extrémité du banc, à un instant de date t_2 .

- [A] Quelles sont les forces qui agissent sur S lors du déplacement ? Donner les expressions littérales des travaux réalisés.
- [A] Même question pour le solide S' .
- [B] a. On considère maintenant le système formé par S , S' , le fil et la poulie. Quelles sont les forces qui ont travaillé durant le déplacement ?
b. Déterminer l'expression de la vitesse acquise à t_2 par le système en fonction de m , m' , g et h . Faire l'application numérique.
- Calculer l'accélération prise par (S) ainsi que la date t_2 de la fin du mouvement.

Un solide de masse $m = 0,05 \text{ kg}$ est lâché sans vitesse initiale de l'extrémité gauche (point O) d'abscisse $x = 0$ d'un banc à coussin d'air, incliné d'un angle $\alpha = 2^\circ$ par rapport à l'horizontale.

Un chronomètre électronique (précision : $\pm 0,002 \text{ s}$), en relation avec deux capteurs appropriés, permet la mesure du temps t_i nécessaire pour que le mobile franchisse une distance $x_i = OM_i$ (précision : $\pm 1 \text{ mm}$).

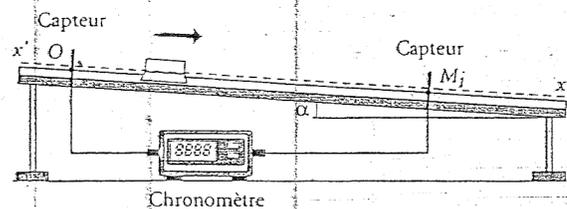
On renouvelle l'expérience pour différentes positions M_i et l'on obtient les résultats suivants :

Position M_i	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
x_i (cm)	20	25	30	35	40
t_i (s)	1,132	1,268	1,382	1,496	1,597

Position M_j	M_6	M_7	M_8	M_9	M_{10}	M_{11}
x_j (cm)	45	50	55	60	65	70
t_j (s)	1,698	1,790	1,872	1,961	2,036	2,117

On se propose d'analyser le mouvement de ce solide.

- [B] Par une méthode numérique ou graphique appropriée, déterminer la nature du mouvement étudié. On calculera toute grandeur nécessaire pour qualifier ce mouvement ; on discutera la validité des résultats numériques obtenus.
- Modélisation théorique
On admet que le mobile subit, tout au long de son mouvement, une force de frottement de faible intensité f supposée constante.
 - [B] Par application de la relation de la dynamique, déterminer les coordonnées du vecteur accélération a du mobile dans le repère (O, \vec{i}) considéré.
 - [A] Quel type de mouvement est prévu par ce modèle ? Est-ce en accord avec les observations expérimentales ?
 - [B] Évaluer l'intensité f des forces de frottement.



Exercice 9

Une petite bille assimilable à un objet ponctuel a une masse de 100 g . Elle est suspendue, par un fil inextensible et de masse négligeable, au plafond d'un ascenseur. La bille reste immobile par rapport à l'ascenseur même quand celui-ci est en mouvement.

On prendra : $g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

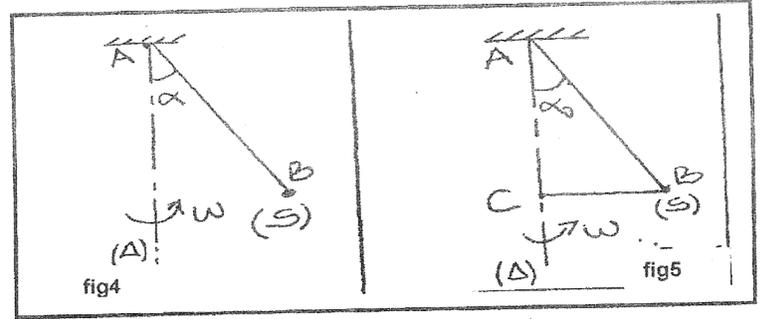
Les affirmations ci-dessous sont-elles vraies ou fausses ?

Justifier les réponses.

- Dans le référentiel terrestre, l'accélération de la bille est toujours nulle.
- Quand l'ascenseur ralentit en montée, la tension du fil est inférieure à $1,0 \text{ N}$.
- Quand l'ascenseur démarre en descente, la tension du fil est inférieure à $1,0 \text{ N}$.
- Quand la tension du fil vaut $1,0 \text{ N}$, l'ascenseur est soit en mouvement rectiligne uniforme, soit à l'arrêt.
- Quand l'ascenseur ralentit à la descente, l'accélération est orientée vers le bas.

B/ Pendule conique / 1,75 points

Un solide (S) de petite dimension, de masse m , est attaché à l'extrémité B d'un fil très fin, de masse négligeable, de longueur constante. L'autre extrémité du fil est fixée en A. (S) étant lancé de façon convenable, l'ensemble tourne autour d'un axe vertical (Δ) passant par A. avec une vitesse angulaire constante ω (fig4). On appelle α l'angle que fait AB avec (Δ) .



2- Déterminer les caractéristiques de l'accélération \vec{a} de (S). La valeur de l'accélération sera exprimée en fonction de ω , l , et α . 0,5pt

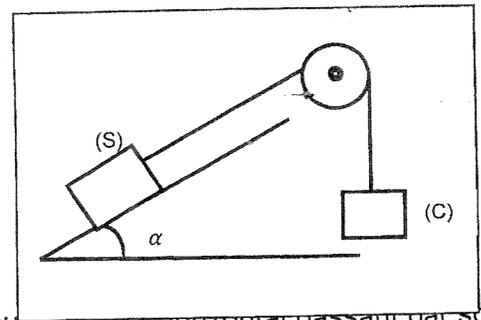
3- Toujours attaché au fil précédent, (S) est maintenant relié à un point fixe C de (Δ) par un fil très fin, de longueur constante, de masse négligeable : le fil BC est tendu et horizontal lorsque α prend la valeur α_0 . L'ensemble tournant toujours autour de (Δ) avec une vitesse angulaire constante ω (fig 5). Exprimer la tension du fil BC en fonction de m , g , l , ω et α_0 . 0,75pt

Exercice 4 : Mouvement dans le champ de pesanteur / 4 points

On prendra $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

Un solide (S) de masse $m = 50 \text{ g}$ gravit une cote de pente 30 % ($\sin\alpha = \frac{30}{100}$) qui est assimilée à un plan incliné d'un angle α par rapport au plan horizontal.

Un solide (S) est animé d'un mouvement de translation rectiligne tel que son centre d'inertie G décrit la ligne de plus grande pente du plan incliné représentée par l'axe $x'x$. Au cours de la montée de (S), les frottements équivalent à une force unique \vec{f} parallèle à $x'x$, opposée au déplacement et de valeur f constante. Le solide (S) est tiré vers le haut par un câble qui s'enroule sans possibilité de



ou d'un axe horizontal passant par son

centre. La poulie est assimilée à un disque creux homogène de masse $m' = 337,5 \text{ g}$ et de rayon r . L'autre extrémité du câble est entraîné par un corps (C) de masse $M = 60 \text{ g}$.

1- Etablir l'expression de l'accélération de (S), en fonction de m , M , m' , g , f et α . 0,5 pt

2- Calculer la valeur numérique de l'accélération du solide (S) dans le cas où les frottements sont négligés. 0,25 pt

3- La figure ci-dessous (Fig. E) présente l'enregistrement du mouvement du centre d'inertie G de (S). La durée séparant deux étincelles est $\tau = 0,1 \text{ s}$. On choisit le point A_1 comme origine des espaces et l'instant de passage de G en A_1 comme origine des dates.



Fig. E

3.1- Déterminer la valeur de la vitesse de G aux points A_i pour $1 < i < 8$. On représentera les résultats sous forme de tableau. 0,5 pt

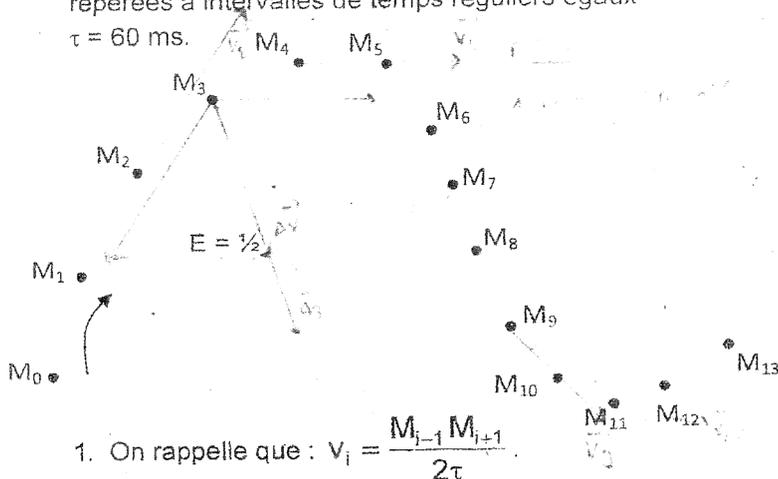
3.2- Représenter graphiquement la vitesse en fonction du temps. 0,75 pt

Echelles : 1 cm pour 0,1 s ; 1 cm pour 0,05 m.s^{-1} .

TRAVAUX PRATIQUES : VERIFICATION DE LA DEUXIEME LOI DE NEWTON.

EXERCICE 1 : REPRESENTATION DES VECTEURS VITESSES ET ACCELERATION.

On déplace un mobile autoporteur sur une table horizontale. Les positions de son centre d'inertie sont repérées à intervalles de temps réguliers égaux $\tau = 60$ ms.



1. On rappelle que : $v_i = \frac{M_{i-1}M_{i+1}}{2\tau}$

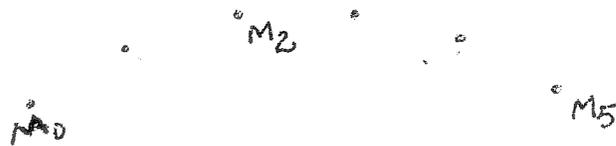
Déterminer les caractéristiques des vecteurs vitesses aux points M_2 , M_4 , M_9 et M_{11} . Représenter ces vecteurs à l'échelle 1 cm pour $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

2. On rappelle que $\vec{a}_i = \frac{\vec{v}_{i+1} - \vec{v}_{i-1}}{2\tau}$

Déterminer les caractéristiques des vecteurs accélérations aux points M_3 et M_{10} . Représenter ces vecteurs avec une échelle à préciser.

EXERCICE 2 : ETUDE D'UN MOUVEMENT CIRCULAIRE.

Un mobile autoporteur de masse 350 g se déplace sur une table à coussin d'air horizontale suivant un mouvement circulaire uniforme. Il est relié par un fil inextensible par un fil à un point fixe O. La durée séparant deux étincelles étant $\tau = 40$ ms, on a obtenu l'enregistrement ci-dessous à l'échelle $\frac{1}{4}$.



1. Reproduire l'enregistrement et vérifier que le mouvement est bien circulaire. Déterminer le rayon du cercle décrit.
2. Calculer les valeurs v_2 et v_4 des vitesses aux points M_2 et M_4 . Construire les vecteurs vitesse \vec{v}_2 et \vec{v}_4 du mobile aux points M_2 et M_4 respectivement.
3. Déterminer les caractéristiques du vecteur accélération \vec{a}_3 au point M_3 . Représenter \vec{a}_3 .
4. Faire le bilan des forces appliquées au mobile, au point M_3 . Comparer $\sum \vec{F}_{ext}$ à la tension du fil à cette date. Déterminer alors les caractéristiques de la tension du fil.

EXERCICE 3 : VERIFICATION DU TCI

Un mobile autoporteur attaché au ressort dont une extrémité O est fixe, est lancé sur une table horizontale. Soit m la masse de ce solide. On obtient à l'échelle $\frac{1}{2}$ l'enregistrement de la page suivante, représentant le mouvement du centre d'inertie G du solide dans le référentiel terrestre. Lorsque le ressort n'est pas tendu, le centre d'inertie du solide occupe la position M_0 .

On donne :

- $m = 630 \text{ g}$;
- durée entre deux inscriptions consécutives : $\tau = 60 \text{ ms}$.
- Constante de raideur du ressort : $k = 15 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$

1. Déterminer les caractéristiques (direction, sens et valeur) de la somme vectorielle des forces appliquées ($\sum \vec{F}_{ext}$) au solide au point M_4 .
 2. Calculer, en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, les valeurs, puis représenter les vitesses \vec{v}_3 et \vec{v}_5 de G, à l'échelle 1 cm pour $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
 3. Déterminer la valeur de l'accélération \vec{a}_4 du mobile au passage par la position M_4 . Construire \vec{a}_4 , en précisant l'échelle. En déduire la direction, le sens et la valeur du vecteur $m\vec{a}_G$ au point M_4 .
- 3.1. Comparer les résultats obtenus pour $\sum \vec{F}_{ext}$ et $m\vec{a}_G$ au point M_4 .
- 3.2. Enoncer le théorème du centre d'inertie.