EXERCICES CHAP 4 : LES LOIS DE NEWTONS.

Exercice 1. <u>Femme sur un traîneau</u>

Une femme en traîneau est tractée par des chiens exerçant, en phase d'accélération, une force $F = 1,2\times10^2$ N parallèlement au sol.
On négligera tout frottement avec le sol enneigé ou avec l'air. On étudiera le système {traîneau + femme}, de masse totale $m = 2,0\times10^2$ kg, dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

1. Faire un bilan des forces qui s'exercent sur le système {traîneau + femme}.
2. À l'aide de la deuxième loi de Newton, déterminer la valeur de l'accélération.
3. Quelle est la nature du mouvement ? Justifier.

Exercice 2. <u>Fusée Ariane V</u>

La propulsion d'Ariane V est assurée par :
- un étage principal cryotechnique (EPC) constitué notamment d'un moteur Vulcain ;
- deux boosters (étages d'accélération à poudre EAP) qui contribuent à environ 90 % de la puissance totale transmise à la fusée au début du décollage.

La masse totale de la fusée est supposée constante pendant la durée de l'étude.

Données : Intensité de la pesanteur : $g = 9,8$ m.s^{-2}
Masse d'Ariane V au décollage : M = 750 à 780 t.
Norme (ou valeur) de la force de poussée au décollage : 12000 à 13000 kN.

Doc.1 : Début du décollage d'Ariane V.
L'axe vertical a pour origine la base de la fusée au moment du décollage.
L'image 1 précise l'endroit de la fusée qui sert à repérer son mouvement vertical. Son ordonnée sur l'axe (Oy) est notée y_1.

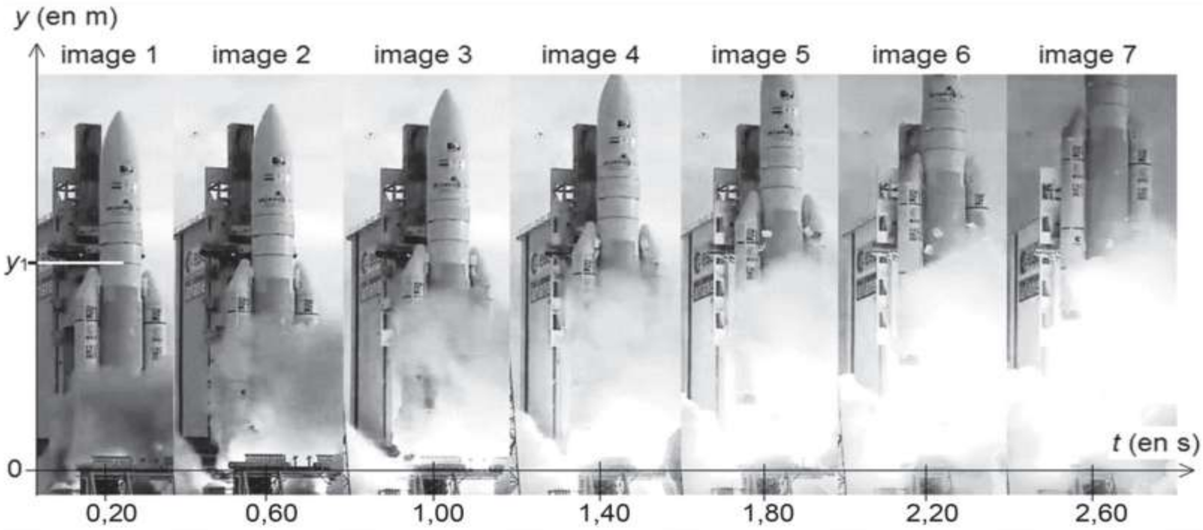
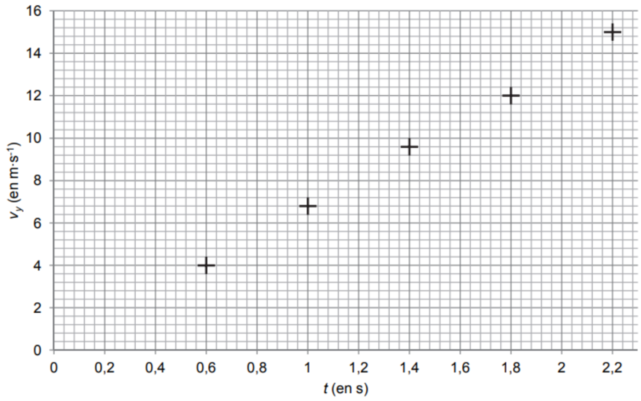


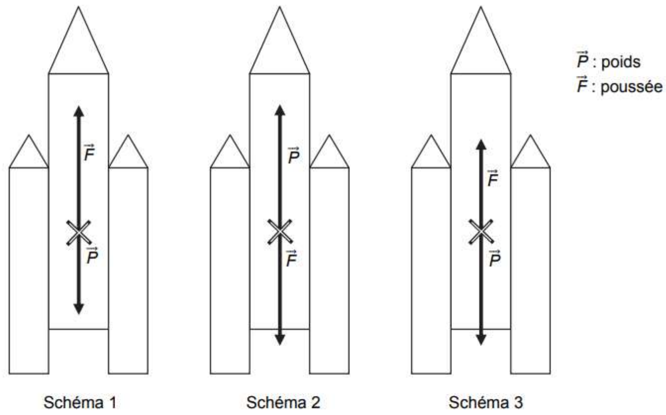
Image	t (s)	y (m)	v_y (m·s^{-1})
1	0,20	y_1 = 30,1	
2	0,60	31,5	v_2
3	1,00	33,3	6,8
4	1,40	36,9	9,6
5	1,80	y_5	12
6	2,20	46,5	15
7	2,60	52,9	

Doc. 2 : Détermination expérimentale de la position et de la valeur de la vitesse de la fusée.



Doc.3 : Evolution de la valeur de la vitesse verticale de la fusée en fonction du temps.

1. Estimer, à l'aide du doc.1, la valeur de y_5.
2. Estimer, à l'aide du doc.2, la valeur de v_2.
3. Montrer que l'accélération de la fusée pendant la durée de l'étude est proche de 7 m.s^{-2}.
4. Préciser, en justifiant, la direction et le sens du vecteur accélération de la fusée.
5. Choisir, parmi les propositions du doc.4, le schéma compatible avec le décollage de la fusée. Justifier.
6. A partir des documents, des résultats précédents et de vos connaissances, estimer la valeur (norme) de la force de poussée au décollage, et vérifier la cohérence de ce résultat avec les données.



Doc.4 : Proposition de représentation des forces s'appliquant sur la fusée qui vient de quitter le sol.

Exercice 3. <u>Parachute de secours.</u>

Données :
Masse du système {parachutiste + équipement} : m = 75,0 kg
- Intensité du champ de pesanteur : g = 9,81 m.s^{-2}

Si le parachute ne s'ouvre pas, la vitesse de chute peut atteindre 200 km · h^{-1}. Un déclencheur de sécurité doit alors libérer le parachute de secours. Pour être pleinement fonctionnel, il doit respecter les deux conditions suivantes :
- Il doit entrer en action avant que l'altitude ne devienne inférieure à 320 m (condition sur l'altitude).
- Il doit permettre de passer de 200 km·h^{-1} à moins de 20 km·h^{-1} en 10 s (condition sur la vitesse).

Une fois le parachute de secours ouvert, les frottements dans l'air ne sont plus négligeables. Ils sont modélisés par une force, notée $\vec{f}$, de sens opposé au vecteur vitesse et de valeur proportionnelle au carré de la vitesse : $f = k.v^2$, k est appelé coefficient de frottement.
Cette modélisation des frottements a permis de tracer le graphique représentant l'évolution de la vitesse du centre de masse du système {parachutiste + équipement}(**figure 2**). Sur ce graphique, l'origine des dates correspond à l'ouverture du parachute de secours.
Dans la suite, le mouvement est considéré vertical depuis la date d'ouverture du parachute de secours jusqu'à la date d'arrivée sur le sol.

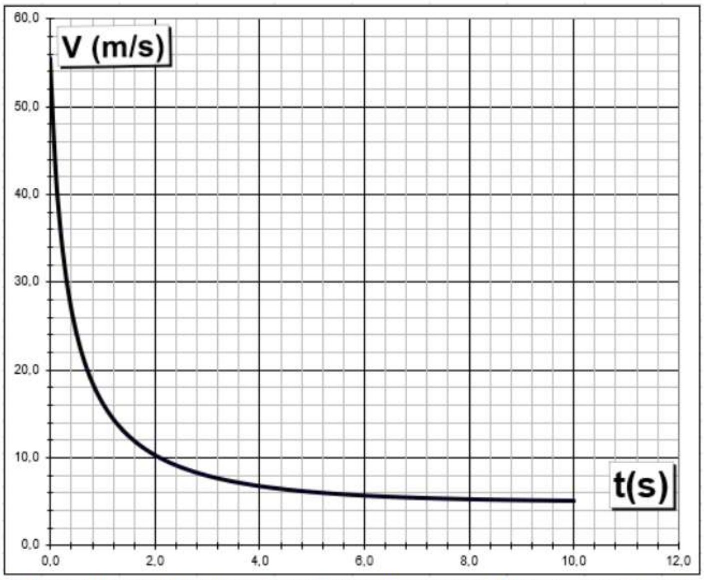


figure 2 : évolution de la valeur de la vitesse du système, dans le référentiel terrestre, après l'ouverture du parachute de secours

1. Montrer que la modélisation rend bien compte de la condition de fonctionnement du parachute de secours portant sur la vitesse.
On cherche à déterminer les caractéristiques du vecteur accélération 2 s après le déclenchement du parachute de secours. Pour cela, on doit d'abord retrouver la valeur du coefficient de frottement k utilisée dans cette modélisation.
2. Écrire la relation entre le vecteur accélération $\vec{a}$ du système, et les forces modélisant les actions s'exerçant sur le système.
Après la date t = 9 s, on peut considérer que la vitesse prend une valeur constante v_f.
3. Écrire, à partir de cette date, la relation entre les valeurs des forces et en déduire l'expression du coefficient de frottement k en fonction de m, g et v_f .
4. En déduire la valeur du coefficient de frottement k choisi pour la modélisation. Préciser l'unité de k.
5. Donner les caractéristiques (sens, direction et valeur) du vecteur accélération du système à la date t = 2 s. Commenter.

Exercice 4. **L'expérience de Millikan**

L'objectif de Millikan est de montrer qu'un corps chargé ne peut porter qu'une charge électrique multiple d'une « charge élémentaire ».

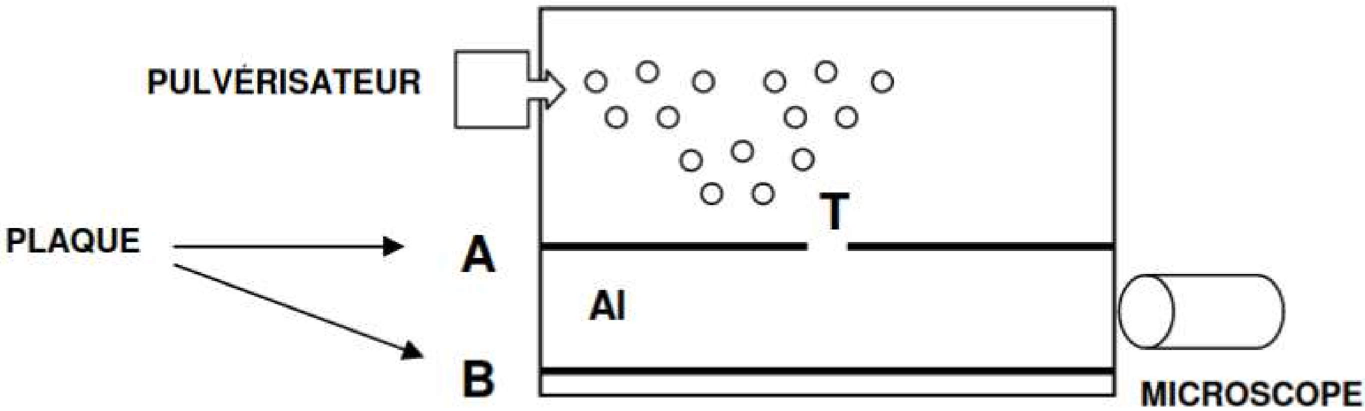
Doc 1. **Principe de l'expérience menée en 1910 par Millikan**

Millikan pulvérise des gouttelettes d'huile chargées par irradiation entre deux plaques planes où règne un champ électrique et les observe à l'aide d'un microscope.

Sa méthode consiste à immobiliser les gouttelettes en augmentant le champ électrique jusqu'à ce que le poids de la gouttelette soit compensé par la force électrostatique.

Millikan parvint ainsi à obtenir une valeur approchée de la charge élémentaire $e=1{,}591\times10^{-19}C$, très proche de la valeur admise aujourd'hui.

Doc 2. **Description d'une expérience menée de nos jours en laboratoire**



Un pulvérisateur produit un nuage de gouttelettes d'huile chargées négativement qui tombent dans la chambre supérieure du dispositif. Lorsque l'une d'elles passe à travers le trou T, elle tombe verticalement à une vitesse constante v_1, son poids étant très vite compensé par la force de frottement exercée par l'air. Lors de cette première étape, la chute verticale de la gouttelette dans l'air en l'absence de champ électrique est observée à l'aide d'un microscope et permet de déterminer le rayon r de la gouttelette qui n'est pas mesurable directement.

Lors d'une deuxième étape, lorsque la gouttelette parvient en bas du dispositif, un champ électrique uniforme est créé entre les plaques A et B. La gouttelette remonte alors verticalement à une vitesse constante v_2.

La charge électrique portée par la gouttelette est ensuite déduite des mesures des vitesses v_1 et v_2.

Lors de l'expérience menée au laboratoire, une gouttelette de masse m et de charge q négative arrive entre les plaques A et B.

La poussée d'Archimède est négligée. La gouttelette étudiée est soumise à son poids $\vec{P}$ et à la force de frottement $\vec{f}$ exercée par l'air s'exprimant par la relation $\vec{f}=-6\,\eta.\pi.r.\vec{v}$ dans laquelle η est la viscosité de l'air, r le rayon de la gouttelette et $\vec{v}$ sa vitesse.

Données :

- Masse volumique de l'huile : $\rho= 890\ kg.m^{-3}$
- Valeur du champ de pesanteur : $g=9{,}8\,N.kg^{-1}$
- Viscosité de l'air : $\eta=1{,}8\times10^{-5}kg.m^{-1}.s^{-1}$

Partie 1 . Chute verticale de la gouttelette

1.1 . Lors de la chute de la gouttelette en l'absence de champ électrique, écrire, en justifiant, la relation vectorielle entre la force de frottement et le poids lorsque la vitesse constante v_1 est atteinte.

1.2 . En déduire l'expression de v_1 en fonction de η , r, m et g.

1.3 . La relation précédente peut également s'écrire $v_1=\frac{2}{9}\frac{\rho.g.r^2}{\eta}$ où ρ est la masse volumique de l'huile.

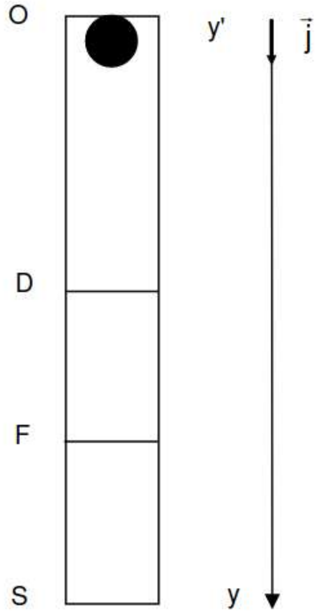
Déterminer le rayon r de la gouttelette sachant qu'elle parcourt, lors de sa chute, une distance de 2,11 mm pendant une durée $\Delta t = 10{,}0$ s.

1.4 . Afin de faciliter la mesure au microscope, la gouttelette ne doit pas être trop rapide. En déduire s'il est préférable de sélectionner une grosse gouttelette ou au contraire une petite gouttelette.

Exercice 5. **DÉTERMINATION DE LA VISCOSITÉ DU GLYCÉROL**

On réalise l'expérience suivante : Un long tube OS, fermé aux deux extrémités, contient du glycérol de viscosité et une bille en acier.

Le tube est retourné à l'instant t = 0, la bille se trouve alors en haut du tube sans vitesse initiale puis elle tombe verticalement dans le glycérol. Durant sa chute la bille accélère jusqu'à pour ensuite. Puis, la bille atteint très rapidement sa vitesse limite, notée v_{lim}. Lorsque la bille passe devant le trait D et au-delà, sa vitesse est constante.



Données
accélération de la pesanteur g = 9,81 m. s^{-2}
Tube :
hauteur : d =OS = 40 cm
deux traits horizontaux, utiles dans la partie 2, ont été tracés en D et F.
Bille :
masse volumique de l'acier : s = 7 850 kg.m^{-3}
rayon de la bille : R = 6,0. 10^{-3} m
volume de la bille V
Glycérol :
masse volumique : ρ_{gly} = 1 260 kg.m^{-3}
la viscosité η s'exprime en Pa·s (pascal, seconde).
L'étude est effectuée dans le référentiel de laboratoire supposé galiléen.

Partie 1 . <u>Les forces</u>

1.1 Tracer la courbe représentant l'évolution de la vitesse au cours du temps.

1.2 L'expression vectorielle du poids de la bille peut se déterminer par $\vec{P}=\rho\times V\times\vec{g}$. En partant de l'expression habituelle retrouver cette relation.

1.3 Donner l'expression vectorielle de la poussée d'Archimède $\vec{P_A}$ s'exerçant sur la bille en fonction de ρ_{gly}, la masse volumique du glycérol, V le volume de la bille et $\vec{g}$ l'intensité de pesanteur.

1.4 L'intensité de la force de frottement, donnée par la loi de Stokes, a pour expression $f=k\,\eta R v$; v est la valeur de la vitesse de chute de la bille, et k une constante sans dimension.
Donner l'expression vectorielle de la force de frottement $\vec{f}$.

1.5 Représenter ces forces sur un schéma sans souci d'échelle lorsque la bille à dépasser la position D.

Partie 2 . <u>Détermination de la viscosité du glycérol, principe du viscosimètre</u>

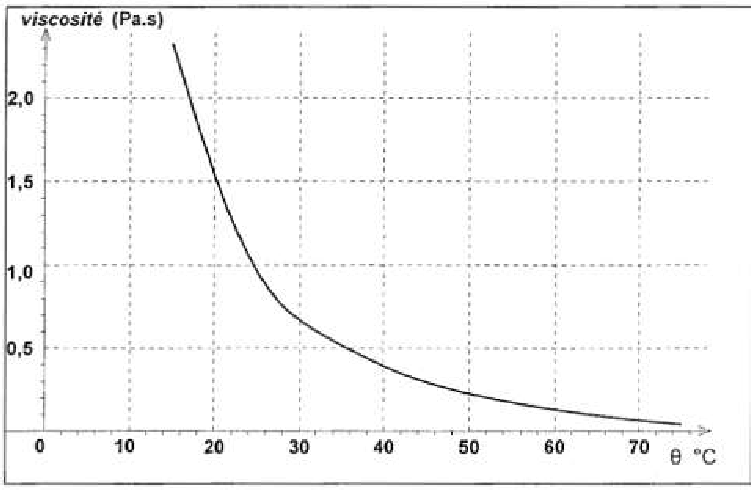
La durée de chute Δt_{ch} de la bille, entre les deux traits D et F qui sont distants d'une hauteur L, est mesurée.

2.1 Exprimer la vitesse de chute limite v_{lim} en fonction de Δt_{ch}, et L.

2.2 Écrire la relation vectorielle entre les forces s'exerçant sur la bille lorsqu'elle se trouve entre les deux traits D et F. Justifier la réponse.

2.3 En déduire l'expression de la viscosité du glycérol $\eta=C(\rho_s-\rho_{gly}).(\Delta t_{ch})$ avec : $C=\frac{gV}{kRL}$

2.4 Calculer la valeur de η, sachant que C=7,84.10^{-4} m²·s^{-2} et Δt_{ch} = 0,29 s.



courbe représentant la viscosité du glycérol en fonction de la température

2.5 La courbe représentant la viscosité du glycérol en fonction de la température est donnée en annexe à rendre avec la copie.
Déterminer graphiquement la température à laquelle l'expérience a été réalisée.