Devoir surveillé n°4 – Décembre 2015 / 40 pts

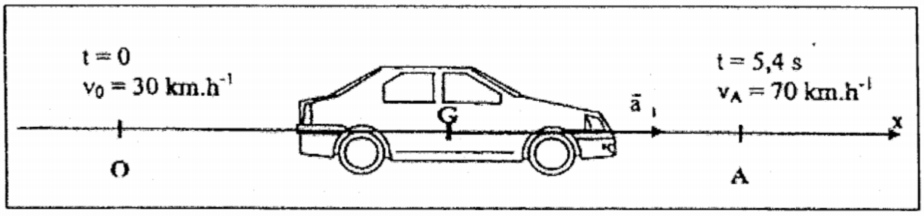
Exercice 1 : la Dacia Logan. / 14 pts

Alors que Peugeot en partenariat avec Toyota prévoit de commercialiser un modèle à 8000 €, Renault vient de devancer son concurrent en lançant par l'intermédiaire de sa filière Dacia, la Logan. Destinée aux pays émergeants, la Logan est une berline tricorps 5 places motorisées par deux blocs essence, un 1.4 et 1.6. Conçue sur la base d'une Clio rallongée, la Logan est de la taille d'une Mégane. La berline a une masse de 1 115 kg. Si extérieurement la Logan offre une allure relativement banale et un habitacle sommaire avec des plastiques durs et une instrumentation simplifiée, elle privilégie les aspects pratiques et économiques.

1. Mesures de reprises.

Le test consiste à faire passer la voiture en pleine accélération sur le deuxième rapport de la boite de vitesse de Vo = 30 km/h à V_A = 70 km/h sur une portion rectiligne et horizontale. On mesure alors le temps nécessaire à cette accélération. Le résultat du test donne pour la Logan : « passage de 30 à 70 km/h en 5,4 s ».

Le vecteur accélération est supposé constant pendant tout le mouvement, sa norme est notée a_1. Le schéma ci-dessous donne les conventions.



1.1. En utilisant le résultat du test d'accélération, montrer que la valeur de l'accélération a_1 du véhicule est de 2,1 m/s².

1.2. Donner la relation liant le vecteur accélération $\overrightarrow{a1}$ et le vecteur vitesse $\vec{V}$ du centre d'inertie G du véhicule.

1.3. En déduire l'équation horaire de la vitesse Vx(t) en fonction de a_1, Vo et t.

1.4. Etablir l'équation horaire de la position x(t) du centre d'inertie G en fonction des grandeurs de l'énoncé.

1.5. En déduire la distance D parcourue par la Logan quand elle passe de 30 km/h à 70 km/h en 5,4s.

2. Virage sur une trajectoire circulaire.

Un seconde test consiste à faire décrire à la voiture une trajectoire circulaire de rayon R = 50 m.

Une chronophotographie (vue de dessus) représentant les positions du centre d'inertie G de la Logan pendant ce test est donné en Annexe. La durée τ = 1,00 s sépare deux positions successives du centre d'inertie G.

2.1. Exprimer puis calculer les normes des vitesses V_3 et V_5 du centre d'inertie en G_3 et G_5.

2.2. Calculer les normes de la quantité de mouvement p_3 et p_5 du centre d'inertie en G_3 et G_5.

2.3. Tracer les vecteurs quantité de mouvement $\overrightarrow{p3}$ et $\overrightarrow{p5}$ du centre d'inertie en G_3 et G_5.

2.4. Tracer en G_4 la variation de quantité de mouvement.

2.5. Donner les caractéristiques de ce vecteur.

3. Choc avec une charrette.

En sortie de virage, la voiture décrit une trajectoire rectiligne. Sa vitesse est de 11 m/s.

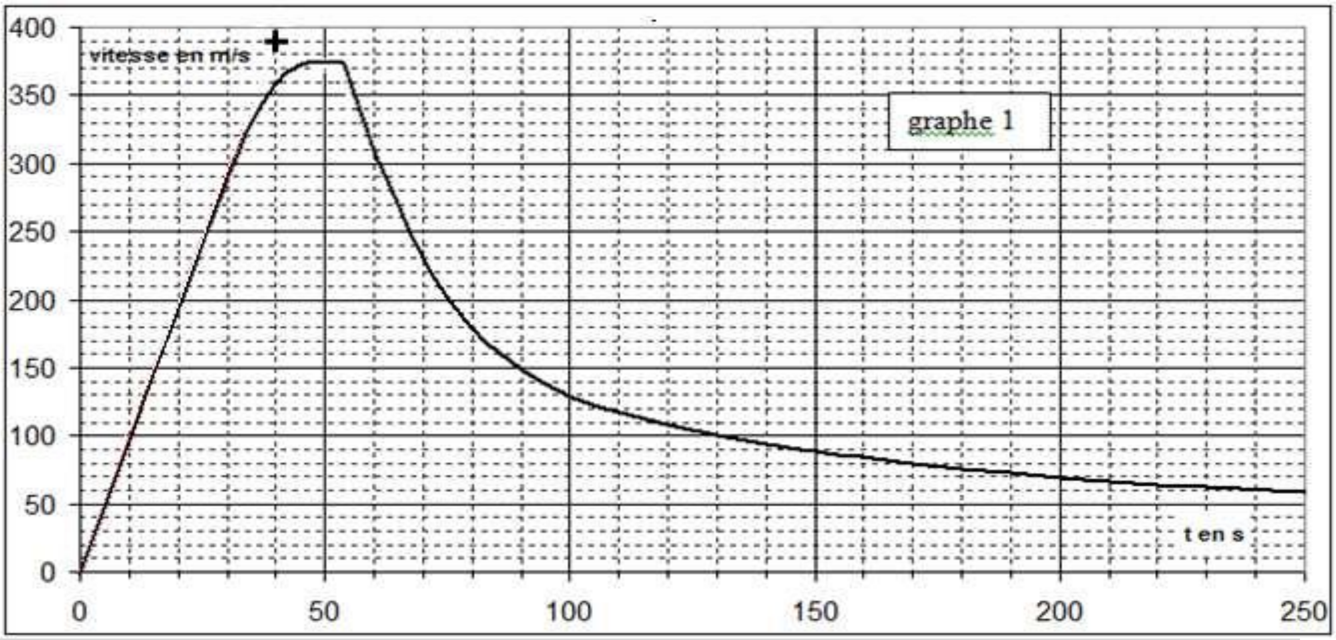
Le conducteur coupe le moteur. La voiture accroche une charrette de masse 250 kg. Déterminer la vitesse de l'ensemble « logan+charrette » supposé être un système isolé, juste après le choc.

Exercice 2 : Le saut de Baumgartner. / 8 pts

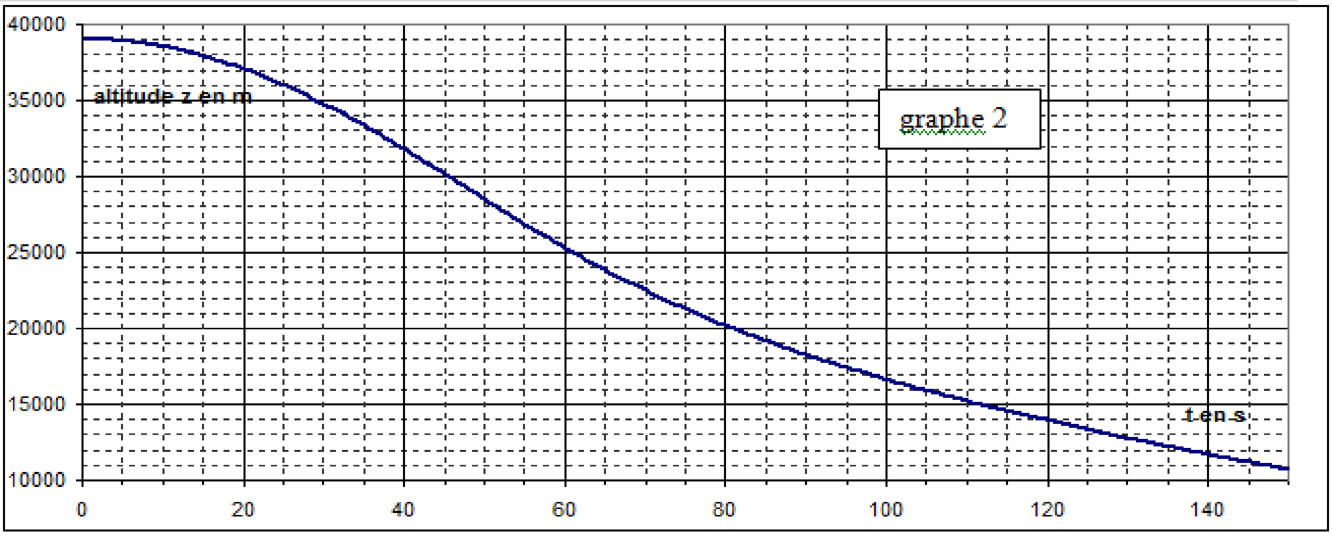
Document 1 :

L'autrichien Félix Baumgartner est devenu le premier homme à franchir le mur du son en chute libre après s'être élancée d'une capsule attachée à un ballon géant à 39000 m d'altitude, dans le ciel du Nouveau-Mexique. Baumgartner, 43 ans, a officiellement atteint 1,24 fois la vitesse du son lors de sa chute, soit 1341,9 km/h, selon Brian Utley, qui a procédé à l'enregistrement du record. Il s'est trouvé en chute libre pendant 4 min 20s avant l'ouverture de son parachute. Le saut dans son ensemble a duré un peu plus de 9 min […] Arrivé à l'altitude programmée, après une longue check-list, il s'est élancé dans le vide et a atteint sa vitesse maximale assez rapidement, après quelques dizaines de secondes. Il a atterri sain et sauf, avant d'être rejoint par les membres de sa mission et de sa famille. *Article : Le Monde.fr avec AFP | 4.10.2012*

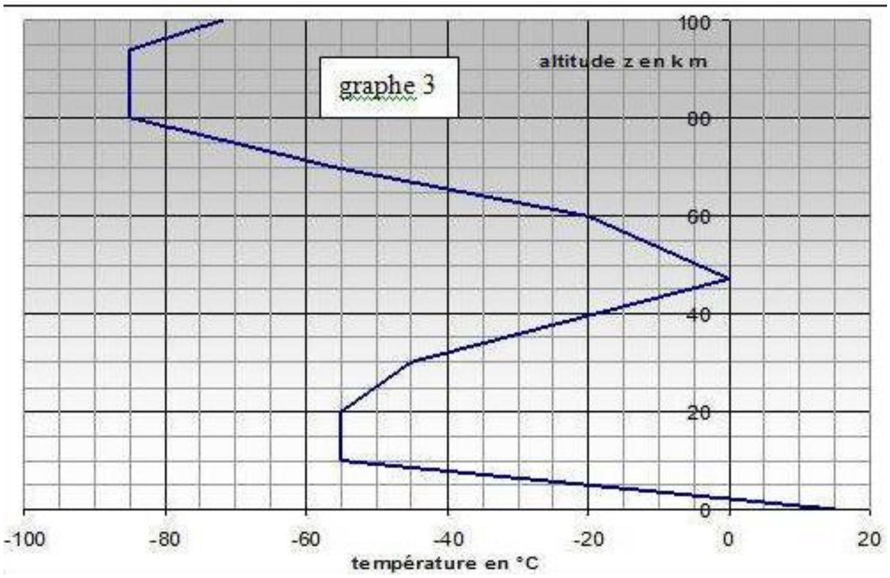
Document 2 : graphe 1 donnant l'évolution de la vitesse en chute réelle en fonction du temps .



Document 3 : graphe 2 donnant l'évolution de son altitude z en fonction du temps



Document 4 : Température de l'air en fonction de l'altitude.



Données : vitesse du son : V = $\sqrt{402T}$ V en m/s et T en K

T (K) = T(°C) + 273

masse de Baumgartner avec sa combinaison m = 110 kg

<u>Chute réelle et record de vitesse</u>

1. D'après le document 1, quelle est la valeur de sa vitesse record en $m.s^{-1}$?
2. A quel instant et à quelle altitude a t-il atteint cette vitesse ?
3. Quelle est d'après les documents, la vitesse du son au moment où Baumgartner atteint sa vitesse record ?
4. En déduire par calcul la température de l'air à cette altitude. Cette température correspond-elle à celle obtenue à partir du graphe 3 ?

<u>Chute réelle et forces</u>

Dans ce cas, on ne peut plus négliger la force de frottement $\vec{f}$

L'expression de l'accélération sur Oy est donnée par $a_y = (g - f/m)$

<u>On prendra dans l'exercice une valeur moyenne de</u> ***g* = 9,75 m.s^{-2}**

5. Donner la valeur de l'accélération de Baumgartner lorsqu'il atteint son record.
6. En déduire la valeur f de la force de frottement.

Exercice 3 : Le lancer du marteau. / 9 pts

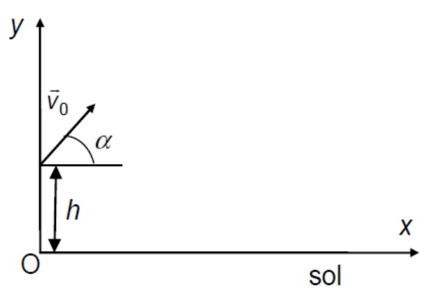
Pour cette étude, on associe au référentiel terrestre le repère (Ox, Oy), Oy étant dirigé suivant la verticale ascendante.

On négligera dans cette partie les actions du câble et de la poignée du marteau et toute action de l'air.

La trajectoire décrite par le boulet dépend de la valeur v_0 de la vitesse du boulet au moment de l'envol, de l'angle d'envol α et de la hauteur h du boulet au moment du lâcher à l'instant initial (t = 0)

(On se référera au schéma ci-contre).

intensité de la pesanteur : g = 9,8 m.s^{-2} ;



Un athlète réalise un lancer avec un boulet (assimilé à un point matériel de masse m = 4,0 kg).

Le boulet a une vitesse initiale : v_0 = 26 m.s^{-1} ; un angle d'envol : α = 45° ; la hauteur du boulet au moment du lâcher : h = 3,0 m.

Les Jeux Olympiques de Londres

Les résultats de la finale féminine pour le lancer de marteau aux jeux Olympiques de Londres en 2012 sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Prénom Nom	Lancer en m	Classement
Tatyana Lysenko	78,18	1
Anita Wlodarczyk	77,60	2
Betty Heidler	77,12	3
Wenxiu Zhang	76,34	4
Kathrin Klaas	76,05	5
Yipsi Moreno	74,60	6
Aksana Miankova	74,40	7
Zalina Marghieva	74,06	8
Stephanie Falzon	73,06	9
Joanna Fiodorow	72,37	10
Mariya Bespalova	71,13	11

En utilisant les données numériques relatives au lancé, déterminer le classement que l'athlète aurait obtenu aux Jeux Olympiques de Londres de 2012. Les formules utilisées seront bien sûr démontrées.

Exercice 4: Le transit de VÉNUS du 08/06/2004 / *9* pts

Les transits de Vénus sont des phénomènes extrêmement rares. On compte en effet environ 2 passages de Vénus devant le Soleil par siècle, mais aucun transit n'a eu lieu au cours du 20èmesiècle. Au 19ème siècle les passages de la planète devant le disque solaire ont eu lieu en 1874 et en 1882. Au 21ème siècle, le même phénomène s'est reproduit très récemment le 8 juin 2004.
Le prochain transit de Vénus aura lieu le 6 juin 2012 mais il ne sera pas observable depuis la France.

Quelques données astronomiques :

Soleil :	*Masse*	$M_1 = 2,0 \times 10^{30}$ kg
	Distance moyenne à la Terre	$R_1 = 1,5 \times 10^{8}$ km
	Diamètre	$D_1 = 1,4 \times 10^{6}$ km
Vénus :	*Distance moyenne au Soleil*	$R_2 = 1,0 \times 10^{8}$ km
	Masse notée M_2	

Constante de la gravitation : $G = 6,6 \times 10^{-11}$ SI

Dans tout l'exercice on assimilera la Terre et Vénus à leur centre d'inertie.
L'astronome amateur considère que la planète Vénus tourne autour du Soleil sur une trajectoire circulaire dont le centre est le centre d'inertie du Soleil.

1.1. Comment nomme-t-on le référentiel d'étude ?
1.2. Nommer, exprimer vectoriellement puis représenter sur un schéma la force exercée par le Soleil sur la planète Vénus.
1.3. Dans le référentiel d'étude, appliquer à Vénus la deuxième loi de Newton (on négligera l'action des autres planètes sur Vénus). En déduire l'expression du vecteur accélération.
1.4. Étude théorique de la vitesse orbitale de Vénus

1.4.1. *Le mouvement de la planète Vénus est uniforme.* Donner les caractéristiques du vecteur accélération de Vénus.

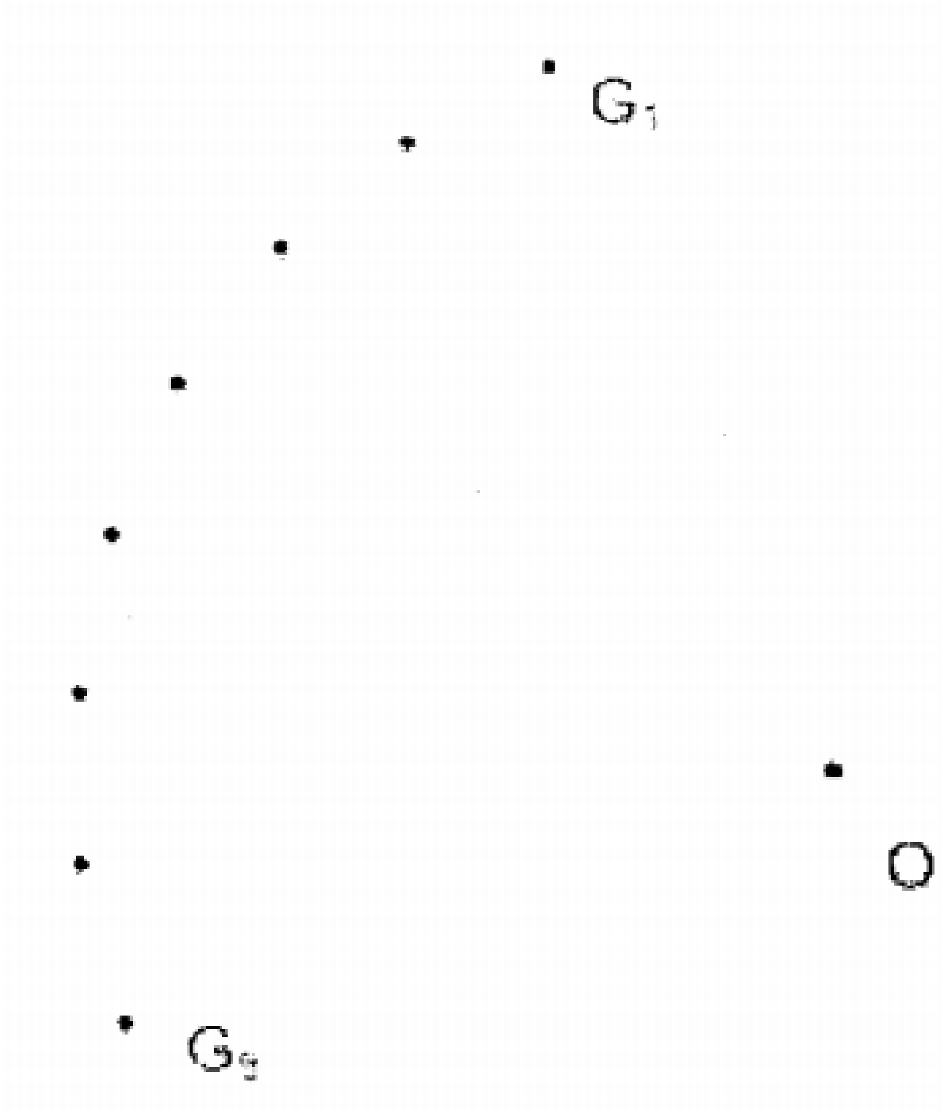
1.4.2. Retrouver, dans le référentiel choisi, l'expression de la vitesse de cette planète

$$v_2 = \sqrt{\frac{G.M_1}{R_2}}$$

1.4.3. En utilisant les données astronomiques fournies calculer, avec 2 chiffres significatifs, la valeur de cette vitesse.

ANNEXE

Nom : Prénom :



Correction du devoir surveillé n°4 – Décembre 2015 / 40 pts

Exercice 1 : la Dacia Logan. 14 pts

1. **Mesures de reprises (/5).**

1.1. + La valeur de l'accélération a_1 du véhicule est donnée par :

$a_1 = (VA - Vo) / t = (40/3,6)/5,4 = 2,1$ m/s².

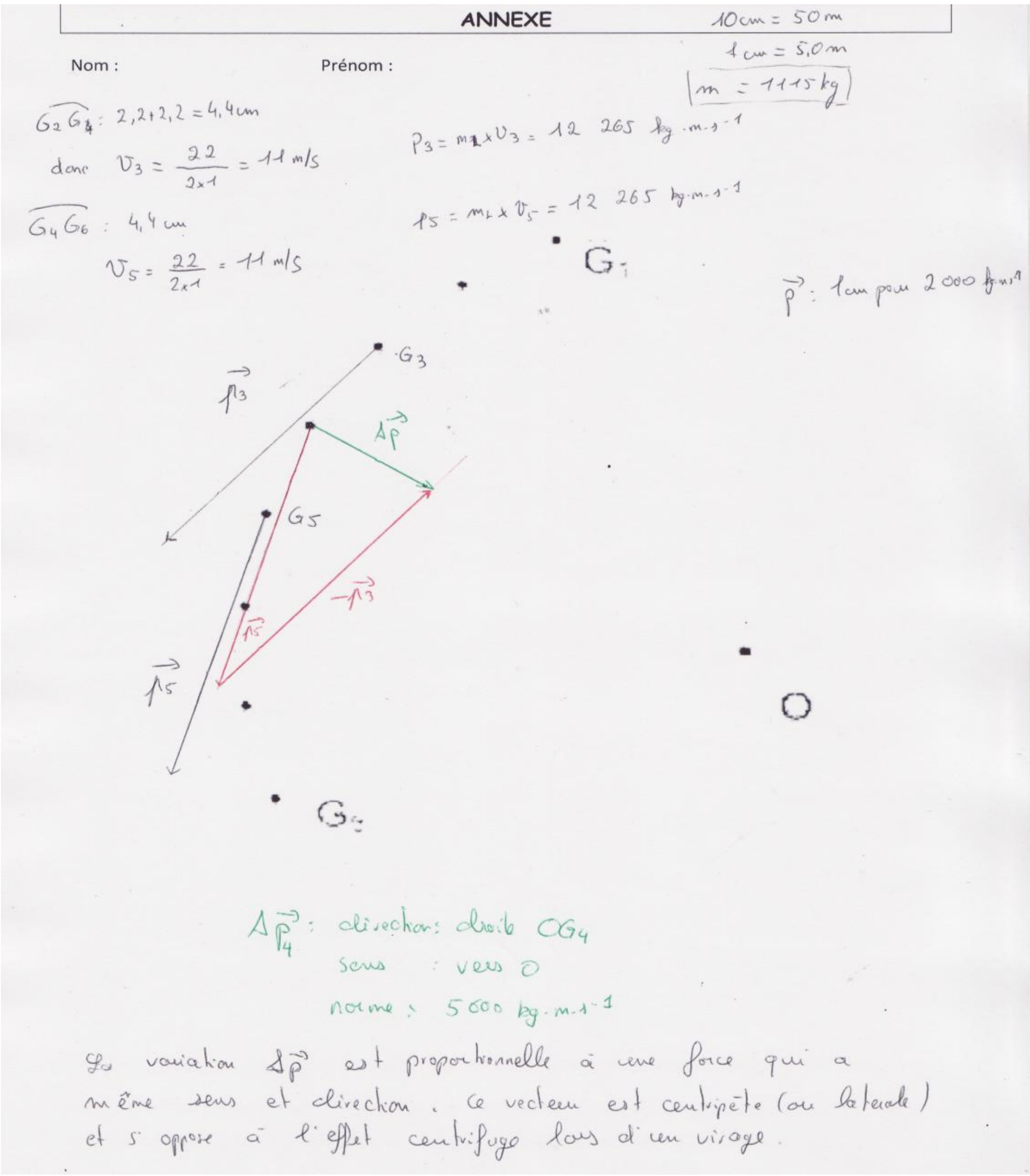
1.2. + Par définition : $\overrightarrow{a1} = \dfrac{d\,\vec{V}}{dx}$.

1.3. + On a donc : $\vec{V} = \overrightarrow{a1} \times t + \overrightarrow{Vo}$ soit après projection dans un repère Ox : $V(t) = a_1 \times t + Vo$.

1.4. + Par définition $V(t) = \dfrac{d\,x(t)}{d\,t}$ donc par intégration $x(t) = ½ \times a_1 \times t^2 + Vo \times t + xo = = ½ \times a_1 \times t^2 + Vo \times t$

1.5. + La distance parcourue en 5,4 s est : $x(t=5,4s) = ½ \times 2,1 \times (5,4)^2 + (30/3,6) \times 5,4 = 75,6$ m

2. **Virage sur une trajectoire circulaire (/5) .**



3. Choc avec une charrette (/ 4).

Le système « voiture + charrette « est un système isolé. La quantité de mouvement se conserve.

$m_{Logan} \times \overrightarrow{V1} = (m_{Logan} + m_{charette}) \times \overrightarrow{v2}$

En projection sur Ox : $m_{Logan} \times V1 = (m_{Logan} + m_{charette}) \times V2$

$V2 = m_{Logan} \times V1/(m_{Logan} + m_{charette}) = 1115 \times 11/(1115+250) = 9{,}0$ m/s

Exercice 2 : Le saut de Baumgartner. / 8 pts

Chute réelle et record de vitesse

1. D'après les documents : V = 1341,9 km/ h = 1341,9/3,6 = 372,75 m/s
2. Cette vitesse est atteinte entre 46 et 54s. L'altitude correspondante est : 29 000m à 28 000 m.
3. Cette vitesse correspond à 1,24 fois la vitesse du son donc Vson = 372,75 / 1,24 = 300,6 = 300 m/s
4. La température de l'air à cette altitude est donnée par la relation : $T = V^2/402 = 224$ K = -48,2 °C

A partir du graphe 3 : - 45 ° donc la valeur correspond.

Chute réelle et forces

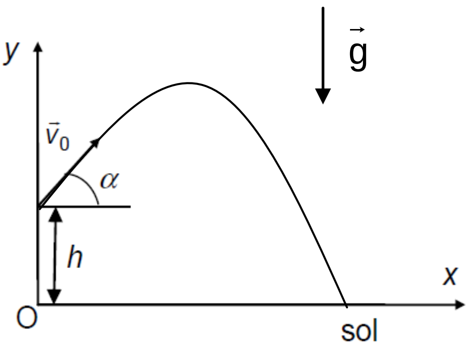
5. La valeur de l'accélération de Baumgartner lorsqu'il atteint son record :
   vitesse est constante donc $a_y = 0$ m/s².
6. On a donc : f = g × m = 9,75 × 110 = 1072 N.

Exercice 3 : Le lancer du marteau. / 9 pts

On étudie le système {boulet}, de masse m constante, dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Les actions dues à l'air étant négligées, le boulet n'est soumis qu'à son poids, $\vec{P} = m.\vec{g}$.

La deuxième loi de Newton appliquée au boulet donne :



$$\sum \vec{F}_{ext} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m.\vec{v})}{dt} = \frac{dm}{dt}.\vec{v} + m.\frac{d\vec{v}}{dt}$$

Or m = cte alors $\dfrac{dm}{dt} = 0$ donc $\dfrac{d\vec{p}}{dt} = m.\vec{a}$

Soit $\vec{P} = m.\vec{a}$ ⇔ $m\vec{g} = m\vec{a}$ ⇔ d'où : $\vec{a} = \vec{g}$.

En projection dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$, il vient : $\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$

On a : $\vec{a} = \dfrac{d\vec{v}}{dt}$ soit $\vec{a}\begin{cases} a_x = \dfrac{dv_x}{dt} = 0 \\ a_y = \dfrac{dv_y}{dt} = -g \end{cases}$ donc $\vec{v}\begin{cases} v_x = C_1 \\ v_y = -g \cdot t + C_2 \end{cases}$

où C_1 et C_2 sont des constantes d'intégration qui dépendent des conditions initiales.

Or $\vec{v}(t=0) = \vec{v_0}$ avec $\vec{v_0}\begin{cases} v_{0x} = v_0.\cos\alpha \\ v_{0y} = v_0.\sin\alpha \end{cases}$ donc $\begin{cases} C_1 = v_0.\cos\alpha \\ 0 + C_2 = v_0.\sin\alpha \end{cases}$ $\vec{v}\begin{cases} v_x = v_0.\cos\alpha \\ v_y = -g \cdot t + v_0.\sin\alpha \end{cases}$

Et : $\vec{v} = \dfrac{d\overrightarrow{OM}}{dt}$ soit $\vec{v}\begin{cases} \dfrac{dx}{dt} = v_0.\cos\alpha \\ \dfrac{dy}{dt} = -g \cdot t + v_0.\sin\alpha \end{cases}$ donc $\overrightarrow{OM}\begin{cases} x(t) = (v_0.\cos\alpha).t + C'_1 \\ y(t) = -\dfrac{1}{2} g \cdot t^2 + (v_0.\sin\alpha.)t + C'_2 \end{cases}$

où C'_1 et C'_2 sont des constantes d'intégration or $\overrightarrow{OM}(t=0)\begin{cases} x = 0 \\ y = h \end{cases}$ donc $\begin{cases} 0 + C'_1 = 0 \\ 0 + 0 + C'_2 = h \end{cases}$

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

Le boulet lorsqu'il touche le sol : $y = \frac{-gx^2}{2v_0^2\cos^2(\alpha)} + \tan(\alpha).x + h = 0$

Avec α = 45°, v_0 = 26 m.s^{-1}, h = 3,0 m, g = 9,8 m.s^{-2}

$\frac{-9{,}8x^2}{2\times 26^2\times\cos^2(45)} + \tan(45).x + 3{,}0 = 0$

$-1{,}449704142\times10^{-2}$ x² + x +3,0 = 0 *(valeur de a stockée en mémoire)*

Polynôme du second degré du type ax² + bx+ c = 0

Δ = b² – 4.a.c = 1² – (4×(–1,449704142×10^{-2}) × 3,0) = 1,17396

(valeur non arrondie stockée en mémoire)

Solutions : $x_1 = \frac{-b+\sqrt{\Delta}}{2a}$ et $x_2 = \frac{-b-\sqrt{\Delta}}{2a}$

$x_1 = \frac{-1+\sqrt{1{,}17}}{2\times(-1{,}4497\times10^{-2})}$ = – 2,9 m et $x_2 = \frac{-1-\sqrt{1{,}17}}{2\times(-1{,}4497\times10^{-2})}$ = 71,86 m

On ne retient que la solution positive, et avec deux chiffres significatifs x_2 = 72 m.

À l'aide du tableau, on en déduit que l'athlète serait classée à la 11ème place juste derrière Joanna Fiodorow qui a lancé le marteau à 72,37 m.

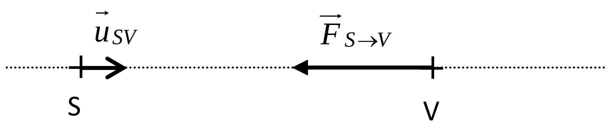
Extraire les données.	α = 45°, v_0 = 26 m.s^{-1}, h = 3,0 m, g = 9,8 m.s^{-1} y = 0	2
Valider	Démonstration équation horaire	4
Calculer	Valeur x	1
communiquer	Comparaison et classement	2

EXERCICE 4 : LE TRANSIT DE VÉNUS DU 8 JUIN 2004 / 9 pts

1. Le référentiel d'étude est le centre d'inertie du Soleil, on le nomme référentiel **héliocentrique**.

2. La force est une force gravitationnelle : appelons $\vec{F}_{S\to V}$ la force exercée par le Soleil sur Vénus.

Effectuons le schéma, ensuite nous l'utiliserons pour donner l'expression vectorielle de $\vec{F}_{S\to V}$.



$\vec{F}_{S\to V} = -G\,.\,\frac{M_1\times M_2}{R_2^2}\,\vec{u}_{SV}$.

3. D'après la deuxième loi de Newton, appliquée au système Vénus, dans le référentiel héliocentrique considéré galiléen: $\vec{F}_{S\to V}$ = M_2 . d p/dt = M_2 . $\vec{a}$

Soit $\vec{a} = \frac{\vec{F}_{S\to V}}{M_2}$ donc $\boxed{\vec{a} = -G\,.\,\frac{M_1}{R_2^2}\,\vec{u}_{SV}}$

4. Étude théorique de la vitesse orbitale de Vénus

4.1. Dans la base de Frenet: $\vec{a} = \frac{dv_2}{dt}.\vec{\tau} + \frac{v_2^2}{R_2}.\vec{n}$

Le mouvement étant uniforme alors v_2 = cte donc $\frac{dv_2}{dt} = 0$.

L'expression de l'accélération de Vénus devient $\vec{a} = \frac{v_2^2}{R_2} . \vec{n}$.

Caractéristiques du vecteur $\vec{a}$: direction : droite (SV), sens de Vénus vers le Soleil, valeur = $\frac{v_2^2}{R_2}$

4.2. $\vec{a} = - G . \frac{M_1}{R_2^2} \vec{u}_{SV} = \frac{v_2^2}{R_2} . \vec{n}$ or $\vec{n} = - \vec{u}_{SV}$

donc $G . \frac{M_1}{R_2} = v_2^2$ on retrouve l'expression proposée $v_2 = \sqrt{\frac{G.M_1}{R_2}}$.

4.3. *ATTENTION, il faut convertir la distance R_2 en mètres!!!*

$v_2 = \sqrt{\frac{6,6\times10^{-11}\times2,0\times10^{30}}{1,0\times10^{8}\times10^{3}}} = \sqrt{\frac{13,2\times10^{19}}{1,0\times10^{11}}} = \sqrt{13}\times\sqrt{\frac{10^{19}}{10^{11}}} = 3,6\times\sqrt{10^{8}} = \mathbf{3,6\times10^{4}\ m.s^{-1}}$