EXERCICE II : SUR LA LUNE (5,5 points)

Partie 1 : Vecteur champ de pesanteur lunaire

1.1. L'expérience.



On a fêté, en 2009, le quarantième anniversaire du premier alunissage. Le 21 juillet 1969, Neil Armstrong fût le premier homme à poser le pied sur la Lune. Lors de l'une des cinq expéditions lunaires suivantes, l'astronaute d'Apollo 15 Dave Scott réalisa une expérience de physique : il prit dans ses mains levées à hauteur des épaules, un marteau dans l'une et une plume dans l'autre. Puis il les lâcha en même temps. Contrairement à ce qui se serait passé sur Terre, la plume ne se mit pas à voleter doucement mais tomba exactement comme le marteau. Sans résistance de l'air pour freiner la plume, les deux objets s'enfoncèrent dans la poussière lunaire exactement au même instant.

Dans l'exercice, l'indice M sera attribué au marteau et P à la plume.

1.1.1. Faire le bilan des forces qui s'exercent sur la plume (de masse m_P) et sur le marteau (de masse m_M) à l'instant où ils sont lâchés.

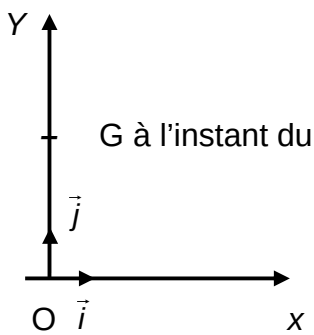
1.1.2. Donner l'expression de ces forces en fonction du vecteur champ de pesanteur lunaire $\overrightarrow{g_L}$.

1.1.3. En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que ces deux objets ont le même vecteur accélération que l'on précisera.

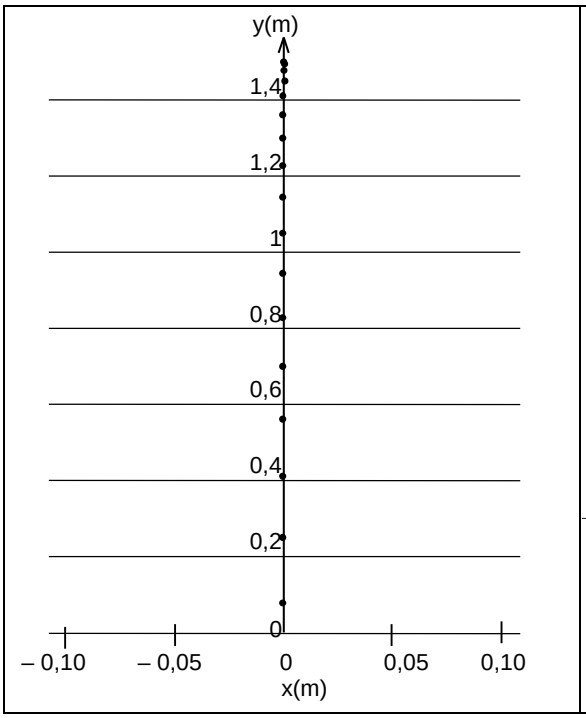
1.2. Enregistrement de la chute du marteau

On peut, à partir du document vidéo de la NASA, construire des graphiques relatifs au mouvement du centre d'inertie du marteau.

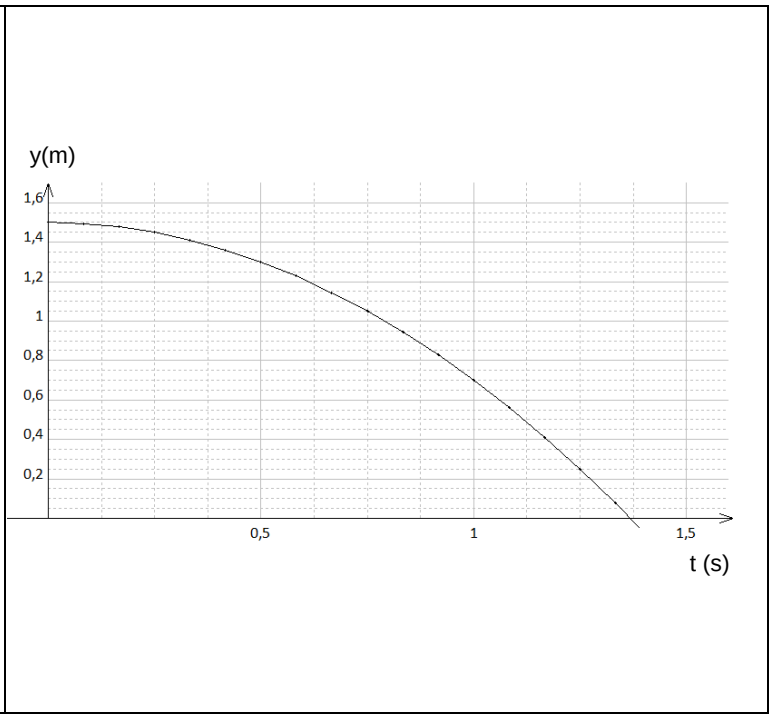
À l'instant du lâcher, pris comme origine des temps, G est à h = 1,50 m du sol. Le mouvement est étudié dans le référentiel lunaire, muni du repère $(O,\vec{i},\vec{j})$, l'axe Ox correspond au sol.



1.2.1. Des deux graphiques ci-après lequel correspond à la trajectoire de G ?



Graphique 1

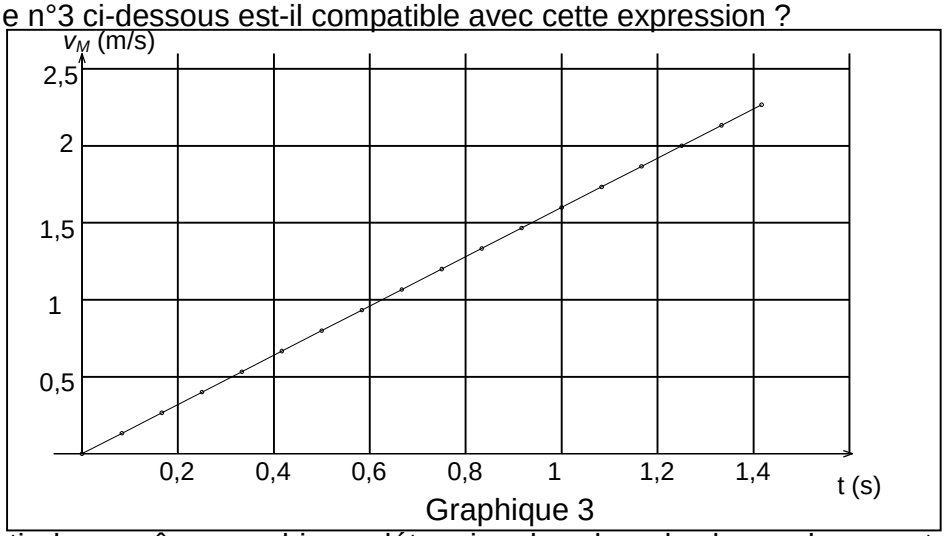


Graphique 2

1.2.2. Quelles sont les coordonnées du vecteur accélération $\overrightarrow{a_M}$ de G dans le repère $\left(O,\vec{i},\vec{j}\right)$ ci-dessus ?

1.2.3. Quelles sont les coordonnées du vecteur vitesse $\overrightarrow{v_M}$ de G ?

1.2.4. En déduire en fonction du temps la norme, notée v_M, du vecteur vitesse $\overrightarrow{v_M}$ de G. En quoi le graphique n°3 ci-dessous est-il compatible avec cette expression ?



Graphique 3

1.2.5. À partir de ce même graphique, déterminer la valeur du champ de pesanteur lunaire g_L.

Partie 2 : Durée de la chute.

2.1. Établir l'équation horaire du mouvement $y(t)$.

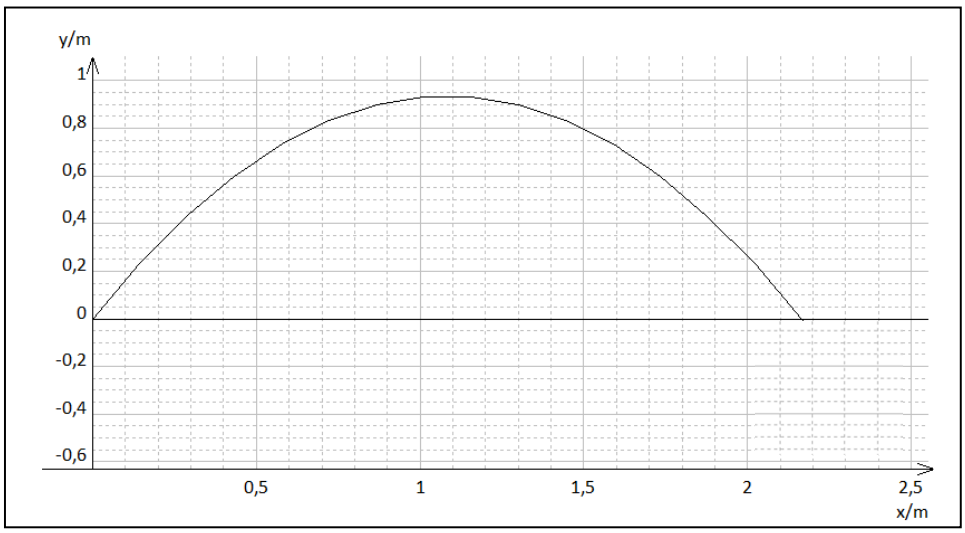
2.2. En déduire la durée de la chute du centre d'inertie G du marteau. La réponse sera vérifiée à partir d'un des graphiques ci-dessus.

2.3. Serait-on arrivé à la même réponse si on avait raisonné à partir de la plume ? Pourquoi ? Dans la description de l'expérience, relever la phrase qui confirme la réponse.

Partie 3 : Marchons sur la Lune

Dans tous les documents filmés sur la Lune, on voit les astronautes se déplacer de façon bondissante. Hergé l'avait bien anticipé dans les aventures de Tintin « On a marché sur la Lune ».

Pendant la marche, on peut considérer que lors de l'impulsion du pied sur le sol, le centre de gravité G du corps (situé un peu au-dessous du nombril) est projeté vers le haut et retombe à son niveau de départ quand l'autre pied prend contact avec le sol, un pas ayant été alors accompli : le mouvement de G peut être assimilé, pour simplifier, au mouvement du centre de gravité d'un objet lancé vers le haut, avec la vitesse initiale v. G décrit ainsi une trajectoire correspondant au graphique 4 « trajectoire de G lors d'un pas » ci-dessous :



Graphique 4

On se propose de calculer la longueur du bond correspondant à un pas.

$\vec{v}$ est le vecteur vitesse correspondant à la vitesse initiale de valeur v = 2,0 m.s^{-1}. Il fait avec l'horizontale l'angle α = 60°.

L'étude théorique du mouvement de G conduit aux équations horaires :

$x(t) = (v.\cos\alpha).t$ et $y(t) = -\frac{1}{2}.g_L.t^2 + (v.\sin\alpha).t$.

(O'x étant l'axe horizontal du repère choisi et correspondant au sol et O'y l'axe vertical de ce même repère et la date t = 0 étant prise au début du pas).

3.1. À partir des équations horaires ci-dessus, démontrer, en établissant la fonction $y(x)$, que la trajectoire de G est une portion de parabole.

3.2. Quelles sont les valeurs de y au début et à la fin du pas dans le repère choisi ? On pourra s'aider du graphique4.

3.3. En déduire l'expression littérale de la distance horizontale parcourue par G, correspondant à la longueur d'un pas.

3.4. Faire le calcul numérique, sachant que la valeur du champ de pesanteur lunaire est de 1,62 m.s^{-2}. Le résultat est-il compatible avec ce qui peut être déduit du graphique 4 ?