

CORRIGE Galilée à la tour de Pise

1) a) seconde loi de Newton appliquée à l'objet (référentiel galiléen le sol) $\Sigma \vec{F} = \vec{P} = m \vec{g} = m \vec{a}$ donc $\vec{a} = \vec{g}$
dans le repère Ox, (axe vertical vers le bas ; faire un schéma) : $a_x = g$ donc $V_x = g t$ et $x = \frac{1}{2} g t^2$ donc pour une chute d'une hauteur h le temps de chute est $t = \sqrt{(2h/g)}$ on voit qu'il est indépendant de m.

« Aristote déclare qu'une boule de fer de 100 livres est déjà descendue d'une hauteur de 100 coudées quand une boule de 1 livre a parcouru seulement une coudée. J'affirme que les deux boules arrivent ensemble » Galilée indique en effet, contrairement à Aristote, que deux objets de masse différente arrivent ensemble (même temps de chute) pour $h = 50 \text{ m} = t = 3,16 \text{ s}$

b) $V = g t = 31,6 \text{ m s}^{-1}$

2) a) cet écart est dû à existence d'une force de frottement de l'air sur l'objet. L'expérience de Toricelli confirme puisque en l'absence d'air (ou en tout cas sous un vide assez poussé) cette force de frottement n'existe plus (ou en tous cas est négligeable) et les objets tombent vraiment en même temps

b) direction et sens de la force de frottement : opposée à la vitesse et donc verticale vers le haut

c) seconde loi de Newton : $\Sigma \vec{F} = \vec{P} + \vec{f} = m \vec{g} + \vec{f} = m \vec{a}$ donc $\vec{a} = \vec{g} + \vec{f}/m$ on voit que l'accélération dépend de m ; pour une même force de frottement f , si la masse augmente on voit que l'accélération augmente : l'objet de masse plus élevée est plus accéléré et arrive légèrement avant l'autre.

3) a) dimension de $f = \text{kg m}^{-3} [\text{m}^2] [\text{ms}^{-1}]^2 = [\text{kg m s}^{-2}]$ or d'après la seconde loi de Newton dimension de $f = [\text{N}] = [\text{kg m s}^{-2}]$

b) La force de frottement n'est pas constante au cours du mouvement de chute car elle dépend de la vitesse V qui augmente au cours de la chute

d)	Boule	B ₁	B ₂	B ₃
P (N)		478	4,78	4,78
f (N)		1,3	0,06	1,3

e) le frottement est négligeable pour les boules B₁ et B₂

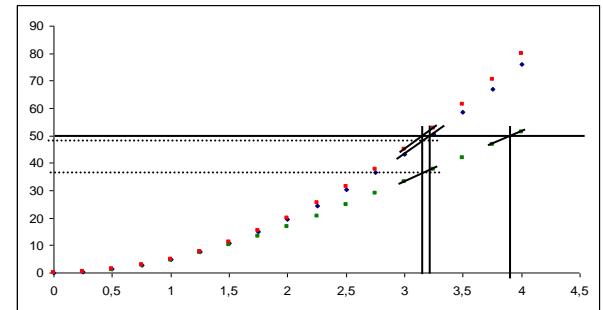
4) a) Graphes 1 : à $x = 50 \text{ m}$ on obtient $t_1 = 3,15 \text{ s}$ $t_2 = 3,2 \text{ s}$ $t_3 = 3,9 \text{ s}$ pour $t = t_1 = 3,15 \text{ s}$ on a $x_2 = 49 \text{ m}$ $x_3 = 37 \text{ m}$ (les déterminations graphiques sont imprécises)

b) Graphes 2 : $V_{\text{lim}} = 18,5 \text{ ms}^{-1}$

seconde loi de Newton : $\Sigma \vec{F} = \vec{P} + \vec{f} = m \vec{g} + \vec{f} = m \vec{a}$

donc $\vec{a} = \vec{g} + \vec{f}/m$ lorsque V augmente f augmente ; lorsque f devient égal à P l'accélération est nulle et la vitesse est alors constante

sur l'axe vertical : $a = g - f/m$ a s'annule lorsque $f = m g$ donc $\frac{1}{2} \rho C S V^2 = m g$ donc $V^2 = 2 m g / \rho C S$ d'où $V = 19,2 \text{ ms}^{-1}$ (ce qui correspond assez approximativement à la valeur graphique)



5)_a) Graphes 3 : l'énergie potentielle diminue au cours de la chute : $E_p = mg(h_0 - x)$; l'énergie cinétique augmente au cours de la chute ; l'énergie mécanique est la somme des deux précédentes

- énergie mécanique pratiquement constante car système (objet - terre) isolé et conservatif (frottements négligeables) ;

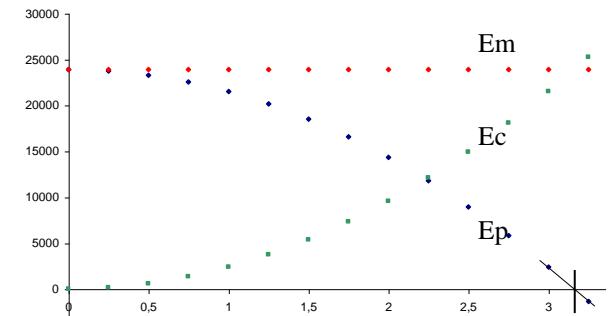
$$Em = Ep_{\text{max}} = Ep(0) = m g h_0 = 47,8 \cdot 10 \cdot 50 = 23900 \text{ Joules}$$

Vitesse au sol : lorsque $E_p = 0$ $E_c = \frac{1}{2} m V^2 = Em$ donc

$$V^2 = 2 Em / m = 31,6 \text{ ms}^{-1}$$
 (trouvé à la question 1,b)

- date d'arrivée au sol : correspond à $E_p = 0$ $t = 3,16 \text{ s}$

b) Graphes 4 et 5 : l'énergie mécanique n'est pas constante mais diminue puisqu'il y a des frottements, faibles pour B₂, mais plus importants pour B₃ ; on constate en effet que la diminution de l'énergie mécanique est très importante dans le cas de B₃



6 Conclusion : les affirmations de Galilée sont correctes : contrairement à ce que prétendait Aristote, la masse n'a pas une influence proportionnelle sur le temps de chute et si les frottements sont négligeables le mouvement de chute est indépendant de m. Mais si les frottements avec l'air sont non négligeables par rapport au poids le mouvement de chute est modifié comme le montre la comparaison entre B₁ et B₃ sur lesquelles s'exercent la même force de frottement pour une vitesse donnée : la boule de plus grande masse arrive largement en premier ; mais ceci est dû non pas directement à la masse mais plutôt à l'importance de la force de frottement par rapport au poids.