

Terminale – devoir surveillé n°4 – durée : ≈ 2h

Chaque réponse doit être justifiée.

Un soin particulier doit donc être apporté à la rédaction des explications.

J'insiste.

PHYSIQUE 1 : panier (≈ 6 pts)

Un joueur de basket-ball tente de marquer un panier à 3 points.

La situation est décrite figure 1 : on voit la position du centre de gravité, G, du ballon au moment du shoot ($t=0$) et à droite, on voit ce que j'ai essayé de faire ressembler à un panier de basket (vu de côté).

La vitesse initiale du ballon a pour valeur v_0 et le vecteur vitesse correspondant forme un angle α avec l'horizontale.

On suppose que le mouvement du ballon remplit les conditions d'une **chute libre**.

Le diamètre du ballon de basket est $d = 24$ cm

Sa masse est $m = 600$ g

La valeur de l'intensité de la pesanteur est $g = 9,81$ m/s²

- 1/ Rappeler la définition d'une chute libre.
- 2/ Montrer que l'accélération du centre de gravité du ballon est $\vec{a}_G = \vec{g}$ dans le référentiel d'étude.
- 3/ Etablir les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ du mouvement du point G dans le repère proposé.
- 4/ En déduire l'équation cartésienne $y = f(x)$ de la trajectoire.
- 5/ A quelle condition le ballon passe-t-il par le point C, centre du cercle ?
- 6/ Déterminer l'expression littérale de la vitesse v_0 pour que la trajectoire de G passe par C.
- 7/ Simplifier cette expression dans l'hypothèse où $\alpha = 45^\circ$.
- 8/ Calculer alors la valeur numérique de v_0 .
- 9/ Calculer le temps de vol t_V du ballon entre le point G et le point C (prendre $v_0 = 8,64$ m/s en cas d'échec à la question précédente).

Un défenseur est placé en A, il saute verticalement pour intercepter le ballon.

- 10/ Calculer à quelle hauteur doit être sa main pour effleurer le ballon.

Pour information, Jeremy Evans détient le record du saut le plus haut : à 3,86 m du sol.

Le tir n'est finalement pas intercepté mais il est mauvais et le joueur fait un « air ball » : la balle ne touche même pas le cercle !

- 11/ En prenant $v_0 = 8,64$ m/s et toujours $\alpha = 45^\circ$, déterminer l'abscisse du point de chute du ballon, c'est-à-dire l'endroit où le ballon touche le sol.

PHYSIQUE 2 : le système Kepler 7 (≈ 6 pts)

Le télescope Kepler, lancé en mars 2009, est chargé de détecter des exoplanètes en étudiant les variations de luminosité d'étoiles dans une portion limitée du ciel profond.

Sur la figure 2, on peut voir l'étoile **Kepler 7** et l'exoplanète **Kepler-7b** en orbite circulaire autour de cette étoile.

On suppose que le mouvement de Kepler-7b se fait dans le sens trigonométrique.

Une étude du spectre de la lumière émise par l'étoile Kepler 7 permet de déterminer sa masse et son rayon : on obtient $M = 2,69 \times 10^{30}$ kg et $R = 1,28 \times 10^6$ km.

On notera m la masse de Kepler-7b, r la distance séparant son centre de celui de Kepler 7 et T sa période de révolution.

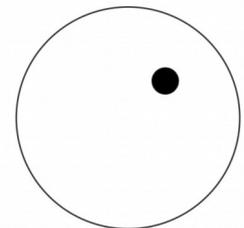
La constante de gravitation universelle est $G = 6,67 \times 10^{-11}$ m³.kg⁻¹.s⁻²

- 1/ Sur la figure 2, dessiner la force gravitationnelle \vec{F}_g subie par Kepler-7b.
- 2/ Donner l'expression vectorielle de cette force gravitationnelle en fonction des données. Il faudra ajouter un vecteur unitaire sur le schéma de la figure 2.
- 3/ Dans le référentiel centré sur Kepler 7, établir l'expression vectorielle de l'accélération de Kepler-7b en détaillant les étapes.
- 4/ Cette accélération est qualifiée de *radiale et centripète*. Définir ces 2 termes.
- 5/ En utilisant une loi de Kepler (à préciser), justifier que le mouvement de Kepler-7b est un mouvement uniforme.
- 6/ Quelle autre constatation permettrait de retrouver ce résultat (c'est-à-dire que le mouvement est uniforme) ?
- 7/ Rappeler l'expression de l'accélération pour un mouvement circulaire uniforme, en fonction de la vitesse v de Kepler-7b dans le référentiel d'étude et du rayon r de la trajectoire.
- 8/ En déduire l'expression littérale de la vitesse v de Kepler-7b dans le référentiel d'étude en fonction de G , M et r .
- 9/ Montrer alors que le rayon de la trajectoire s'écrit $r = \left(\frac{GMT^2}{4\pi^2} \right)^{1/3}$

Sur la figure 3 on peut voir les changements de luminosité de l'étoile Kepler 7.

Ces changements sont provoqués par le *transit* de l'exoplanète *Kepler-7b*, c'est-à-dire par le passage de l'exoplanète devant le disque de son étoile.

Sur le fond de son étoile, la planète apparaît sombre et diminue la lumière reçue par un observateur distant.



- 10/ Déduire de la figure 3 la valeur de la période de révolution, T , de Kepler-7b.
- 11/ Calculer alors r en mètre puis en unité astronomique ($1 \text{ ua} = 150 \times 10^6$ km).

PHYSIQUE 3 : vitesse d'éjection (≈ 8 pts)

Un noyau radioactif est un noyau instable qui se désintègre spontanément en un autre noyau, plus stable.

Dans certains cas, cette désintégration s'accompagne de l'émission d'un noyau d'hélium : He^{2+} .

Ce noyau d'hélium est appelé **particule alpha**.

La masse d'une particule alpha est $m = 6,68 \times 10^{-27}$ kg

Dans cet exercice, on cherche à déterminer la vitesse d'émission des particules alpha d'une source radioactive.

Cette source est placée dans un cylindre d'axe $x'x$.

Voir figure 4.

Deux plaques, P_1 et P_2 , de longueur $L = 0,15$ m sont placées parallèlement à l'axe $x'x$.

Entre ces plaques règne un champ uniforme $E = 6,0 \times 10^5$ V/m.

A $t = 0$, les particules alpha pénètrent entre les 2 plaques avec un vecteur vitesse parallèle à ces plaques, \vec{v}_0

A la distance $D = 0,35$ m du bord droit des plaques, on place une plaque photographique.

En absence de champ électrique, on obtient une tache en A sur la plaque, par bombardement de particules alpha.

Quand le champ est établi, on obtient une tache en A' tel que que $AA' = d = 8,5$ mm.

- 1/ Exprimer la charge électrique q d'une particule alpha en fonction de la charge électrique élémentaire, $e = 1,60 \times 10^{-19}$ C
- 2/ Calculer la force électrique que subit une particule alpha entre les plaques P_1 et P_2 .
- 3/ D'après la figure 4, déterminer quelle plaque (P_1 ou P_2) est chargée positivement.
- 4/ Dessiner alors le vecteur champ électrique sur la figure 4.

Les équations horaires du mouvement dans le condensateur plan sont :

$$x = v_0 t \quad \text{et} \quad y = \frac{eEt^2}{m}$$

- 5/ Donner l'expression de la date de sortie, t_s , du système des deux plaques en fonction de L et v_0
- 6/ Établir les coordonnées du vecteur vitesse de la particule alpha entre les plaques.
- 7/ En déduire les coordonnées du vecteur vitesse \vec{v}_s au point de sortie.

8/ Puis en déduire que $\tan \theta = \frac{2eEL}{mv_0^2}$

- 9/ Montrer que l'ordonnée du point de sortie du condensateur, noté S sur la figure 4, est

$$y_s = \frac{eEL^2}{mv_0^2}$$

10/ Sachant que $\tan \theta = \frac{d - y_s}{D}$, utiliser 8/ et 9/ pour montrer que $v_0 = \sqrt{\frac{eEL(L+2D)}{md}}$

- 11/ Calculer v_0 .

Plusieurs déterminations de ce type conduisent au tableau de valeurs suivant :

v_0 (en 10^7 m/s)	1,44	1,41	1,45	1,48	1,50	1,47	1,43	1,46
-----------------------	------	------	------	------	------	------	------	------

- 12/ Calculer la moyenne de ces valeurs, l'écart-type σ_{n-1} , l'incertitude type $u(v_0) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$ et en

utilisant la figure 5, donner l'incertitude type élargie $U(v_0) = k \times u(v_0)$ où k désigne le coefficient de Student pour un niveau de confiance de 95%.

- 13/ Présenter finalement la mesure de v_0 sous la forme : $v_0 = (\dots \pm \dots) \times 10^7$ m/s

FIGURES

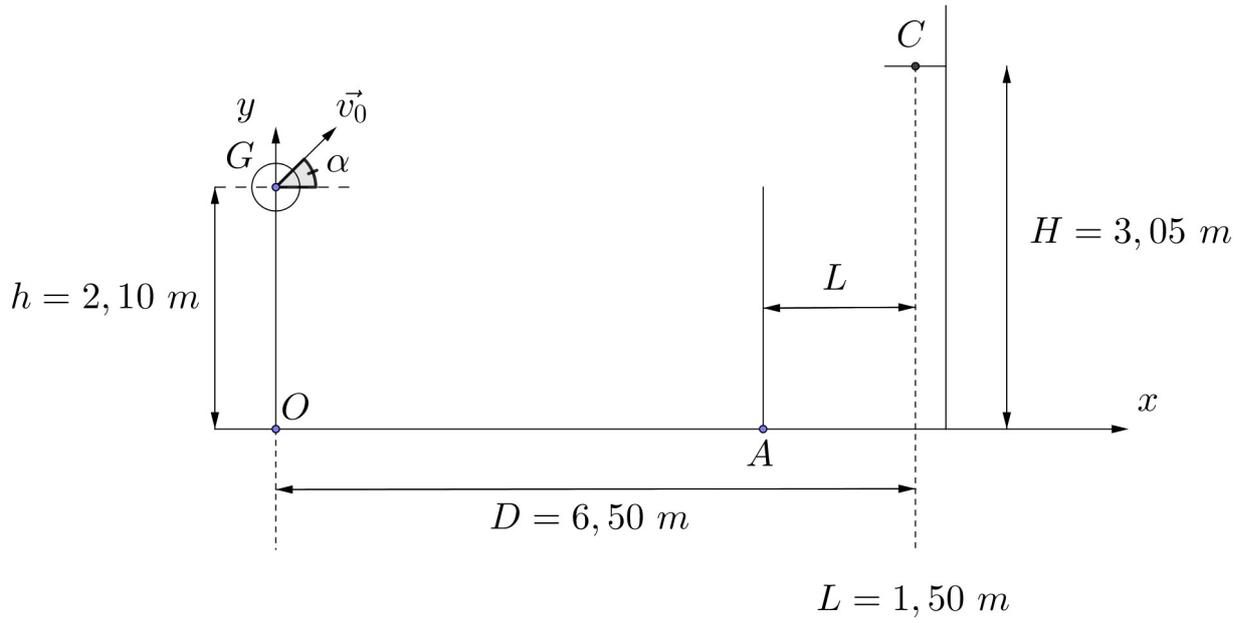


Figure 1

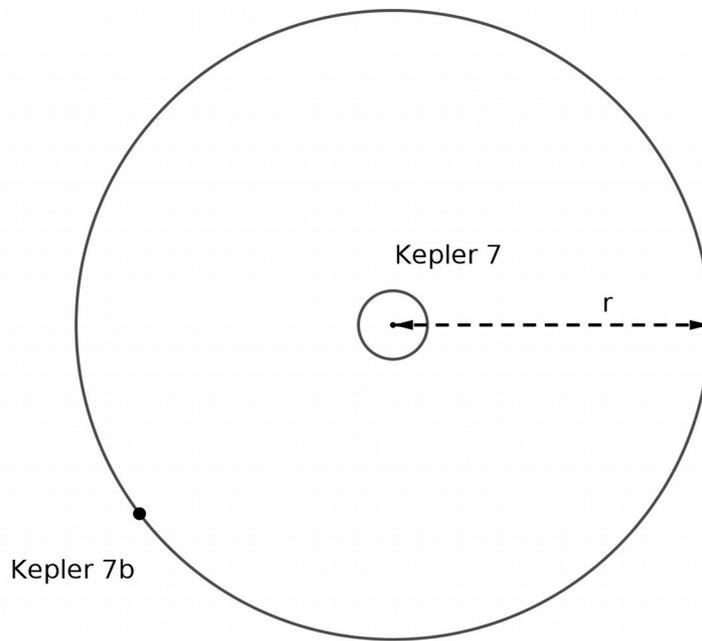


Figure 2

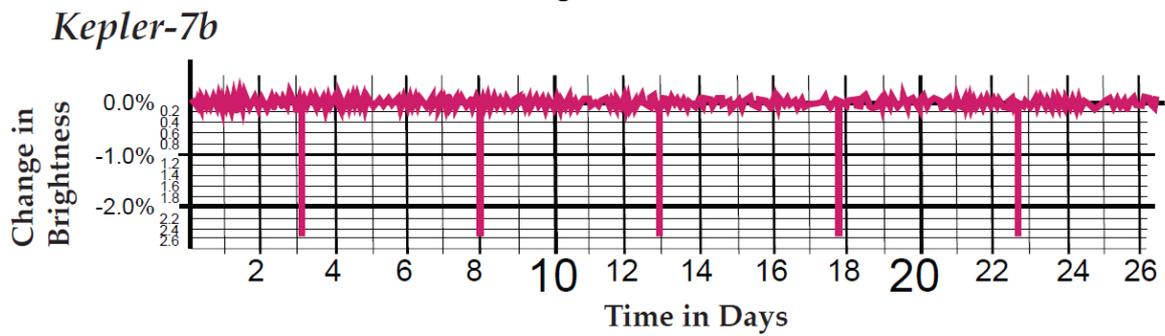


Figure 3

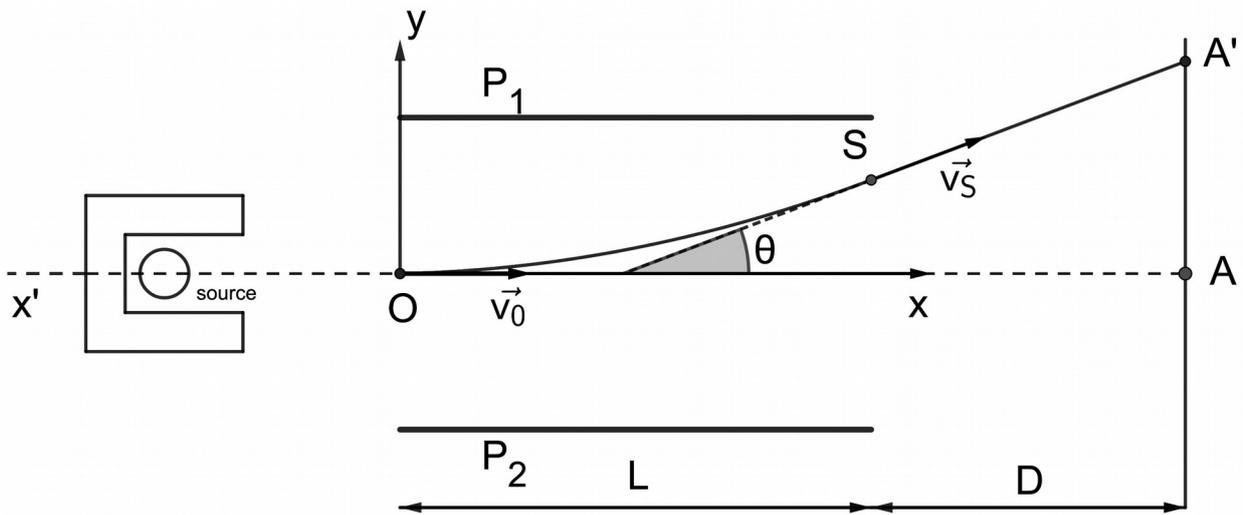


Figure 4

Table des coefficients k de Student ; n est le nombre de mesures

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k₉₅	12.71	4.30	3.18	2.78	2.57	2.45	2.37	2.31	2.26
k₉₉	63.66	9.93	5.84	4.60	4.03	3.71	3.50	3.56	3.25
n	11	12	13	14	15	16	17	18	19
k₉₅	2.23	2.20	2.18	2.16	2.15	2.13	2.12	2.11	2.10
k₉₉	3.17	2.11	3.06	3.01	2.98	2.95	2.92	2.90	2.88

Figure 5

**

BONUS : quel métal est associé à la planète Saturne ? Quelle était la particularité physique de Tycho Brahé ? Pourquoi appelle-t-on **sept**embre le neuvième mois de l'année ? 6 diamantaires taillent 6 diamants en 6 h. Combien de diamants tailleront 12 diamantaires en 12 h ? Sur quelle tapisserie célèbre figure la comète de Halley ?