

## Terminale – spécialité Physique/Chimie

### Devoir surveillé n°4 – durée : ≈ 2h

Une réponse non justifiée ne sera pas comptabilisée.

Ne rendre que les pages de figures. C'est-à-dire les 2 dernières pages. Et votre copie !

#### PHYSIQUE 1 : *shinzou wo sasageyo*<sup>1</sup> (≈ 6,5 pts)

Avant la mise au point de l'équipement de manœuvre tridimensionnelle, c'est à l'aide de canons que l'Humanité se défendait contre les Titans dans le manga l'*Attaque des Titans*<sup>2</sup>.

Le schéma de la figure 1 présente la situation : le boulet d'un canon doit atteindre la tête du Titan.  $H = 50$  m, c'est pratiquement la hauteur du mur.

Pour simplifier, on supposera que l'action de l'air sur le boulet est négligeable et que le référentiel d'étude peut être considéré comme galiléen pendant la durée de la trajectoire de ce boulet.  $g = 9,8$  m/s<sup>2</sup>

1/ Rappeler la définition d'un référentiel galiléen.

2/ Montrer que le vecteur accélération du centre de gravité du boulet peut s'écrire :  $\vec{a}_G = \vec{g}$

Dans ces conditions les équations horaires du mouvement du centre de gravité du boulet s'écrivent :

$$y = -\frac{g}{2}t^2 + v_0 \sin \alpha \times t + H \quad \text{et} \quad x = v_0 \cos \alpha \times t$$

3/ Si un boulet tombe du mur sans vitesse initiale à  $t = 0$  (défaut de surveillance d'un membre de la Garnison), montrer que l'instant auquel il atteint la hauteur  $h$  par rapport au sol est  $t_1$  tel que :

$$t_1 = \sqrt{\frac{2(H-h)}{g}}$$

4/ Calculer  $t_1$  pour  $h = 14$  m, c'est-à-dire pour la hauteur séparant le nez du Titan du sol.

Dans le cas d'un tir horizontal ( $\alpha = 0^\circ$ ), on montre (mais pas vous aujourd'hui) qu'il faut la même durée  $t_1$  pour que le boulet atteigne l'altitude  $h$ .

On cherche maintenant à atteindre la tête du Titan, situé à la distance  $D$  du mur, avec un tir horizontal.

5/ Établir l'expression de  $v_0$  en fonction de  $D$  et  $t_1$ .

6/ Calculer la valeur numérique de  $v_0$  si  $D = 200$  m.

Comprenant la situation exactement au moment où le boulet quitte la bouche du canon, le Titan décide de s'enfuir<sup>3</sup>.

Il se retourne et se met à courir dans la direction perpendiculaire au mur, en s'éloignant de celui-ci.

La question est : sera-t-il tout de même touché ?

7/ Pour répondre à cette question, établir l'équation de la trajectoire du boulet,  $y = f(x)$ . On est toujours dans le cas où  $\alpha = 0^\circ$ .

8/ En déduire l'abscisse du point d'impact du boulet et donc la distance minimale que le Titan doit mettre entre lui et le mur pour ne pas être touché.

9/ Calculer le temps de vol du boulet (il est possible d'utiliser la question 3/) et en déduire la vitesse moyenne du Titan pour échapper à ce boulet



D'après le livre *Science of Attack on Titan*, un Titan de 14 m peut atteindre une vitesse de 72 km/h.

10/ Conclusion ?

1 Offrez votre cœur

2 *Shingeki no Kyojin* par Hajime Isayama

3 Sûrement un déviant.

## PHYSIQUE 2 : ExoMoon ( $\approx 6,5$ pts)

C'est en 1995 que la première exoplanète a été découverte : une planète en orbite autour d'une autre étoile que notre Soleil.

Il est plus que probable que certaines exoplanètes possèdent une lune. On parlerait alors d'exolune, ou de lune extrasolaire.

Les dernières mesures, datant d'août 2020, présentent la planète Kepler-1625b comme susceptible de posséder une lune de la taille de Neptune.

Kepler-1625b est en orbite circulaire autour de l'étoile Kepler-1625, de masse  $M_E = 1,92 \times 10^{30}$  kg. La période de révolution de Kepler-1625b autour de l'étoile est  $T_K = 287,4$  jours. On note  $r$  le rayon de l'orbite de Kepler-1625b.

- 1/ Écrire la troisième loi de Kepler pour les orbites circulaires autour de l'étoile Kepler-1625.
- 2/ En déduire l'expression littérale puis la valeur numérique du rayon de l'orbite de Kepler-1625b.
- 3/ Convertir le résultat en ua et comparer à la distance Terre-Soleil.
- 4/ Quelle loi de Kepler permet d'affirmer que la vitesse de Kepler-1625b sur son orbite est constante ? Développer en quelques mots.
- 5/ En considérant le périmètre d'un cercle, calculer cette vitesse et l'exprimer en km/s.

Supposons l'existence d'une lune pour la planète Kepler-1625b.

Supposons également que l'excentricité de la trajectoire de cette lune soit comparable à celle de Mercure et fixons sa valeur à 0,20.

Fixons par ailleurs sa période de révolution autour de Kepler-1625b à 30 jours (un peu plus que notre Lune).

La figure 2 donne alors la trajectoire de cette exolune dans le référentiel de Kepler-1625b.

- 6/ Placer sur la figure 2, le périastre P et l'apoastre A.
- 7/ Dessiner sans souci d'échelle la force qu'exerce Kepler-1625b sur sa lune.
- 8/ Établir l'expression vectorielle de l'accélération du centre de gravité de la lune dans le référentiel centré sur Kepler-1625b.  
On notera  $M_K$  la masse de Kepler-1625b,  $M_L$  la masse de sa lune et  $d$  la distance qui les sépare. Il faudra ajouter un vecteur unitaire.
- 9/ Calculer la valeur numérique de cette accélération pour la position de la lune représentée sur la figure 2 si  $M_K = 1,84 \times 10^{26}$  kg.

### Données

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$1 \text{ ua} = 150 \times 10^9 \text{ m}$$

### PHYSIQUE 3 : time of flight ( $\approx 7$ pts)

Il est possible d'identifier des contrefaçons de médicaments en utilisant ce que vous avez étudié dans le chapitre P5/.

Supposons 2 molécules : A et B.

A est un *excipient* (un composant non essentiel) d'un médicament, B une contrefaçon de cet excipient, à bas prix mais à effet néfaste pour le consommateur.

Ces 2 molécules sont vaporisées dans une enceinte puis soumises à un bombardement d'électrons pour les ioniser : on obtient les ions  $A^+$  et  $B^+$ .

Ces ions entrent sans vitesse initiale dans une chambre d'accélération (voir figure 3) en E et sortent de cette chambre en S avec la vitesse  $v_s$ .

Ils impactent un détecteur situé à la distance  $d$  de la sortie S de la chambre d'accélération.

On négligera le poids des ions devant la force électrique.

1/ Exprimer la charge  $q$  des ions  $A^+$  et  $B^+$  en fonction de  $e = 1,60 \times 10^{-19}$  C, la charge électrique élémentaire.

Pour accélérer ces ions entre E et S, on branche un générateur délivrant la tension  $U$  entre les plaques.

2/ Quelle plaque doit être reliée à la borne 'moins' de ce générateur ?

3/ Dessiner sur la figure 3 le vecteur champ électrique dans la chambre d'accélération.

4/ Donner l'expression de l'énergie cinétique d'un ion de masse  $m$  quand il sort de la chambre d'accélération.

D'après le théorème de l'énergie cinétique,  $E_c(S) - E_c(E) = q(V_E - V_S)$

5/ En déduire que  $v_s = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$ .

6/ Si on considère que le mouvement des ions est rectiligne uniforme dans le tube de vol, exprimer le temps de vol,  $t_v$ , entre S et le détecteur en fonction de  $d$  et  $v_s$

7/ En déduire que  $m = 2eU \left(\frac{t_v}{d}\right)^2$ .

Avec  $U = 25$  kV,  $d = 1,50$  m, on obtient la série de mesures suivantes :

$t_v$ ( $\mu$ s)	6,56	6,58	6,52	6,55	6,54	6,57	6,56	6,59	6,55
------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

8/ Calculer la moyenne des ces valeurs, l'écart-type  $\sigma_{n-1}$ , l'incertitude type  $u(t_v) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$  et en utilisant la figure 4, donner l'incertitude type élargie  $U(t_v) = ku(t_v)$  où  $k$  désigne le coefficient de Student pour un niveau de confiance de 95%.

9/ Présenter finalement la mesure de  $t_v$  sous la forme :  $t_v = (\dots \pm \dots) \mu$ s

10/ Calculer  $m$ .

11/ Sachant que  $M(A) = 92,1$  g/mol et que  $M(B) = 62,1$  g/mol, l'échantillon correspond-t-il à un médicament contrefait ?

On rappelle que la masse molaire ( $M$ ) d'une espèce est la masse de  $6,02 \times 10^{23}$  entités de cette espèce.

12/ Si la longueur de la chambre d'accélération est  $\ell = 10$  cm, calculer l'intensité du champ électrique qui règne à l'intérieur de cette chambre.

13/ Vérifier que l'on avait raison de négliger le poids des ions devant la force électrique qu'ils subissent dans la chambre d'accélération.

FIGURES

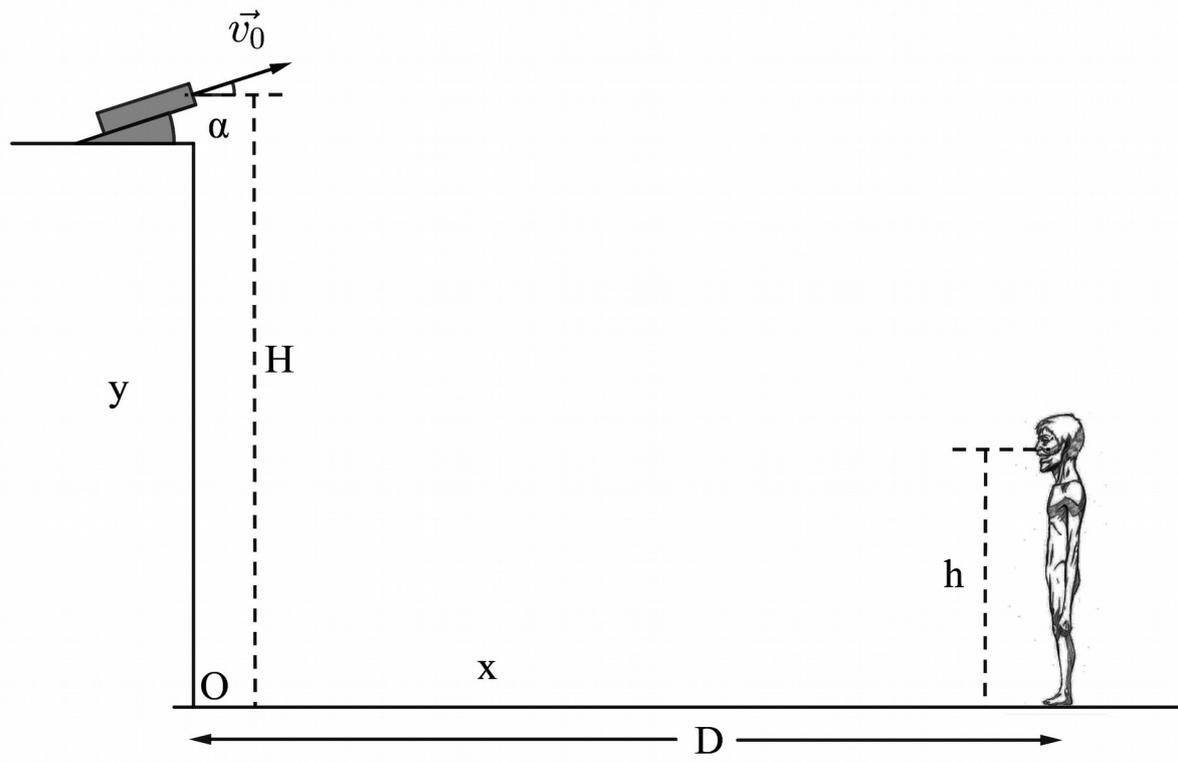


Figure 1

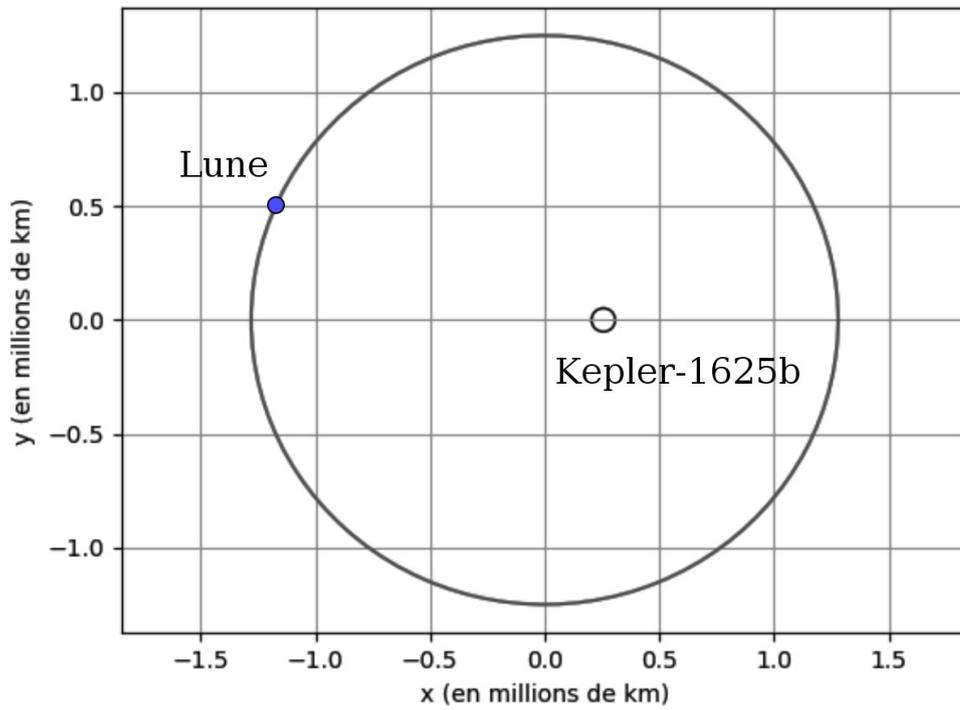


Figure 2

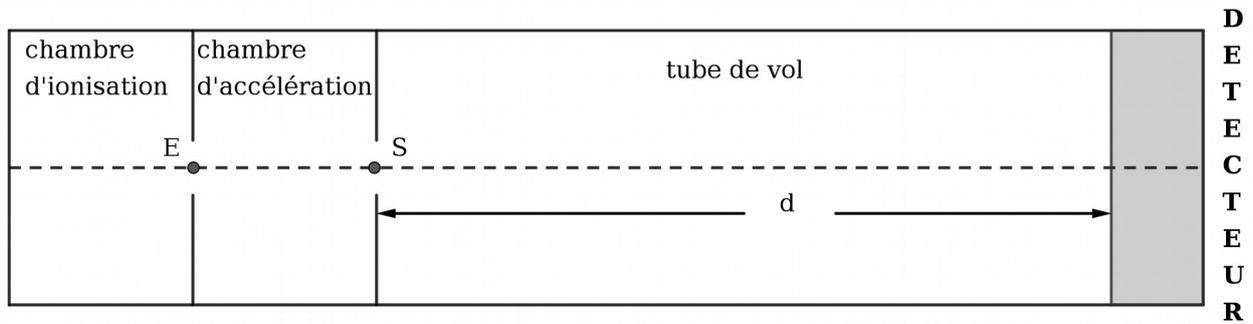


Figure 3

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

<b>n</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>k<sub>95</sub></b>	12.71	4.30	3.18	2.78	2.57	2.45	2.37	2.31	2.26
<b>k<sub>99</sub></b>	63.66	9.93	5.84	4.60	4.03	3.71	3.50	3.56	3.25
<b>n</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>
<b>k<sub>95</sub></b>	2.23	2.20	2.18	2.16	2.15	2.13	2.12	2.11	2.10
<b>k<sub>99</sub></b>	3.17	2.11	3.06	3.01	2.98	2.95	2.92	2.90	2.88

Figure 4

**BONUS** : Il n'existe que 2 éléments chimiques qui sont liquides à température ambiante : lesquels ? A 5°C près, quelle serait la température moyenne de la Terre sans l'effet de serre ? Quelle touche du clavier ne sert que dans un seul mot de la langue française ? Comment s'appelle l'étoile la plus proche de la Terre, après le Soleil ? Une carte de vœu et une enveloppe coûtent un euro et 10 centimes. La carte coûte un euro de plus que l'enveloppe. Combien coûte l'enveloppe ?