

Terminale – spécialité Physique/Chimie

Devoir surveillé n°4 – durée : environ 2h

Une réponse non justifiée ne sera pas comptabilisée

PHYSIQUE 1 : Angry Birds (8 pts)

Il s'agit de lancer des oiseaux en utilisant un lance-pierre pour détruire des cochons plus ou moins protégés par différentes structures (Voir figure 1)

Les oiseaux laissent une trace de leur trajectoire *parabolique* : on voit des points blancs apparaître à l'écran, ils matérialisent la position des oiseaux au cours du vol.

L'affichage repose sur 25 images par seconde et donc 25 points sont marqués par seconde.

Autrement dit, l'oiseau atteint le point 25 au bout d'une seconde.

On suppose que l'intensité de la pesanteur dans le jeu est $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

On étudie le mouvement d'un oiseau, supposé en **chute libre**, dans le référentiel du jeu, supposé quant à lui galiléen.

- 1/ Rappeler la définition d'une chute libre.
- 2/ Rappeler également la définition d'un référentiel galiléen.
- 3/ Montrer que dans le référentiel du jeu, l'accélération du centre de gravité de l'oiseau est $\vec{a}_G = \vec{g}$
- 4/ Établir l'équation horaire de la composante $v_y(t)$ du vecteur vitesse de l'oiseau.
- 5/ En déduire l'équation horaire de la coordonnée $y(t)$ du vecteur position de l'oiseau.
- 6/ A partir de la figure 1 et du nombre d'image par seconde, déterminer la date t_s à laquelle l'oiseau passe par le sommet S de sa trajectoire.
- 7/ En utilisant la question 4/, montrer que $t_s = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$
- 8/ En déduire la valeur de la vitesse initiale v_0 sachant que $\alpha = 59^\circ$.
- 9/ Calculer la valeur de H (voir figure 1), qui correspond à la flèche de la trajectoire.

On note x_C et y_C les coordonnées du centre de gravité du cochon.

L'équation horaire de la coordonnée horizontale du vecteur position de l'oiseau est :

$$x = v_0 \cos \alpha \times t$$

- 10/ Déterminer le lien mathématique entre x_C et y_C pour que la trajectoire de l'oiseau passe par le centre de gravité du cochon. Pour cela, il faudra établir l'équation de la trajectoire.

En utilisant un simple produit en croix et la valeur obtenue pour H en question 9/, on montre que $x_C = 17,4 \text{ m}$ et $y_C = 1,74 \text{ m}$

- 11/ En conservant un angle de 59° , calculer la valeur que doit prendre v_0 pour que la trajectoire de l'oiseau passe effectivement par le centre de gravité du cochon (on ne tient pas compte du mur de protection de l'abri).
- 12/ Déterminer la date t_{choc} correspondant à cette rencontre cochon/oiseau.

PHYSIQUE 2 : accélérateur à proton (d'après Polynésie 2020) - ($\approx 6,5$ pts)

Un proton, de charge électrique $q = +e = 1,60 \times 10^{-19}$ C et de masse $m = 1,67 \times 10^{-27}$ kg, pénètre dans un accélérateur linéaire de particules.

Voir schéma de la figure 2.

Les armatures ont une épaisseur négligeable.

A $t = 0$, le proton est situé en O et possède une vitesse initiale horizontale, dirigée selon (Ox), dans le sens positif, et de valeur $v_0 = 2,0 \times 10^3$ m/s

L'objectif est que la vitesse de ce proton soit plus grande quand il atteindra l'armature B.

Les armatures A et B sont séparées par une distance $\ell = 6,5$ cm et il règne entre elles un champ électrique de valeur $E = 10,0$ kV/m

Je rappelle que si U est la tension appliquée entre les armatures, alors $U = E\ell$

$g = 9,8$ m/s²

- 1/ Indiquer la polarité (signe + ou signe -) des armatures A et B.
- 2/ Dessiner alors le vecteur champ électrique qui existe entre ces armatures.
- 3/ Montrer qu'on peut négliger le poids du proton devant la force électrique qu'il subit.

Dans le référentiel terrestre l'accélération du centre de gravité du proton quand il est dans

l'accélérateur s'écrit : $\vec{a} = \frac{e\vec{E}}{m}$

- 4/ Montrer que l'équation horaire $v_x(t)$ de la composante selon (Ox) du vecteur vitesse du proton

est : $v_x = \frac{eE}{m}t + v_0$

- 5/ Sans calcul, comment évolue la composante $v_y(t)$?
- 6/ Justifier alors le nom d'« accélérateur linéaire » attribué à cet accélérateur.
- 7/ Établir l'équation horaire $x(t)$.
- 8/ Déterminer la date t_1 à laquelle le proton atteint l'armature B en résolvant une équation du second degré.
- 9/ En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, montrer que la variation d'énergie cinétique du proton entre les armatures A et B est de l'ordre de 10^{-16} J

Dans le LHC (Large Hadrons Collider), le plus puissant accélérateur de particules construit à ce jour, l'énergie acquise par un proton est supérieure à 2×10^{-7} J

- 10/ Comment peut-on atteindre la valeur obtenue dans le LHC ?

PHYSIQUE 3 - ($\approx 5,5$ pts)

Les premières observations de l'astéroïde **Apophis** donnaient une probabilité non négligeable d'une collision avec la Terre le vendredi 13 avril 2029. Avant de tout laisser tomber pour profiter du temps restant, il s'agit ici d'étudier quelques propriétés du mouvement d'Apophis.

La figure 3 présente l'orbite d'Apophis autour du Soleil.

La masse m d'Apophis est estimée à environ 45 millions de tonnes.

La masse du Soleil est $M_S = 2,0 \times 10^{30}$ kg

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

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

- 1/ Quel est le référentiel qui s'impose pour l'étude du mouvement d'Apophis ?
On suppose dans la suite que ce référentiel est galiléen.
- 2/ Quelle position particulière occupe le Soleil par rapport à la trajectoire d'Apophis ?
- 3/ Placer correctement l'aphélie A et le périhélie P. En déduire O, milieu du segment [AP].
- 4/ Déterminer le $\frac{1}{2}$ grand axe, a , de la trajectoire d'Apophis.
- 5/ Pour une position quelconque d'Apophis, dessiner la force d'attraction qu'il subit.
- 6/ Donner l'expression de l'intensité de cette force en fonction de la masse m d'Apophis, de la masse M_S du Soleil et de la distance r séparant les centres d'Apophis et du Soleil.
- 7/ En utilisant une méthode de votre choix, montrer sans calcul que la vitesse d'Apophis n'est pas constante.
- 8/ En utilisant la troisième loi de Kepler, calculer la période de révolution T d'Apophis en secondes puis en jours.

Le tableau de la figure 4 donne quelques valeurs obtenues pour cette période.

9/ En utilisant la figure 4, compléter le tableau de la figure 5

10/ Écrire finalement la période sous la forme $T = (\dots \pm \dots)$ jours



BONUS : quel métal est associé à la planète Saturne ? Citer une des 4 interactions fondamentales. L'une des 7 unités de base du Système International a pour symbole **cd**. Quelle est cette unité ? Quel est le nom d'usage de l'acide acétylsalicylique ? Donner les symboles des 4 bases azotées qui constituent l'ADN.

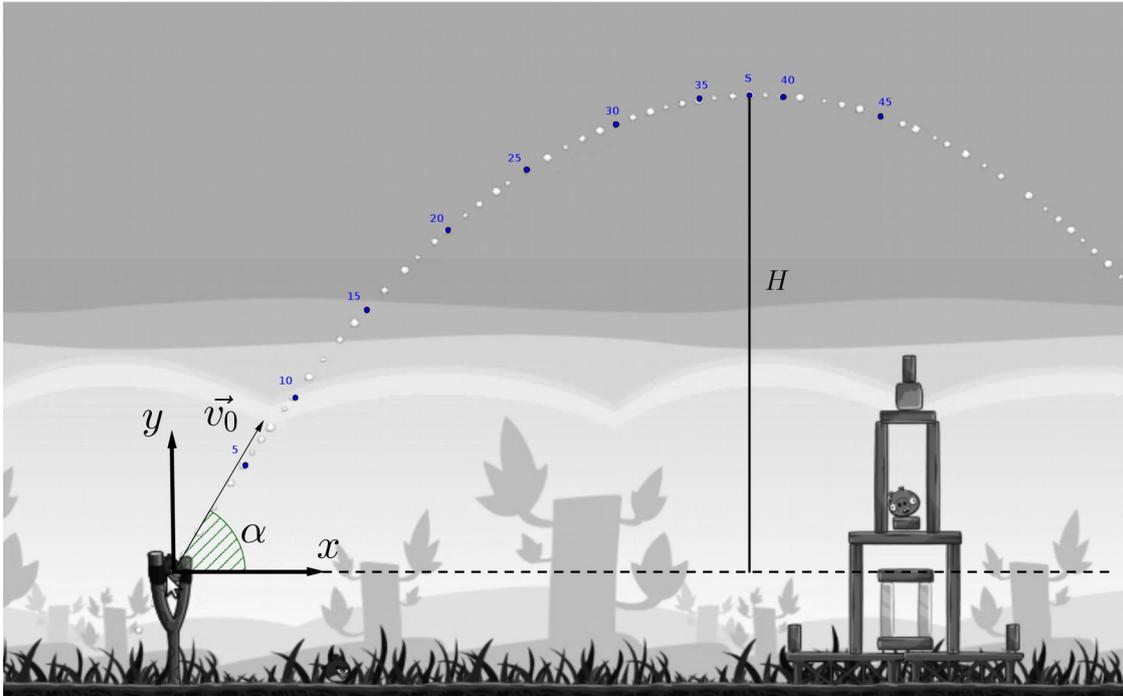


Figure 1

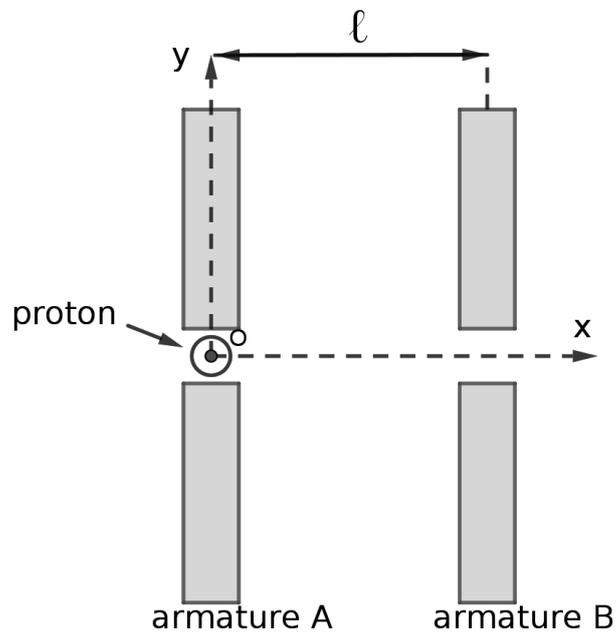


Figure 2

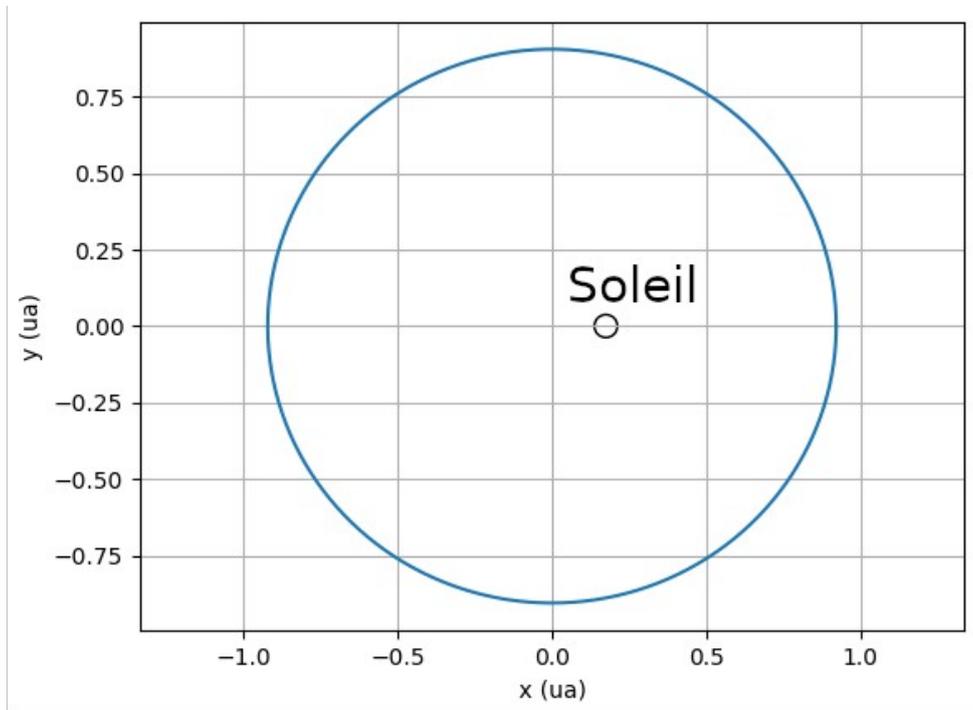


Figure 3

T (jours)	322	324	320	323	321	322	325	322
------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Figure 4

valeur moyenne de T	écart-type σ_{n-1}	incertitude-type $u = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$
.....

Figure 5