

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2014

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8

L'usage des calculatrices EST autorisé

**Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré**

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 9 pages numérotées de 1/9 à 9/9, y compris celle-ci.

**La page d'annexe (page 9) EST À RENDRE AVEC LA COPIE, même si elle n'a pas été complétée.**

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

## EXERCICE I - UN PEU DE BALISTIQUE (8 points)

Lors de fouilles préventives sur un chantier de travaux publics, on a retrouvé ce qui ressemble à une arme à feu. Il s'agit d'un ancien pistolet lance-fusées en bronze datant probablement de la première Guerre Mondiale. Il est dans un état de conservation assez remarquable.

Ce type de pistolet était très utilisé lors de cette guerre car, en plus de lancer des fusées éclairantes, il pouvait servir de moyen de communication. En effet, à l'époque très peu de moyens étaient mis à disposition des troupes : les ondes hertziennes étaient très peu utilisées et c'étaient des kilomètres de câbles téléphoniques qui devaient être déroulés pour permettre la transmission de messages divers et variés. Ainsi les pistolets signaleurs se sont avérés très utiles.



Pistolet lance-fusées (d'après www.histoire-collection.com)

### 1. Durée de visibilité de la fusée

Sur la notice des fusées éclairantes que l'on peut utiliser dans ce type de pistolet, on trouve les informations suivantes :

Cartouche qui lance une fusée éclairante s'allumant 1,0 seconde après son départ du pistolet et éclaire d'une façon intense pendant 6 secondes environ.

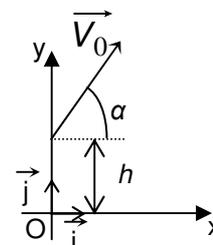
Masse de la fusée éclairante :  $m_f = 58$  g.

On se place dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Le champ de pesanteur terrestre est considéré uniforme, de valeur  $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$ .

On négligera toutes les actions dues à l'air ainsi que la perte de masse de la fusée pendant qu'elle brille et on considèrera cette dernière comme un objet ponctuel.

On définit un repère  $(O, \vec{i}, \vec{j})$  avec O au niveau du sol et tel que la position initiale de la fusée éclairante à la sortie du pistolet soit à une hauteur  $h = 1,8$  m. Le vecteur vitesse initiale  $\vec{v}_0$  est dans le plan  $(O, x, y)$  ; Ox est horizontal et Oy est vertical et orienté vers le haut.



À l'instant  $t = 0$  s, le vecteur vitesse de la fusée éclairante fait un angle  $\alpha$  égal à  $55^\circ$  avec l'axe Ox et sa valeur est  $v_0 = 50 \text{ m.s}^{-1}$ . On pourra se référer au schéma ci-contre.

**1.1.** Représenter le vecteur champ de pesanteur  $\vec{g}$  sur le schéma donné en figure 1 de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE** et tracer qualitativement l'allure de la trajectoire suivie par la fusée éclairante dans ce champ de pesanteur.

**1.2.** En utilisant une loi de Newton que l'on énoncera, déterminer les coordonnées du vecteur accélération de la fusée éclairante :  $a_x(t)$  suivant x et  $a_y(t)$  suivant y.

**1.3.** En déduire les expressions des coordonnées  $v_x(t)$  et  $v_y(t)$  du vecteur vitesse de la fusée éclairante et montrer que les équations horaires du mouvement de la fusée s'écrivent  $x(t) = v_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t$  et  $y(t) = -\frac{g}{2} t^2 + v_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot t + h$  avec t en seconde,  $v_0$  en mètre par seconde et  $x(t)$ ,  $y(t)$  et h en mètre.

**1.4.** Déterminer la valeur de la durée du vol de la fusée éclairante.

On rappelle qu'une équation du second degré de la forme  $ax^2 + bx + c = 0$  admet deux solutions

$$x_1 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a} \text{ et } x_2 = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a} \text{ si } \Delta = b^2 - 4ac \text{ est positif.}$$

1.5. Calculer l'altitude à partir de laquelle la fusée commence à éclairer puis l'altitude à laquelle elle s'arrête. Ces valeurs paraissent-elles adaptées au but recherché ?

## 2. Pour aller un peu plus loin

Par souci de simplification, on ne considère que le système {pistolet – fusée} et on s'intéresse à sa quantité de mouvement. La masse du pistolet à vide est  $m_p = 0,98$  kg.

2.1. Exprimer la quantité de mouvement totale  $\vec{p}_0$  du système {pistolet – fusée} avant que la fusée ne quitte le pistolet puis montrer que celle-ci est équivalente au vecteur nul.

### 2.2. Éjection de la fusée

2.2.1. Que peut-on dire de la quantité de mouvement totale du système {pistolet – fusée} si l'on considère ce système comme un système isolé au cours de l'éjection de la fusée du pistolet ?

2.2.2. En déduire dans ce cas l'expression vectorielle de la vitesse  $\vec{v}_p$  de recul du pistolet juste après l'éjection de la fusée en fonction de la masse du pistolet  $m_p$ , de la masse de la fusée  $m_f$  et du vecteur vitesse initiale de la fusée  $\vec{v}_0$ .

2.2.3. La valeur réelle de la vitesse est beaucoup plus faible que la valeur que l'on obtient à la question précédente. Pourquoi observe-t-on une telle différence ? Justifier la réponse.

## EXERCICE II - NETTOYAGE EN ARCHÉOLOGIE (7 points)

Les parties 1. et 2. sont totalement indépendantes.

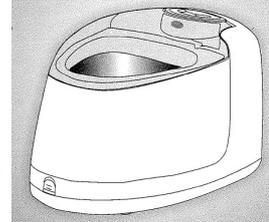
### Partie 1 : Les ultrasons au service du nettoyage

On trouve dans le commerce des appareils de nettoyage utilisant des ultrasons. Le document 1 décrit la première page de la notice d'un exemple d'appareil de ce type.

#### Document 1 : notice simplifiée d'un appareil de nettoyage à ultrasons

##### Descriptif :

- réservoir amovible en acier inoxydable
- fréquence des ultrasons 42 kHz à  $\pm 2\%$
- nettoyage facile des objets immergés dans l'eau sous l'effet des ultrasons
- utiliser de préférence de l'eau fraîchement tirée du robinet.



Référence : nettoyeur à ultrasons CD-3900

### 1. Étude des ultrasons

Données : - célérité des ultrasons dans l'air :  $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$  à 25 °C.  
- célérité des ultrasons dans l'eau :  $v' = 1500 \text{ m.s}^{-1}$ .

On souhaite étudier les ultrasons émis par l'appareil décrit dans le document 1. Pour cela, on isole l'émetteur E à ultrasons de cet appareil et on visualise le signal émis à l'aide d'un capteur relié à la voie 1 d'un oscilloscope. Les mesures sont faites dans l'air à la température de 20 °C. On obtient le signal  $u_E$  suivant :

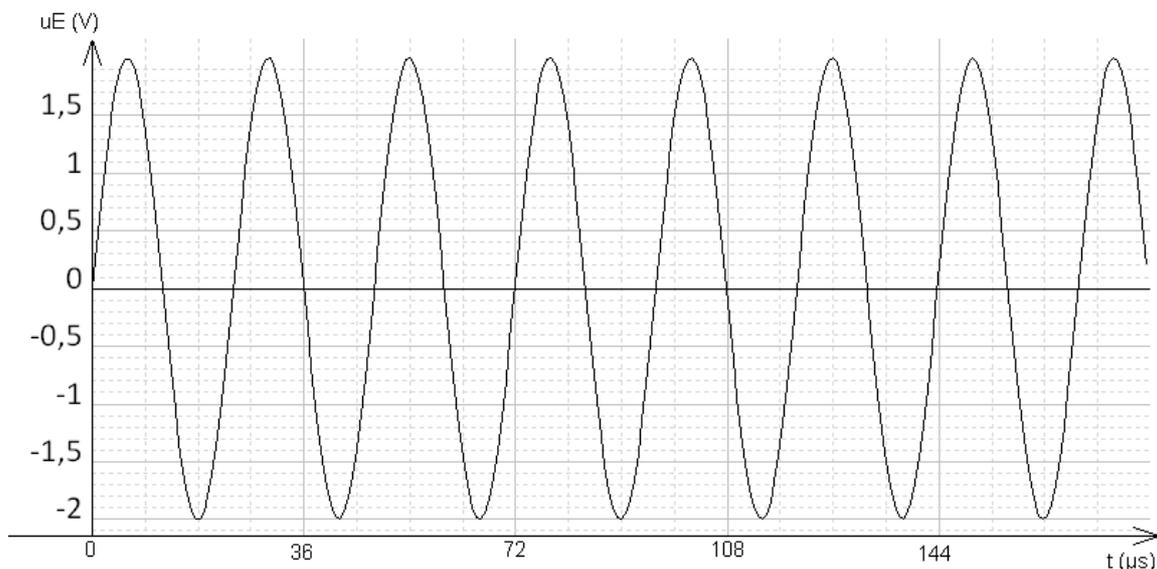


Figure 1

1.1. Déterminer la période  $T$  du signal représenté sur la **figure 1**. Expliquer la méthode.

1.2. En déduire la fréquence  $f$  des ultrasons. Comparer avec la valeur de référence.

1.3. On souhaite déterminer la longueur d'onde  $\lambda$  des ultrasons. Pour cela, on visualise à la fois le signal émis par l'appareil et appliqué sur la voie 1 d'un oscilloscope et le signal  $u_R$  reçu par un récepteur R à ultrasons connecté sur la voie 2 de cet oscilloscope. On part d'une situation où les signaux délivrés par l'émetteur E et par le récepteur R placé en face sont en phase. On s'aperçoit que lorsque l'on éloigne le récepteur R tout en restant en face de l'émetteur fixe E, la courbe qui correspond au récepteur se décale vers la droite. Les signaux obtenus sont représentés sur la **figure 2** lorsque les courbes reviennent pour la

première fois en phase. On détermine la distance dont on a déplacé le récepteur R lorsque l'on obtient la **figure 2** page suivante, et on mesure 8 mm.

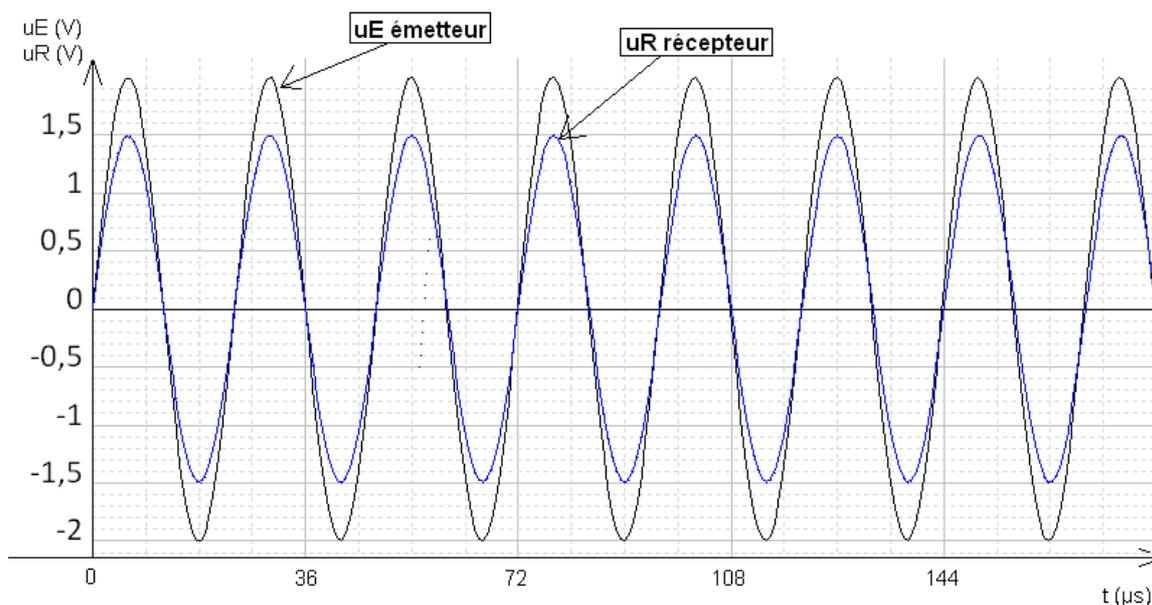


Figure 2

1.3.1. Définir la valeur de la longueur d'onde  $\lambda$ .

1.3.2. Déterminer la longueur d'onde  $\lambda$  à partir de l'expérience précédente. Que peut-on faire pour augmenter la précision de la mesure ?

1.3.3. Calculer la célérité  $v$  des ondes ultrasonores dans l'air. Expliquer un écart éventuel avec la valeur attendue.

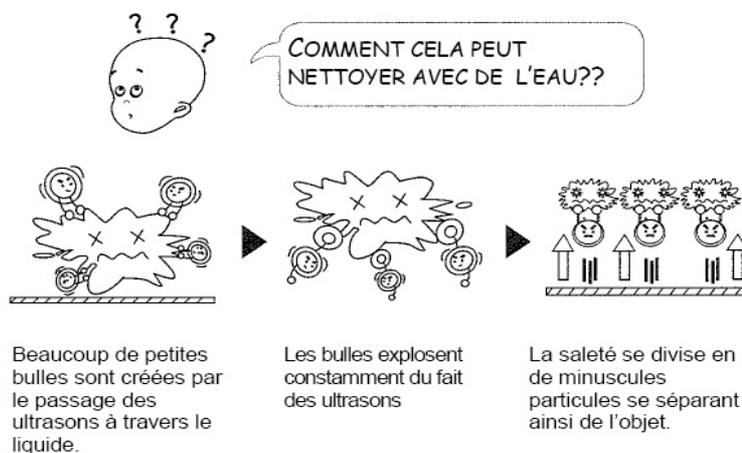
1.4. En utilisation normale de l'appareil, la longueur d'onde des ultrasons est différente de la valeur obtenue à la question 1.3.2. et vaut 4 cm. Expliquer cette différence.

## 2. Étude du nettoyage

### Document 2 : Comment cela fonctionne ?

Le bain à ultrasons est composé d'une cuve contenant de l'eau dans lequel sont plongées les pièces à nettoyer. Sur les parois, un transducteur à ultrasons génère des phases successives de compression et dépression dans le liquide qui se propagent de proche en proche dans le liquide. Des microbulles apparaissent, on appelle ce phénomène la « cavitation acoustique ». L'implosion<sup>1</sup> de ces bulles, pendant la phase de compression, crée des turbulences qui détachent les impuretés de la pièce à nettoyer.

#### Processus d'élimination de la saleté



<sup>1</sup> Implosion : écrasement brutal d'un corps creux sous l'effet d'une pression extérieure supérieure à la pression intérieure.

2.1. Les ondes ultrasonores sont-elles des ondes mécaniques ?

2.2. Choisir parmi les grandeurs suivantes celle qui permet de différencier les ondes ultrasonores et les ondes sonores.

Niveau d'intensité sonore - timbre - fréquence - vitesse de propagation dans le même milieu à la même température.

## Partie 2 : Nettoyage chimique

On souhaite nettoyer des pièces de monnaie en utilisant du vinaigre blanc de degré 8 °. Le vinaigre blanc est une solution d'acide éthanóique de concentration molaire  $C_o$  et le degré de vinaigre est la masse d'acide éthanóique contenue dans 100 grammes de vinaigre. Les pièces en argent et en or ne sont pas altérées par l'acide éthanóique. Il en est de même pour le cuivre. En revanche, les acides réagissent sur les métaux comme le fer, le zinc, le nickel, l'aluminium et ils attaquent les oxydes métalliques.

3. Dessiner la formule développée de l'acide éthanóique en justifiant la chaîne carbonée et le groupe caractéristique représentés.

4. Écrire l'équation de la réaction chimique de l'acide éthanóique avec l'eau.

5. On souhaite vérifier le degré d'acidité du vinaigre. Pour cela on dose  $V_A = 10,0$  mL de vinaigre dilué dix fois avec une solution d'hydroxyde de sodium de concentration  $C_B = 0,100$  mol.L<sup>-1</sup>. On ajoute au vinaigre dilué quelques gouttes de phénolphtaléine.

5.1. Rédiger avec précision le protocole à mettre en œuvre pour diluer le vinaigre.

5.2. À quoi sert la phénolphtaléine ?

5.3. À l'équivalence, on obtient un volume d'hydroxyde de sodium ajouté  $V_{Béq} = 13,3$  mL : le titrage effectué donne-t-il un résultat qui valide l'inscription sur l'étiquette du vinaigre blanc concernant le degré d'acidité ? On indiquera clairement la démarche utilisée.

4. Certaines pièces anciennes contenant du fer, de l'aluminium ou du nickel, il est préférable de ne pas les nettoyer avec du vinaigre. Donner l'une des raisons qui peuvent justifier ce conseil en appuyant votre affirmation par l'équation de la réaction chimique correspondante.

Données :

- Couples acide / base :

acide éthanóique / ion éthanóate ; ion oxonium / eau  $H_3O^+ / H_2O$

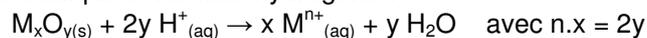
- Couples oxydant-réducteur :  $Fe^{2+} / Fe$  ;  $Al^{3+} / Al$  ;  $Ni^{2+} / Ni$

- Densité du vinaigre : environ 1

- Masses molaires atomiques en g.mol<sup>-1</sup> : carbone 12,0, hydrogène 1,0 et oxygène 16,0

- Réaction entre un métal M et les ions  $H^+$  :  $M_{(s)} + n H^+_{(aq)} \rightarrow M^{n+}_{(aq)} + n/2 H_{2(g)}$

- Réaction entre un oxyde métallique et les ions hydrogène :



### EXERCICE III - COMMENT RESTAURER UN CANON ANCIEN ? (5 points)

Après des siècles d'immersion dans l'eau de mer, les canons se recouvrent de concrétions marines formant une carapace très dure de quelques centimètres d'épaisseur appelée la « gangue ». Pour restaurer un canon ancien, une entreprise spécialisée réalise la première étape du traitement, une électrolyse d'environ 700 heures, en imposant un courant électrique constant de 7,5 ampères. Le canon, plongé dans un grand bain d'eau salée, constitue la cathode de l'électrolyseur : il apparaît à sa surface un dégagement de gaz qui comprime la gangue, et il devient progressivement possible de séparer celle-ci de la surface du canon. Le fait de restaurer le canon en retirant la gangue a pour conséquence de le rendre de nouveau sensible à la corrosion.



#### Document 1. Couples redox

Couple	Oxydant	Réducteur
$\text{Cl}_{2(\text{g})} / \text{Cl}^{-}_{(\text{aq})}$	dichlore (gaz toxique)	ion chlorure
$\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} / \text{Fe}_{(\text{s})}$	ion fer II	métal fer
$\text{H}_2\text{O} / \text{H}_{2(\text{g})}$	eau	dihydrogène (gaz inflammable)
$\text{O}_{2(\text{g})} / \text{H}_2\text{O}$	dioxygène	eau

#### Document 2. Principe de l'électrolyse

L'électrolyse est un processus au cours duquel de l'énergie électrique est convertie en énergie chimique. Les deux électrodes (conductrices), plongées dans une solution appelée électrolyte, sont reliées aux bornes d'un générateur de courant électrique. La cathode est l'électrode reliée au pôle négatif du générateur, et l'anode l'électrode reliée au pôle positif du générateur.

L'intensité  $I$  du courant électrique peut s'exprimer en fonction de la charge électrique  $Q$  qui traverse le circuit

pendant une durée  $\Delta t$  :  $I = \frac{Q}{\Delta t}$ .

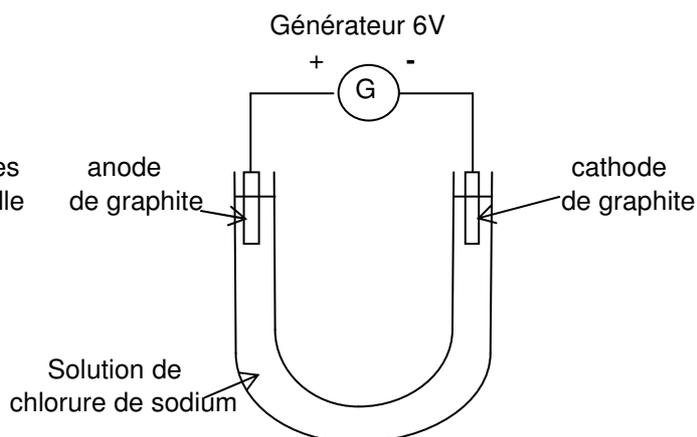
Dans le système international,  $I$  s'exprime en ampère (A),  $Q$  en coulomb (C) et  $\Delta t$  en seconde (s).  
Une mole d'électrons possède une charge électrique  $q = 9,65 \times 10^4$  C.

D'après : <http://www.lenntech.fr/electrolyse.htm>

### Document 3. Electrolyse d'une solution de chlorure de sodium au laboratoire

On réalise le montage ci-contre :

- dès que le courant passe, on observe un dégagement gazeux aux deux électrodes ;
- après quelques minutes, on ajoute quelques gouttes de phénolphtaléine à la cathode : elle devient rose ;
- de même, quand on ajoute une goutte d'indigo dans le compartiment anodique, on observe qu'il se décolore.



### Question : rapport de sécurité

À partir des documents fournis et de vos connaissances personnelles, produire un « rapport de sécurité » afin d'attirer l'attention du chef d'entreprise de l'usine de restauration sur les risques encourus. Le rapport devra décrire et expliquer en une dizaine de lignes environ et à l'aide d'un schéma, le dispositif permettant de réaliser la restauration du canon en justifiant vos arguments. Vous déterminerez le volume d'un gaz dégagé au cours de cette restauration.

### Données :

- L'eau salée contient des ions sodium  $\text{Na}^+$  et des ions chlorure  $\text{Cl}^-$ .
- Les ions sodium ne réagissent ni à la cathode ni à l'anode.
- Le volume molaire (volume d'une mole de gaz) est de  $V_m = 24,0 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$  dans les conditions de l'électrolyse.
- La demi-équation électronique du couple  $\text{H}_2\text{O} / \text{H}_2$  est :  $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2 \text{HO}^-$
- Les ions hydroxyde  $\text{HO}^-$  sont corrosifs.
- La phénolphtaléine est incolore pour un  $\text{pH} < 8,2$  ; elle est rose pour un  $\text{pH} > 10$ .
- Une solution aqueuse de dichlore décolore l'indigo.
- On admet qu'au niveau de chaque électrode il ne se produit qu'une seule réaction chimique en même temps.

ANNEXE DE L'EXERCICE I

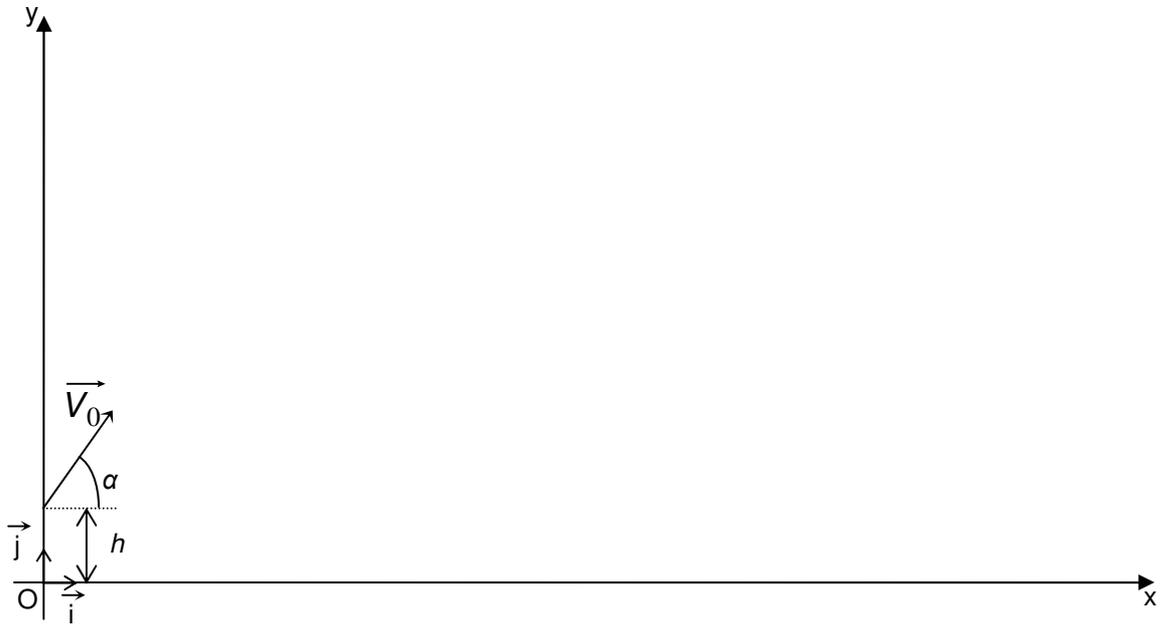


Figure 1 : Trajectoire de la fusée éclairante