EXERCICE II : L'ÉLÉMENT 117 S'AJOUTE AU TABLEAU PÉRIODIQUE (5 points)
BAC S 2011 Polynésie

Pour synthétiser l'élément chimique de numéro atomique 117, des physiciens ont projeté des noyaux de calcium sur une cible de berkélium.
Les textes encadrés s'inspirent d'un article paru dans le numéro 442 de juin 2010 du mensuel « La Recherche ».

Données :

- Célérité de la lumière : $c = 3{,}00\times10^{8}$ m.s^{-1}
- L'électron-volt : 1 eV = $1{,}602\times10^{-19}$ J
- Unité de masse atomique : 1 u = $1{,}66054\times10^{-27}$ kg

On rappelle que la constante radioactive λ et le temps de demi-vie $t_{1/2}$ sont reliés par la relation : $\lambda = \dfrac{\ln 2}{t_{1/2}}$.

Éléments	berkélium	californium	ununpentium	ununhexium	ununseptium
Symbole	Bk	Cf	Uup	Uuh	Uus
Numéro atomique Z	97	98	115	116	117

Particule	électron	positon	neutron	proton
Symbole	$^{0}_{-1}e$	$^{0}_{1}e$	$^{1}_{0}n$	$^{1}_{1}p$
Masse (u)	0,000 55	0,000 55	1,008 66	1,007 28

1. Étude du projectile : le noyau de calcium 48

Pour optimiser la création de noyaux lourds, les physiciens [...] ont choisi pour projectile un faisceau de calcium 48, un isotope rare du calcium comprenant 20 protons et 28 neutrons.

1.1. À quelles conditions dit-on que deux noyaux sont isotopes ?

1.2. La masse du noyau de calcium 48 est m_{noyau} = 47,941 6 u.
Exprimer son défaut de masse Δm en fonction de sa masse m_{noyau}, de celles m_p d'un proton et m_n d'un neutron, ainsi que de son numéro atomique Z et de son nombre de masse A. Calculer Δm en l'exprimant en unité de masse atomique u.

1.3. En déduire, en MeV, l'énergie de liaison E_l du noyau de calcium 48 puis son énergie de liaison par nucléon E/A.

2. Étude de la cible de berkélium 249

La première étape de la synthèse de l'élément 117 a consisté en la fabrication du berkélium : un mélange de curium et d'américium a été irradié durant 250 jours par un intense flux de neutrons [...]. Il a fallu ensuite 90 jours pour séparer et purifier les 22 milligrammes de berkélium produits. [...] Ce précieux élément, déposé sur un film de titane, [...] a été soumis, 150 jours durant, au flux de calcium. « Il fallait faire vite, selon Hervé Savajols, chercheur au Grand Accélérateur national d'ions lourds (GANIL), car l'isotope du berkélium utilisé ayant une période de 320 jours, à la fin de l'expérience, il ne restait que 70% du berkélium initial ».

2.1. On donne l'équation incomplète de la désintégration du noyau de berkélium 249 :

$$^{249}_{97}\text{Bk} \longrightarrow {}^{249}_{98}\text{Cf} + \ldots\ldots$$

En précisant les lois de conservation utilisées, identifier la particule émise.
De quel type de radioactivité s'agit-il ici ?

2.2. La période radioactive peut aussi être appelée temps de demi-vie, noté $t_{1/2}$. Définir le temps de demi-vie.

2.3. Décroissance radioactive de la cible :

2.3.1. Rappeler l'expression de la loi de décroissance radioactive, en faisant intervenir la constante radioactive λ. On note N_0 le nombre initial de noyaux de berkélium et N le nombre de noyaux restants à la date t.

2.3.2. Exprimer le rapport $\frac{N}{N_0}$ en fonction de la date t et de la demi-vie $t_{1/2}$.

2.3.3. Sachant que le bombardement de la cible de berkélium a duré 150 jours, vérifier l'affirmation : *« À la fin de l'expérience, il ne restait que 70% du berkélium initial »*.

2.4. Activité de la source de berkélium de masse égale à 22 mg :

2.4.1. Déterminer le nombre initial N_0 de noyaux de berkélium 249 dans l'échantillon produit sachant que la masse d'un atome de berkélium 249 est $m_{atome} = 4{,}136 \times 10^{-25}$ kg.

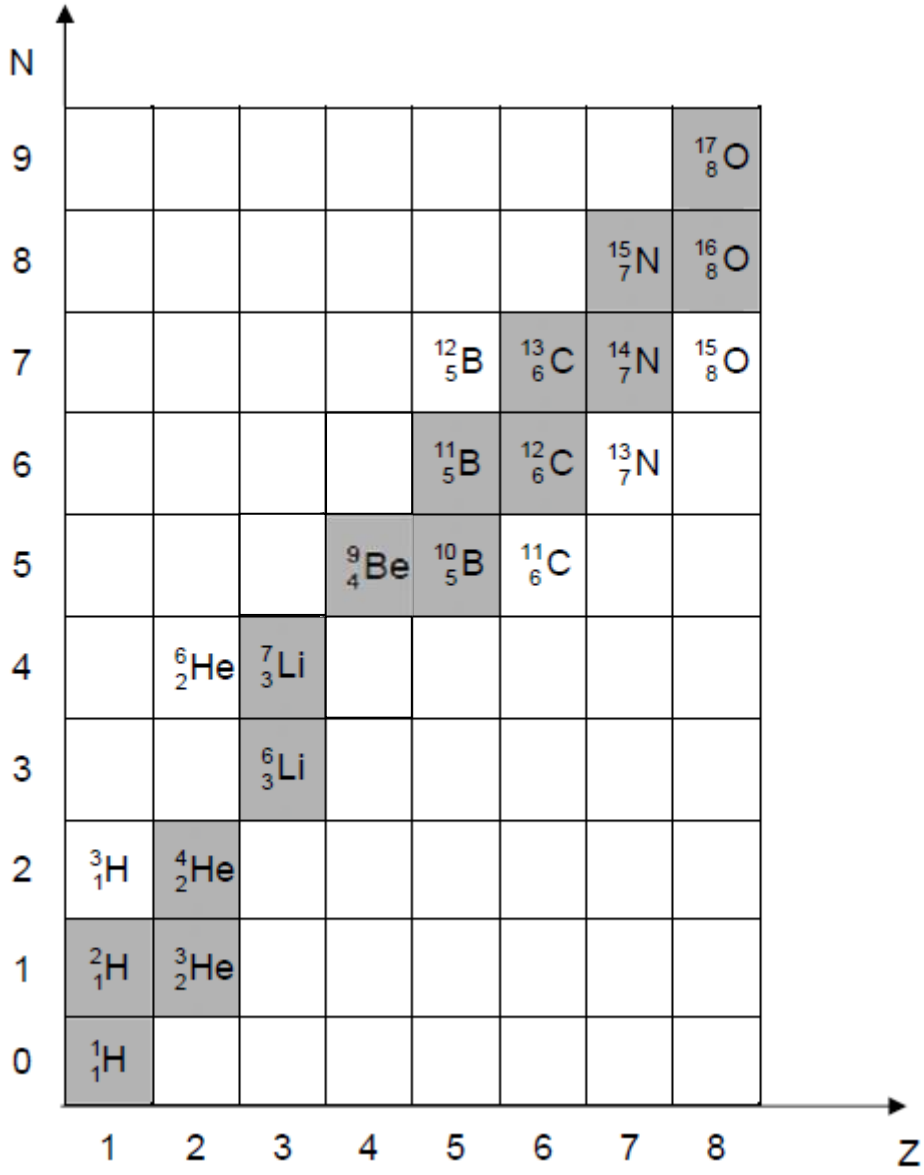
2.4.2. Exprimer l'activité initiale A_0 de l'échantillon de berkélium 249 en fonction de N_0 et $t_{1/2}$. La calculer en becquerel.

3. Stabilité des noyaux

Six noyaux de l'élément 117 ont été produits. Ces noyaux se sont désintégrés après une fraction de seconde en noyaux plus légers en émettant des particules α (noyaux d'hélium), ce qui a permis de mesurer les périodes de cet élément lourd.

3.1. Écrire l'équation de la désintégration d'un noyau d'ununseptium 293, de symbole $^{293}_{117}\text{Uus}$. Le noyau fils obtenu lors de cette transformation n'est pas dans un état excité.

3.2. On se propose d'étudier la stabilité des noyaux les plus légers, celle des noyaux les plus lourds n'étant que très relative. On fournit ci-dessous un fragment du diagramme (N, Z) présentant quelques noyaux parmi les plus légers.
3.2.1. Quel type de désintégration n'a pas été encore évoqué dans cet exercice ?
3.2.2. Dans le fragment de diagramme (N, Z) ci-dessous, les noyaux stables sont représentés dans une case grise. Choisir un noyau instable concerné par le type de désintégration évoqué dans la question 3.2.1. et écrire l'équation correspondante. On supposera que le noyau fils obtenu n'est pas dans un état excité.



EXERCICE III : DU CLAIRON À LA TROMPETTE (4 points)
BAC S 2011 Polynésie Spécialité

Les deux textes encadrés s'inspirent d'extraits tirés du livre « La physique buissonnière » de Jean-Michel Courty et Edouard Kierlik.

Données : quelques notes et leur fréquence.

Note	do	ré	mi	fa	sol	la	si
Fréquence (Hz)	262	294	330	349	392	440	494

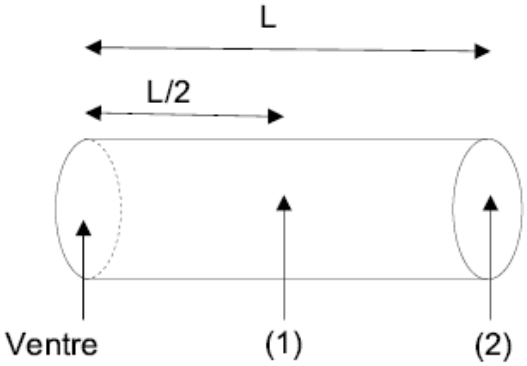
1. Le clairon.

Le clairon est un tube conique replié sur lui-même, long d'environ 1,2 m. Sa fréquence fondamentale est de 131 Hz, mais la note correspondante est difficile à produire. En ajustant la tension de ses lèvres, le musicien peut en revanche jouer les harmoniques successifs à 262 Hz, 393 Hz ...



1.1. Modes de vibration du clairon :
1.1.1. Quelles sont les deux premières notes que l'on peut aisément jouer avec le clairon ?
1.1.2. Comment peut-on qualifier les modes de vibrations correspondants ?

1.2. On peut représenter le clairon par un tuyau ouvert aux deux extrémités (voir schéma ci-dessous). Les effets du bec et du pavillon sont alors à prendre en compte.



La fréquence fondamentale f est égale à $\frac{v}{2L}$, où v est la vitesse de propagation du son dans l'air et L la longueur du tuyau.

1.2.1. Déterminer la longueur L du tuyau équivalent au clairon étudié.
On prendra v = 340 $m.s^{-1}$.

1.2.2. Dans le cas où la fréquence est égale à la fréquence fondamentale f, préciser pour chacune des positions (1) et (2) dans ce tuyau, s'il s'agit d'un nœud de vibration ou d'un ventre de vibration.

1.2.3. En déduire la longueur d'onde λ correspondant à la fréquence fondamentale f.

2. La trompette.

Dans une trompette, un piston actionné bouche le tuyau principal et ouvre une dérivation vers une coulisse. L'onde sonore doit ainsi parcourir une longueur de tube supplémentaire, ce qui abaisse la hauteur de la note jouée. La trompette a trois pistons, qui libèrent des coulisses de longueurs égales respectivement à environ 6, 12 et 18 pour cent de la longueur du corps principal.
[...] Par combinaisons, on produit six notes supplémentaires (d'un demi-ton à trois tons), les six notes qui manquaient à notre clairon entre la première et la seconde !



2.1. Longueur du tube et note jouée :

2.1.1. Nommer la grandeur physique qui mesure la hauteur d'un son.

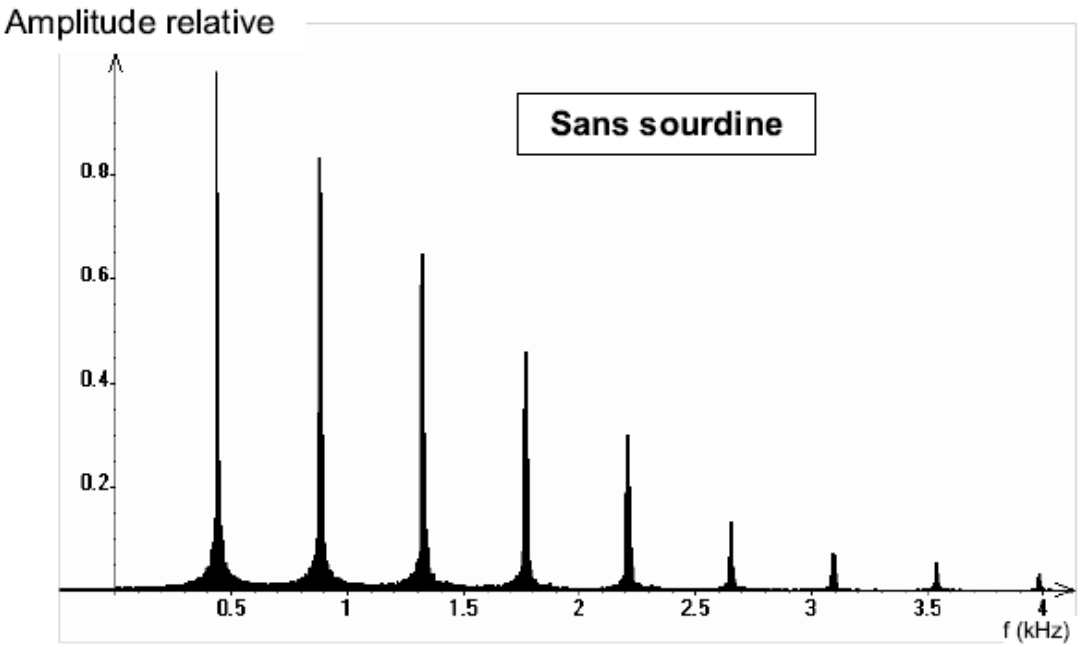
2.1.2. Dans le texte ci-dessus on précise le lien entre la longueur du tube et la hauteur de la note jouée. Cette information est-elle cohérente avec la relation fournie dans la question 1.2. ? Justifier.

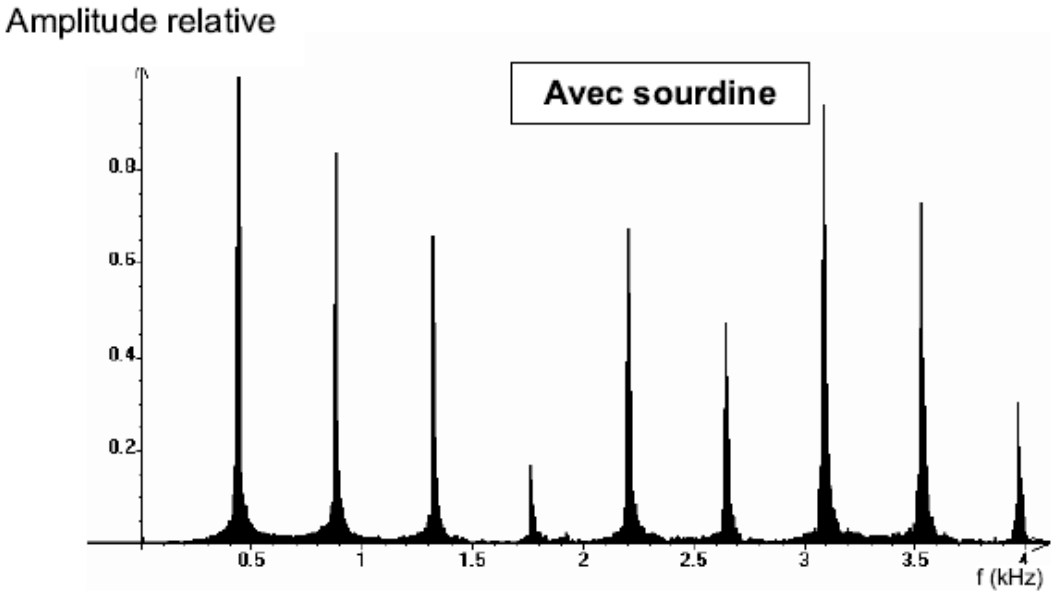
2.1.3. Sans agir sur aucun piston, on joue un sol. En enfonçant l'un des pistons, la nouvelle longueur L' de la colonne d'air est liée à sa longueur initiale L par la relation L' = 1,12.L.
Quelle est alors la fréquence f ' du son émis? À quelle note correspond-elle ?

2.2. Une trompette peut être munie d'une sourdine. Cette dernière réduit la transmission d'énergie à l'air ambiant.

2.2.1. Quelle grandeur caractéristique du son émis par la trompette voit sa valeur alors diminuée ?

2.2.2. On propose ci-dessous les spectres de deux sons émis par une trompette avec et sans sourdine.





En comparant les deux spectres, préciser en justifiant :

- si la trompette émet la même note dans les deux cas ;
- quelle autre grandeur caractéristique d'un son est également modifiée par la sourdine.

Bac S 2011 Polynésie

EXERCICE 1 : DEUX DÉTARTRANTS POUR CAFETIÈRES ÉLECTRIQUES (7 points)

Deux produits différents peuvent être utilisés pour détartrer les cafetières électriques. Le premier, se présentant sous forme de poudre, est de l'acide citrique. Le mode d'emploi pour un détartrage est le suivant :

- *Diluer complètement la poudre détartrante dans 1/2 litre.*
- *Verser la solution dans le réservoir d'eau et mettre en marche l'appareil.*
- *Après écoulement de la moitié de la solution, arrêter l'appareil et laisser agir trente minutes.*
- *Remettre en marche pour l'écoulement du reste de la solution.*
- *Effectuer 3 rinçages successifs à l'eau claire.*

Le deuxième détartrant est une poudre à base d'acide sulfamique. Son mode d'emploi ne diffère de celui du premier que par le temps d'action, réduit à dix minutes.

Données : *masse molaire de l'acide citrique : $M_1 = 192$ g.mol^{-1}.*
masse molaire de l'acide sulfamique : $M_2 = 97{,}0$ g.mol^{-1}

1. Fabrication de la solution détartrante n°1

1.1. L'utilisation du verbe «diluer» dans le mode d'emploi du détartrant est-elle pertinente ? Justifier.

1.2. La masse m_1 d'acide citrique utilisée pour obtenir le volume $V_1 = 0{,}50$ L de solution détartrante est égale à 20 g.
Calculer la concentration molaire c_1 en acide citrique de la solution détartrante n°1.

2. Comportement des deux acides dans l'eau

On considère une solution d'acide citrique S_1 et une solution d'acide sulfamique S_2 de même concentration molaire en soluté apporté $C = 1{,}00 \times 10^{-2}$ mol.L^{-1} et de même volume $V = 1{,}00$ L. À 25 °C, on mesure un pH de valeur 2,6 pour S_1 et de valeur 2,0 pour S_2.

2.1. Réaction d'un acide avec l'eau :

2.1.1. Définir un acide selon Brønsted.

2.1.2. Écrire l'équation de la réaction d'un acide AH avec l'eau.

2.2. En utilisant un tableau d'avancement, établir l'expression du taux d'avancement final τ de la réaction de l'acide AH avec l'eau en fonction du pH de la solution et de la concentration molaire c.

2.3. On note A_1H l'acide citrique et A_2H l'acide sulfamique. Calculer les taux d'avancement final, notés respectivement τ_1 et τ_2, de chacune des réactions associées aux transformations donnant les solutions S_1 et S_2. Commenter les résultats obtenus.

3. Étude du couple acide citrique / ion citrate

3.1. En conservant la même notation A_1H pour l'acide citrique, donner l'expression de la constante d'acidité Ka_1 du couple acide citrique / ion citrate.

3.2. À partir du tableau d'avancement, calculer la valeur de la constante Ka_1 du couple de l'acide citrique, puis celle de son pKa_1.

3.3. Quelle forme, acide ou basique, de l'acide citrique prédomine dans la solution S_1 ? Justifier.

4. Titrage de l'acide sulfamique dans la solution détartrante n°2

Pour déterminer la masse d'acide sulfamique contenue dans la poudre du deuxième détartrant, on procède à un titrage pH-métrique.
Pour cela, on dissout une masse m = 1,00 g de ce détartrant dans de l'eau déminéralisée pour obtenir une solution S de volume V = 100,0 mL.
Une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium, de formule $(Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)})$et de concentration $c_B = 0{,}200\ mol.L^{-1}$ permet de doser un volume V' = 20,0 mL de la solution S.
Les résultats expérimentaux sont les suivants :

- Volume de solution d'hydroxyde de sodium versée à l'équivalence :
  VBE = 9,8 mL
- pH à l'équivalence : $pH_E = 7{,}1$

4.1. En notant A_2H l'acide sulfamique, écrire l'équation de la réaction support du dosage.

4.2. Définir l'équivalence d'un titrage.

4.3. Détermination de la masse d'acide sulfamique contenue dans la poudre détartrante :

4.3.1. Établir l'expression littérale de la concentration c_A en acide sulfamique dissous en fonction de c_B, V_{BE} et V'. Calculer c_A.

4.3.2. Déterminer la masse m_A d'acide sulfamique contenu dans m = 1,00 g de détartrant.

4.4. Un sachet de détartrant n°2 contient 20 g de p oudre à diluer dans 0,50 L d'eau.

4.4.1. Déduire de ce qui précède, la masse m_2 d'acide sulfamique contenue dans 20 g de poudre détartrante.

4.4.2. Calculer la concentration molaire c_2 en acide sulfamique dans la solution ainsi préparée.

5. Pourquoi des temps d'action différents pour les deux solutions détartrantes ?

Le tartre est du carbonate de calcium $CaCO_{3(s)}$*. La réaction chimique du carbonate de calcium avec les ions oxonium des solutions détartrantes peut être modélisée par l'équation suivante :*

$$CaCO_{3(s)} + 2\ H_3O^+ = Ca^{2+}_{(aq)} + CO_{2(g)} + 3\ H_2O_{(\ell)}$$

5.1. Montrer que la concentration en ions oxonium H_3O^+ est plus grande dans la solution contenant de l'acide sulfamique que dans la solution d'acide citrique.

5.2. Quel argument permettrait de justifier la différence entre les temps d'action pour les deux détartrants ?

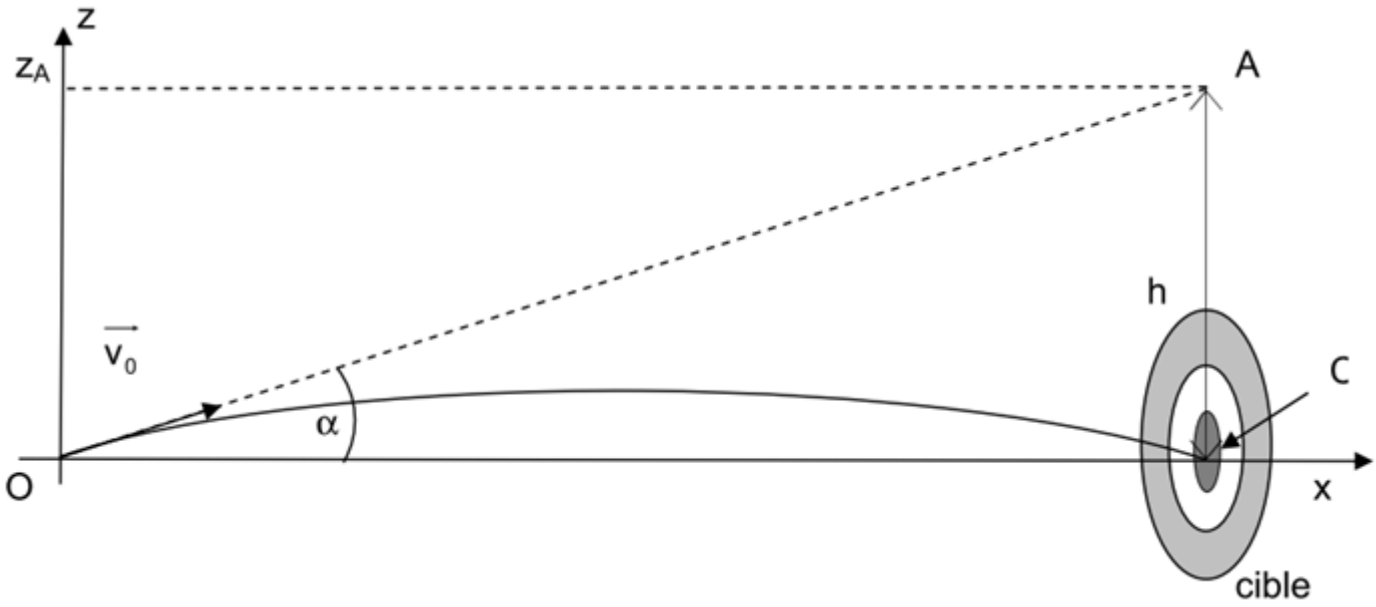
EXERCICE III : SUIVEZ LA FLÈCHE… (4 points)
BAC S 2011 Polynésie

Les deux textes encadrés s'inspirent d'extraits tirés du livre «Le monde a ses raisons » de Jean-Michel Courty et Edouard Kierlik.

1. Trajectoire de la flèche :

Sur les cibles de tir à l'arc se trouve un disque central de 10 cm de diamètre. À 70 m, l'archer le voit sous un angle de moins d'un dixième de degré, et doit ajuster la position de la corde et de ses mains au millimètre près […]. Dans quelle direction la flèche doit-elle partir pour parvenir au centre de la cible ? La résistance de l'air a ici relativement peu d'effet. La trajectoire de la flèche est à peu près balistique, c'est-à-dire de forme parabolique.

On étudie dans le référentiel terrestre supposé galiléen le mouvement de la flèche assimilée à un point matériel de masse notée m.
La situation est représentée sur la figure ci-dessous, sans souci d'échelle.
Le champ de pesanteur $\vec{g}$ est parallèle à l'axe (Oz), On prendra g = 9,8 m.s^{-2}.



1.1. Quelle force peut-on négliger d'après le texte introductif ?

1.2. La poussée d'Archimède étant elle aussi ici négligeable, établir l'expression du vecteur accélération $\vec{a}$ de la flèche à partir du bilan des forces s'exerçant sur celle-ci.

1.3. On note α l'angle que fait le vecteur vitesse initiale $\overrightarrow{v_0}$ de la flèche avec l'axe horizontal (Ox). Les équations horaires paramétriques du mouvement du centre d'inertie sont :

$$x(t) = (v_0.\cos\alpha).t \qquad (1)$$

$$z(t) = -\frac{1}{2}.g.t^2 + (v_0 \sin\alpha).t \qquad (2)$$

1.3.1. Montrer que l'équation de la trajectoire de la flèche est la suivante :

$$z = -\frac{1}{2}.g.\frac{x^2}{v_0^2.\cos^2\alpha} + x.\tan\alpha$$

1.3.2. Justifier la forme de la trajectoire indiquée à la fin du premier texte.

2. « Chute » de la flèche :

Pour une vitesse initiale typique de 70 m/s (250 km/h), le vol dure environ une seconde. Au moment de toucher la cible, la flèche a chuté d'une certaine distance par rapport au point situé dans le prolongement de la direction de la vitesse initiale.
Cette distance de chute, notée h sur la figure, est égale à la moitié du produit de l'accélération de la pesanteur par le carré de la durée du vol ($gt^2/2$). Dans notre exemple, la « chute » est d'environ cinq mètres, d'où l'on déduit que la vitesse initiale de la flèche doit faire un angle de quatre degrés avec la droite joignant le tireur et le centre du blason.

On note A le point situé dans le prolongement de la direction de la vitesse initiale (voir figure).

2.1. Durée du trajet de la flèche :
Soit t_C la date à laquelle la flèche atteint la cible. Cette date est égale à la durée du vol de la flèche.

2.1.1. En utilisant l'équation horaire paramétrique (1), exprimer t_C en fonction de v_0, α et x_C, abscisse du point G, centre de la cible.

2.1.2. Vérifier à l'aide d'un calcul la cohérence des valeurs numériques données dans les deux textes encadrés précédents.

2.2. « *Distance de chute* » :

2.2.1. Quelle hypothèse peut-on faire pour considérer que la flèche atteint le point A en gardant les mêmes conditions initiales de tir ? Préciser alors, en justifiant, la nature du mouvement de la flèche.

2.2.2. On peut considérer que la durée du trajet hypothétique OA de la flèche et la durée t_C du parcours parabolique OC sont identiques.
Exprimer dans ces conditions la « distance de chute » h en fonction de v_0, t_C et α.

2.2.3. En utilisant l'équation horaire paramétrique (2), retrouver alors que la « *distance de chute* » h, pour un tir réalisé dans les conditions réelles, est égale à « $gt^2/2$ », comme indiqué dans le texte ci-dessus.

3. Influence de la valeur de la vitesse initiale sur le tir

On suppose que l'archer vise toujours juste : l'angle α est constant et égal à 4°. On envisage une augmentation de la vitesse initiale v_0, cette dernière restant cependant suffisamment faible pour permettre à la flèche de toucher la cible.

3.1. Comment évoluent la durée du vol de la flèche et la « *distance de chute* » h ?

3.2. Dans ces conditions, où la flèche va-t-elle frapper la cible ?