EXERCICE I : PERFORMANCE D'UNE ATHLÈTE (10 points)

Originaire d'anciennes pratiques celtes, le lancer du marteau est une discipline de l'athlétisme qui consiste à lancer le plus loin possible un boulet auquel est fixé un câble en acier muni d'une poignée.
À cette fin, l'athlète fait d'abord prendre de la vitesse à son marteau en tournant sur lui-même (voir schéma ci-contre) sans sortir d'un cercle de lancement. Le marteau est ensuite lâché avant d'atterrir sur le sol.

D'après le site www.stickeramoi.com

Dans les parties 1 et 2 de cet exercice, on étudie un lancer de marteau réalisé par une athlète puis, dans la partie 3, le taux de créatinine dans le sang de l'athlète.

1. Étude du mouvement du boulet avant le lâcher du marteau par l'athlète

Pour simplifier l'étude, on suppose que l'athlète tourne sur elle-même autour d'un axe immobile vertical et que son bras est toujours tendu. Dans le référentiel terrestre, le mouvement du boulet est alors supposé plan et circulaire, accéléré dans un premier temps puis uniforme dans un deuxième temps.

1.1. À partir de la définition du vecteur accélération $\vec{a}$, justifier qualitativement l'existence d'une accélération lors d'un mouvement circulaire.

1.2. En justifiant la réponse, choisir parmi les schémas ci-dessous, celui qui correspond à un mouvement circulaire accéléré puis celui qui correspond à un mouvement circulaire uniforme.
Sur chaque schéma, les vecteurs vitesse $\vec{v}$ et accélération $\vec{a}$ sont représentés en un point de la trajectoire du boulet en vue de dessus.

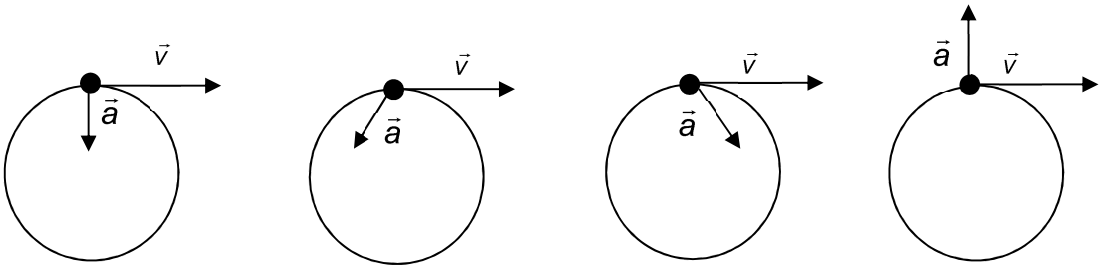


schéma 1 schéma 2 schéma 3 schéma 4

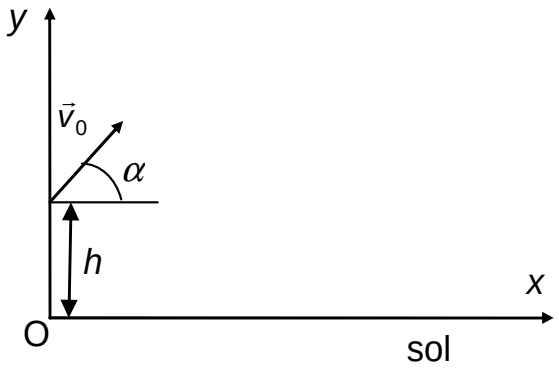
1.3. En appliquant la seconde loi de Newton, justifier le fait que, dans le cas du mouvement circulaire uniforme, le poids du boulet soit négligeable devant la force exercée par le câble sur le boulet. La vitesse v est égale à 26 m.s^{-1}, l'intensité de la pesanteur g à 9,8 m.s^{-2} et le candidat proposera une valeur pour le rayon R de la trajectoire.

2. Étude du mouvement du boulet après le lâcher du marteau par l'athlète

Données :

- le boulet du marteau est assimilé à un point matériel de masse m = 4,0 kg ;
- on négligera toute action de l'air ;
- intensité de la pesanteur : g = 9,8 m.s^{-2} ;
- vitesse initiale du boulet : v_0 = 26 m.s^{-1} ;
- angle d'envol : α = 45° ;
- hauteur du boulet au moment du lâcher : h = 3,0 m.

Pour cette étude, on associe au référentiel terrestre le repère (Ox, Oy), Oy étant dirigé suivant la verticale ascendante.
On négligera dans cette partie les actions du câble et de la poignée du marteau.
La trajectoire décrite par le boulet dépend de la valeur v_0 de la vitesse du boulet au moment de l'envol, de l'angle d'envol α et de la hauteur h du boulet au moment du lâcher à l'instant initial (t = 0) (On se référera au schéma ci-contre).



Les Jeux Olympiques de Londres

Les résultats de la finale féminine pour le lancer de marteau aux jeux Olympiques de Londres en 2012 sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Prénom Nom	Lancer en m	Classement
Tatyana Lysenko	78,18	1
Anita Wlodarczyk	77,60	2
Betty Heidler	77,12	3
Wenxiu Zhang	76,34	4
Kathrin Klaas	76,05	5
Yipsi Moreno	74,60	6
Aksana Miankova	74,40	7
Zalina Marghieva	74,06	8
Stephanie Falzon	73,06	9
Joanna Fiodorow	72,37	10
Mariya Bespalova	71,13	11
Sophie Hitchon	69,33	12

2.1. Montrer que les équations horaires du mouvement du boulet s'écrivent :

$$x(t) = v_0\cos(\alpha)\, t \quad \text{et} \quad y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0\sin(\alpha)\, t + h$$

On admet que la trajectoire du boulet s'écrit :

$$y = \frac{-gx^2}{2v_0^2\cos^2(\alpha)} + \tan(\alpha)\, x + h$$

2.2. En utilisant les données numériques relatives au lancé, déterminer le classement que l'athlète aurait obtenu aux Jeux Olympiques de Londres de 2012.

2.3. Parmi les trois courbes E_{P1}, E_{P2} et E_{P3} représentées sur l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, choisir en le justifiant celle qui correspond à l'évolution au cours du temps de l'énergie potentielle de pesanteur E_P du boulet pour le lancer effectué par l'athlète entre l'instant initial (t = 0) et l'instant où le boulet touche le sol.

2.4. En détaillant votre démarche, représenter sur le graphe de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, les courbes donnant les énergies cinétique E_c *et* mécanique E_m du boulet pour le lancer effectué par l'athlète entre l'instant initial (t = 0) et l'instant où le boulet touche le sol.

3. Créatine et créatinine chez l'athlète

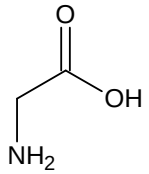
Données :

- masses molaires atomiques :

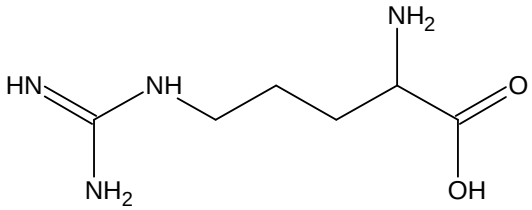
M(H) = 1 g.mol $^{-1}$; M(C) = 12 g.mol $^{-1}$; M(O) = 16 g.mol $^{-1}$; M(N) = 14 g.mol $^{-1}$.

3.1. Créatine et créatinine

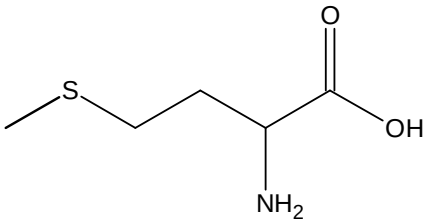
La créatine présente dans le corps peut être d'origine exogène (c'est-à-dire apportée par les aliments) ou endogène (c'est-à-dire synthétisée dans l'organisme) ; sa synthèse s'effectue alors à partir de trois acides α-aminés : la glycine, l'arginine et la méthionine.



glycine



arginine

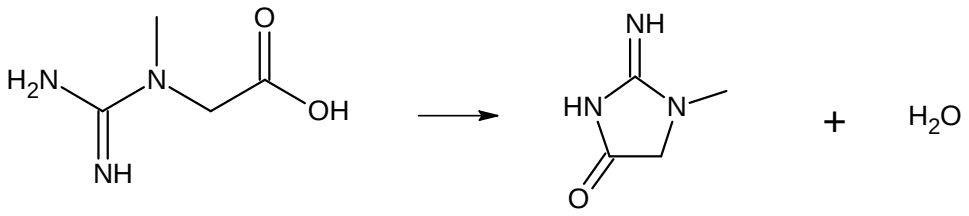


méthionine

La créatine contribue à l'apport en énergie aux cellules musculaires. Les besoins en créatine sont d'environ 2 g par jour pour un adulte ; il faut cependant y ajouter 1 à 2 g par jour pour le sportif de forte masse musculaire qui s'entraîne de manière très intense.

Lors du fonctionnement du muscle, de la créatine se déshydrate spontanément en créatinine qui passe dans le sang avant d'être filtrée par les reins et évacuée par voie urinaire.

Bilan de la déshydratation de la créatine :



créatine créatinine

Le taux de créatinine sanguine est normalement constant dans l'organisme mais sa valeur dépend de la masse musculaire de l'individu.
Les valeurs attendues dans le sérum sanguin sont chez la femme de 4 à 12 $mg.L^{-1}$.

3.1.1. Étude des acides α-aminés nécessaires à la synthèse de la créatine

a. Qu'est-ce qui est commun à tous les acides α-aminés ?
b. Indiquer, parmi les molécules d'acides α-aminés citées dans le texte, celles qui présentent des énantiomères. Justifier.
c. Utiliser la représentation de Cram pour représenter les deux énantiomères de la méthionine.

3.1.2. Déterminer la catégorie de la réaction de déshydratation de la créatine.

3.1.3. Déterminer la formule brute de la créatinine.

3.2. Dosage du taux de créatinine chez l'athlète

Pour doser le taux de créatinine dans le sérum sanguin de l'athlète, la méthode de Jaffé, décrite ci-dessous, est utilisée.

La créatinine réagit en milieu basique avec un excès d'acide picrique pour donner un composé orangé de picrate de créatinine (réaction de Jaffé). L'intensité de la couleur obtenue est directement proportionnelle à la concentration de créatinine de l'échantillon.

Dans trois tubes à essais, on réalise les mélanges suivants :

Tube 1 : 1,0 mL d'eau distillée ;
1,0 mL de solution d'hydroxyde de sodium ;
1,0 mL de solution d'acide picrique.

Tube 2 : 1,0 mL de sérum sanguin de l'athlète ;
1,0 mL de solution d'hydroxyde de sodium ;
1,0 mL de solution d'acide picrique.

Tube 3 : 1,0 mL d'une solution de créatinine de concentration C = 100 $\mu mol.L^{-1}$;
1,0 mL de solution d'hydroxyde de sodium ;
1,0 mL de solution d'acide picrique.

Le contenu de chaque tube est bien agité, puis est laissé au repos pendant 20 minutes.

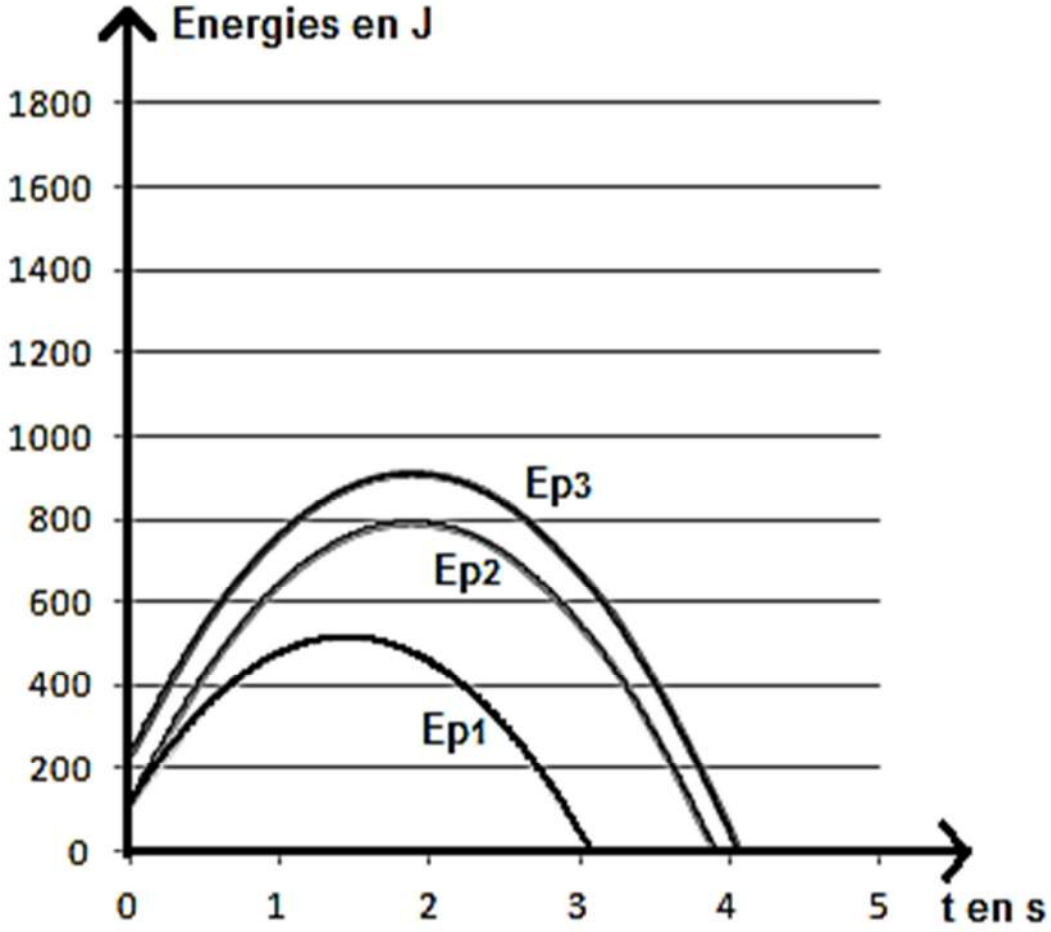
La mesure de l'absorbance de la solution obtenue dans chacun des tubes est réalisée avec un spectrophotomètre dont la longueur d'onde est réglée à 500 nm. Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

	Tube 1	Tube 2	Tube 3
Absorbance	0,00	0,71	0,62

3.2.1. Déduire des résultats du dosage, si le taux de créatinine dans le sang de l'athlète est dans l'encadrement attendu ou non.

3.2.2. Proposer une cause possible d'un taux anormalement élevé de créatinine dans le sang de l'athlète.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

EXERCICE I

Questions 2.3 et 2.4