

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Entraînement à l'écrit

Lycée Stéphane Hessel – Épernay – janvier 2023

—
Spécialité PHYSIQUE – CHIMIE
—

Durée de l'épreuve : 3h30

L'usage d'une calculatrice EST autorisé

—
Ce sujet comporte trois (3) exercices présentés sur 12 pages, numérotées de 1/12 à 12/12

Exercice 1 : solution désinfectante (10,5 points)

Exercice 2 : contrôle de la largeur d'un fil de suture (3,5 points)

Exercice 3 : l'épaisseur du matelas de saut à la perche (6 points)

Le candidat doit traiter les trois exercices.

Ces trois exercices sont indépendants les uns des autres et peuvent être traités dans un ordre quelconque.

Seule la feuille annexe devra être rendue.

Ne pas rendre le sujet.

Exercice 1 – solution désinfectante (≈ 10,5 points)

On s'intéresse dans ce sujet à un désinfectant pour les mains ayant pour principe actif l'acide lactique en solution aqueuse.

Données

- 100 g de solution désinfectante contient 1,75 g d'acide lactique
- masse molaire de l'acide lactique : $M = 90,1 \text{ g.mol}^{-1}$
- masse volumique de la solution désinfectante : $\rho = 1,00 \text{ g.mL}^{-1}$
- pH de la solution désinfectante : $\text{pH} = 2,3$
- On considère que l'acide lactique est la seule espèce acide présente dans la solution désinfectante
- conductivité ionique molaire, λ , à $25 \text{ }^\circ\text{C}$:

ion	HO^-	Na^+	ion lactate
$\lambda \text{ (mS.m}^2\text{.mol}^{-1}\text{)}$	19,8	5,01	3,88

- pour une concentration donnée par $c_A = \frac{c_B V_E}{V_A}$, l'incertitude-type sur la mesure de c_A est

$$\text{donnée par : } \frac{u(c_A)}{c_A} = \sqrt{\left(\frac{u(V_A)}{V_A}\right)^2 + \left(\frac{u(V_E)}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{u(c_B)}{c_B}\right)^2}$$

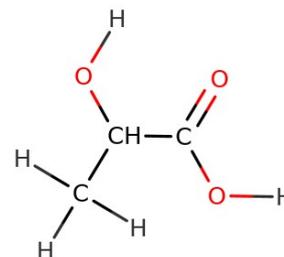
Extrait d'une table de spectroscopie IR :

Liaison	Nombre d'onde, $\sigma \text{ (cm}^{-1}\text{)}$	Intensité
O-H alcool lié	3200 - 3400	forte, large
O-H acide carboxylique	2500 - 3200	forte à moyenne, large
N-H amine	3100 - 3500	moyenne
N-H amide	3100 - 3500	forte
N-H amine ou amide	1560 - 1640	forte ou moyenne
$\text{C}_{\text{tri}} - \text{H}$	3000 - 3100	moyenne
$\text{C}_{\text{tét}} - \text{H}$	2800 - 3000	forte
$\text{C} = \text{O}$ ester	1700 - 1740	forte
$\text{C} = \text{O}$ amide	1650 - 1740	forte
$\text{C} = \text{O}$ aldéhyde et cétone	1650 - 1730	forte
$\text{C} = \text{O}$ acide	1680 - 1740	forte

Partie A : étude de l'acide lactique

L'autre nom de l'acide lactique est l'acide 2-hydroxypropanoïque.

Sa formule développée est donnée ci-contre :



- 1/ Recopier la formule de l'acide lactique puis entourer et nommer les groupes caractéristiques de l'acide lactique.
- 2/ Le spectre IR de l'acide lactique est reproduit ci-dessous. Identifier deux bandes d'absorption caractéristiques et repérer les liaisons correspondantes sur la formule de la molécule d'acide lactique.

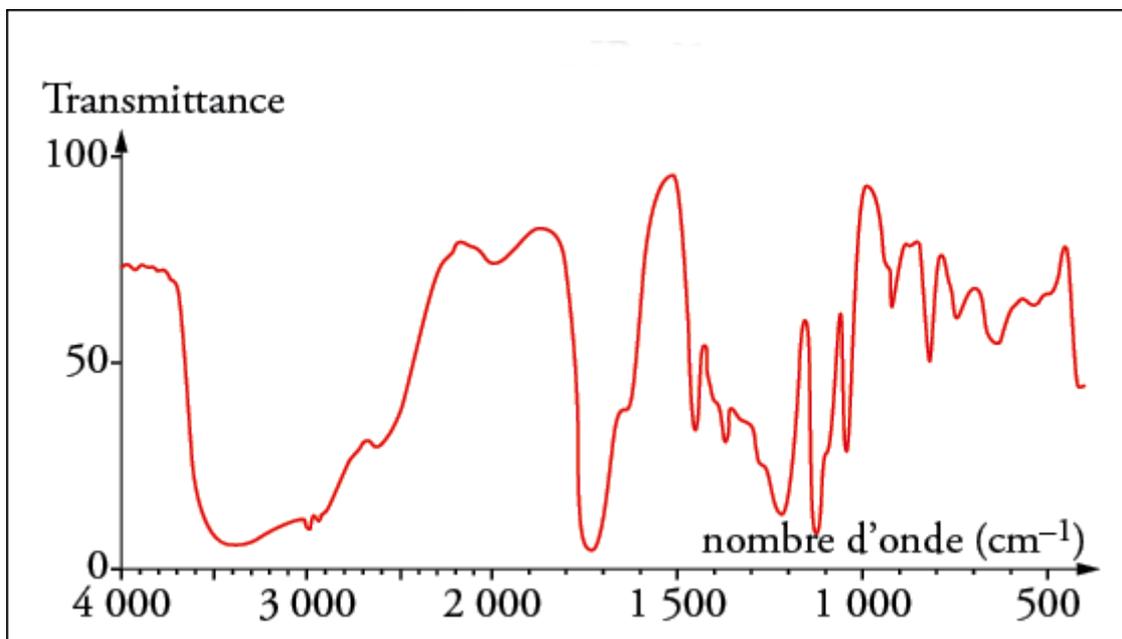


Figure 1 : spectre d'absorption IR de l'acide lactique

- 3/ Vérifier que la valeur de la concentration en acide lactique apporté dans la solution désinfectante est voisine de $c = 0,20 \text{ mol.L}^{-1}$
- 4/ Rappeler la définition d'un acide de Brønsted.
- 5/ Expliquer pourquoi, dans ces conditions, l'acide lactique est un acide faible. Un argument quantitatif est attendu.

On note AH la molécule d'acide lactique dans la suite.

- 6/ Écrire l'équation de la réaction modélisant la mise en solution aqueuse de cet acide.
- 7/ **Sur l'annexe à rendre avec la copie**, compléter le tableau d'avancement associé à cette transformation chimique à l'aide des notations de l'énoncé : c , pH , V et c^0 avec $c^0 = 1 \text{ mol.L}^{-1}$, concentration standard.
- 8/ En utilisant la question précédente, exprimer la constante d'acidité, K_A du couple AH/A^- en fonction des différentes concentrations à l'équilibre. En déduire la valeur de cette constante d'acidité. Commenter sachant que la valeur de référence du $\text{p}K_A$ du couple acide lactique/ion lactate vaut 3,9
- 9/ Un programme Python permet de tracer le diagramme de distribution du couple acide lactique/ion lactate, noté AH/A^-

- 9.1/ Établir d'une part la relation entre la concentration c en acide lactique apporté, $[AH]_{\text{éq}}$ et $[A^-]_{\text{éq}}$ et, d'autre part, établir la relation $\text{pH} = \text{p}K_A + \log\left(\frac{[A^-]_{\text{éq}}}{[AH]_{\text{éq}}}\right)$
- 9.2/ A partir de ces deux relations, montrer que le pourcentage en acide AH, défini par $100 \times \frac{[AH]_{\text{éq}}}{c}$ peut s'écrire $\frac{100}{1 + 10^{\text{pH} - \text{p}K_A}}$
- 9.3/ Un programme Python permet de tracer le diagramme de distribution du couple acide lactique/ion lactate noté AH/A⁻. On obtient la figure 2.

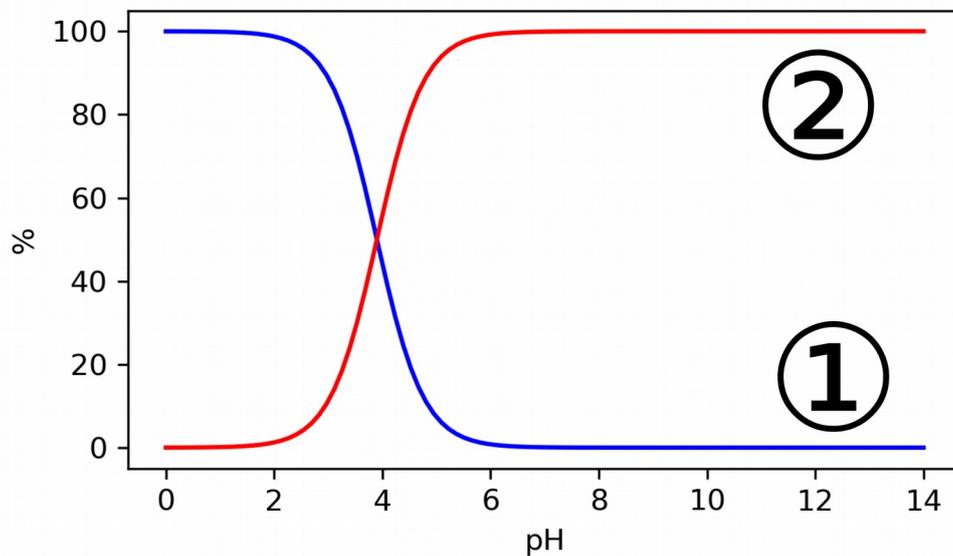


Figure 2 : diagramme de distribution du couple AH/A⁻

Indiquer à quelle espèce chimique correspond la courbe ①. Justifier.
Expliquer comment il est possible de retrouver la valeur de $\text{p}K_A$ à partir d'une lecture graphique.

Partie B : titrage de l'acide lactique dans la solution désinfectante

Avant la commercialisation du produit, un laboratoire réalise un test de qualité sur sa solution désinfectante. Pour cela, un titrage acido-basique suivi par conductimétrie est réalisé après avoir dilué la solution désinfectante.

- 1/ Proposer un protocole expérimental pour préparer 100,0 mL de solution désinfectante diluée 5 fois.

Dans un bécher de 250 mL, on introduit un volume $V_A = (20,0 \pm 0,05)$ mL de la solution désinfectante diluée. On ajoute 150 mL d'eau distillée. Le titrage est réalisé par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration en soluté apporté $c_B = (1,0 \pm 0,1) \times 10^{-1}$ mol.L⁻¹. La courbe obtenue est donnée sur l'annexe à rendre avec la copie.

- 2/ Schématiser et légendier le dispositif de titrage sur la copie.
3/ Écrire l'équation de la réaction support du titrage.
4/ Interpréter qualitativement le changement de pente au voisinage de l'équivalence observé sur la courbe de titrage.

5/ Déterminer graphiquement la valeur du volume à l'équivalence V_E sur l'annexe à rendre avec la copie.

On considère par la suite que l'incertitude-type sur V_E est $u(V_E) = 0,1 \text{ mL}$

6/ Évaluer la concentration c en acide lactique de la solution avant dilution.

Évaluer l'incertitude-type sur la mesure sans prendre en compte la contribution liée à la dilution. Commenter.

Exercice 2 – contrôle de la largeur d'un fil de suture ($\approx 3,5$ points)

En chirurgie, un **fil de suture** permet de rapprocher les deux bords d'une plaie afin d'en faciliter la cicatrisation. Le diamètre, la forme et la composition chimique des fils sont adaptés au type de tissu à recoudre : peau, muscle, tendon, nerf, ... mais aussi à la durée de la cicatrisation et à la taille de la plaie.

Lors de la fabrication d'un fil, les industriels peuvent contrôler son diamètre à l'aide d'appareils utilisant la diffraction de la lumière émise par un laser.

Dans cet exercice, on étudie le principe physique utilisé dans un appareil de contrôle d'un fil puis on s'intéresse plus particulièrement à un fil de suture vendu en pharmacie.

Données

- Longueur d'onde de la lumière laser utilisée : $\lambda = 532 \text{ nm}$
- Pour des angles θ très petits devant 1 radian, on peut écrire que $\tan \theta \approx \theta$ à condition d'exprimer θ en radian
- Extrait de la nomenclature américaine (système « USP ») et correspondance avec le diamètre d'un fil

Désignation USP	0	2/0	3/0	4/0	5/0
Diamètre du fil, en mm	0,350 à 0,399	0,300 à 0,349	0,200 à 0,299	0,150 à 0,199	0,100 à 0,149

A/ Principe physique utilisé par un appareil de contrôle du diamètre d'un fil

Pour illustrer ce principe au laboratoire, on place, sur un banc d'optique, un laser émettant une onde de longueur d'onde λ et un fil de diamètre a connu. Un écran est placé à une distance D du fil. La largeur L de la tache centrale de la figure de diffraction est mesurée directement sur l'écran.

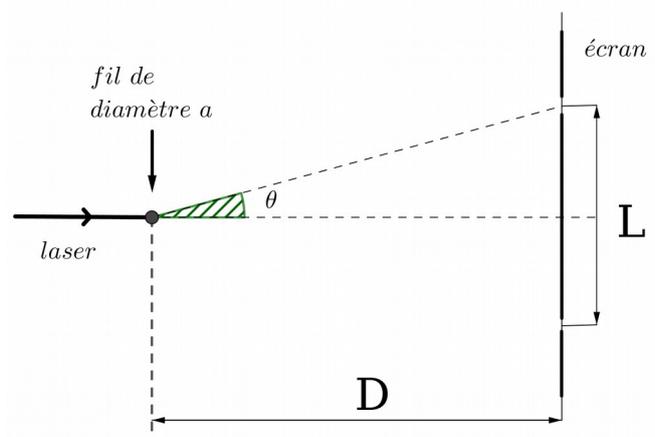


Figure 1

L'ensemble est représenté ci-contre sur la figure 1.

- 1/ Indiquer qualitativement comment évolue l'angle caractéristique de diffraction, θ , avec le diamètre du fil, a .
- 2/ A l'aide de la figure 1, écrire la relation entre l'angle θ et les grandeurs D et L
- 3/ Établir l'expression de la largeur L de la tache centrale de la figure de diffraction en fonction de λ , D et a

On réalise la mesure de la largeur de la tache centrale de diffraction pour sept (7) fils de diamètre a connus.

On représente alors L en fonction de $1/a$ et on obtient la figure 2

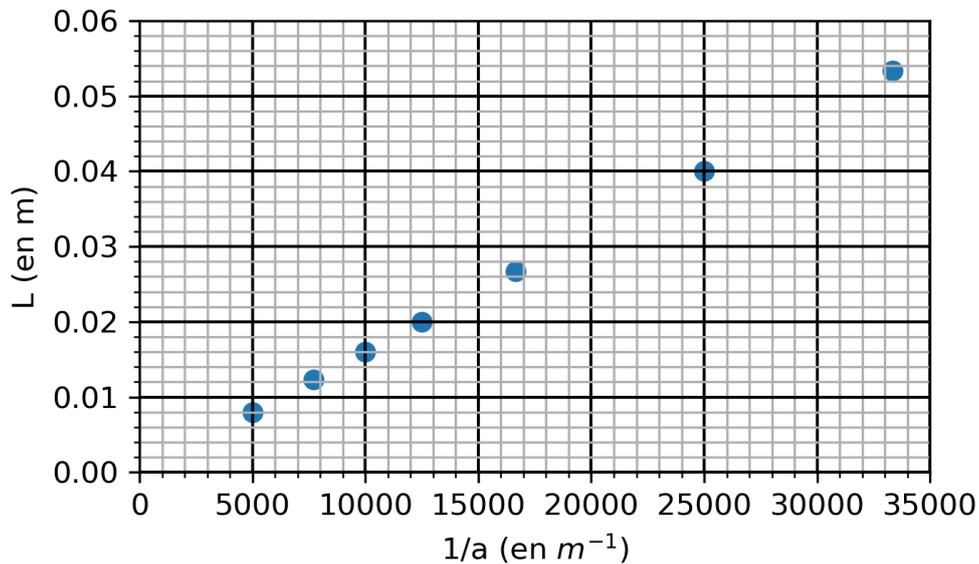


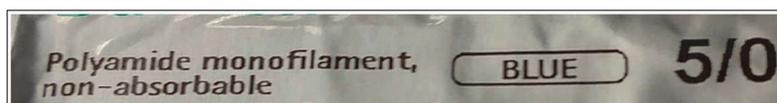
Figure 2

- 4/ Vérifier que les résultats expérimentaux de la figure 2 sont cohérents avec l'expression établie à la question 3/
- 5/ Montrer que la modélisation suivante permet de rendre compte des résultats expérimentaux :

$$L = 1,6 \times 10^{-6} \times \frac{1}{a} \quad \text{avec } a \text{ et } L \text{ exprimés en m}$$

B/ Mesure du diamètre d'un fil de suture vendu en pharmacie

Une partie de l'étiquette du paquet contenant un fil de suture en polyamide de couleur bleue et vendu en pharmacie est présentée ci-contre.



En utilisant le montage expérimental décrit sur la figure 1, on obtient avec ce fil la figure de diffraction de la figure 3.

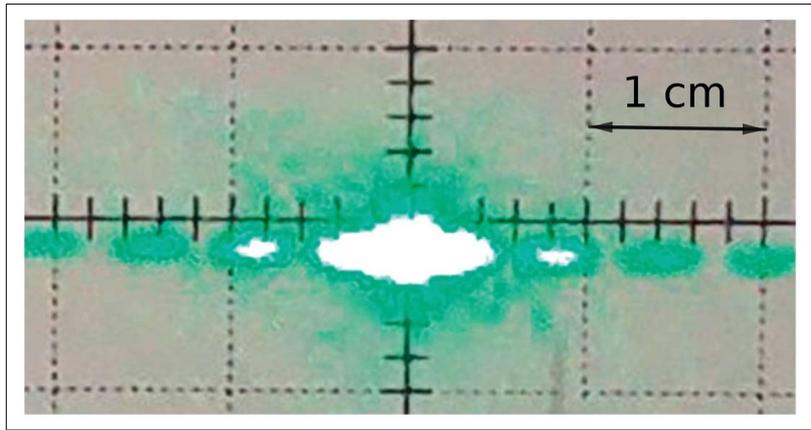


Figure 3

- 1/ En utilisant la figure 3, estimer la valeur du diamètre de ce fil de suture.
L'incertitude -type sur la valeur du diamètre expérimental du fil, $u(a)$ est donnée, dans les conditions de l'expérience, par la relation suivante :

$$u(a) = a \times \frac{u(L)}{L} \quad \text{avec } u(L) = 1 \text{ mm}$$

- 2/ Analyser le résultat de la mesure en lien avec la plage de référence indiquée sur l'étiquette du fil de suture.

Exercice 3 - l'épaisseur du matelas de saut à la perche (≈ 6 points)

Armand Duplantis est un athlète américano-suédois.

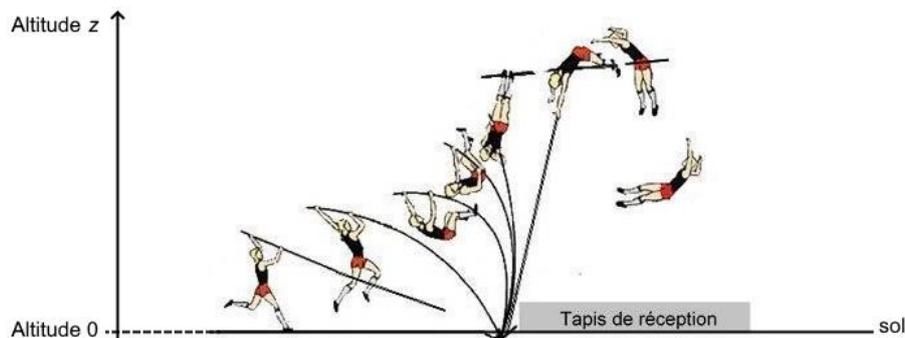
Depuis février 2020, il détient le record du monde de saut à la perche en ayant franchi une barre à 6,18 m.

Le principe du saut à la perche repose sur la conversion de l'énergie cinétique, issue de la course d'élan du perchiste, en énergie potentielle de pesanteur.

L'athlète plante la perche en bas du sautoir et la plie.

L'énergie cinétique issue de la course est alors transformée en énergie élastique et emmagasinée par la perche. Lorsque celle-ci se détend, elle restitue cette énergie élastique à l'athlète. On passe ainsi d'un mouvement horizontal, la course, à un mouvement vertical, le saut.

Aujourd'hui, les perches en fibre de carbone restituent de manière quasiment intégrale l'énergie emmagasinée.



Différentes phases lors du saut à la perche

Dans cet exercice, il s'agit d'étudier les transferts d'énergie lors de la phase d'ascension, de déterminer la vitesse d'impact de l'athlète sur le tapis et de vérifier que l'épaisseur du matelas de réception évite que l'athlète ne se blesse.

Dans tout l'exercice, on assimile l'athlète à son centre de masse et on note z l'altitude par rapport au sol.

Données

- masse de l'athlète : $m = 79,0 \text{ kg}$
- intensité de la pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$

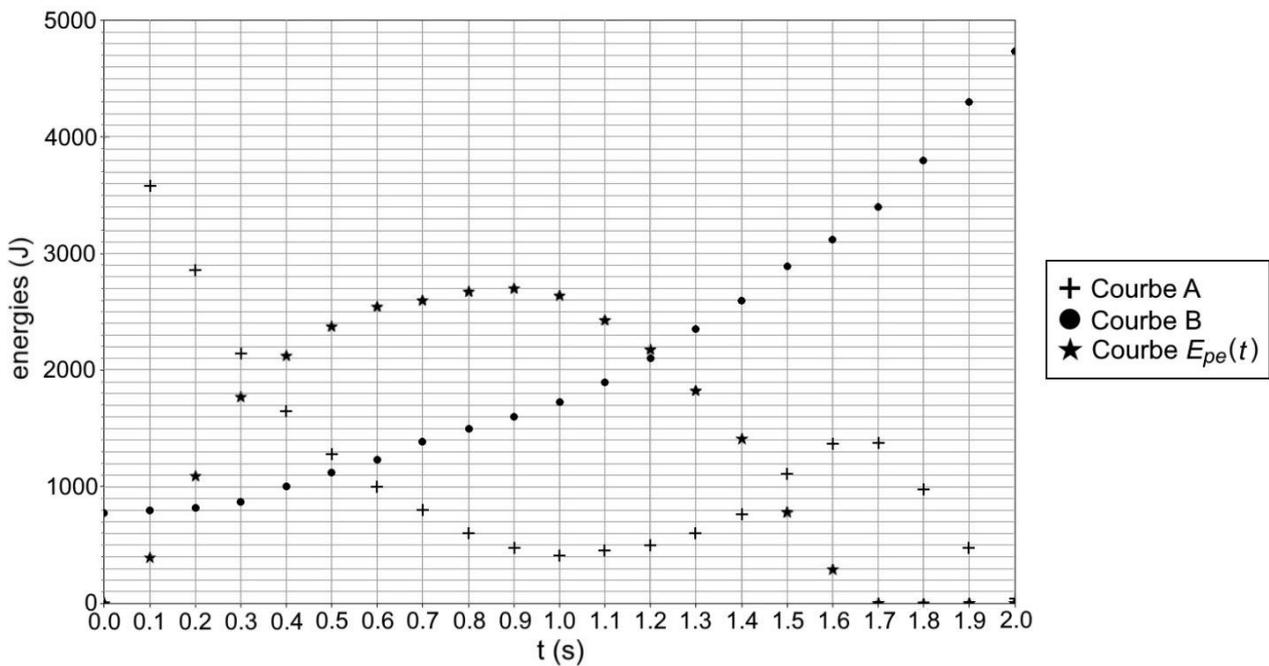
A/ Étude de la phase ascendante

Le mouvement complet d'Armand Duplantis, lors de son record du monde, est filmé puis étudié à l'aide d'un logiciel de pointage. Les données de la partie ascendante du mouvement sont traitées à l'aide d'un programme écrit en langage python qui permet de représenter l'évolution au cours du temps des énergies cinétique E_c , potentielle de pesanteur E_{pp} , potentielle élastique E_{pe} et mécanique E_m du système défini par l'ensemble {sportif + perche}.

Un extrait de ce programme est donné ci-dessous :

```
1 from math import *
2 import numpy as np
3 import matplotlib.pyplot as plt
4 # Nombre de points de mesure
5 Np=21
6 #Valeurs des constantes
7 m=79.0 # en kilogramme
8 g=9.81 # en newton par kilogramme
9 # tableaux de valeurs contenant les valeurs de temps t en seconde,
10 # de hauteur z en mètre et de vitesse v du centre de gravité en mètre par seconde
11 t =np.array( [0,0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1,1.1,1.2,1.3,1.4,1.5,1.6,1.7,1.8,1.9,2])
12 z =np.array([1,1.032,1.058,1.118, liste incomplète])
13 v =np.array([10.063,9.522,8.512,7.365,6.463,5.695,5.032,4.5,3.897,3.464,3.212, liste incomplète])
14 # initialisation des énergies
15 Em =np.zeros(21)
16 Ec =np.zeros(21)
17 Epp =np.zeros(21)
18 Epe =np.zeros(21)
19 # calculs des valeurs des différentes énergies en fonction du temps
20 for i in range(0,Np) :
21     Em[i]=4775.0
22     Ec[i]= ..... # A compléter
23     Epp[i]=..... # A compléter
```

Pour la partie ascendante du mouvement de l'athlète, on obtient les courbes suivantes :

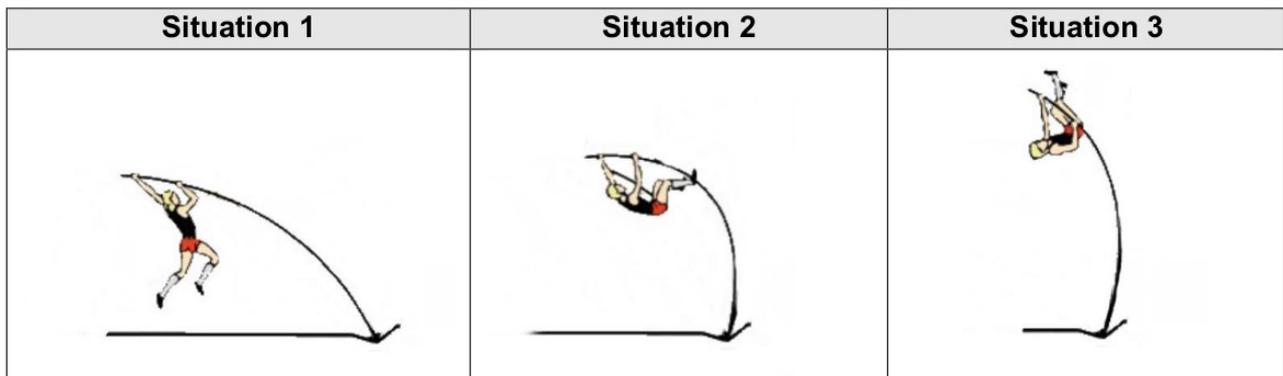


Courbes obtenues à l'aide du programme écrit en langage Python

- 1/ Identifier parmi les courbes A et B celle qui représente l'énergie cinétique et celle qui représente l'énergie potentielle de pesanteur. Justifier les choix.
- 2/ Recopier et compléter le code des lignes 22 et 23 du programme.
- 3/ Extraire du programme la valeur de la vitesse initiale d'Armand Duplantis

L'énergie potentielle élastique augmente avec la déformation de la perche.

- 4/ Identifier parmi les 3 situations ci-dessous celle qui correspond à $t = 0,9$ s. Justifier.



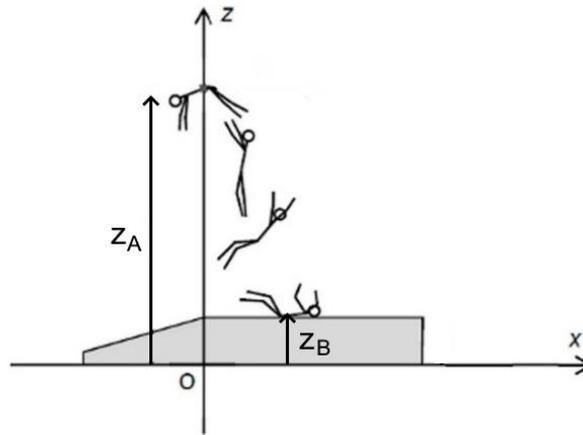
Le sauteur à la perche dans différentes situations

Armand Duplantis franchit la barre grâce à une technique d'enroulement. Ainsi, son centre de masse se situe en un point A légèrement au-dessous de la barre au moment du franchissement.

- 5/ En exploitant le graphique précédent, déterminer la valeur de l'altitude maximale z_A , par rapport au sol, atteinte par le centre de masse de l'athlète.

B/ La vitesse d'impact sur le tapis de réception

Au moment du franchissement de la barre, le centre de masse de l'athlète se situe à l'altitude z_A et sa vitesse est considérée comme nulle.



On note z_B l'altitude du centre de masse de l'athlète au moment de son impact avec le tapis.
On négligera l'action de l'air.

- 1/ Justifier qu'après le franchissement de la barre, l'athlète est en chute libre.
- 2/ En utilisant le théorème de l'énergie cinétique ou la loi de conservation de l'énergie mécanique, déterminer l'expression de la vitesse d'impact de l'athlète sur le tapis en fonction de g , z_A et z_B

On donne $z_A - z_B = 5,31$ m

- 3/ Calculer la valeur de la vitesse d'impact de l'athlète.

C/ Épaisseur du matelas

On considère le repère (Oxz) représenté sur le schéma précédent.

Au moment où l'athlète arrive sur le matelas, son centre de masse est animé d'une vitesse \vec{v}_0 dont la composante verticale est $v_{0z} = -10,2$ m.s⁻¹

On considère que la composante horizontale de la vitesse est nulle : $v_{0x} = 0$

On modélise l'action du matelas sur l'athlète par une force constante \vec{F}_T verticale vers le haut.

Pour ne pas provoquer de blessures lors de la phase de réception, le matelas se déforme pour que la valeur de l'accélération subie par le corps de l'athlète ne dépasse pas 10 fois l'accélération de la pesanteur, soit $10 \times g$

On se place dans le cas où l'accélération est maximale : $a_z = 10 \times g$

- 1/ Après avoir fait un bilan des forces s'exerçant sur Armand Duplantis lors de la réception et en utilisant la seconde loi de Newton, démontrer que la valeur F_T de la force exercée par le tapis est égale à 8,52 kN
- 2/ En prenant l'instant du contact entre l'athlète et le tapis comme origine des temps et en se plaçant dans le repère (Oxz) , montrer que les équations horaires du mouvement de l'athlète s'écrivent :

$$v_z(t) = 10g t + v_{0z} \quad \text{et} \quad z(t) = 5g t^2 + v_{0z} t + z_B$$

3/ Déterminer la durée de la phase de réception.

Le tapis de réception a une épaisseur de 82 cm.

4/ Montrer que cette épaisseur est suffisante pour que l'athlète ne soit pas blessé par le sol.

**

ANNEXE, À RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice 1, partie A, question 7/ Tableau d'avancement

Équation chimique		+ H ₂ O (ℓ) →		
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)		
État initial	$x = 0$			
État final	x_f			

Exercice 1, partie B, question 5/ Titrage par suivi conductimétrique d'une solution diluée d'acide lactique

