

Exercice 1 : Extrait bac Nouvelle Calédonie 2023 Jour 2 : Tir à l'arc à la perche verticale.

Données :

- Masse d'une flèche : $m = 1,00 \times 10^2 \text{ g}$.
- Intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

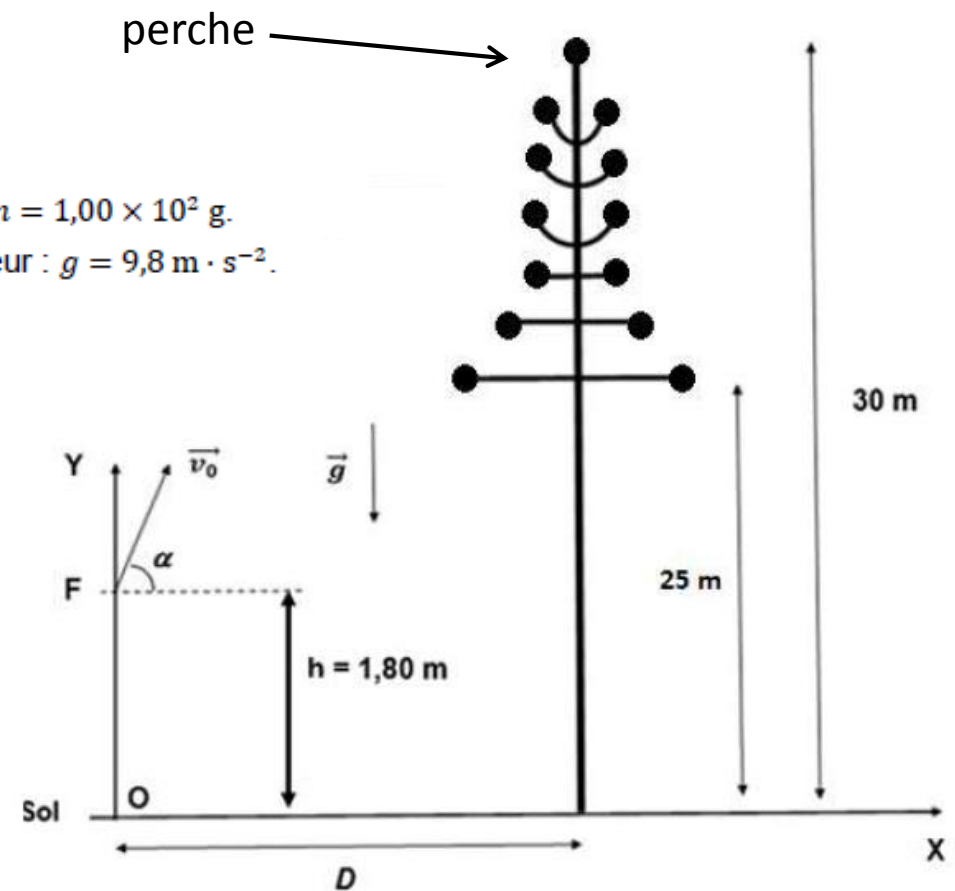


Figure 2 : Schéma du tir à l'arc vertical

Partie A : Étude énergétique d'un tir vertical

L'archer tire une flèche verticalement et se demande si celle-ci dépassera le haut de la perche situé à 30 m. On appelle H la hauteur maximale atteinte par la flèche à l'instant $t = t_H$.

À l'instant initial $t = 0$, l'archer lance sa flèche du point F. Le centre de gravité de la flèche F est situé à une hauteur $h = 1,80 \text{ m}$ du sol. Un capteur mesure la vitesse initiale v_0 de la flèche et indique $v_0 = 25,0 \pm 0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. On néglige tous les frottements. L'origine de l'énergie potentielle de pesanteur est prise au niveau du sol.

A.1. Donner l'expression de l'énergie mécanique $E_m(0)$ de la flèche à $t = 0$ en fonction de h , m , g et v_0 .

A.2. Donner l'expression de l'énergie mécanique $E_m(t_H)$ de la flèche à $t = t_H$ en fonction de m , g et H .

A.3. En déduire que $H = h + \frac{v_0^2}{2g}$.

Exercice 2 : Extrait bac La Réunion 2023 Jour 1: Le "tweener-lob" ou le coup entre les jambes.

Lors des huitièmes de finale de Roland Garros en 2022, Carlos Alcaraz a réalisé un « tweener-lob » contre Karen Khachanov. Pour que le « tweener-lob » soit réussi, la balle doit passer au-dessus de l'adversaire et retomber avant la ligne de fond de court.

On s'intéresse dans cet exercice à ce geste tennistique. L'étude sera menée dans le référentiel terrestre supposé galiléen et le système {balle} sera considéré comme un point matériel noté G . On négligera tout type de frottement.

Carlos Alcaraz est situé sur la ligne de fond de court lorsqu'il joue son « tweener-lob ». Il frappe la balle à une hauteur $y_0 = 30,0$ cm et lui communique une vitesse \vec{v}_0 contenue dans un plan vertical, de valeur $v_0 = 55,1$ km · h⁻¹, et formant un angle $\alpha = 48,0^\circ$ avec l'horizontale.

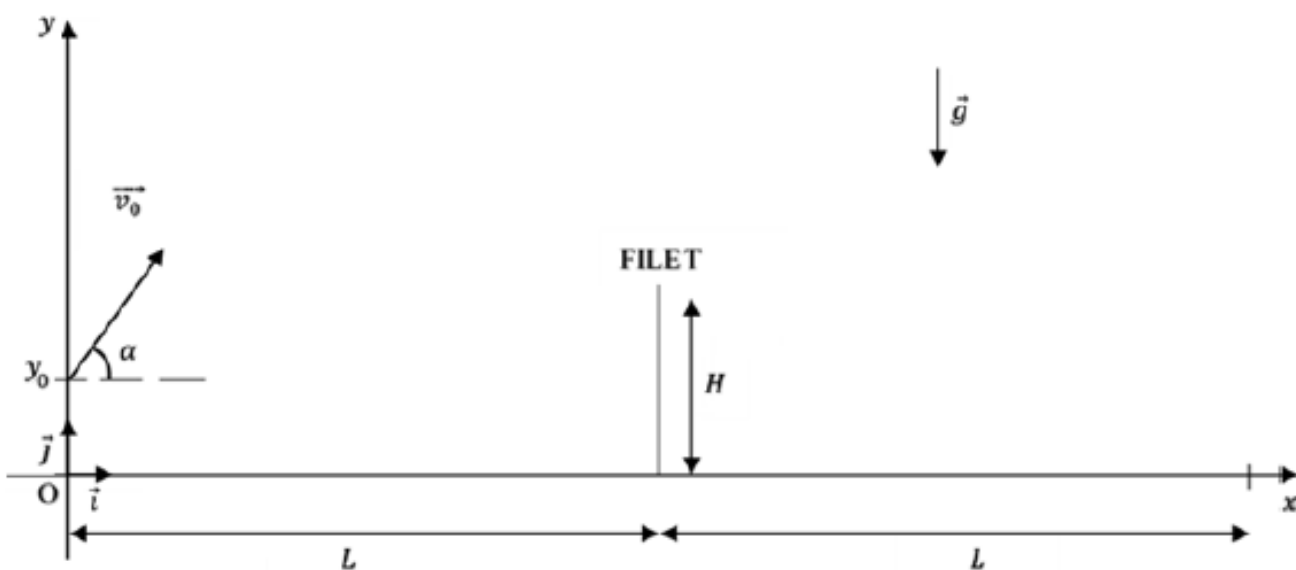


Figure 1 : Représentation schématique de la situation

Données :

- accélération de pesanteur : $g = 9,81$ m · s⁻² ;
- masse de la balle : $m = 58,5$ g ;
- longueur entre la ligne de fond de court et le filet : $L = 12,0$ m ;
- hauteur du filet : $H = 0,914$ m.

PARTIE B : Étude énergétique du mouvement de la balle

On choisira un axe vertical ascendant et une énergie potentielle de pesanteur nulle à l'origine du repère $(O; \vec{i}; \vec{j})$.

À $t = 0$ s, la balle est située au point $(x_0 = 0 ; y_0 = 0,30$ m) avec une vitesse $v_0 = 55,1$ km · h⁻¹.

- B.1.** Rappeler la définition de l'énergie mécanique E_m de la balle.
- B.2.** Exprimer l'énergie mécanique $E_m(0)$ de la balle à $t = 0$ s, en fonction de m , g , v_0 et y_0 . Calculer sa valeur.
- B.3.** Indiquer sous quelle condition s'applique la conservation de l'énergie mécanique.
- B.4.** Calculer la valeur de la vitesse de la balle v_f quand elle retombe au sol. Indiquer si la valeur réellement mesurée par le radar du terrain sera supérieure ou inférieure à celle calculée. Justifier.

Exercice 3 : Extrait bac Asie 2022 Jour 2: Télémètre à ultrasons

Le système {voiture} est lâché sans vitesse initiale à la position $x_0=56,0$ cm sur un banc de mesure incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale. On constate que le mouvement du centre de masse du système {voiture} est rectiligne le long de l'axe (Ox) et accéléré dans le sens du déplacement précisé sur la figure 3.

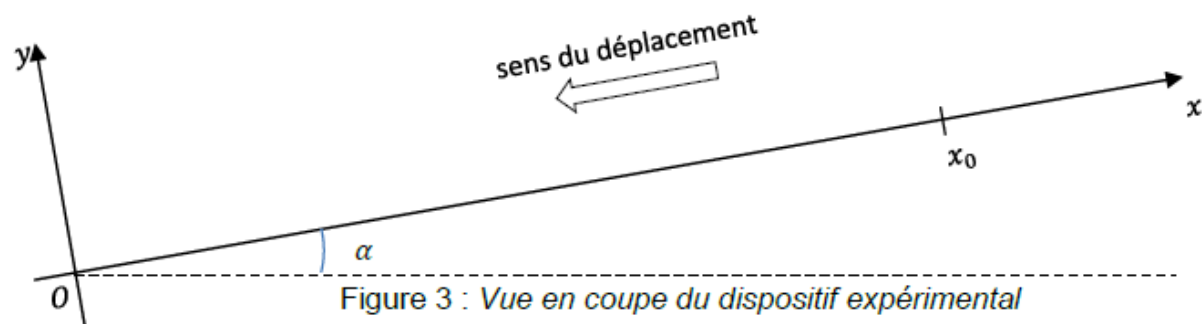


Figure 3 : Vue en coupe du dispositif expérimental

L'étude est menée dans le référentiel terrestre considéré comme étant galiléen.

Le système est soumis à :

- Son poids \vec{P} :
 - Direction : verticale,
 - Sens : descendant,
 - Valeur : $P = m g$.
- La réaction du support \vec{R}_N :
 - Direction : perpendiculaire au plan incliné (donc suivant (Oy)),
 - Sens : vers les y positifs,
- Des forces de frottements représentées par leur résultante \vec{f} :
 - Direction : tangente au plan incliné (donc suivant (Ox)),
 - Sens : opposé au mouvement, vers les x positifs,
 - Valeur : f .

On note \vec{F} la résultante des forces extérieures exercées sur le système {voiture}, soit :

$$\vec{F} = \vec{P} + \vec{R}_N + \vec{f}$$

On note F la valeur de cette résultante.

Une étude des forces, non demandée ici, permet d'établir :

$$F = m g \sin(\alpha) - f \quad (3)$$

On fait l'hypothèse que f (et donc F) est constante au cours du mouvement.

Données :

- Intensité du champ de pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.
- Masse de la voiture d'enfant : $m = 103 \text{ g}$.
- Angle d'inclinaison du plan incliné : $\alpha = 40^\circ$.

Etude énergétique :

Pour compléter l'étude mécanique, on se propose d'estimer f par une étude énergétique entre le point A où la voiture a été lâchée sans vitesse initiale ($x_A = x_0 = 56,0 \text{ cm}$) et le point B d'abscisse $x_B = 35,0 \text{ cm}$.

13. Enoncer le théorème de l'énergie cinétique entre les positions A et B.

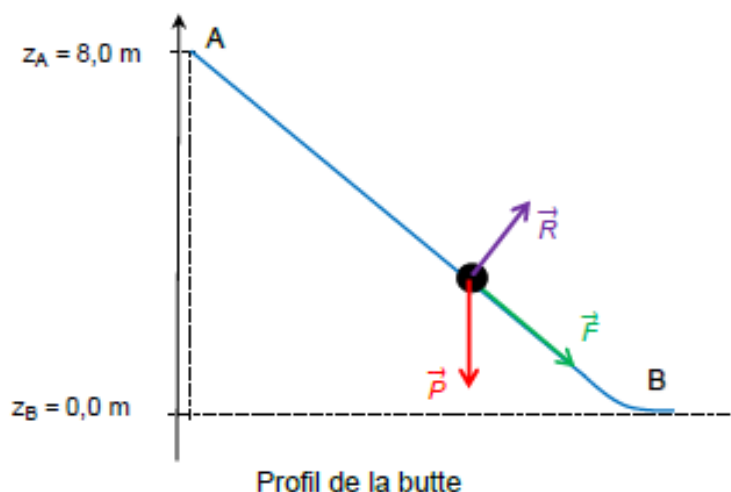
14. Exprimer le travail $W_{AB}(\vec{F})$ de la résultante des forces \vec{F} entre A et B en fonction de m , g , f , α et $d = x_A - x_B$.

Les données acquises sur la position du centre de masse permettent de calculer la valeur de la vitesse du centre de masse au point B en considérant deux points au voisinage du point B. On obtient : $V_B = 1,21 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

15. Proposer une nouvelle estimation de la valeur de f .

Exercice 4 : Bicycle Moto cross : Extrait bac Amérique du nord 2023 Jour 2

Lorsque la grille s'abaisse, les pilotes pédalent intensément pour acquérir la plus grande vitesse possible au bas de la butte. Lors d'une séance d'entraînement, filmée pour une chaîne sportive, se déroulant sur une piste possédant une butte de départ à 8 m de hauteur, un pilote atteint la vitesse de $61 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ au bas de la butte en 2,7 s.



Pendant cette descente, on considère que le système {pilote + bicyclette}, assimilé à un point matériel de masse totale $m = 93 \text{ kg}$ se déplace de la position A jusqu'à la position B, en n'étant soumis qu'à trois actions mécaniques modélisées par son poids \vec{P} , la réaction \vec{R} du plan incliné toujours perpendiculaire au plan et la force motrice \vec{F} de norme supposée constante et parallèle au plan. Le référentiel terrestre est ici considéré comme galiléen.

Données :

- intensité de la pesanteur $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$;
- théorème de l'énergie cinétique : la variation d'énergie cinétique d'un système entre deux positions A et B est égale à la somme des travaux des forces appliquées à ce système entre les deux positions A et B.

Q.5. Appliquer le théorème de l'énergie cinétique au système lors du trajet AB pour exprimer le travail $W_{AB}(\vec{F})$ de la force motrice liée au pédalage du pilote.

Q.6. Calculer la valeur de ce travail.

Exercice 5 : Extrait bac Amérique du nord 2023 Jour 1 : Le street - une pratique olympique

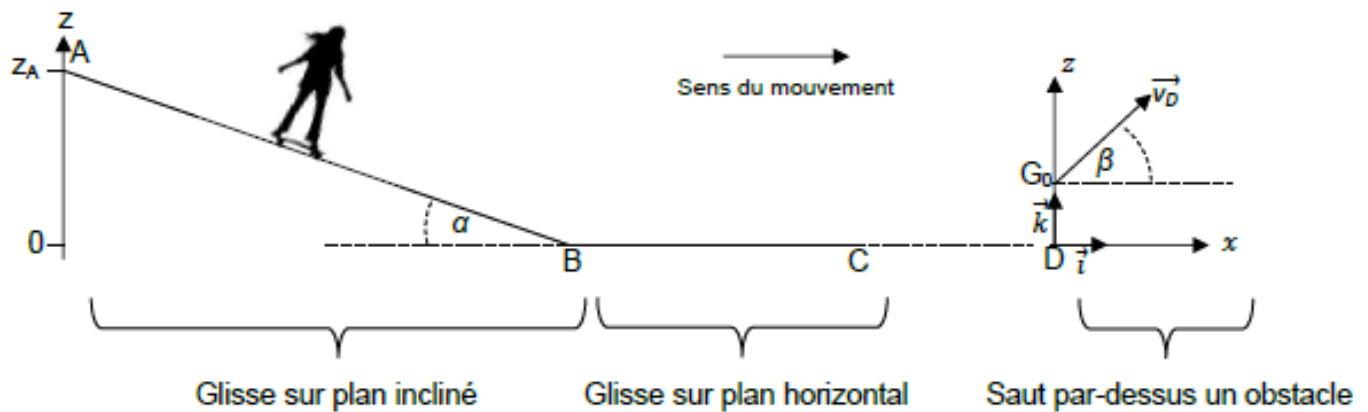


Figure 1. Les différentes phases du mouvement

Données :

- masse du système {skateboardeur + skateboard} : $m = 75,0 \text{ kg}$;
- intensité du champ de pesanteur : $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

A. Glisse sur plan incliné

Le skateboardeur est à l'arrêt au point A en haut d'un module de plan incliné de longueur AB faisant un angle α avec le plan l'horizontal. Le skateboardeur s'élance sans vitesse initiale le long de la pente pour rejoindre le point B. Durant cette phase, on considère que les frottements de l'air sont négligeables et que les frottements des roues sur la piste sont modélisés par une force notée \vec{F} .

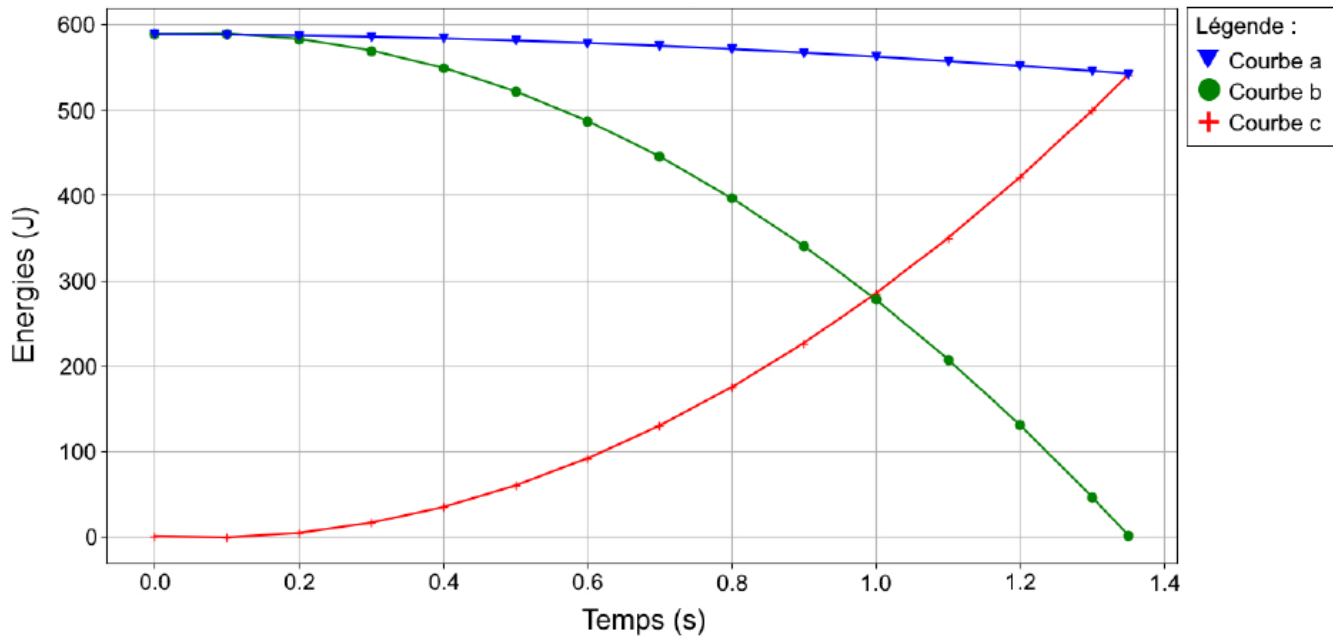
Le script en langage de programmation Python ci-dessous permet de tracer les courbes représentatives des énergies du système en fonction du temps, le long du trajet AB.

Script en langage de programmation Python :

```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2
3 #Saisie des valeurs
4 t=[0.00,0.10,0.20,0.30,0.40,0.50,0.60,0.70,0.80,0.90,1.00,1.10,1.20,1.30,1.35]
5 E1=[0.0,3.9,15.8,34.3,59.4,91.2,129.6,174.6,226.2,284.5,349.3,420.8,498.9,540.5]
6 E2=[588.6,583.1,569.7,549.3,521.7,487.1,445.4,396.6,340.7,277.8,207.7,130.6,46.4,1.6]
7
8 #Calcul de E3 à partir de E1 et E2
9 E3=[]
10 for i in range(len(t)):
11     Ebis=E1[i]+E2[i]
12     E3.append(Ebis)
13
14 plt.axes()
15 plt.plot(t, E1, 'r+-')
16 plt.plot(t, E2, 'go-')
17 plt.plot(t, E3, 'bv-')
18 plt.xlabel('Temps (s)')
19 plt.ylabel('Énergies (J)')
20 plt.title('Évolution temporelle des énergies du système')
21 plt.grid()
23 plt.show()
```

Les courbes ci-dessous sont obtenues à partir de l'exécution de ce script.

Évolution temporelle des énergies du système :



- Q.1.** À l'aide du script en langage de programmation Python, nommer en justifiant les énergies correspondant à E_1 , E_2 et E_3 . Attribuer ces énergies aux courbes du graphique ci-dessus (courbes a, b et c).
- Q.2.** Interpréter l'évolution temporelle de l'énergie E_3 représentée sur le graphique ci-dessus.
- Q.3.** Déterminer la valeur de la vitesse atteinte par le skateboardeur au point B.

B. Phase de mouvement horizontal

Durant la phase de mouvement entre les points B et C, Le skateboardeur glisse jusqu'à s'arrêter au point C. Les forces de frottement liées à l'air sont toujours négligées. Le skateboardeur est notamment soumis à une force de frottement \vec{f} qui s'oppose au mouvement.

On définit μ_c le coefficient de frottement cinétique tel que :

$$\mu_c = \frac{f}{R}$$

avec :

- f : norme de la force de frottement ;
- R : norme de la réaction normale au plan.

Sens du mouvement



Données :

- coefficient de frottement cinétique : $\mu_c = 0,040$;
- vitesse du skateboardeur au point B : $v_B = 3,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;
- théorème de l'énergie cinétique : la variation d'énergie cinétique d'un système entre deux positions A et B est égale à la somme des travaux des forces appliquées à ce système entre les deux positions A et B.

Q.4. Faire l'inventaire des forces extérieures appliquées au skateboardeur et les représenter sans souci d'échelle sur la copie.

Q.5. À l'aide du théorème de l'énergie cinétique appliqué entre les points B et C, établir la relation entre v_B , m , f et la distance d'arrêt BC .

Q.6. Montrer que la distance d'arrêt BC s'exprime par la relation :

$$BC = \frac{v_B^2}{2 \cdot \mu_c \cdot g}$$

Q.7. Calculer la valeur de la distance d'arrêt.

Les roues de skateboard sont réalisées en polyuréthane et sont caractérisées par leur dureté. Plus les roues sont « dures » plus les frottements sont faibles.

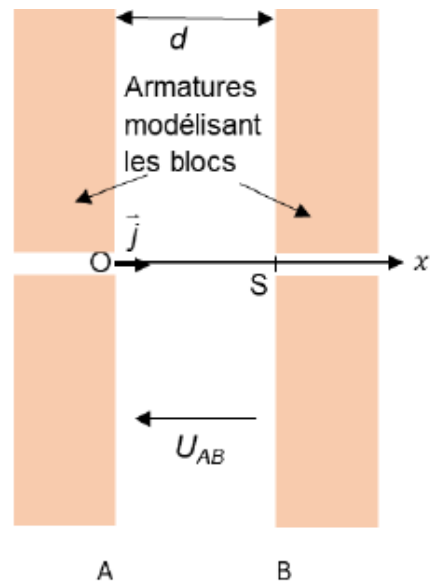
Un skateboardeur choisit de remplacer les roues habituelles de son skateboard par des roues moins dures de même géométrie.

Exercice 6 : Extrait bac Centre étrangers 2022 Jour 2 : Accélérateur linéaire de particules

L'ensemble constitué par une cavité et deux blocs adjacents peut être modélisé par un condensateur plan (voir schéma ci-contre) relié à un générateur délivrant une tension continue $U_{AB} = 1 \text{ kV}$.

On étudie l'accélération d'un proton à l'intérieur de la cavité.

Un proton de charge $q = e$ entre dans la cavité, en O, à la date $t_0 = 0,0 \text{ s}$ avec une vitesse initiale nulle et atteint l'armature B au point S avec une vitesse v_S .



1.1. Préciser le signe des charges portées par les armatures A et B du condensateur si on souhaite que le proton soit accéléré entre ces deux armatures. Justifier la réponse.

1.2. Exprimer la norme F_e de la force électrique modélisant l'action exercée sur le proton entre les armatures du condensateur. Exprimer le résultat en fonction de U_{AB} , q et d .

On montre que le travail de la force électrique \vec{F}_e entre les points O et S est : $W_{OS} = q \cdot U_{AB}$.

1.3. Exploiter le théorème de l'énergie cinétique pour montrer que la vitesse du proton au point S

est $v_S = \sqrt{\frac{2 q U_{AB}}{m_p}}$.

1.4. Calculer la valeur de v_S .

Exercice 7 : Extrait bac Asie 2023 Jour 2 : Étude des agrégats d'eau

Pour étudier la formation des gouttelettes d'eau dans l'atmosphère, il est possible en laboratoire de reconstituer de très petites gouttelettes contenant quelques dizaines de molécules d'eau, appelées agrégats, et qui peuvent grossir par « collage » de molécules d'eau supplémentaires. La masse de ces agrégats est un paramètre important pour comprendre le mécanisme de formation de la pluie. On cherche donc à mesurer la masse de ces agrégats pour mieux les étudier.



L'objectif de cet exercice est d'illustrer le principe de la détermination de la masse des agrégats par l'utilisation d'un accélérateur linéaire.

Le dispositif expérimental est schématisé **figure 1** ci-dessous. On injecte à l'entrée de la zone de collision des agrégats constitués de $N = 50$ molécules d'eau. Chaque agrégat porte une charge électrique q positive. Les agrégats peuvent subir des collisions avec des molécules d'eau dans cette zone de collision.

On cherche à déterminer la masse des agrégats à la sortie de la zone de collision pour savoir si des molécules d'eau se sont collées aux agrégats. Pour cela, les agrégats passent, après la zone de collision, dans une zone d'accélération constituée de deux armatures métalliques A et B distantes de 10 cm, percées chacune d'un trou en leur centre, et aux bornes desquelles on applique une tension $U = 10$ kV. À la sortie de la zone d'accélération, les agrégats entrent dans une zone de déplacement libre où règne un vide poussé. On enregistre alors le temps de vol des agrégats, c'est-à-dire la durée pour parcourir la distance D entre la plaque B et le détecteur.

La mesure du temps de vol permet de déterminer la masse m de l'agrégat.

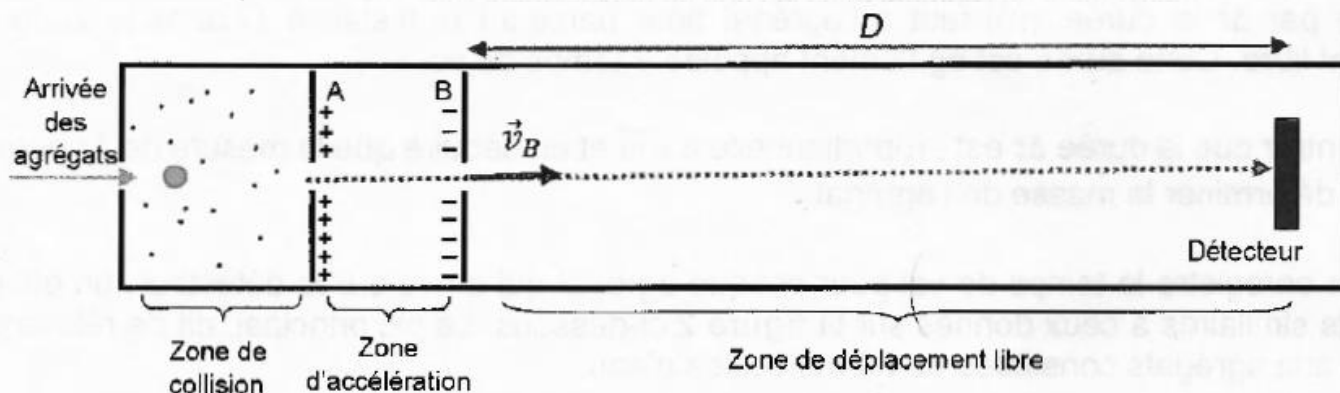


Figure 1 - Dispositif simplifié de l'accélérateur linéaire

Données

- Charge d'un agrégat : $q = +1,60 \times 10^{-19}$ C
- Tension entre les plaques A et B : $U_{AB} = U = 10,0$ kV
- Distance entre les plaques : $AB = 10$ cm
- Nombre d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23}$ mol $^{-1}$
- Masse molaire de l'eau : $M = 18,0$ g·mol $^{-1}$
- Intensité de la pesanteur : $g = 9,81$ m·s $^{-2}$

Rappel

Pour un condensateur plan présentant une distance AB entre ses armatures, le champ électrique \vec{E} entre les deux armatures est uniforme et est relié à la tension U_{AB} par la relation :

$$E = \frac{|U_{AB}|}{AB}$$

1. Montrer que la masse m_1 d'un agrégat contenant $N = 50$ molécules d'eau est d'environ $1,50 \times 10^{-24}$ kg et expliquer pourquoi il n'est pas possible de déterminer cette masse directement.

À faire après les autres questions

2. Sur un schéma, représenter le vecteur champ électrique \vec{E} dans la zone d'accélération et déterminer sa valeur E .
3. Donner les caractéristiques (direction, sens, valeur) de la force électrique \vec{F} qui s'exerce sur un agrégat dans la zone d'accélération.
4. Montrer, en comparant les valeurs P_1 du poids d'un agrégat de masse m_1 et F de la force électrique, qu'il est possible de négliger l'effet du poids devant celui de la force électrique.
5. Exprimer le travail $W_{AB}(\vec{F})$ de la force électrique dans la zone d'accélération en fonction de q et U .

La vitesse v_A d'un agrégat de masse m entrant dans la zone d'accélération est négligeable devant la vitesse de sortie v_B .

6. En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, montrer que la vitesse en sortie de zone d'accélération est donnée par $v_B = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$.
7. En négligeant le poids de l'agrégat dans la zone de déplacement libre, décrire le mouvement de l'agrégat dans la zone de déplacement libre.

On désigne par Δt la durée qu'il faut à l'agrégat pour parcourir la distance D dans la zone de déplacement libre. Cette durée est également appelée « temps de vol ».

8. Montrer que la durée Δt est proportionnelle à \sqrt{m} et en déduire que la mesure de Δt permet de déterminer la masse de l'agrégat.

Lorsque l'on enregistre le temps de vol pour chaque agrégat qui arrive sur le détecteur, on obtient des résultats similaires à ceux donnés sur la **figure 2** ci-dessous. Le pic principal, dit de référence, correspond aux agrégats constitués de 50 molécules d'eau.

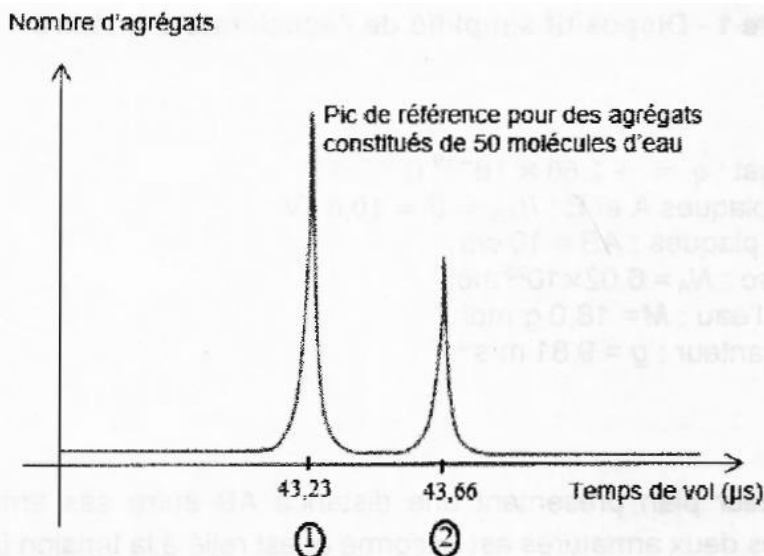


Figure 2 – Temps de vol des agrégats

9. Déterminer le nombre de molécules d'eau qui constituent les agrégats du deuxième pic.

Exercice 8 : Extrait bac Asie 2023 Jour 2 : Un saut parfait.

Le saut au ski Freestyle est une discipline olympique qui est l'équivalent sur neige du trampoline ou de la gymnastique, Les skieurs s'élancent à plus de 60 km.h-1 sur une rampe et montent à une hauteur suffisante pour réaliser des figures.



On s'intéresse au mouvement du centre de masse G du skieur qui s'élanche depuis une rampe, à une hauteur initiale H_0 , avec une vitesse initiale dont le vecteur est incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale (voir figure 1 ci-dessous).

Dans tout l'exercice, le référentiel terrestre est supposé galiléen. Les axes sont choisis de telle sorte que le plan (Ox, Oz) contienne la trajectoire.

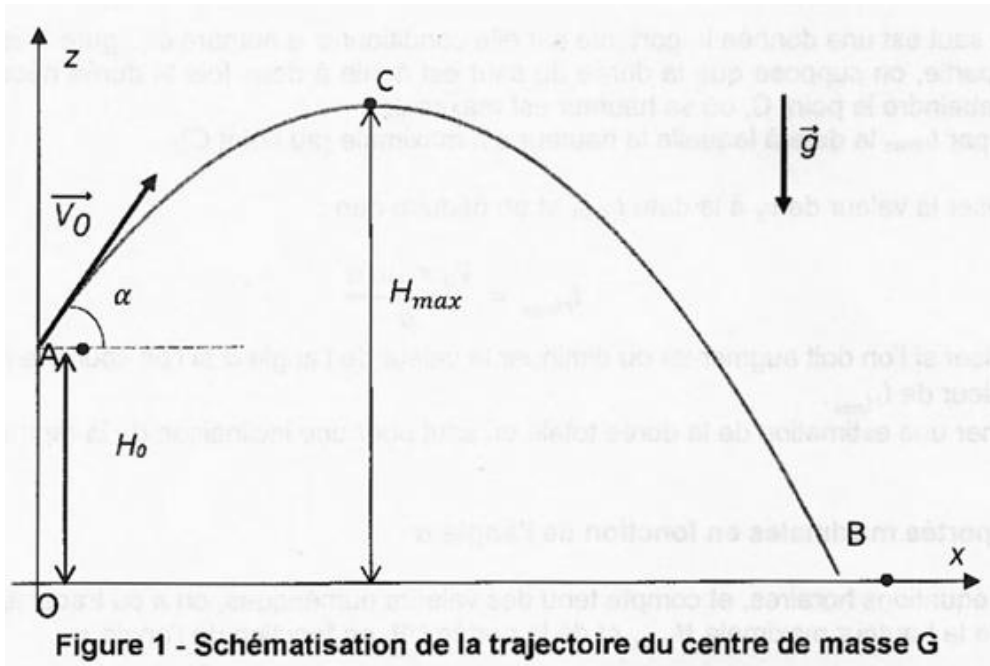


Figure 1 - Schématisation de la trajectoire du centre de masse G

Données

- Masse du skieur avec son équipement : $m = 80 \text{ kg}$
- Valeur du champ de pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$
- Valeur de la hauteur initiale : $H_0 = 3,60 \text{ m}$
- Valeur de la vitesse initiale : $V_0 = 17 \text{ m.s}^{-1}$

Dans la **partie A**, on fait les hypothèses simplificatrices suivantes:

- on néglige les frottements de l'air sur le skieur ;
- on néglige les rotations du skieur sur lui-même.

La seule force appliquée sur le skieur est donc son poids.

À partir des équations horaires, et compte tenu des valeurs numériques, on a pu tracer les évolutions de la hauteur maximale H_{max} et de la portée OB en fonction de l'angle α .

Les graphiques correspondants sont donnés en figures 2 et 3 ci-après.

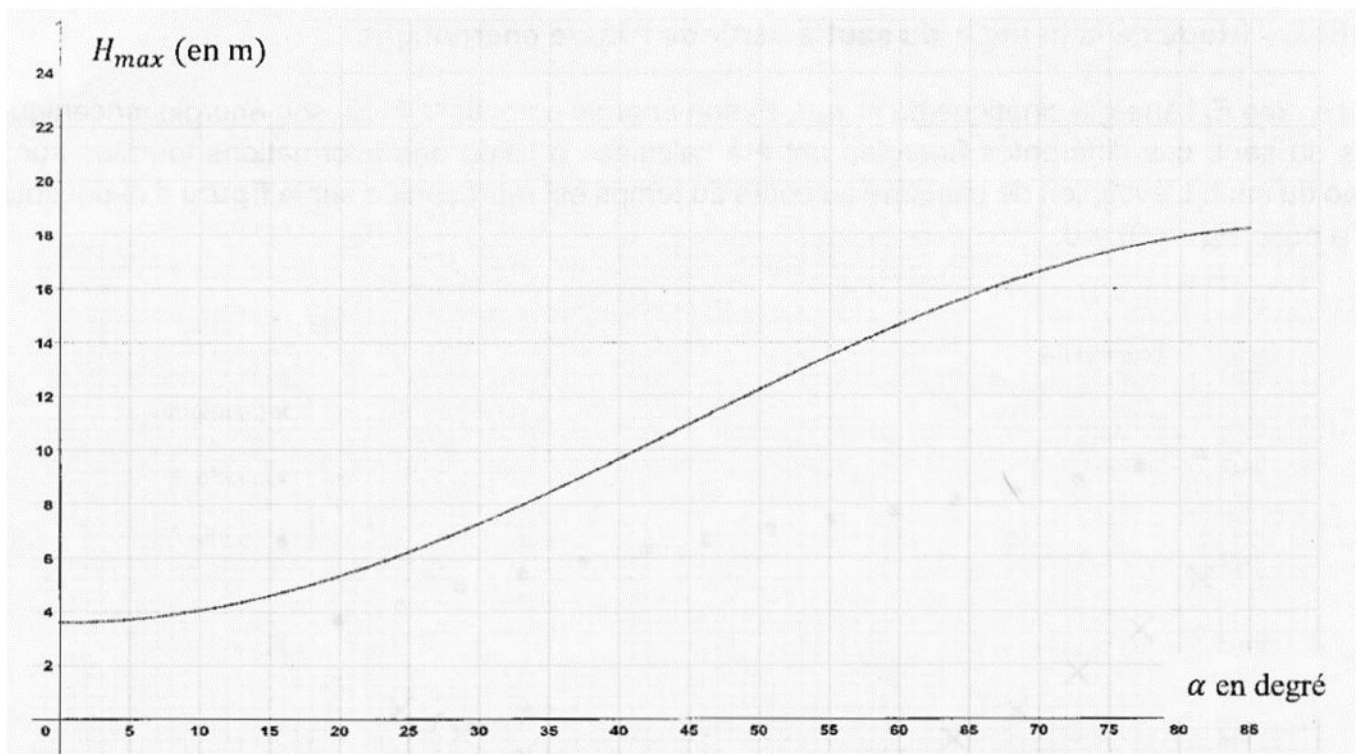


Figure 2 – Hauteur max en fonction de l'angle α

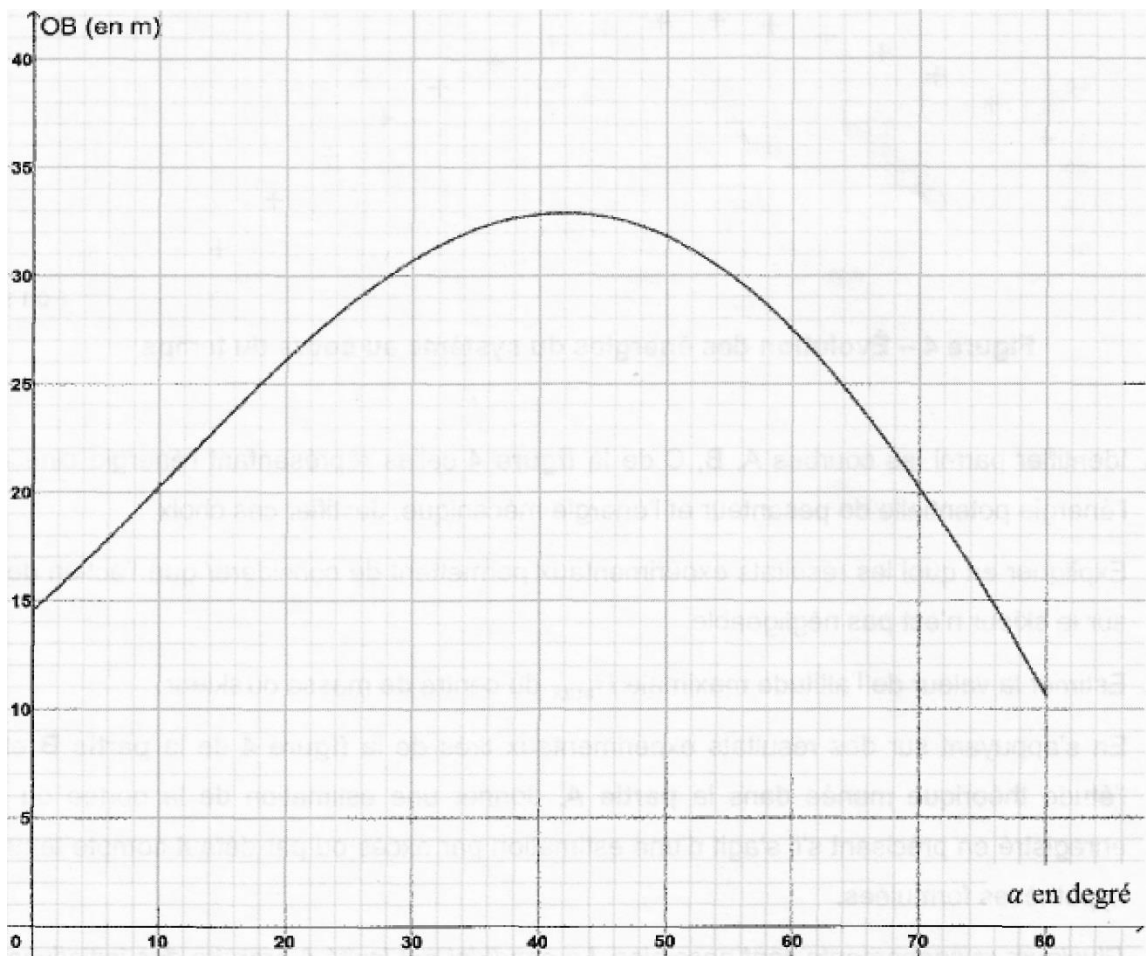


Figure 3 – Portée en fonction de l'angle

Partie B Étude de la hauteur du saut à partir de l'étude énergétique

On nomme E_C l'énergie cinétique du skieur, E_p son énergie potentielle et E_m son énergie mécanique.

Lors du saut, ces différentes énergies ont été calculées à l'aide des informations fournies sur la vidéo du saut. L'évolution de chacune au cours du temps est représentée sur la figure 4 ci-dessous.

On a posé $E_p(z = 0) = 0$.

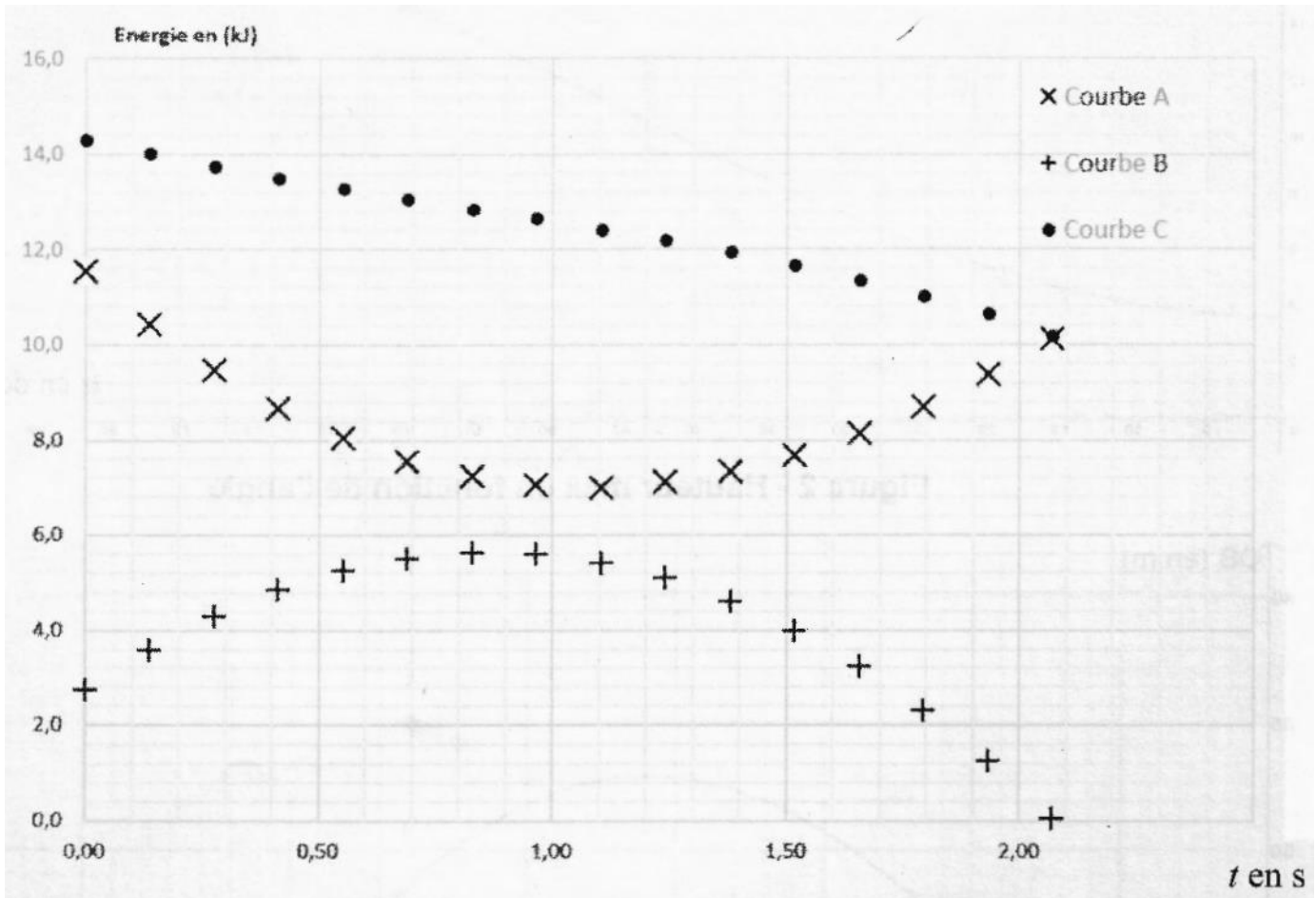


Figure 4 – Évolution des énergies du système au cours du temps

7. Identifier parmi les courbes A, B, C de la figure 4 celles représentant l'énergie cinétique, l'énergie potentielle de pesanteur et l'énergie mécanique. Justifier ces choix.

8. Expliquer en quoi les résultats expérimentaux permettent de considérer que l'action de l'air sur le skieur n'est pas négligeable.

9. Estimer la valeur de l'altitude maximale H_{\max} du centre de masse du skieur.

10. En s'appuyant sur des résultats expérimentaux tirés de la figure 4 de la partie B, et sur l'étude théorique de la partie A, donner une estimation de la portée du saut enregistré en précisant s'il s'agit d'une estimation par excès ou par défaut compte tenu des hypothèses formulées.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter sa démarche.