Bac Général Physique-Chimie + SVT (Physique-chimie et Sciences de la vie et de la Terre)

SUJET D'EXAMEN (SESSION OFFICIELLE)

Physique-chimie - Session 2024

Sujet de l'examen national tel que publié pour la session indiquée. Source : sujets nationaux publiés par le ministère chargé de l'examen et les services académiques. Document mis à disposition par FormaV pour la révision.

Toutes les annales et leurs corrigés : https://bac-physique-svt.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2024

PHYSIQUE-CHIMIE

Jour 1

Durée de l'épreuve : **3 heures 30**

Matériel autorisé

L'usage de la calculatrice **avec le mode examen activé** est autorisé.

L'usage de la calculatrice **sans mémoire**, « type collège », est autorisé.

Dès que le sujet est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12.

Le candidat traite l'intégralité du sujet, qui se compose de 3 exercices.

EXERCICE 1 : certification d'un vin (9 points)

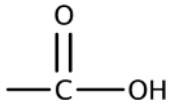
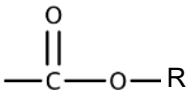
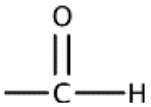
Le vin est une boisson alcoolisée obtenue par la fermentation du raisin et qui doit avoir un titre massique de 8,5 % d'alcool au minimum. Dans le cas de la composition du vin, il y a plus de 600 substances différentes mais l'espèce chimique majoritaire est l'eau. On y trouve également de l'éthanol, de l'éthanal et d'autres composés aromatiques issus de la fermentation qui participent à l'arôme des vins jeunes.

Les démarches de certifications environnementales sont nombreuses en viticulture. Parmi celles-ci, on peut citer le label agriculture biologique (AB), la certification Terra Vitis, ou encore le label Demeter. Un des critères à respecter pour obtenir ces labels concerne le taux de dioxyde de soufre total présent dans le vin.

Selon : shop.abacchus.fr/blog-vin/composition-du-vin-les-600-substances/

Règles de nomenclature dans le cas de composés à chaîne non ramifiée :

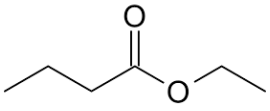
Nombre d'atomes de carbone	1	2	3	4	5
Préfixe du nom de la chaine carbonée	méth…	éth…	prop…	but…	pent…

Fonction	Groupe caractéristique	Nomenclature du groupe caractéristique
Acide carboxylique		acide …oïque
Ester		…oate de …yle
Aldéhyde		…al

1. Composition d'un vin

Q.1. Écrire la formule semi-développée de l'éthanal.

La formule topologique d'une espèce chimique qui participe à l'arome du vin, autre que l'éthanal, est donnée ci-dessous :



Q.2. Écrire la formule semi-développée de cette molécule. Entourer le groupe caractéristique présent dans cette molécule et nommer la famille fonctionnelle associée.

Q.3. Nommer cette molécule.

2. Différentes formes prises par le dioxyde de soufre dans le vin

La plupart des vignerons introduisent du dioxyde de soufre dans le vin. Le dioxyde de soufre agit comme antiseptique, antioxydant et régulateur de fermentation. Les vignerons peuvent l'ajouter de différentes manières mais cela revient, au final, à libérer dans la solution du (SO_2,H_2O) également noté (H_2SO_3(aq)).

Données :

- pK_{A1}(H_2SO_3(aq) / HSO_3^-(aq)) = 1,8 ;
- pK_{A2} (HSO_3^-(aq) / SO_3^{2-}(aq)) = 7,2.

Q.4. Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation de l'acide sulfureux H_2SO_3(aq), avec l'eau.

Q.5. Exprimer la constante d'acidité K_{A1} associée à cette équation de réaction.

Q.6. Justifier le caractère amphotère de l'espèce chimique HSO_3^-(aq).

Q.7. Représenter le diagramme de prédominance pour les trois espèces contenant l'élément soufre.

Q.8. Indiquer l'espèce soufrée prédominante contenue dans un vin dont le pH vaut 3,1. Justifier.

3. Titrage colorimétrique du dioxyde de soufre total par une solution de diiode

Pour titrer le dioxyde de soufre dissous, on utilise une solution de diiode. La solution de diiode étant peu stable, il faut vérifier sa concentration en quantité de matière de I_2 en effectuant un dosage par étalonnage utilisant des mesures d'absorbance.

Partie 1 : vérification de la concentration de la solution titrante

La solution disponible étant trop concentrée, on la dilue 10 fois. On note S_1 la solution diluée.

Q.9. Décrire le protocole de dilution pour préparer 100,0 mL de solution diluée de diiode en précisant la verrerie utilisée.

Exercice 1

Le spectre d'absorption de la solution diluée S_1 de diiode est le suivant :

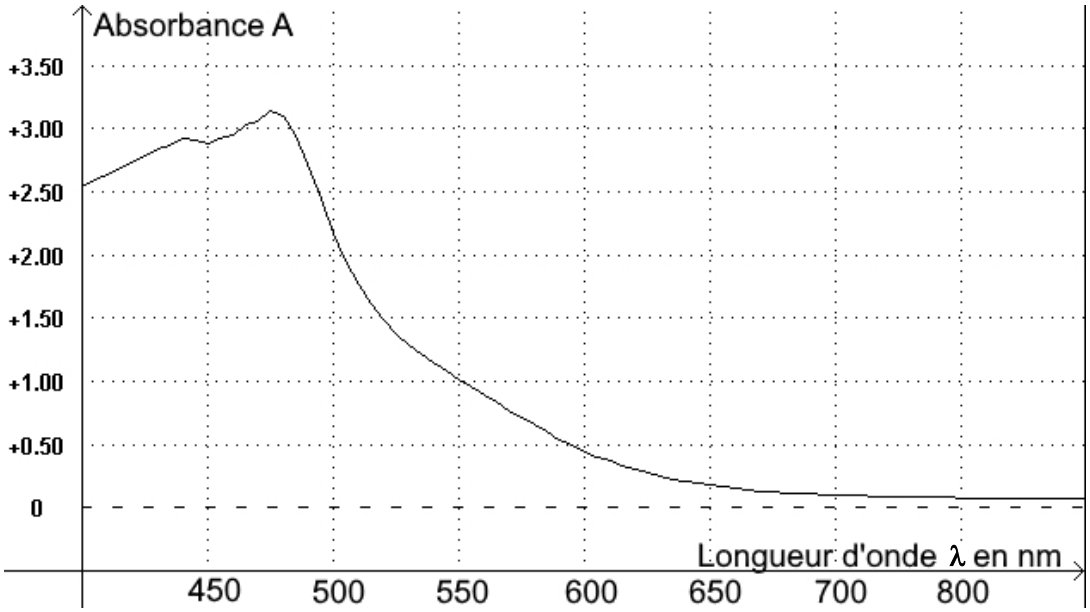


Figure 1 : spectre d'absorption de la solution diluée S_1 de diiode

Q.10. Déterminer la longueur d'onde pertinente pour laquelle les mesures d'absorbance seront réalisées en exploitant la figure 1. Justifier le choix.

À partir de S_1, on prépare cinq solutions étalons de diiode. On mesure l'absorbance de ces cinq solutions et on trace l'évolution de l'absorbance en fonction de la concentration en diiode.

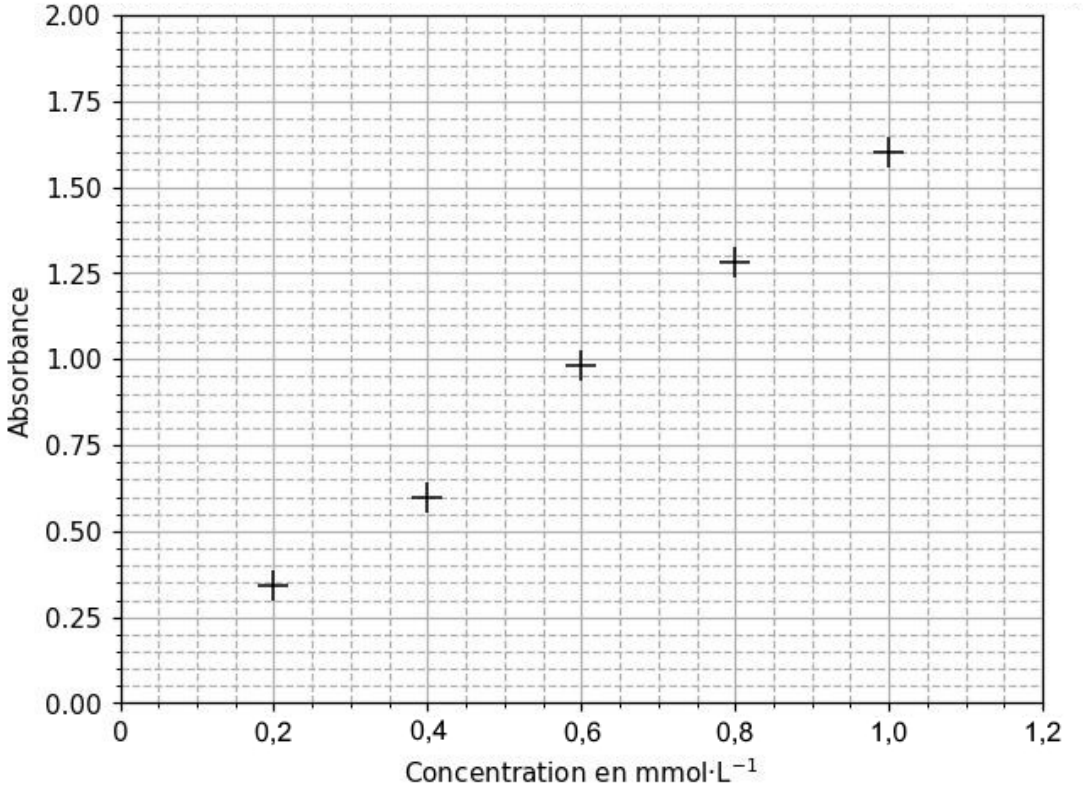


Figure 2 : évolution de l'absorbance en fonction de la concentration en diiode

Q.11. Montrer que les mesures obtenues pour les solutions étalons de diiode peuvent être modélisées par la loi de Beer-Lambert.

On mesure la valeur de l'absorbance de la solution titrante de diiode S_1 à la longueur d'onde déterminée à la **Q.10** : $A_1 = 0{,}80$.

Q.12. Déterminer la valeur de la concentration en quantité de matière de diiode de la solution S_1.

Partie 2 : titrage colorimétrique du dioxyde de soufre total

Données :

- couples oxydant/réducteur $SO_4^{2-}(aq)$ / $H_2SO_3(aq)$; $I_2(aq)$ / $I^-(aq)$;
- masse molaire H_2SO_3 : $M = 82{,}1\ g{\cdot}mol^{-1}$;
- critères à respecter concernant le taux de dioxyde de soufre total présent dans le vin pour différents labels :

Certification	**AB**	**Terra Vitis**	**Demeter**
Concentration en masse maximale de SO_2,H_2O totale ($mg{\cdot}L^{-1}$)	150	170	90

D'après INAO inao.gouv.fr ; fédération nationale Terra Vitis ; demeter.fr

Le dioxyde de soufre se trouve sous différentes formes dans le vin. On réalise donc un traitement du vin pour que tout ce dioxyde de soufre se retrouve sous forme (SO_2,$H_2O(aq)$) et on obtient alors la solution S_2 qu'on titre.

Le titrage du dioxyde de soufre total contenu dans S_2 est réalisé en milieu acide par la solution S_1 de concentration connue en diiode égale à $c_1 = 5{,}0 \times 10^{-4}\ mol{\cdot}L^{-1}$.

L'indicateur de fin de réaction est l'empois d'amidon. Lorsque tout le (SO_2,$H_2O(aq)$) a réagi, le diiode forme un complexe bleu-noir avec l'empois d'amidon.

Protocole du titrage :

- prélever 10,0 mL de solution S_2 et les verser dans un bécher ;
- on ajoute quelques gouttes d'empois d'amidon dans S_2, celui-ci joue le rôle d'indicateur coloré de fin de réaction ;
- on titre à l'aide de la solution de diiode S_1 de concentration c_1 ;
- on observe un changement de couleur de l'empois d'amidon pour un volume de solution titrante versé $V_e = 9{,}9$ mL.

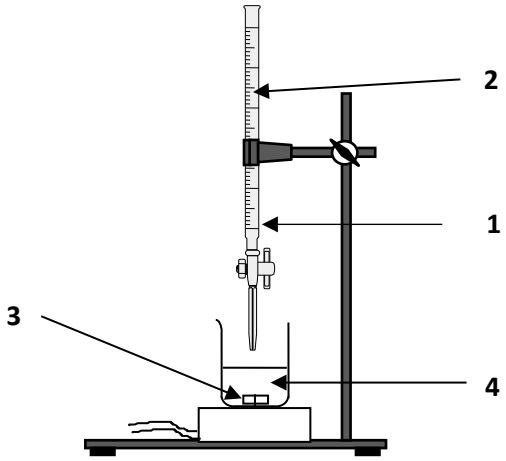


Figure 3 : schéma du dispositif expérimental du titrage

Q.13. Associer, sur votre copie, à chaque numéro (1, 2, 3, 4) du schéma du dispositif expérimental, un nom de matériel ou d'espèce chimique.

Q.14. Montrer que l'équation de la réaction support du titrage est :

$$H_2SO_3(aq) + I_2(aq) + H_2O(\ell) \rightarrow SO_4^{2-}(aq) + 4\ H^+(aq) + 2\ I^-(aq)$$

Q.15. Établir la relation à l'équivalence entre les quantités de matière $n_E(I_2(aq))$ de diiode introduit et $n_0(H_2SO_3(aq))$ de dioxyde de soufre dissous dans le vin.

Q.16. Indiquer si le vigneron peut prétendre obtenir l'une ou l'autre de ces certifications.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

EXERCICE 2 : utilisation d'un laser comme instrument de mesure (6 points)

On souhaite savoir si un voile en polyester peut être utilisé comme moustiquaire. Pour ce faire, on mesure la taille des mailles rectangulaires à l'aide d'un montage de laboratoire.

1. Vérification de la longueur d'onde du laser

Le montage ci-dessous est réalisé avec une diapositive comportant une fente de largeur connue.

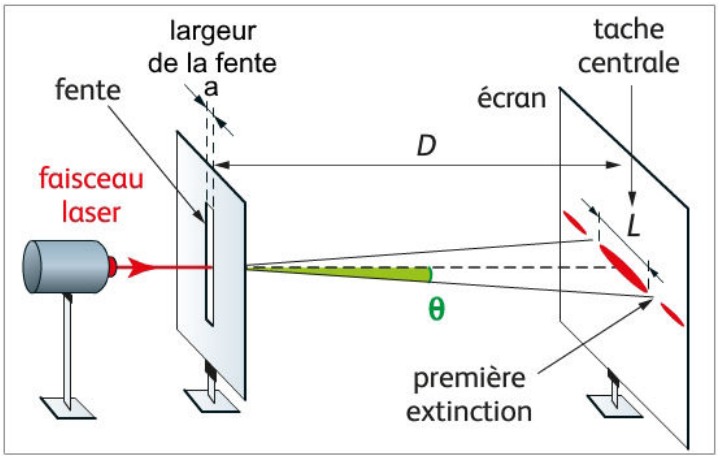


Figure 1 : montage de diffraction

Une série de mesures, avec une distance D = (1800 ± 2) mm est effectuée. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

a (µm)	30	40	60	80	100	150	200
L (mm)	77	59	40	30	24	16	12

Données :

- approximations des petits angles, exprimés en radians : sin $\theta \approx \theta$ et tan $\theta \approx \theta$;
- relation théorique entre l'angle de diffraction θ et la valeur de la largeur de la fente a pour les petits angles : $\theta = \frac{\lambda}{a}$;
- accord d'une mesure avec une valeur de référence : on compare, le cas échéant, le résultat d'une mesure X à une valeur de référence $X_{réf}$ en utilisant le quotient $\left|\frac{x-x_{réf}}{u(x)}\right|$ où $u(X)$ est l'incertitude-type associée au résultat.

Q.1. Exprimer, à l'aide de la figure 1, l'angle de diffraction θ en fonction de la largeur L de la tache centrale et de la distance D.

En utilisant un tableur et la relation précédente, on obtient le tableau suivant :

1/a (m^{-1})	$3{,}33\cdot10^{4}$	$2{,}50\cdot10^{4}$	$1{,}67\cdot10^{4}$	$1{,}25\cdot10^{4}$	$1{,}00\cdot10^{4}$	$6{,}67\cdot10^{3}$	$5{,}00\cdot10^{3}$
θ(rad)	$2{,}14\cdot10^{-2}$	$1{,}64\cdot10^{-2}$	$1{,}11\cdot10^{-2}$	$8{,}33\cdot10^{-3}$	$6{,}67\cdot10^{-3}$	$4{,}44\cdot10^{-3}$	$3{,}33\cdot10^{-3}$

Un script écrit en langage python permet ensuite de tracer $\theta = f(1/a)$. On obtient les figures 2 et 3 ci-dessous dans lesquelles θ sera noté théta et 1/a sera noté inv_a :

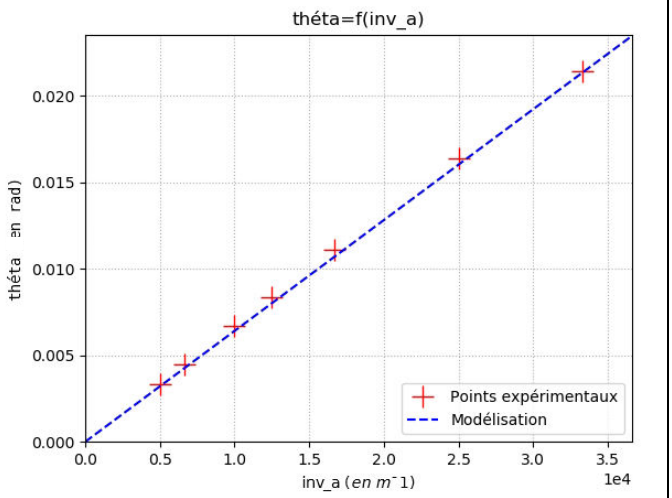


Figure 2 : tracé de $\theta = f(1/a)$

```
>>>
*** Console de processus distant Réinitialisée ***
>>>
Valeur de la pente k = 6.41e-07  m
Incertitude-type sur la pente u(k) = 5.7e-09  m
>>>
```

Donnée : 6,41e-07= $6{,}41\times10^{-7}$

Figure 3 : indication de la console en langage python

Q.2. Déduire des informations précédentes la valeur de la longueur d'onde λ_{laser} du laser utilisé. Justifier.

Q.3. Indiquer si la valeur mesurée est en accord avec la longueur d'onde $\lambda_{réf}$ = 650 nm indiquée sur la notice fournie par le constructeur.

2. Mesure de la taille d'une maille rectangulaire d'un voile polyester

Le but de cette partie est de mesurer les dimensions *b* et *b*' du voile polyester disponible dont le maillage est représenté sur la figure suivante :

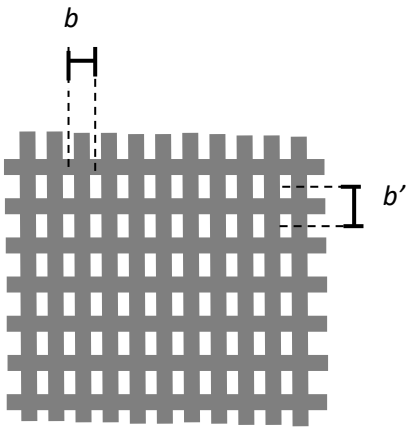


Figure 4. Schéma du maillage du voile

Exercice 2

On réalise une expérience d'interférences pour évaluer ces dimensions en utilisant la diode laser précédente et en réalisant le montage suivant :

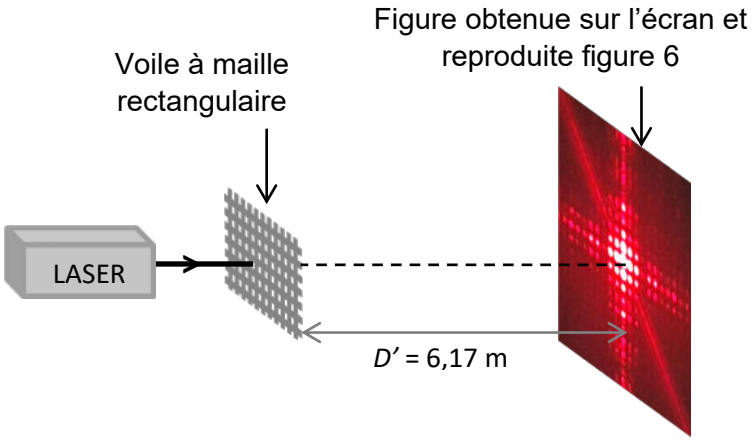


Figure 5. Montage utilisé (échelle non respectée)

Données :

- diode laser de longueur d'onde λ = (650 ± 20) nm où ce qui suit le ± représente l'incertitude-type associée à la longueur d'onde ;
- distance D' = (6,17 ± 0,03) m où ce qui suit le ± représente l'incertitude-type associée à la distance ;
- on note b la distance entre les centres de deux trous consécutifs du maillage horizontal et b' la distance entre les centres de deux trous consécutifs du maillage vertical du voile ;
- la figure d'interférences obtenue est donnée sur la figure suivante :

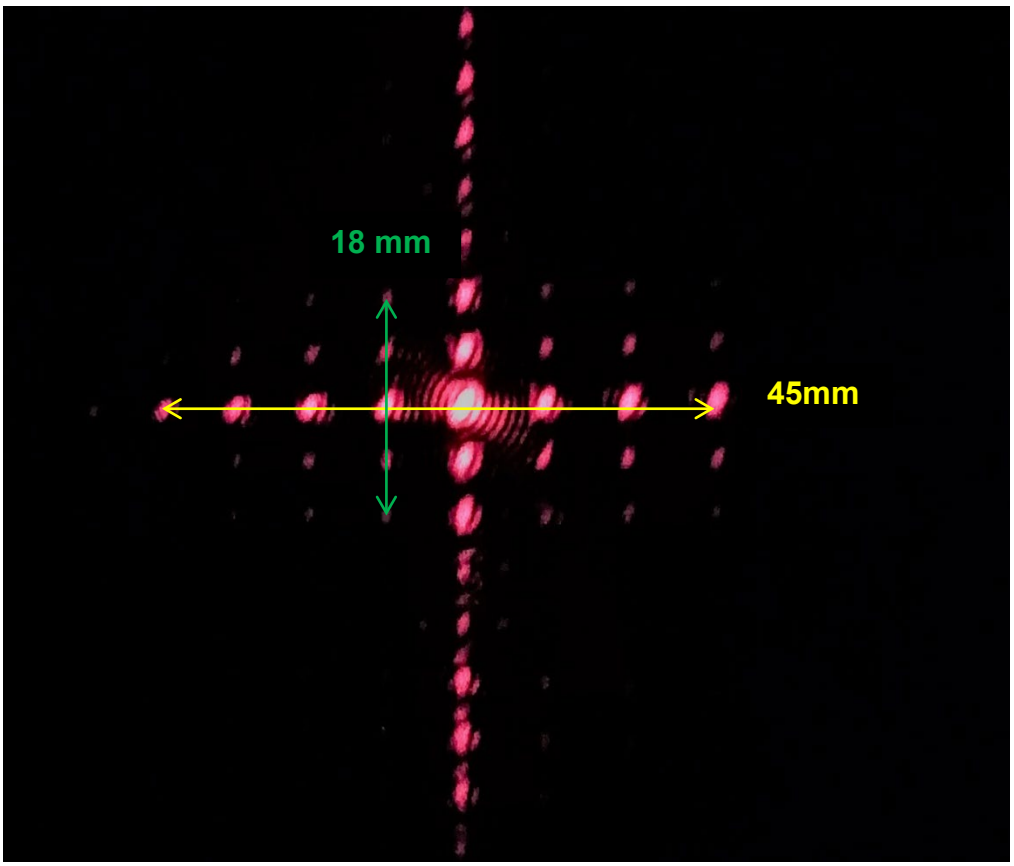


Figure 6 : interférences obtenues avec le voile

- l'interfrange horizontale, notée *i*, est définie comme la distance entre les centres de deux taches lumineuses successives selon l'axe horizontal identifié sur la figure 6 ;
- l'interfrange verticale, notée *i'*, est définie comme la distance entre les centres de deux taches lumineuses successives selon l'axe vertical identifié sur la figure 6 ;
- L'expression de l'interfrange est donnée par la relation : $i = \frac{\lambda \times D'}{b}$ et $i' = \frac{\lambda \times D'}{b'}$;
- L'incertitude-type $u(b)$ sur la grandeur b peut se calculer à partir de la relation :

$$\frac{u(b)}{b} = \sqrt{\left(\frac{u(D')}{D'}\right)^2 + \left(\frac{u(i)}{i}\right)^2 + \left(\frac{u(\lambda)}{\lambda}\right)^2}$$

où $u(x)$ désigne l'incertitude-type associée à la grandeur x.

Q.4. Évaluer les valeurs des interfranges, *i* et *i'*, à l'aide des dimensions figurant sur la figure 6.

Q.5. En déduire les valeurs des dimensions b et b' du voile utilisé, ainsi que leurs incertitudes associées, en considérant les incertitudes-types sur *i* et *i'* : *u(i) = u(i') = 0,1mm.* Écrire les résultats avec un nombre adapté de chiffres significatifs.

Q.6. Expliquer pourquoi la distance *D* utilisée dans le montage de la partie 1 a dû être remplacée par une distance *D'* pour effectuer la mesure de la partie 2.

Selon les recommandations de l'ECARF (fondation européenne de recherche sur les allergies), une moustiquaire anti-pollen doit posséder à minima 3 fois plus d'ouvertures par cm² qu'une moustiquaire classique qui en comporte 50 par cm².

Q.7. Estimer le nombre d'ouvertures par cm² du voile polyester testé. Indiquer s'il est utilisable comme moustiquaire anti-pollen selon l'ECARF.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter sa démarche. Toute démarche pertinente, même non aboutie, sera valorisée.

EXERCICE 3 : L'homme canon (5 points)



Stéphanie Smith, femme-canon au Royal Melbourne Show en 2005.

Dans le cirque traditionnel américain, la famille Smith est célèbre pour ses numéros d'homme canon, qui consistent à éjecter d'un canon modifié une personne dûment bottée et casquée. L'artiste n'est pas propulsé comme un boulet par de la poudre à canon, mais par un ressort ou un jet d'air comprimé. L'homme-canon atterrit ordinairement sur un filet horizontal ou un matelas pneumatique, dont l'emplacement est déterminé par le calcul, puis validé par des essais avec des mannequins. Les dispositifs de sécurité ne mesurent généralement pas plus de 15 mètres sur 7, une taille extrêmement réduite lorsque l'on prend en compte la longueur moyenne de leur vol.

Lors d'un vol à Kennywood en 1998, David Smith Jr a homologué un premier saut « record » de portée 56,64 m. La portée correspond à la distance parcourue sur l'axe horizontal entre l'instant initial et l'instant où l'homme-canon arrive dans le filet horizontal.

On étudiera le mouvement de l'homme-canon dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Pendant son vol, on considère que le système {artiste + équipement} , assimilé à un point matériel, noté G, de masse totale m = 80 kg, n'est soumis qu'à son poids $\vec{P}$, devant lequel toute action de l'air est négligée. A la date t = 0 s, l'homme-canon démarre son vol et occupe alors la position G_0. Après le vol, le système retrouve le contact avec le filet de protection situé à une hauteur h = 8,0 m au-dessus du sol. La situation est schématisée ci-dessous.

Ce vol a été réalisé dans les conditions suivantes :

- Canon incliné de α = 45° par rapport à l'horizontale ;
- Vitesse d'éjection initiale V_0 = 31 m·s^{-1} ;
- Bouche de sortie du canon située à H = 8,0 m au-dessus du sol.

Données : intensité de la pesanteur g = 9,81m·s^{-2}

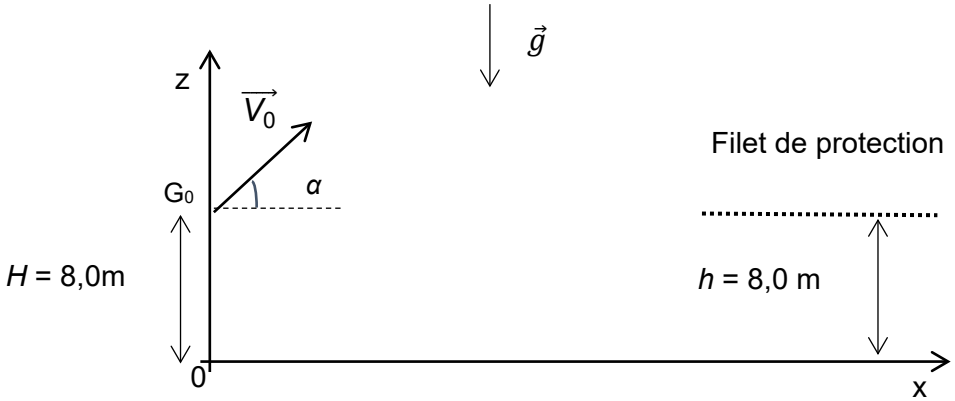


Schéma de la situation

1. Étude énergétique du vol de l'homme canon

Q.1. Exprimer l'énergie mécanique du système à la date $t = 0$ en fonction de sa masse m, de l'altitude H et de sa vitesse initiale V_0.

Q.2. À l'aide d'un raisonnement énergétique, déterminer la vitesse du système à l'arrivée dans le filet.

Q.3. Représenter sur votre copie, sans souci d'échelle, l'évolution des énergies cinétique, potentielle de pesanteur et mécanique au cours du vol.

2. Étude du mouvement de l'homme canon après le lancer

Q.4. En appliquant la deuxième loi de Newton au système, exprimer les coordonnées du vecteur accélération du système pendant le vol.

Q.5. En déduire que les équations horaires de son mouvement pendant le vol sont :

$$\overrightarrow{OG}\begin{pmatrix} x(t) = (V_0 \cdot \cos\alpha)\cdot t \\ z(t) = -\frac{1}{2}g\cdot t^2 + (V_0 \cdot \sin\alpha)\cdot t + H \end{pmatrix}$$

Q.6. Donner la valeur de la coordonnée $z(t)$ lorsque le système entre en contact avec le filet de protection.

Q.7. En déduire la valeur de la durée t_V du vol, puis celle de la longueur x_v de la portée.

Q.8. Comparer la longueur estimée par ce modèle avec la longueur du record homologué ce jour-là de 56,64 m. Déterminer si le modèle de la chute libre est adapté à la description du vol. Proposer une explication.