

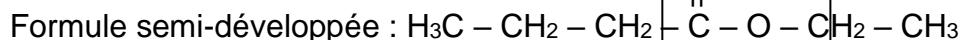
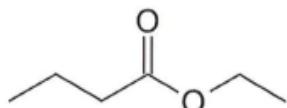
EXERCICE 1 : certification d'un vin (9 points)

1. Composition d'un vin

Q1. Écrire la formule semi-développée de l'éthanal.



Q2. Écrire la formule semi-développée de cette molécule. Entourer le groupe caractéristique présent dans cette molécule et nommer la famille fonctionnelle associée.



Groupe ester

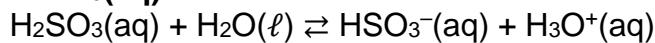
Famille : ester

Q3. Nommer cette molécule.

Butanoate d'éthyle

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

Q4. Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation de l'acide sulfureux $\text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq})$ avec l'eau.



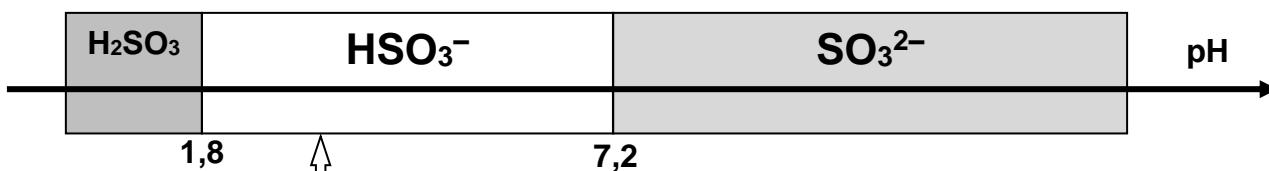
Q5. Exprimer la constante d'acidité K_{A1} associée à cette équation de réaction.

$$K_{A1} = \frac{\frac{[\text{HSO}_3^-](\text{aq})]_{\text{éq}} \times [\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})]_{\text{éq}}}{c^0}}{\frac{[\text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq})]_{\text{éq}}}{c^0}}$$

Q6. Justifier le caractère amphotère de l'espèce chimique $\text{HSO}_3^-(\text{aq})$.

HSO_3^- est la base du couple $\text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq}) / \text{HSO}_3^-(\text{aq})$ et l'acide du couple $\text{HSO}_3^-(\text{aq}) / \text{SO}_3^{2-}(\text{aq})$, or une espèce chimique amphotère peut se comporter à la fois comme un acide ou comme une base.

Q7. Représenter le diagramme de prédominance pour les trois espèces contenant l'élément soufre.



Q8. Indiquer l'espèce soufrée prédominante contenue dans un vin dont le pH vaut 3,1. Justifier.

D'après le diagramme de prédominance, c'est HSO_3^- qui prédomine dans ce vin.

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

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.

Q9. Décrire le protocole de dilution pour préparer 100,0 mL de solution diluée de diiode en précisant la verrerie utilisée.

Déterminons le volume de solution mère à prélever.

Solution mère :

$$C_0$$

Solution fille :

$$C_1 = \frac{C_0}{10}$$

$$V_0 = ?$$

$$V_1 = 100,0 \text{ mL}$$

Au cours d'une dilution, la quantité de matière de soluté se conserve, $n_0 = n_1$.

$$C_0 \cdot V_0 = C_1 \cdot V_1$$

$$C_0 \cdot V_0 = \frac{C_0}{10} \cdot V_1$$

$$V_0 = \frac{V_1}{10}$$

$$V_0 = 10,0 \text{ mL}$$

À l'aide d'une pipette jaugée de 10,0 mL, on prélève le volume V_0 de solution mère que l'on verse dans une fiole jaugée de 100,0 mL. On ajoute de l'eau distillée jusqu'au tiers de la fiole. On agite. On poursuit l'ajout d'eau distillée jusqu'au trait de jauge. On bouche, on agite.

Q10. Déterminer la longueur d'onde pertinente pour laquelle les mesures d'absorbance seront réalisées en exploitant la figure 1. Justifier le choix.

On choisit la longueur d'onde $\lambda = 480 \text{ nm}$ pour laquelle l'absorbance est maximale.

Ainsi l'erreur relative sur la mesure de l'absorbance est plus faible.

Q11. Montrer que les mesures obtenues pour les solutions étalons de diiode peuvent être modélisées par la loi de Beer-Lambert.

Les points expérimentaux sont quasiment alignés sur une droite passant par l'origine.

Ainsi on peut modéliser la relation entre l'absorbance et la concentration par une fonction linéaire, conforme à la loi de Beer-Lambert $A = k.c$.

On mesure l'absorbance de la solution titrante de diiode S_1 à la longueur d'onde déterminée à la Q10. : $A = 0,80$.

Q12. Déterminer la valeur de la concentration en quantité de matière de diiode de la solution S_1 .

On trace la droite moyenne passant au plus près de tous les points expérimentaux et par l'origine. On lit l'abscisse du point d'ordonnée $A = 0,80$,

on trouve $c = 0,5 \text{ mmol.L}^{-1} = 5 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$. Cette valeur est confirmée plus loin dans l'énoncé.

Partie 2 : titrage colorimétrique du dioxyde de soufre total

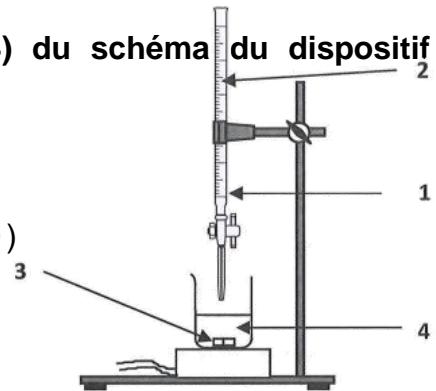
Q13. Associer, sur votre copie, à chaque numéro (1,2,3,4) du schéma du dispositif expérimental, un nom de matériel ou d'espèce chimique.

1-burette graduée

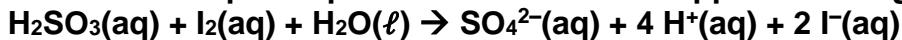
2-solution S₁ de diiode I₂(aq)

3-turbulent (on accepte olive dans le quart sud-est de la France ☺)

4-solution S₂ contenant du dioxyde de soufre SO₂(aq).



Q14. Montrer que l'équation de la réaction support du titrage est :

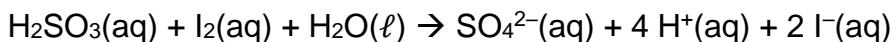
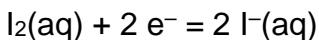


Méthode à voir sur <http://acver.fr/oxred>

Demi-équation d'oxydation de l'acide sulfureux :



Demi-équation de réduction du diiode :



Q15. Établir la relation à l'équivalence entre les quantités de matière $n_E(\text{I}_2(\text{aq}))$ de diiode introduit et $n_0(\text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq}))$ de dioxyde de soufre dissous dans le vin.

À l'équivalence, les réactifs sont introduits dans les proportions stœchiométriques donc $n_E(\text{I}_2(\text{aq})) = n_0(\text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq}))$.

Q16. 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.

Il faut déterminer la concentration en masse de SO₂, H₂O (donc de H₂SO₃) dans le vin.

$$n_E(\text{I}_2(\text{aq})) = n_0(\text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq}))$$

$$c_1 \cdot V_e = c_{\text{H}_2\text{SO}_3} \cdot V_2$$

$$c_{\text{H}_2\text{SO}_3} = \frac{c_1 \cdot V_e}{V_2}$$

$$c_{m\text{H}_2\text{SO}_3} = \frac{c_1 \cdot V_e}{V_2} \cdot M_{\text{H}_2\text{SO}_3}$$

$$\frac{5E-4 * 9.9}{10.0} * 82.1$$

$$4.06395E-2$$

$$c_{m\text{H}_2\text{O}_3} = \frac{5.0 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} \times 9.9 \text{ mL}}{10.0 \text{ mL}} \times 82.1 \text{ g.mol}^{-1} = 4.1 \times 10^{-2} \text{ g.L}^{-1} = 41 \times 10^{-3} \text{ g.L}^{-1} = 41 \text{ mg.L}^{-1}$$

Cette concentration est inférieure aux valeurs maximales des trois certifications, le vigneron peut donc prétendre à toutes ces certifications pour son vin.

En cas d'erreur, merci de nous écrire à labolycee@labolycee.org .

1. Vérification de la longueur d'onde d'un laser

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 .

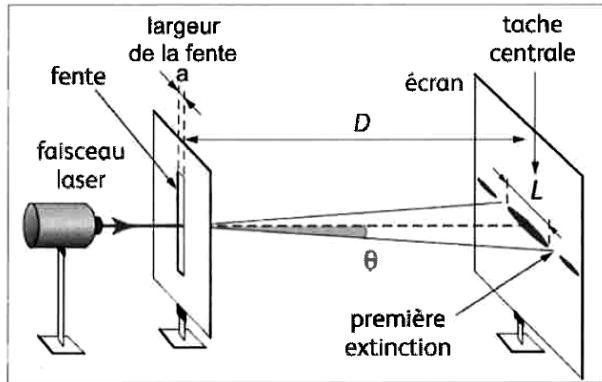


Figure 1 : montage de diffraction

D'après la figure 1, on a :

$$\tan \theta = \frac{\text{opp.}}{\text{adj.}} = \frac{L/2}{D} = \frac{L}{2D}.$$

Approximation des petits angles : $\tan \theta \approx \theta$.

Finalelement :

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

Théorie de la diffraction : $\theta = \frac{\lambda_{\text{laser}}}{a}$.

Le graphe $\theta = f(1/a)$ est une droite qui passe par l'origine.

On peut modéliser le graphe par une fonction linéaire de la forme :

avec $k = 6.41 \times 10^{-7} \text{ m}$.

En égalant les deux expressions de θ , on a : $\lambda_{\text{laser}} = k$

En égalant les deux expressions de v , on a : $\lambda_{\text{laser}} = \lambda$
 soit $\lambda_{\text{laser}} = 6.41 \times 10^{-7} \text{ m} = 641 \times 10^{-9} \text{ m} = 641 \text{ nm}$.

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

Calculons le quotient : $z = \left| \frac{\lambda_{\text{laser}} - \lambda_{\text{réf}}}{\mu(\lambda_{\text{...}})} \right|$.

650-641
5.7

1.578947368

Comme $\lambda_{\text{laser}} = k$ alors $\nu(\lambda_{\text{laser}}) = \nu(k) = 5.7 \times 10^{-9} \text{ m} = 5.7 \text{ nm}$ (Valeur lue sur la figure 3).

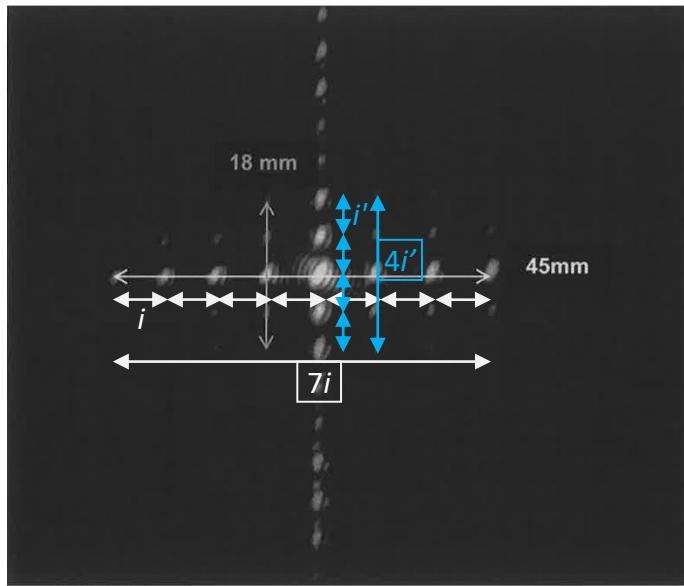
$$\left| \frac{\lambda_{\text{laser}} - \lambda_{\text{réf}}}{u(\lambda_{\text{laser}})} \right| = \left| \frac{641 - 650}{5.7} \right| \approx 1,6 < 2 \text{ en conservant deux chiffres significatifs.}$$

L'écart entre la valeur de la longueur du laser mesurée et la valeur de la longueur d'onde de référence est inférieure à deux fois l'incertitude-type. La valeur de la longueur du laser mesurée est en accord avec la valeur de la longueur d'onde de référence indiquée sur la notice par le constructeur.

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

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

L'interfrange i est la distance séparant les centres de deux franges brillantes ou sombres consécutives.



Sur l'axe horizontal, on mesure 45 mm pour 7 interfranges soit : $7i = 45$ mm.

$$i = \frac{45 \text{ mm}}{7} \approx 6,4 \text{ mm en conservant deux chiffres significatifs.}$$

Sur l'axe vertical, on mesure 18 mm pour 4 interfranges soit : $4i = 18 \text{ mm}$.

$$i = \frac{18 \text{ mm}}{4} = 4,5 \text{ mm.}$$

$$\begin{array}{r} 45/7 \\ \hline 18/4 \end{array} \quad \begin{array}{r} 6.428571429 \\ \hline 4.5 \end{array}$$

Figure 6 : interférences obtenues avec le voile

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' : $u(i) = u(i') = 0,1$ mm. Écrire les résultats avec un nombre adapté de chiffres significatifs.

$$i = \frac{\lambda \times D'}{b} \quad \text{donc} \quad b = \frac{\lambda \times D'}{i} \quad \text{soit} \quad b = \frac{650 \times 10^{-9} \times 6,17}{\left(\frac{45 \times 10^{-3}}{7} \right)} \quad m = 6,2 \times 10^{-4} \text{ m.}$$

$$i' = \frac{\lambda \times D'}{b'} \quad \text{donc} \quad b' = \frac{\lambda \times D'}{i'} \quad \text{soit} \quad b' = \frac{650 \times 10^{-9} \times 6,17}{\left(\frac{18 \times 10^{-3}}{4} \right)} \quad m = 8,9 \times 10^{-4} \text{ m.}$$

On remarque que $b < b'$ ce que montre bien le schéma de la figure 4.

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

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

$$u(b) = 6,2 \times 10^{-4} \sqrt{\left(\frac{0,03}{6,17}\right)^2 + \left(\frac{0,1}{\left(\frac{45}{7}\right)}\right)^2 + \left(\frac{20}{650}\right)^2} \approx 3 \times 10^{-5} \text{ m} = 0,3 \times 10^{-4} \text{ m.}$$

en arrondissant à un chiffre significatif par excès.

$$u(b') = 8,9 \times 10^{-4} \sqrt{\left(\frac{0,03}{6,17}\right)^2 + \left(\frac{0,1}{18}\right)^2 + \left(\frac{20}{650}\right)^2} \approx 4 \times 10^{-5} \text{ m} = 0,4 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Finalelement : $b = (6,2 \pm 0,3) \times 10^{-4}$ m et $b' = (8,9 \pm 0,4) \times 10^{-4}$ m.

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.

Dans la partie 1, la distance D est la distance fente – écran.

Dans la partie 1, la distance D est la distance entre les deux fentes. Les fentes ont une largeur comprise entre 30 μm et 200 μm .

Dans la partie 2, la distance D' est la distance maille – écran.

Dans la partie Z, la distance D est la distance maille - ceran. Les mailles sont bien plus larges que les fentes précédentes, puisqu'elles mesurent $b = 6.2 \times 10^{-4}$ m = 6.2×10^2 µm et $b' = 8.9 \times 10^2$ µm.

Ainsi les interfranges sont de plus petite dimension que les taches centrales précédentes.

Elles sont sans doute trop petites pour être mesurées correctement. En augmentant la distance, on augmente la largeur des interfranges et on améliore la précision relative de leur mesure.

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.

Un moustiquaire anti-pollen doit comporter à minima : $3 \times 50 = 150$ ouvertures par cm².

Considérons la surface du cadre bleu, il contient une ouverture

$$La surface du cadre bleu est S = b \times b' = 6,2 \times 10^{-4} \text{ m} \times 8,9 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$S = 6,2 \times 10^{-2} \text{ cm} \times 8,9 \times 10^{-2} \text{ cm} = 5,6 \times 10^{-3} \text{ cm}^2.$$

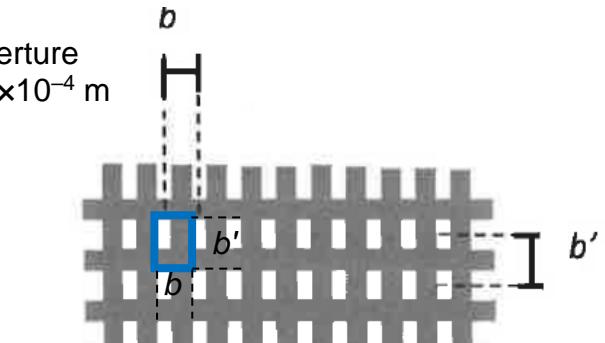
$$\boxed{6.238555556 \times 10^{-2} \times 8.912222222 \times 10^{-2} \\ 5.559939346 \times 10^{-3}}$$

Ainsi :

$$1 \text{ ouverture} \Leftrightarrow 5,6 \times 10^{-3} \text{ cm}^2.$$

$$N \text{ ouvertures} \Leftrightarrow 1 \text{ cm}^2.$$

$$N = \frac{1}{5,6 \times 10^{-3}} = 180 \text{ ouvertures par cm}^2.$$



$$\boxed{1 / 5.559939346 \times 10^{-3} \\ 1.798580772 \times 10^2}$$

$N > 150$ ouvertures par cm². Le polyester testé est utilisable comme moustiquaire anti-pollen.

Remarque : en tenant compte des incertitudes sur b et b' , et en majorant ces valeurs :

$$b = (6,2 \pm 0,3) \times 10^{-4} \text{ m} \Rightarrow b_{\max} = 6,5 \times 10^{-4} \text{ m} = 6,5 \times 10^{-2} \text{ cm}$$

$$b' = (8,9 \pm 0,4) \times 10^{-4} \text{ m} \Rightarrow b'_{\max} = 9,3 \times 10^{-4} \text{ m} = 9,3 \times 10^{-2} \text{ cm}$$

Ainsi :

$$1 \text{ ouverture} \Leftrightarrow 6,5 \times 10^{-2} \times 9,3 \times 10^{-2} \text{ cm}^2.$$

$$N \text{ ouvertures} \Leftrightarrow 1 \text{ cm}^2.$$

$$N = \frac{1}{6,5 \times 10^{-2} \times 9,3 \times 10^{-2}} = 164 \text{ ouvertures par cm}^2.$$

$$\boxed{6.538555556 \times 10^{-2} \times 9.312222222 \times 10^{-2} \\ 6.088848235 \times 10^{-3} \\ 1 / 6.088848235 \times 10^{-3} \\ 1.642346732 \times 10^2}$$

$N > 150$ ouvertures par cm². Même conclusion.

Merci de nous signaler d'éventuelles erreurs par email : labolycee@labolycee.org

Exercice 3 – L'HOMME CANON (5 points)

1. Étude énergétique du vol de l'homme canon

Q.1. Par définition, $E_m = E_c + E_{pp} = \frac{1}{2} \times m \times v^2 + m \times g \times z$

$$\text{À } t=0, E_m(G_0) = \frac{1}{2} \times m \times V_0^2 + m \times g \times H$$

Q.2. Le système n'étant soumis qu'à son poids qui est une force conservative, son énergie mécanique se conserve.

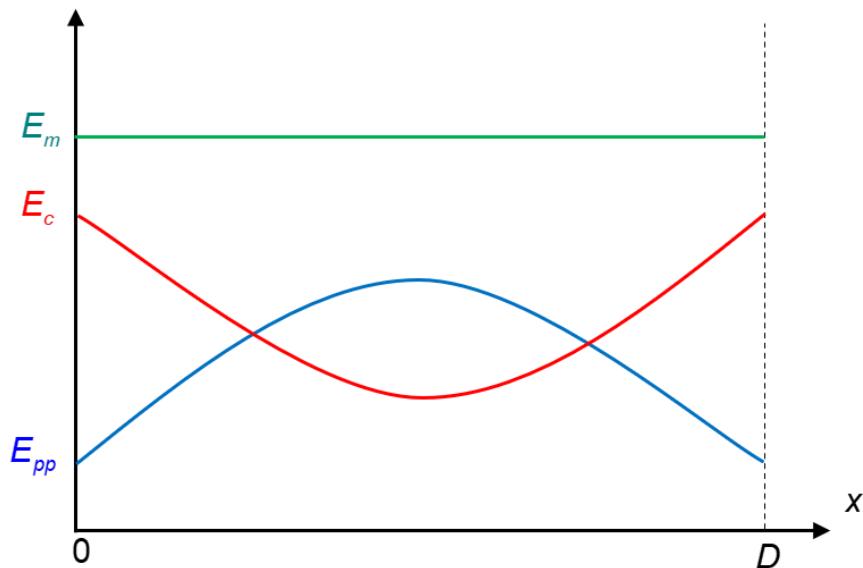
En notant G_f le point d'arrivée dans le filet : $E_m(G_0) = E_m(G_f)$

$$\text{Donc } \frac{1}{2} \times m \times V_0^2 + m \times g \times H = \frac{1}{2} \times m \times V_f^2 + m \times g \times h$$

D'après le schéma, $h = H$, on en déduit que $V_f^2 = V_0^2$ et donc que $V_f = V_0 = 31 \text{ m.s}^{-1}$.

Q.3. Explications (non demandées) : Dans la première phase du mouvement, l'altitude du système augmente tandis que sa vitesse diminue. Ainsi son énergie potentielle ($E_{pp} = m \times g \times z$) augmente et son énergie cinétique ($E_c = \frac{1}{2} m \times v^2$) diminue. C'est le contraire qui se passe dans la seconde phase.

L'énergie mécanique reste constante et égale à la somme des deux autres.



Rq : il était possible de tracer des courbes similaires avec le temps t sur l'axe des abscisses.

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

Q.4. En appliquant la **2^{ème} loi de Newton** ($\sum \vec{F}_{ext} = m \times \vec{a}$) au système {artiste + équipement} dans le référentiel terrestre considéré galiléen : $\vec{P} = m \times \vec{g} = m \times \vec{a}$ donc $\vec{a} = \vec{g}$

Donc $\vec{a} \begin{cases} a_x = g_x = 0 \\ a_z = g_z = -g \end{cases}$

Q.5. Par définition, $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$, on primitive les coordonnées de \vec{a} pour obtenir les coordonnées de \vec{v} en tenant compte des conditions initiales (C.I.) :

$$\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_z = -g \end{cases} \xrightarrow{\text{C.I. : } \vec{v}_0 \begin{cases} v_{0x} = (v_0 \times \cos \alpha) \\ v_{0z} = (v_0 \times \sin \alpha) \end{cases}} \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} : \text{on primitive} \quad \text{donc } \vec{v} \begin{cases} v_x = (v_0 \times \cos \alpha) \\ v_z = -g \times t + (v_0 \times \sin \alpha) \end{cases}$$

Par définition, $\vec{v} = \frac{d\vec{OG}}{dt}$, on primitive les coordonnées de \vec{v} pour obtenir les coordonnées de \vec{OG} en tenant compte des conditions initiales (C.I.) :

$$\vec{v} \begin{cases} v_x = (v_0 \times \cos \alpha) \\ v_z = -g \times t + (v_0 \times \sin \alpha) \end{cases} \xrightarrow{\text{C.I. : } \vec{OG}_0 \begin{cases} x_0 = 0 \\ z_0 = H \end{cases}} \vec{v} = \frac{d\vec{OG}}{dt} : \text{on primitive} \quad \boxed{\vec{OG} \begin{cases} x(t) = (v_0 \times \cos \alpha) \times t + 0 \\ z(t) = -\frac{1}{2}g \times t^2 + (v_0 \times \sin \alpha) \times t + H \end{cases}}$$

Q.6. Le système entre en contact avec le filet pour $z(t_f) = h = 8,0$ m (d'après le schéma).

Q.7. Ainsi, $z(t_v) = H = -\frac{1}{2}g \times t_v^2 + (v_0 \times \sin \alpha) \times t_v + H$

$$\text{donc } -\frac{1}{2}g \times t_v^2 + (v_0 \times \sin \alpha) \times t_v = 0$$

En éliminant la solution évidente $t_v = 0$ (qui correspond à l'instant initial du tir), on peut diviser par t_v :

$$-\frac{1}{2}g \times t_v + (v_0 \times \sin \alpha) = 0$$

$$\Leftrightarrow t_v = \frac{2 \times v_0 \times \sin \alpha}{g}$$

$$t_v = \frac{2 \times 31 \times \sin 45^\circ}{9,81} = 4,5 \text{ s}$$

Or $x(t) = (v_0 \times \cos \alpha) \times t$ donc $x_v = 31 \times \cos 45^\circ \times 4,5 = 98 \text{ m}$

Q.8. La valeur de x_v théorique est environ deux fois plus élevée que celle du record de 56,64 m établi ce jour-là : le système n'est pas en chute libre : les frottements ne sont pas négligeables lors d'un tel tir.

$\frac{2 \times 31 \times \sin(45)}{9,81}$	4.468972521
$4.468972521 * 31 * \cos(45)$	97.96126401