Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + Physique, veuillez visiter :
bac-maths-physique.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2026

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 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10.

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

Exercice 1 : Valorisation du dioxyde de carbone dans les cimenteries (9 points)

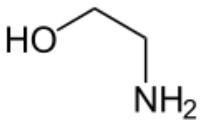
Le principe de la valorisation consiste à considérer le CO_2 comme une matière première. Le CO_2 est capté à la sortie des fumées industrielles, comme celles produites dans les cimenteries, et exploité pour réaliser des produits commercialement rentables. Chercheurs et industriels fondent beaucoup d'espoir sur la production de méthanol, un produit à haute valeur énergétique.

D'après *planete-energies.com*

Cet exercice s'intéresse tout d'abord au captage du dioxyde de carbone par l'éthanolamine, puis au contrôle qualité d'une solution d'éthanolamine et enfin à l'utilisation possible du dioxyde de carbone capté dans la production de méthanol.

Données pour tout l'exercice :

- Masse molaire de la molécule d'éthanolamine : $M(C_2H_7NO) = 61{,}0\ g{\cdot}mol^{-1}$;
- Densité des solutions aqueuses d'éthanolamine : $d = 1{,}0$;
- Masse volumique de l'eau : $\rho_{eau} = 1{,}00\ g{\cdot}mL^{-1}$;
- Couple acide-base de l'éthanolamine : $C_2H_8NO^+(aq)$ / $C_2H_7NO(aq)$;
- $pK_A(C_2H_8NO^+ / C_2H_7NO) = 9{,}5$;
- $K_e = \frac{[H_3O^+]\,[HO^-]}{(c^\circ)^2} = 1{,}0 \times 10^{-14}$ avec $c^\circ = 1\ mol{\cdot}L^{-1}$;
- Formule topologique de la molécule d'éthanolamine :



1. Captage de la molécule de dioxyde de carbone par la molécule d'éthanolamine

Pour réduire ses émissions, l'industrie cimentière cherche à capter le dioxyde de carbone produit par ses usines. Le procédé chimique le plus couramment utilisé est le lavage aux amines. Ce procédé permet d'isoler le CO_2 présent dans les gaz de combustion libérés lors de fabrication du ciment.

Le lavage aux amines repose sur une réaction acido-basique entre le dioxyde de carbone et une solution aqueuse contenant environ 20 % en masse d'éthanolamine, une base faible.

Cette transformation est non-totale.

Exercice 1

Q.1. Reproduire, sur la copie, la formule topologique de la molécule d'éthanolamine. Entourer les groupes caractéristiques de la molécule puis nommer les familles fonctionnelles associées.

On considère un volume V = 1,0 L d'une solution d'éthanolamine à 20 % en masse.

Q.2. Vérifier que la valeur de la concentration en quantité de matière C de la solution aqueuse d'éthanolamine à 20 % est de 3,3 mol·L^{-1}.

La mesure du pH de la solution donne pH = 11.

Q.3. Représenter le diagramme de prédominance du couple acide-base de l'éthanolamine.

Q.4. Préciser, en justifiant, sous quelle forme acide ou basique est présente l'éthanolamine dans la solution.

L'éthanolamine réagit avec l'eau selon l'équation de réaction suivante :

$$C_2H_7NO\ (aq) + H_2O\ (\ell) \rightleftharpoons C_2H_8NO^+\ (aq) + HO^-\ (aq)$$

Q.5. Donner l'expression du taux d'avancement τ de la réaction étudiée en fonction de l'avancement final x_f et de l'avancement maximal x_{max}.

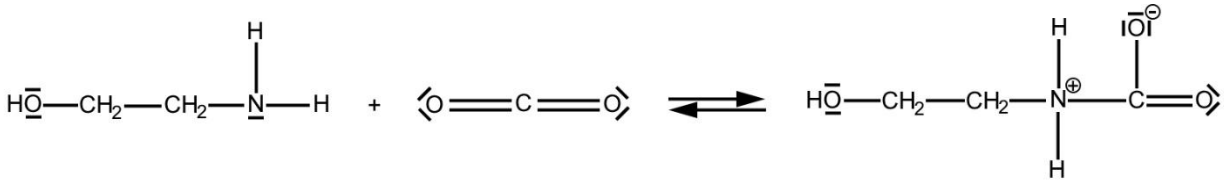
Q.6. Exprimer l'avancement maximal x_{max} en fonction de C et V. Le candidat pourra s'appuyer, si besoin, sur un tableau d'avancement.

Q.7. Montrer que le taux d'avancement τ peut s'exprimer : $\tau = \dfrac{Ke \cdot c^\circ}{C.10^{-pH}}$

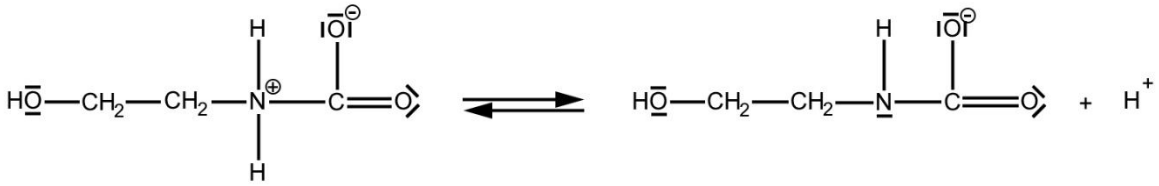
Q.8. Calculer la valeur du taux d'avancement τ et la commenter par rapport à la force de la base.

On s'intéresse à une partie du mécanisme réactionnel de la réaction de captage du dioxyde de carbone par l'éthanolamine dont les premières étapes sont données ci-dessous :

étape 1 :



étape 2 :



Q.9. Identifier un intermédiaire réactionnel en justifiant la réponse.

Q.10. Recopier l'étape 1 et représenter par des flèches courbes le déplacement d'électrons. Justifier leur sens.

2. Contrôle qualité d'une solution d'éthanolamine

L'éthanolamine peut s'altérer au fil du temps, entraînant une diminution progressive de sa concentration. Un technicien souhaite s'assurer que la solution aqueuse S d'éthanolamine dont il dispose peut être utilisée pour le captage du dioxyde de carbone. Pour cela, il réalise un titrage pH-métrique.

La solution S est préalablement diluée 50 fois. La solution obtenue est notée S_{50}.

Q.11. Choisir le matériel qui permet de préparer 250,0 mL de solution S_{50} à partir de la solution S en justifiant la verrerie choisie.

Verrerie à disposition :

- Béchers : 50 mL, 100 mL, 250 mL ;
- Pipettes jaugées : 5,0 mL, 10,0 mL, 20,0 mL ;
- Pipettes graduées : 5,0 mL, 10,0 mL ;
- Éprouvettes graduées : 20 mL, 100 mL, 250 mL ;
- Fioles jaugées : 50,0 mL, 100,0 mL, 250,0 mL.

Le technicien dose par titrage avec suivi pH-métrique un volume $V_B = 25{,}0$ mL de solution diluée S_{50}. La solution titrante est de l'acide chlorhydrique de concentration $C_A = 0{,}10$ mol·L^{-1}. La figure 1 ci-dessous présente l'évolution du pH du milieu réactionnel en fonction du volume versé de solution titrante.

L'équation de la réaction modélisant la transformation observée durant le dosage par titrage est :

$$C_2H_7NO\ (aq) + H_3O^+\ (aq) \rightarrow C_2H_8NO^+\ (aq) + H_2O\ (\ell)$$

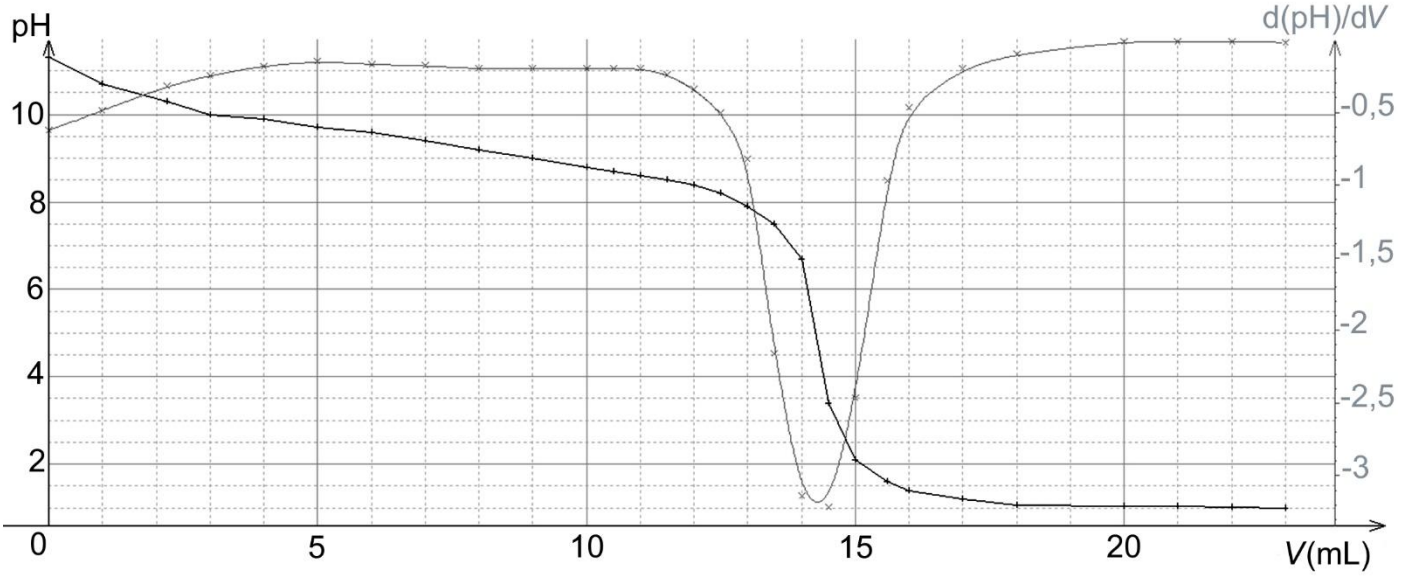


Figure 1 – Courbe de suivi pH-métrique du titrage de la solution S_{50}

Q.12. Définir l'équivalence d'un titrage.

Q.13. Déterminer, à partir de la courbe de titrage, le volume V_E de solution titrante versé à l'équivalence. Expliquer la méthode employée.

Q.14. En déduire la valeur du titre massique en éthanolamine, en %, de la solution S.

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.

La concentration en éthanolamine influence l'efficacité du captage : une concentration trop faible réduit la performance, une concentration trop élevée accroît les risques de corrosion des équipements.

Titre massique en éthanolamine	15 %	20 %	25 %	30 %
Efficacité de captation du CO_2	Faible	Bonne	Bonne à très bonne	Très bonne
Tolérance à la corrosion des équipements	Très bonne	Acceptable	Risques accrus	Très mauvaise

D'après *Wang N., Wang D., Krook-Riekkola A., Ji X. (2023). MEA-based CO_2 capture. Front. Energy Res., 11:1230743 (doi.org/10.3389/fenrg.2023.1230743)*

Q.15. Commenter le résultat en discutant la possibilité d'utiliser cette solution d'éthanolamine pour capter le dioxyde de carbone.

3. Production de méthanol à partir du dioxyde de carbone capté

Le méthanol (CH_3OH) peut être obtenu par réaction entre le dioxyde de carbone et le dihydrogène ; il se forme également de l'eau. La transformation est totale.

Q.16. Écrire l'équation de la réaction modélisant la formation du méthanol.

En France, le projet EDF-Hynovi prévoit la fabrication de 200 000 tonnes de méthanol de synthèse par an à partir du CO_2 d'une cimenterie. La quantité de dihydrogène nécessaire est de 37 500 tonnes. Pour produire le dihydrogène, l'usine prévoit d'utiliser des électrolyseurs dont la puissance totale est de 330 MW. L'énergie nécessaire à la production d'un kilogramme de dihydrogène est de 55 kW·h.

Q.17. Déterminer la durée nécessaire à la production des 37 500 tonnes de dihydrogène.

Q.18. En déduire si la puissance des électrolyseurs est suffisante pour la production attendue.

Exercice 2 : L'effet photoélectrique et ses applications (6 points)

1. Une approche historique de l'effet photoélectrique

En 1902, le physicien allemand Lenard a travaillé sur l'effet photoélectrique en réalisant l'expérience suivante : deux électrodes métalliques, séparées d'une distance *d*, sont placées face à face dans un tube à vide. Une des deux électrodes est éclairée par des radiations lumineuses de fréquence et d'intensité réglables. Le physicien observe une intensité non nulle au-dessus d'une certaine fréquence appelée fréquence seuil.

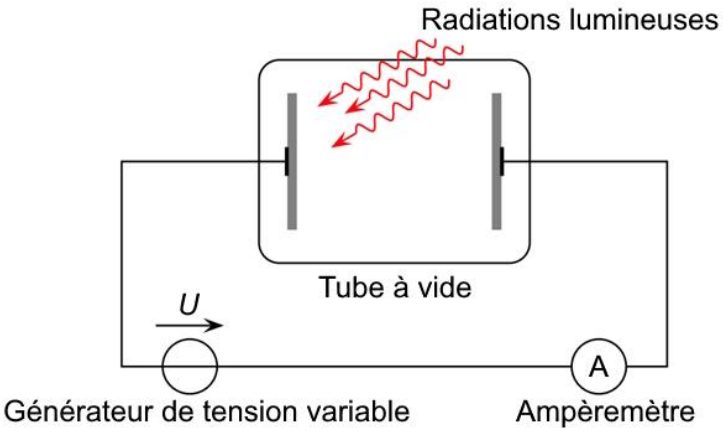


Figure 1 – Schéma de l'expérience

Données :

- Constante de Planck : $h = 6{,}63\times10^{-34}$ J·s ;
- Travail d'extraction du zinc : W_{ext} (Zn) = 4,3 eV ;
- Masse d'un électron : $m_e = 9{,}11\times10^{-31}$ kg ;
- 1 eV = $1{,}60\times10^{-19}$ J ;
- La vitesse de la lumière dans le vide *c* est supposée connue ;
- Relation donnant l'énergie d'un photon : $E = h\cdot\nu = \frac{h\cdot c}{\lambda}$.

Q.1. Décrire l'effet photoélectrique.

Q.2. Calculer la fréquence seuil ν_s permettant une émission photoélectrique pour le zinc.

Q.3. En déduire la longueur d'onde correspondante et préciser le domaine des ondes électromagnétiques auquel elle appartient.

On éclaire la plaque de zinc avec une radiation de longueur d'onde λ = 250 nm.

Q.4. Justifier que l'effet photoélectrique se produit.

Q.5. Montrer, en réalisant un bilan d'énergie, que l'expression de la vitesse d'éjection *v* des électrons en fonction de la fréquence ν, ν_s, *h* et m_e, est égale à $v = \sqrt{\frac{2h(\nu - \nu_s)}{m_e}}$.

Q.6. Calculer la valeur de cette vitesse.

Q.7. Identifier le paramètre de la radiation qui a une influence sur la valeur de la vitesse. Préciser le sens dans lequel il faut le modifier pour augmenter la valeur de la vitesse.

2. Étude d'un panneau photovoltaïque

Donnée :

- Puissance lumineuse reçue : $P_{lum} = E \times S$, avec E l'éclairement en $W \cdot m^{-2}$ et S la surface utile du convertisseur en m^2.

Les cellules photovoltaïques installées sur le toit des habitations fonctionnent grâce à l'effet photoélectrique. Un particulier souhaite poser des panneaux sur sa toiture afin de diminuer sa facture d'électricité. Un installateur lui propose des panneaux rectangulaires de 1 346 mm de longueur et 1 112 mm de largeur.

Les graphiques de la figure 2 représentent, pour différents éclairements, l'évolution de l'intensité I et de la puissance électrique P fournis par le panneau en fonction de la tension U aux bornes du panneau :

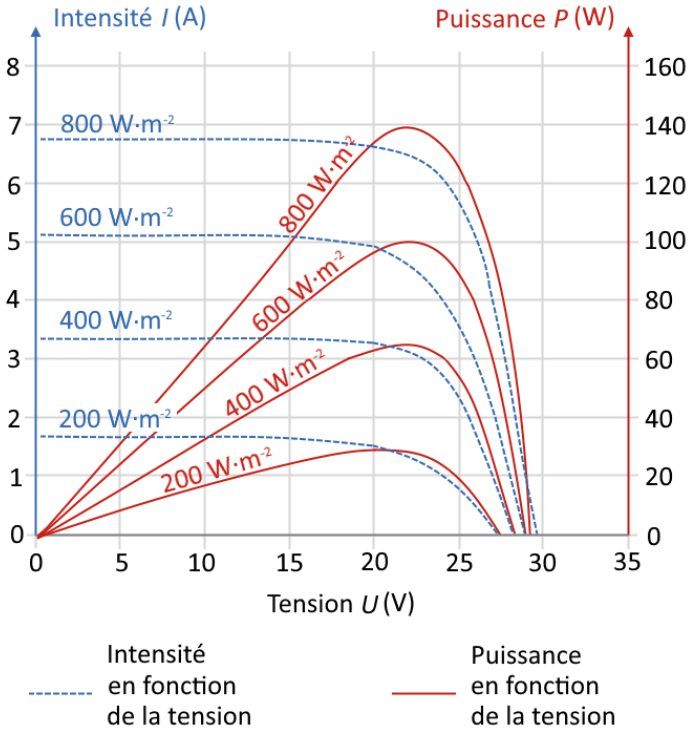


Figure 2 – Caractéristiques du panneau photovoltaïque

Q.8. Calculer la valeur du rendement d'un panneau photovoltaïque dans les conditions optimales de fonctionnement, pour un éclairement moyen de 800 $W \cdot m^{-2}$.

La consommation annuelle de ce particulier est de 7 500 kW·h. Il souhaite que la moitié de cette consommation soit couverte par les panneaux photovoltaïques. Le rendement moyen annuel de chaque panneau est d'environ 10 %.

Q.9. Déterminer le nombre de panneaux à installer, sachant que l'énergie surfacique moyenne reçue chaque jour est d'environ 4,1 $kW \cdot h \cdot m^{-2}$ dans la région. Commenter le résultat.

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 3 : La Wemba-mania (5 points)

Victor Wembanyama, célèbre joueur français de basket, évoluait au Metropolitans 92 lors du championnat 2022-2023 lorsqu'il a effectué ce lancer franc au cours d'un match contre Monaco (voir figure 1).

Au basket, les joueurs doivent marquer un panier en se tenant derrière la ligne de lancer franc située à 4,2 m du centre du panier.

On étudie dans cet exercice cette phase de jeu. L'analyse sera menée dans le référentiel terrestre supposé galiléen. On s'intéresse à la trajectoire du centre d'inertie G du ballon. On considère que le ballon, de masse *m*, est uniquement soumis à son poids.

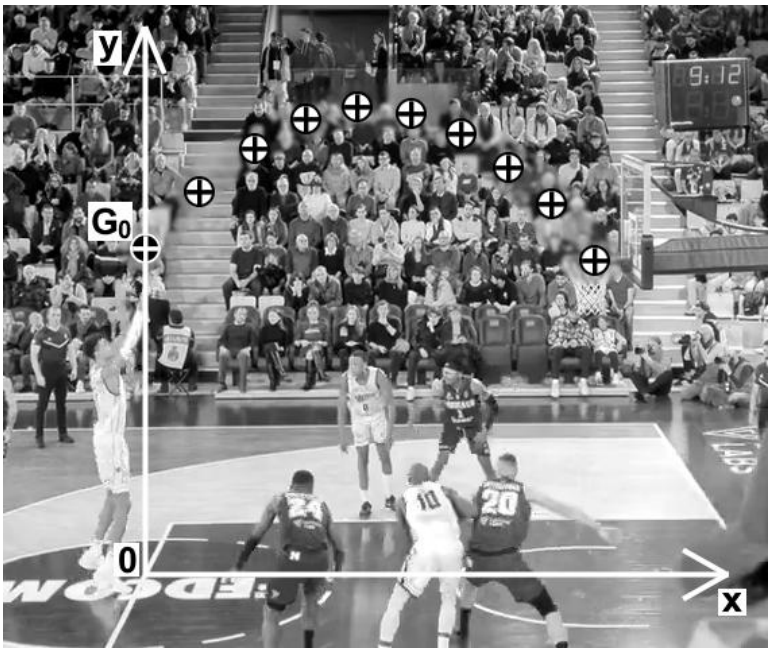


Figure 1 – Chronophotographie du lancer franc

Données :

- Intensité de la pesanteur : $g = 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$;
- Diamètre du ballon : $d = 25$ cm ;
- Diamètre du panier : $D = 0{,}45$ m ;
- Distance au sol du cerceau métallique du panier : $h = 3{,}05$ m.

La trajectoire du centre du ballon est étudiée dans le plan vertical perpendiculaire au sol passant par la main du basketteur au moment où il lâche le ballon et par le centre du panier. On utilise le repère (xOy) indiqué sur la figure 1.

Le ballon quitte la main du joueur à la date t = 0 s, au point G_0 de coordonnées x_0 = 0 m et $y_0 = h$ = 3,05 m.

À partir de la vidéo du lancer franc, le pointage des positions du centre d'inertie G du ballon permet d'obtenir la chronophotographie de la figure 1. Les données sont traitées par un logiciel pour obtenir les courbes des figures 2 et 3.

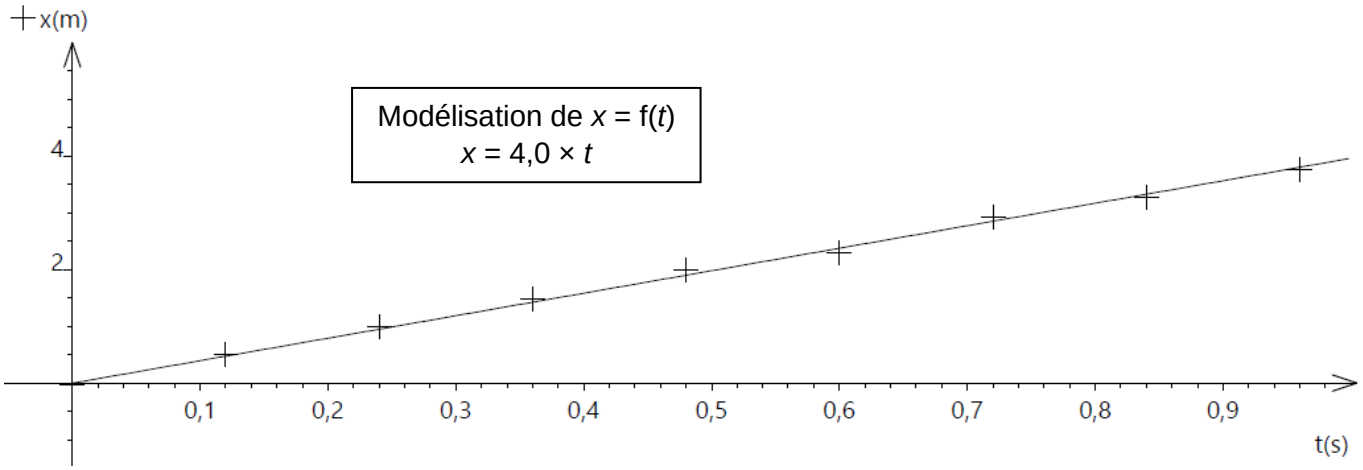


Figure 2 – Évolution de la coordonnée x du ballon en fonction du temps t

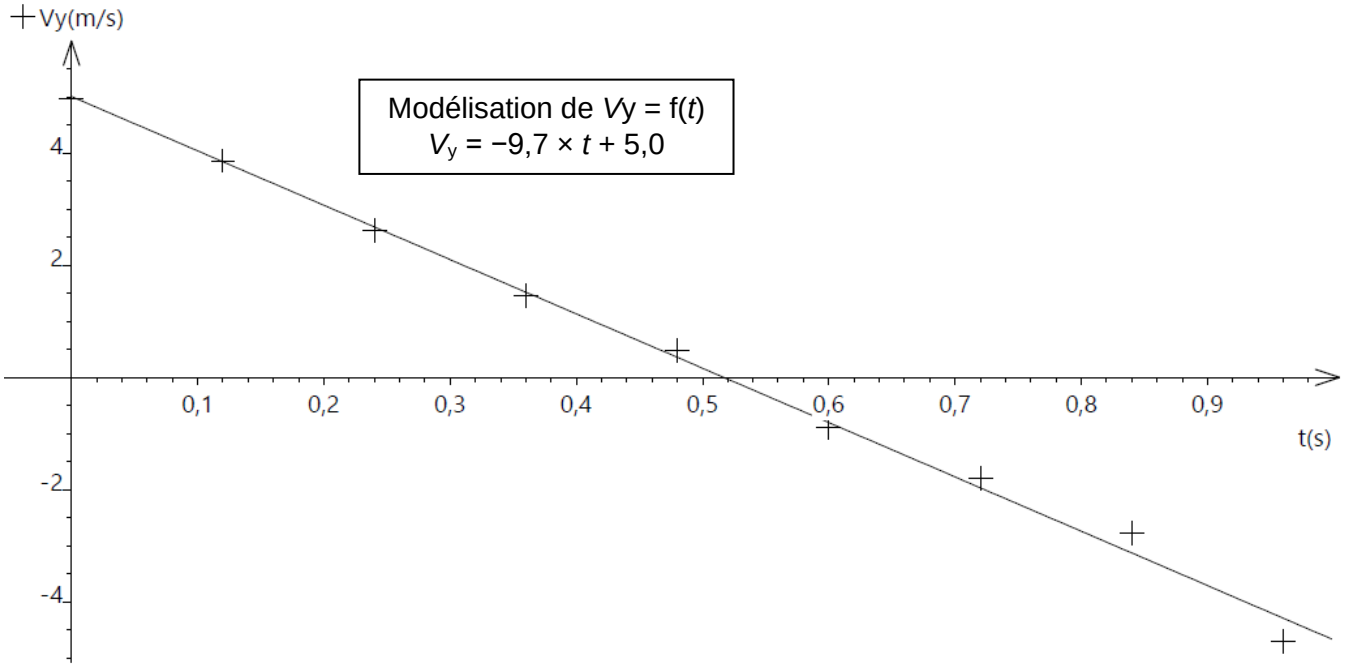


Figure 3 – Évolution de la coordonnée v_y de la vitesse du ballon en fonction du temps t

Exercice 3

Q.1. Donner, en justifiant, la nature du mouvement du ballon selon l'axe Ox.

Q.2. Déterminer, à l'aide de la figure 2, la valeur de la coordonnée v_x du vecteur vitesse $\vec{v}$.

Q.3. Déterminer, à l'aide de la figure 3, la valeur de la coordonnée v_{y0} du vecteur vitesse initiale $\vec{v}_0$.

Q.4. En déduire la valeur de la vitesse initiale v_0 et de l'angle α que fait le vecteur vitesse initiale avec l'horizontale, défini sur la figure 1.

Q.5. Exprimer les coordonnées $a_x(t)$ et $a_y(t)$ du vecteur accélération $\vec{a}$ du point G du ballon en utilisant la loi de Newton.

Q.6. Montrer que les équations temporelles des coordonnées de la position du ballon s'expriment selon :

$$x(t) = 4{,}0 \times t$$

$$y(t) = -4{,}9 \times t^2 + 5{,}0 \times t + 3{,}05$$

Q.7. Montrer que la trajectoire du ballon peut être modélisée par : $y = -0{,}31x^2 + 1{,}3x + 3{,}05$

Q.8. Déterminer si le lancer franc est réussi sans toucher le cercle métallique du panier. La réponse doit s'appuyer sur des calculs.

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 doit être correctement présentée.

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.