Corrigé complet — Bac 2026 Amérique du Nord Jour 1

Physique-chimie, enseignement de spécialité **20 points** **3 h 30**

Ex 1	**Valorisation du dioxyde de carbone dans les cimenteries** Groupes caractéristiques · Couple acide-base · Taux d'avancement · Mécanisme réactionnel · Titrage pH-métrique · Énergie et puissance	9 pts	1 h 35	18 questions	p. 2
Ex 2	**L'effet photoélectrique et ses applications** Effet photoélectrique · Énergie d'un photon · Travail d'extraction et fréquence seuil · Bilan d'énergie et énergie cinétique · Rendement d'un panneau photovoltaïque	6 pts	1 h 03	9 questions	p. 9
Ex 3	**La wemba-mania** Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme · Deuxième loi de Newton · Équations horaires · Équation de la trajectoire · Exploitation d'un pointage vidéo	5 pts	53 min	8 questions	p. 13

Comment s'en servir. Fais d'abord le sujet en temps limité, puis corrige-toi exercice par exercice. À gauche de chaque question, sur les carreaux : ce qu'il faut écrire sur ta copie. À droite : les pièges, ce qu'il faut comprendre et les méthodes.

Valorisation du dioxyde de carbone dans les cimenteries

Bac 2026 Amérique du nord J1 · Exercice 1 **9 points** **Durée conseillée 1 h 35**

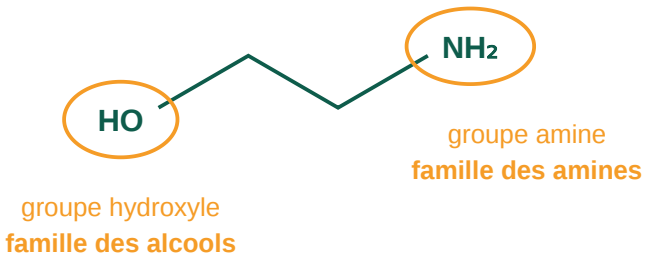
Q.1 Reproduire la formule topologique de l'éthanolamine, entourer les groupes caractéristiques et nommer les familles fonctionnelles associées.

La molécule porte deux groupes caractéristiques :

- le groupe hydroxyle $-\mathrm{OH}$: famille des **alcools** ;
- le groupe amine $-\mathrm{NH_2}$: famille des **amines**.

Groupe hydroxyle (alcool) et groupe amine (amine), entourés sur la formule ci-dessous.

PIÈGE
On entoure le groupe ($-\mathrm{OH}$, $-\mathrm{NH_2}$) et on nomme la famille (alcool, amine) : les deux sont attendus. Écrire « groupe alcool » fait perdre le point.



Q.1 · Formule topologique de l'éthanolamine, groupes caractéristiques entourés

Q.2 Vérifier que la concentration en quantité de matière C de la solution aqueuse d'éthanolamine à 20 % vaut $3{,}3\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$.

Données utiles $V = 1{,}0$ L ; titre massique $w = 0{,}20$; $d = 1{,}0$; $\rho_{\text{eau}} = 1{,}00\ \mathrm{g\cdot mL^{-1}}$; $M = 61{,}0\ \mathrm{g\cdot mol^{-1}}$

Masse de la solution : $m_{\text{sol}} = d \times \rho_{\text{eau}} \times V = 1{,}0 \times 1{,}00 \times 1{,}0 \times 10^3 = 1{,}0 \times 10^3$ g.

Masse d'éthanolamine dissoute : $m = w \times m_{\text{sol}} = 0{,}20 \times 1{,}0 \times 10^3 = 2{,}0 \times 10^2$ g.

Concentration :

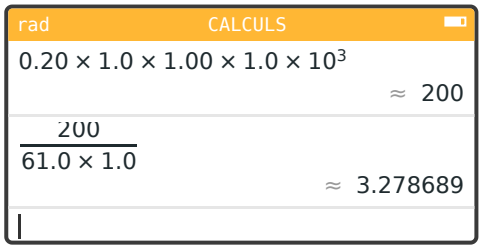
$$C = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \times V} = \frac{2{,}0 \times 10^2}{61{,}0 \times 1{,}0} = 3{,}3\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$$

$C = 3{,}3\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$: c'est la valeur annoncée.

PIÈGE
ρ_{eau} est en $\mathrm{g\cdot mL^{-1}}$: convertir V en mL.

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : d et V en ont deux, le résultat aussi : $3{,}3$ et non $3{,}28$.

À LA CALCULATRICE



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

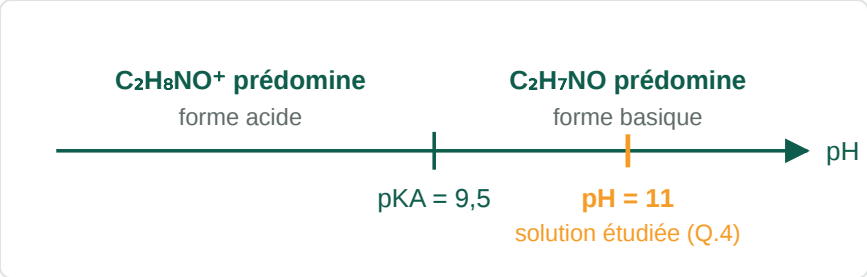
Données utiles $\mathrm{p}K_A(\mathrm{C_2H_8NO^+/C_2H_7NO}) = 9{,}5$

Sur un axe gradué en pH, la frontière se place à $\mathrm{pH} = \mathrm{p}K_A = 9{,}5$:

- pour $\mathrm{pH} < 9{,}5$, l'acide $\mathrm{C_2H_8NO^+}$ prédomine ;
- pour $\mathrm{pH} > 9{,}5$, la base $\mathrm{C_2H_7NO}$ prédomine.

Acide $\mathrm{C_2H_8NO^+}$ à gauche de $\mathrm{p}K_A = 9{,}5$, base $\mathrm{C_2H_7NO}$ à droite.

MÉTHODE
Dans tout diagramme de prédominance, l'acide est du côté des pH faibles, la base du côté des pH élevés, et la frontière est le $\mathrm{p}K_A$ du couple.



Q.3 · Diagramme de prédominance du couple de l'éthanolamine

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

Données utiles $\mathrm{pH} = 11$; $\mathrm{p}K_A = 9{,}5$

Le pH de la solution est supérieur au $\mathrm{p}K_A$ du couple : $11 > 9{,}5$. On se trouve dans le domaine de prédominance de la base.

L'éthanolamine est présente sous sa forme basique $\mathrm{C_2H_7NO}$.

COMPRENDRE
Prédominer ne veut pas dire être seule : un peu d'acide $\mathrm{C_2H_8NO^+}$ coexiste avec la base, en quantité très inférieure.

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

Le taux d'avancement compare l'avancement réellement atteint à celui d'une transformation totale.

$$\tau = \frac{x_f}{x_{max}}$$

COMPRENDRE
τ est sans unité, compris entre 0 et 1.

Q.6 Exprimer l'avancement maximal x_{max} en fonction de C et V.

L'eau est le solvant, en large excès : le réactif limitant est l'éthanolamine, de quantité initiale $n_0 = C \times V$.

Si la transformation était totale, il n'en resterait plus : $C \times V - x_{max} = 0$.

$$x_{max} = C \times V$$

MÉTHODE
Pour trouver x_{max}, on annule la quantité finale du réactif limitant dans la ligne « état final » du tableau d'avancement.

Q.7 Montrer que le taux d'avancement peut s'écrire $\tau = \dfrac{K_e \cdot c^0}{C \cdot 10^{-\mathrm{pH}}}$.

Données utiles $K_e = \dfrac{[\mathrm{H_3O^+}] \cdot [\mathrm{HO^-}]}{(c^0)^2}$; $x_{max} = C \times V$ (Q.6)

D'après l'équation, il se forme autant d'ions $\mathrm{HO^-}$ que l'avancement : $n(\mathrm{HO^-})_f = x_f$, donc $x_f = [\mathrm{HO^-}] \times V$.

Le produit ionique de l'eau donne $[\mathrm{HO^-}] = \dfrac{K_e \cdot (c^0)^2}{[\mathrm{H_3O^+}]}$, avec $[\mathrm{H_3O^+}] = c^0 \cdot 10^{-\mathrm{pH}}$, d'où :

$$[\mathrm{HO^-}] = \frac{K_e \cdot c^0}{10^{-\mathrm{pH}}}$$

On reporte dans le taux d'avancement :

$$\tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{[\mathrm{HO^-}] \times V}{C \times V}$$

$\tau = \dfrac{K_e \cdot c^0}{C \cdot 10^{-\mathrm{pH}}}$: c'est l'expression demandée.

PIÈGE
Écrire $[\mathrm{H_3O^+}] = 10^{-\mathrm{pH}}$ sans le facteur c^0 : l'expression finale n'est alors plus homogène et le c^0 attendu manque.

COMPRENDRE
On néglige les ions $\mathrm{HO^-}$ apportés par l'autoprotolyse de l'eau : à $\mathrm{pH} = 11$, ils sont négligeables devant ceux formés par la réaction.

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

Données utiles $K_e = 1{,}0 \times 10^{-14}$; $c^0 = 1\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $C = 3{,}3\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (Q.2) ; $\text{pH} = 11$

$$\tau = \frac{K_e \cdot c^0}{C \cdot 10^{-\text{pH}}} = \frac{1{,}0 \times 10^{-14} \times 1}{3{,}3 \times 10^{-11}} = 3{,}0 \times 10^{-4}$$

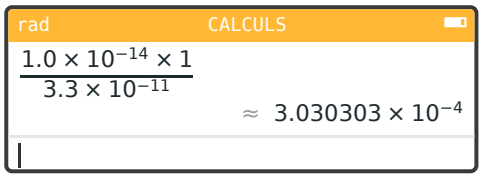
Soit $\tau = 0{,}030\ \%$: le taux d'avancement est très inférieur à 1. La réaction de l'éthanolamine avec l'eau est très limitée, ce qui est le propre d'une base faible, comme l'annonce l'énoncé.

$\tau = 3{,}0 \times 10^{-4} \ll 1$: l'éthanolamine est une base faible.

PIÈGE
Sans parenthèses autour du dénominateur, la calculatrice multiplie par 10^{-11} au lieu de diviser : le résultat est faux.

COMPRENDRE
Base forte : $\tau = 1$. Base faible : $\tau < 1$. Un pH élevé ne prouve pas qu'une base est forte.

À LA CALCULATRICE



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

Un intermédiaire réactionnel est une espèce formée au cours d'une étape du mécanisme, puis consommée dans une étape ultérieure.

L'espèce $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2^+-\text{CO}_2^-$, qui porte une charge $+$ sur l'atome d'azote et une charge $-$ sur un atome d'oxygène, est produite par l'étape 1 et consommée par l'étape 2.

L'intermédiaire réactionnel est l'espèce formée à l'étape 1 : $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2^+-\text{CO}_2^-$.

PIÈGE
Ne pas confondre avec un catalyseur, qui est consommé d'abord puis régénéré ensuite. L'intermédiaire, lui, est formé puis consommé.

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

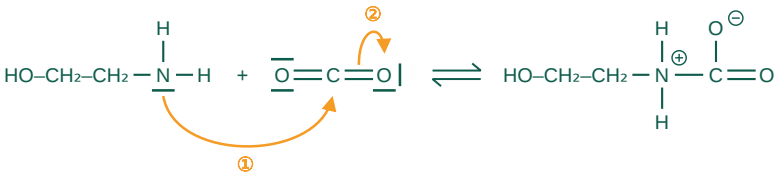
Une flèche courbe part toujours d'un doublet d'électrons (site donneur) et pointe vers un site accepteur.

- Flèche ① : l'atome d'azote porte un doublet non liant, c'est le site donneur. L'atome de carbone de CO_2, lié à deux atomes d'oxygène plus électronégatifs que lui, est appauvri en électrons : c'est le site accepteur. La flèche va du doublet de N vers C et traduit la formation de la liaison $\text{N}-\text{C}$.
- Flèche ② : le carbone ne peut pas s'entourer de plus de quatre doublets. Un doublet d'une liaison double $\text{C}=\text{O}$ bascule vers l'atome d'oxygène, plus électronégatif, qui porte alors la charge négative.

Deux flèches : doublet non liant de N vers C, puis doublet d'une liaison $\text{C}=\text{O}$ vers O.

PIÈGE
Une flèche courbe représente le mouvement d'un doublet d'électrons, pas celui d'un atome : elle ne part jamais d'un H ni d'une charge $+$.

MÉTHODE
Vérifier après coup : l'azote, qui partage son doublet, devient N^+ ; l'oxygène, qui en reçoit un, devient O^-. C'est bien le produit de l'étape 1.



Q.10 · Étape 1 du mécanisme, avec les flèches courbes

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

Données utiles dilution au 50e ; $V_{\text{fille}} = 250{,}0$ mL

Lors d'une dilution, la quantité de soluté se conserve : $C_S \times V_{\text{mère}} = C_{50} \times V_{\text{fille}}$. Avec un facteur de dilution $F = \dfrac{C_S}{C_{50}} = 50$:

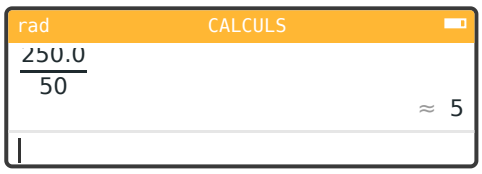
$$V_{\text{mère}} = \frac{V_{\text{fille}}}{F} = \frac{250{,}0}{50} = 5{,}0\ \text{mL}$$

Les deux volumes doivent être mesurés avec précision : on utilise de la verrerie jaugée. Un bécher de 50 mL reçoit un peu de solution S pour le prélèvement.

Pipette jaugée de 5,0 mL et fiole jaugée de 250,0 mL (plus un bécher de 50 mL pour prélever).

PIÈGE
Choisir la pipette graduée de 5,0 mL ou une éprouvette : pour une dilution précise, le prélèvement se fait à la pipette jaugée, jamais directement dans le flacon.

À LA CALCULATRICE



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

L'équivalence est l'état du titrage pour lequel le réactif titré et le réactif titrant ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction support.

À l'équivalence, les deux réactifs sont entièrement consommés : il y a changement de réactif limitant.

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.

Données utiles figure 1 : courbes $\text{pH} = f(V)$ et $\dfrac{\text{d(pH)}}{\text{d}V} = g(V)$

L'équivalence correspond au saut de pH, là où le pH varie le plus vite.

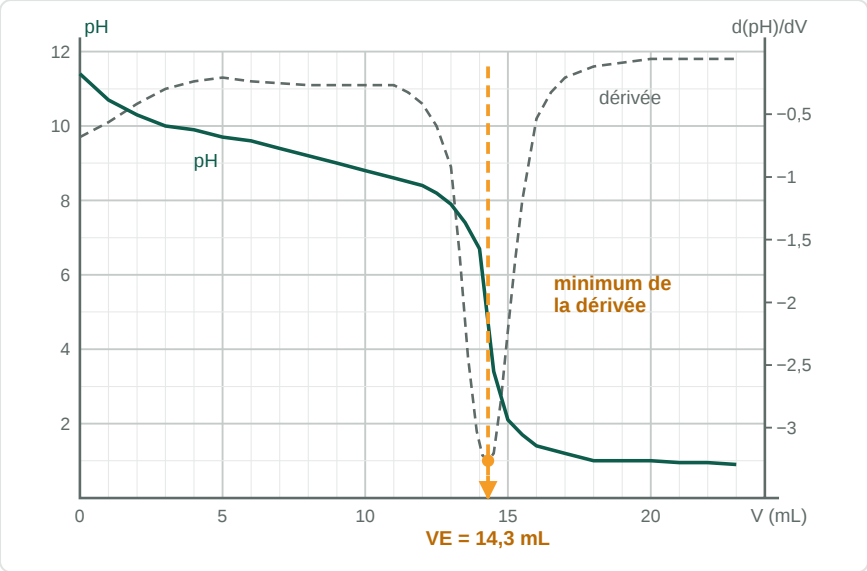
Comme le pH diminue au cours de ce titrage, la courbe dérivée $\dfrac{\text{d(pH)}}{\text{d}V}$ y passe par un extremum, ici un minimum.

On lit l'abscisse de ce minimum sur la figure 1.

$V_E = 14{,}3\ \text{mL}$

COMPRENDRE
Le pH baisse, donc la dérivée est négative. Pour un acide titré par une base, on chercherait un maximum.

MÉTHODE
La méthode des tangentes parallèles convient aussi. Une lecture entre 14,0 et 14,5 mL est recevable.



Q.13 · Figure 1 du sujet : l'équivalence est repérée par le minimum de la courbe dérivée

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

Données utiles $C_A = 0{,}10\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $V_B = 25{,}0$ mL ; $V_E = 14{,}3$ mL (Q.13) ; dilution au 50e ; $M = 61{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $d = 1{,}0$; $\rho_{\text{eau}} = 1{,}00\ \text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$

Concentration de la solution diluée. À l'équivalence, d'après l'équation du titrage (une mole d'acide pour une mole de base) : $n(\text{C}_2\text{H}_7\text{NO})_{\text{titré}} = n(\text{H}_3\text{O}^+)_{\text{versé}}$, soit $C_{50} \times V_B = C_A \times V_E$.

$$C_{50} = \frac{C_A \times V_E}{V_B} = \frac{0{,}10 \times 14{,}3}{25{,}0} = 5{,}72 \times 10^{-2}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

Concentration de la solution S. Elle a été diluée 50 fois : $C_S = 50 \times C_{50} = 2{,}86\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Titre massique. Un litre de solution S contient une masse d'éthanolamine $m = C_S \times M = 2{,}86 \times 61{,}0 = 174$ g et pèse $m_{\text{sol}} = d \times \rho_{\text{eau}} \times V = 1{,}0 \times 1{,}00 \times 1{,}0 \times 10^3 = 1{,}0 \times 10^3$ g.

$$w = \frac{m}{m_{\text{sol}}} = \frac{174}{1{,}0 \times 10^3} = 0{,}17$$

Le titre massique de la solution S est $w \approx 17\ \%$.

PIÈGE
Oublier le facteur 50 : le titrage porte sur la solution diluée S_{50}, alors que la question porte sur la solution S. Sans lui, on trouve 0,35 %.

COMPRENDRE
Inutile de convertir V_E et V_B en litres : seul leur rapport intervient. On arrondit à la fin, à deux chiffres comme C_A.

MÉTHODE
Question à prise d'initiative : annoncer les étapes (équivalence, dilution, titre) rapporte des points même sans résultat final.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{0.10 \times 14.3}{25.0}$ ≈ 0.0572

50×0.0572 ≈ 2.86

2.86×61.0 ≈ 174.46

$\frac{174.46}{1.0 \times 10^3}$ ≈ 0.17446

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

Données utiles $w \approx 17\ \%$ (Q.14) ; tableau du sujet : efficacité faible à 15 %, bonne à 20 % ; tolérance à la corrosion très bonne à 15 %, acceptable à 20 %

Le titre trouvé, 17 %, est inférieur aux 20 % d'une solution neuve : la solution S s'est altérée avec le temps.

Ce titre se situe entre 15 % et 20 %. D'après le tableau, l'efficacité de captation est alors intermédiaire entre « faible » et « bonne », tandis que la tolérance à la corrosion des équipements est au moins acceptable.

La solution reste utilisable sans risque pour les équipements, mais avec une efficacité de captage moindre que celle d'une solution à 20 %.

COMPRENDRE
Un commentaire attendu s'appuie sur les deux lignes du tableau : efficacité et corrosion. Toute conclusion nuancée et justifiée par ces données est acceptée.

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

Réactifs : dioxyde de carbone et dihydrogène. Produits : méthanol et eau. La transformation est totale : flèche simple. On ajuste les atomes C (1), O (2) puis H (6).

$$\mathrm{CO_2} + 3\,\mathrm{H_2} \longrightarrow \mathrm{CH_3OH} + \mathrm{H_2O}$$

PIÈGE
Vérifier l'hydrogène en dernier : 4 H dans $\mathrm{CH_3OH}$ et 2 H dans $\mathrm{H_2O}$, soit 6 H, ce qui impose 3 $\mathrm{H_2}$.

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

Données utiles $m(\mathrm{H_2}) = 37\,500\ \mathrm{t} = 3{,}75 \times 10^7\ \mathrm{kg}$; énergie par kilogramme : $55\ \mathrm{kW \cdot h}$; $P = 330\ \mathrm{MW} = 3{,}30 \times 10^5\ \mathrm{kW}$

Énergie électrique nécessaire :

$$E = 3{,}75 \times 10^7 \times 55 = 2{,}1 \times 10^9\ \mathrm{kW \cdot h}$$

Les électrolyseurs fonctionnent à la puissance P : $E = P \times \Delta t$, donc

$$\Delta t = \frac{E}{P} = \frac{3{,}75 \times 10^7 \times 55}{3{,}30 \times 10^5} = 6{,}3 \times 10^3\ \mathrm{h}$$

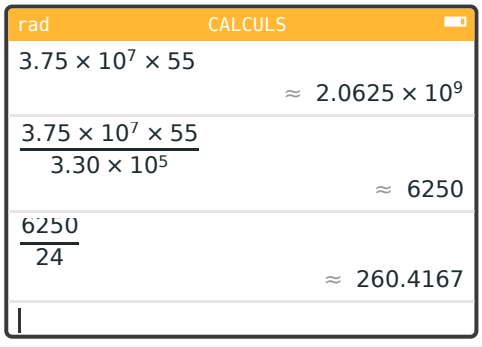
Soit $\dfrac{6\,250}{24} \approx 260$ jours de fonctionnement continu.

$\Delta t \approx 6{,}3 \times 10^3\ \mathrm{h}$, soit environ 260 jours.

PIÈGE
Mélanger les unités : avec E en $\mathrm{kW \cdot h}$, la puissance doit être en kW (330 MW = 330 000 kW) et la durée sort en heures.

MÉTHODE
Garder le $\mathrm{kW \cdot h}$ évite toute conversion en joules : une énergie en $\mathrm{kW \cdot h}$ divisée par une puissance en kW donne directement des heures.

À LA CALCULATRICE



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

Données utiles $\Delta t \approx 6\,250$ h (Q.17) ; production annuelle ; une année : $365 \times 24 = 8\,760$ h

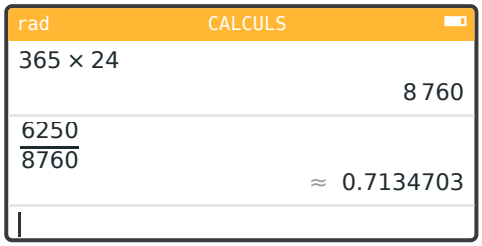
Les 37 500 tonnes de dihydrogène correspondent à la production de méthanol d'une année. Or la durée de fonctionnement nécessaire est inférieure à un an : $6\,250\ \text{h} < 8\,760\ \text{h}$ (environ 260 jours sur 365).

La puissance de 330 MW est suffisante : les électrolyseurs doivent fonctionner environ 71 % du temps, ce qui laisse une marge pour les arrêts et la maintenance.

COMPRENDRE

« En déduire » impose de réutiliser la durée de Q.17 : on la compare à l'année, période sur laquelle la production est prévue.

À LA CALCULATRICE



L'effet photoélectrique et ses applications

Bac 2026 Amérique du Nord Jour 1 · Exercice 2 **6 points** **Durée conseillée 1 h 03**

Q.1 Décrire l'effet photoélectrique.

L'effet photoélectrique est l'émission d'électrons par un métal lorsqu'il est éclairé par un rayonnement de fréquence suffisante.

Chaque photon, d'énergie $E = h\nu$, cède toute son énergie à un électron du métal. L'électron n'est arraché que si cette énergie atteint le travail d'extraction : $h\nu \geq W_{ext}$.

Des électrons sont arrachés au métal éclairé, à condition que $\nu \geq \nu_S$ (fréquence seuil).

COMPRENDRE
Sous la fréquence seuil, aucun électron ne sort, même avec une lumière très intense : seul le modèle du photon (aspect particulaire de la lumière) explique ce seuil.

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

Données utiles $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J · s ; $W_{ext}(\text{Zn}) = 4{,}3$ eV ; 1 eV $= 1{,}60 \times 10^{-19}$ J

À la fréquence seuil, l'énergie du photon est tout juste égale au travail d'extraction : $h\nu_S = W_{ext}$, donc $\nu_S = \dfrac{W_{ext}}{h}$.

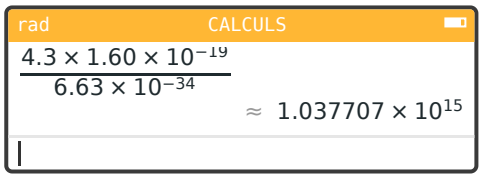
$$\nu_S = \frac{4{,}3 \times 1{,}60 \times 10^{-19}}{6{,}63 \times 10^{-34}} = 1{,}038 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

$\nu_S = 1{,}0 \times 10^{15}$ Hz

PIÈGE
Laisser W_{ext} en électronvolts. Avec h en J · s, l'énergie doit être en joules : $4{,}3$ eV $= 6{,}88 \times 10^{-19}$ J.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme W_{ext}, la donnée la moins précise. On garde $1{,}038 \times 10^{15}$ Hz en mémoire pour les calculs suivants.

À LA CALCULATRICE



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

Données utiles $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m · s^{-1} ; $\nu_S = 1{,}038 \times 10^{15}$ Hz (Q.2)

$\lambda_S = \dfrac{c}{\nu_S}$

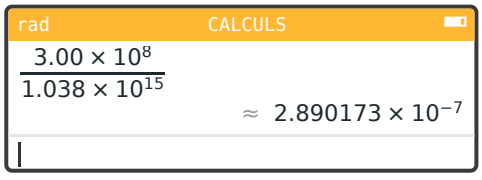
$$\lambda_S = \frac{3{,}00 \times 10^{8}}{1{,}038 \times 10^{15}} = 2{,}9 \times 10^{-7} \text{ m}$$

Le domaine visible s'étend de 400 nm à 800 nm environ ; ici $\lambda_S < 400$ nm.

$\lambda_S = 2{,}9 \times 10^{-7}$ m, soit environ 290 nm : domaine des ultraviolets.

PIÈGE
Calculer avec la valeur arrondie $1{,}0 \times 10^{15}$ Hz donne 300 nm au lieu de 289 nm. On reprend la valeur non arrondie de la question précédente.

À LA CALCULATRICE



Q.4 On éclaire la plaque de zinc avec une radiation de longueur d'onde $\lambda = 250$ nm. Justifier que l'effet photoélectrique se produit.

Données utiles $\lambda_S = 2{,}9 \times 10^{-7}$ m (Q.3)

L'énergie d'un photon est $E = \dfrac{h\,c}{\lambda}$: plus la longueur d'onde est petite, plus le photon est énergétique.

Or $\lambda = 250$ nm $< \lambda_S \approx 290$ nm, donc $\dfrac{h\,c}{\lambda} > \dfrac{h\,c}{\lambda_S} = W_{ext}$.

$\lambda < \lambda_S$, donc $E_{\text{photon}} > W_{ext}$: le photon peut arracher un électron, l'effet photoélectrique se produit.

PIÈGE
Le sens de l'inégalité s'inverse entre fréquence et longueur d'onde : l'effet a lieu si $\nu > \nu_S$, donc si $\lambda < \lambda_S$.

MÉTHODE
Autre justification possible : $\nu = \dfrac{c}{\lambda} = 1{,}20 \times 10^{15}$ Hz, supérieure à ν_S ; ou encore $E_{\text{photon}} = 4{,}97$ eV, supérieure à 4,3 eV.

Q.5 Montrer, en réalisant un bilan d'énergie, que la vitesse d'éjection des électrons s'écrit $v = \sqrt{\dfrac{2h(\nu - \nu_S)}{m_e}}$.

L'énergie $h\,\nu$ du photon absorbé sert à extraire l'électron du métal ; le surplus est emporté par l'électron sous forme d'énergie cinétique :

$$h\,\nu = W_{ext} + E_c \quad \text{avec} \quad W_{ext} = h\,\nu_S \quad \text{et} \quad E_c = \frac{1}{2}\,m_e\,v^2$$

Donc $\dfrac{1}{2}\,m_e\,v^2 = h\,\nu - h\,\nu_S = h\,(\nu - \nu_S)$, soit $v^2 = \dfrac{2h\,(\nu - \nu_S)}{m_e}$.

$v = \sqrt{\dfrac{2h\,(\nu - \nu_S)}{m_e}}$, expression attendue.

COMPRENDRE
C'est la conservation de l'énergie pour un photon et un électron. L'expression n'a de sens que si $\nu \geq \nu_S$: sinon aucun électron n'est émis.

Q.6 Calculer la valeur de cette vitesse.

Données utiles $\lambda = 250$ nm ; $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m · s^{-1} ; $\nu_S = 1{,}038 \times 10^{15}$ Hz (Q.2) ; $m_e = 9{,}11 \times 10^{-31}$ kg

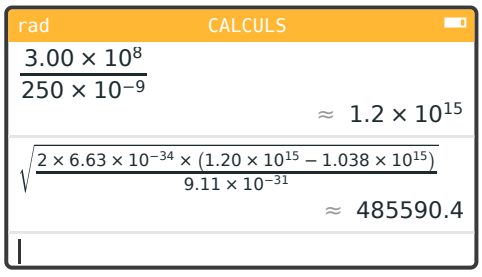
Fréquence de la radiation : $\nu = \dfrac{c}{\lambda} = \dfrac{3{,}00 \times 10^{8}}{250 \times 10^{-9}} = 1{,}20 \times 10^{15}$ Hz

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 6{,}63 \times 10^{-34} \times (1{,}20 \times 10^{15} - 1{,}038 \times 10^{15})}{9{,}11 \times 10^{-31}}}$$

$v = 4{,}9 \times 10^{5}$ m · s^{-1}

PIÈGE
La soustraction de deux fréquences proches amplifie l'arrondi : avec $\nu_S = 1{,}0 \times 10^{15}$ Hz, on trouverait $5{,}4 \times 10^{5}$ m · s^{-1}. Ne pas oublier non plus de convertir 250 nm en mètres.

À LA CALCULATRICE



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 vitesse.

Dans $v = \sqrt{\dfrac{2h\,(\nu - \nu_S)}{m_e}}$, les grandeurs h, m_e et ν_S (propre au zinc) sont fixées. Seule la fréquence ν dépend de la radiation.

La vitesse v est une fonction croissante de ν.

Le paramètre est la fréquence ν : il faut l'augmenter (donc diminuer la longueur d'onde) pour augmenter v.

COMPRENDRE
L'intensité lumineuse, elle aussi réglable, ne change pas la vitesse : elle fixe le nombre de photons reçus, donc le nombre d'électrons émis et l'intensité du courant mesuré.

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

Données utiles $P_{lum} = E \times S$; panneau de 1 346 mm sur 1 112 mm ; figure 2

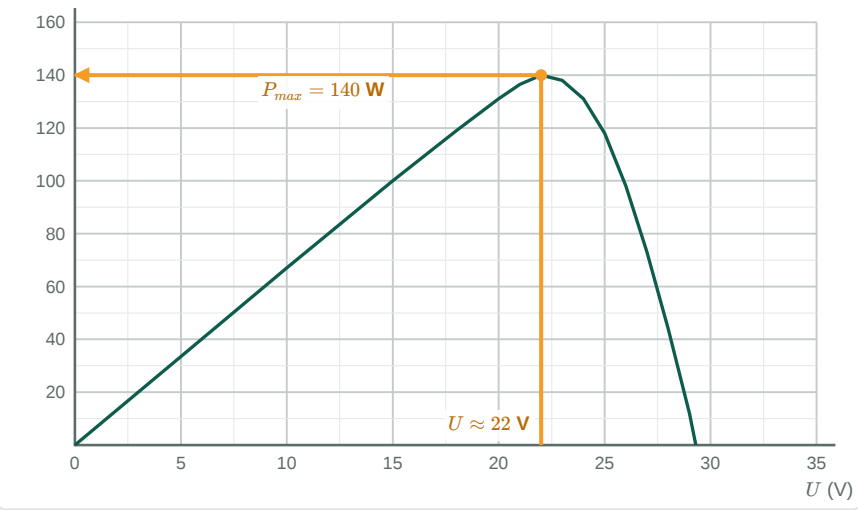
Dans les conditions optimales, la puissance électrique fournie est maximale. Sur la courbe de puissance à $800\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ de la figure 2, on lit $P_{max} = 140$ W (pour $U \approx 22$ V).

Surface du panneau : $S = 1{,}346 \times 1{,}112 = 1{,}497\ \text{m}^2$.

Puissance lumineuse reçue : $P_{lum} = E \times S = 800 \times 1{,}497 = 1{,}20 \times 10^3$ W.

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{lum}} = \frac{140}{800 \times 1{,}346 \times 1{,}112} = 0{,}117$$

$\eta \approx 0{,}12$, soit un rendement d'environ 12 %.



Q.8 · Figure 2 du sujet : courbe de puissance à $800\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ et lecture du maximum

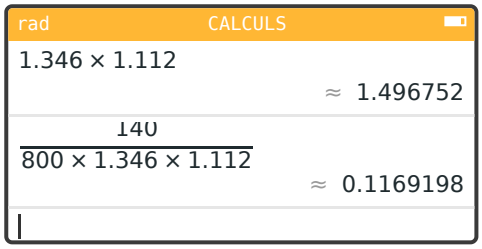
PIÈGE

Lire la puissance sur l'axe de droite (courbes en trait plein), pas l'intensité sur l'axe de gauche. Les dimensions du panneau sont à convertir en mètres.

MÉTHODE

Rendement = puissance utile ÷ puissance reçue, les deux dans la même unité. Ici l'utile est électrique, la reçue est lumineuse ; le résultat est sans unité et inférieur à 1.

À LA CALCULATRICE



Q.9 Déterminer le nombre de panneaux à installer pour couvrir la moitié de la consommation annuelle du particulier. Commenter le résultat.

Données utiles consommation annuelle 7 500 kW·h ; rendement moyen annuel 10 % ; énergie reçue $4{,}1\ \text{kW}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-2}$ par jour ; $S = 1{,}497\ \text{m}^2$ (Q.8)

Énergie électrique à produire en un an : $E_{\text{besoin}} = \dfrac{7\,500}{2} = 3\,750\ \text{kW}\cdot\text{h}$.

Énergie lumineuse reçue par un panneau en un an : $E_{\text{reçue}} = 4{,}1 \times 365 \times 1{,}497 = 2{,}24 \times 10^3\ \text{kW}\cdot\text{h}$.

Énergie électrique produite par un panneau en un an : $E_1 = 0{,}10 \times E_{\text{reçue}} = 224\ \text{kW}\cdot\text{h}$.

Nombre de panneaux : $N = \dfrac{E_{\text{besoin}}}{E_1} = \dfrac{3\,750}{224} = 16{,}7$, que l'on arrondit à l'entier supérieur.

Commentaire : 17 panneaux occupent $17 \times 1{,}497 \approx 25\ \text{m}^2$, une surface compatible avec la toiture d'une maison, si elle est bien orientée. La production varie toutefois selon la saison et l'heure : elle ne coïncide pas toujours avec les besoins.

Il faut installer 17 panneaux, soit environ $25\ \text{m}^2$ de toiture : le projet est réaliste.

PIÈGE
Arrondir 16,7 à 16 : la moitié de la consommation ne serait pas couverte. Un nombre de panneaux s'arrondit toujours à l'entier supérieur.

COMPRENDRE
Le rendement annuel retenu (10 %) est inférieur à celui de la question précédente (12 %) : l'éclairement, l'inclinaison des rayons et la température ne sont pas toujours optimaux.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$4.1 \times 365 \times 1.346 \times 1.112 \approx 2239.889$

$\dfrac{3750}{0.10 \times 4.1 \times 365 \times 1.346 \times 1.112} \approx 16.7419$

$17 \times 1.346 \times 1.112 \approx 25.44478$

La wemba-mania

Bac 2026 Amérique du Nord Jour 1 · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

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

Sur la figure 2, les points sont alignés sur une droite passant par l'origine : x est proportionnelle à t.

Or $v_x = \dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$ est le coefficient directeur de cette droite : v_x est constante.

Selon l'axe Ox, le mouvement du ballon est **uniforme**.

PIÈGE
Répondre « rectiligne uniforme » : le ballon décrit une parabole. Seule la projection du mouvement sur Ox est uniforme.

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

Données utiles figure 2 : modélisation $x = 4{,}0 \times t$

$v_x = \dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$ est le coefficient directeur de la droite modélisant $x(t)$, d'équation $x = 4{,}0 \times t$.

$v_x = 4{,}0\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$

MÉTHODE
Sans la modélisation, on calcule la pente avec deux points éloignés de la droite, par exemple l'origine et le point d'abscisse $0{,}6$ s, où $x \approx 2{,}4$ m.

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

Données utiles figure 3 : modélisation $v_y = -9{,}7 \times t + 5{,}0$

v_{y0} est la valeur de v_y à la date $t = 0$ s, c'est-à-dire l'ordonnée à l'origine de la droite de la figure 3.

$v_{y0} = 5{,}0\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$

COMPRENDRE
Le coefficient directeur, $-9{,}7\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$, est la coordonnée a_y de l'accélération : il est proche de $-g$, ce qui valide le modèle de la chute libre.

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.

Données utiles $v_{x0} = v_x = 4{,}0\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$ (Q.2) ; $v_{y0} = 5{,}0\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$ (Q.3)

v_x est constante, donc $v_{x0} = 4{,}0\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$.

Norme : $v_0 = \sqrt{v_{x0}^2 + v_{y0}^2} = \sqrt{4{,}0^2 + 5{,}0^2} = 6{,}4\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$

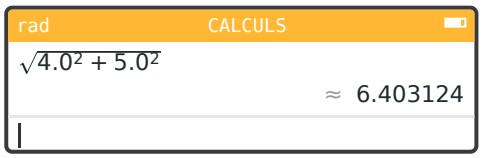
Angle : $\tan\alpha = \dfrac{v_{y0}}{v_{x0}} = \dfrac{5{,}0}{4{,}0}$, donc $\alpha = \arctan(1{,}25) = 51^\circ$

$v_0 = 6{,}4\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$ et $\alpha = 51^\circ$

PIÈGE
Calculatrice restée en radians : elle affiche $0{,}90$ au lieu de 51. Vérifier le mode degré avant d'utiliser la touche arctan.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme les valeurs lues $4{,}0$ et $5{,}0$. La tangente n'utilise que ces deux lectures, sans passer par la valeur arrondie de v_0.

À LA CALCULATRICE



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.

Système {ballon}, de masse m constante ; référentiel terrestre supposé galiléen ; seule force : le poids $\vec{P} = m\,\vec{g}$.

Deuxième loi de Newton : $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\,\vec{a}$, soit $m\,\vec{g} = m\,\vec{a}$, donc $\vec{a} = \vec{g}$.

Le vecteur $\vec{g}$ est vertical, vers le bas, et l'axe Oy est orienté vers le haut. En projetant :

$a_x(t) = 0$ et $a_y(t) = -g$

PIÈGE
Oublier le signe « $-$ » de a_y, ou ne pas préciser le système et le référentiel galiléen avant d'écrire la loi.

Q.6 Montrer que les équations horaires de la position du ballon sont $x(t) = 4{,}0 \times t$ et $y(t) = -4{,}9 \times t^2 + 5{,}0 \times t + 3{,}05$.

Données utiles $g = 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$; $v_{x0} = 4{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $v_{y0} = 5{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $x_0 = 0$ m ; $y_0 = h = 3{,}05$ m

Comme $\vec{a} = \dfrac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t}$, on cherche les primitives de $a_x = 0$ et $a_y = -g$:

$$v_x(t) = C_1 \qquad v_y(t) = -g\,t + C_2$$

À $t = 0$ s, $\vec{v} = \vec{v}_0$: $C_1 = v_{x0}$ et $C_2 = v_{y0}$, donc $v_x(t) = v_{x0}$ et $v_y(t) = -g\,t + v_{y0}$.

Comme $\vec{v} = \dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{OG}}{\mathrm{d}t}$, on cherche de nouveau les primitives :

$$x(t) = v_{x0}\,t + C_3 \qquad y(t) = -\tfrac{1}{2}\,g\,t^2 + v_{y0}\,t + C_4$$

À $t = 0$ s, le ballon est en G_0 : $x(0) = 0$ et $y(0) = h$, donc $C_3 = 0$ et $C_4 = h$.

$$x(t) = v_{x0}\,t \qquad y(t) = -\tfrac{1}{2}\,g\,t^2 + v_{y0}\,t + h$$

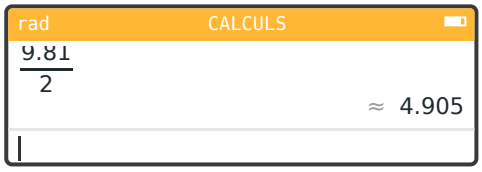
Numériquement, $\frac{1}{2}\,g = \frac{1}{2} \times 9{,}81 = 4{,}9\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$:

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

PIÈGE
Écrire directement les équations horaires sans les constantes d'intégration : la démonstration demandée repose sur leur détermination.

MÉTHODE
Deux primitives successives, et après chacune une constante fixée par les conditions initiales : la vitesse $\vec{v}_0$ d'abord, la position G_0 ensuite.

À LA CALCULATRICE



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

Données utiles $x(t) = 4{,}0 \times t$ et $y(t) = -4{,}9 \times t^2 + 5{,}0 \times t + 3{,}05$ (Q.6)

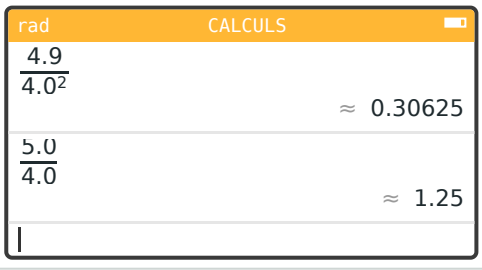
On élimine le temps : $x = 4{,}0 \times t$ donne $t = \dfrac{x}{4{,}0}$, que l'on reporte dans $y(t)$:

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

$y = -0{,}31\,x^2 + 1{,}3\,x + 3{,}05$ (avec x et y en mètres), comme attendu.

COMPRENDRE
L'équation est celle d'une parabole tournée vers le bas. Les coefficients $0{,}30625$ et $1{,}25$ sont arrondis à deux chiffres significatifs, d'où $0{,}31$ et $1{,}3$.

À LA CALCULATRICE



Q.8 Déterminer, en s'appuyant sur des calculs, si le lancer franc est réussi sans toucher le cercle métallique du panier.

Données utiles $y = -0{,}31\,x^2 + 1{,}3\,x + 3{,}05$ (Q.7) ; $h = 3{,}05$ m ; centre du panier à $4{,}2$ m de la ligne de lancer franc ; $D = 0{,}45$ m ; $d = 25\text{ cm} = 0{,}25$ m

Le ballon est lâché à la verticale de la ligne de lancer franc ($x_0 = 0$) : le centre du panier est donc en $x_P = 4{,}2$ m, à la hauteur $h = 3{,}05$ m.

On cherche l'abscisse du centre G du ballon quand il redescend à la hauteur du cercle, $y = 3{,}05$ m :

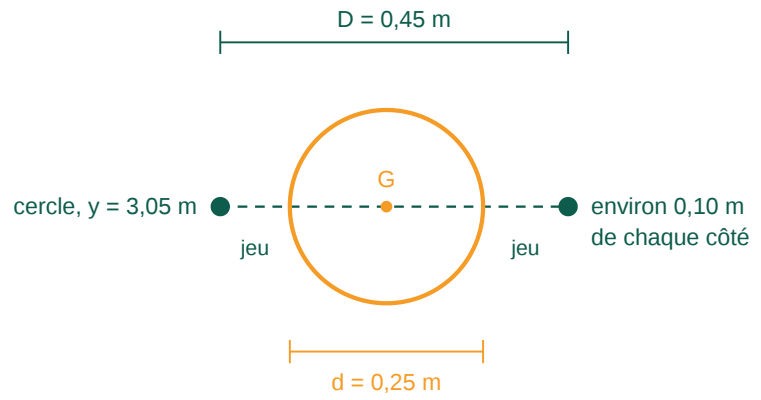
$$3{,}05 = -0{,}31\,x^2 + 1{,}3\,x + 3{,}05 \quad \text{soit} \quad x\,(1{,}3 - 0{,}31\,x) = 0$$

La solution $x = 0$ est le point de départ. L'autre est $x = \dfrac{1{,}3}{0{,}31} = 4{,}2$ m.

Le centre du ballon traverse donc le plan du cercle au niveau du centre du panier, à environ un centimètre près.

Jeu disponible de chaque côté pour un ballon centré : $\dfrac{D-d}{2} = \dfrac{0{,}45 - 0{,}25}{2} = 0{,}10$ m, bien supérieur à cet écart.

Le ballon passe au centre du panier ($x = 4{,}2$ m) avec environ 10 cm de jeu de chaque côté : le lancer franc est **réussi** sans toucher le cercle.



Q.8 · Le ballon (en orange) au passage dans le plan du cercle, vu de profil

PIÈGE
Conclure sans utiliser d et D : la question porte sur le cercle, il faut comparer la taille du ballon à celle du panier.

COMPRENDRE
Le résultat dépend des arrondis : avec $0{,}30625$ et $1{,}25$, on trouverait $x = 4{,}1$ m et le ballon frôlerait l'avant du cercle. Le jour de l'épreuve, on utilise l'équation donnée par l'énoncé.

MÉTHODE
Autre démarche acceptée : calculer y pour $x = 4{,}2$ m. On trouve $3{,}04$ m, soit la hauteur du cercle, puis on compare les diamètres.

À LA CALCULATRICE

