

Corrigé bac 2019 - Série C

CHIMIE 8 points

Partie A : vérification des connaissances

1 Appariement

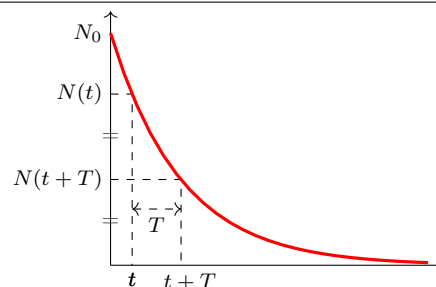
- 1 = c.

La constante d'acidité K_a d'un couple acido-basique est la constante d'équilibre associée à l'équation chimique : $\underbrace{\text{AH}}_{\text{acide}} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \underbrace{\text{A}^-}_{\text{base}} + \text{H}_3\text{O}^+$

Elle est donnée par la relation : $K_a = \frac{[\text{A}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{AH}]}$.

- 2 = d.

Dans un échantillon de matière radioactive constitué de noyaux radioactifs d'une espèce donnée, le nombre $N(t)$ de noyaux présents à un instant t est donné par la loi de décroissance radioactive : $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ où N_0 le nombre de noyaux radioactifs à l'instant initial et λ la constante de désintégration radioactive.



La durée nécessaire T à la désintégration de la moitié des noyaux radioactifs est appelé demi-vie.

On a donc $N(t+T) = \frac{N(t)}{2}$ ou encore $N_0 e^{-\lambda(t+T)} = \frac{N_0 e^{-\lambda t}}{2}$. D'où $T = \frac{\ln 2}{\lambda}$

La constante de désintégration radioactive λ est liée à sa demi-vie T par la relation $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$.

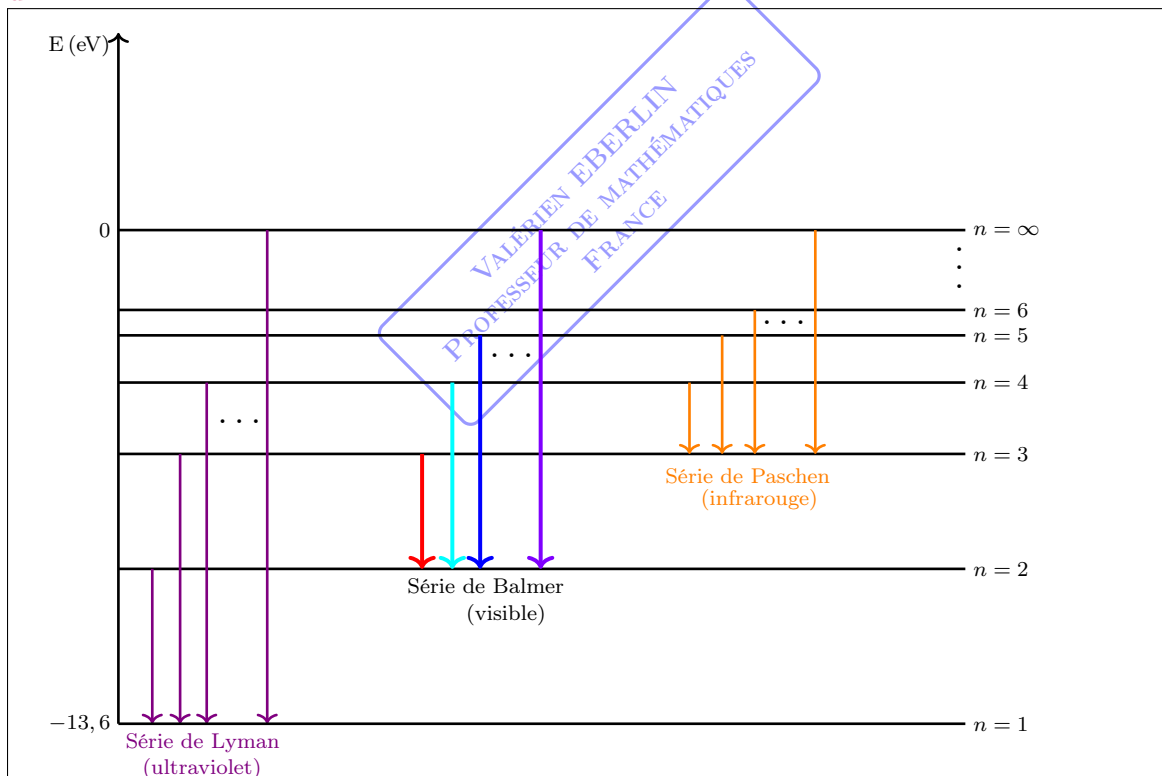
- 3 = b.

Considérons la réaction suivante : $\alpha A + \beta B \rightleftharpoons \gamma C + \delta D$ où α , β , γ et δ sont des nombres stœchiométriques et A, B, C et D des réactifs et produits.

À l'état d'équilibre, les quantités de matière des espèces dissoutes n'évoluent plus.

La constante d'équilibre pour cette réaction s'écrit : $K = \frac{[\text{C}]_{\text{eq}}^{\gamma} \cdot [\text{D}]_{\text{eq}}^{\delta}}{[\text{A}]_{\text{eq}}^{\alpha} \cdot [\text{B}]_{\text{eq}}^{\beta}}$.

- $d = 1$.



Un électron peut absorber un photon (quanta d'énergie) pour passer d'un état inférieur p à un état supérieur n ou émettre un photon pour passer d'un état supérieur n à un état inférieur p .

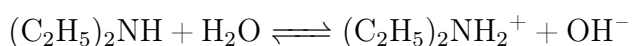
L'énergie du photon émis est égale à la différence d'énergie ΔE entre les deux niveaux impliqués dans la transition : $\Delta E = -\frac{E_0}{n^2} - \left(-\frac{E_0}{p^2}\right) = E_0 \left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2}\right)$

Or cette énergie ΔE peut être reliée à une onde électromagnétique de fréquence ν . En utilisant la relation de Planck, on a : $\Delta E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ où h est la constante de Planck et c la célérité de la lumière dans le vide.

$\frac{hc}{\lambda} = E_0 \left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2}\right)$. D'où $\frac{1}{\lambda} = \frac{E_0}{hc} \left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2}\right)$.

De la formule empirique de Balmer, $\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2}\right)$, on en déduit que $R_H = \frac{E_0}{hc}$.

2 Schéma à compléter

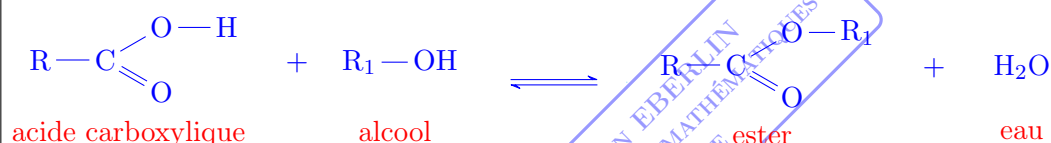


L'atome de l'azote présente un doublet non liant, ce qui donne aux amines un caractère basique selon la théorie de Brønsted-Lowry.

3 Questions à choix multiples

$$3 \cdot 1 = a \cdot 3$$

La réaction d'un acide carboxylique RCOOH avec un alcool ROH conduit à la formation d'ester et d'eau. Cette réaction est appelée estérification.



Pour un mélange équimolaire, le rendement d'estérification d'un alcool dépend de sa classe (primaire, secondaire ou tertiaire). Il vaut :

- soit 5 % ;
- soit 60 % ;
- soit 67 %.

Or plus la classe de l'alcool est élevée, moins le rendement est grand. On en déduit que le rendement d'un alcool secondaire est de 60 %.

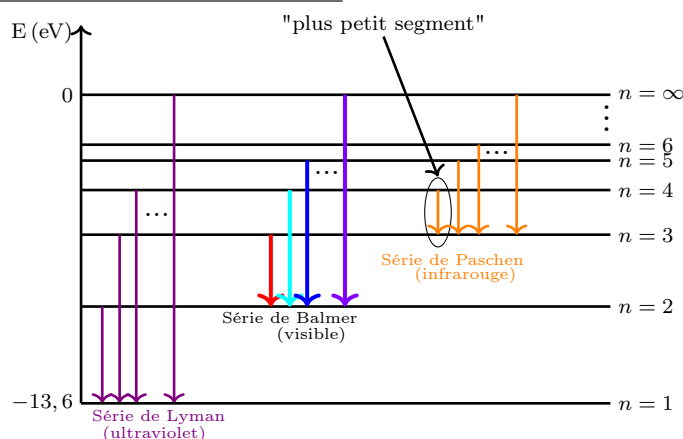
3. $2 = b \cdot 3$

Soit $p \in \{1, 2, 3\}$ et $n \geq p + 1$.

Pour une transition entre un état de niveau d'énergie E_n et un autre état de niveau d'énergie inférieur E_p , la relation donnant la longueur d'onde de la radiation émise par l'atome d'hydrogène est : $\lambda = \frac{hc}{E_n - E_p}$. On en déduit que λ est maximal si $E_n - E_p$ est minimal.

Recherche de la longueur d'onde maximale par lecture graphique

En utilisant le graphique des niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène, la plus petite variation d'énergie ("le plus petit segment") est celle qui correspond au passage de l'état 4 à l'état de 3. Donc $E_4 - E_3$ est minimale. D'où, la plus grande longueur d'onde émise par l'atome d'hydrogène appartient à la série de Paschen.



Recherche de la longueur d'onde maximale par calcul

$$\begin{aligned} E_n - E_p &= E_0 \left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2} \right) \text{ est minimal} \iff \frac{1}{n^2} \text{ est maximal} \\ &\iff n \text{ est minimal} \\ &\iff n = p + 1 \quad \text{car } n \geq p + 1 \end{aligned}$$

Les plus petites variations d'énergie sont donc :

$$E_2 - E_1 = E_0 \left(1 - \frac{1}{2^2} \right) ; \quad E_3 - E_2 = E_0 \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{2^2} \right) ; \quad E_4 - E_3 = E_0 \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{3^2} \right).$$

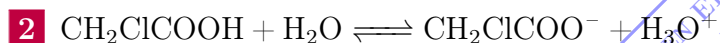
D'où $E_4 - E_3$ est minimale.

Par conséquent, la plus grande longueur d'onde émise par l'atome d'hydrogène appartient à la série de Paschen.

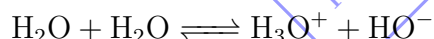
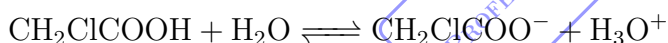
Partie B : application des connaissances

1 $-\log C_0 = -\log 5.10^{-2} = 1,30$.

Comme $\text{pH} > -\log C_0$, alors l'acide monochloroéthanique est un acide faible.



3 a. L'acide monochloroéthanique étant un acide faible, sa dissociation dans l'eau est limitée. Ainsi, l'eau présente en excès, est le siège de la réaction d'autoprotolyse :



Inventaire des espèces présentes

Les espèces présentes dans la solution aqueuse sont :

- Les ions : H_3O^+ ; OH^- ; $\text{CH}_2\text{ClCOO}^-$.
- Les molécules : CH_2ClCOOH ; H_2O .

Calcul de $[\text{H}_2\text{O}]$

Dans une solution aqueuse diluée, les molécules d'eau sont largement majoritaires par rapport aux autres espèces. On peut donc considérer la concentration de l'eau comme une constante valant :

$$[\text{H}_2\text{O}] = \frac{n_{\text{eau}}}{V_{\text{eau}}} = \frac{m_{\text{eau}}}{M_{\text{H}_2\text{O}} \times V_{\text{eau}}} = \frac{\rho_{\text{eau}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{1000}{18} = 55,6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Calcul de $[\text{H}_3\text{O}^+]$

On a : $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$.

A.N : $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2,1} = 7,94.10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Calcul de $[\text{OH}^-]$

D'après la formule du produit ionique de l'eau : $[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] = K_e$, on en déduit que $[\text{OH}^-] = \frac{K_e}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$.

A.N : $[\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{7,94.10^{-3}} = 1,26.10^{-12} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Calcul de $[\text{CH}_2\text{ClCOO}^-]$

D'après la condition d'électroneutralité (toute solution aqueuse est électriquement neutre), on a

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{CH}_2\text{ClCOO}^-] + [\text{OH}^-]$$

Or $[\text{OH}^-] \ll [\text{H}_3\text{O}^+]$ car la solution est acide.

On en déduit que $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{CH}_2\text{ClCOO}^-]$.

D'où $[\text{CH}_2\text{ClCOO}^-] = 7,94.10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Calcul de $[\text{CH}_2\text{ClCOOH}]$

D'après le principe de la conservation de la matière :

$$C_A = [\text{CH}_2\text{ClCOOH}] + [\text{CH}_2\text{ClCOO}^-]$$

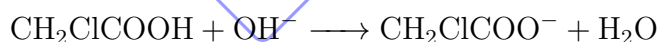
D'où $[\text{CH}_2\text{ClCOOH}] = C_A - [\text{CH}_2\text{ClCOO}^-]$.

A.N. : $[\text{CH}_2\text{ClCOOH}] = 5.10^{-2} - 7,94.10^{-3} = 4,21.10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

b. $\text{pKa} = \text{pH} - \log \frac{[\text{CH}_2\text{ClCOO}^-]}{[\text{CH}_2\text{ClCOOH}]}$

A.N. : $\text{pKa} = 2,1 - \log \frac{7,94.10^{-3}}{4,21.10^{-2}} = 2,82$

4 L'équation bilan de la réaction de dosage est :



Notons V_{BE} le volume à l'équivalence de la solution titrante NaOH.

• $\text{pH} = \text{pKa}$ à la demi-équivalence. On a alors, $V_B = \frac{V_{BE}}{2}$.

• À l'équivalence, $n_{\text{CH}_2\text{ClCOOH}} = n_{\text{HO}^-}$.

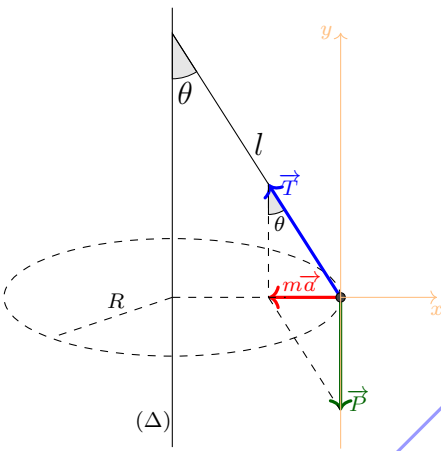
D'où : $C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_{BE}$. On en déduit que $V_{BE} = \frac{C_A \cdot V_A}{C_B}$.

Donc $V_B = \frac{C_A \cdot V_A}{2C_B}$.

A.N. : $V_B = \frac{5.10^{-2} \times 20.10^{-3}}{2 \times 0,1} = 5.10^{-3} \text{ L} = 5 \text{ mL}$.

PHYSIQUE points

1 a. Vrai.



Un pendule conique est constitué d'une boule de masse m et d'un fil sans raideur de longueur l et de masse négligeable. Il est en mouvement circulaire uniforme autour d'un axe (Δ) .

La vitesse angulaire ω étant constante, l'accélération tangentielle $\vec{a}_T$ est nulle. D'où $a_N = R\omega^2$.

Or $\sin \theta = \frac{R}{l}$ ou encore $R = l \sin \theta$. On en déduit que $a = l\omega^2 \sin \theta$.

D'après le principe fondamental de la dynamique :

$$\vec{P} + \vec{T} = m\vec{a}$$

D'où $\begin{pmatrix} 0 \\ -mg \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -T \sin \theta \\ T \cos \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -ml\omega^2 \sin \theta \\ 0 \end{pmatrix}$

On en déduit que :

$$\begin{cases} T \sin \theta = ml\omega^2 \sin \theta & (1) \\ T \cos \theta = mg & (2) \end{cases}$$

En divisant membre à membre l'équation (1) par l'équation (2), on obtient :

$$\frac{1}{\cos \theta} = \frac{l\omega^2}{g}.$$

b. Vrai

L'effet photoélectrique est l'émission d'électrons par un métal qui reçoit de l'énergie rayonnante.

c. Vrai.

Pour un mouvement circulaire uniforme de rayon R et de vitesse angulaire ω , l'accélération est normale et vaut $R\omega^2$ (l'accélération tangentielle étant nulle).

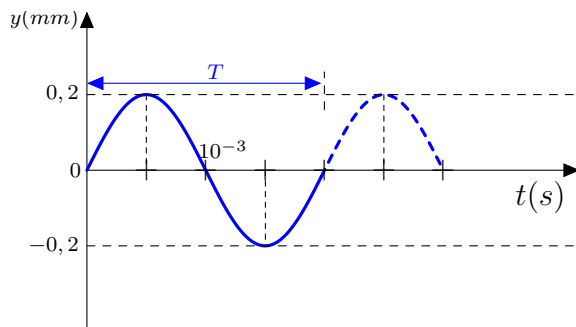
d. Faux

Un circuit RLC en série est dit en résonance lorsque les effets de la réactance inductive X_L et de la réactance capacitive X_C s'annulent, c'est-à-dire lorsque : $X_L = X_C$.
L'impédance du circuit $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ est alors à son minimum et est simplement égale à la résistance du circuit ($Z = R$).

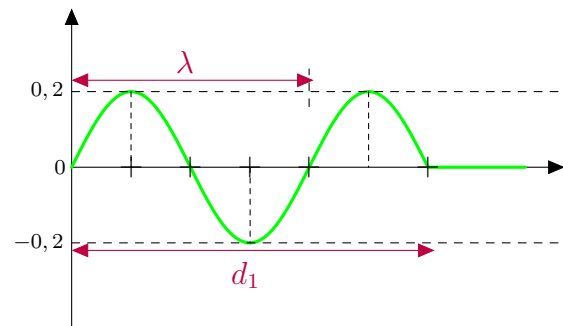
- 2 Un ébranlement est transversal lorsque la perturbation du milieu élastique est perpendiculaire à la direction de propagation.

Partie B : application des connaissances

1



Courbe 1



Courbe 2

D'après la courbe (1), on en déduit que : $T = 2.10^{-3}$ s.

D'où $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{\lambda}{2.10^{-3}} = 500\lambda$ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$).

- 2 L'équation horaire y_O de la source O est de la forme :

$$y_O(t) = a_m \sin(\omega t + \varphi)$$

où $y_O(t)$, a_m , ω et φ sont respectivement l'élongation de la source à la date t , l'amplitude, la pulsation et la phase initiale.

On a : $\omega = \frac{2\pi}{T} = 1000\pi$; $a = 0,2 \text{ mm} = 2.10^{-4} \text{ m}$.

D'où $y_O(t) = 2.10^{-4} \sin(1000\pi t + \varphi)$.

Or à $t = 0$, $y_O = 0$. On en déduit que $\sin \varphi = 0$ et par conséquent $\varphi = 0$.

Donc l'équation horaire du mouvement de la source est : $y_O(t) = 2.10^{-4} \sin(1000\pi t)$.

- 3 L'équation horaire du mouvement de M est identique à celui du mouvement de O avec

un retard de $t_M = \frac{d}{v} = \frac{12,5}{500\lambda}$.

D'où $y_M(t) = y_O(t - t_M) = 2.10^{-4} \sin 1000\pi(t - t_M) = 2.10^{-4} \sin \left(1000\pi t - \frac{25\pi}{\lambda} \right)$.

- 4 L'onde se propageant toujours à la même vitesse v , on a : $\frac{\lambda}{T} = \frac{d_1}{t_1}$ où d_1 est la distance parcourue par l'onde à l'instant t_1 (voir courbe 2., ci-dessus). D'où $t_1 = \frac{d_1}{\lambda} T$.

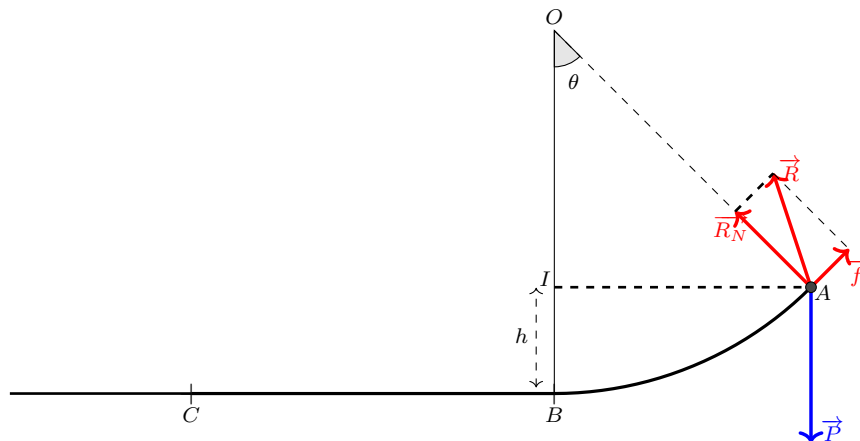
Or d'après la courbe 2., $\frac{d_1}{\lambda} = \frac{6}{4}$.

D'où $t_1 = \frac{6}{4} T$.

A.N : $t_1 = 3.10^{-3}$ s.

Partie C : résolution d'un problème

- 1 a. Référentiel : terrestre supposé galiléen (TSG)
Système : solide de masse m .



Théorème de l'énergie cinétique

La variation de l'énergie cinétique du solide entre les positions A et B est égale à la somme des travaux des forces entre A et B .

$$\begin{aligned} E_{C_B} - E_{C_A} &= W_{\vec{P}} + W_{\vec{R}}^{**} \\ \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 &= mgh - f \cdot \widehat{AB} \\ \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 &= mg(OB - OI) - f \cdot \widehat{AB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} **W_{\vec{R}} &= \int_{\widehat{AB}} \vec{R} \cdot d\vec{l} \\ &= \int_{\widehat{AB}} (\vec{R}_N + \vec{f}) \cdot d\vec{l} = \int_{\widehat{AB}} \vec{R}_N \cdot d\vec{l} + \int_{\widehat{AB}} \vec{f} \cdot d\vec{l} \\ \text{Or } \vec{R}_N &\perp d\vec{l}. \text{ On en déduit que } \vec{R}_N \cdot d\vec{l} = 0. \\ \text{D'où } W_{\vec{R}} &= \int_{\widehat{AB}} \vec{f} \cdot d\vec{l} = \int_{\widehat{AB}} f \cdot dl \cos(\pi) = -f \int_{\widehat{AB}} dl = -f \cdot \widehat{AB} \end{aligned}$$

Or :

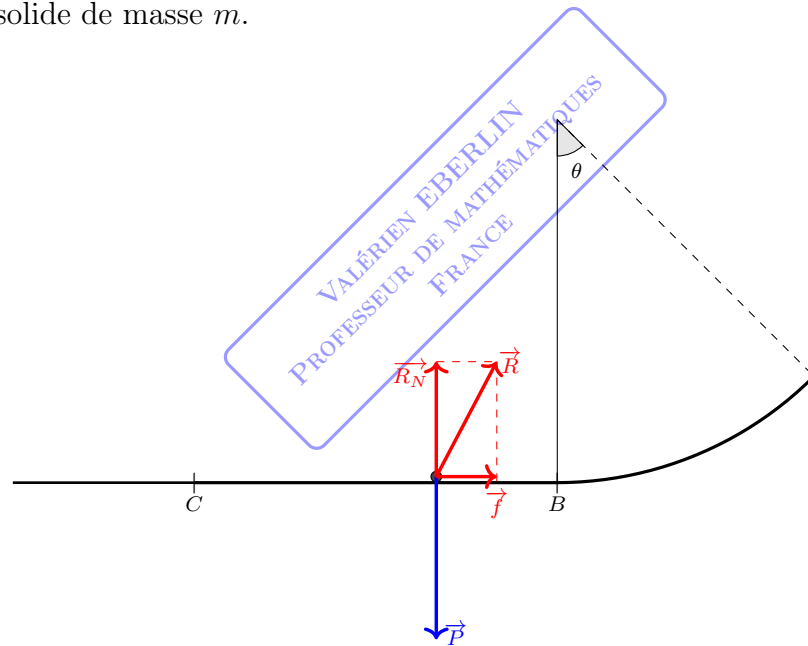
- $v_A = 0$ car le solide quitte le point A sans vitesse initiale ;
- la longueur de l'arc $\widehat{AB}$ (que nous notons aussi par $\widehat{AB}$) est donnée par la relation $\widehat{AB} = r\theta$;
- et $OI = r \cos \theta$

On en déduit que $\frac{1}{2}mv_B^2 = mgr(1 - \cos \theta) - f \cdot r\theta$.

$$\text{D'où } v_B = \sqrt{2r \left[g(1 - \cos \theta) - \frac{f}{m}\theta \right]}.$$

- b. Référentiel : terrestre supposé galiléen (TSG)

Système : solide de masse m .



Bilan des forces : $\vec{P}$, $\vec{R}$.

Théorème de l'énergie cinétique

La variation de l'énergie cinétique du solide entre les positions B et C est égale à la somme des travaux des forces entre B et C .

$$E_{CC} - E_{CB} = W_{\vec{P}} + W_{\vec{R}}$$

La hauteur du solide ne variant pas entre les points B et C , alors $W_{\vec{P}} = 0$.

L'égalité précédente devient : $\frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2 = -f \cdot BC = -2f \cdot r$

$$v_C^2 = v_B^2 - \frac{4fr}{m} = 2r \left[g(1 - \cos \theta) - \frac{f}{m} \theta \right] - \frac{4fr}{m}.$$

$$\text{D'où } v_C = \sqrt{2r \left[g(1 - \cos \theta) - \frac{f}{m}(\theta + 2) \right]}.$$

2 a. En C , on a $v_C = 0$.

On en déduit que $g(1 - \cos \theta) - \frac{f}{m}(\theta + 2) = 0$.

$$\text{D'où } f = \frac{mg(1 - \cos \theta)}{\theta + 2}.$$

$$\text{b. } f = \frac{60 \times 10 \times (1 - \cos \frac{\pi}{4})}{\frac{\pi}{4} + 2} \approx 63,1 \text{ N.}$$

$$\text{c. } v_B \approx \sqrt{2 \times 5 \left[10 \left(1 - \cos \frac{\pi}{4} \right) - \frac{63,1}{60} \times \frac{\pi}{4} \right]} \approx 4,59 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$