

Correction DST n°3

Correction inspirée du site <http://labolycee.org>

CHIMIE Antilles 2005 (Correction récupérée sur Labolycee avec améliorations diverses : CS, etc.)

Cet exercice est rigoureusement identique à ce qui a été fait dans le TP n°7 !

1. LA TRANSFORMATION CHIMIQUE ÉTUDIÉE

1.1. Un acide est une espèce chimique capable de céder un proton H⁺.

1.2. Couple acide éthanoïque / ion éthanoate: CH₃CO₂H_(aq) / CH₃CO₂⁻_(aq)
 Couple ion oxonium / eau: H₃O⁺_(aq) / H₂O_(l)

1.3.
$$K = \frac{[CH_3CO_2^-(aq)]_f \cdot [H_3O^+(aq)]_f}{[CH_3CO_2H(aq)]_f}$$

2. ÉTUDE pH-MÉTRIQUE

2.1. quantité de matière initiale d'acide éthanoïque : n₁ = c₁ × V₁

n₁ = 2,7 · 10⁻³ × 0,100

n₁ = 2,7 × 10⁻⁴ mol (deux CS comme c₁)

Dans le tableau ci-dessous, on néglige les ions oxonium provenant de l'autoprotolyse de l'eau !

2.2.	Avancement	CH ₃ CO ₂ H _(aq) + H ₂ O _(l) = CH ₃ CO ₂ ⁻ _(aq) + H ₃ O ⁺ _(aq)			
État initial	x = 0	n ₁	en excès	0	ε
État final théorique	x = x _{max}	n ₁ - x _{max}	en excès	x _{max}	x _{max}
État final expérimental ou état d'équilibre	x = x _f	n ₁ - x _f	en excès	x _f	x _f

Si la transformation est totale, l'acide éthanoïque est totalement consommé, soit n₁ - x_{max} = 0

x_{max} = n₁ soit x_{max} = 2,7 × 10⁻⁴ mol (deux CS comme c₁)

2.3. [H₃O⁺_(aq)]_f = 10^{-pH} d'après valeur tableau énoncé 10^{-3,7} = 10^{0,3} × 10⁻⁴ = 2 · 10⁻⁴

D'où [H₃O⁺_(aq)]_f = 10^{-3,70} = 2,00 · 10⁻⁴ mol.L⁻¹ (trois CS !)

Remarque pour la culture puisque ce devoir est sans calculatrice ! :

pH = 3,70 donc 3,69 ≤ pH ≤ 3,71 or

10^{-3,69} = 2,04 × 10⁻⁴ et 10^{-3,71} = 1,95 × 10⁻⁴ donc 1,95 × 10⁻⁴ ≤ [H₃O⁺_(aq)]_f ≤ 2,04 × 10⁻⁴ d'où les 3 CS !

A vrai dire la deuxième décimale sur la valeur du pH est illusoire et il est plus correct d'écrire pH = 3,7 mais dans ce cas :

pH = 3,7 donc 3,6 ≤ pH ≤ 3,8 or

10^{-3,6} = 2,5 × 10⁻⁴ et 10^{-3,8} = 1,6 × 10⁻⁴ donc 1,6 × 10⁻⁴ ≤ [H₃O⁺_(aq)]_f ≤ 2,5 × 10⁻⁴ et alors on aurait 2 CS avec une incertitude relative de 25 % sur [H₃O⁺_(aq)]_f

Conclusion : On ne peut jamais faire une mesure précise de [H₃O⁺_(aq)] par une mesure de pH !

[H₃O⁺_(aq)]_f = $\frac{x_f}{V_1}$ soit x_f = [H₃O⁺_(aq)]_f × V₁

x_f = 2,0 · 10⁻⁴ × 0,100 = 2,00 · 10⁻⁵ mol

2.4. $\tau_1 = \frac{x_f}{x_{max}}$ $\tau_1 = \frac{2,0 \cdot 10^{-5}}{2,7 \cdot 10^{-4}} = 0,74 \times 10^{-5} \times 10^4 = 0,74 \cdot 10^{-1}$

$\tau_1 = 7,4 \cdot 10^{-2}$ La transformation est **limitée** car τ₁ < 1.

2.5.1. D'après l'équation chimique [H₃O⁺_(aq)]_f = [CH₃CO₂⁻_(aq)]_f = $\frac{x_f}{V_1}$

[CH₃CO₂⁻_(aq)]_f = 2,00 · 10⁻⁴ mol.L⁻¹

$$2.5.2. c_1 = [\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{(\text{aq})}]_{\text{ini}} = [\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{(\text{aq})}]_f + [\text{CH}_3\text{CO}_2^-]_{(\text{aq})}{}_f$$

$$[\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{(\text{aq})}]_f = c_1 - [\text{CH}_3\text{CO}_2^-]_{(\text{aq})}{}_f$$

$$[\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{(\text{aq})}]_f = 2,7 \cdot 10^{-3} - 2,00 \cdot 10^{-4} = 27 \cdot 10^{-4} - 2,00 \cdot 10^{-4}$$

$$[\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{(\text{aq})}]_f = 25 \cdot 10^{-4} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$2.6. K_1 = \frac{[\text{CH}_3\text{CO}_2^-]_{(\text{aq})}{}_f \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]_{(\text{aq})}{}_f}{[\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{(\text{aq})}]_f} \quad K_1 = \frac{2,0 \cdot 10^{-4} \times 2,0 \cdot 10^{-4}}{2,5 \cdot 10^{-3}} = \frac{4,0}{2,5} \times 10^{-8} \times 10^3 \quad K_1 = 1,6 \cdot 10^{-5}$$

3. ÉTUDE CONDUCTIMÉTRIQUE

3.1. Présence d'ions éthanoate CH_3CO_2^- et d'ions oxonium H_3O^+ .

D'après l'équation chimique $[\text{H}_3\text{O}^+]_{(\text{aq})}{}_f = [\text{CH}_3\text{CO}_2^-]_{(\text{aq})}{}_f$

$$3.2. \sigma = \lambda_{\text{CH}_3\text{CO}_2^-} \cdot [\text{CH}_3\text{CO}_2^-]_{(\text{aq})}{}_f + \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]_{(\text{aq})}{}_f$$

$$3.3 \sigma = (\lambda_{\text{CH}_3\text{CO}_2^-} + \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+}) \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]_{(\text{aq})}{}_f$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{(\text{aq})}{}_f = [\text{CH}_3\text{CO}_2^-]_{(\text{aq})}{}_f = \frac{\sigma}{\lambda_{\text{CH}_3\text{CO}_2^-} + \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+}} \quad (\text{Attention } \sigma \text{ en } \text{S.m}^{-1} \text{ soit } 5,00 \cdot 10^{-2} \text{ S.m}^{-1})$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{(\text{aq})}{}_f = [\text{CH}_3\text{CO}_2^-]_{(\text{aq})}{}_f = \frac{5,00 \cdot 10^{-2}}{4,1 \cdot 10^{-3} + 35,9 \cdot 10^{-3}} = \frac{5,00 \cdot 10^{-2}}{40 \cdot 10^{-3}} = \frac{5}{4} \times \frac{10^{-2}}{10 \times 10^{-3}}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{(\text{aq})}{}_f = [\text{CH}_3\text{CO}_2^-]_{(\text{aq})}{}_f = 1,25 \text{ mol.m}^{-3} = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$3.4.1. c_2 = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1} = 100 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \text{ et } [\text{CH}_3\text{CO}_2^-]_{(\text{aq})}{}_f = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\frac{c_2}{[\text{CH}_3\text{CO}_2^-]_f} = \frac{100}{1,25} = 80 \quad \text{donc } [\text{CH}_3\text{CO}_2^-]_{(\text{aq})}{}_f = \frac{c_2}{80} < \frac{c_2}{50} \quad \text{l'approximation 1 est justifiée.}$$

3.4.2. Si $c_2 \approx [\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{(\text{aq})}]_f$ cela signifie que l'acide *s'est très peu dissocié* dans l'eau.

La transformation peut être considérée comme étant *très limitée*.

On a $c_2 = [\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{(\text{aq})}]_{\text{ini}} = [\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{(\text{aq})}]_f + [\text{CH}_3\text{CO}_2^-]_{(\text{aq})}{}_f$

et $c_2 \approx [\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{(\text{aq})}]_f$ donc $[\text{CH}_3\text{CO}_2^-]_{(\text{aq})}{}_f$ est négligeable face à $[\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{(\text{aq})}]_f$.

$$3.4.3. K_2 = \frac{[\text{CH}_3\text{CO}_2^-]_{(\text{aq})}{}_f \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]_{(\text{aq})}{}_f}{[\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{(\text{aq})}]_f} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_{(\text{aq})}{}_f^2}{c_2}$$

$$K_2 = \frac{(1,25 \cdot 10^{-3})^2}{0,10} = \frac{(1,25)^2 \cdot 10^{-6}}{0,10} = 1,56 \cdot 10^{-5}$$

$$3.4.4. \tau_2 = \frac{[\text{CH}_3\text{CO}_2^-]_{(\text{aq})}{}_f}{c_2} \Rightarrow \tau_2 = \frac{1,25 \cdot 10^{-3}}{0,10} = 1,25 \cdot 10^{-2}$$

4. CONCLUSION : COMPARAISON DES RESULTATS OBTENUS

4.1. La constante d'équilibre K ne dépend pas de la concentration initiale en acide éthanoïque, puisque avec deux concentrations différentes on obtient la même valeur de K.

4.2. Oui, le taux d'avancement final d'une transformation chimique limitée dépend de l'état initial du système. En effet avec deux concentrations initiales différentes, on obtient deux taux d'avancement différents.

4.3. Affirmation 1 : Plus l'acide est dissocié et plus le taux d'avancement final τ est grand.

Affirmation *juste* : $\tau = \frac{x_f}{x_{\text{max}}}$, plus l'acide est dissocié et plus x_f est grand alors τ est plus grand. (x_{max} étant

constant).

Affirmation 2 : Plus la solution d'acide éthanoïque est diluée, moins l'acide est dissocié.

Affirmation *fausse* : $c_1 < c_2$ donc la solution 1 est davantage diluée.

On a obtenu $\tau_1 > \tau_2$, dans la solution 1 l'acide s'est davantage dissocié.

Il fallait évidemment avoir vu les animations dans le cahier de texte : cependant, si ces animations étaient bien utiles, elles n'étaient pas indispensables

<http://www.synchrotron-soleil.fr/Presse/Videos/VoyageAuCoeurAccelerateursSOLEIL>

http://www.lhc-france.fr/?page=media&id_document=919

La correction a tenu compte des points suivants

- Rôles différents des deux champs impliqués : champ électrique pour accélérer les particules chargées, champ magnétique pour leur donner une trajectoire courbe (circulaire quand le champ est constant et perpendiculaire à la vitesse initiale)
- Points communs aux deux dispositifs :
 - Accélérateur de particules
 - Qui atteignent des vitesses proches de celle de la lumière
 - Afin d'explorer la matière
- Différences entre les deux dispositifs LHC ⇔ Synchrotron:
 - LHC : accélérateur de protons (et antiproton) Synchrotron : accélérateur d'électrons
 - LHC : on étudie les particules émises après les chocs

Synchrotron : on étudie les interactions entre le faisceau lumineux issu du faisceau de particules et la matière

- Objectifs et applications différents :

LHC : répondre à des questions théoriques : origine de la masse (Boson de Higgs), explication de la dissymétrie observée entre matière ⇔ « antimatière », les détails du « Big Bang », le problème de la masse « cachée » (masse « noire », énergie « sombre » : masse invisible mais dont les effets sur les mouvements des galaxies sont observables et) problème des « dimensions » éventuelles de l'univers (théorie des cordes)

Synchrotron : répondre à des problèmes plus pratiques sur la connaissance de la matière (matériau, cellules vivantes, etc.) : forme, géométrie, propriétés physiques, etc.

En résumé : le LHC est un outil de **recherche théorique**, le Synchrotron est un outil de recherche tournée **vers les applications**. Mais cette vision est évidemment très simplificatrice.

Proposition de correction du livre Sirius

Les questions posées permettent de structurer la synthèse en trois parties :

1. Rôle des champs électriques et magnétiques dans le mouvement des particules.
2. Points communs et différences entre les deux instruments.
3. Exemples d'applications en recherche fondamentale et appliquée.

Nous donnons ci-dessous quelques pistes concernant chacune de ces parties.

1. Rôle des champs électriques et magnétiques dans le mouvement des particules

En s'appuyant sur les deux animations, les élèves doivent différencier de façon explicite le rôle des champs électriques et magnétiques :

- le champ électrique permet d'accélérer des électrons (Soleil) ou des protons (LHC) dans un accélérateur linéaire (LINAC), d'augmenter leur énergie (champ électrique pulsé) dans les boosters, la boucle du Large Hadron Collider ;
- le champ magnétique a pour rôle de courber ou de maintenir la courbure de la trajectoire des particules chargées (boosters, anneaux de stockage, LHC).

2. Points communs et différences entre les deux instruments

Points communs :

- le LHC (Large Hadron Collider) et le synchrotron SOLEIL sont les deux grands équipements qui utilisent l'énergie de faisceaux de particules pour la recherche fondamentale ;
- ces deux instruments possèdent accélérateurs de particules et larges boucles dans lesquelles circulent les faisceaux de particules chargées ;
- les particules qui circulent dans ces deux instruments ont des vitesses proches de celle de la lumière.

Différences :

- les particules sont différentes : électrons dans le synchrotron Soleil, protons dans le LHC ;
- les expériences sont également différentes : dans le LHC (Large Hadron Collider), ce sont les particules émises lors de chocs entre protons de très haute énergie qui sont étudiées ;
- dans SOLEIL, ce sont les interactions entre le rayonnement synchrotron (rayonnement lumineux très intense) et l'échantillon de matière qui permettent d'étudier les propriétés de celle-ci ;
- les objectifs scientifiques diffèrent également pour ces deux instruments.

Comme l'indique le texte sur les domaines d'application de SOLEIL, ce sont les structures et propriétés de la matière qui sont explorées avec le rayonnement synchrotron. Pour le LHC, les questions qui guident les recherches concernent la physique théorique.

3. Exemples d'applications en recherche fondamentale et appliquée

- pour le LHC : recherche et découverte du boson de Higgs, nature de la matière noire, antimatière, recherches sur les premiers instants de l'Univers (le Big Bang) – tests des théories de la physique ;
- pour SOLEIL : les domaines d'application sont cités dans le texte (physique, médecine et biologie, chimie, ...).

Remarques générales pour ce genre d'exercices (ML)

- 1) Comme pour une dissertation de français ou de philosophie, **AVOIR UN PLAN** !
Ici, le plan était « téléguidé » par les questions posées :
 - a) Rôle différents des deux champs (électrique et magnétique)
 - b) Points communs
 - c) Différences des deux dispositifs
 - d) Objectifs et Applications
- 2) Savoir illustrer sa rédaction d'informations *prises dans la documentation fournie* (en y faisant référence)
- 3) Savoir ajouter des éléments d'information *non issues de la documentation fournie* mais *venant ...*
 - a) *Des connaissances du cours*
 - b) *de sa culture personnelle.*

Attention : Eviter de n'avoir que le point 2) sans le point 3)

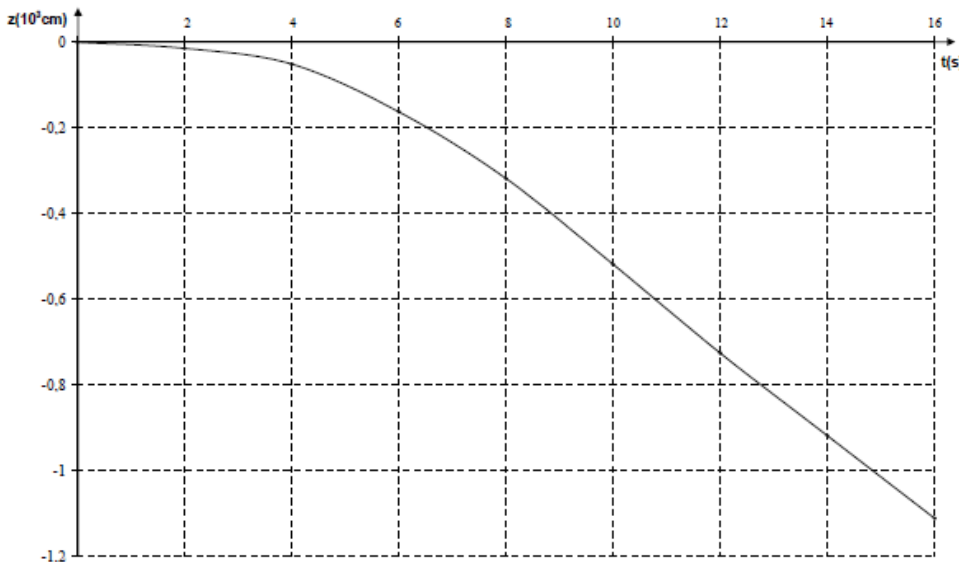
.... car alors la synthèse se limite à faire de la paraphrase des documents, **CE QUI N'A AUCUN INTERET !**
... et est donc évalué (noté !) en conséquence.

QCM de Physique (FESIC 2003 et 2005)

Il ne s'agit pas d'un véritable QCM dans la mesure où on n'attend pas simplement la validation d'une réponse.

Il est attendu que chaque réponse (vraie ou fausse !) soit **accompagnée d'une justification** : toute réponse brute (VRAI, FAUX) ne sera pas validée si elle n'est pas justifiée.

1. Une goutte d'eau, assimilée à une boule de rayon R , de masse m , de masse volumique ρ , tombe verticalement dans l'air. Elle est freinée dans sa chute par la force $\vec{f} = -6 \eta R \vec{v}$ (avec \vec{v} : vecteur vitesse de la goutte ; η : coefficient constant de viscosité)
On a enregistré l'altitude z de la goutte en fonction du temps.



A. A partir de $t = 8$ secondes, le mouvement de la goutte est uniformément varié.

FAUX : d'après le graphe $z = -a \cdot t \Rightarrow$ équation horaire d'un mouvement uniforme

B. Le coefficient de viscosité η s'exprime en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$.

VRAI : d'après la formule donnée par énoncé $[\eta] = \frac{= [\text{force}]}{[\text{rayon}] \cdot [\text{vitesse}]} \Rightarrow [\eta] = \frac{M \cdot L \cdot T^{-2}}{L \cdot L \cdot T^{-1}} = M \cdot L^{-1} \cdot T^{-1}$

C. La valeur de la vitesse limite atteinte par la goutte est $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

FAUX :

Graphe \Rightarrow la vitesse limite est atteinte après $t = 8 \text{ s}$: on peut calculer $v = \left| \frac{(-1,1) - (-0,3)}{16 - 8} \right| = 0,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

D. La vitesse limite atteinte est inversement proportionnelle au rayon de la goutte.

FAUX : En notant \vec{P} le poids de la goutte, $\vec{f} = -k \vec{v}$ la force de frottement et \vec{F} la poussée d'Archimède. Dans l'air, on peut négliger la Poussée d'Archimède, la deuxième loi de Newton s'écrit alors :

$$\vec{P} + \vec{f} = m \cdot \vec{a} \quad \text{avec } P = m \cdot g = \rho \left(\frac{4}{3} \pi R^3 \right) g$$

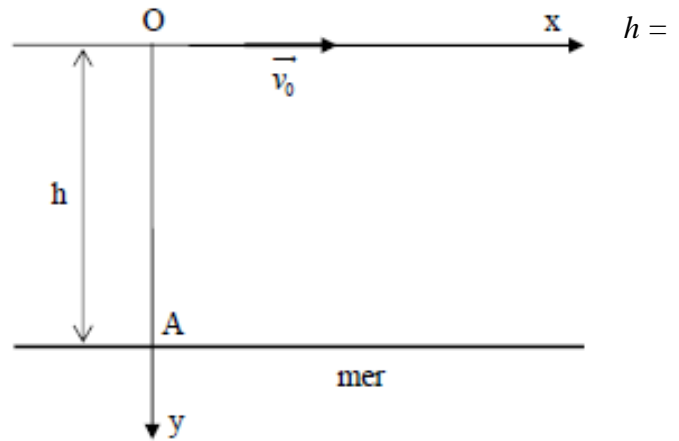
Quand la vitesse limite est atteinte $a = 0$ donc $f = P$ (en norme mais les deux forces sont opposées)

$$\Rightarrow 6 \eta R v_{\text{limite}} = \rho \left(\frac{4}{3} \pi R^3 \right) g \quad \text{donc} \quad v_{\text{limite}} = \frac{\rho}{\eta} \left(\frac{2}{9} \pi R^2 \right) g \quad v_{\text{limite}} \text{ proportionnelle à } R^2$$

2. Un avion volant horizontalement à une altitude 80 m avec une vitesse constante $v_0 = 360\text{ km.h}^{-1}$ laisse tomber une bouée en passant par la verticale d'un point A de la mer. La résistance de l'air ainsi que tous les frottements sont négligés.

Donnée :

norme du champ de pesanteur $g = 10\text{ m.s}^{-2}$.



A. Les équations horaires du mouvement du centre d'inertie de la bouée projetées sur Ox et Oy s'écrivent : $\begin{cases} x = 360 \cdot t \\ y = 5 \cdot t^2 \end{cases}$ x et y exprimés en m et t en seconde.

FAUX : $x = v_{0x} \cdot t$ mais il faut mettre v_{0x} en m.s^{-1} et pas $\text{km.h}^{-1} \Rightarrow x = 100 t$

Par contre $y = \frac{1}{2} g \cdot t^2$ donc $y = 5 \cdot t^2$ l'équation horaire pour y est correcte

B. La bouée touchera la surface de la mer au bout de 4 s.

VRAI : $h = 5 \cdot t_{\text{surface}}^2 \Rightarrow t_{\text{surface}} = \sqrt{\frac{80}{5}} = 4\text{ s}$

C. La bouée tombe dans la mer à D = 1440 m du point A.

FAUX : D = 100 $t_{\text{surface}} = 400\text{ m}$

D. Entre le largage de la bouée et sa chute dans la mer, l'avion a parcouru une distance de 400 m.

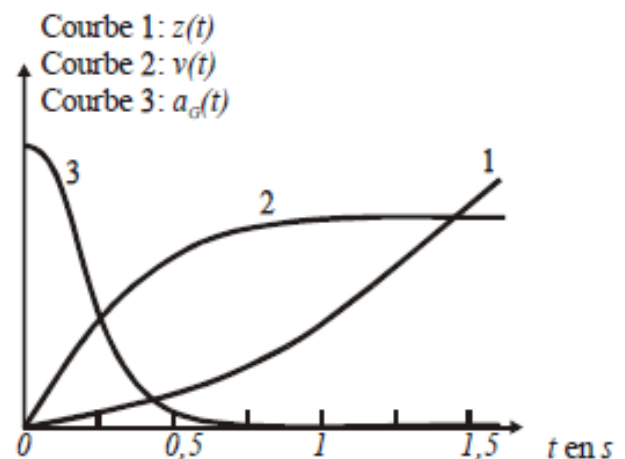
VRAI : Cf réponse précédente ! suivant x'x la bouée et l'avion parcourt la même distance !

3. ne petite bille de volume V et de masse m est abandonnée sans vitesse initiale à l'instant $t = 0$ dans un mélange eau-glycérol de masse volumique ρ contenu dans une éprouvette. L'expérience filmée est traitée par un système informatique ; on obtient les tracés de la position $z(t)$ du centre d'inertie de la bille, de sa vitesse $v(t)$ et de son accélération $a_G(t)$ en fonction du temps. L'axe vertical Oz est orienté vers le bas.

On note \vec{P} le poids de la bille, $\vec{f} = -k \vec{v}$ la force de frottement et \vec{F} la poussée d'Archimède.

Donnée :

norme du champ de pesanteur $g = 10\text{ m.s}^{-2}$.



A. La deuxième loi de Newton s'écrit : $\vec{P} + \vec{f} + \vec{F} = m \cdot \vec{a}_I$ **VRAI :**

B. Après avoir projeté la deuxième loi de Newton sur l'axe Oz, on peut écrire :

$$m \cdot g + k \cdot v - \rho V g = m \cdot \frac{dv}{dt} \quad \text{FAUX : erreur de signe sur } (-k \cdot v)$$

C. La vitesse limite est atteinte par la bille à la date $t = 0,25\text{ s}$. **FAUX : la vitesse est en train de croître**

D. Au bout de $t = 1\text{ s}$, le mouvement de la petite bille est rectiligne uniforme **VRAI : $v = Cste$**