De l'élec et un peu de chimie

Jeudi 23 janvier 2025 - Durée 3h30

- **La calculatrice est interdite.**
- **Le téléphone portable est interdit.**
- **Il sera tenu le plus grand compte du soin, de la présentation, et de la rédaction.**
- **Chaque réponse doit être justifiée.**
- **Par ailleurs, même lorsque ce n'est pas explicitement demandé, toute application numérique doit être précédée d'une expression littérale en fonction des données de l'énoncé.**

I. Molécules et solvants

1. Des molécules diatomiques homonucléaires.
   a) À quelle famille le fluor, le chlore, le brome et l'iode appartiennent-ils ?
   b) Donner la structure électronique du brome et de l'iode et en déduire leur numéro atomique respectif.
   c) On s'intéresse au difluor, au dichlore, au dibrome et au diode.
      i. Ces molécules sont-elles polaires ?
      ii. À 25°C sous pression atmosphérique, le difluor et le dichlore sont des gaz, le dibrome est un liquide et le diiode est un solide. Interpréter.
2. Des molécules carbonées.
   En terme de polarité, la molécule d'éthane a la même propriété que le méthane. Les autres alcanes sont très peu polaires.
   a) Les températures d'ébullition des six premiers alcanes linéaires sont indiquées ci-après :

Alcane	Méthane	Éthane	Propane	Butane	Pentane	Hexane
$T_{\text{éb}}$ en °C sous 1bar	$-161,5$	$-88,6$	$-42,1$	$-0,5$	$+36,1$	$+68,7$

      i. Déterminer le schéma de Lewis du méthane et celui de l'éthane.
      ii. La molécule de méthane est assimilable à un tétraèdre régulier aux sommets duquel se trouvent les atomes d'hydrogène et au centre duquel se trouve l'atome de carbone.
      Représenter la géométrie de la molécule d'éthane. Cette molécule est-elle polaire ?
      iii. Interpréter la variation de $T_{\text{éb}}$.
   b) Le (E)-1,2-dichloroéthène bout à 40°C, alors que son diastéréo-isomère (Z) bout à 60°C. Ces deux isomères ont pour formule brute $C_2H_2Cl_2$. Ils ont une double liaison C=C et chaque atome de carbone est lié à un hydrogène et un chlore. Ils ont une géométrie plane.
      i. Déterminer le schéma de Lewis du (E)-1,2-dichloroéthène, sachant que les atomes de chlore sont situés de part et d'autre de la liaison C=C. Cette molécule est-elle polaire ?
      ii. Déterminer le schéma de Lewis du diastéréo-isomère (Z), sachant que les atomes de chlore sont situés d'un même côté de la liaison C=C. Cette molécule est-elle polaire ?
      iii. En déduire la différence entre les deux températures d'ébullition.
3. Le tableau ci-dessous donne la solubilité de différents gaz dans l'eau, sous une pression de 1 bar.

Gaz	CO_2	SO_2	NH_3
S ($mol.L^{-1}$)	$3,8.10^{-2}$	$1,77$	$31,1$

   a) Déterminer les schémas de Lewis de chacun de ces trois gaz. Quelle particularité présente le soufre au sein de la molécule de SO_2 ?
   b) La molécule de dioxyde de carbone est linéaire alors que celles de dioxyde de soufre et d'ammoniac sont coudées. Préciser la polarité de chacune de ces molécules.
   c) Interpréter les différences de solubilité observées.

DONNÉE :
- ⋆ Le soufre se situe juste en dessous de l'oxygène $_8O$ dans la classification périodique.
- ⋆ L'iode est situé juste en dessous du brome, lui même situé juste en dessous du chlore, lui-même situé juste en dessous du fluor.

II. La piscine à vagues

Parmi les différentes techniques utilisées pour produire des vagues dans une piscine, il existe celle relative à l'utilisation d'une plaque oscillante. On se propose ici d'étudier ce dispositif.

Cette technique consiste à produire des ondes progressives à une extrémité de la piscine par déplacement horizontal d'un panneau métallique. La superposition de cette onde avec l'onde réfléchie à l'autre bout de la piscine produira une onde stationnaire.

1. On donne la relation liant la célérité c des vagues à la profondeur H de la piscine, la masse volumique ρ de l'eau, l'accélération de pesanteur g, la longueur d'onde λ et le cœfficient de tension superficielle A de l'interface eau/air.
$$c^2 = g\mathrm{H} + \frac{4\pi^2\mathrm{HA}}{\rho\lambda^2}$$
   a) Quelle est la dimension de ρ ? En déduire celle de A.
   b) On néglige l'effet de la tension superficielle en posant $\mathrm{A} = 0$. En déduire l'expression liant c à g et H.
   Application numérique : calculer H pour obtenir $c = 4,0$ m.s^{-1}. On donne $g = 10$ m.s^{-2}.

2. Onde incidente $z_\mathrm{i}(x,t)$: les oscillations à la pulsation ω du plateau métallique permettent de produire une variation sinusoïdale de la hauteur $z(-\mathrm{L},t)$ du point de la surface de l'eau situé à l'extrémité gauche de la piscine, en $x = -\mathrm{L}$ (Figure 1 ci-dessous). On posera $k = \dfrac{\omega}{c}$.

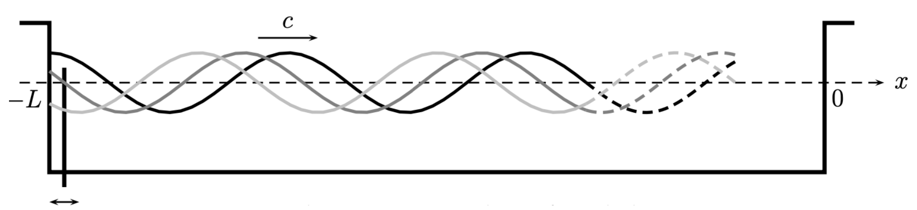

FIGURE 1 – Onde progressive à la surface de la piscine

On prend $z_\mathrm{i}(-\mathrm{L},t) = \mathrm{Z_m}.\cos(\omega t)$, la hauteur, à l'instant t, de l'eau au point de la piscine d'abscisse $x = -\mathrm{L}$.

Il apparait une onde progressive que l'on supposera sinusoïdale et se déplaçant sans atténuation dans le sens des x croissants à la célérité c.

   a) Déterminer l'expression $z_\mathrm{i}(x,t)$ de l'onde progressive en fonction des données $\mathrm{Z_m}$, ω, c et L.
   b) Donner l'expression $z_\mathrm{i}\left(x, \dfrac{\mathrm{T}}{4}\right)$ et tracer l'allure de l'onde incidente sur la piscine à $t = \dfrac{\mathrm{T}}{4}$ où T est la période (temporelle) d'oscillation de la plaque.
   On fera apparaitre la période de $z_\mathrm{i}\left(x, \dfrac{\mathrm{T}}{4}\right)$ sur la figure.

3. Onde réfléchie $z_\mathrm{r}(x,t)$: à l'extrémité d'abscisse $x = 0$ de la piscine, apparait une onde réfléchie de même amplitude $\mathrm{Z_m}$ et même célérité que l'onde incidente.
   a) Quel doit être de déphasage entre $z_\mathrm{i}(0,t)$ et $z_\mathrm{r}(0,t)$ pour qu'il y ait interférence constructive des deux ondes en $x = 0$?
   b) En déduire l'expression du signal $z_\mathrm{r}(0,t)$ puis de l'onde progressive $z_\mathrm{r}(x,t)$.

4. Onde stationnaire $z(x,t)$: la superposition des deux ondes progressives $z_{\mathrm{i}}(x,t)$ et $z_{\mathrm{r}}(x,t)$ donne naissance à une onde stationnaire $z(x,t) = z_{\mathrm{i}}(x,t) + z_{\mathrm{r}}(x,t)$.
   a) Donner l'expression de $z(x,t)$ et l'écrire sous la forme $z(x,t) = 2\mathrm{Z_m}.f(x).g(t)$ où $f(x)$ et $g(t)$ sont des fonctions dont on donnera l'expression.
   b) Un nœud de vibration en un point d'abscisse x est tel que $\forall t$, $z(x = -\mathrm{L}, t) = 0$. On veut qu'il apparaisse un nœud de vibration en $x = -\mathrm{L}$. En déduire la relation liant λ et L.
   c) Représenter l'onde stationnaire à différents instants dans le cas où la condition précédente est respectée et où il y a uniquement quatre noeuds à la surface de la piscine.
   d) Pour le mode de vibration précédent, quelle devrait être la longueur L de la piscine si on prend $c = 4,0$ m.s^{-1} et une période d'oscillation de la plaque métallique $\mathrm{T} = 1,0$ s ?

III. Fuite précipitée de James Bond

Un agent secret bien connu, infiltré depuis plusieurs mois au sein d'une organisation criminelle, vient d'être démasqué. Ce problème se propose d'étudier sa fuite précipitée. Sauf mention contraire, l'étude se fera dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

III.1 La fuite en avion

L'agent secret parvient à monter à bord d'un petit avion. Au cours de la phase de décollage, l'avion se déplace en ligne droite avec une accélération constante γ_0 qui le fait passer d'une vitesse nulle à la vitesse $v_0 = 144$ km/h en $t_0 = 8,0$ s.

1. Que vaut l'accélération γ_0 de l'avion ? Quelle est la distance parcourue durant la phase de décollage ?

Une fois dans les airs, l'agent secret doit effectuer un demi-tour le plus rapidement possible. L'avion, que l'on suppose ponctuel, suit une trajectoire circulaire de rayon R à altitude constante et à la vitesse constante v_0.

Pour éviter l'évanouissement de l'agent secret, l'accélération subie lors de la manœuvre doit être inférieure à $5g$, où $g = 10$ m.s^{-2} est l'accélération de la pesanteur.

2. Quelle est la valeur minimale $\mathrm{R_{min}}$ du rayon de la trajectoire ? On pourra introduire une base polaire judicieusement choisie.
3. En déduire la durée minimale τ_{min} pour effectuer le demi-tour.

III.2 Les tirs de roquettes

Même si l'agent a réussi à prendre les airs, il n'est pas encore sorti d'affaire puisque ses adversaires disposent de lance-roquettes. Les roquettes, supposées ponctuelles et de masse $m = 5$ kg, sont envoyées depuis le point O, origine du repère, avec une vitesse initiale de norme constante v_1 et une inclinaison α réglable (voir la figure ci-après).

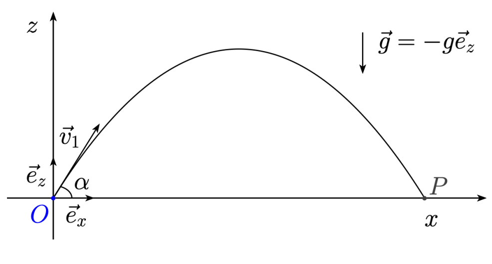

FIGURE 2 – Lancement des roquettes à éviter

4. On suppose que les roquettes ne sont soumises qu'à l'action de la pesanteur $\overrightarrow{g} = -g\overrightarrow{e_z}$.
   a) Déterminer le plan dans lequel s'effectue le mouvement et déterminer les équations horaires $x(t)$ et $z(t)$ du mouvement d'une roquette lancée à $t = 0$ en fonction de v_1, α et g.
   b) La portée du tir correspond à la distance $p = \mathrm{OP}$ entre la position O du lance-roquette et la position du point de chute P de la roquette. Exprimer p en fonction de v_1, α et g.
   c) Sachant que la portée maximale du lance-roquette est $p_{\max} = 490$ m, en déduire la valeur de la vitesse v_1.
   d) Déterminer l'équation $z(x)$ de la trajectoire d'une roquette lancée avec une inclinaison α quelconque. Dans cette équation, on fera apparaître l'angle α uniquement à travers la fonction $\tan(\alpha)$. On rappelle que $\dfrac{1}{\cos^2(\alpha)} = 1 + \tan^2(\alpha)$.
   e) Pour qu'un point $\mathrm{N}(x, z)$ puisse être atteint par une roquette, il faut qu'il existe un angle α tel que les coordonnées (x, z) vérifient la relation $z(x)$ précédente.
   En déduire l'expression de la courbe $(\mathcal{C})$ délimitant les points accessibles des points non accessibles par un tir à v_1 fixé et à α variable (voir la figure ci-dessous).
   f) Justifier l'appellation « parabole de sécurité » donnée à cette courbe. $(\mathcal{C})$

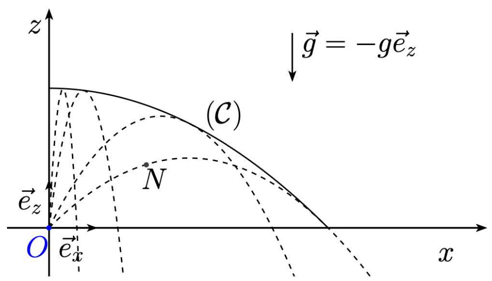

FIGURE 3 – Lancement des roquettes à éviter

5. En plus de l'action de la pesanteur, les roquettes sont en réalité également soumises à une force de frottement due à l'air de la forme $\overrightarrow{\mathrm{F}} = -k\overrightarrow{v}$, où $\overrightarrow{v}$ est la vitesse de la roquette et k une constante positive.
   a) Déterminer l'unité de k dans le système international.
   b) Déterminer l'équation différentielle vérifiée par le vecteur vitesse $\overrightarrow{v}$ (équation vectorielle).
   c) Montrer que les roquettes atteignent une vitesse limite $\overrightarrow{v}_{\text{lim}}$ que l'on exprimera en fonction de m, k et $\overrightarrow{g}$.
   d) Déterminer l'évolution $\overrightarrow{v}(t)$ du vecteur vitesse d'une roquette. On exprimera $\overrightarrow{v}(t)$ en fonction uniquement du temps t, du vecteur vitesse initial $\overrightarrow{v}_1$ de la roquette, de la vitesse limite $\overrightarrow{v}_{\text{lim}}$ et d'un temps caractéristique τ que l'on définira en fonction des données de l'énoncé.

♫