Devoir maison de Physique - Chimie n°6
- A rendre le vendredi 3 février 2017 –

Soignez la présentation de votre copie :
les résultats doivent être soulignés ou encadrés à la règle.

Rendez une copie pour 3 élèves (les trois écritures doivent apparaître).

Exercice 1 : Marseille - Varna (et les coordonnées sphériques) :

Varna est une ville de Bulgarie située, comme Marseille, à une latitude d'environ 43°20' N. Située au bord de la mer Noire, c'est un centre touristique et un port important, ce qui en fait la troisième plus grande ville de Bulgarie (après la capitale Sofia et la ville de Plovdiv).

Varna et les autres villes principales du bord de la mer Noire

Marseille est (en hiver) dans le fuseau horaire GMT+1 tandis que Varna est dans le fuseau GMT+2 (ou « GMT » est l'abréviation de « Greenwich Meridian Time »).

Dans une table d'éphémérides, on peut lire l'horaire du lever et du coucher du soleil dans ces deux villes (les heures données sont les heures locales dans chaque ville) pour le dimanche 31 janvier 2016 :
- à Marseille, le soleil se lèvera à 7h56 et se couchera à 17h48
- à Varna, le soleil se lèvera à 7h26 et se couchera à 17h18

On rappelle la valeur approchée du rayon terrestre $R_T \approx 6370\ km$ (la Terre étant légèrement « aplatie », on ne peut pas donner une valeur exacte pour son rayon, mais seulement une valeur moyenne).

1) À partir de ces données, déterminez la distance qui sépare Marseille et Varna, si on se déplace en suivant le parallèle qui passe par ces deux villes.

2) Google Maps permet de connaître la distance « à vol d'oiseau » (c'est à dire la plus courte) entre deux villes. Pour cela, cliquez droit sur la ville de départ, sélectionnez l'option « measure distance » puis cliquez sur la ville d'arrivée.
La distance donnée par Google Maps est-elle supérieure ou inférieure à celle que vous avez calculée ? Expliquez. *(Indication : la différence entre les deux valeurs ne peut pas s'expliquer uniquement par la non-sphéricité de la Terre, il faut trouver une autre raison).*

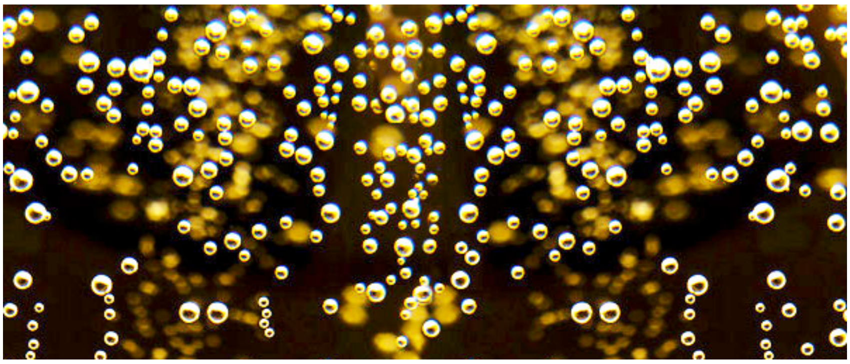
3) Considérons deux points A et B de la surface terrestre (donc tous deux à une distance R_T du centre O de celle-ci). A est repéré en coordonnées sphériques par les angles (θ_A, φ_A) où θ est la colatitude et φ est la longitude, et B est repéré par les angles (θ_B, φ_B).
Exprimer en fonction de R_T, θ_A, θ_B, φ_A et φ_B la distance D minimale qu'il faut parcourir pour aller d'une ville à l'autre (i.e. la distance « à vol d'oiseau » entre ces villes).

4) Appliquez le résultat de la question 3 pour déterminer la distance « à vol d'oiseau » entre Marseille et Varna. Ce résultat est-il en accord satisfaisant avec celui de Google Maps ?

5) Toujours avec la formule de la question 3, déterminez la distance à vol d'oiseau entre Marseille (43°17'47"N 5°22'12"E) et Sydney (33°51'54"S 151°12'34"E).

Exercice 2 : Ascension d'une bulle de champagne :

Dans cet exercice, on cherche à calculer le temps que met une bulle qui se forme en bas d'une coupe de champagne pour arriver à la surface. Les bulles de champagne sont constituées de dioxyde de carbone CO_2. Celui-ci, initialement dissout dans le champagne quand la bouteille est fermée, repasse à l'état gazeux quand on ouvre la bouteille (puisque la pression diminue alors brusquement).



Bulles de champagne entrain de remonter vers la surface.

La bulle étudiée est sphérique de diamètre constant D = 1,0 mm.
Elle apparaît à t = 0 en bas de la coupe, puis remonte jusqu'à la surface. La hauteur de la coupe est h = 10 cm.

On rappelle que le volume d'une sphère de rayon R est : $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.

Au cours de son ascension, la bulle est freinée par une force de frottement visqueux $\vec{f} = -k\vec{v}$, où le coefficient k est donné par la « formule de Stokes » :

$$k = 6\pi\eta R$$

dans laquelle R est le rayon de la bulle et η la viscosité du champagne : $\eta = 1{,}0.10^{-3}\, u.s.i.$

La masse volumique du champagne est quasiment égale à celle de l'eau, soit $\rho_{eau} = 1{,}0.10^3\, kg.m^{-3}$. On prendra comme valeur de l'accélération de la pesanteur g = 9,8 m.s^{-2}.

La température et la pression sont considérées uniformes dans le champagne, aux valeurs : T = 25°C = 298 K et P = 1,0.10^5 Pa.

On donne les masses molaires du carbone : $M_C = 12$ g.mol^{-1} et de l'oxygène $M_O = 16$ g.mol^{-1} et on rappelle la valeur de la constante des gaz parfaits : $R = 8{,}31$ J.K^{-1}.mol^{-1}.

1) Calculez la masse volumique ρ_{CO_2} du CO_2 gazeux dans la bulle de champagne, que l'on assimilera à un gaz parfait.

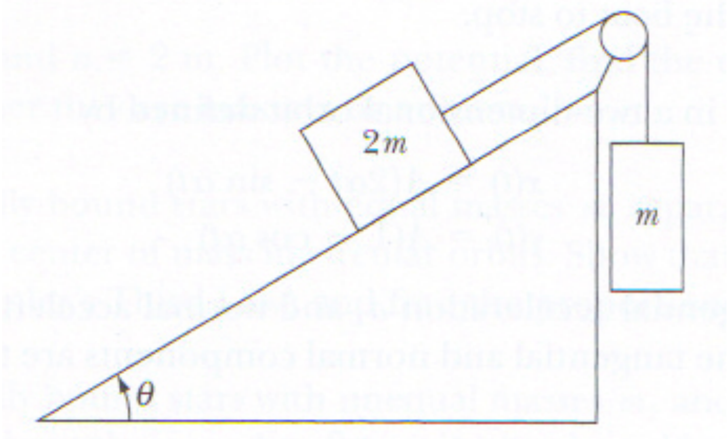
2) Montrez que le poids de la bulle de champagne est négligeable devant la poussée d'Archimède.

3) Expliquez qualitativement pourquoi la bulle de champagne va atteindre une vitesse limite $\overrightarrow{v_{\text{lim}}}$ au cours de son ascension. Déterminez ensuite l'expression de $\overrightarrow{v_{\text{lim}}}$ et calculez sa valeur.

4) Etablir et résoudre l'équation différentielle satisfaite par la norme v(t) de la vitesse de la bulle. Au bout de combien de temps la bulle a-t-elle atteint sa vitesse limite, à 1% près ? (vous donnerez une expression littérale puis numérique)

5) Compte tenu de la valeur trouvée à la question précédente, calculez très simplement le temps T que met la bille pour arriver à la surface. Que pensez-vous du résultat obtenu ?

Exercice 3 : Masses, poulie et plan incliné :



Deux masses (une de masse m et l'autre de masse $2m$) sont reliées par une corde souple inextensible via une poulie (voir dessin).

On néglige les frottements entre la corde et la poulie et on note f_d le coefficient de friction dynamique entre la masse $2m$ et le plan incliné.

Exprimer en fonction de f_d la valeur de l'angle θ qui permet aux masses de se déplacer à vitesse constante.

Faire l'application numérique pour $f_d = 0{,}5$.