

Devoir surveillé n°2

Conseil méthodologique : la plupart des questions de ce devoir sont indépendantes. En cas de difficulté, il est donc conseillé de parcourir la totalité des questions d'un exercice avant de passer au suivant.

Toute réponse devra, dans la mesure du possible, être **justifiée** par un calcul ou un raisonnement **rédigé**.

Le soin apporté à la copie sera pris en compte dans la notation.

L'usage d'une calculatrice est autorisé.

L'annexe doit être rendue avec la copie.

Exercice 1 : Formation des arcs-en-ciel (8,5 points)

Les outils mathématiques enseignés en classe de 2^{de} sont insuffisants pour réaliser une étude complète de la formation des arcs-en-ciel. Cet exercice propose cependant une première analyse, partielle, de ce phénomène.

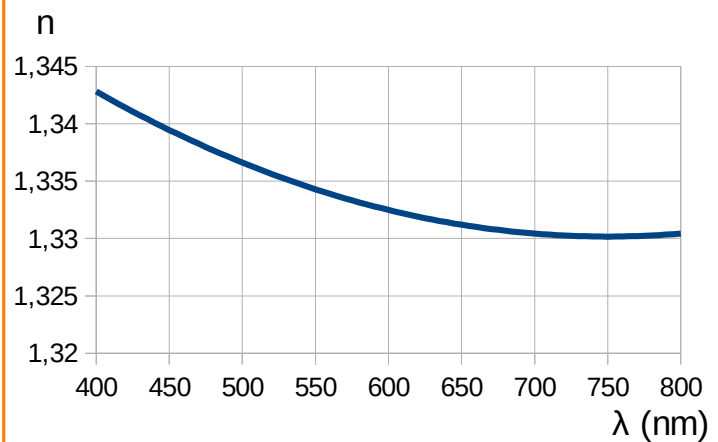
Doc. 1 : Description du phénomène

Un arc-en-ciel est un phénomène optique se produisant dans le ciel, visible dans la direction opposée au Soleil quand il brille, pendant la pluie ou lorsque des gouttes d'eau sont en suspension dans l'air. C'est un arc de cercle coloré d'un dégradé de couleurs continu du rouge, à l'extérieur (en haut sur la photo), au jaune, au vert et au bleu, jusqu'au violet à l'intérieur (en bas sur la photo).



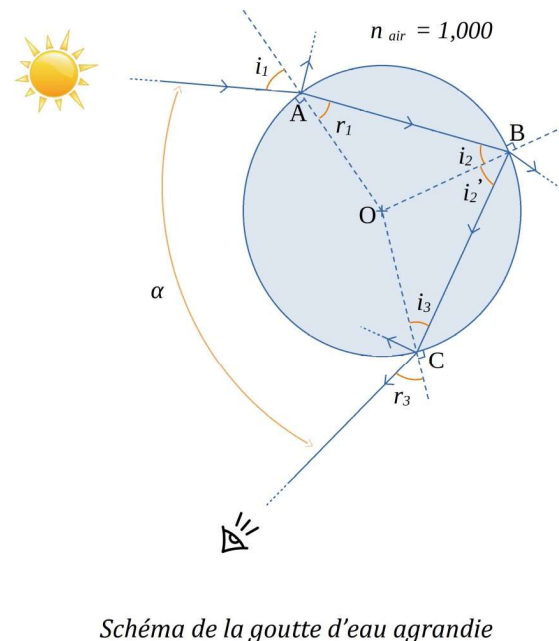
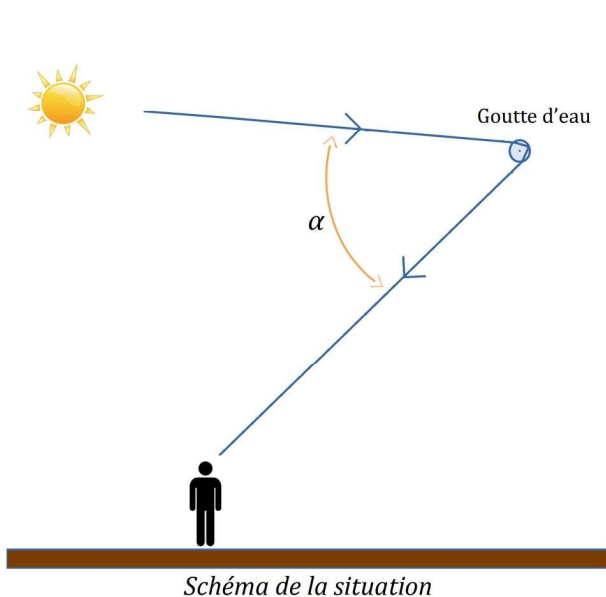
Photographie d'un arc-en-ciel

Doc. 2 : Evolution de l'indice de réfraction d'une eau douce à 20 °C en fonction de λ



Doc. 3 : Modélisation du trajet de la lumière dans une goutte d'eau

On peut modéliser le trajet de la lumière provenant du Soleil par un ensemble de rayons parallèles. Lorsque un rayon de lumière parvient à la goutte, chaque rayon de lumière monochromatique qu'il contenait est dévié à plusieurs reprises. La lumière peut alors atteindre l'œil d'un observateur situé dos au Soleil. Le trajet d'un rayonnement monochromatique quelconque est représenté sur les schémas 1 et 2 ci-dessous. Le point O est le centre de la goutte supposée sphérique. Nous admettrons dans tout l'exercice que le phénomène d'arc-en-ciel se produit pour $i_1 = 63,0^\circ$.



Tournez la page S. V. P.

- 1) D'après vos connaissances, comment peut-on qualifier la lumière émise par le Soleil ? Justifier.
- 2) D'après le document 2, justifier succinctement et sans aucun calcul qu'il est possible d'observer un arc-en-ciel. Un terme précis de vocabulaire est attendu dans votre justification.

On s'intéresse dans un premier temps au trajet du rayonnement monochromatique rouge de longueur d'onde dans le vide $\lambda_r = 750 \text{ nm}$.

- 3) Étude de la déviation du rayon au point A :
 - a) Nommer les phénomènes physiques qui se produisent lorsque le rayon arrive au point A.
 - b) Décrire en deux phrases maximum ces phénomènes. Aucune loi n'est attendue.
 - c) Pour quelle raison ces phénomènes se produisent-ils ?
 - d) Le schéma du document 3 est partiellement reproduit sur l'annexe qui se trouve à la fin de ce sujet. Le compléter avec les termes de vocabulaire adaptés. Vous penserez à rendre l'annexe avec votre copie.
 - e) À l'aide du document 2, estimer graphiquement la valeur n_r de l'indice de réfraction de l'eau pour le rayonnement monochromatique rouge.
 - f) Calculer la valeur de l'angle r_1 .
- 4) Étude de la déviation du rayon au point B :
 - a) Démontrer avec vos connaissances mathématiques du collège que $i_2 = r_1$.
 - b) En déduire la valeur de i_2' .
- 5) On étudie la déviation du rayon au point C. Par un raisonnement similaire à la question 4. a., il est possible de montrer que $i_3 = i_2'$, ce que nous admettrons. Montrer alors que $r_3 = i_1$.
- 6) L'angle α du schéma correspond à l'angle total de déviation du rayon de lumière monochromatique par la goutte. On admettra que la valeur de cet angle s'obtient par la relation : $\alpha = 4r_1 - 2i_1$
 - a) Calculer la valeur de α pour le rayonnement monochromatique rouge.
 - b) Pour un rayonnement monochromatique bleu ($\lambda_b = 480 \text{ nm}$), l'angle α est alors de $41,2^\circ$. Comment peut-on expliquer cette nouvelle valeur ? L'observateur pourra-t-il voir simultanément le rayonnement rouge et le rayonnement bleu issu du même rayon de lumière du Soleil ? Justifier.

Exercice 2 : Solution de sulfate de fer II (3 points)

Le sulfate de fer II de formule FeSO_4 est un sel très soluble dans l'eau. Il est utilisé, entre autres, dans la préparation d'encre, dans la teinturerie et dans l'agriculture.



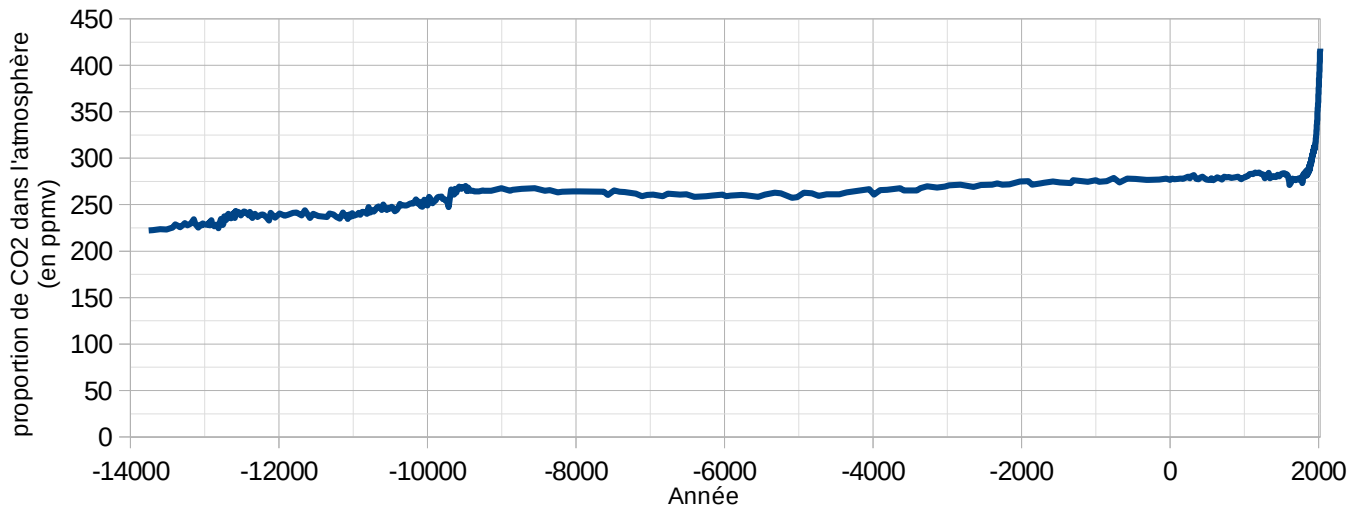
Sel de sulfate de fer II

1. Un technicien de laboratoire dispose d'un flacon de sel de sulfate de fer II pur. Il souhaite préparer un volume $V=250 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse S_0 de sulfate de fer II de concentration en masse $c_m = 4,50 \text{ g.L}^{-1}$.
 - a) Quel est le nom de la technique utilisée pour réaliser cette solution ? Ne pas justifier.
 - b) Quel est le nom de la verrerie de laboratoire (matériel en verre) à utiliser pour réaliser cette solution ? Ne pas justifier.
 - c) Calculer la masse de sulfate de fer II nécessaire à la préparation de cette solution.
2. Le technicien désire préparer 500 mL d'une seconde solution S_1 à partir de la solution S_0 en la diluant d'un facteur 20.
 - a) Calculer le volume V_0 de solution S_0 à prélever.
 - b) Avec quelle verrerie la solution S_0 doit-elle être prélevée ? Ne pas justifier.

Exercice 3 : Dioxyde de carbone et réchauffement climatique (8,5 points)

Le dioxyde de carbone de formule CO_2 est un gaz présent en faible proportion dans l'atmosphère. Il est néanmoins le principal gaz responsable de l'effet de serre, renvoyant vers le sol une partie des rayonnements infrarouges émis par la Terre. Cet effet de serre permet donc de réchauffer la surface du globe. Sans lui, la température moyenne sur Terre serait de -18°C , ce qui rendrait toute vie impossible. La proportion de CO_2 dans l'atmosphère a varié de manière significative au cours des périodes géologiques, mais ces variations étaient jusqu'à il y a 200 ans extrêmement lentes à l'échelle de l'évolution des écosystèmes. Cependant, depuis le XIX^e siècle et l'ère industrielle, l'Homme a brûlé pour ses besoins des quantités toujours plus importantes de combustibles fossiles, responsables d'une augmentation brutale de la proportion de dioxyde de carbone dans l'air. Cette augmentation soudaine entraîne un réchauffement supplémentaire bien trop rapide pour que les espèces vivantes puissent s'adapter, conduisant notre planète à une crise environnementale sans précédent.

Doc. 1 : Evolution de la proportion du CO_2 dans l'atmosphère de -13700 av. J.-C. à nos jours



La partie par million en volume (**ppmv**) est une unité qui permet de mesurer la proportion volumique d'une espèce chimique.

Exemple : une proportion volumique en CO_2 de 300 ppmv signifie que 1 m^3 d'air contient $300 \times 10^{-6}\text{ m}^3$ de dioxyde de carbone.

$$1\text{ ppmv} = 10^{-4}\% = 10^{-6}$$

Doc. 2 : Quelques données

Écriture conventionnelle de l'atome de carbone 12 : ${}^{12}_6\text{C}$

Masse d'un nucléon : $m_n = 1,67 \times 10^{-27}\text{ kg}$

Charge électrique élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19}\text{ C}$

Masse volumique de l'air à la pression atmosphérique : $\rho_{\text{air}} = 1,292\text{ kg.m}^{-3}$

Masse volumique du dioxyde de carbone pur à la pression atmosphérique : $\rho_{\text{CO}_2} = 1,87\text{ kg.m}^{-3}$

Étude de l'atome de carbone

- 1) Sans justifier, donner l'ordre de grandeur du diamètre :
 - a) d'un atome ;
 - b) du noyau d'un atome.
- 2) Dédire des 2 réponses précédentes la nature de la structure de l'atome. Un terme de vocabulaire spécifique est attendu.
- 3) Déterminer la composition d'un atome de carbone 12.
- 4) Donner sans justifier la configuration électronique de l'atome de carbone 12 dans son état fondamental.
- 5) En déduire la position de l'élément carbone dans le tableau périodique.
- 6) Calculer la charge électrique du noyau d'un atome de carbone.

Tournez la page S. V. P.

- 7) Calculer la masse de l'atome de carbone 12 en précisant la ou les approximation(s) effectuée(s).
- 8) L'atome de carbone 14 est un isotope instable de l'élément carbone dont l'écriture conventionnelle est ${}^{14}_6\text{C}$.
- a) A-t-il la même masse que l'atome de carbone 12 ? Justifier.
- b) A-t-il la même configuration électronique dans l'état fondamental ? Justifier.

Étude de la molécule de CO_2

- 9) À l'aide du document 1, estimer graphiquement la variation Δp de la proportion de CO_2 dans l'atmosphère entre :
- a) - 13 000 av. J. -C. et 1 500.
- b) 1500 et aujourd'hui.

Aide : la variation de la proportion Δp sur une période donnée correspond à la différence entre la proportion maximale et la proportion minimale sur cette période :

$$\Delta p = p_{\max} - p_{\min} \quad \Delta p, p_{\max} \text{ et } p_{\min} \text{ en ppmv}$$

- 10) Comparer les variations des questions 10. a. et 10. b. à l'aide d'un rapport et conclure.

- 11) **Question problème :** (toute trace de recherche pertinente sera valorisée)

Démontrer que la concentration en masse actuelle de dioxyde de carbone dans l'atmosphère est d'environ $7,9 \times 10^{-4} \text{ kg.m}^{-3}$.

- 12) Calculer la masse de dioxyde de carbone présent dans une salle de classe de volume $V_{\text{total}} = 125 \text{ m}^3$.

Nom :

Prénom :

Annexe à rendre avec la copie

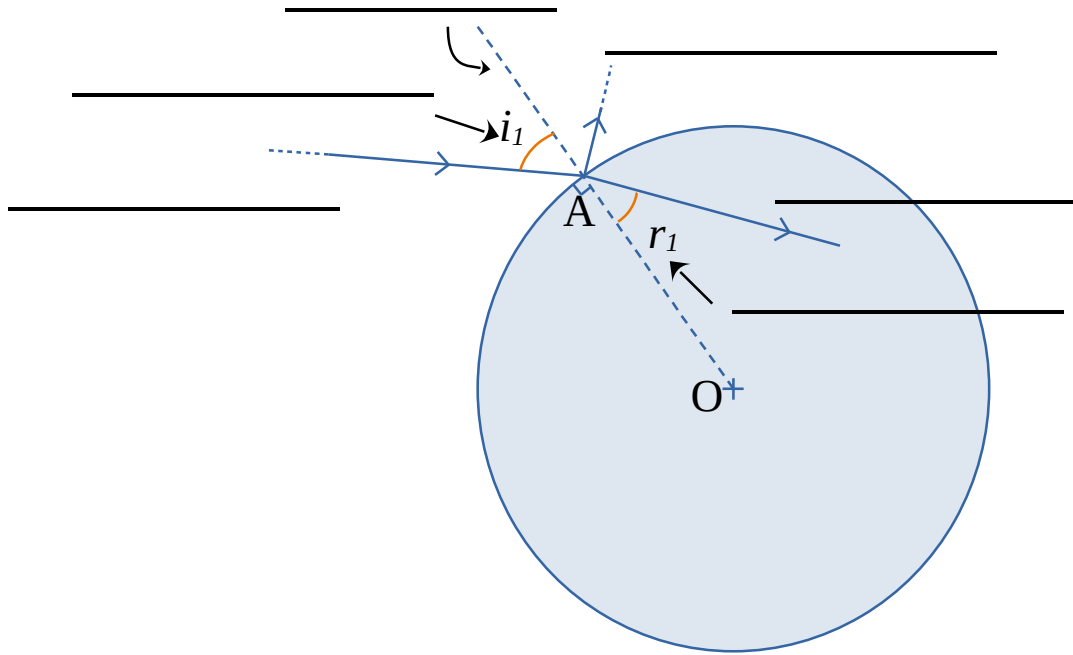


Schéma du trajet partiel d'un rayon de lumière monochromatique.