

Bac blanc sciences physiques 2010 – Corrigé de l'épreuve commune

avec l'aide de <http://labolycee.org>

I. DETERMINATION DE LA TENEUR EN ELEMENT AZOTE D'UN ENGRAIS

1. Étude de la réaction de titrage

1.1 $\text{NH}_4^+_{(aq)} = \text{NH}_3_{(aq)} + \text{H}^+_{(aq)}$; l'ion ammonium cède un proton H^+ , c'est donc un acide selon Brønsted.

1.2.1 Équation chimique		$\text{NH}_4^+_{(aq)} + \text{HO}^-_{(aq)} = \text{NH}_3_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$			
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	0	$n = C.v$	$n_1 = C_1.v_1$	0	Beaucoup
État au cours de la transformation	x	$C.v - x$	$C_1.v_1 - x$	x	Beaucoup
État final si la transformation est totale	x_{max}	$C.v - x_{\text{max}}$	$C_1.v_1 - x_{\text{max}}$	x_{max}	Beaucoup
État final réel	x_f	$C.v - x_f$	$C_1.v_1 - x_f$	x_f	Beaucoup

1.2.2 quantité de matière d'ions NH_4^+ introduite $n = C.v = 20,0 \cdot 10^{-3} \times 0,15 = 3,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

quantité de matière d'ions HO^- introduite $n_1 = C_1.v_1 = 10,0 \cdot 10^{-3} \times 0,15 = 1,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$

1.2.3 $[\text{H}_3\text{O}^+]_{(aq)f} = 10^{-\text{pH}}$ et $K_e = [\text{H}_3\text{O}^+]_{(aq)f} \cdot [\text{HO}^-]_{(aq)f}$ soit $[\text{HO}^-]_{(aq)f} = \frac{K_e}{[\text{H}_3\text{O}^+]_{(aq)f}} = \frac{K_e}{10^{-\text{pH}}}$

$[\text{HO}^-]_{(aq)f} = \frac{n_{\text{HO}^- \text{ finale}}}{v + v_1}$ donc $n_{\text{HO}^- \text{ finale}} = [\text{HO}^-]_{(aq)f} \cdot (v + v_1)$

$$n_{\text{HO}^- \text{ finale}} = \frac{K_e}{10^{-\text{pH}}} \cdot (v + v_1)$$

$$n_{\text{HO}^- \text{ finale}} = \frac{1,0 \times 10^{-14}}{10^{-9,2}} \times (20,0 + 10,0) \times 10^{-3} = 10^{(-14 + 9,2)} \times 3 \cdot 10^{-2} = 10^{-4,8} \times 3 \cdot 10^{-2} \approx 1,6 \cdot 10^{-5} \times 3 \cdot 10^{-2} \approx 4,8 \times 10^{-7} \text{ mol}$$

Avancement final $n_{\text{HO}^- \text{ finale}} = n_{\text{HO}^- \text{ initiale}} - x_f = n_1 - x_f$

$$x_f = n_1 - n_{\text{HO}^- \text{ finale}}$$

$$x_f = 1,5 \times 10^{-3} - 4,8 \times 10^{-7} \approx 1,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

1.2.4 Si les ions ammonium correspondent au réactif limitant, $C.v - x_{\text{max}} = 0$ soit $x_{\text{max}} = C.v$

$$x_{\text{max}} = 0,15 \times 20 \times 10^{-3} = 3,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Si les ions hydroxyde correspondent au réactif limitant, $C_1.v_1 - x_{\text{max}1} = 0$, soit $x_{\text{max}1} = C_1.v_1$

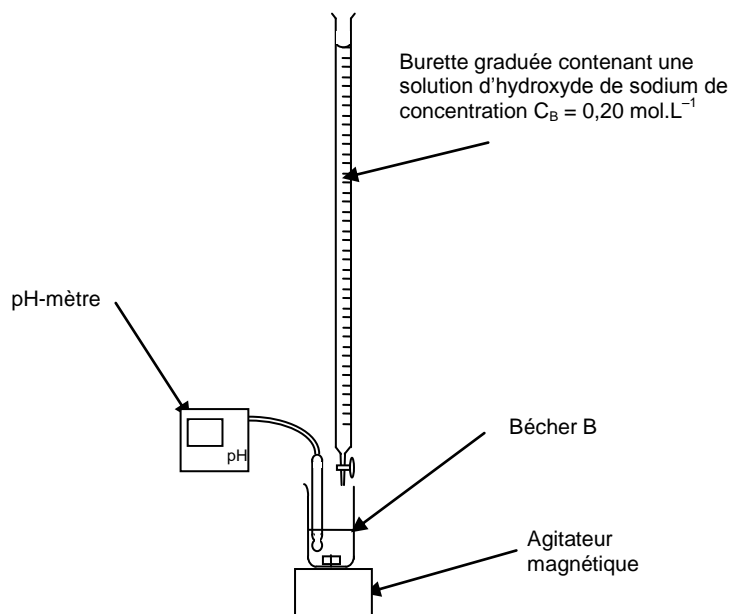
$$x_{\text{max}1} = 0,15 \times 10 \times 10^{-3} = 1,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$x_{\text{max}1} < x_{\text{max}}$, les ions hydroxyde correspondent au réactif limitant et $x_{\text{max}} = 1,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$

1.2.5 $x_f = x_{\text{max}}$, donc la transformation est totale (taux d'avancement $\tau = \frac{x_f}{x_{\text{max}}} = 1$)

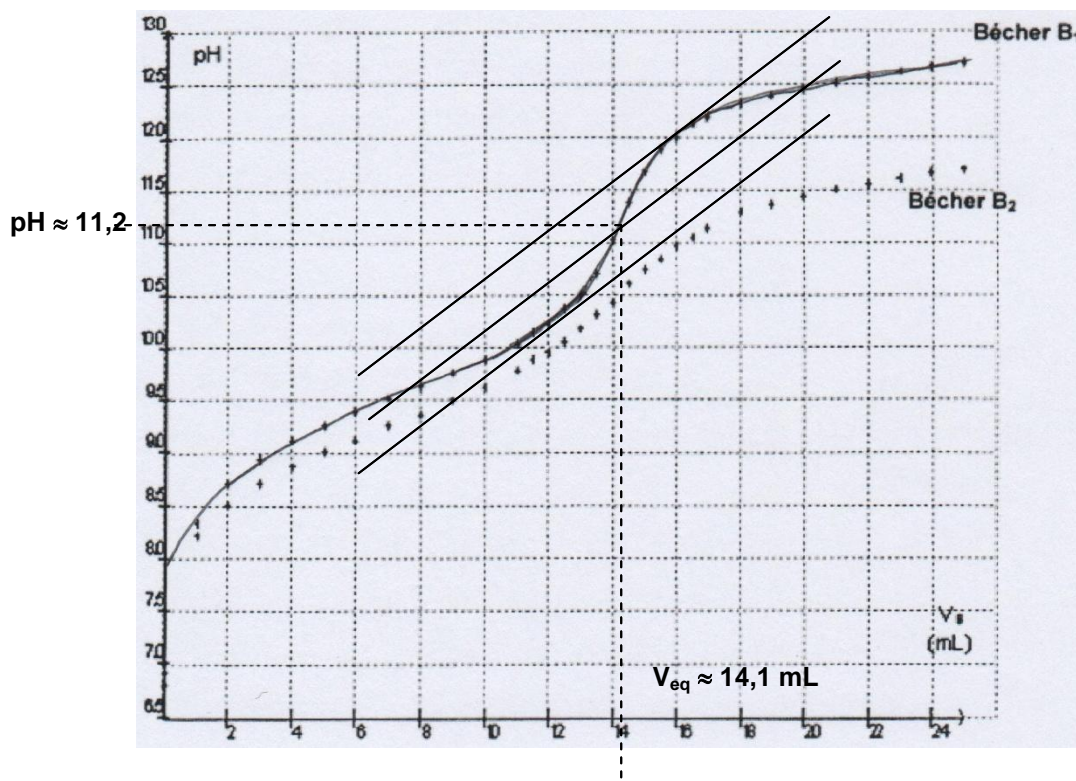
2. Titrage pH-métrique

2.1



2.2.1 La détermination la plus précise du point d'équivalence correspondra au saut de pH le plus important, soit la courbe correspondant au **bécher B₁**.

2.2.2



Les coordonnées du point équivalent sont (V_{eq} ≈ 14 mL ; pH_E ≈ 11)

2.2.3 L'ajout d'eau distillée ne modifie pas la quantité d'ions NH₄⁺ initialement présente dans le bécher, car la transformation entre NH₄NO₃ et H₂O est totale (et H₂O est en excès aussi bien dans le becher 1 que dans le becher 2). La quantité de soude à verser pour atteindre l'équivalence (V_{eq}) n'est donc pas modifiée.

3. Détermination du pourcentage massique en élément azote dans l'engrais

3.1 L'équivalence correspond au changement de réactif limitant. On peut aussi définir l'équivalence par « À l'équivalence les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques ».

3.2 À l'équivalence les réactifs sont totalement consommés, appelons x_E l'avancement à l'équivalence:

$$n_{\text{NH}_4^+ \text{ finale}} = 0, \text{ les ions NH}_4^+ \text{ présents initialement ont été dosés } n_0(\text{NH}_4^+) - x_E = 0 \quad x_E = n_0(\text{NH}_4^+)$$

$$n_{\text{HO}^- \text{ finale}} = 0, \text{ les ions hydroxyde versés ont été consommés } n_e(\text{HO}^-) - x_E = 0 \quad \text{soit } x_E = n_e(\text{HO}^-)$$

$$n_e(\text{HO}^-) = n_0(\text{NH}_4^+)$$

$$3.3 \quad n_0(\text{NH}_4^+) = C_B \cdot V_{\text{eq}} \quad n_0(\text{NH}_4^+) = 0,20 \times 14 \times 10^{-3} = \mathbf{2,8 \times 10^{-3} \text{ mol}} \text{ dans 10 mL de solution S}$$

3.4 On a prélevé un volume V = 10 mL de la solution S, la fiole jaugée a un volume de 250 mL soit un volume 25 fois plus grand.

$$n(\text{NH}_4^+) = 25 \times n_0(\text{NH}_4^+) = 25 \times 2,8 \cdot 10^{-3} = 70 \cdot 10^{-3} = \mathbf{7,0 \times 10^{-2} \text{ mol}} \text{ dans 250 mL de solution S}$$

D'après l'équation de dissolution NH₄NO_{3(s)} = NH₄⁺_(aq) + NO₃⁻_(aq) considérée **totale**, une mole de nitrate d'ammonium conduit à l'apparition d'une mole d'ions ammonium : la quantité de nitrate d'ammonium est la même que n(NH₄⁺).

$$\mathbf{n(\text{NH}_4\text{NO}_3) = n(\text{NH}_4^+) = 7,0 \times 10^{-2} \text{ mol}}$$

3.5 Dans une mole de nitrate d'ammonium NH₄NO₃ il y a 2 moles d'azote, soit n(N) = 2 moles.

$$\text{Or } n(\text{N}) = \frac{m(\text{N})}{M(\text{N})}, \text{ donc } m(\text{N}) = n(\text{N}) \cdot M(\text{N}) \quad m(\text{N}) = 2 \times 14 = \mathbf{28 \text{ g d'azote}} \text{ dans une mole de NH}_4\text{NO}_3.$$

$$\text{masse d'azote dans l'échantillon : } m = 28 \times 7,0 \times 10^{-2} = 196 \cdot 10^{-2} = \mathbf{1,96 \text{ g} \approx 2,0 \text{ g d'azote}} \text{ dans l'échantillon.}$$

$$3.6. \quad \%(\text{N}) = \frac{m}{m(\text{échantillon})}, \quad \%(\text{N}) \approx \frac{2,0}{6,0} \approx 33\%.$$

Le fabricant donne un pourcentage de 34,4%, l'indication donnée par le fabricant semble correcte (écart relatif de 4%).

II. ANALOGIES ENTRE LES EVOLUTIONS TEMPORELLES D'UN SYSTEME RADIOACTIF ET D'UN SYSTEME ELECTRIQUE:

1.1. ${}^{32}_{15}\text{P} \rightarrow {}^{32}_{16}\text{S} + {}^0_{-1}\text{e}$ Conservation du nombre total de nucléons et de la charge totale.

Le noyau de soufre peut être formé dans un état excité, il émet alors une particule de lumière γ .

1.2. Si $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$ alors $\frac{dN}{dt} = N_0 \cdot (-\lambda) \cdot e^{-\lambda t}$ et donc $\frac{dN}{dt} = (-\lambda) \cdot N(t)$. Ainsi, $\frac{dN}{dt} + \lambda \cdot N(t) = 0$.

1.3. La demi-vie $t_{1/2}$ est la durée nécessaire pour que la moitié des noyaux radioactifs (ici de phosphore32) initialement présents ait disparu par désintégration radioactive.

Ainsi, $N(t_{1/2}) = N_0/2$ et donc $N_0 \cdot e^{(-\lambda t_{1/2})} = N_0/2$.

Donc $e^{(-\lambda t_{1/2})} = 1/2$, puis $-\lambda \cdot t_{1/2} = \ln(1/2) = -\ln(2)$ ou $\lambda \cdot t_{1/2} = \ln(2)$. Ainsi, $t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$ comme indiqué dans l'énoncé.

1.4. $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$ implique: $\ln(N) = \ln(N_0) - \lambda \cdot t$.

1.5. Comme indiqué dans la formule précédente, on observe que $\ln(N) = f(t)$ est une fonction affine, car les points expérimentaux représentés dans le graphe sont très voisins d'une droite. De plus, le coefficient directeur de cette droite est bien négatif $(-\lambda)$

Pour calculer λ on prend 2 points A et B de la droite,

$$-\lambda = \frac{y(B) - y(A)}{x(B) - x(A)} \approx \frac{48,50 - 50,65}{45 - 0} = -2,15/45 \approx -2/40 = -(20 \cdot 10^{-1}) / (4 \cdot 10^1) = -5 \cdot 10^{-2} \text{ j}^{-1} \text{ donc } \lambda \approx 5 \cdot 10^{-2} \text{ j}^{-1}.$$

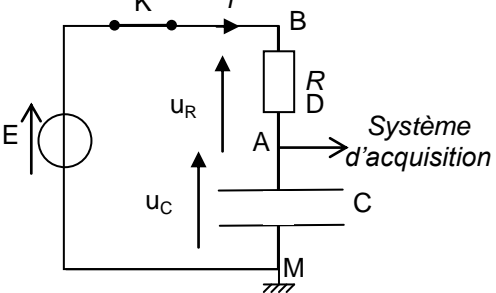
1.6. à $t=0$, $N(t) = N_0 = 1,00 \cdot 10^{22}$

D'après la définition de $t_{1/2}$, $N(t_{1/2}) = N_0/2$ et $N(2 \cdot t_{1/2}) = N(t_{1/2})/2 = N_0/4$. Donc $N_1 = 1,00 \cdot 10^{22} / 4 = 2,5 \cdot 10^{21}$.

N_1 représente le nombre de noyaux de phosphore32 encore présents dans l'échantillon à la date $t_{1/2}$. Donc le nombre de noyaux de phosphore32 désintégrés est $N'_1 = N_0 - N_1 = 7,5 \cdot 10^{21}$.

Or chaque noyau de phosphore32 disparu est transformé en noyau de soufre32. Donc le nombre N_2 de noyaux de soufre présents à la date $2 \cdot t_{1/2}$ est égal à N'_1 . Soit $N_2 = 7,5 \cdot 10^{21}$.

2.1.



2.2. En respectant les sens donnés sur le schéma, on a $E = u_R + u_C$

Or $u_R = R \cdot i$ et $i = \frac{dq_A}{dt}$ avec $q_A = C \cdot u_C$, donc $i = C \cdot \frac{du_C}{dt}$ Ainsi: $E = RC \cdot \frac{du_C}{dt} + u_C$.

2.3. Sur la figure 2, la tangente à la courbe en $t=0$ coupe l'asymptote à cette courbe ($u_C = 5V$) en un point d'abscisse τ . On peut aussi définir τ comme la date à laquelle $u_C = 0,63 \cdot u_{C \text{ max}} = 0,63 \cdot 5 = 3,15V$.

On trouve $\tau \approx 1,0ms = 1,0 \cdot 10^{-3}s$.

2.4. $\tau = RC$ donc $C = \tau/R = 1,0 \cdot 10^{-3} / 10^3 = 1,0 \cdot 10^{-6}F$

2.5. On sait que $u_R = R \cdot i$ et on a vu que $i = C \cdot \frac{du_C}{dt}$, or $u_C(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$,

ce qui donne $\frac{du_C}{dt} = -E \cdot (-\frac{1}{RC}) \cdot e^{-t/(RC)} = \frac{E}{RC} \cdot e^{-t/(RC)}$ donc $i = \frac{E}{R} \cdot e^{-t/(RC)}$ et $u_R = R \cdot \frac{E}{R} \cdot e^{-t/(RC)}$ donc $u_R = E \cdot e^{-t/(RC)}$

soit $A = E$ et $k = \frac{1}{RC}$

Autre méthode :

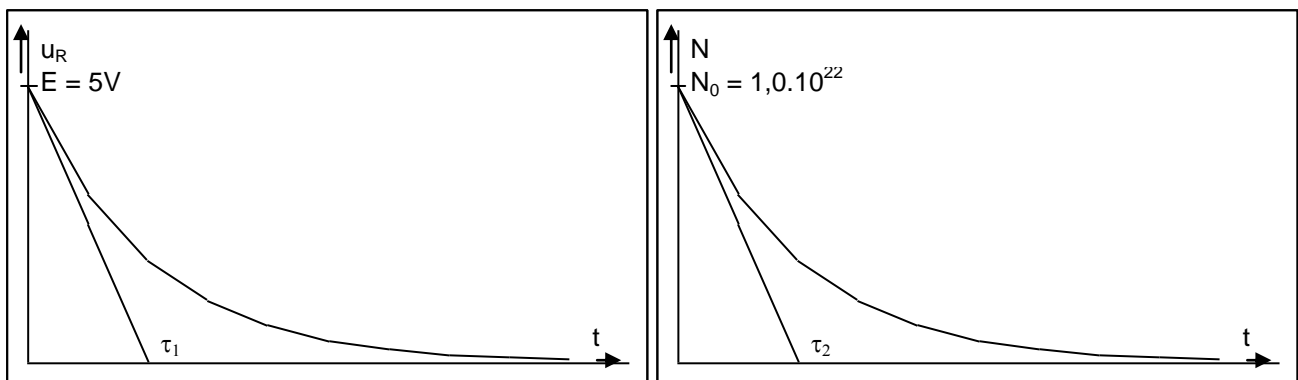
$E = u_R + u_C$, or $u_C(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$

Donc $E = u_R + E(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$ donc $u_R = E - E(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) = E - E + E \cdot e^{-t/(RC)} = E \cdot e^{-t/(RC)}$ soit $A = E$ et $k = \frac{1}{RC}$

2.6. A $t=0$, $u_C = 0$. Or $E = u_R + u_C$ donc $u_R = E = 5V$.

A t infini (en fait pour $t > 5\tau$), $u_C = 5V = E$ (voir figure 2), or $E = u_R + u_C$ donc $u_R = E - u_C = E - E = 0V$.

3.1. Les 2 courbes représentant u_R en fonction du temps et N en fonction du temps sont du même type: exponentielle décroissante.



3.2. La tangente à l'origine de chacune de ces courbes coupe l'axe des abscisses en $t = \tau$ où τ représente la constante de temps.

Pour la radioactivité: $\tau_1 = 1/\lambda$

Pour le circuit RC: $\tau_2 = RC$.

Donc l'équivalent de λ dans l'étude du circuit RC est $1/\tau = \frac{1}{RC}$.

III. LA LUMIERE, UNE ONDE:

1^{ère} expérience:

1.1.1 Le phénomène décrit par l'expérience est le phénomène de diffraction

1.1.2 Une lumière monochromatique est constituée d'une seule radiation de fréquence précise (et donc d'une seule couleur).

1.2.1 $\tan \theta = \frac{d}{D}$ et $\tan \theta \approx \theta$

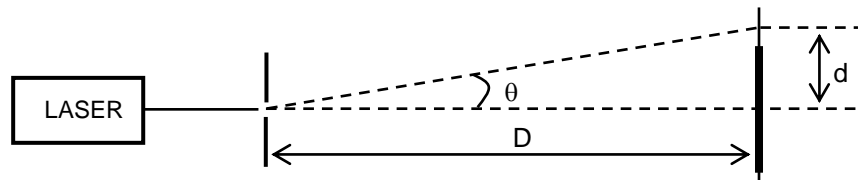
Donc θ (rad) $\approx \frac{d(m)}{D(m)}$

1.2.2 θ (rad) = $\frac{\lambda(m)}{a(m)}$

1.2.3 $\theta = \frac{\lambda}{a}$ donc $\lambda = \theta \cdot a$ or $\theta \approx \frac{d}{D}$ donc $\lambda \approx \frac{d}{D} \cdot a \approx \frac{a \cdot d}{D}$

Application Numérique: $a = 2,00 \cdot 10^{-4} m$ $D = 2,00 m$ $d = \frac{1}{2} \cdot 1,30 \cdot 10^{-2} = 6,5 \cdot 10^{-3} m$

donc $\lambda \approx \frac{2,00 \cdot 10^{-4} \cdot 6,5 \cdot 10^{-3}}{2,00} \approx 6,5 \cdot 10^{-7} m \approx 650 nm$



1.2.4 $\lambda \approx \frac{a \cdot d}{D}$ donc $d \approx \frac{D \cdot \lambda}{a}$ donc $2d \approx 2 \cdot \frac{D \cdot \lambda}{a}$ donc si λ diminue, les autres facteurs restant constants (a et D), la largeur $2d$ de la zone lumineuse centrale diminue.

1.3.1 780 nm correspond à une radiation de couleur rouge, la longueur d'onde λ diminue du rouge au bleu, donc la longueur d'onde de la lumière Blu-ray, lumière bleu-violet, est inférieure à 780 nm (elle est proche de 400 nm)

1.3.2 "le faisceau (laser) traverse un diaphragme assimilable à une ouverture circulaire", il est donc diffracté. D'après la question 1.2.4 le diamètre de la zone lumineuse centrale diminue lorsque la longueur d'onde diminue, donc ce changement de longueur d'onde ($\lambda_{\text{Blu-ray}} < \lambda_{\text{rouge}}$) permet de diminuer la largeur du faisceau de lecture, après le diaphragme.

1.3.3 "le faisceau ne doit éclairer qu'une cuvette à la fois" donc un diamètre plus petit permet de diminuer la taille des cuvettes gravées sur le CD.

Si le diamètre de ces cuvettes est diminué, on peut en placer un plus grand nombre sur la surface du disque. La technologie Blu-ray permet donc d'augmenter le nombre d'informations gravées et donc codées sur un CD.

Pour en savoir plus sur le système Blu-Ray:

http://www.pourlascience.fr/ewb_pages/f/fiche-article-un-rayon-bleu-pour-des-disques-plus-denses-23907.php

2^{ème} expérience:

2.1.1 si λ représente la longueur d'onde de la radiation lumineuse en m, si c représente la célérité de la lumière dans un milieu en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ et ν sa fréquence en Hertz, alors $\lambda = \frac{c}{\nu}$

2.1.2 L'indice de réfraction n , sans unité, d'un milieu homogène transparent est donné par la relation $n = \frac{c_0}{c}$ c représente la célérité de la lumière dans le milieu homogène considéré, c_0 dans le vide, valeurs en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

2.1.3 Seule la fréquence est invariante lorsqu'une radiation lumineuse change de milieu de propagation.

2.2.1 D'après l'expérience, on constate que $r_B > r_R$ (la radiation bleue est plus déviée que la radiation rouge) D'après la loi de Descartes appliquée à chaque radiation: $n_{VB} \cdot \sin(i) = n_a \cdot \sin(r_B)$ et $n_{VR} \cdot \sin(i) = n_a \cdot \sin(r_R)$

$$\text{donc } \frac{\sin(i)}{n_a} = \frac{\sin(r_B)}{n_{VB}} = \frac{\sin(r_R)}{n_{VR}} \quad \text{donc } \frac{\sin(r_B)}{\sin(r_R)} = \frac{n_{VB}}{n_{VR}}$$

$$r_B > r_R \quad \text{donc } \sin(r_B) > \sin(r_R) \quad \text{donc } n_{VB} > n_{VR}$$

On constate donc que l'indice de la radiation bleue dans le verre est supérieur à celui de la radiation rouge dans le même milieu.

$$\mathbf{2.2.2} \quad n = \frac{c_0}{c} \quad \text{et } n_{VB} > n_{VR} \quad \text{donc } \frac{c_0}{c_B} > \frac{c_0}{c_R} \quad \text{donc } c_B < c_R$$

La célérité de la radiation bleue dans le verre est inférieure à celle de la radiation rouge dans le même milieu.

2.2.3 La couleur étant liée à la fréquence de la radiation lumineuse, on déduit de l'expérience que la célérité de la radiation lumineuse dans le verre dépend de sa fréquence (en fait elle diminue lorsque la fréquence augmente, du rouge au bleu): c'est le phénomène de dispersion de la lumière dans le verre; le verre est un milieu dispersif pour la lumière.