

NOM :

PRÉNOM :

CLASSE :

Le sujet est à rendre avec la copie

MODÉLISATION D'UN RÉFRACTOMÈTRE PORTABLE

Les applications technologiques utilisant le phénomène de réfraction sont nombreuses. La réfraction est utilisée quotidiennement en agriculture, ainsi que dans les industries alimentaires et automobiles. L'utilisation d'un réfractomètre portable permet par exemple aux agriculteurs de déterminer rapidement et facilement le pourcentage massique en saccharose (sucre) d'un fruit.

On se propose dans cet exercice d'étudier le principe de fonctionnement d'un réfractomètre portable.

Pour utiliser un réfractomètre, l'agriculteur dépose quelques gouttes de jus de fruit sur le réfractomètre. En regardant à travers le réfractomètre, il peut ensuite lire sur une échelle graduée la valeur du pourcentage massique en saccharose du fruit étudié. Par exemple, sur l'image 3 de la Figure 2 ci-dessous, on peut lire que la valeur du pourcentage massique est de 18 %.

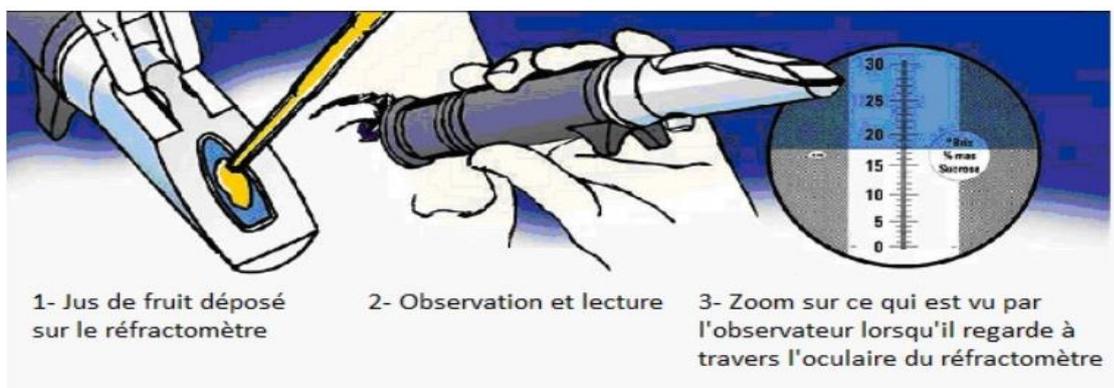


Figure 1 D'après <https://www.mesurez.com/refractometre-principe-mode-emploi.html>

Un dioptre est une surface séparant deux milieux d'indices de réfraction différents. On modélise le réfractomètre étudié par la surface de contact entre le jus de fruit et le verre du réfractomètre (schéma figure 3 ci-contre).

Dans le cadre de cette étude, le faisceau lumineux incident est monochromatique. On peut le modéliser par un ensemble de trois rayons lumineux, les rayons (a), (b) et (c). Le rayon incident (a) fait un angle de 45° avec la normale au dioptre, le rayon (b) est parallèle au dioptre et le rayon (c) est perpendiculaire au dioptre.

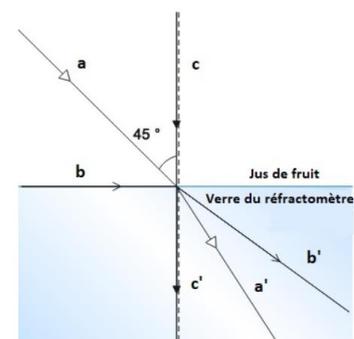


Figure 2
Schéma d'un faisceau lumineux traversant un réfractomètre

De manière générale, on note i l'angle que fait le rayon incident avec la normale au dioptre, r l'angle que fait le rayon réfracté avec la normale au dioptre et n_{jus} l'indice de réfraction du jus. La seconde loi de Snell-Descartes s'écrit alors :

$$n_{\text{jus}} \cdot \sin i = n_{\text{verre}} \cdot \sin r$$

Q1. (1 point) Énoncer la première loi de Snell-Descartes pour la réfraction.

On considère maintenant un rayon particulier : le rayon incident parallèle au dioptre (b) (voir figure 3) ; le rayon réfracté (b') correspondant fait alors un angle r_{limite} avec la normale au dioptre appelé « angle de réfraction limite ». Aucun rayon du faisceau réfracté ne peut être observé sous un angle de réfraction supérieur à cet angle limite.

Q2. (1,5 point) Donner l'expression de la seconde loi de Snell-Descartes dans ce cas particulier.

On peut représenter les variations de la fonction sinus en fonction de l'angle, exprimé en radians. On obtient le graphe suivant :

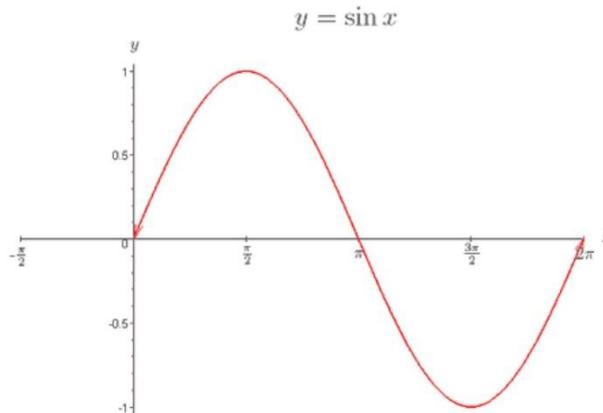


Figure 3 Variations de la fonction sinus en fonction de l'angle exprimé en radians

Q3. (2 points) Expliquer qu'il existe un « angle de réfraction limite » au-delà duquel aucun rayon réfracté ne puisse être observé.

Quand on regarde à travers l'oculaire du réfractomètre, on observe une zone sombre et une zone éclairée. La partie sombre correspond à la zone qui n'est pas éclairée par le faisceau réfracté alors que la partie blanche est associée à la zone éclairée par le faisceau réfracté.

Q4. (2 points) Parmi les deux schémas ci-dessous (l'échelle n'est pas respectée), choisir celui qui représente ce qu'il est possible de voir à travers le réfractomètre portable. Justifier la réponse en rédigeant un paragraphe scientifiquement argumenté.

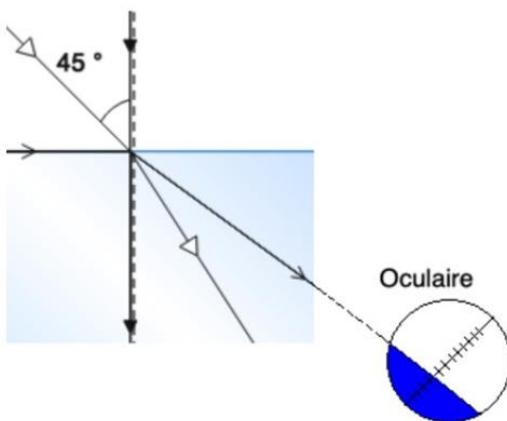


Schéma 1

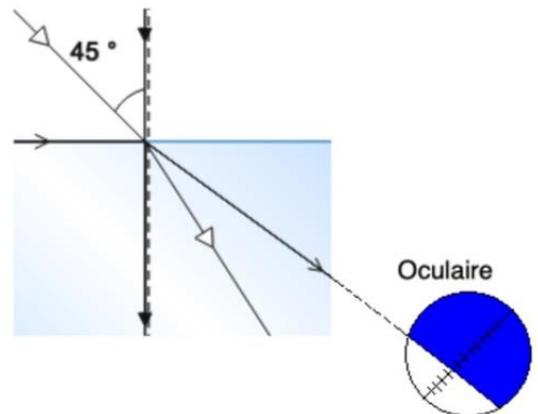


Schéma 2

Figure 4 Deux hypothèses sur ce qu'il est possible de voir à travers le réfractomètre
D'après <https://www.mesurez.com/refractometre-principe-mode-emploi.html>

Une arboricultrice fournit une pomme de son exploitation pour qu'on l'étudie afin de savoir si elle peut commencer sa récolte. On récupère le jus de cette pomme en la pressant. Pour ce jus, on mesure au laboratoire un angle de réfraction limite de $52,0^\circ$. L'indice de réfraction du verre du réfractomètre utilisé est $n_{\text{verre}} = 1,70$.

Q5. (1 point) Montrer que l'indice de réfraction de ce jus vaut $n_{\text{jus}} = 1,34$.

Le graphe ci-dessous permet de déterminer le pourcentage massique en saccharose d'un jus de pomme.

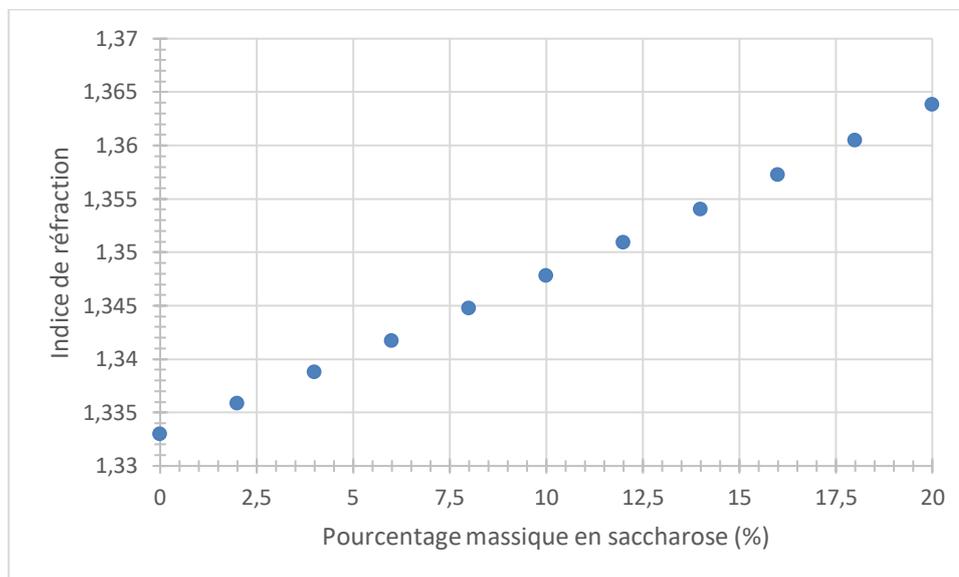


Figure 5. Graphe représentant les variations de l'indice de réfraction d'une solution de saccharose en fonction du pourcentage massique en saccharose (D'après ICUMSA, www.icumsa.org)

On considère qu'on peut récolter une pomme si le pourcentage massique en saccharose du jus qui en a été extrait est au minimum de 11,5 %.

Q6. (2,5 points) Est-il conseillé à l'agricultrice de récolter les pommes de son verger ? Quelles considérations pourraient également être prises en compte ? Justifier la réponse en rédigeant un paragraphe scientifiquement argumenté.

Question	Tâche	Niveau de difficulté	Compétence évaluée	Réponse attendue	Évaluation-Notation
Q1	Simple	1	RCO	Première loi : Le rayon lumineux réfléchi et le rayon lumineux réfracté sont dans le plan d'incidence (le plan d'incidence étant le plan défini par la normale et le rayon incident).	1
Q2	Simple	1	S'APPROPRIER	Si le rayon incident est parallèle au dioptre, il est donc perpendiculaire à la normale alors $i = 90^\circ$ et $\sin i = 1$. La seconde loi de Descartes s'écrit alors $n_{jus} = n_{verre} \sin r_{limite}$	1,5
Q3	Complexe	2	ANA/RAI	D'après la deuxième loi de la réfraction $\sin(r) = \frac{n_{jus} \times \sin(i)}{n_{verre}}$ or la fonction sinus est toujours égale ou inférieure à 1 donc $\sin(i) \leq 1$ donc $\sin(r) \leq \frac{n_{jus}}{n_{verre}}$. Quand l'angle augmente entre 0 et 90° , soit entre 0 et $\pi/2$, le sinus de cet angle augmente. il existe donc un angle de réfraction limite qui ne peut pas être dépassé.	2
Q4	Complexe	2	S'APPROPRIER	Quand le rayon incident parcourt les angles compris entre 0 et 90° , le rayon réfracté parcourt des angles compris entre 0 et r_{limite} . La partie éclairée sur l'écran du réfractomètre est donc la partie basse, la partie haute restant dans l'obscurité. Le deuxième schéma correspond donc à ce que l'on peut voir dans le réfractomètre.	2
Q5	Simple	1	REA	$n_{jus} = n_{verre} \times \sin(r_{limite}) = 1,70 \times \sin(52,0^\circ) = 1,34$	1
Q6	Complexe	2	ANA/ VAL	Par lecture graphique sur la figure 1, un indice de réfraction de 1,34 pour le jus correspond à un pourcentage massique en saccharose de 5 %. Or d'après l'énoncé, le pourcentage massique minimum en saccharose pour récolter une pomme est de 11,5 % donc, si on se fie à ce critère, les pommes ne devraient pas être récoltées. On peut prendre cependant en considérations d'autres paramètres : les risques dus aux intempéries par exemple. En outre, l'étude a considéré que l'essentiel du saccharose est contenu dans la jus de la pomme et pas dans ce qui a été éliminé (peau, pépins...), ce qui au demeurant est une hypothèse justifiée.	2,5