

DM01 – Optique

Consignes

- C1. Les consignes de présentation sont appliquées.
- C2. Les formules obtenues sont homogènes.
- C3. La direction des rayons représentés est compatible avec les indices optiques des milieux traversés.
- C4. Les angles i_1 , i_2 et i_3 sont convenablement orientés.
- C5. Dans la situation étudiée, indiquer le signe de tous les angles utilisés.
- C6. Les questions 9 et 10 sont facultatives.

Exercice 1 – Étude d'un réfractomètre

Pour les viticulteurs, le choix de la date des vendanges est important afin de laisser au raisin le temps d'arriver à maturité. Pour choisir cette date, on se base notamment sur la teneur en sucre du raisin. Une méthode pour déterminer la teneur en sucre consiste à mesurer l'indice de réfraction du jus de raisin : l'indice de l'eau sucrée peut varier entre 1,33 et 1,5 en fonction de la concentration de sucre.

La mesure de la teneur en sucre se fait à l'aide d'un réfractomètre, dont un exemple est schématisé sur l'annexe 1 **à rendre avec la copie**.

Une cuve d'analyse est remplie par le liquide dont on veut mesurer l'indice n . Cette cuve est suivie d'un prisme de saphir d'indice $N = 1,75$ et d'angle au sommet $\alpha = 45^\circ$. Le dispositif est éclairé par un faisceau laser se propageant parallèlement à l'axe optique. Le faisceau laser subit alors plusieurs réfractions successives. La mesure de la déviation totale à la sortie du prisme de saphir permet alors de déterminer l'indice de réfraction n du liquide contenu dans la cuve d'analyse.

Les angles sont orientés positivement dans le sens trigonométrique.

RCO 1. Justifier que le rayon lumineux ne subit pas de déviation à l'entrée du réfractomètre.

2. Le rayon lumineux arrive sur l'interface liquide/saphir avec un angle d'incidence i_1 repéré par rapport à la normale au dioptre. Sur l'annexe 1 **à rendre avec la copie**, faire figurer l'angle i_1 . Exprimer i_1 en fonction de l'angle α .

Le rayon lumineux subit une réfraction à l'entrée du prisme et est dévié d'un angle θ par rapport au rayon incident. θ correspond à l'angle entre l'axe optique et la direction du rayon réfracté à l'intérieur du prisme, orienté depuis l'axe optique vers le rayon. On note i_2 l'angle de réfraction repéré par rapport à la normale à la face d'entrée du prisme.

3. Compléter l'annexe 1 **à rendre avec la copie** en faisant apparaître le rayon réfracté, les angles i_2 et θ . Justifier le tracé.
4. Exprimer i_2 en fonction de α et θ puis donner la relation entre i_2 , n , N et α .

Le rayon réfracté arrive sur l'interface saphir/air avec un angle d'incidence i_3 repéré par rapport à la normale à l'interface. On note D la déviation totale du rayon lumineux émergent du réfractomètre, c'est-à-dire l'angle qu'il forme avec l'axe optique à la sortie du réfractomètre, orienté depuis l'axe optique vers le rayon.

5. Compléter l'annexe 1 à rendre avec la copie en faisant apparaître le rayon réfracté, les angles i_3 et D . Justifier le tracé.
6. Exprimer i_3 en fonction de θ , puis donner la relation entre D , N et θ .
- RCO 7. Dans les conditions normales d'utilisation de cet appareil, peut-on avoir réflexion totale au niveau de l'interface liquide/saphir ? Justifier.
- RCO 8. Une réflexion totale est a priori possible sur le dioptre saphir/air. Justifier. Exprimer la valeur limite de l'angle θ , notée θ_ℓ , correspondant à la limite de réfraction.
9. En déduire l'expression de l'indice limite n_ℓ pour l'indice de réfraction n du liquide en fonction de N , α et θ_ℓ , puis de N seulement en se rappelant que $\alpha = \pi/4$. Faire l'application numérique et conclure.
10. On mesure la déviation D en sortie du prisme : elle vaut $-19,5^\circ$. En déduire la valeur de l'indice de réfraction du liquide contenu dans la cuve d'analyse.

Annexes

Annexe 1 – Réfractomètre



