

# DS d'optique géométrique

## Petite introduction à l'oenologie

Durée : 2h. Vous prendrez soin de bien justifier vos réponses.



FIGURE 1. A gauche : Pourriture noble sur du raisin. A droite : Verre-ballon pour déguster le vin.

Le vin est obtenu après fermentation complète du saccharose contenu dans le jus de raisin. Afin d'obtenir des vins liquoreux (Jurançon, Riesling, Sauternes...), les viticulteurs vendangent certaines variétés de raisins blancs en ne sélectionnant que ceux atteints de pourriture noble (champignon *Botrytis cinerea*). On estime le titre alcoolique du vin avant fermentation par sa concentration en sucres : une teneur de 17 g/L de sucres dans le jus de raisin correspond à une teneur en alcool de 1% en volume après fermentation complète. Cette teneur en alcool permet de classer les vins : par exemple, la mention "Sélection grains nobles" n'est donnée qu'aux vins dont le titre alcoolique est supérieur ou égal à 16,6%.

Cet examen comporte deux parties qui peuvent être traitées de façon indépendante. La première partie porte sur la détermination du titre alcoolique à partir de l'indice de réfraction du jus de raisin (lois de Descartes) et la seconde partie porte sur l'optique d'un verre de vin (dioptries sphériques).

## I. TITRAGE ALCOOLIQUE D'UN VIN PAR RÉFRACTOMÉTRIE

L'indice de réfraction d'un liquide comme le jus de raisin dépend du taux de saccharose qu'il contient : l'indice de l'eau sucrée varie linéairement entre 1,333 (0% de saccharose) et 1,504 (85% de saccharose). Afin de déterminer le titre alcoolique d'une cuve, on mesure l'indice de réfraction d'un liquide grâce à un réfractomètre dont le principe de fonctionnement est représenté sur la Fig 2. On éclaire avec un faisceau laser se propageant parallèlement à l'axe optique (axe horizontal) une cuve d'analyse dans laquelle on dispose le jus de raisin. Cette cuve est suivie d'un prisme de saphir d'indice  $n_s = 1,75$  et d'angle au sommet  $\alpha$ . Le faisceau laser subit alors des réfractions à l'entrée et à la sortie du prisme. La mesure de la déviation totale en sortie de prisme permet alors de déterminer l'indice de réfraction du liquide contenu dans la cuve d'analyse. On travaillera avec des angles non-orientés.

1. A partir de considérations trigonométriques, déterminer la relation entre  $\alpha$  et  $i_1$ , l'angle d'incidence du rayon laser sur le prisme au point A.
2. Soit l'angle  $D_1$  la déviation du rayon réfracté dans le prisme par rapport à sa direction initiale (voir Figure 2) et  $n_j$  l'indice de réfraction du jus de raisin, montrer que  $D_1$  a pour expression :

$$D_1 = \alpha - \arcsin\left(\frac{n_j}{n_s} \sin \alpha\right) \quad (1)$$

3. Sous quel angle  $D_2$  émerge le rayon quittant le prisme au point B ?
4. En déduire l'expression de  $n_j$  en fonction de la déviation totale  $D_2$ , de  $\alpha$  et de  $n_s$ .
5. On commence par étalonner le réfractomètre avec une mesure "à vide". La déviation lue est  $D_2 = 23,906^\circ$ . Sachant que l'indice de réfraction de l'air vaut  $n_a = 1,000293$ , en déduire la valeur de l'angle  $\alpha$ .
6. Le réfractomètre fonctionne correctement pour des fluides ordinaires à condition qu'il n'y ait pas réflexion totale au niveau de la face de sortie du prisme. Calculer la valeur de l'indice de réfraction du fluide conduisant à une telle situation. Qu'en pensez-vous ?
7. La mesure par réfractométrie d'un échantillon de jus de raisin donne  $D_2 = 11,95^\circ$ . Quelle est la valeur de son indice de réfraction ? A l'aide de la table donnée sur la figure 3, en déduire sa concentration en sucre.
8. Peut-on labéliser le vin issu d'un tel échantillon par la mention "Sélection grains nobles" ? Justifiez votre réponse.

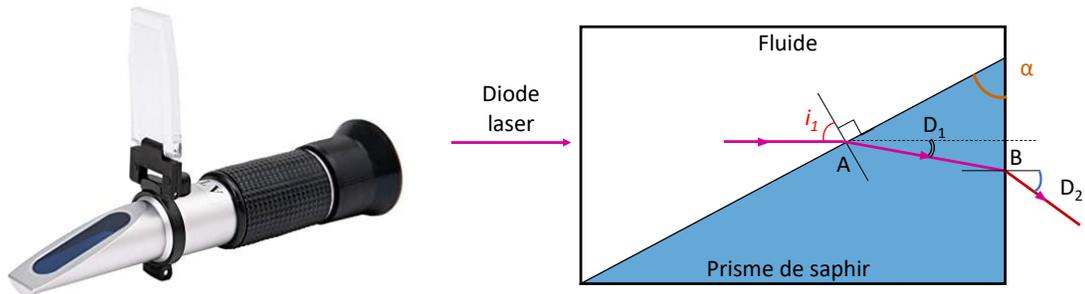


FIGURE 2. Schéma de principe du réfractomètre

## II. VIEILLISSEMENT DU VIN

L'observation de la robe d'un vin est source de nombreuses informations : cépage, maturité du raisin, vinification... Au cours du temps, le vin vieillit et l'oxydation fait évoluer le vin blanc vers des nuances orangées. On peut donc estimer l'âge d'un vin à partir de ses propriétés optiques en l'examinant dans un verre adapté, le verre-ballon (voir Figure 1, à droite). On considère donc un verre sphérique de rayon de courbure 5 cm et rempli de vin blanc jeune (indice  $n \approx 1,358$ ). On néglige l'épaisseur de la paroi du verre de sorte que l'on traite le verre-ballon comme un dioptre sphérique de centre C et de sommet S (à droite de C). Le dégustateur est dans l'air ( $n' \approx 1$ ).

9. Le verre de vin est-il un dioptre sphérique convergent ou divergent ? Justifiez votre réponse sans recourir à une application numérique.
10. Calculer la vergence du dioptre, ainsi que la position de son foyer objet F et celle de son foyer image F'.

La clé du vin est un objet se composant d'une tige en aluminium dans laquelle est insérée une pastille en cuivre. Au contact du vin, celle-ci joue le rôle d'une pile et libère des électrons. La

Document 1 : Évolution de l'indice de réfraction de jus de raisin en fonction de la concentration massique en sucres

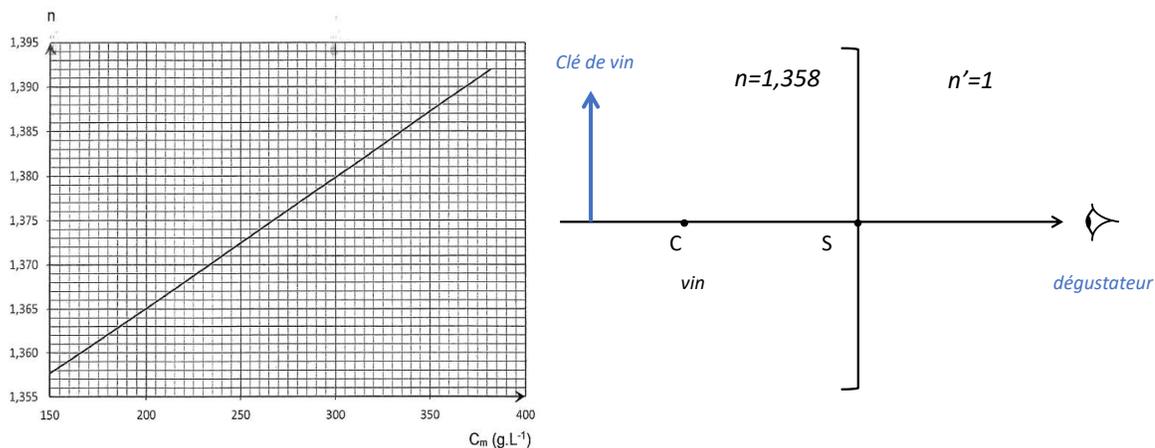


FIGURE 3.

réaction chimique provoque alors une oxydation, ce qui reproduit le vieillissement naturel d'un vin. Plus le contact entre le cuivre et le liquide est long, plus l'évolution est importante (1 seconde = une année de vieillissement). On plonge la clé de vin dans le verre-ballon pour tester son efficacité.

11. La clé de vin est assimilée à un objet  $\overline{AB}$  placé à 7 cm de S. Calculer la position  $\overline{SA'}$  et le grandissement  $\gamma$  de l'image de cette clé. Indiquer quelles sont les propriétés de cette image (Réelle? Virtuelle? Agrandie? Réduite? Droite? Inversée?).
12. Construire sur votre copie (avec une échelle adaptée) l'image  $\overline{A'B'}$  de  $\overline{AB}$  en utilisant les trois rayons utiles. Confirmer les valeurs obtenues à la question précédente.
13. Au bout de quelques minutes, le vieillissement du vin produit un changement de teinte et d'indice tels que  $n = 1.356$ . Quel est l'effet de ce changement sur la position et le grandissement de l'image de la clé? Justifiez votre réponse.
14. Comment pourrait-on estimer (en années) le vieillissement réel produit par la clé?