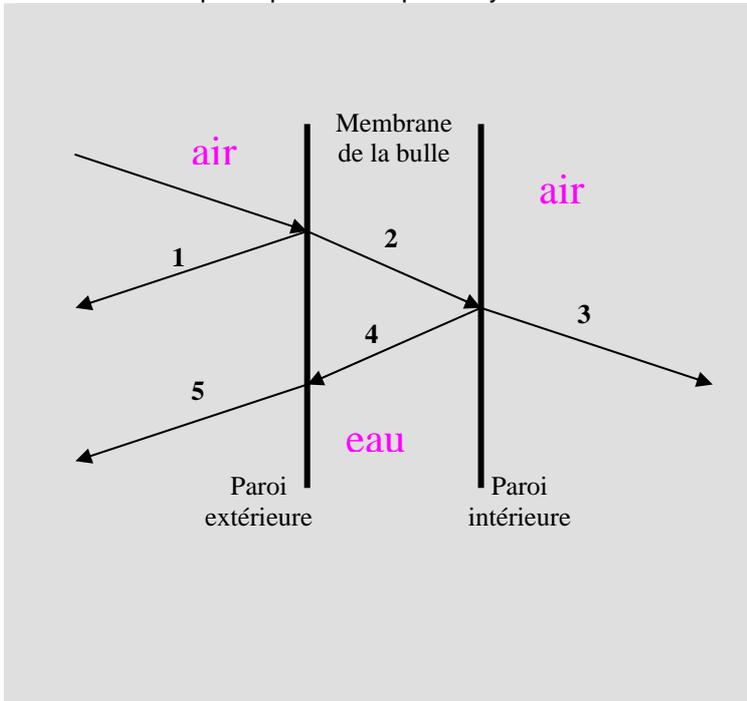


Q4 : Comment explique t-on les couleurs variées que l'on observe à la surface d'une bulle ?

La lumière visible est composée de rayons lumineux (rouge, bleu, vert, ..) Chacun de ces rayons lumineux est une onde, de fréquence et de longueur d'onde données. Par exemple, le rouge vibre avec une fréquence égale à 375 milliers de milliards de fois par seconde, et sa longueur d'onde dans le vide est 0,8 micromètre : environ un millième de millimètre (la longueur d'onde d'un rayon lumineux de couleur donnée, dépend du milieu qu'il traverse : vide ; air ; eau ; verre..). Les ondes ont la possibilité de s'ajouter (si elles sont en phase) ou de s'annihiler (si elles sont en opposition de phase).

Examinons ce qui se passe lorsqu'un rayon lumineux arrive sur la paroi d'une bulle de savon.



A l'arrivée sur la paroi externe, il se sépare en deux : une partie est réfléchi, comme sur un miroir (rayon « 1 »), tandis que l'autre entre dans la membrane de la bulle, en étant légèrement dévié (rayon « 2 »), selon les lois de réfraction de la lumière (phénomène analogue au bâton plongé en partie dans l'eau, et qui semble brisé à la surface de séparation entre l'eau et l'air).

Ce rayon « 2 » atteint la paroi interne de la bulle, où là encore, il se sépare en deux, une partie étant réfléchi vers l'intérieur de la membrane (rayon « 4 »), tandis que l'autre partie sort vers l'intérieur de la bulle (rayon « 3 »).

Lorsque le rayon « 4 » atteint la membrane extérieure, il se sépare de nouveau en deux, une partie étant réfléchi vers l'intérieur, tandis que l'autre ressort, légèrement dévié dans l'air (rayon « 5 »), parallèlement au rayon « 1 ».

La lumière que nous percevons est la somme des rayons « 1 » et « 5 ».

Plaçons-nous dans l'hypothèse où un rayon lumineux vert éclaire la bulle.

Si les rayons 1 et 5 sont en phase, alors leurs intensités s'additionnent, et il en ressortira un rayon vert renforcé.

S'ils sont en opposition de phase, alors ils s'annihilent, et la résultante en est l'absence de rayon lumineux, d'où une couleur noire.

Reste à déterminer les situations conduisant à chacun des deux cas ci-dessus évoqués.

1^{er} cas : La membrane est très mince (beaucoup plus petite que la longueur d'onde du rayon lumineux), de sorte que les rayons « 1 » et « 5 » parcourent à peu près la même distance. Le rayon « 1 », qui subit une réflexion dans l'air sur la membrane (constituée d'eau), se trouve déphasé d'une demi période par rapport au rayon de départ. Par contre, entre le rayon de départ et le rayon « 2 » (réfraction), entre les rayons « 2 » et « 4 » (réflexion dans l'eau sur l'air*) ainsi qu'entre les rayons « 4 » et « 5 », il ne se produit pas de déphasage.

Au final, on constate un déphasage d'une demi période entre les rayons « 1 » et « 5 », de sorte qu'ils s'annihilent.

En conclusion, les endroits de la bulle où la membrane est mince apparaissent noirs (en particulier au sommet de la bulle, du fait de la gravitation qui a tendance à accumuler le liquide vers le bas de la bulle).

Rappel de quelques lois d'optique, concernant la réflexion et la réfraction

Règle 1 : (sur la réflexion)

Un rayon réfléchi sur un milieu plus réfringent (indice plus élevé) subit un déphasage d'une demi période.

Par contre, il ne subit aucun déphasage lors d'une réflexion sur un milieu moins réfringent.

Règle 2 : (sur la réfraction)

Un rayon ne subit aucun déphasage lors d'une réfraction.

2^{ème} cas : L'épaisseur de la membrane est égale au quart de la longueur d'onde.

Le rayon « 5 » parcourant un aller-retour entre les deux parois, effectue une distance supplémentaire par rapport au rayon « 1 » égale à une demi-période, et les deux rayons se retrouvent donc en phase.

Par conséquent, on observe à cet endroit de la bulle, un vert très lumineux.

Prenons l'exemple d'un rayon lumineux dont la longueur d'onde dans l'eau est égale à 0,4 micromètre : un tel rayon nous apparaît vert.

Si l'épaisseur de la membrane est égale à 0,1 micromètre, alors on observera un vert très lumineux. Il en sera de même, chaque fois que l'épaisseur de la membrane augmente d'une demi-longueur d'onde (0,2 micromètre ...), c'est à dire dans le cas présent, chaque fois que l'épaisseur sera égale à : 0,1 ou 0,3 ou 0,5 micromètre.

Si le trajet parcouru par le rayon « 5 » est d'une longueur d'onde ou d'un multiple de la longueur d'onde supérieur à celui du rayon « 1 », c'est à dire pour des épaisseurs de membrane égales à 0,2 – 0,4 – 0,6 micromètre ..., alors on observera du noir à cet endroit de la membrane.

Pour un rayon lumineux de longueur d'onde égale à 0,6 micromètre dans l'eau (un tel rayon nous apparaît rouge), à chaque fois que l'épaisseur de la membrane sera égale à 0,15 ou 0,45 ou 0,75 micromètre..., alors on observera un rouge très lumineux.

Pour des épaisseurs de membrane égales à 0,3 ou 0,6 ou 0,9 micromètre..., on observera du noir.

Du fait de la gravité, l'épaisseur de la membrane d'une bulle n'est pas constante (plus mince en haut qu'en bas). Chaque composante du rayon lumineux, selon sa longueur d'onde, sera à tel endroit de la membrane amplifiée ou annulée. Ainsi s'explique la grande variété de couleurs présentes à la surface d'une bulle.

En fin de vie de la bulle, l'épaisseur de la membrane au sommet de la bulle s'est suffisamment rétrécie pour que toutes les composantes lumineuses se retrouve dans la situation décrite au premier cas. Ainsi, toutes les composantes lumineuses sont annihilées, et le sommet de la bulle apparaît noir