

## ***4. Poussière fine par interférence de la lumière.***

### ***Conetnu***

4.1. Un jeu de couleurs multiples .....	1
4.2. Les couleurs de diffraction ne sont pas des couleurs d'interférence .....	3
4.3. Une première expérience.....	3
4.4. Une deuxième expérience .....	4
4.5. Une troisième expérience .....	5
4.6. L'expérience des deux fentes de Thomas Young.....	6
4.7. Les anneaux de Newton .....	9

### ***4.1. Un jeu de couleurs multiples***

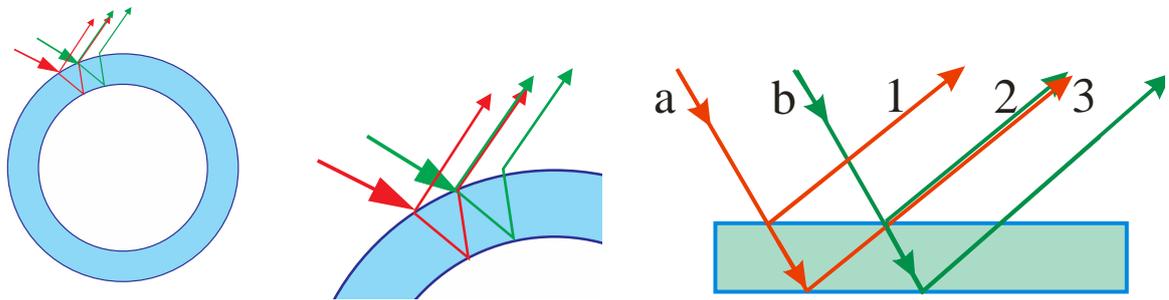
Lors de l'expérience des M&M, l'interférence de la lumière a été utilisée pour la première fois dans l'histoire, avons-nous dit. Le terme « interférence » peut nous effrayer quelque peu, mais nous sommes confrontés à ce phénomène presque quotidiennement. La plupart du temps, nous n'y pensons pas. Essayons d'abord d'expliquer le phénomène.

Par exemple, le jeu des couleurs dans une bulle de savon ou dans un film d'huile sur une flaque d'eau est le résultat d'une interférence optique, c'est-à-dire de l'interaction de plusieurs rayons lumineux.



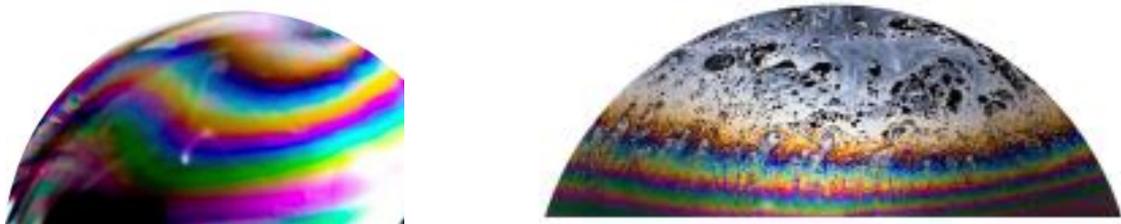
Nous essayons de clarifier les choses. Le dessin ci-dessous à gauche représente une bulle. Le deuxième dessin nous en donne un détail. Le rectangle bleu du dessin de droite représente également un morceau de la bulle de savon, ou un morceau d'une couche d'huile sur l'eau ou

d'une substance transparente extrêmement fine sur notre téléphone portable. Projets de la lumière obliquement sur ce rectangle, en utilisant les rayons lumineux a et b.



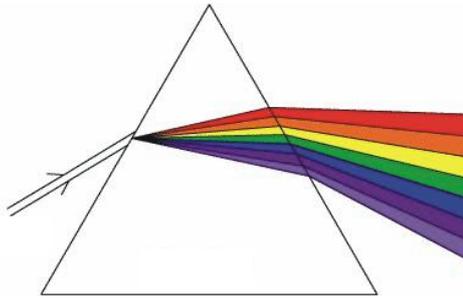
Regardez le dessin ci-dessus à droite. Les rayons lumineux a (de couleur rouge) et b (de couleur verte) qui tombent dessus peuvent se refléter en partie sur le dessus de la couche, mais aussi sur le dessous. Examinons la trajectoire que peuvent suivre les rayons incidents a et b. Les rayons (a)1 et (b)3 se réfléchissent sur la face supérieure, les rayons (a)2 et (b)4 sur la face inférieure de la couche. On constate que les rayons réfléchis 2 (vert) et 3 (rouge) coïncident. Cependant, le rayon a2 a parcouru un chemin plus long que le rayon b3. Cette différence minime de longueur de trajet entraîne toutefois une différence de couleur perceptible. Et ce processus se répète pour les nombreux rayons lumineux qui arrivent sur la couche, d'où les magnifiques effets de couleur.

En observant encore plus attentivement notre bulle, nous constatons qu'elle est si courte et si colorée. Nous observons qu'au cours de sa vie si courte et si colorée, ses teintes changent constamment. Ces changements sont dus à la gravité.



L'eau contenue dans la bulle est progressivement attirée vers le point le plus bas, ce qui fait parfois apparaître des bandes presque horizontales de différentes couleurs. Finalement, trop d'eau s'est accumulée au fond de la bulle et ailleurs, elle est devenue si fine qu'elle éclate. Finies les belles couleurs. Notre bulle pourrait éventuellement prolonger son existence et nous pourrions étudier ses changements de couleur un peu plus longtemps si on la soufflait dans un champ sans gravité. Une expérience à réaliser dans une capsule spatiale ? Le coût supplémentaire d'un tuyau et de quelques mousses ne grèvera probablement pas trop le budget de l'espace.

#### 4.2. Les couleurs de diffraction ne sont pas des couleurs d'interférence



Notez la différence entre diffraction et interférence. Un arc-en-ciel est un phénomène de diffraction, la lumière s'y décompose en ses couleurs constitutives. Les nombreuses gouttes de pluie sont comme autant de prismes qui « décomposent » la lumière en couleurs pures.

L'interférence est un peu l'inverse : des rayons lumineux cohérents provenant d'une même source lumineuse, comme le soleil, s'unissent pour former un jeu, un mélange de plusieurs couleurs.

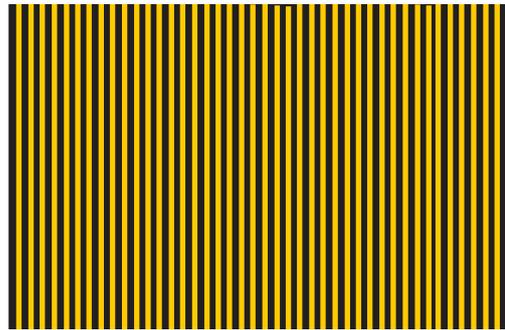


Un arc-en-ciel nous montre des couleurs pures, une interférence nous donne un mélange de couleurs.

#### 4.3. Une première expérience

Il y a quelques années, nous avons réalisé notre toute première expérience d'interférence. Nous voulions refaire l'expérience des deux fentes de Young (voir ci-dessous) et avons utilisé

une vieille lampe à sodium, c'est-à-dire une source de lumière monochromatique, avec une lumière d'une seule couleur. C'était le type de lampe couramment utilisé sur nos autoroutes à l'époque. La lampe elle-même mesure un mètre de haut et consomme à peine 90 watts. Nous l'avons entièrement enveloppée de papier argenté. Nous avons ensuite percé deux trous du côté de la lumière, à un millimètre à peine l'un de l'autre, à l'aide d'une épingle fine. Nous avons ensuite obscurci la pièce. Et voilà que sur le mur, à environ 5 mètres de distance, des milliers de lignes jaunes sont apparues, toutes imbriquées parallèlement les unes aux autres. Nous avons compris que les ondes lumineuses sont extrêmement petites : il y en a deux mille dans un seul millimètre.



#### *4.4. Une deuxième expérience*

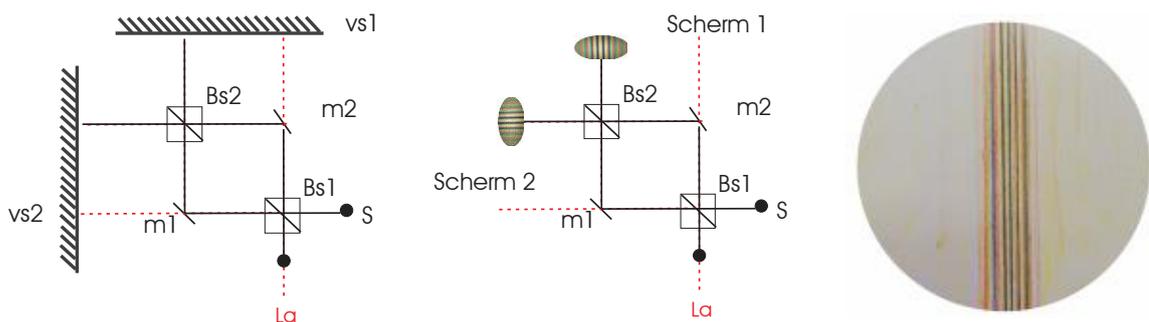
Nous avons ensuite expérimenté la lumière blanche, une lumière qui contient encore toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. Une fibre de verre a conduit la lumière depuis notre source lumineuse, une simple lampe, jusqu'à notre « source lumineuse ponctuelle », une plaque métallique percée d'un trou, située juste devant un séparateur de faisceaux Bs1. La lumière y était divisée en deux faisceaux partiels. Un faisceau partiel est passé par le miroir plat m1 pour arriver à un deuxième séparateur, Bs2. Le second faisceau partiel passe par m2 pour atteindre Bs2.

Sur les écrans plans vs1 et vs2, nous nous attendions à voir également des lignes d'interférence, des lignes de couleur. Après tout, nous travaillons avec de la lumière blanche. Mais rien de tout cela. Notre installation n'était pas du tout alignée. Re commençons donc avec un laser et remplaçons les écrans plats par des miroirs plats. Retirez ensuite les miroirs m1 et m2 et positionnez les miroirs plans vs1 et vs2 de manière à ce que le faisceau laser réfléchi revienne précisément sur Bs1. Positionnez ensuite m1 de manière à ce que la lumière laser réfléchie sur vs1 revienne également vers le laser. Ensuite, faites de même pour le miroir m2 sur vs2.

Placez ensuite un morceau de papier devant les miroirs vs1 et vs2 de manière à ce qu'ils ne reflètent pas la lumière du laser. Ce n'est qu'à ce moment-là que l'on peut placer le séparateur Bs2. Chaque face exposée de Bs2 réfléchit environ 4 % de la lumière. Là encore, ces réflexions doivent être dirigées très précisément vers le laser. Si tout cela est fait très précisément, vous verrez un certain nombre de lignes d'interférence dans la lumière laser sur les deux écrans. Si vous éteignez le laser et que vous utilisez une lumière blanche, vous verrez en effet plusieurs lignes colorées juxtaposées, comme le montre le dessin ci-contre.

Placer correctement toutes les pièces à la main ne fonctionne pas. Vous devez équiper chaque composant optique de leviers munis de vis de réglage, afin de pouvoir ralentir et contrôler avec précision ses mouvements selon les trois axes. Reconstruire l'installation telle qu'elle est représentée schématiquement ci-dessous n'est donc pas une tâche facile. Cela donne matière à réflexion sur le degré de précision avec lequel nous devons construire nos futurs montages.

Nous appelons ce type d'interféromètre un type « ouvert ». Les deux sous-faisceaux empruntent chacun un chemin différent. On ne peut jamais être sûr que le chemin Bs1, m1, Bs2 a bien la même longueur que le chemin Bs1, m2, Bs2, à un millimètre près. Nous nous demandons si une sorte d'interféromètre existe ou peut être conçu, dans lequel les deux sous-faisceaux restent séparés d'une certaine manière tout en parcourant le même chemin. Cela semble contradictoire, mais il y a peut-être quelque chose à en tirer. Nous recherchons donc un type d'interféromètre « fermé ».



#### 4.5. Une troisième expérience

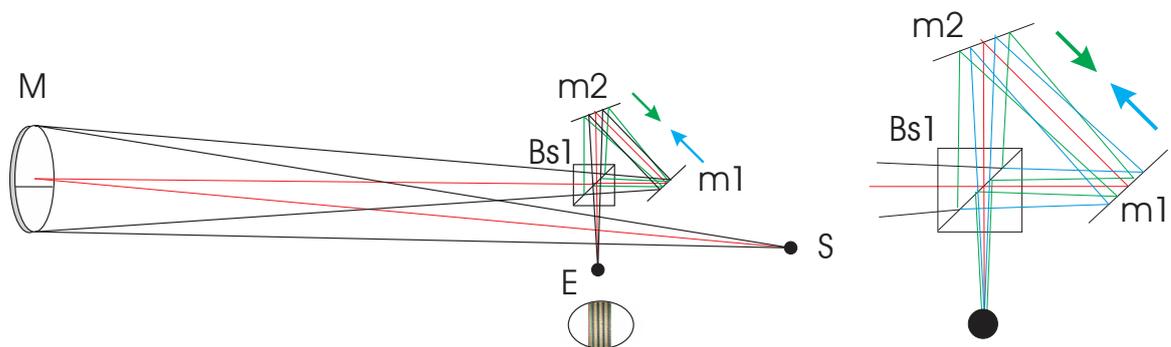
Considérons le dessin ci-dessous à gauche. La source de lumière ponctuelle S éclaire le miroir M. Le faisceau réfléchi atteint le séparateur BS où la lumière du jet se divise en deux sous-faisceaux.

Examinons le dessin détaillé à droite. Un faisceau partiel va dans le sens des aiguilles d'une montre via les miroirs plans m2 et m1 et retourne vers Bs, et enfin vers l'observateur en E.

L'autre faisceau partiel va dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, via les miroirs plans m1 et m2, à nouveau vers Bs, et enfin vers l'observateur en E.

En fait, les deux faisceaux partiels parcourent identiquement le même chemin, mais dans des directions opposées. Cela signifie que, par définition, ils ont la même longueur. Cependant, nous ne sommes plus en présence d'un arrangement « ouvert » où les faisceaux partiels peuvent différer en longueur d'une fraction de mm, mais d'un arrangement « fermé ». Cela signifie que la réalisation d'une image d'interférence n'est peut-être plus si difficile.

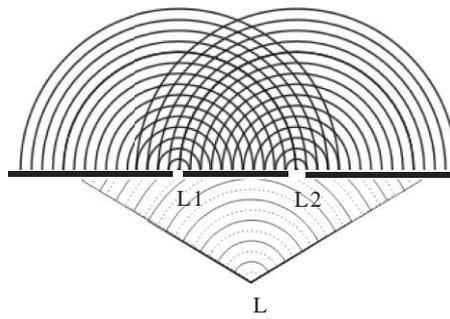
Nous construisons effectivement cet arrangement et constatons qu'un certain nombre de lignes d'interférence apparaissent en E. La tâche est donc réussie. Peut-être pourrions-nous tirer parti d'un tel arrangement « fermé », un arrangement en forme de triangle - B1, m2, m1 - plus tard.



#### 4.6. L'expérience des deux fentes de Thomas Young.

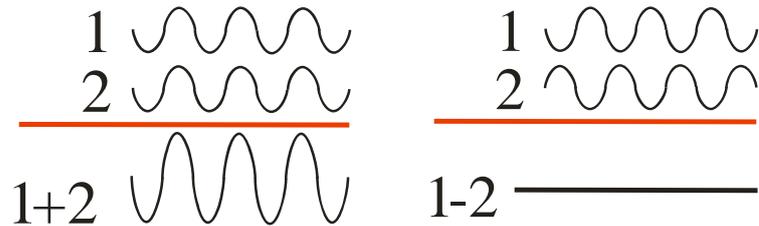
Reportez-vous à notre première expérience d'interférence dans laquelle nous avons utilisé une grande lampe monochromatique. Deux trous d'épingle situés l'un à côté de l'autre dans le papier argenté ont servi de source de lumière et ont projeté des milliers de fines traînées d'interférence sur un mur situé à environ cinq mètres de distance.

Il s'agit d'une variante de l'expérience des deux fentes réalisée par Thomas Young en 1805. Dans le dessin ci-dessous, nous pouvons comparer la source lumineuse L avec la lampe à sodium et les deux sources lumineuses L1 et L2 avec nos trous d'épingle dans le papier d'argent.



Le dessin représente tout cela sur un plan plat. Mais en réalité, il s'agit de parties d'une série de sphères concentriques qui ne cessent de s'étendre et dont les ondes provenant d'une source lumineuse pénètrent constamment dans une autre.

Comparez cela aux vagues dans l'eau. Lancez deux pierres dans l'eau simultanément et à courte distance l'une de l'autre, et vous verrez les ondes provoquées par une pierre « pénétrer » les ondes de l'autre.



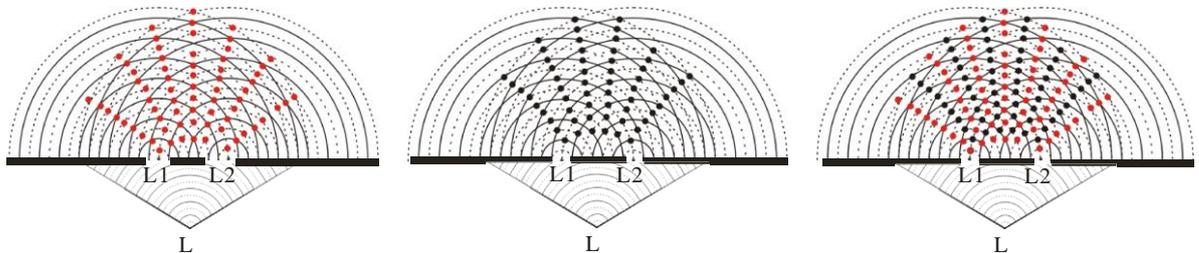
Lorsque deux crêtes de vagues se rejoignent, on obtient une crête plus haute, et lorsque deux vallées de vagues se rejoignent, on obtient une vallée plus profonde. Lorsqu'une crête remplit une vallée, l'eau reste à son niveau initial.

La lumière est également un mouvement ondulatoire, mais deux mille ondes entrent dans un millimètre. Si deux sommets de vagues ou deux vallées coïncident, la lumière est deux fois plus intense. Toutefois, si une crête coïncide avec une vallée, on assiste au curieux phénomène suivant : la lumière ajoutée à la lumière conduit à... l'obscurité.

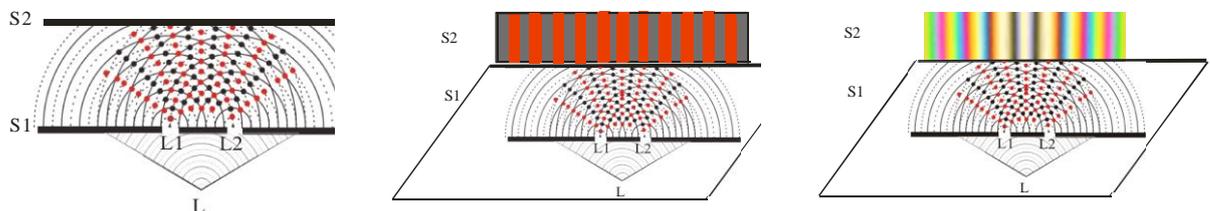
Regardez le dessin ci-dessous à gauche. Les vagues en pointillé indiquent les vallées, les vagues en trait plein les sommets. Là où deux sommets ou deux vallées d'ondes se rencontrent, un point rouge a été placé. L'intensité lumineuse y est double.

Les points noirs sur le dessin du milieu indiquent, de manière tout à fait analogue, les endroits où un sommet remplit une vallée. À cet endroit, les deux se neutralisent et il n'y a pas de lumière.

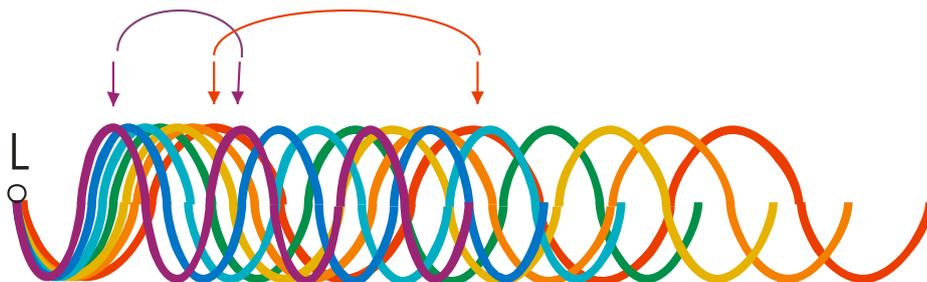
Le dessin à l'extrême droite réunit les deux précédents.



Gardez à l'esprit qu'en réalité, il ne s'agit pas de cercles, mais de sphères qui ne cessent de s'étendre. Imaginez que la ligne noire en haut du dessin ci-dessous à gauche est un écran que nous voyons en vue de dessus. Regardez-le dans le dessin du milieu en vue de face. Nous y voyons les projections des différentes lignes, comme nous l'avons vu sur notre mur lors de l'expérience avec la grande lampe à sodium. Si nous ne travaillons pas avec une lumière monochromatique, mais avec une lumière blanche, des bandes de couleurs interférentielles apparaîtront, comme le montre l'image à l'extrême droite.



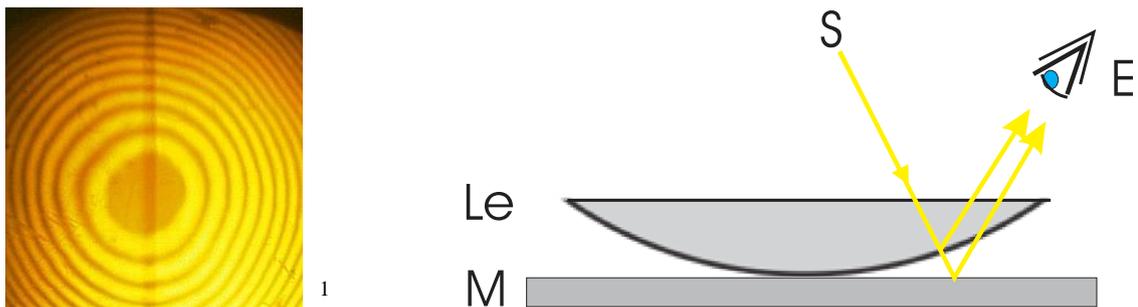
En lumière blanche, seules quelques lignes d'interférence sont visibles. Les différentes couleurs ont chacune une longueur d'onde différente. Par exemple, la longueur d'onde de la lumière rouge est presque le double de celle de la lumière violette.



Après quelques longueurs d'onde, elles sont rapidement « désynchronisées » l'une par rapport à l'autre, de sorte que les couleurs distinctes se chevauchent à nouveau. Leurs couleurs se mélangent et donnent ensemble de la lumière blanche. Les expériences d'interférence avec la lumière blanche requièrent donc une plus grande précision que les expériences avec la lumière d'une seule couleur.

#### 4.7. Les anneaux de Newton

Les « anneaux de Newton » sont également un phénomène d'interférence. Newton les a signalés mais n'a pas pu les expliquer parce qu'il ne voyait pas la lumière comme un mouvement ondulatoire mais comme un corpuscule, comme de petites particules. L'image de gauche nous donne une vue de dessus, le dessin de droite une coupe transversale. Sur le dessin, nous voyons une lentille convexe plate Le reposant sur le miroir M. Un faisceau provenant de la source lumineuse S éclaire l'ensemble du miroir. Seule une petite partie est représentée. Un rayon traverse la lentille et se reflète sur sa face inférieure. Une autre partie traverse le miroir et s'y réfléchit. Les deux rayons lumineux sont reçus par l'œil en E.



Men moet zich voorstellen dat in feite tal van lichtstralen over het hele lensoppervlak dit doen, en dat er lichtstralen die aan de onderzijde van de lens weerkaatsen, zullen samenvallen met andere lichtstralen vlakbij, op het glas net ernaast weerkaatsen. Zulke stralen verenigen zich en vormen de verschillende interferentiecirkels.

We zouden het enigszins kunnen vergelijken met het stukje zeepbel waarbij licht zowel aan de oppervlakte als aan de onderzijde weerkaatsen. Hier is het stukje zeepbel vervangen door de open ruimte tussen lens en spiegel. Het 'stukje' bestaat hier uit de open ruimte van lucht tussen lens en spiegel. Maar het principe blijft hetzelfde.

<sup>1</sup> <https://nl.wikipedia.org/wiki/Newtonring#/media/Bestand:Newton-rings.jpg>