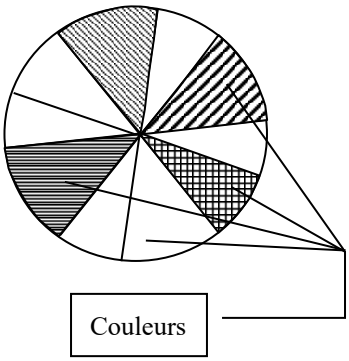
Les ondes lumineuses

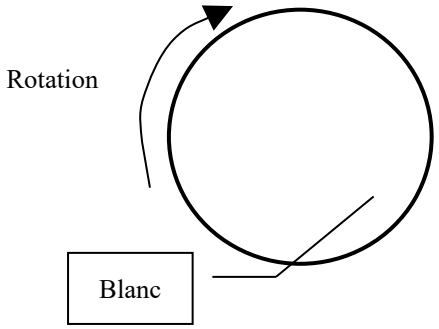
I Disque de Newton

Support : vidéo n°01 et vidéo n°02

a. La lumière du Soleil est un mélange d'ondes lumineuses.

La lumière blanche est la réponse de notre cerveau à un mélange de différentes couleurs reçu par nos sens (œil, rétine, nerf, cerveau). On peut percevoir ce phénomène facilement avec l'expérience du disque de Newton.





Lorsqu'on tourne rapidement la roue colorée, notre œil fait une addition du fait de sa lenteur (persistance rétinienne). On observe alors une roue blanche (la source de lumière a une importance).

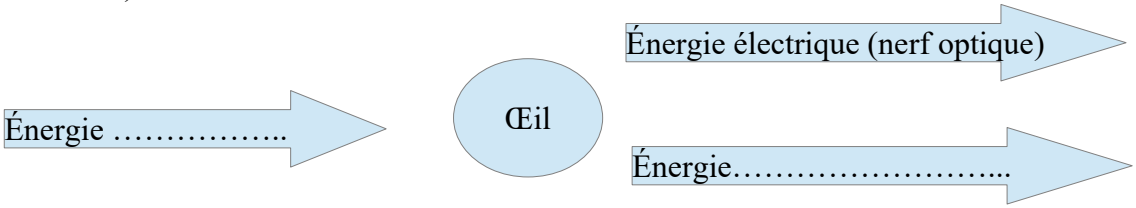
La perception du blanc est en fait un ensemble de perceptions colorées qui en se superposant nous offre cette interprétation

b. Récepteur et émetteur

L'œil est un récepteur de lumière, il est capable recevoir d'une source lumineuse (émetteur) de la lumière qui transporte des informations. L'œil associé au cerveau peut, par exemple, analyser différentes catégories de lumière que notre cerveau interprète comme des couleurs.

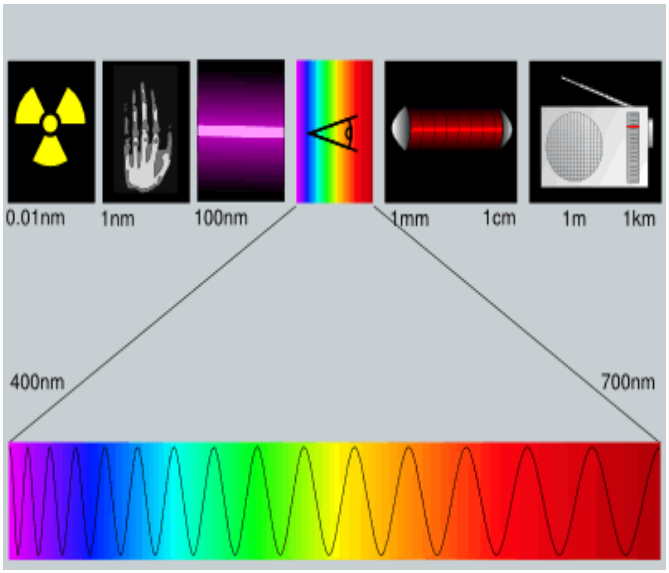
c. Diagramme énergétique

Ainsi un œil ne doit pas recevoir trop de lumière car il peut être endommagé par de l'énergie thermique (la rétine peut être brûlée).



II Quelle est la nature de la lumière ?

La lumière visible par notre œil appartient à la famille **des ondes électromagnétiques**. La plupart de ces ondes **ne sont pas visibles par notre œil**.



Les ondes visibles mélangées peuvent former une lumière qui est interprétée comme étant plus ou moins blanche pour notre système nerveux.

De manière plus général, les ondes électromagnétiques comportent les ultraviolets dont on se protège en été avec des crèmes solaires, les ondes radio pour communiquer ou les rayons X pour faire des radiographies du corps.

Film : La perception des couleurs par notre œil

III Expérience avec la cloche à vide : Les ondes sonores et lumineuses sont de natures différentes.

Observons la vidéo suivante : ondes sonores et ondes lumineuses

- Quelle est la propriété optique du verre de la cloche ?

……..

- Lorsqu'on enlève l'air sous la cloche, perçoit-on une différence de visibilité du réveil ? Que peut-on en déduire ?

……..

……..

- Lorsqu'on enlève l'air sous la cloche, perçoit-on une différence de perception du son ? Que peut-on en déduire ?

……..

……..

- Quels appareils permettent d'étudier les ondes sonores ? Quels est le rôle de chacun de ces appareils ?

……..

……..

……..

IV Vitesse de la lumière

a. Observer la vidéo sur l'histoire de la mesure de la vitesse de la lumière n°1

- A partir de quel siècle a-t-on pu commencer à mesurer une vitesse pour la propagation de la lumière ?

….

- Avec quel phénomène a-t-on pu s'en convaincre ?

….

- Pourquoi peut-on dire qu'observer les planètes, **c'est regarder dans le passé** ?

….

b. Observer la vidéo sur l'histoire de la mesure de la vitesse de la lumière n°2

- Quel physicien a pu mesurer pour la première fois la vitesse de la lumière sur Terre ?

….

- Quelle relation utilise-t-on pour déterminer la vitesse (c) de la lumière ?

….

….

- Quelle vitesse a été mesurée (historiquement) ?

….…

….…

V La vitesse de la lumière a une valeur fixée

Depuis 1983, la vitesse de la lumière a une valeur définitivement fixée. Cette valeur fixée, avec d'autres constantes physiques de l'univers, permet de définir le système international d'unité en se passant d'objets physiques (comme le mètre étalon ou le kilogramme étalon).

La vitesse de la lumière dans le vide a une valeur fixée de c = 299 792 458 m.s^{-1}

On déduit ainsi qu'un signal lumineux transporté par une onde électromagnétique se propage à une vitesse limitée que l'on nomme célérité. Celui-ci parcourt une certaine distance (d) durant un intervalle de temps (Δt). On peut noter cette célérité c (au lieu de v).

Ainsi, on peut utiliser **les relations suivantes** pour étudier la propagation des ondes lumineuses

$$v = \frac{d}{\Delta t} \quad \text{ou} \quad c = \frac{d}{\Delta t}$$

Dans le système international d'unités

c sera en mètre par seconde (m/s), d en mètre (m) et Δt en seconde (s)

Exercices

Exercice n°01 : La distance Terre-Lune

À partir de 1969, le programme Apollo des américains et le programme Luna des soviétiques ont conduit à la pose de réflecteurs sur le sol lunaire. En mesurant le temps que met à revenir un faisceau laser émis depuis la Terre après s'être réfléchi sur la Lune, on peut en déduire la distance Terre-Lune avec une très grande précision (de l'ordre du centimètre). La distance moyenne calculée dans le cadre de l'expérience connue sous le nom de Télémétrie laser-Lune est de 384×10^6 m.

D'après Wikipédia

- Tracer un schéma indiquant le trajet de la lumière avec des rayons lumineux. Indiquer la distance Terre-Lune (d_{T-L})

- Quelle est la durée pour que le faisceau LASER effectue un aller-retour (rédaction complète) ?

….....

….....

….....…

Exercice n°02 : L'année lumière

L'année-lumière (a.l.) est **une unité de mesure de distance** (et non de temps). L'union astronomique internationale la définit comme la distance parcourue par un photon (onde électromagnétique) dans le vide, **en une année julienne** (soit 365,25 jours). *D'après Wikipédia*

- Quelle est la distance, **en km**, parcourue par la lumière en une année dans le vide ? En déduire la valeur d'une année-lumière.

….....

.....

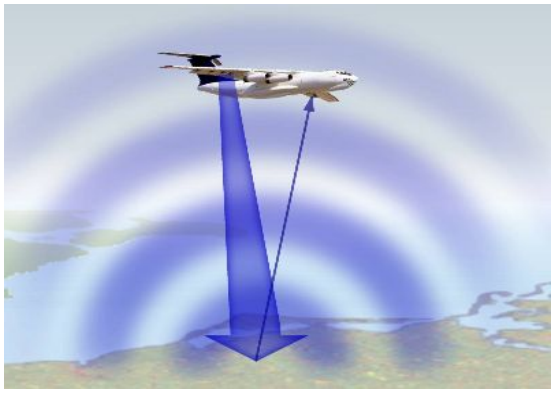
….....….....

……..……..

……..……

Exercice n°03 : Le radar

Le radar (RAdio Detecting And Ranging) utilise une onde électromagnétique pour détecter, localiser, suivre et identifier des objets, et cela à des distances considérables. Il émet une onde vers l'objet, communément appelé cible, et mesure l'écho de cette onde. En effet, quand l'onde émise «illumine» la cible, celle-ci réfléchit une portion de l'onde vers le radar. Les radars utilisent des ondes de différentes fréquences selon l'utilisation qui en est faite.



Le **radioaltimètre** ou **radar altimétrique** est un appareil à bord d'un aéronef (ou d'un satellite) destiné à mesurer sa hauteur par rapport au sol ou la surface de l'eau. En aéronautique c'est un instrument d'aide au pilotage en particulier en vol sans visibilité, ou vol aux instruments. Il indique la hauteur de l'aéronef au-dessus du sol et non l'altitude barométrique mesurée par un altimètre simple

➢ Quelle relation peut-on établir entre **l'intervalle de temps Δt** s'écoulant entre l'émission du signal radio et la réception du signal réfléchi, **la hauteur h** de l'avion et **la vitesse de la lumière c** ? | I5 | /2 |

….....

….....

….....

….....

Un avion est à une altitude de 10 km et vole au dessus de la mer.

➢ Quel sera l'intervalle de temps détecté entre l'émission et la réception ?

….....

….....

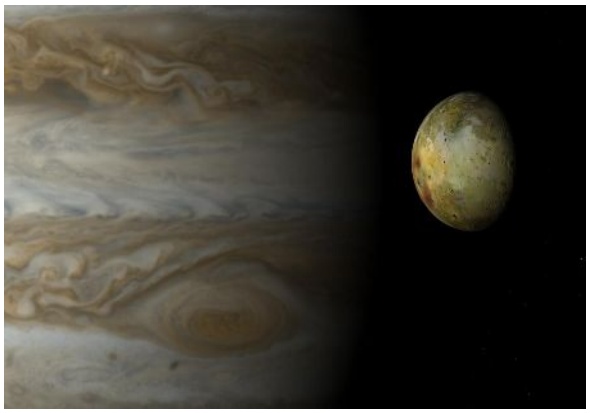
….....

….....

Exercice n° 04 : La planète Jupiter et son satellite IO

Io est un satellite naturel de Jupiter. Elle fait le tour de Jupiter en à peu près 40 h.

Ole Christensen Rømer, en 1676, travaillant sur les éclipses du satellite Io de Jupiter, remarqua que ces événements se produisaient tantôt «à l'heure prévue», tantôt 10 minutes en avance et d'autres fois 10 minutes en retard. Il sut trouver l'explication de ce mystère, en considérant les positions respectives de la Terre et de Jupiter par rapport au Soleil (*Wikipédia*).



Io passant à proximité de la planète Jupiter

Données :

- Distance Terre-Soleil : 150 millions de km
- Distance Jupiter-Soleil : 780 millions de km

- Dessiner sur votre cahier un schéma (sans échelle) représentant le Soleil, la Terre et la planète Jupiter.
- Indiquer les positions pour lesquelles Io serait «à l'heure», «en avance» et «en retard».
- Calculer une vitesse approximative de la lumière avec ces données datant du XVII° siècle.

….....

….....

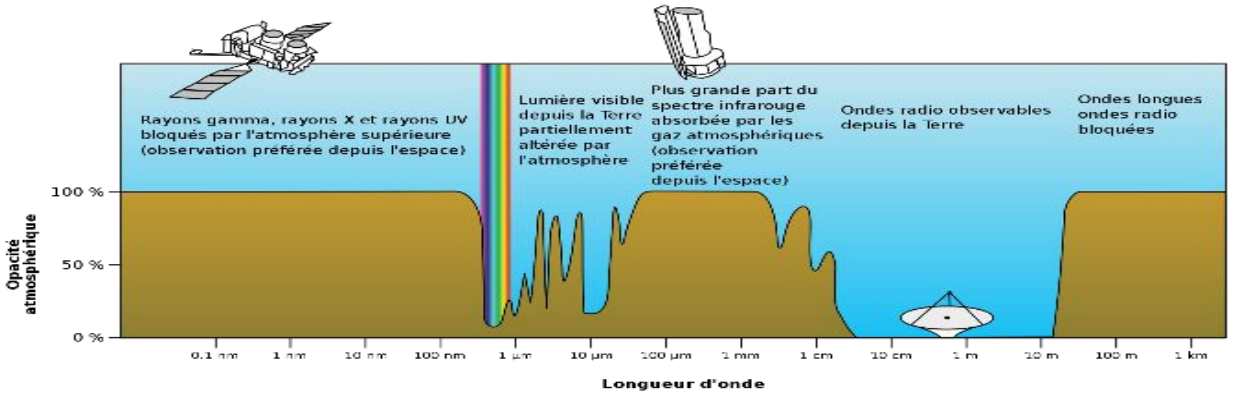
Exercice n°05 : L'atmosphère terrestre et l'effet de serre

Notre atmosphère est **relativement opaque** au spectre électromagnétique. Certaines ondes ne peuvent traverser notre atmosphère tandis que d'autres au contraire traversent totalement celle-ci (voir le document ci-dessous sur l'opacité de l'atmosphère pour les ondes électromagnétiques.

- Les rayons gamma et les rayons X peuvent-ils traverser notre atmosphère ?

….....

Le Soleil envoie sur Terre de l'énergie lumineuse principalement sous les formes suivantes : ultraviolets (UV), lumière visible et des infrarouges (IR) proches du visible.



- Quelles ondes électromagnétiques sont concernées dans l'effet de serre sur Terre (lire les indications sur le document) ?

……

……..……..…

……..……..…

Exercice n°6

Alpha Centauri (α Centauri), en français Alpha du Centaure, est le système stellaire et planétaire le plus proche du système solaire. Il est situé à 4,37 années-lumière du Soleil. Il s'agit d'un système à trois étoiles : α Centauri A, α Centauri B et α Centauri C et au moins une planète.

D'après Wikipédia

- Quel est l'intervalle de temps **Δt** pour qu'un signal lumineux émis par une étoile de ce système atteigne la planète Terre ?

……

- Quelle distance a été parcourue par ce signal lumineux en mètres (avec la notation scientifique) ?

……..……..…

……..……..

Exercice n°7

Un télémètre LASER est très utilisé pour effectuer des mesures de distance par les artisans. On peut ainsi déterminer facilement des longueurs dans une pièce.

La lumière du laser en rencontrant un mur, est réfléchie partiellement vers le télémètre. Le télémètre en mesurant l'intervalle de temps **Δt** entre l'émission et la réception et connaissant la vitesse de propagation de la lumière $\mathbf{c = 3.10^8\ m.s^{-1}}$ peut calculer la distance d entre deux murs.

- Sachant que la distance entre les deux murs est de 8 m, quel est l'intervalle de temps entre l'émission et la réception (en seconde) ?

……

……..……..…

……..……..…