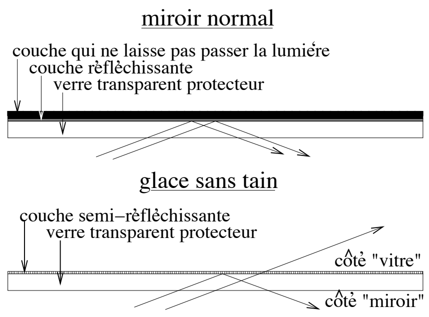
physique 4

Claude

7 mai 2004

Première partie
questions

1 glace sans tain



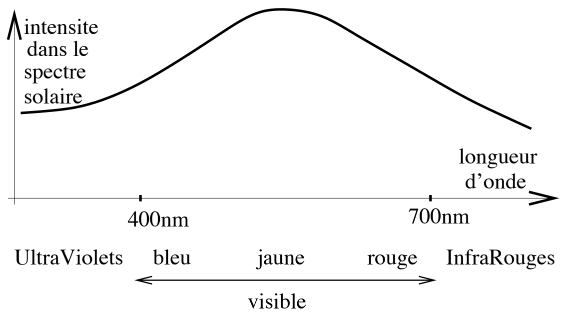
Un miroir renvoie quasiment toute la lumière. Alors qu'une glace sans tain renvoie seulement une partie de la lumière (ce qui lui donne l'aspect d'un miroir d'un côté), et laisse passer le reste (ce qui donne l'impression d'une vitre lorsqu'on la regarde de l'autre côté).

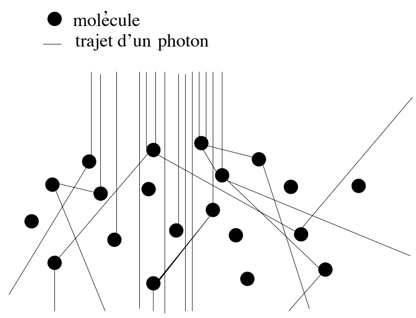
2 bleu du ciel

Le ciel est bleu la journée, et rougeoyant au lever et au coucher du soleil. Pourquoi ?

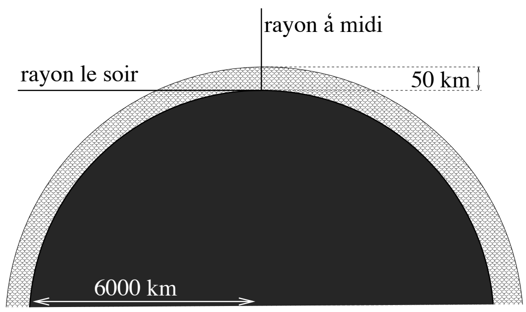
Le soleil nous envoie de la lumière. Ce n'est pas une lumière monochromatique(d'une seule couleur), mais un mélange de différentes couleurs. Chaque couleur correspond à une longueur d'onde différente [1]. Le spectre envoyé par le soleil est centré sur le jaune. Grosso modo on a :

[1] la lumière peut être pensée comme des particules (les photons), où comme une onde

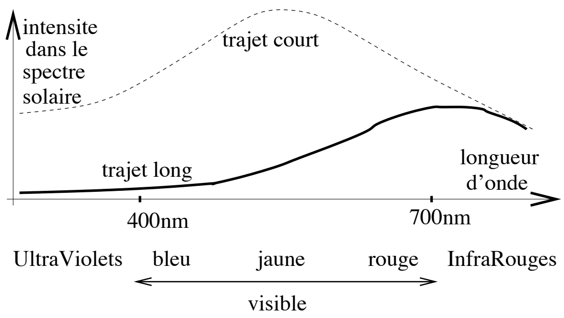




Les molécules constituant l'atmosphère absorbent les photons venant du soleil puis les réemmettent dans une direction aléatoire.C'est pourquoi le ciel est lumineux pas seulement dans la direction directe du soleil. Mais les molécules absorbent préférentiellement les photons de longueur d'onde courte, c'est-à-dire dans le bleu. La lumière diffusée prioritairement est donc dans le bleu. D'où le bleu du ciel.



Ceci est valable la journée, lorsque la couche d'atmosphère traversée par les rayons solaires est de l'ordre de 50km. Mais en début ou en fin de journée, les rayons traversent une épaisseur d'atmosphère beaucoup plus grande (le rayon de la Terre est de l'ordre de 6000km). Tout le bleu est donc déjà diffusé quand les rayons arrivent. Il ne reste plus que le rouge. D'où la couleur des levers et des couchers de soleil.

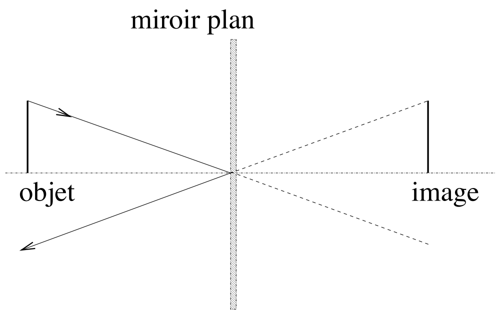


3 image dans la cuillère

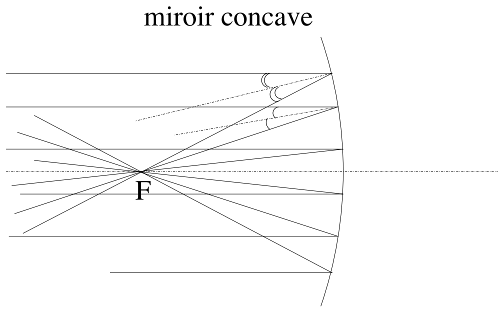
Quand on se regarde dans une cuillère on voit son image déformée. Pourquoi ? Ça c'est de l'optique. La cuillère est comme un miroir convexe d'un côté, concave de l'autre, et au rayon de courbure assez inégal. C'est à dire que ce n'est pas un morceau de sphère parfait, et que donc les grossissements vont être différents selon l'endroit de la cuillère, d'où la déformation.

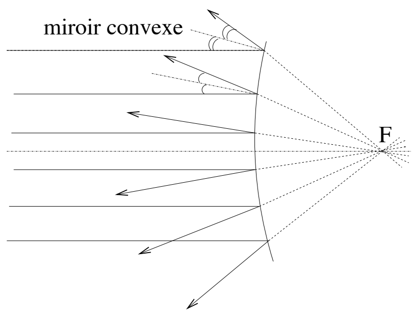
Voici quelques schémas pour expliquer un peu le fonctionnement de miroirs.

Un miroir plan, c'est-à-dire plat, ne va ni déformer ni agrandir l'objet dont il fait l'image. sur le schéma le trait plein représente le vrai parcours de la lumière et les traits pointillés le parcours "imaginaire" : celui si le miroir était transparent, et celui de l'image à l'observateur. On a en effet l'impression que l'image est derrière le miroir. En fait c'est à cause de l'angle de reflexion qui est égal à l'angle d'incidence (explication dans le premier poly).



Pour des miroirs concaves ou convexes, cela devient beaucoup plus compliqués. Sur les deux schémas on voit des rayons qui viennent de l' "infini", tous de la même direction. Lorsqu'ils se réfléchissent sur le miroir, on a de nouveau la loi : "angle de réflexion=angle d'incidence", sauf que la surface du miroir n'est plane que localement [2] . En effet l'angle que fait la surface avec la verticale varie. Les rayons ne sont donc pas renvoyés dans la même direction. Ils convergent en un même point appelé "point focal" dans le cas du miroir concave. Dans le cas du miroir convexe les rayons sont renvoyés dans des directions divergentes. Mais si on les prolongent de l'autre côté du miroir on obtient aussi un point de convergence, aussi appelé "point focal".





Les points focaux servent dans le dessin des images obtenues avec un miroir ou une lentille. Mais c'est très long à expliquer... Et vous le verrez sans doute en cours l'an prochain.

Deuxième partie
taille d'un animal et durée de vie

4 pertes thermiques et taille de l'animal

Soit L une longueur caractéristique d'un animal. Sa masse M est proportionnelle à L^3. On a donc $L \propto M^{\frac{1}{3}}$.

[2]on a l'impression que la terre est plate car on est très petits. De même un rayon petit ne voit qu'un petit morceau du miroir et pour lui c'est presque comme si il était plat

On va faire un modèle très grossier des dépenses énergétiques des animaux. On va supposer que la principale dépense énergétique est due à la régulation thermique, c'est-à-dire au maintien d'une température constante différente de la température extérieure. L'énergie perdue E est proportionnelle à la différence de température et à la surface de l'animal, laquelle est proportionnelle à L^2, et donc $E \propto M^{\frac{2}{3}}$

5 énergie dépensée et fréquence des battements du coeur

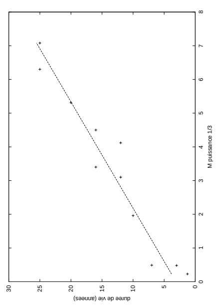
D'où vient l'énergie de l'animal ? Elle est dégagée par les réactions qui ont lieu entre les sucres apportés par l'alimentation et l'oxygène respiré (grossièrement : sucre + dioxygène → énergie + dioxyde de carbone + eau). L'oxygène est véhiculé par le sang. Le sang est mu par les contractions du coeur. On peut considérer que la masse du coeur est proportionnelle à M. Et donc la quantité d'oxygène apporté par un battement est proportionnelle à M. Soit T le temps entre deux battements du coeur, c'est-à-dire entre deux cycles de contraction. Plus cette période est courte, plus le coeur bat vite, plus il y a d'oxygène qui passe. Au final, la quantité d'oxygène apporté par unité de temps est proportionnelle à M et à $\frac{1}{T}$. On a donc $E \propto \frac{M}{T}$.

Par conséquent, $M^{\frac{2}{3}} \propto \frac{M}{T}$. On élève au cube : $M^2 \propto \frac{M^3}{T^3}$, d'où $T^3 \propto M$, ce qui est équivalent à $T \propto M^{\frac{1}{3}}$.

On peut supposer que le coeur est fabriqué de la même manière pour tous les animaux, du moins pour les mêmes classes d'animaux, et que donc le nombre total N de battements de coeur avant usure est à peu près fixe. La durée de vie d'un animal est donc NT, et par conséquent proportionnelle à $M^{\frac{1}{3}}$. Les gros animaux vivent plus lontemps que les petits.

6 comparaison avec la réalité

Il faut beaucoup de points pour faire quelque chose de probant. Cependant voici quelques données qui semblent aller avec notre calcul.



Voici les données (poids en kg, durée de vie en années,nom de l'animal :
40 , 16 , antilope
0.12, 7 , belette
30, 12, castor
90, 16, kangourou
150, 20, lama
70, 12, loup
0.012, 1.25, musaraigne
7.5, 10, renard
0.110, 3, taupe
250, 25, tigre
355, 25, zèbre

Troisième partie
un peu de relativité

7 hypothèse

Einstein dans sa théorie de la relativité restreinte, a supposé que la vitesse de la lumière, notée c, est une constante indépndante du référentiel galiléen choisi : $c = 2,99792458.10^8 m.s^{-1} \simeq 300000 km.s^{-1}$

8 le premier paradoxe du train

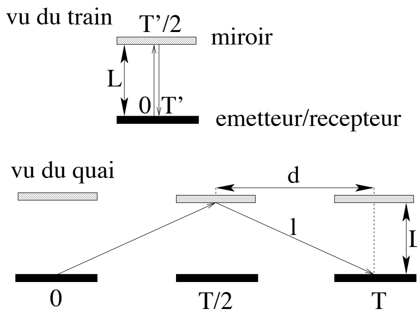
Un train passe dans une gare à la vitesse v. Le chef de gare est immobile sur le quai. Un voyageur immobile dans le train a une horloge un peu spéciale. Une lampe envoie pendant un temps très court de la lumière. Cette lumière est réfléchie par un miroir situé à une distance L et revient sur un capteur. Le temps T' mis par la lumière pour faire cet aller retour est utilisé pour compter le temps écoulé dans le train. La lumière parcourt 2L à la vitesse c. On a donc $T' = \frac{2L}{c}$, c'est-à-dire $L = \frac{cT'}{2}$.

Pour le chef de gare qui regarde cette étrange horloge à travers les vitres du train la lumière parcourt plus que 2L. Soit 2l cette longueur. Soit T le temps mis par la lumière pour faire un aller retour dans le référentiel du chef de gare. Pendant $\frac{T}{2}$, le train parcourt la distance $d = \frac{vT}{2}$. On voit sur la figure qu'on peut appliquer le théorème de Pythagore : $l^2 = L^2 + d^2$. On a donc $2l = 2\sqrt{L^2 + (\frac{vT}{2})^2}$. Or $T = \frac{2l}{c}$. Donc $T = \frac{0\sqrt{L^2+(\frac{vT}{2})^2}}{c}$. On remplace dans cette expression L par $\frac{cT'}{2}$.

On obtient : $T = \frac{2}{c}\sqrt{(\frac{cT'}{2})^2 + (\frac{vT}{2})^2}$

On élève au carré : $T^2 = \frac{4}{c^2}(\frac{c^2T'^2}{4} + \frac{v^2T^2}{4})$

On simplifie : $T^2 = T'^2 + \frac{v^2T^2}{c^2}$



$T^2(1-\frac{v^2}{c^2}) = T'^2$

Finalement : $T = T'\gamma$ avec $\gamma = \sqrt{\frac{1}{1-(\frac{v}{c})^2}}$.

T et T' sont différents ! La relativité remet en cause l'universalité du temps. Heureusement lorsque v est très petit par rapport à c, $\frac{v}{c}$ est très petit par rapport à 1, d'où $\gamma \simeq 1$, ce qui nous fait retrouver $T \simeq T'$ dans nos expériences quotidiennes, où v est effectivement très petit par rapport à c.

9 les jumeaux de Langevin

On va maintenant se mettre dans une situation où l'on approche la vitesse de la lumière.

On imagine 2 jumeaux, dont l'un est voyageur et l'autre sédantaire. Pendant que ce dernier reste sur Terre, le voyageur prend une navette spatiale qui va à $v = \frac{4}{5}c$ (ce qui fait quand même près de 240 000 $km.s^{-1}$, ce qui est encore très futuriste). $\gamma = \sqrt{\frac{1}{1-(\frac{4}{5})^2}} = \sqrt{\frac{1}{1-\frac{16}{25}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{25}{25}-\frac{16}{25}}} = \sqrt{\frac{25}{9}} = \frac{5}{3}$

On néglige les périodes d'accélération et de décélération. On imagine que pour le voyageur l'aller et le retour durent 3 ans chacun. Pour le sédentaire, comme $T = T'\gamma$, l'aller et le retour durent 5 ans chacun . C'est-à-dire que lorsqu'ils se revoient après ce long voyage le voyageur n'a vieilli que de 6 ans tandis que le sédentaire a vieilli de 10 ans ! C'est une bonne base pour des livres de science-fiction...

Ce genre d'effet n'est pas perceptible pour nous aux vitesses usuelles. Cependant, lorsqu'on fait voyager des horloges atomiques (lesquelles sont très précises : 1 seconde d'erreur en 300000 ans), on observe un décalage.