

## A- Astronomie et lois de l'optique

Pour **observer une étoile** ou une planète, on utilise une **lunette astronomique** qui possède un **objectif** formé de plusieurs **lentilles en verre**. On peut aussi utiliser un télescope, l'objectif étant alors un grand miroir poli sur un disque en verre. Un télescope étant beaucoup plus simple à fabriquer, tous les instruments modernes sont des télescopes.

Pour **analyser la lumière** de l'astre observé, on utilise un **spectromètre à prisme**. On peut aussi utiliser un réseau de diffraction (« grating » en anglais) qui a certains avantages sur le prisme.

Dans tous ces instruments, il y a des **lentilles et des prismes en verre**, pour **guider** la lumière et **former** des images.

Une loi physique très importante d'**optique géométrique** permet de calculer la forme de ces lentilles et de ces prismes.

L'optique géométrique est une **discipline importante** utilisée dans beaucoup de domaines : instruments scientifiques, d'observation, photographie, cinéma, médecine, ...



## B- Réfraction de la lumière.

**Quand la lumière change de milieu de propagation, sa direction de propagation change aussi.**

Exemples: Dispositif expérimental vu en TP, lentilles (lunettes, jumelles), aquarium avec de l'eau, air « qui tremble » au dessus d'un feu, ...

## C- Lois de Snell-Descartes.

**On mesure les angles  $i_1$  et  $i_2$  que font les rayons par rapport à la normale à la surface. L'angle  $i_1$  du rayon lumineux dans le milieu 1 et l'angle  $i_2$  du rayon lumineux dans le milieu 2 sont reliés par la relation**

$$n_1 \times \sin(i_1) = n_2 \times \sin(i_2)$$

**$n_1$  et  $n_2$  sont les indices de réfraction des milieux.**

Exemple 1: Fabrication d'une maquette 3D du schéma de la réfraction.

Exemple 2: Réfraction d'un rayon laser passant de l'eau à l'air sous un angle d'incidence de  $45^\circ$

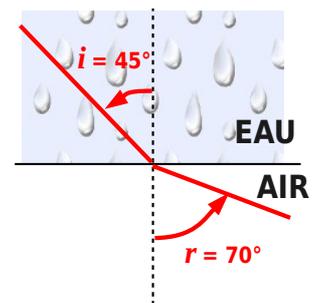
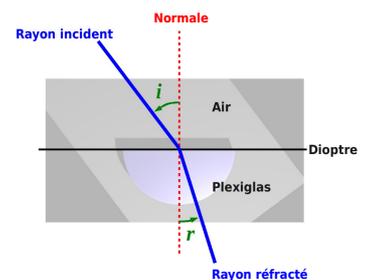
- Le milieu incident est l'eau  $n_1 = 1,33$ , l'angle d'incidence est  $i = 45^\circ$
- Le milieu réfractant est l'air  $n_2 = 1,00$ , calculons l'angle de réfraction  $r$ .

On écrit la loi de Descartes, et on va isoler l'inconnue  $r$  :  $n_1 \times \sin(i) = n_2 \times \sin(r)$

je divise par  $n_2$  et je simplifie  $\frac{n_1 \times \sin(i)}{n_2} = \frac{n_2 \times \sin(r)}{n_2}$  je calcule la valeur de  $\sin(r)$

$$\sin(r) = \frac{n_1 \times \sin(i)}{n_2} = \frac{1,33 \times \sin(45)}{1,00} = 0,940 \quad \text{J'en déduis la valeur de } r \text{ en utilisant la}$$

fonction  $\text{asin}()$  ou  $\sin^{-1}()$  sur la calculatrice)  $r = 70,1^\circ$ . Je fais attention à l'unité d'angle utilisée par la calculatrice (degrés, radians ou grad)!



## D- Dispersion de la lumière à l'aide d'un prisme.

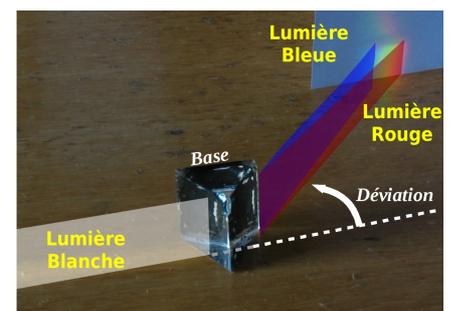
**Un prisme est un objet en verre ou en plastique de section triangulaire.**

**Il permet de disperser le spectre de la lumière, c-à-d de montrer les différentes couleurs composant cette lumière.**

**Un prisme disperse plus la lumière bleue que la lumière rouge.**

Explication du phénomène:

Lorsqu'un rayon lumineux change de milieu, il change de direction à cause du phénomène de réfraction. Ce phénomène dépend du milieu, de la couleur de la lumière et il est plus important pour la lumière bleue.



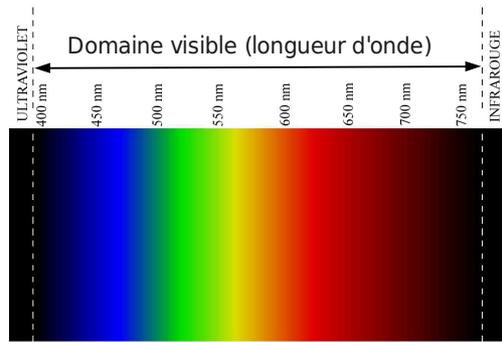
# L' Univers - Chapitre 3 - Comment analyser la lumière des étoiles ? 1/2

## E- Le spectre de la lumière visible.

La lumière visible va du rouge au violet en passant par l'orange, le jaune, le vert, le cyan et le bleu.

Pour identifier précisément la couleur, on mesure la « longueur d'onde » de la radiation monochromatique (« une seule couleur »).

Le spectre visible est représenté sur la figure ci contre.



Document : d'après le Centre d'Enseignement Supérieur et d'Initiation à la Recherche par l'Expérimental - Université Joseph Fourier - Grenoble

## F- Exercices.

**Exercice 1:** recopier en couleur le spectre visible

**Exercice 2 - Loi de Snell-Descartes, GIGN et Piranha**

Le GIGN a été appelé pour une intervention à la piscine municipale : un piranha psychopathe a été lâché par erreur dans le petit bassin où barbotaient des enfants.

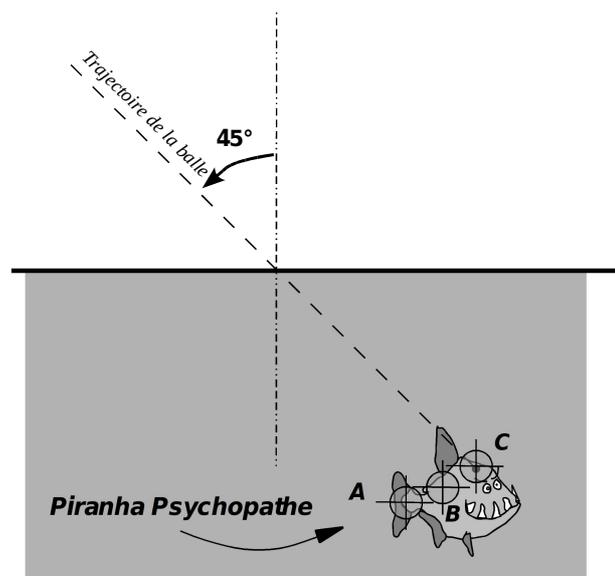
Le poisson carnivore les ayant tous bouffés, il a été décidé de « neutraliser » la bête à écaille en lui tirant une balle de fusil entre ses deux yeux.

La délicate mission est confiée au tireur d'élite Sniper-Kitty, qui utilise une carabine munie d'une visée laser.

La question est : Sniper-Kitty doit il viser la tête, le centre ou la queue du poisson pour l'abattre d'une balle entre les deux yeux ?

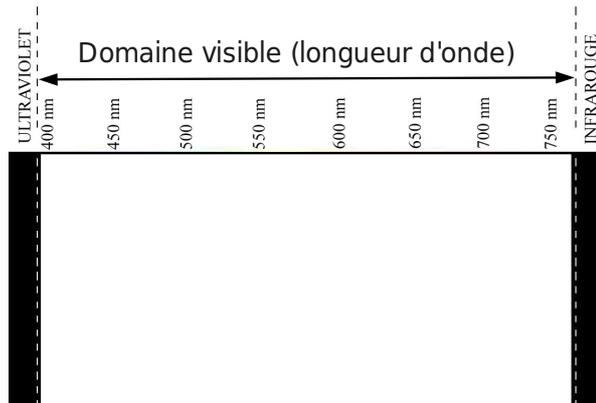
Le schéma suivant est à l'échelle. Un conseil : calculez et tracez à l'échelle la trajectoire du spot laser, depuis les points A, B et C, puis choisir le rayon laser le plus proche de la trajectoire de la balle qui passe par C.

**Données :** indice de réfraction de l'air 1,00. indice de réfraction de l'eau 1,33.



**Exercice 3 - Prisme et réfraction de la lumière.**

Dans chaque cas, dire si le schéma est correcte ou non. Dans la cas négatif, expliquez pourquoi le schéma est faux.



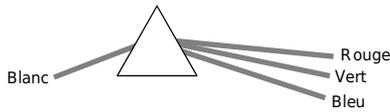
Document : d'après le Centre d'Enseignement Supérieur et d'Initiation à la Recherche par l'Expérimental - Université Joseph Fourier - Grenoble



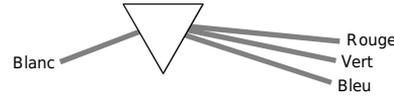
« I am the hand of God, I am the dealer of fate  
From a distance, in the trees and shadows, I wait  
With a round in the chamber and the bolt locked tight  
I look it in the eyes through my telescopic sight  
I touch the trigger and I say goodbye  
The piranha in my sights is about to die »

# L' Univers - Chapitre 3 - Comment analyser la lumière des étoiles ? 1/2

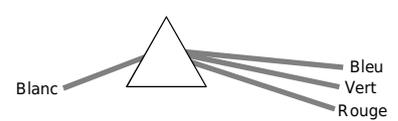
Cas 1



Cas 2



Cas 3



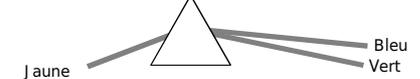
Cas 4



Cas 5



Cas 6



**Exercices du livre:**  exercice 8 p 49       exercice 10 p 49       exercice 11 p49       exercice 22 p 51

**Correction 1:**

Voir [physicus.free.fr](http://physicus.free.fr) pour le document en couleur ou livre doc. 3 p. 23.

**Correction 2:**

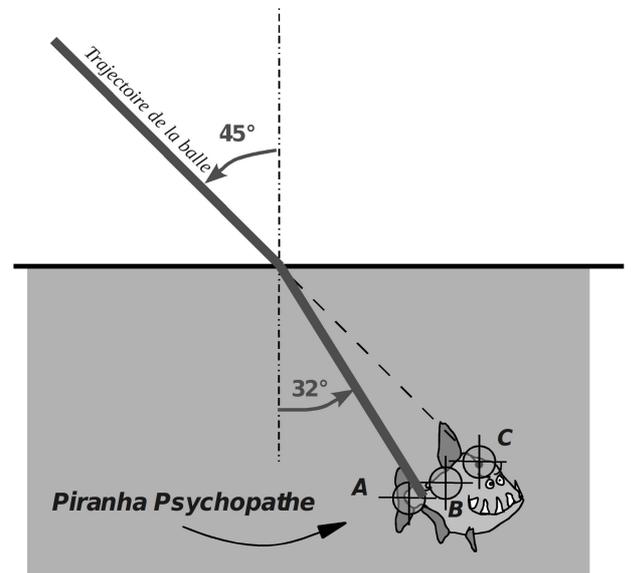
On sait que l'angle d'incidence  $i = 45^\circ$ , que le milieu incident est l'air, donc  $n_1 = 1,00$  que le milieu réfractant est l'eau donc  $n_2 = 1,33$ . On va calculer l'angle de réfraction  $r$  grâce à la loi de Descartes.

- On écrit la loi  $n_1 \times \sin(i) = n_2 \times \sin(r)$ .
- On divise l'égalité par  $n_2$  puis on simplifie  $n_1 / n_2 \times \sin(i) = \sin(r)$ .
- On calcule la valeur de  $\sin(r)$ :  $\sin(r) = 1,00 / 1,33 \times \sin(45^\circ) = 0,532$ .
- On en déduit la valeur de  $r$ :  $r = \text{asin}(0,532) = 32^\circ$

On doit donc tracer un rayon incident faisant un angle de  $45^\circ$  et un rayon réfracté faisant un angle de  $32^\circ$  avec la normale.

De plus, le rayon incident, qui est aligné avec le chemin de la balle de fusil doit se diriger vers la cervelle du piranha.

On trace donc le rayon incident, incliné de  $45^\circ$ , dirigé vers la cervelle du poisson. Ensuite, on trace le rayon réfracté avec un angle de  $32^\circ$  et on constate qu'il faut viser la queue du poisson pour atteindre sa cervelle.



**Correction 3:**

**Cas 1:** correct; **Cas 2:** incorrect, la base du prisme n'est pas du côté du faisceau dévié. **Cas 3:** incorrect, le bleu doit être plus dévié que le rouge. **Cas 4:** incorrect, base du prisme du mauvais côté et couleurs dans le mauvais ordre. **Cas 5:** incorrect, le rouge n'est pas un mélange de bleu et de vert. **Cas 6:** incorrect, car le bleu est moins dévié que le vert.

**Exercice 8 p 49** Voir correction p 338

**Exercice 10 p 49** Voir correction p 338. Appeler le professeur en cas de difficulté pour avoir de l'aide ou des explications supplémentaires.

**Exercice 11 p 49** Après lecture de l'énoncé, on connaît les angles d'incidence, de réfraction et l'indice du milieu 2, il faut calculer l'indice du milieu 1, c'est donc l'inconnue à isoler dans la Loi de Descartes.

Dans la formule  $n_1 \times \sin(i_1) = n_2 \times \sin(i_2)$  je divise de chaque côté par  $\sin(i_1)$  et j'obtiens  $\frac{n_1 \times \sin(i_1)}{\sin(i_1)} = \frac{n_2 \times \sin(i_2)}{\sin(i_1)}$ . Je

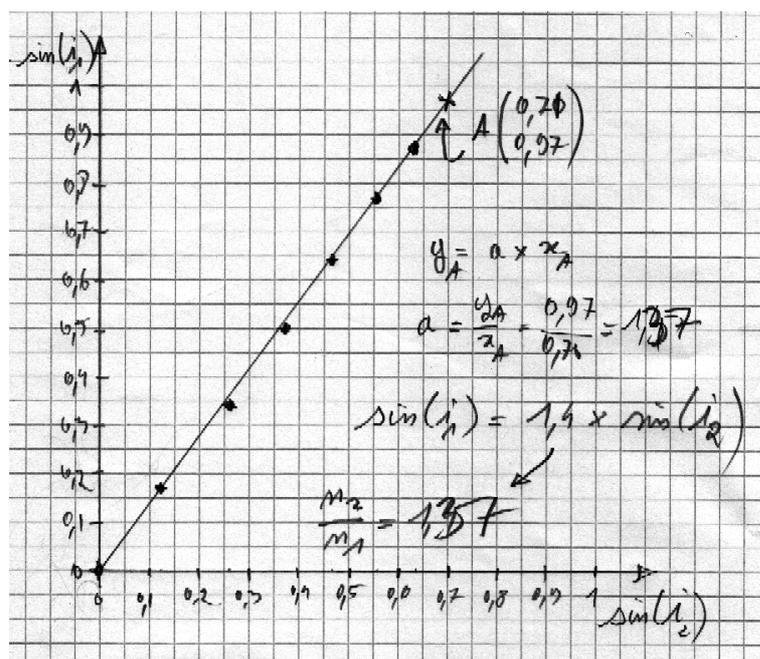
simplifie à gauche et finalement j'ai la nouvelle formule  $n_1 = \frac{n_2 \times \sin(i_2)}{\sin(i_1)}$  dans laquelle je peux utiliser les valeurs

numériques  $n_1 = \frac{1,21 \times \sin(30,6^\circ)}{\sin(27,0^\circ)} = 1,36$ . L'indice du milieu incident est  $n_1 = 1,36$ .

## L' Univers - Chapitre 3 - Comment analyser la lumière des étoiles ? 1/2

### Exercice 22 p 51

1. On lit sur le schéma de l'expérience que  $i_1 = 60^\circ$  et  $i_2 = 40^\circ$ . On calcule ensuite  $\sin(60^\circ) = 0,87$  et  $\sin(40^\circ) = 0,64$ .
2. Vérifier la position des axes. On peut prendre pour échelle 10 carreaux = 1,0.



3. D'après la loi de Snell-Descartes  $n_1 \times \sin(i_1) = n_2 \times \sin(i_2)$  et si on isole  $\sin(i_1)$  on obtient  $\sin(i_1) = \frac{n_2}{n_1} \times \sin(i_2)$ . C'est une droite passant par l'origine, elle est de la forme  $y = a \times x$  si on dit que  $y = \sin(i_1)$ ,  $x = \sin(i_2)$  et  $a = \frac{n_2}{n_1}$ . C'est ce que l'on observe sur le graphe.

4. Graphiquement, on constate que  $a = 1,37$ . Comme  $a = \frac{n_2}{n_1}$  on a  $1,37 = \frac{n_2}{n_1}$  et donc  $n_2 = 1,37 \times n_1 = 1,37 \times 1,00 = 1,37$

5. Le liquide semble être de l'éthanol.

Maquette 3D des lois de la réfraction de la lumière.

