

## TD O1 – Optique géométrique

### ★★★ Exercice 1 – Couleur d'un laser

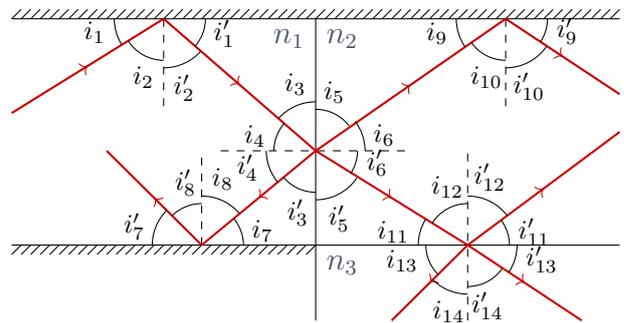
On utilise un pointeur laser, de longueur d'onde  $\lambda_0 = 532 \text{ nm}$ .

1. Représenter qualitativement le spectre du rayonnement de ce laser.
2. Donner la couleur du point obtenu en éclairant une feuille avec ce pointeur.
3. On place un bloc de plexiglas d'indice  $n = 1,51$  sur le trajet du faisceau. Exprimer puis calculer la longueur d'onde dans le plexiglas. Quelle est la couleur du pointeur laser ?

### ★★★ Exercice 2 – Snell-Descartes

Le schéma ci-contre n'est pas à l'échelle.

1. Reproduire le schéma ci-contre en ne laissant que les rayons lumineux existant réellement.
2. Donner toutes les relations angulaires possibles en précisant pour chacune si elle est d'origine géométrique ou optique.



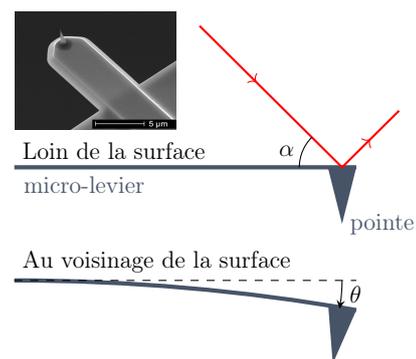
### ★★★ Exercice 3 – Indice de réfraction

Un rayon lumineux dans l'air tombe sur la surface d'un liquide. Il fait un angle  $\alpha = 56^\circ$  avec le plan horizontal. La déviation entre le rayon incident et le rayon réfracté est  $\theta = 13,5^\circ$ . Déterminer l'indice  $n$  du liquide ?

### ★★★ Exercice 4 – Microscope à force atomique

Un microscope à force atomique permet d'imager la surface d'un échantillon avec une précision remarquable, atteignant une résolution verticale de l'ordre de l'angström. On balaie pour cela la surface avec une pointe microscopique placée à l'extrémité d'un micro-levier. On mesure alors la déviation du levier liée aux interactions entre la surface et la pointe à l'aide d'un laser.

[toutestquantique.fr/afm/](http://toutestquantique.fr/afm/)



Exprimer la déviation  $D$  du laser, angle algébrique formé entre le rayon réfléchi quand le micro-levier est au repos et quand celui-ci est incliné d'un angle  $\theta$ .

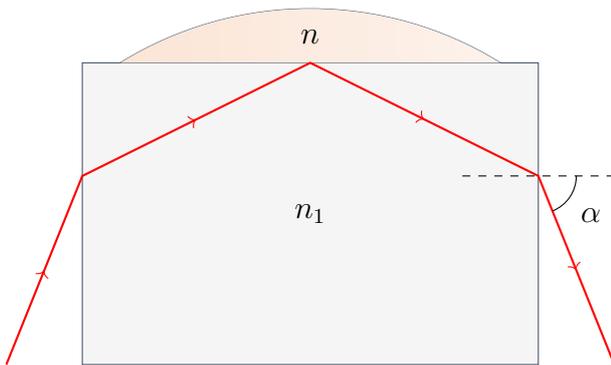
### ★★★ Exercice 5 – Passage à travers une vitre

1. Montrer qu'un rayon lumineux n'est pas dévié, mais décalé en traversant une vitre.
2. Pour une vitre d'épaisseur  $e = 1 \text{ cm}$ , que vaut le décalage latéral maximal ?

★★★ Exercice 6 – Réfractométrie

La réfractométrie est une méthode de caractérisation, qui permet de mesurer l'indice optique d'un liquide. Le principe du réfractomètre est illustré ci-dessous.

Après avoir déposé une goutte de liquide d'indice  $n$  inconnu sur un bloc de verre flint d'indice  $n_1 = 1,66$ , on envoie un rayon lumineux sur le bloc et on repère l'angle limite de sortie  $\alpha$  pour lequel il y a réflexion totale au niveau du dioptre verre/liquide.



Liquide	Indice optique
eau	1,33
éthanol	1,36
solution eau sucrée à 25 %	1,37
solution eau sucrée à 50 %	1,42
huile de silicone	1,52
disulfure de carbone	1,63

1. Exprimer l'indice du liquide  $n$  en fonction de  $n_1$  et  $\alpha$ .
2. Faire l'application numérique pour  $\alpha = 60,0^\circ$  et identifier le liquide testé.
3. Justifier l'intérêt d'utiliser du verre flint plutôt qu'un verre ordinaire d'indice voisin de 1,5 pour fabriquer le réfractomètre.

★★★ Exercice 7 – À la pêche

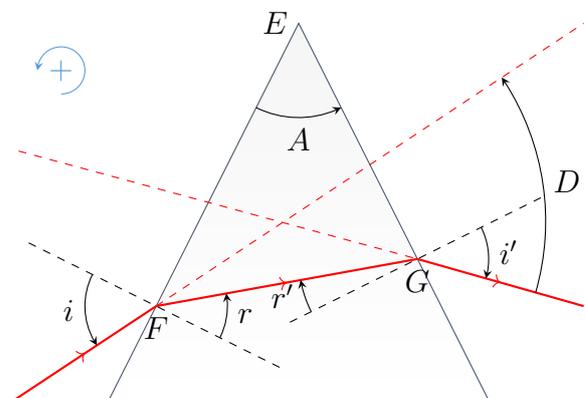
Un pêcheur, dont les yeux sont à une hauteur  $h = 1,70$  m au dessus de l'eau, observe un petit poisson situé à une profondeur  $p = 1,00$  m sous la surface. Les rayons lumineux issus du poisson arrivent aux yeux du pêcheur en formant un angle  $\alpha = 30,0^\circ$  avec l'horizontale.

Exprimer, puis calculer la distance  $d$  entre le pêcheur et le poisson en fonction de  $h$ ,  $p$ ,  $\alpha$  et de l'indice de l'eau  $n$ .

★★★ Exercice 8 – Prisme

On envoie un rayon lumineux sur un prisme transparent d'angle au sommet  $A$  et d'indice  $n$ . Ce rayon est contenu dans le plan perpendiculaire à l'arête du prisme.

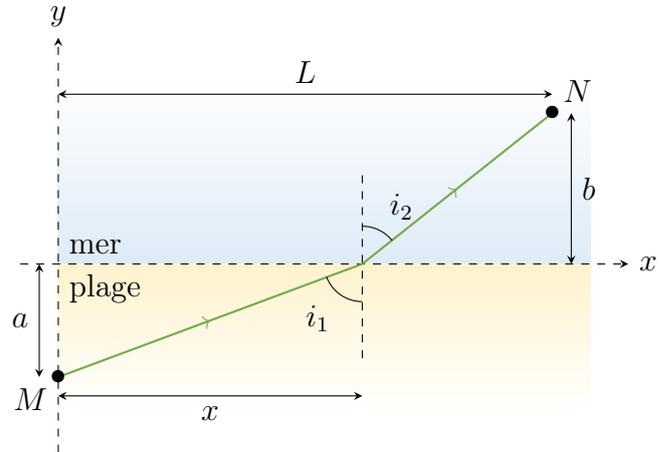
1. Donner les relations entre  $i$ ,  $r$  et  $n$  d'une part et  $i'$ ,  $r'$  et  $n$  d'autre part.
2. Établir la relation entre  $A$ ,  $r$  et  $r'$ , puis exprimer la déviation  $D$  introduite par le prisme en fonction de  $A$ ,  $i$  et  $i'$ .
3. Déterminer l'expression de  $i'$  en fonction de  $i$ ,  $n$  et  $A$  et en déduire l'expression de  $D$  en fonction de  $i$ ,  $n$  et  $A$ .



★★★ Exercice 9 – Sauvetage en mer

Un maitre-nageur situé en  $M$  repère un nageur en difficulté situé en  $N$ . Il souhaite atteindre le nageur le plus rapidement possible pour lui porter assistance au plus vite. On notera  $v_1$  la vitesse de course du maitre-nageur sur la plage et  $v_2$  sa vitesse de nage en mer.

1. Exprimer le temps  $T(x)$  nécessaire au maitre-nageur pour atteindre le nageur en fonction de  $x, L, a, b, v_1$  et  $v_2$ .
2. Donner la condition pour laquelle ce temps est extrémal, et l'exprimer en faisant intervenir les angles  $i_1$  et  $i_2$ . Commenter le résultat obtenu.



👍 Coups de pouce

- Ex. 3** Faire un schéma !  
**Ex. 4** Faire plusieurs schémas. Loin du micro-levier, la déviation du laser est due à la rotation du miroir plus qu'à sa translation vers le bas : tout se passe comme si le miroir tournait sur lui même d'un angle  $\theta$ .  
**Ex. 5** Encore une fois, faire un schéma ! Bon on l'aura compris : sans schéma, la vie est plus difficile.  
**Ex. 6** 1. Nommer les angles au niveau de chaque dioptré, puis établir des relations d'origine physique ou géométrique entre eux. 2. C'est l'occasion de véri-

- fier que l'on sait passer la calculatrice en radian ou en degré.  
**Ex. 7** Mais comment se simplifier la vie ?  
**Ex. 8** Un grand classique, à maîtriser absolument ! Proposé ici dans sa version angles orientés, il faut y faire attention. 2. Faire autant de schémas que nécessaire pour raisonner dans les bons triangles.  
**Ex. 9** 2. Que peut-on dire de la dérivée  $\frac{dT}{dx}$  quand  $T(x)$  est minimal (ou maximal) ?

✓ Éléments de correction

- Ex. 1** 1. une raie à 532 nm ; 2. vert ; 3.  $\lambda_{\text{plexiglas}} = 352$  nm, vert.  
**Ex. 2** 2.  $i_1 = i'_1 = i_4 = i'_4 = i_7 = i'_7$ ,  $i_2 = i'_2 = i_3 = i'_3 = i_8 = i'_8 = \frac{\pi}{2} - i_1$ ,  $i'_6 = i_{11} = i'_{11}$ ,  $i'_5 = i_{12} = i'_{12} = \frac{\pi}{2} - i'_6$ ,  $i'_{13} = \frac{\pi}{2} - i'_{14}$ ;  $n_1 \sin i_4 = n_2 \sin i'_6$ ,  $n_2 \sin i_{12} = n_3 \sin i'_{14}$ .

- Ex. 3**  $n = \frac{\cos \alpha}{\cos(\alpha + \theta)} \approx 1,60$ .  
**Ex. 4**  $D = 2\theta$ .  
**Ex. 5** 2.  $d = e$ .  
**Ex. 6**  $n = \sqrt{n_1^2 - \sin^2 \alpha} = 1,42$ .  
**Ex. 7**  $d = \frac{h}{\tan \alpha} + p \frac{\cos \alpha}{\sqrt{n^2 - \cos^2 \alpha}} = 3,80$  m.

- Ex. 8** 1.  $\sin i = n \sin r$ ,  $n \sin r' = \sin i'$ ; 2.  $A = r - r'$ ,  $D = i - i' - A$ ; 3.  $D = i - A - \arcsin(n \sin(\arcsin(\frac{\sin i}{n}) - A))$ .  
**Ex. 9** 1.  $T(x) = \frac{\sqrt{a^2 + x^2}}{v_1} + \frac{\sqrt{(L-x)^2 + b^2}}{v_2}$ ; 2.  $\frac{\sin i_1}{v_1} = \frac{\sin i_2}{v_2}$ .

## Exercice 10 – Cache-cache – Résolution de problème



Lorsqu'elles se sentent menacées, certaines grenouilles se cachent dans l'eau, juste sous un nénuphar.

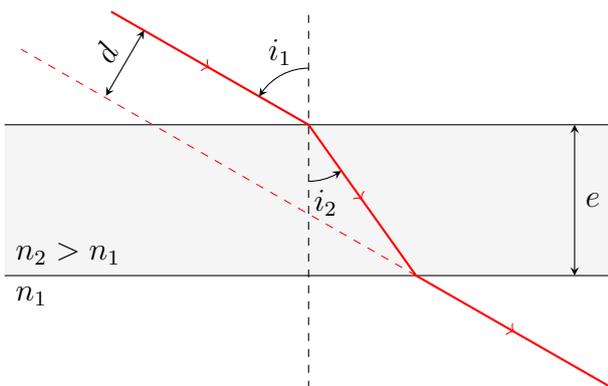
- Justifier qu'il s'agit d'une cachette parfaite vis à vis des prédateurs aériens.
- Proposer une estimation de la profondeur jusqu'à laquelle une grenouille est en sécurité.

*Crédit : Pinterest*

## Exercice 11 – lame de verre à faces parallèles – Oral CCP

### Lame de verre

Sur la face supérieure d'une lame de verre formée de deux dioptries plans parallèles, d'épaisseur  $e = 8,0$  cm, d'indice  $n_2 = 1,5$  plongée dans l'air dont on supposera l'indice  $n_1$  égal à 1,0, arrive un rayon lumineux sous une incidence  $i_1 = 60^\circ$ .



1. Y a-t-il toujours un rayon transmis de l'autre côté de la lame ?
2. Montrer que la déviation latérale  $d$  peut se mettre sous la forme

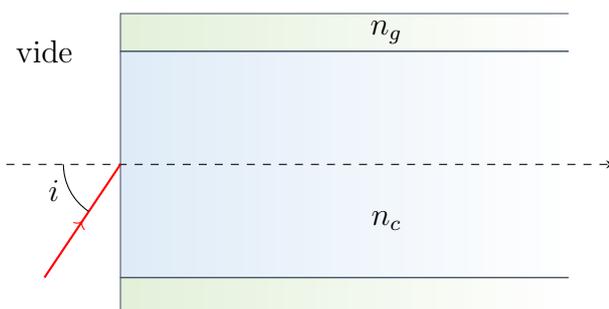
$$d = e \left( 1 - \frac{n_1 \cos i_1}{n_2 \cos i_2} \right) \sin i_1.$$

Effectuer l'application numérique.

3. À quelle condition la déviation  $d$  sera-t-elle proportionnelle à  $e$  et  $i_1$  ?

### Fibre optique

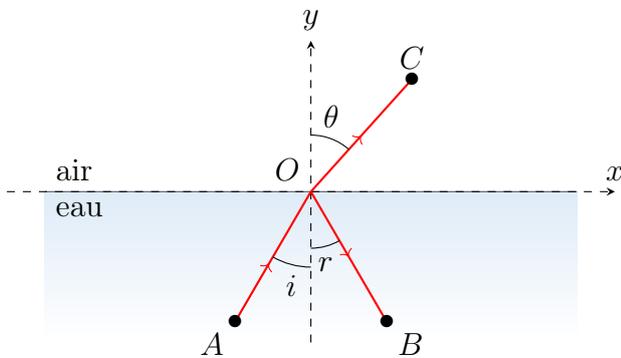
Une fibre optique, plongée dans le vide, est formée d'une âme en verre d'indice  $n_c = 1,66$  entourée d'une gaine en verre d'indice  $n_g = 1,52$ .



4. Quelle est la valeur maximale de l'angle d'incidence  $i$  pour laquelle la lumière est transmise dans l'âme de la fibre ?
5. Exprimer l'ouverture de la fibre en fonction de  $n_c$  et  $n_g$  de la façon la plus simple possible.

python **Exercice 12 – Tracé de rayon**

On souhaite étudier la situation ci-dessous avec Python.



1. Exprimer les coordonnées des points  $A$ ,  $B$  et  $C$  en fonction de  $i$  et des indices de l'eau  $n_{\text{eau}}$  et de l'air  $n_{\text{air}}$ . On prendra  $OA = OB = OC = 1$ .
2. Compléter le programme ci-dessous (lignes 24 et 25) pour tracer le rayon incident.
3. Compléter le programme pour tracer les rayons réfléchi et réfracté.
4. Retrouver « expérimentalement » la valeur numérique de l'angle de réfraction limite.

```

1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 i = 30          # angle d'incidence en degrés
5 n_air = 1.00   # indice optique de l'air
6 n_eau = 1.33  # indice optique de l'eau
7
8 #####
9 # PRÉPARATION DE LA FIGURE
10 #####
11 fig = plt.figure(figsize=(6,4))
12 plt.xlim(-1.5,1.5)
13 plt.ylim(-1,1)
14 plt.gca().set_aspect('equal') # même échelle sur les deux axes
15 # Le décor
16 plt.plot([-2,2], [0,0], "-k")
17 plt.fill_between([-2,2], 0,-2, color="C0", alpha=0.25)
18 plt.plot([0,0], [-2,2], "--k", alpha=0.2) # normale au dioptre
19
20 #####
21 # TRACÉ DES RAYONS
22 #####
23 # rayon incident
24 xa = #À COMPLÉTER#          # abscisse du point A
25 ya = #À COMPLÉTER#          # ordonnée du point A
26 plt.plot([xa,0], [ya,0])
27
28 plt.show() # pour afficher le graphique

```