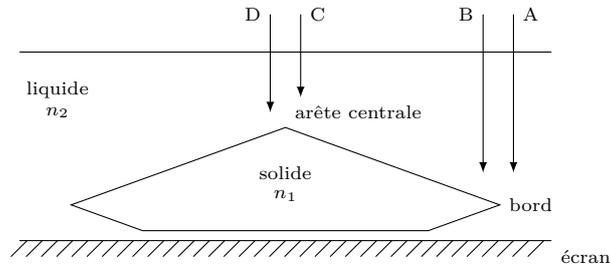


Devoir en temps libre n° 6

Analyse optique de gemmes

Un solide transparent d'indice de réfraction n_1 est plongé dans un liquide transparent d'indice de réfraction n_2 . Un faisceau lumineux, en incidence normale, vient éclairer le solide, et après la traversée de celui-ci, illumine un écran situé sous le solide.



1. Sur le document réponse en annexe, tracer l'allure du prolongement des rayons réfractés issus de A, B, C et D, jusqu'à l'écran, dans le cas où $n_1 > n_2$ (figure 1), puis dans le cas où $n_1 < n_2$ (figure 2). On ne tiendra pas compte des rayons réfléchis, on laissera apparent les traits de construction, et on justifiera sommairement les changements de direction au passage des dioptries.

2. En déduire que dans un cas, il y a, au niveau de l'écran, accumulation de lumière sous l'arête centrale et déficit de lumière sous le bord du solide, alors que dans l'autre cas l'inverse est observé.

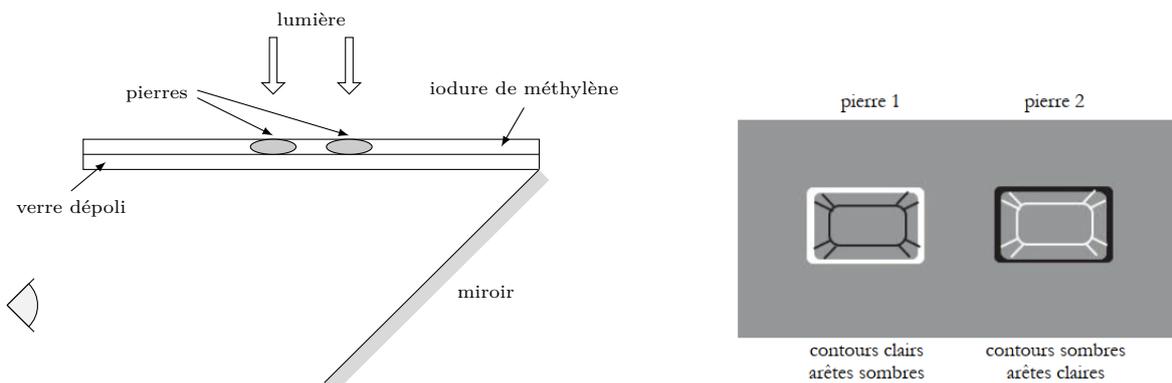
Un collectionneur de gemmes possède trois petites pierres transparentes et incolores : une moissanite, un zircon et un morceau de verre à fort indice (flint), ainsi qu'un flacon d'iodure de méthylène, un liquide transparent et incolore. Les trois pierres ont été interverties, si bien que leur propriétaire doit conduire une série d'expériences pour les reconnaître. La masse volumique et l'indice optique de ces quatre substances sont résumées dans le tableau ci-dessous :

substance	densité	n
moissanite	3,210	2,70
verre flint	3,740	1,64

substance	densité	n
zircon	4,690	1,95
iodure de méthylène	3,330	1,75

3. L'immersion des trois pierres dans l'iodure de méthylène permet de reconnaître immédiatement l'une d'entre elles. Laquelle ?

Les deux pierres restantes sont posées sur un morceau de verre dépoli, recouvertes d'iodure de méthylène, puis éclairées par le haut. Un miroir incliné situé sous le dispositif permet d'observer la lumière émergente. On considèrera que l'épaisseur du verre dépoli est suffisamment faible pour pouvoir négliger le décalage des rayons lumineux qui le traversent.



4. La pierre numéro 1 est entourée d'un contour brillant, et ses arêtes vives sont sombres ; la pierre numéro 2 est entourée d'un contour sombre, et les arêtes paraissent brillantes. Identifier chacune d'elles.

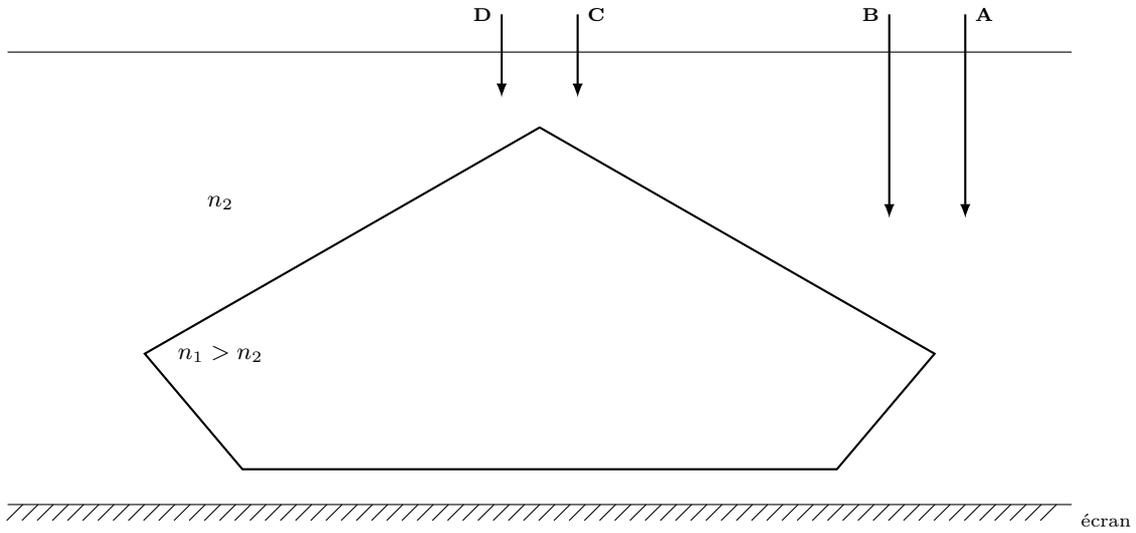


FIGURE 1 – Cas pour lequel $n_1 > n_2$.

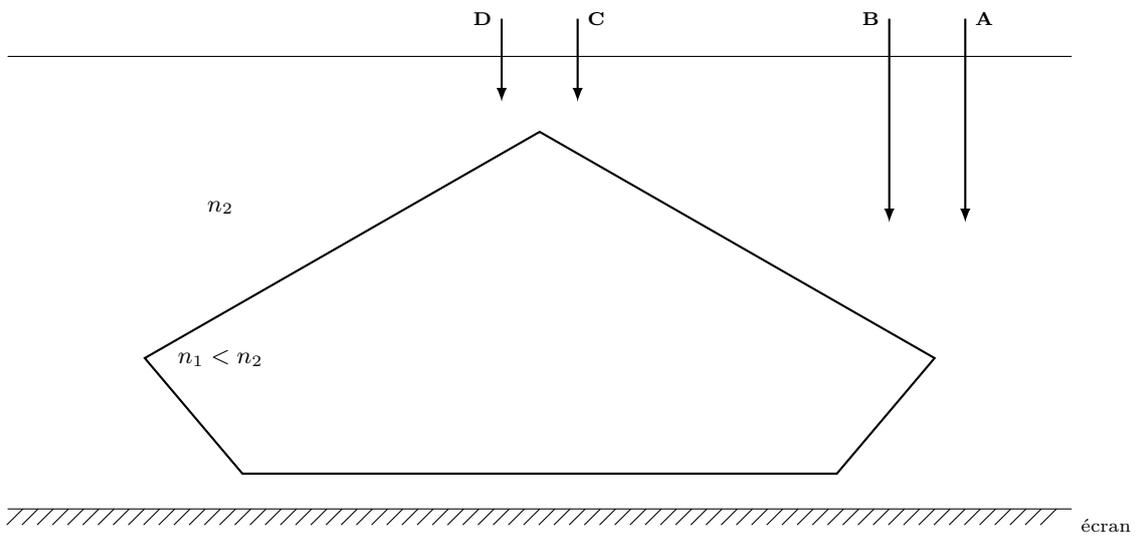


FIGURE 2 – Cas pour lequel $n_1 < n_2$.

Devoir en temps libre n° 6

éléments de correction

Analyse optique de gemmes

1. Au passage de l'air au liquide, les rayons ne sont pas déviés puisqu'ils passent ce dioptre sous incidence normale. Au passage du liquide au solide, en revanche, la loi de Descartes s'applique :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 \Rightarrow \sin i_1 = \frac{n_2}{n_1} \times \sin i_2$$

Dans le cas où $n_1 > n_2$, on a $\sin i_1 < \sin i_2$ et donc $i_1 < i_2$: les rayons se rapprochent de la normale au dioptre lors de la réfraction du liquide vers le solide, et s'en éloignent lors de la réfraction du solide vers le liquide.

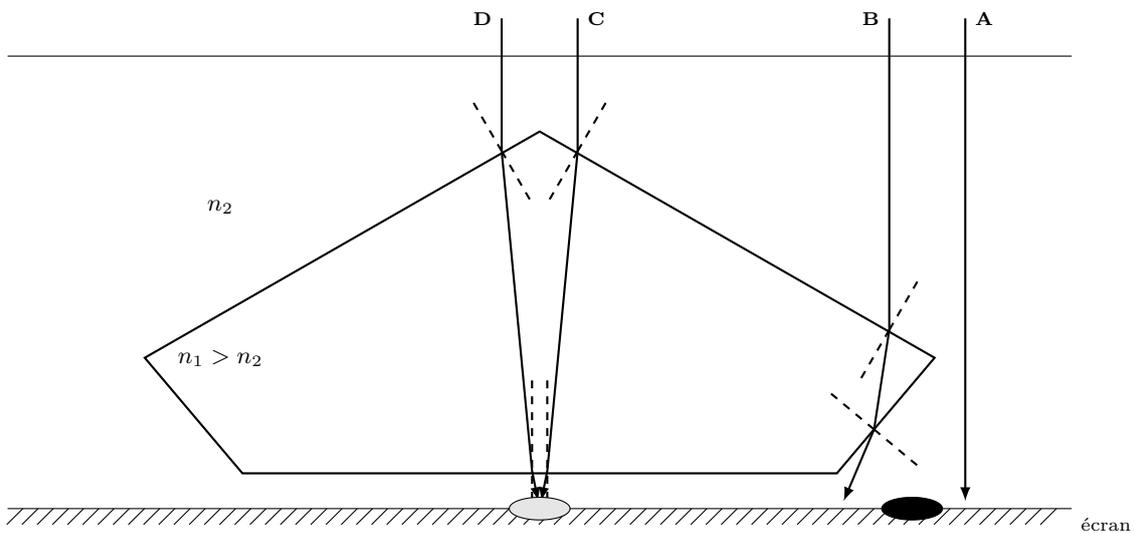


FIGURE 3 – Cas pour lequel $n_1 > n_2$.

C'est l'inverse qui se produit si $n_1 < n_2$: au passage du dioptre liquide-solide, les rayons s'éloignent de la normale, et au passage du dioptre solide-liquide, ils s'en rapprochent.

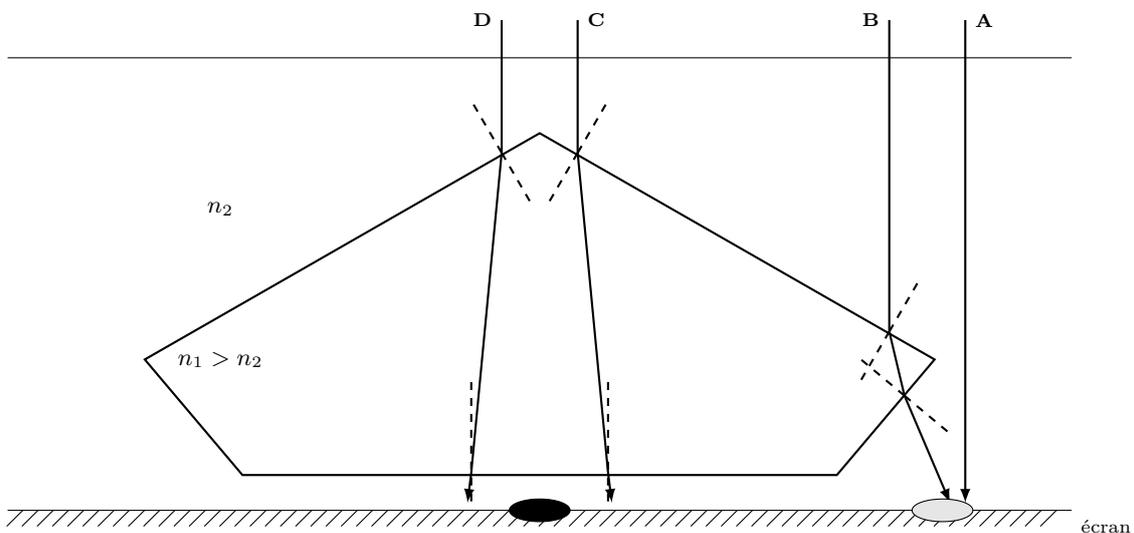


FIGURE 4 – Cas pour lequel $n_1 < n_2$.

2. Dans le cas où $n_1 > n_2$, les rayons C et D arrivant proches de l'arête centrale sont déviés vers le centre du solide ; en conséquence, de la lumière s'accumule sur l'écran à la verticale de l'arête (zone en gris sur le schéma). Le rayon B arrivant proche du bord du solide est également dévié vers le centre du solide lors des deux réfractions ; en conséquence, peu de lumière arrive sous le bord (en noir sur le schéma). Autrement dit, si $n_1 > n_2$, on observe une zone éclairée sous l'arête centrale et une zone sombre sous les bords du solide.

Inversement, si $n_1 < n_2$, les rayons C et D sont déviés vers les bords du solide et peu de lumière arrive sur l'écran à la verticale de l'arête (en noir). Le rayon B est également dévié vers le bord lors des deux réfractions, et l'écran est donc lumineux à la verticale du bord (en gris). En conclusion, si $n_1 < n_2$, on observe une zone sombre sous l'arête centrale et une zone éclairée sous les bords.

3. Seule la moissanite a une densité inférieure à l'iodure de méthylène ; cette pierre flotte donc sur le liquide, contrairement aux deux autres.

4. Sous la pierre 1, on observe que l'écran est éclairé à la verticale des bords et sombre sous les arêtes centrales ; on est donc dans le cas où $n_1 < n_2$ et la pierre est donc un verre flint. Sous la pierre 2, c'est l'inverse ce qui correspond à $n_1 > n_2$ et la pierre est un zircon.