

Réfraction et réflexion totale

Niveau sciences de base (cours à 1 période hebdomadaire)

1. Extraits du programme

Rappelons que l'ensemble de la partie consacrée à l'optique doit être couverte en 8 leçons environ (deux mois). Dans ces conditions, la réfraction ne peut être étudiée que qualitativement. La loi des sinus n'est pas vue et aucun calcul d'angle limite ne sera fait. Les lignes qui suivent reprennent in extenso les notions se trouvant au programme et son orientation méthodologique (partie « conseils »).

Savoirs

Réfraction

Déviation, réflexion partielle.

Angle limite, réflexion totale, applications (fibre optique, endoscopie).

Orientation méthodologique

Introduire la réfraction par quelques observations de « paradoxes » optiques (bâton brisé, profondeur apparente du fond d'une piscine, aquarium).

La réfraction et la réflexion totale sont étudiées expérimentalement sans formuler la loi des sinus et sans introduire la notion d'indice de réfraction. Montrer le sens de la déviation et l'influence de la nature des milieux sur l'angle de réfraction et l'angle limite.

2. Ressources à maîtriser par les élèves à l'issue de l'étude du chapitre

Certaines de ces ressources doivent normalement être maîtrisées préalablement (angle, propagation, rayon, réflexion, ...).

Les définitions (ou les significations) des termes suivants :

- Réfraction.
- Dioptre.
- Milieu plus (moins) réfringent qu'un autre.
- Normale à une surface.
- Angle.
- Angle limite.

Savoir que la lumière se déplace en ligne droite dans un milieu homogène.

Savoir qu'un rayon modélise la propagation de la lumière.

Savoir ce que sont le plan tangent et la normale en un point d'une surface courbe, les reconnaître.

Connaître les lois de la réflexion.

La description, avec les termes adéquats, des expériences faites et expliquées en classe, en particulier celle du bâton brisé et celle faite avec un faisceau lumineux et un demi-cylindre de plexiglas en vue de montrer ce qu'est la réfraction.

Connaissant l'ordre des réfringences, être capable de prolonger un rayon lumineux dessiné dans un premier milieu et arrivant sur un dioptre plan.

Savoir ce qu'est la réflexion partielle.

Savoir ce qu'est la réflexion totale et dans quelles conditions elle a lieu.

La description et l'explication du fonctionnement d'une fibre optique, la schématisation du trajet de la lumière dans une telle fibre.

Pouvoir citer et expliquer une application de la réflexion totale, notamment l'endoscopie.

Pouvoir schématiser des expériences faites en classe.

Être capable d'annoter des schémas.

Pouvoir classer, à partir d'un schéma, deux milieux par ordre de réfringence.

Pouvoir prédire si un rayon va subir une réflexion totale (l'angle limite du dioptre étant donné).

Remarque

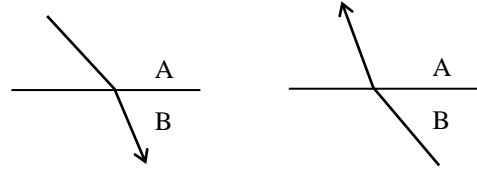
La réflexion totale dans un prisme isocèle droit n'étant pas mentionnée dans le programme, on ne peut la considérer comme une ressource minimale. Aucune question s'y rapportant ne se trouve donc dans la partie *évaluation des ressources*. Néanmoins, en fonction des possibilités horaires, cette application peut être vue au cours. Dans ce cas, certaines questions pourront être posées en évaluation des compétences (mention faite). Il est évident qu'en cas d'évaluation externe, ces questions ne pourraient être posées.

3. Exemples de questions d'évaluation des ressources

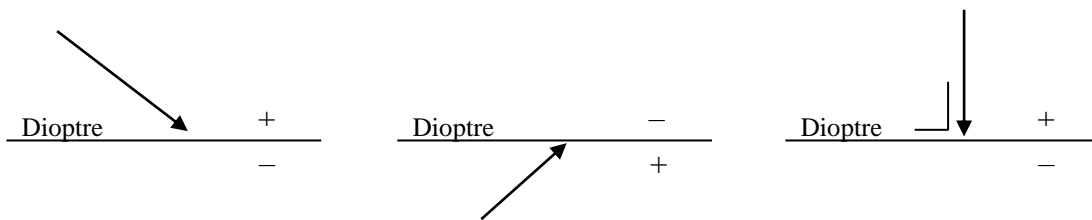
1/ Définir ... (chacun des termes).

2/ Que signifie : « le milieu A est moins réfringent que le milieu B » ?

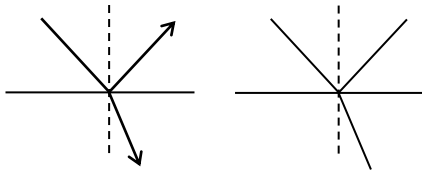
3/ Quel est, sur le schéma ci-contre, le milieu le plus réfringent, le milieu A ou le milieu B ? (Deux exemples sont donnés.)



4/ Un rayon lumineux arrive sur un dioptre (voir schéma ci-dessous). Complétez le schéma en indiquant (le mieux possible) le chemin que le rayon va suivre dans le second milieu. Les signes + et - indiquent quel est le milieu le plus réfringent et le milieu le moins réfringent. (Trois exemples sont donnés.)

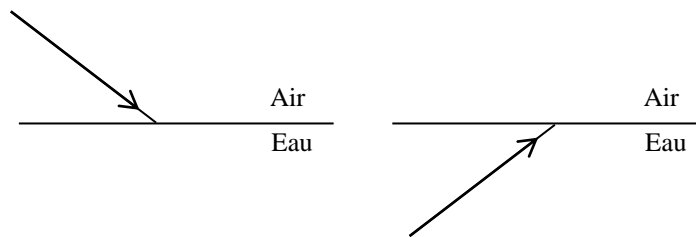


5/ Indiquez sur le schéma ci-dessous quel est le rayon incident, quel est le rayon réfléchi et quel est le

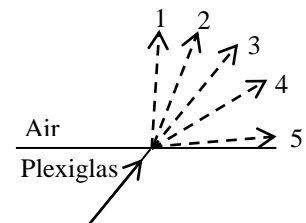


rayon réfracté. (Deux versions sont données.)

6/ Un rayon lumineux arrive sur le dioptre air / eau (voir schéma ci-contre). Va-t-il subir une réflexion totale ? Justifiez votre réponse. L'angle limite de ce dioptre vaut 48° . (Deux exemples sont donnés.)



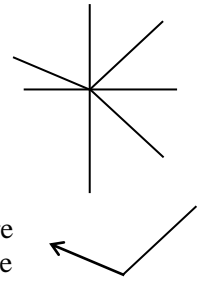
7/ Un rayon lumineux arrive sur le dioptre plexiglas / air (voir schéma ci-contre). L'angle d'incidence est un tout petit peu plus petit que l'angle limite (42°). La lumière va-t-elle ressortir dans l'air ? Si oui, quel chemin va-t-elle suivre : 1, 2, 3, 4 ou 5 ?



8/ Une caméra vidéo est branchée à une extrémité de fibres optiques. Ce système, appelé **endoscope**, permet d'observer l'intérieur de certains organes du corps sans intervention chirurgicale lourde. Expliquez de quelle manière la lumière est conduite depuis l'intérieur du corps du patient jusqu'à la caméra vidéo.

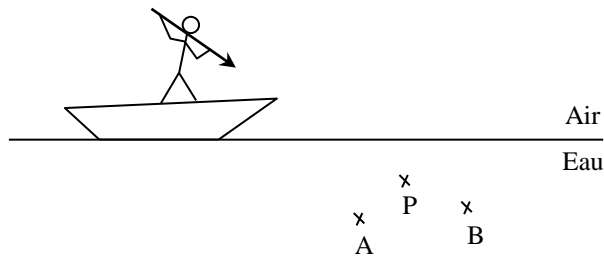
4. Exemples de questions d'évaluation des compétences

- 1/ Le schéma ci-contre représente un dioptre traversé par de la lumière. La normale au dioptre est également dessinée. Indiquez où se trouvent le rayon incident, le rayon réfléchi, le rayon réfracté, le dioptre et la normale.

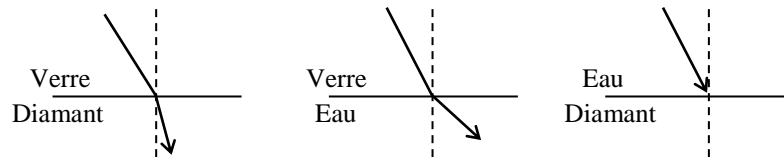


(Variante : indiquez les angles d'incidence, de réflexion et de réfraction.)

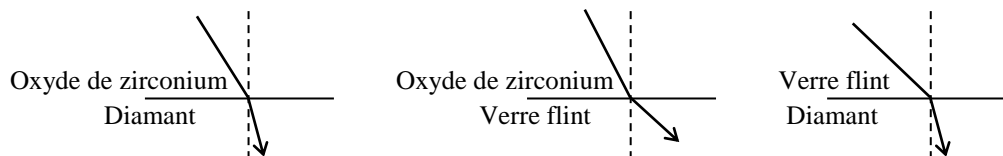
- 2/ Un rayon lumineux arrive sur un dioptre. Une partie de ce rayon est réfléchi et le reste est réfracté en se rapprochant de la normale. Le schéma ci-contre ne montre que le rayon incident et le rayon réfléchi. Complétez ce schéma en dessinant le dioptre, la normale et le rayon réfracté.
- 3/ Un pêcheur au harpon se promène en barque sur un lac. Soudain, il voit un poisson (au point P sur le schéma). Grâce à son cours de physique, il sait que le poisson n'est pas en P. Le poisson est-il plutôt en A ou en B ? Aidez le pêcheur à viser juste. Justifiez votre réponse.



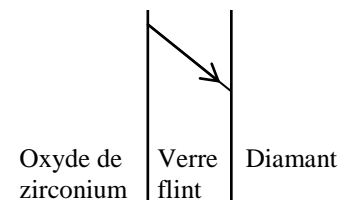
- 4/ Les deux premiers schémas ci-dessous montrent la réfraction quand la lumière passe du verre dans le diamant et de l'eau dans le diamant. Complétez le troisième schéma pour le passage de la lumière de l'eau dans le diamant. La lumière se rapproche-t-elle ou s'éloigne-t-elle de la normale ? Justifiez votre réponse.



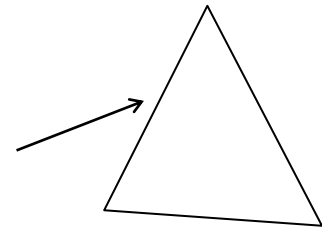
- 5/ Classez par ordre croissant de réfringence (le moins réfringent pour commencer) les trois matières reprises sur les schémas ci-dessous : l'oxyde de zirconium, le diamant et le verre flint. Justifiez votre réponse.



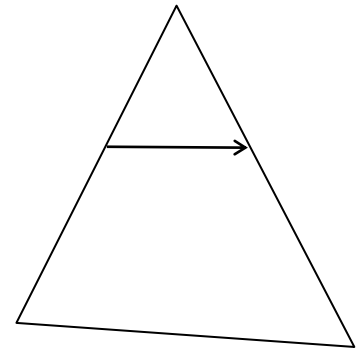
- 6/ L'oxyde de zirconium est plus réfringent que le verre flint. Le diamant est plus réfringent que ces deux matières. Complétez le schéma ci-contre.



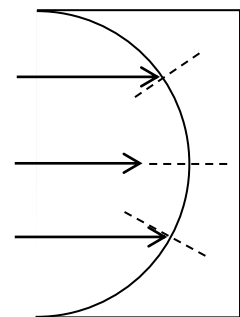
- 7/ Un rayon lumineux se déplaçant dans l'air va pénétrer dans un prisme en verre (voir schéma ci-contre). Tracez (le mieux possible) le chemin que va suivre la lumière à partir du moment où elle va entrer dans le prisme jusqu'à ce qu'elle en ressorte. Ne tracez pas les rayons réfléchis par les dioptries. Remarque : le verre est plus réfringent que l'air.



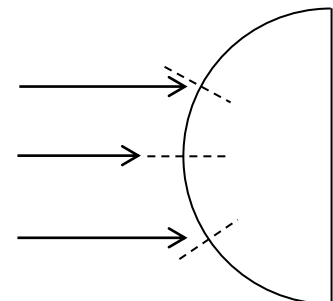
- 8/ Un rayon lumineux venant de l'air est entré dans un prisme en verre et va en ressortir (voir schéma ci-contre). Tracez le chemin suivi par la lumière avant le prisme (dans l'air à gauche) et après qu'elle en soit ressortie (dans l'air à droite). Ne tracez pas les rayons réfléchis par les dioptries. Le verre est plus réfringent que l'air (l'angle limite du dioptre vaut 42°).



- 9/ Trois rayons lumineux se déplaçant dans l'air vont pénétrer dans un bloc en verre comme l'indique le schéma ci-contre. Complétez le schéma en indiquant le chemin suivi par la lumière dans le verre puis dans l'air quand elle ressort de l'autre côté du bloc. Les lignes pointillées sont les trois normales aux endroits où la lumière entre dans le verre. Remarque : le verre est plus réfringent que l'air (l'angle limite du dioptre vaut 42°). Ne tracez pas les rayons réfléchis par les dioptries.

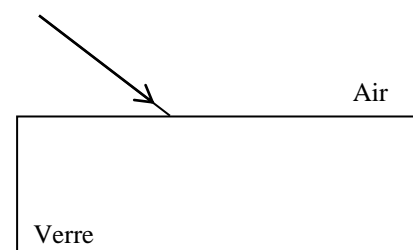


- 10/ Trois rayons lumineux se déplaçant dans l'air vont pénétrer dans un bloc en verre comme l'indique le schéma ci-contre. Complétez le schéma en indiquant le chemin suivi par la lumière dans le verre puis dans l'air quand elle ressort de l'autre côté du bloc. Les lignes pointillées sont les trois normales aux endroits où la lumière entre dans le verre. Remarque : le verre est plus réfringent que l'air (l'angle limite du dioptre vaut 42°). Ne tracez pas les rayons réfléchis par les dioptries.

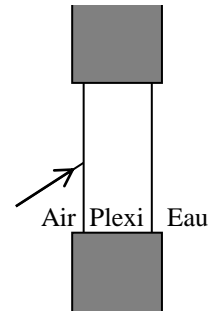


- 11/ Cette question ne peut être posée que si la lame à faces parallèles n'a pas été étudiée et si l'expérience n'a pas été faite en classe.

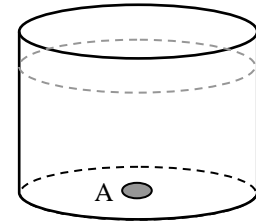
Un rayon lumineux arrive en A sur un bloc de verre épais qui a la forme d'un rectangle (voir schéma). Complétez le schéma en indiquant le chemin suivi par la lumière dans le verre puis dans l'air quand elle ressort de l'autre côté du bloc. Remarque : le verre est plus réfringent que l'air.



12/ On classe les milieux, du moins réfringent au plus réfringent : l'air, l'eau, le plexiglas. Un rayon lumineux arrive dans l'air sur un hublot de plexiglas d'un sous-marin. Il va traverser ce hublot avant d'entrer dans l'eau (voir schéma). Complétez le schéma en indiquant le mieux possible le chemin suivi par le rayon dans le verre puis dans l'eau. L'angle limite pour le dioptre air / plexi vaut 42° et celui pour le dioptre plexi / eau vaut 62° .



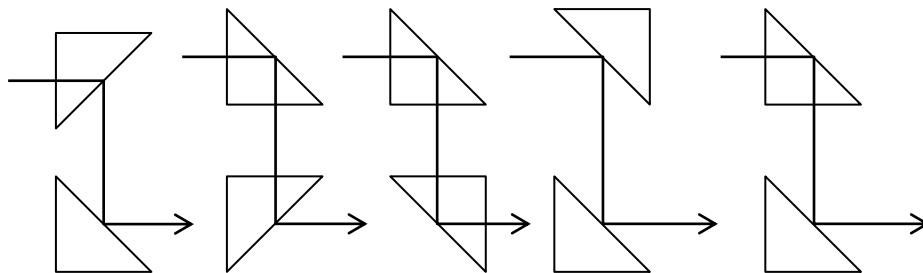
13/ Une petite pièce de monnaie se trouve en A au fond d'une tasse (voir schéma ci-contre). Quand il n'y a pas d'eau dans la tasse, une personne qui place un œil en O ne peut pas voir la pièce. Par contre, quand la tasse est remplie, comme sur le schéma, il peut voir la pièce dans le fond de la tasse (la pièce ne flotte pas). Expliquez pourquoi la personne ne peut pas voir la pièce quand il n'y a pas d'eau dans la tasse et pourquoi elle peut la voir quand la tasse est remplie d'eau. Dessinez chaque fois le chemin que la lumière suit (ou devrait suivre) de la pièce (en A) jusqu'à l'œil (en O).



×
O

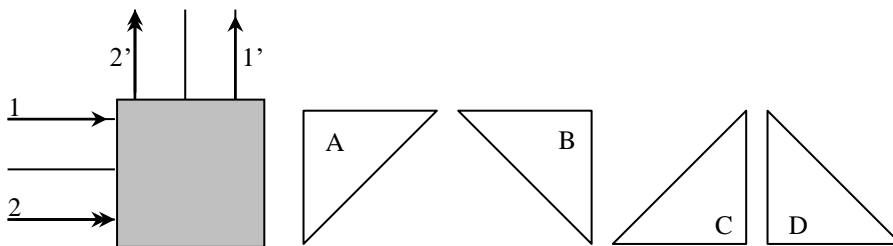
14/ Cette question ne peut être posée telle quelle que si la réflexion totale dans un prisme isocèle droit a été étudiée au cours. Par contre, l'assemblage de deux prismes utilisé dans un périscope ne peut avoir été abordé.

Un périscope contient 2 prismes placés de telle manière qu'un objet peut être observé depuis l'intérieur d'un sous-marin se trouvant juste sous la surface de l'eau. Choisissez parmi les cinq schémas ci-contre celui qui correspond au périscope. Chaque prisme a un angle droit, les deux autres angles valant 45° . Les angles limites valent 42° .



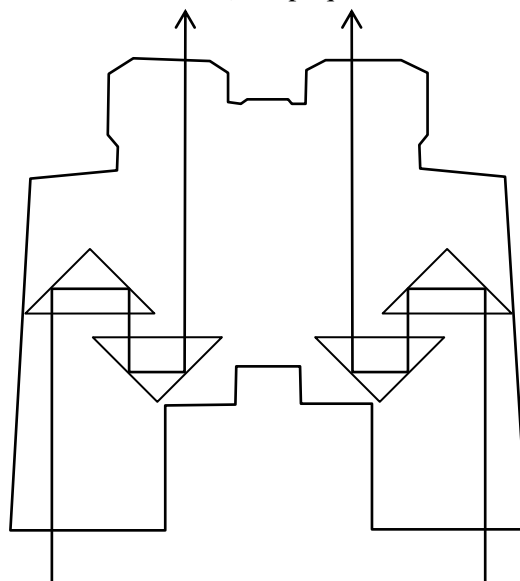
15/ Cette question ne peut être posée telle quelle que si la réflexion totale dans un prisme isocèle droit a été étudiée au cours.

Trois rayons lumineux parallèles entrent dans une boîte qui contient un prisme (voir schéma ci-dessous). Ces trois rayons ressortent après avoir été déviés de 90° . Le rayon 1 ressort en $1'$, le rayon 2 ressort en $2'$ et le rayon du milieu reste au milieu. Comment le prisme est-il placé dans la boîte ? Suivant la position A, B, C ou D ? Faites un schéma montrant les chemins suivis par les trois rayons et justifiez votre réponse.

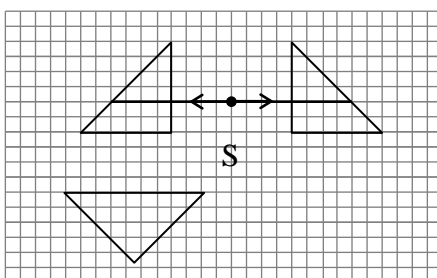


16/ Cette question ne peut être posée telle quelle que si la réflexion totale dans un prisme isocèle droit a été étudiée au cours. Par contre, l'assemblage de deux prismes utilisé dans les jumelles ne peut avoir été abordé.

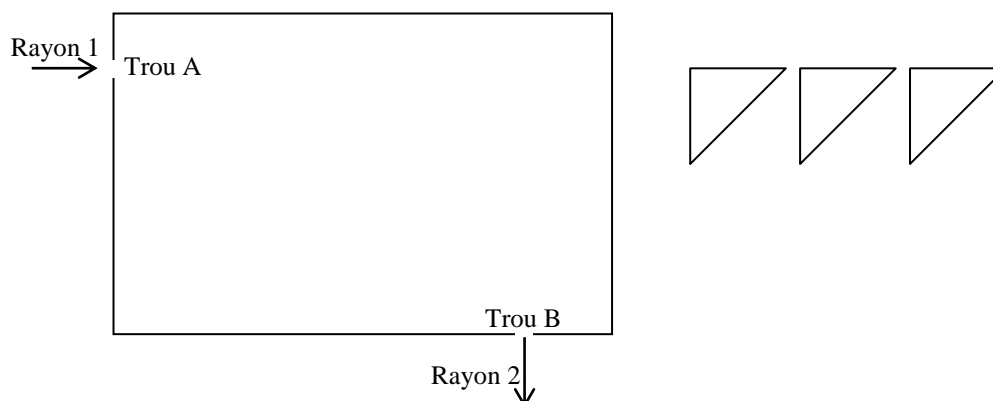
La lumière entrant dans une paire de jumelle est en quelque sorte « repliée » par quatre prismes pour être dirigée vers les yeux de l'observateur (voir schéma ci-dessous). Expliquez comment ces prismes fonctionnent.



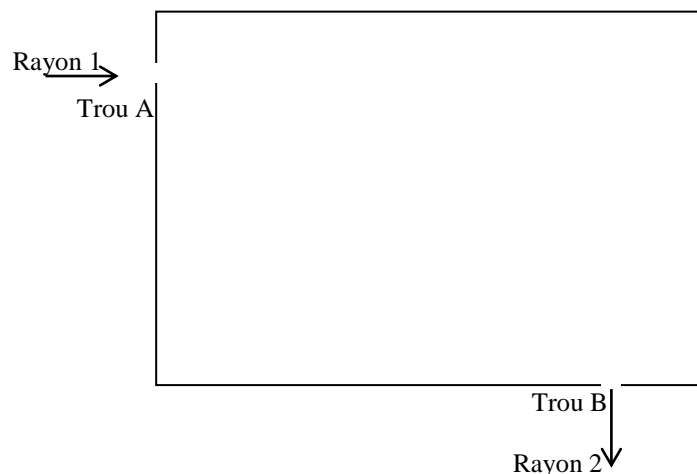
17/ Continuer le cheminement des deux rayons lumineux partant de la source S, jusqu'à ce qu'ils sortent du quadrillage (voir schéma ci-dessous). Chaque prisme en verre, placé dans l'air, a un angle droit et deux angles de 45° . L'angle limite pour le dioptré verre / air vaut 42° .



18/ De la lumière arrive suivant le rayon 1 et rentre dans une boîte par le trou A. On veut qu'elle ressorte de la boîte par le trou B, suivant le rayon 2 (voir schéma). On dispose de trois prismes en verre. Combien va-t-on en utiliser, où va-t-on les mettre dans la boîte et comment va-t-on les orienter ? Complétez le schéma. Indiquez le chemin suivi par la lumière dans la boîte. (Chaque prisme a un angle droit et deux angles de 45° , l'angle limite pour le dioptré verre / air vaut 42° .)



- 19/ De la lumière arrive suivant le rayon 1 et rentre dans une boîte par le trou A. On veut qu'elle ressorte de la boîte par le trou B, suivant le rayon 2 (voir schéma). On dispose d'une fibre optique. Comment va-t-on l'utiliser ? Où va-t-on la mettre dans la boîte, comment va-t-on l'orienter ? Complétez le schéma. Indiquez le chemin suivi par la lumière dans la boîte.



- 20/ *La réflexion totale dans le prisme isocèle droit n'a pas été étudiée.*

Le professeur montre le prisme, indique le nom au tableau et fait remarquer ses angles. Il réalise ensuite, sans donner d'explications, l'expérience où on voit une réflexion totale. Il place d'abord le prisme de telle sorte qu'il n'y ait pas de réflexion totale puis le fait tourner lentement jusqu'à avoir la configuration habituelle. Il stoppe la rotation et dit aux élèves que c'est cette position qui doit être décrite. Les élèves doivent décrire l'expérience (prisme dans la position finale). Le professeur précise que cette description doit s'accompagner d'un schéma précis et que le nom du phénomène observé doit être mentionné.

- 21/ *Cette question ne peut être posée telle quelle que si la réflexion totale dans un prisme isocèle droit a été étudiée au cours. Par contre, l'assemblage de deux prismes utilisé dans un périscope ne peut avoir été abordé.*

Le professeur montre les deux prismes qu'il va utiliser. Il réalise ensuite, sans donner d'explications, l'expérience où il y a une réflexion totale dans chaque prisme (rayon émergent parallèle, décalé, dans le même sens, principe du périscope). Les élèves doivent décrire l'expérience (éventuellement décrire et expliquer). Le professeur précise que cette description doit s'accompagner d'un schéma précis.

- 22/ *Cette question est posée après que le principe de fonctionnement de la fibre optique ait été expliqué au cours. L'endoscopie n'a, par contre, pas été abordée.*

Les élèves visionnent une séquence vidéo traitant de l'endoscopie puis doivent décrire et expliquer le fonctionnement d'un endoscope.

- 23/ *La fibre optique a été étudiée et expliquée au cours. Des expériences ont été vues, mais pas celle de la fontaine lumineuse.*

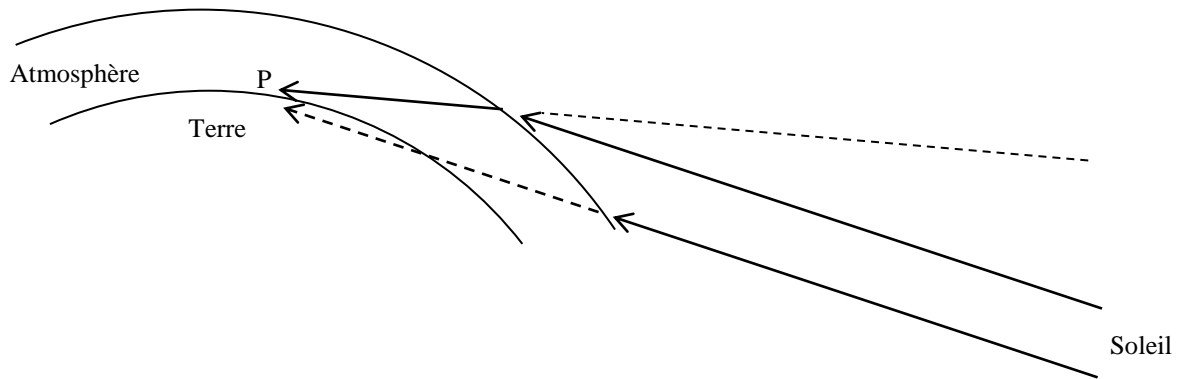
Le professeur réalise, sans donner d'explications, l'expérience de la fontaine lumineuse devant la classe (l'expérience où de l'eau jaillit horizontalement d'un orifice réalisé dans le bas d'une bouteille convient). Les élèves doivent décrire l'expérience (éventuellement décrire et expliquer). Le professeur précise que cette description doit s'accompagner d'un schéma.

- 24/ *La lame à faces parallèles n'a pas été étudiée au cours.*

Le professeur montre le matériel. Il insiste en particulier sur le fait que le bloc de plexiglas (ou de verre) a une base rectangulaire (ou que les faces utilisées sont parallèles). Il fait l'expérience (double réfraction avec rayon émergent parallèle au rayon entrant, mais décalé). Il attire l'attention des élèves sur les rayons entrant et sortant du bloc, sans dire qu'ils sont parallèles (par exemple en disant « vous voyez, ils ont quelque chose de particulier, mais je ne peux pas vous dire

ce que c'est, c'est à vous de le dire dans la description de l'expérience). Les élèves doivent décrire l'expérience. Le professeur précise que cette description doit être accompagnée d'un schéma.

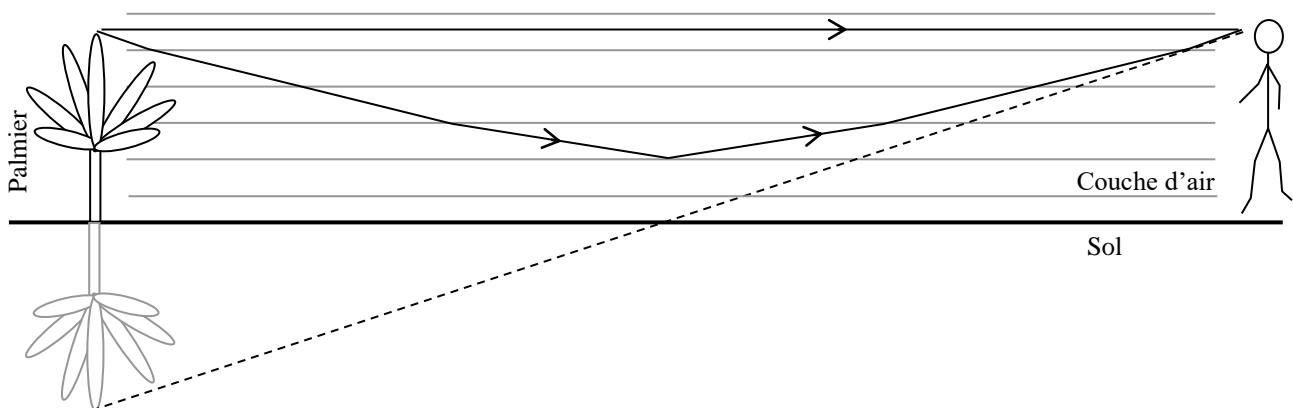
- 25/ La Terre est entourée d'une couche d'air, l'atmosphère. Au-delà, c'est le vide. Le schéma ci-dessous montre ce qui se passe quand les rayons venant du Soleil arrivent dans l'atmosphère (traits pleins). Si l'atmosphère ne jouait pas de rôle, une personne située en P ne pourrait pas voir le Soleil : il serait caché par l'horizon. Ce serait la nuit pour lui. En réalité, à cause de l'atmosphère, P peut voir le Soleil, mais il ne le voit pas où il se trouve. Montrez, en vous aidant du schéma, que P voit le Soleil alors que celui-ci est derrière l'horizon. Montrez ensuite qu'il voit le Soleil à un endroit où il n'est pas.



- 26/ Dans le désert, durant la journée, le sol très chaud réchauffe l'air qui est juste au-dessus de lui. Plus on se rapproche du sol, plus l'air est chaud. Or, la réfringence de l'air dépend de sa température.

On peut considérer, pour simplifier, que l'air est formé de tranches horizontales, de plus en plus chaudes et de moins en moins réfringentes au fur et à mesure qu'on se rapproche du sol. Ceci est la cause des mirages.

Le schéma ci-dessous montre un voyageur égaré qui voit un palmier en face de lui. Les traits pleins montrent les chemins suivis par les rayons lumineux depuis le palmier jusqu'au voyageur.



Montrez, en vous aidant du schéma, que le voyageur voit non seulement le palmier en face de lui, où il est vraiment, mais qu'il en voit aussi un deuxième (à l'envers) en-dessous du premier, comme s'il se reflétait sur la surface d'un lac (c'est ça le mirage). Comment cela est-il possible ? Quel rôle les différentes couches d'air jouent-elles ?