

Partiel d'optique : **barème et corrigé**

L1S1 Optique Session 2

23 octobre 2025, durée 2h

Toutes les quantités demandées devront être exprimées de façon formelle en fonction de quantités connues avant toute application numérique. La calculatrice est autorisée. Le barème est indicatif, il pourra évoluer.

1 Miroirs (10 pts)

Une personne s'est promenée pieds nus et s'est coupé l'arrière du gros orteil. Elle ne parvient pas à regarder directement l'arrière de son orteil mais elle dispose de deux miroirs, un miroir plan et un miroir sphérique concave de sommet S , de centre de courbure C et de distance focale $\overline{SF} = -30$ cm. La personne va s'asseoir au sol et va placer successivement les miroirs derrière son orteil pour visualiser la blessure.

Dans toute la suite, on modélise la coupure de l'orteil par un objet AB (voir Figure 1 à gauche) et la personne regardant cet objet en utilisant un miroir par le schéma à droite de la Figure 1. On a introduit un axe optique ; on note que la distance entre la projection de l'œil sur l'axe optique et le point A est fixée à 40 cm.

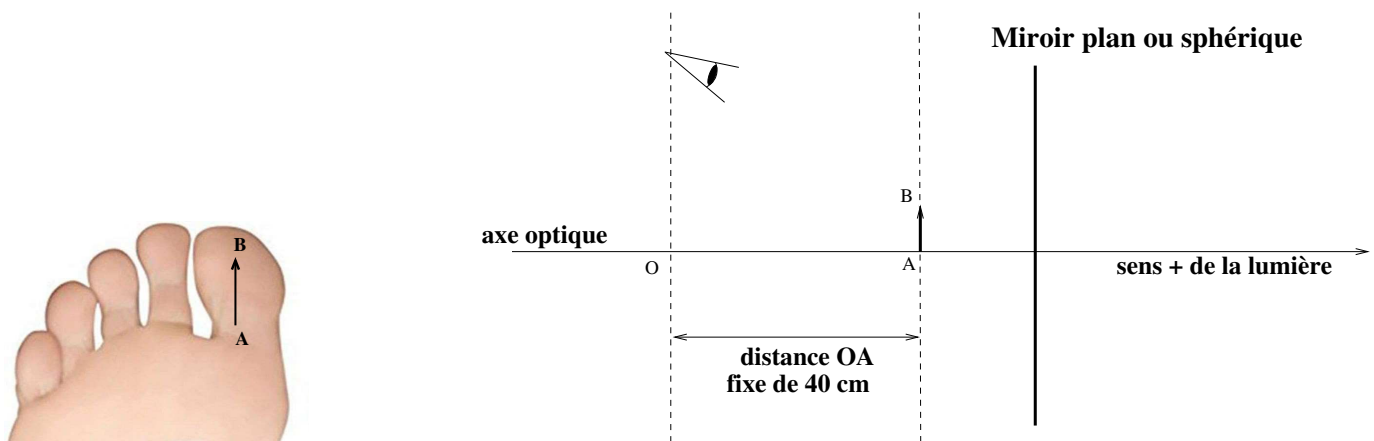


FIGURE 1 – Gauche : coupure AB derrière l'orteil ; droite : schéma optique de la situation.

On rappelle que la relation de conjugaison pour un miroir sphérique est donnée par

$$\frac{1}{\overline{SA'}} + \frac{1}{\overline{SA}} = \frac{1}{\overline{SF}} \quad (1)$$

La définition du grandissement ainsi que la formule du grandissement avec origine au centre C du miroir sont données par

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{CA'}}{\overline{CA}} \quad (2)$$

1. **1er essai d'observation.** L'orteil est placé à 45 cm du *miroir sphérique*.

- (a) Faire un schéma à l'échelle 1/5 (1 cm sur le schéma correspond à 5 cm réels) pour l'axe horizontal (axe optique) où on placera l'objet, l'œil et le miroir. **0.5pt**

- (b) Placer le sommet S , le centre C , et les foyers image F' et objet F . **0.5pt**
- (c) Faire la construction de l'image $A'B'$ par le miroir sphérique. **1pt**
- (d) Indiquer la nature, le sens et la taille de l'image $A'B'$. **0.5pt**

Solution : voir Figure 2 pour la construction. L'image $A'B'$ est réelle, inversée, agrandie.

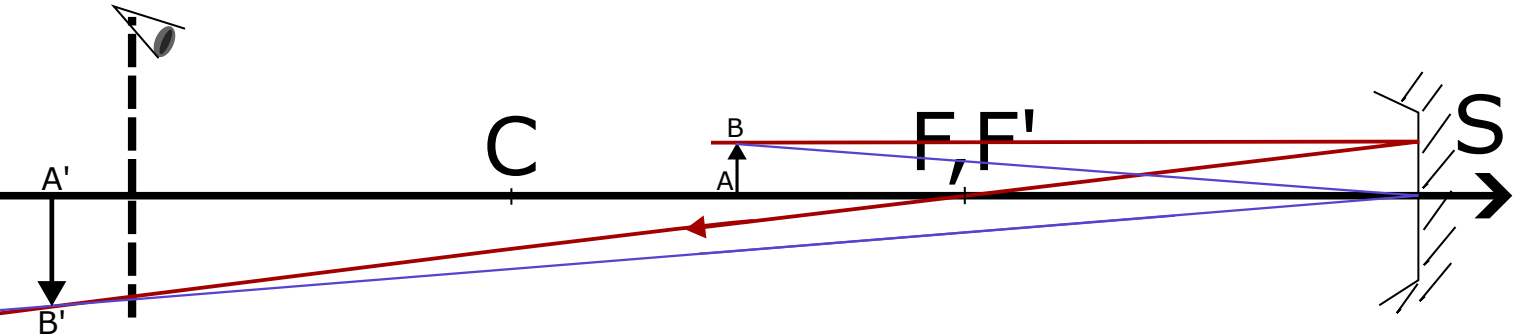


FIGURE 2 – Construction géométrique 1er essai.

2. **2e essai d'observation.** L'orteil est placé à 15 cm du *miroir sphérique*.

- (a) Faire un nouveau schéma à l'échelle 1/5 pour l'axe horizontal (axe optique) où on indiquera la nouvelle position de l'objet. On placera l'œil et le miroir. **0.5pt**
- (b) Placer le sommet S , le centre C , et les foyers image F' et objet F . **0.5pt**
- (c) Faire la construction de l'image $A'B'$ par le miroir sphérique. **1pt**
- (d) Indiquer la nature, le sens et la taille de l'image $A'B'$. **0.5pt**

Solution : voir Figure 6 (gauche) pour la construction en page 6. L'image $A'B'$ est virtuelle, droite, agrandie.

3. **3e essai d'observation.** L'orteil est placé à 15 cm du *miroir plan*.

- (a) Faire un schéma à l'échelle 1/5 pour l'axe horizontal (axe optique) où on placera l'objet, l'œil et le miroir plan. **0.5pt**
- (b) Faire la construction de l'image $A'B'$ par le miroir plan. **1pt**
- (c) Indiquer la nature, le sens et la taille de l'image $A'B'$. **0.5pt**

Solution : voir Figure 6 (droite) en page 6 pour la construction. L'image $A'B'$ est virtuelle, droite, de même taille que l'objet.

4. La personne considère que son 1er essai de visualisation de la coupure n'est pas satisfaisant. En revanche, ses 2e et 3e essais sont satisfaisants. De plus, le 2e essai est plus satisfaisant que le 3e. Expliquer pourquoi.

1.5pt

Solution : L'image formée lors du 1er essai se trouve avant l'observateur, derrière ses yeux, ce dernier ne peut ainsi pas voir l'image de son orteil. Lors des 2e et 3e essais, les images se forment après l'observateur, ce dernier peut voir les images de son orteil. Lors du 2e essai on obtient un grandissement $\gamma > 1$ tandis que lors du 3e essai, le grandissement $\gamma = 1$. C'est en raison du grandissement supérieur du 2e essai que la personne est plus satisfaite de cette expérience.

5. Calculer le grandissement γ pour le 2e essai (avec un miroir sphérique) et pour le 3e essai (avec le miroir plan). Discuter la cohérence de ces résultats avec la réponse apportée à la question précédente.

1.5pt : 0.5pt par grandissement et 0.5pt pour la discussion des résultats

Solution : $\gamma_{plan} = 1$ car l'image $A'B'$ est symétrique à l'objet AB par rapport au miroir plan.

$\gamma_{concave} = \frac{\overline{CA'}}{\overline{CA}} = \frac{\overline{CS} + \overline{SA'}}{\overline{CS} + \overline{SA}}$ avec $\overline{CS} = -(2 \times \overline{SF}) = 60$ cm, $\overline{SA} = -15$ cm et $\overline{SA'} = 1/(\frac{1}{\overline{SF}} - \frac{1}{\overline{SA}}) = 1/(\frac{1}{-30} - \frac{1}{-15}) = 30$ cm. On obtient alors $\gamma_{concave} = \frac{60+30}{60-15} = 2$. Le grandissement du miroir sphérique concave est supérieur à celui du miroir plan, cela permet de mieux observer la coupure. Ceci est en accord avec la réponse à la question précédente où le 2e essai avec le miroir concave était plus satisfaisant qu'avec le miroir plan.

2 Illumination d'un bassin à tortues (10 pts)

Dans cet exercice, on étudie le parcours de la lumière émise par une lampe au fond d'un bassin à tortues. On prendra pour l'indice de réfraction de l'eau la valeur $n_{eau} = 1,33$.

2.1 Question de cours

1. Énoncer les lois de Snell-Descartes.

1pt

Solution : Les lois de Snell-Descartes sont au nombre de 3, et s'énoncent ainsi :

- (a) Les rayons lumineux réfléchis et réfractés sont dans le plan d'incidence.
 - (b) L'angle de réflexion (angle entre le rayon réfléchi et la normale au dioptré au point d'incidence) est égal à l'angle d'incidence.
 - (c) Le rayon lumineux transmis est tel que l'angle de réfraction (angle entre le rayon réfracté et la normale au dioptré au point d'incidence) est lié à l'angle d'incidence par la formule : $n_1 \sin i = n_2 \sin r$ (loi de la réfraction) où n_1 est l'indice du milieu d'incidence, n_2 celui du milieu de réfraction, i l'angle d'incidence et r l'angle de réfraction.
2. Décrire (avec un schéma à l'appui) le parcours d'un rayon lumineux lorsqu'il passe d'un milieu d'indice n_1 à un milieu d'indice n_2 dans les trois cas suivants :

$$(a) : n_1 < n_2, \quad (b) : n_1 = n_2, \quad (c) : n_1 > n_2. \quad (3)$$

Dans chacun de ces cas, on représentera le dioptré plan entre les deux milieux, le rayon incident, le rayon réfracté, le point d'incidence I , la normale au dioptré au point I ainsi que les angles d'incidence et de réfraction.

1.5pt : 0.5pt par cas

Solution : le rayon réfracté : a) se rapproche de la normale, b) est le prolongement du rayon incident (pas de déviation) c) s'éloigne de la normale. Dans le cas c), si l'angle d'incidence $i > i_{lim}$, avec i_{lim} l'angle limite de réflexion totale, il existe uniquement un rayon réfléchi (réflexion totale). Pour le tracé, voir Figure 3.

3. Une lampe est située à l'intérieur (au fond) du bassin rempli d'eau et elle éclaire vers la surface de l'eau. Pour comprendre quelle sera la trajectoire d'un rayon lumineux émis par la source, dire si on se trouve dans la situation (a), (b) ou (c) ci-dessus ? On justifiera la réponse.

0.5pt

Solution : On est dans la situation (c). Le rayon passe d'un milieu plus réfringent à un milieu moins réfringent car $n_{eau} = 1.33 > n_{air} = 1$.

4. Est-il possible, dans ce cas, d'observer un phénomène de réflexion totale ? Justifier la réponse.

0.5pt+0.5pt

Solution : Lors du passage d'un rayon de l'eau $n_{eau} = 1.33$ vers l'air $n_{air} = 1$ la réflexion totale est possible : le rayon réfracté s'éloigne de la normale et si l'angle d'incidence est supérieur à

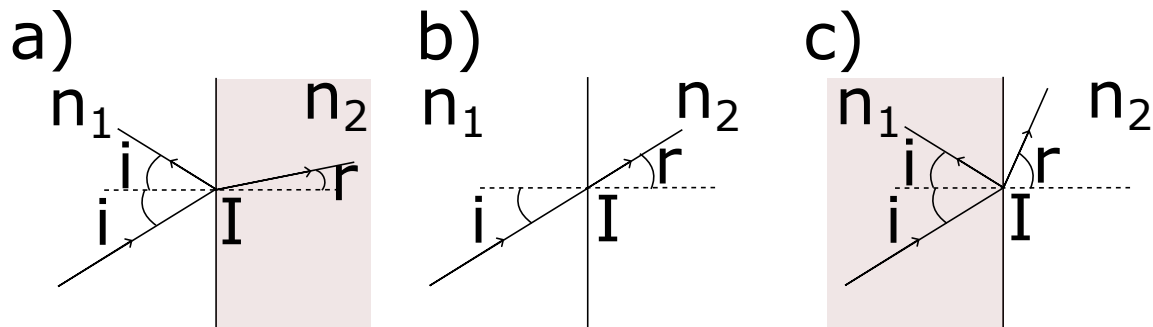


FIGURE 3 – Solution question 2.1.2.

l'angle limite de réflexion totale i_{lim} , le rayon réfracté disparaît et il existe uniquement le rayon réfléchi.

5. Calculer alors l'angle d'incidence limite i_{lim} au-delà duquel on observera effectivement la réflexion totale au niveau du dioptre entre l'eau et l'air. Expliciter le calcul.

1pt

Solution : d'après la 2ème loi de Snell-Descartes $n_{eau} \sin i = n_{air} \sin r$. L'angle limite de réflexion totale est défini pour $r = 90^\circ$. Donc $\sin i_{lim} = \frac{n_{air}}{n_{eau}}$. On trouve $i_{lim} = 48.8^\circ$

2.2 Parcours de la lumière émise par une lampe au fond du bassin

Le bassin est rempli d'eau à une hauteur h . La lampe se trouve au fond du bassin pointant vers le haut. Elle est utilisée pour éclairer la surface de l'eau du bassin, voir Figure 4.

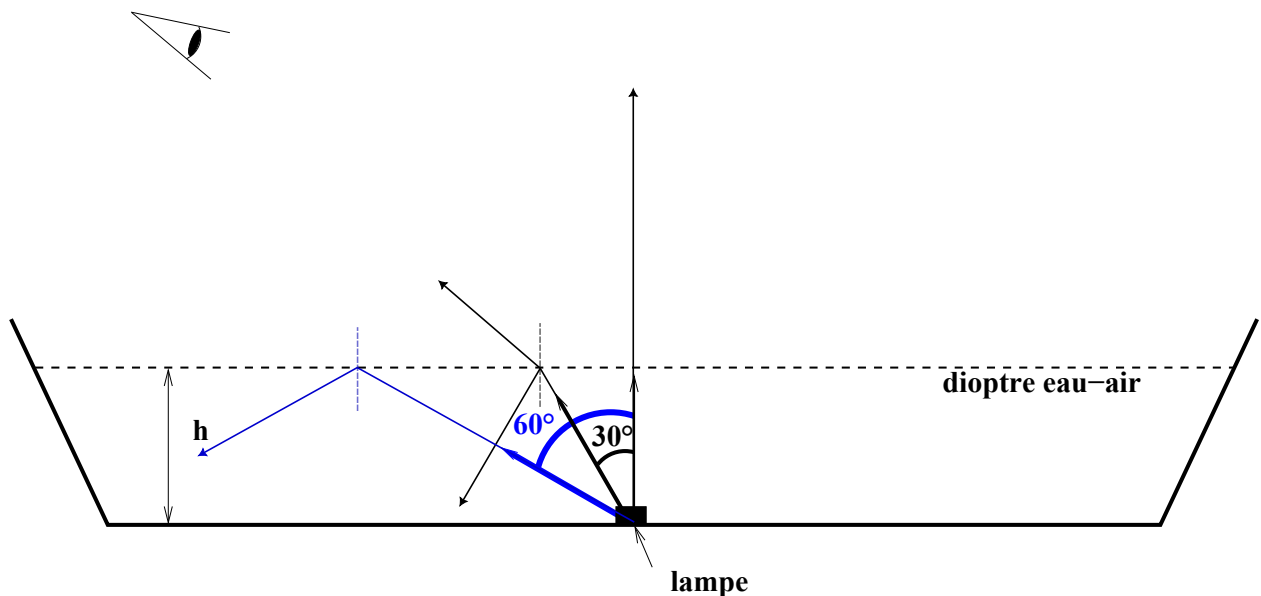


FIGURE 4 – Bassin à tortues : tracé des rayons.

1. Reprendre le schéma de la Figure 4 sur votre copie et compléter le parcours des trois rayons sortants de la lampe.

1.5pt ; i.e., 0.5pt par rayon

Solution : voir Figure 4.

2. Dans la suite de l'exercice, on considère un observateur placé dans l'air au dessus du bassin et qui regarde la surface de l'eau. À partir des questions précédentes :

- (a) Indiquer ce que représente le cône bordé par les deux rayons lumineux partant de la lampe vers le dioptre eau-air sur la Figure 5. Donner la valeur du demi-angle du cône de rayons lumineux i_c . Justifier la réponse.

0.5pt+0.5pt

Solution : Le cône bordé par les deux rayons lumineux partant de la lampe vers le dioptre eau-air correspond à l'ensemble des rayons incidents pour lesquels on peut observer un rayon réfléchi et un réfracté.

Sa valeur est : $i_c = i_{lim} = 48.8^\circ$

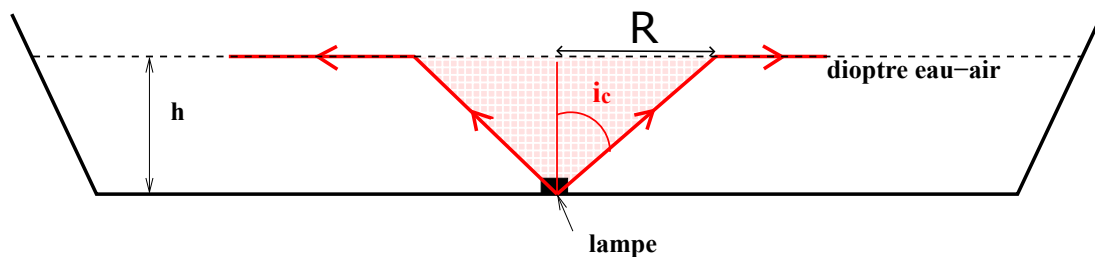


FIGURE 5 – Bassin à tortues : cône bordé.

- (b) On veut calculer la taille du disque lumineux qui se forme à la surface de l'eau de rayon R . Indiquer le rayon du disque R sur le schéma. À partir des données, établir le rayon du disque éclairé à la surface en fonction de l'angle i_{lim} et de la hauteur h du bassin.

1pt : 0.5pt schéma et 0.5pt calcul

Solution : R sur le schéma ; voir Figure 5.

Valeur de R : $\tan(i_{lim}) = R/h$, donc $R = h \tan(i_{lim})$

- (c) Application numérique : calculer le rayon du disque lumineux R pour une hauteur d'eau de $h = 1\text{m}$.

0.5pt

Solution : $R = h \tan(i_{lim}) = \tan(48.8) = 1.14\text{ m}$

3. Expliquer ce qui se passe si l'eau douce du bassin est remplacée par de l'eau salée. Noter que l'indice de réfraction de l'eau salée est légèrement supérieur à celui de l'eau douce.

1pt

Solution : si l'indice de l'eau salée $n_{\text{eau salée}}$ est supérieur à $n_{\text{eau douce}}$, alors $i_{lim\text{salée}} < i_{lim\text{douce}}$, l'ouverture du cône diminue et la taille du disque lumineux à la surface se réduit.

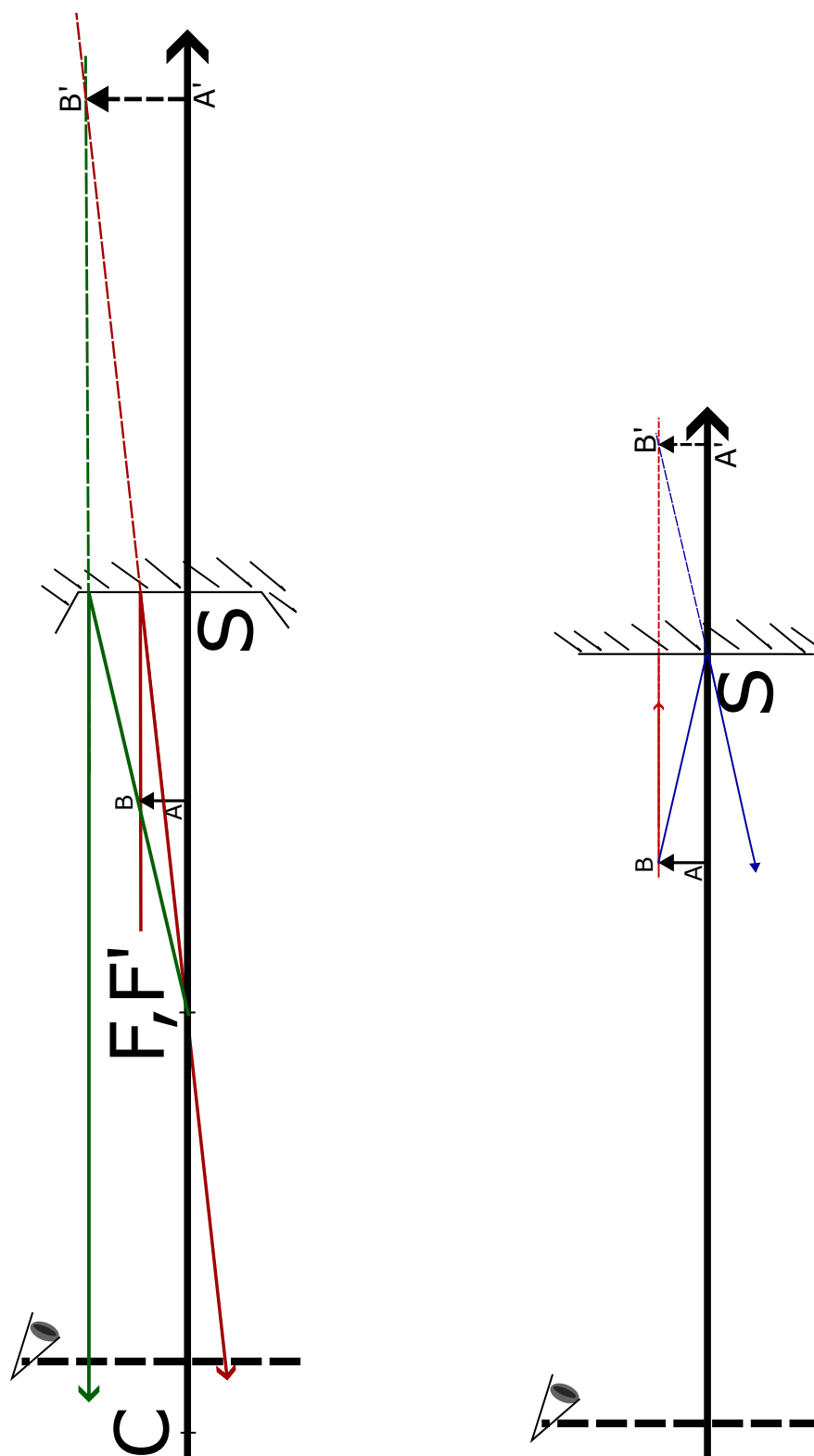


FIGURE 6 – Construction géométrique 2e essai (gauche) 3e essai (droite).