EXERCICE 3 – L'art d'observer avec deux lentilles (4 points)

François-Maël et Anne-Claire sont deux enfants curieux. En rentrant de l'école, ils se rendent compte que la pelouse regorge de sauterelles. Ils entreprennent alors d'en capturer quelques unes afin de les observer.
Pour observer les sauterelles capturées, les deux enfants disposent de deux systèmes :

- *un gobelet transparent d'une profondeur définie d_1 = 7,0 cm (figure 1), muni d'une loupe sur la partie supérieure ;*
- *d'un compte-fils constitué d'une autre loupe montée sur un support à distance connue d_2 = 3,5 cm d'un plan d'observation transparent (figure 2).*
  Les deux « systèmes » optiques sont conçus pour que les apprentis observateurs puissent voir les images sans que leurs yeux aient à accommoder.

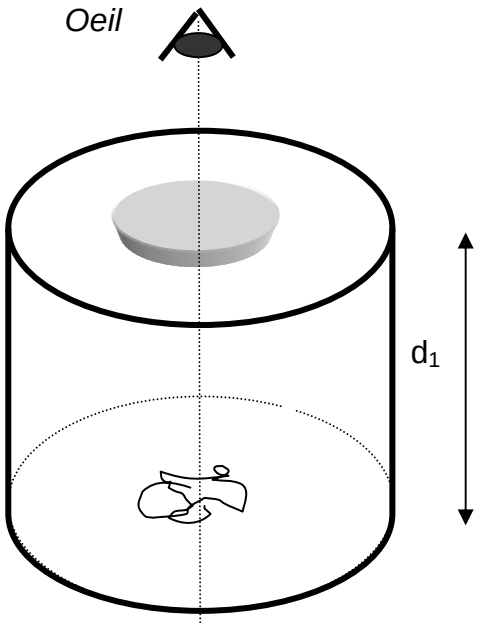


figure1

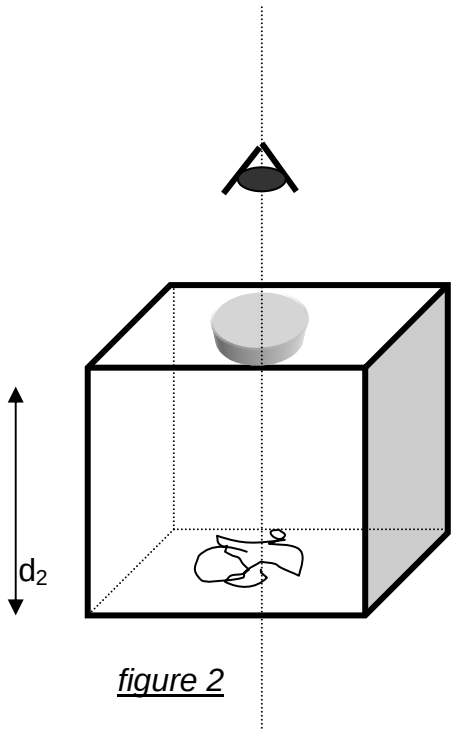


figure 2

1. Étude des deux lentilles.

1.1. Que représentent, d'un point de vue optique, les deux distances d_1 et d_2 ? On considère que l'œil n'accommode pas lorsqu'il regarde à l'infini.

1.2. Le grossissement d'une loupe est donné par la relation : $G = \frac{1}{4.f'}$ où f' représente la distance focale de la loupe.
Calculer les grossissements G_1 et G_2 des deux loupes utilisées par les jeunes observateurs. Avec laquelle de ces deux loupes, la sauterelle capturée sera-t-elle vue plus grosse ?

2. Une technique pour augmenter le grossissement.

Les deux enfants ne sont dans un premier temps que partiellement satisfaits de leurs observations. Anne-Claire demande : « Comment pourrait-on voir plus gros la sauterelle ? » « Et si on mettait l'un des systèmes au-dessus de l'autre ? » suggère François-Maël.
Le plus simple pour eux est de placer le compte-fils sur le gobelet et d'observer la sauterelle à travers ce dispositif. En plaçant l'œil près du compte-fils, ils voient « flou » mais lorsqu'ils se placent à une grande distance, ils voient leur insecte net, à l'envers, mais plus petit qu'en réalité.
Après discussion, les deux enfants décident d'inverser les deux systèmes. Après quelques essais, ils constatent que pour voir la sauterelle nettement plus grosse, ils doivent placer le compte-fils de telle sorte que sa lentille soit située à une distance D = 4,0 cm de la sauterelle sans avoir à accommoder.

2.1. Instrument d'optique construit par les enfants :

2.1.1. Quel instrument d'optique, correspondant à leur souhait, les deux enfants ont-ils construit ?

2.1.2. Comment appelle-t-on chacune des deux lentilles, dans cet instrument d'optique ?

2.2. Calculer la position de l'image intermédiaire donnée par la lentille la plus proche de l'objet en utilisant la formule de conjugaison dont on rappelle l'écriture générale :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$$

2.3. Construire à *l'échelle ½ horizontalement*, SUR LA FEUILLE ANNEXE 2 À RENDRE AVEC LA COPIE, la situation optique créée par les enfants. La sauterelle sera représentée par une flèche verticale AB de 1 cm posée sur l'axe principal (*échelle 1 verticalement*). On rappelle que spontanément les enfants se placent de telle sorte que leurs yeux n'accommodent pas ; l'image définitive est à l'infini.

2.4. Le grossissement de l'instrument ainsi construit est donné par la relation $G = |\gamma| . G'$ où γ représente le grandissement de la lentille devant l'objet et G' le grossissement de la seconde lentille. Calculer alors le grossissement de l'instrument et justifier le fait que les enfants trouvent la sauterelle observée beaucoup plus grosse.

2010 Polynésie remplacement

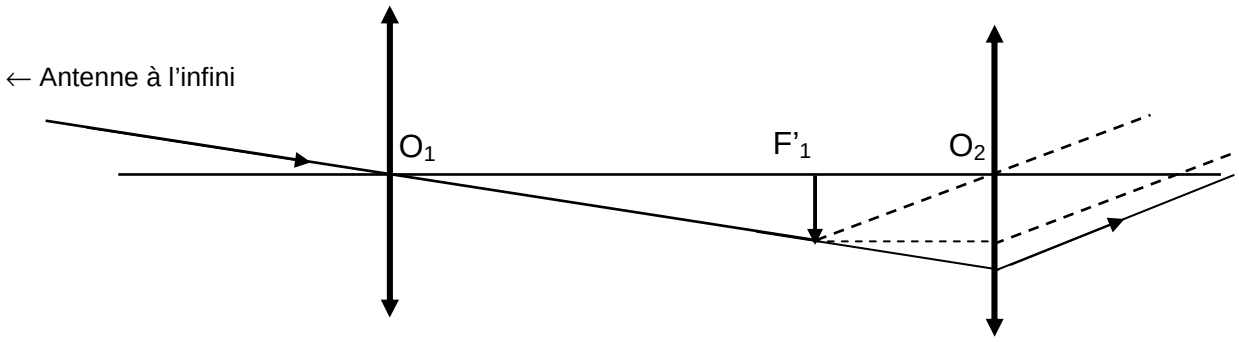
3. L'antenne de TV apparaît plus grosse.

En rangeant les deux systèmes, Anne-Claire pose le compte-fils sur le gobelet et se met à observer vers le ciel avec l'ensemble. « Oh ! je vois l'antenne TV des voisins à l'envers et plus grosse ! » s'exclame-t-elle.

3.1. Quel instrument d'optique connu vient de construire la fillette ?

3.2. Où se forme l'image intermédiaire dans cette situation, en supposant que l'antenne est très éloignée de l'instrument ? Justifier à l'aide de la formule de conjugaison.

3.3. La construction permettant d'obtenir l'image définitive de l'antenne est fournie ci-dessous :



Dans ces conditions d'observation, où se situe le foyer objet de la lentille L_2 ?

3.4. Démontrer que le grossissement de cet instrument est $G = \frac{f'_1}{f'_2}$ où f'_1 représente la distance focale de l'objectif et f'_2 la distance focale de l'oculaire.
Faire l'application numérique.

ANNEXE 2 – À RENDRE AVEC LA COPIE

EXERCICE 3

EXERCICE III. AFFICHAGE TÊTE HAUTE (4 points)

Le dispositif d'**Affichage Tête Haute (ATH)** est principalement utilisé dans les avions de chasse et certaines voitures. Il consiste à projeter des informations (valeur de la vitesse instantanée, indication sur la route à suivre ...), devant le pare-brise d'un véhicule, dans le bas du champ de vision du conducteur. Ces images se superposent au paysage et permettent donc au conducteur de voir les informations fournies sans quitter la route des yeux (**figure 8**).

Figure 8. Vue du tableau de bord d'un véhicule muni de l'affichage tête haute

La première partie de cet exercice montre l'intérêt de ce dispositif d'affichage du point de vue de la sécurité et la deuxième partie en étudie le principe simplifié.

Les deux parties de cet exercice sont indépendantes.

1. Intérêt du dispositif ATH

On étudie, au préalable, la lecture de la vitesse affichée au compteur par un conducteur dans un véhicule qui n'est pas équipé du dispositif d'affichage ATH.

L'œil du conducteur est modélisé par l'ensemble constitué de :
- une lentille mince convergente, de centre O, de foyer image $F'_{œil}$ et de distance focale $f'_{œil}$ réglable, qui représente le système optique convergent de l'œil ;
- un écran plat vertical représentant la rétine, sur laquelle se forme l'image.

L'orbite de l'œil n'étant pas déformable, la distance entre l'écran et la lentille est fixe.

Le schéma de ce modèle se trouve en **FIGURE 9 DE L'ANNEXE EN PAGE 12.**

On rappelle qu'un œil normal au repos voit net un objet situé à l'infini.

1.1. Le conducteur voit net un objet *AB* situé à l'infini.

1.1.1. Sur la **FIGURE 9 DE L'ANNEXE EN PAGE 12**, tracer l'image A'B' de l'objet AB situé à l'infini.

1.1.2. Indiquer, sur la figure **9 DE L'ANNEXE EN PAGE 12**, les positions du foyer objet $F_{œil}$ et du foyer image $F'_{œil}$ de la lentille modélisant l'œil du conducteur.

1.2. L'expression de la relation de conjugaison pour une lentille mince est :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$$

1.2.1. Que représentent les distances *OA*, *OA'* et *OF'* ?

1.2.2. Définir la vergence *C* d'une lentille en indiquant son unité.

2010 Métropole remplacement

1.3. Pour contrôler sa vitesse, le conducteur regarde maintenant le compteur de vitesse situé à une distance d'environ un mètre de son œil.
La valeur de la vergence de la lentille qui modélise l'œil doit-elle augmenter ou diminuer par rapport à sa valeur au repos pour voir nettement le compteur de vitesse ? Justifier.

1.4. La notice d'utilisation d'un afficheur tête haute du commerce donne les informations suivantes :

> «En disposant d'informations dans son champ de vision, le conducteur évite ainsi des allers et des retours du regard entre le tableau de bord et la route. L'effet d'éloignement des images projetées lui évite également de réadapter constamment sa vue à des changements de distance. Dispensé de ces deux actions, le conducteur gagne alors *environ une seconde d'attention* ...»
>
> *D'après la notice d'utilisation d'un afficheur tête haute du commerce*

1.4.1. Quelle distance parcourt une voiture roulant à la vitesse de 120 km/h pendant la « seconde d'attention » perdue lors d'un aller-retour du regard ?

Aide aux calculs : $1{,}2 \times 3{,}6 = 4{,}3$;	$\frac{1{,}2}{3{,}6} = 3{,}3 \times 10^{-1}$;	$\frac{3{,}6}{1{,}2} = 3{,}0$

1.4.2. En déduire l'intérêt principal de l'affichage tête haute.

2. Principe de l'affichage tête haute

> La technologie embarquée sur les automobiles actuelles fonctionne avec un dispositif optique situé derrière le tableau de bord qui projette des informations au-delà du pare-brise, le conducteur ayant l'illusion que ces dernières se trouvent *à l'extérieur de la voiture*, à environ 1 mètre par rapport au bas du pare-brise.
>
> *Principe de l'affichage tête haute, d'après un site Internet*

2.1. L'ensemble du dispositif optique installé dans le tableau de bord est constitué :
- d'une source lumineuse à diodes affichant la valeur de la vitesse, considérée dans l'exercice comme l'objet lumineux AB ;
- d'une lentille mince convergente de distance focale f'.

Sur la **FIGURE 10 DE L'ANNEXE EN PAGE 12** schématisant le dispositif, on a représenté l'image A_1B_1 de l'objet AB donnée par la lentille.

2.1.1. Sur la **FIGURE 10 DE L'ANNEXE EN PAGE 12**, tracer la marche de deux rayons issus de B permettant de construire l'image B_1.

2.1.2. Définir le grandissement γ de la lentille. Sa valeur algébrique est-elle positive ou négative ? Sa valeur absolue est-elle supérieure ou inférieure à 1 ?

2.2. Réflexion sur le pare-brise
L'image A_1B_1 de la partie précédente est ensuite réfléchie par le pare-brise. Pour simplifier le problème, on peut considérer que le pare-brise se comporte pour A_1B_1 comme un miroir plan, incliné de 45° par rapport à la verticale Oz (**figure 10**).

2.2.1. Quel rôle joue A_1B_1 pour le miroir plan ?

2.2.2. Sur la **FIGURE 10 DE L'ANNEXE EN PAGE 12**, placer l'image A'B' de A_1B_1 donnée par le miroir plan. Justifier.

2.3. On voudrait faire en sorte que les indications de l'affichage tête haute soient plus grandes. Sans faire de calcul, quelle solution proposeriez-vous ?

2010 Métropole remplacement

ANNEXE DE L'EXERCICE III

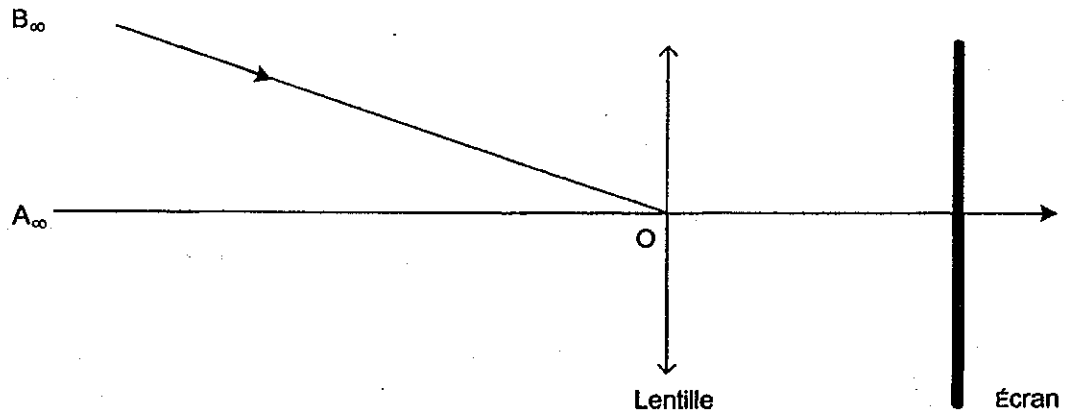


Figure 9. Schéma modélisant l'œil du conducteur

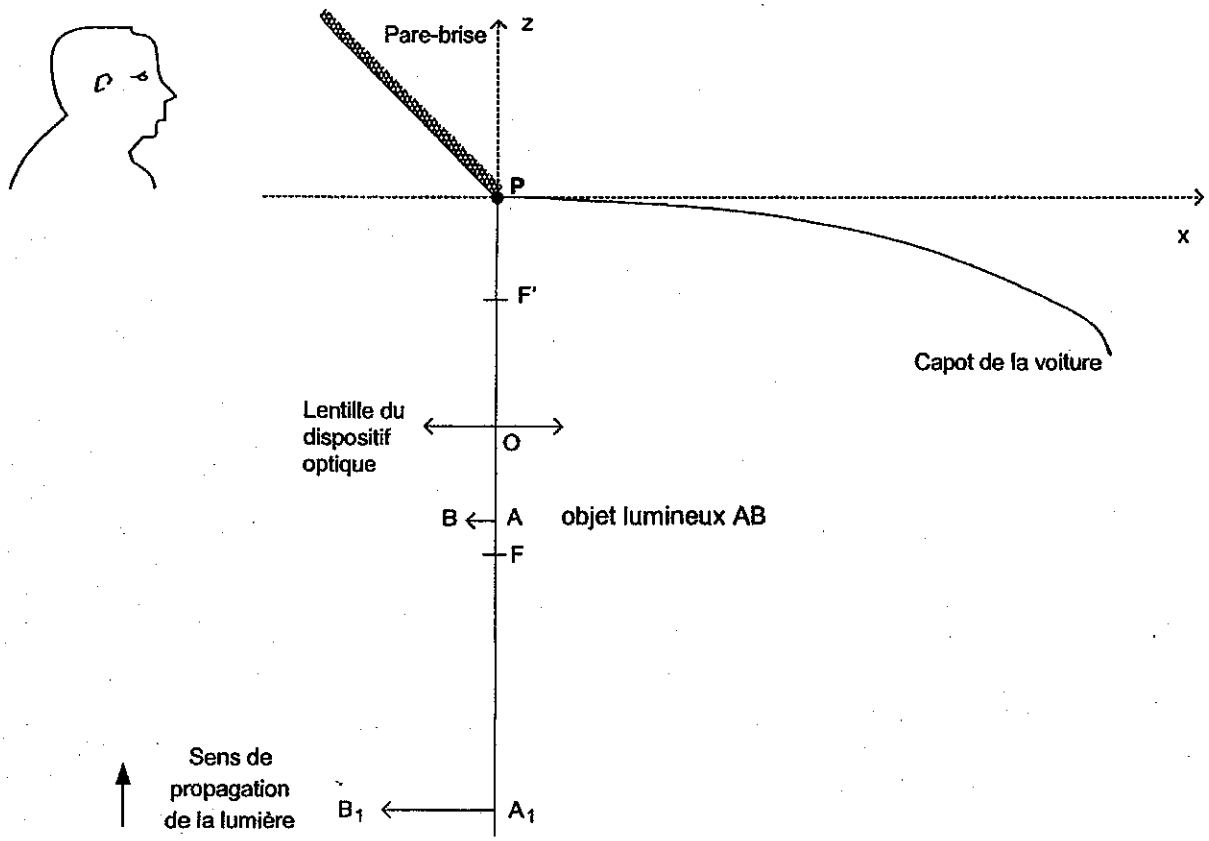


Figure 10. Schéma du dispositif d'affichage tête haute

2010 Métropole remplacement

Exercice 3 : Étude d'un rétroprojecteur
(4 points)

1. Différents usages d'une lentille mince

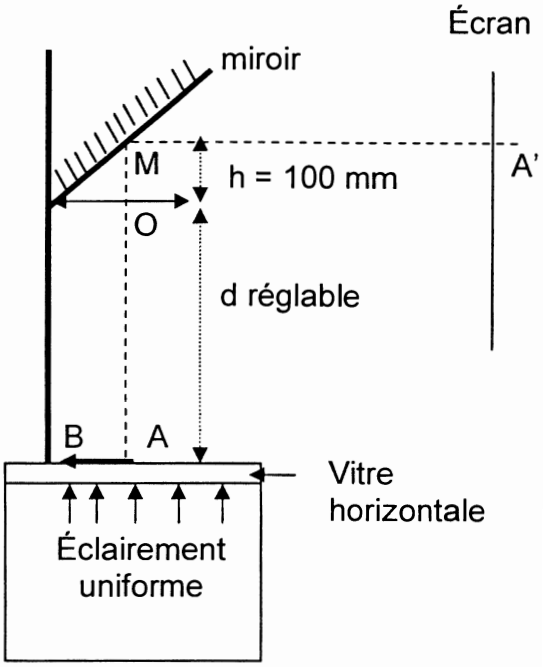
1.1. Construire, **sur l'annexe à rendre avec la copie**, les images de l'objet AB dans les situations (a), (b). Les foyers objet et image sont notés F et F'.

1.2 Les situations (a), (b) illustrent le fonctionnement de deux instruments d'optique : la loupe et l'appareil photographique.
Quelle situation correspond au fonctionnement de la loupe ? Justifier précisément votre choix.

2. Un instrument d'optique fonctionnant à l'aide d'une lentille et d'un miroir plan : le rétroprojecteur

Donnée du constructeur:
Distance focale de la lentille : 315 mm

La lentille L donne une image intermédiaire A_1B_1 d'un objet AB et le miroir plan fournit une image définitive A'B' sur l'écran. Le centre optique O de la lentille est situé à une distance h = 100 mm du point M du miroir. Lorsque la distance OA = d réglable est fixée à OA = d = 400 mm, on obtient une image définitive A'B' sur un écran placé à une distance MA' = 1,40 m. Le schéma correspondant à cette situation, réalisé à l'échelle 1/10ième, est donné **en annexe à rendre avec la copie ;** y sont représentés l'objet AB, l'image intermédiaire A_1B_1 et l'image définitive A'B'.



2.1 Construire, sur le schéma donné **en annexe** le trajet suivi par un rayon lumineux issu de B et passant par le centre optique O de la lentille L.

2.2 On étudie l'image intermédiaire A_1B_1.

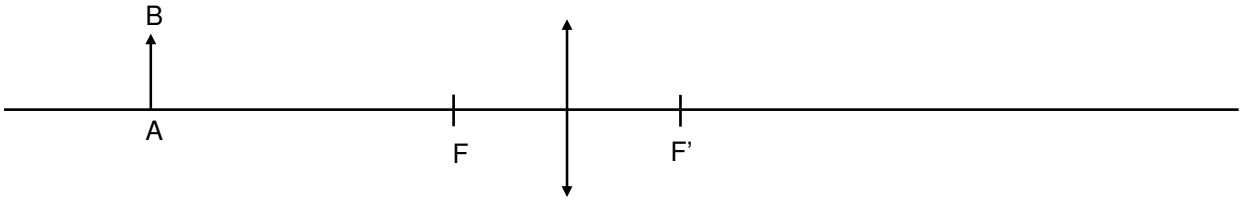
2.2.1 Quel rôle joue l'image intermédiaire A_1B_1 pour le miroir ?
2.2.2 Justifier la position de l'image intermédiaire A_1B_1 sur le schéma donné **en annexe**.
2.2.3 Définir le grandissement γ pour l'image intermédiaire A_1B_1 donnée par la lentille L. Le déterminer en utilisant le schéma donné en annexe.

2.2.4 En utilisant les données numériques du texte retrouver, par le calcul, la distance focale de la lentille L. Le résultat est-il conforme avec la donnée du constructeur ?

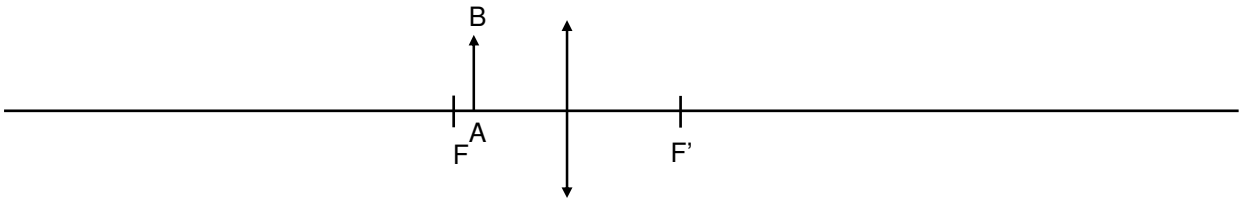
2.3 On veut maintenant effectuer la projection du même objet AB sur un écran vertical placé à une distance $MA_1' = 4{,}00$ m du miroir. Pour cela on règle la distance d à une nouvelle valeur d_2 de OA.
Calculer la valeur de d_2 permettant d'obtenir une image nette sur l'écran. En déduire l'évolution de la distance d lorsque la distance miroir-écran augmente.

Annexe à rendre avec la copie

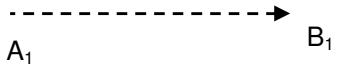
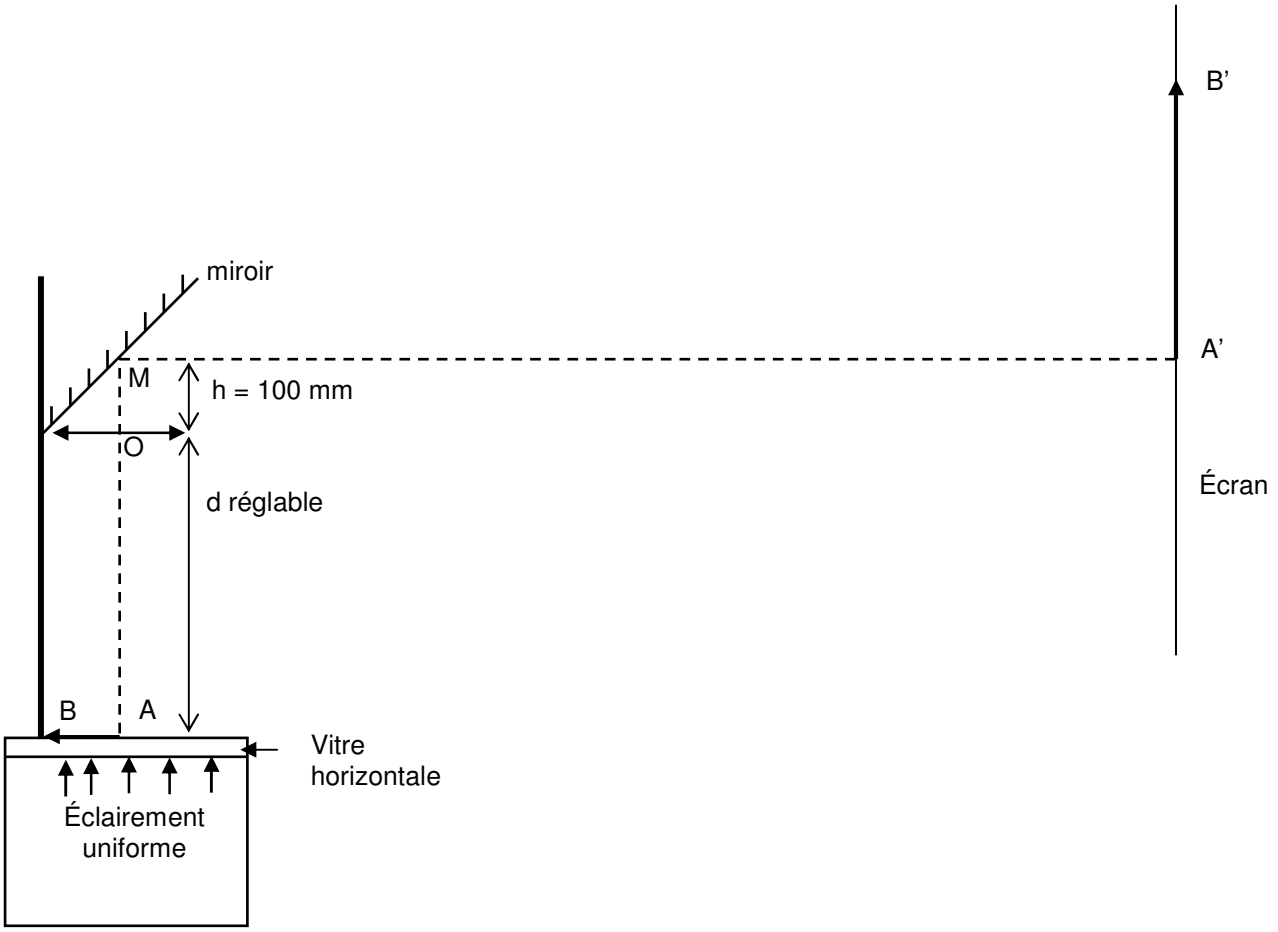
Question 1.1



Situation (a)



Situation (b)

Annexe à rendre avec la copie

Questions 2.1 et 2.2.3.