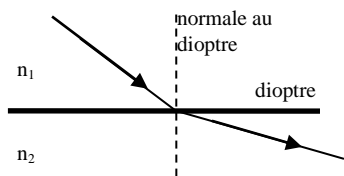


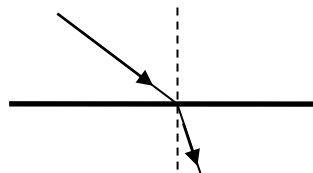
## Un troisième modèle pour la lumière, celui du rayon lumineux

### I Rappels

- (\* La lumière se propage en ligne..... dans un milieu ..... et .....
- (\* Mais dès qu'elle rencontre un dioptre séparant deux milieux homogènes et transparents d'indices différents, la lumière subit un changement de direction. Ce phénomène est appelé .....
- (\* Le rayon (rayon après le dioptre) se rapproche de la normale par rapport au rayon (rayon avant le dioptre) si le deuxième milieu traversé est plus (indice élevé) que le premier et vice-versa.



Cas n°1 :



Cas n°2 :

- (\* Définir l'indice de réfraction d'un milieu (utiliser éventuellement une encyclopédie) :
- (\* Définir un dioptre :
- (\* Définir la normale à un dioptre en un point donné de ce dioptre :
- (\* Compléter les deux schémas avec le vocabulaire suivant : rayon incident, rayon réfracté, angle d'incidence  $i_1$ , angle de réfraction  $i_2$ , normale au dioptre, dioptre, indice  $n_1$  et indice  $n_2$ . Et remplir les deux cadres en comparant les indices et les angles.


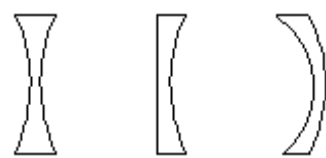
### II Les lentilles, instruments d'optique de base

#### 1) Description

Une lentille est un milieu transparent délimité par 2 surfaces dont l'une au moins est courbe. Chaque lentille possède un axe de révolution appelé axe optique et un centre appelé centre optique.

(\* Lorsque la lumière arrive sur la lentille, elle passe du milieu air au milieu interne de la lentille puis repasse dans le milieu air. Les deux phénomènes de réfraction successifs qui s'en suivent et le caractère courbe d'au moins une des surface de la lentille font qu'en général, la lumière change de ..... lorsqu'elle traverse la .....

On distingue deux types de lentilles :

	Lentille « à bords minces »	Lentilles « à bords épais »
1 (*) Nom scientifique	Lentille .....	Lentille .....
2 Différents profils	 biconvexe      plan convexe      ménisque convergent	 biconcave      plan concave      ménisque divergent
3 (*) Reconnaissance au toucher	La partie centrale est plus/moins épaisse que les bords	La partie centrale est moins/moins épaisse que les bords
4 Reconnaissance par l'effet sur un faisceau de rayons parallèles		
5 Reconnaissance par la vergence		
7 schéma		

## 2) Les différentes étapes de raisonnement du scientifique avec l'exemple de l'étude des lentilles

a) On .....

Observer au tableau les montages faits fait différents profils.

Expérience 1 : On fit d'abord passer une famille de rayons par un seul point avant rencontre de la lentille.

Qu'observe-t-on ?

Expérience 2 : on souhaite que le point avant la lentille s'éloigne le plus loin possible à gauche de cette dernière afin d'obtenir un point théorique à l'infini. Comment vont alors évoluer les rayons lumineux avant la lentille, plus on éloigne ce point de concours des rayons incidents (figure a puis figure b puis figure c non dessinée) ?

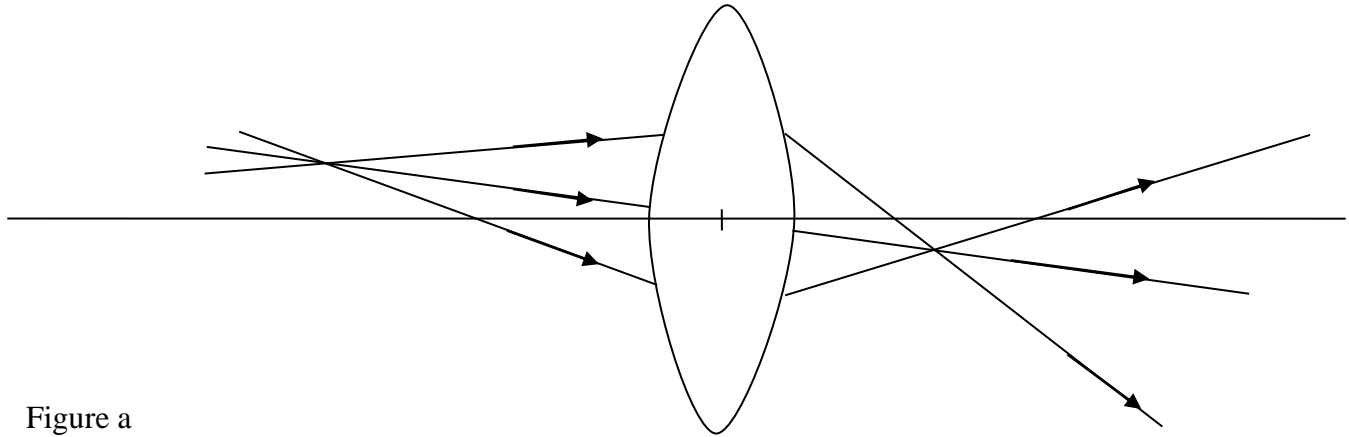


Figure a

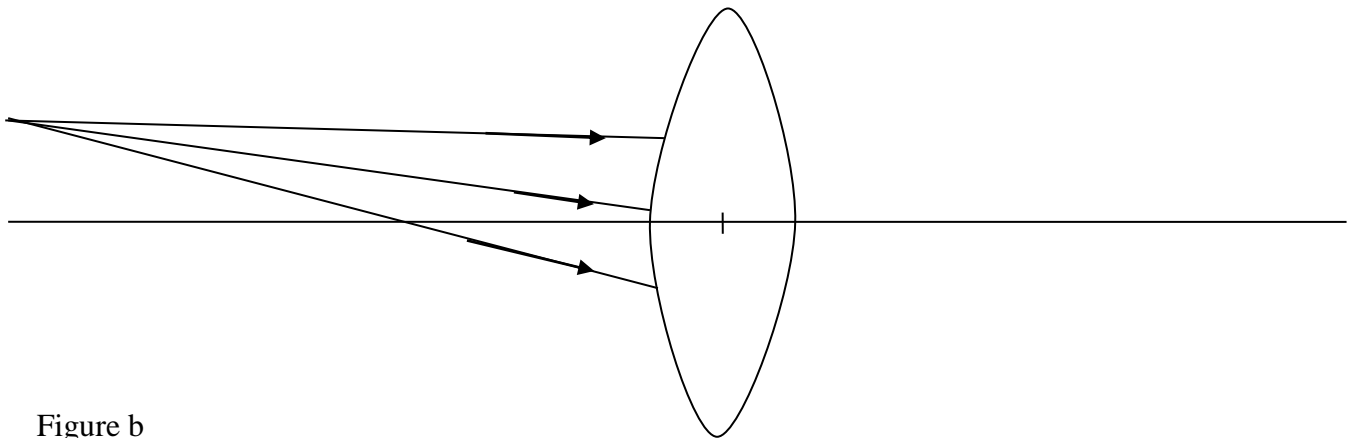


Figure b

Allumer la lanterne (12V alternatif), choisir le cache avec trois fentes et ajuster la partie transparente en plastique de manière à ce qu'elle soit bien centrée (la visser éventuellement). Tirer la tige de façon à obtenir trois rayons parallèles entre eux en vous aidant du guide au haut de la page annexe (figure 1). Une page annexe sera complétée par binôme, vous ferez des photocopies par la suite.

Choisir la lentille bombée sur ses deux faces et la positionner très exactement à son emplacement sur la figure 2 face noire en haut (face transparente sur la feuille). Repasser l'axe optique en rouge ainsi que le centre O de la lentille. Faire arriver un faisceau de rayons parallèles entre eux provenant d'un point théorique à l'..... au-dessus de l'axe optique. Observer. Pour avoir une trace, recopiez sur la feuille annexe les rayons émergents manquants (pour ne pas perdre de temps, marquer deux points de chacun de ces rayons quand le dispositif est en place et les relier à la règle en enlevant la lentille, on ne fera pas figurer ce qui se passe dans la lentille). Observation :

Expérience 3 : qu'advient-il avec un point théorique à l'infini mais situé sur l'axe optique ? Que deviennent les rayons avant la lentille et que deviennent-ils après la lentille ? Faire l'expérience et compléter la feuille annexe (figure 1).

Expérience 4 : choisir maintenant une lentille convergente mais plus fine ou avec une face moins bombée et comparer avec l'expérience 3 inutile de reporter les rayons émergents. Observation :

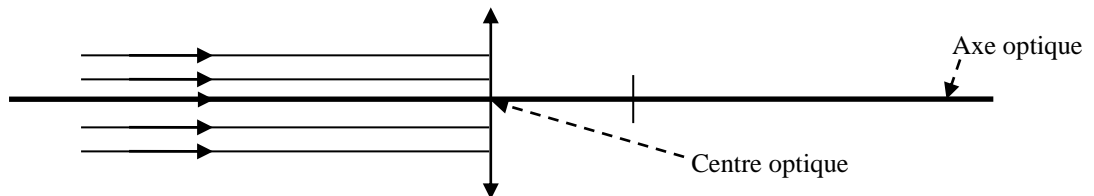
**b) Débuts de la théorie : le scientifique introduit les objets mathématiques dont il va se servir**

Sur la première page de ce cours, deux « objets » mathématiques concernant la lentille ont déjà été définis. Lesquels ? Redonner leurs définitions.

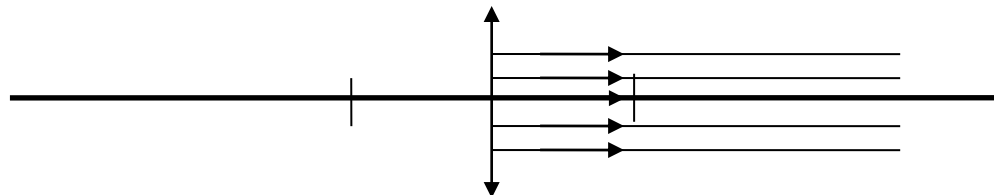
L'expérience 1) précédente fait apparaître un point correspondant au point de ..... des rayons ..... (avant traversée de la lentille). Ce point est appelé point objet noté par exemple A.  
A chaque point objet A correspond, après traversée des rayons incidents dans la lentille, un point de ..... Des rayons ..... (après traversée de la lentille) appelé point image de A et noté en général A'.  
A tout point objet correspond, dans le cas des lentilles, un point image.

L'expérience 2 permet de définir un point image particulier appelé foyer secondaire image. On peut remarquer que tous les points foyers secondaires sont dans un même plan perpendiculaire à l'axe optique (vu dans l'espace c'est un plan qui se traduit, en coupe, par une droite sur les schémas). Donner la définition d'un foyer secondaire image et du plan focal image :

L'expérience 3 montre un point très très particulier appelé le foyer principal image noté F' en général. Donner une définition du foyer principal image :



Par symétrie, on définit également pour une lentille le foyer principal objet noté F en général. Donner sa définition théorique et compléter le schéma suivant qui le fait apparaître :



On définit alors, selon la même logique un foyer secondaire objet et le plan focal objet de la lentille.

Avec l'expérience 4), on observe que les foyers d'une lentille dépendent de cette lentille. Pour différencier ces deux lentilles, on introduit une distance algébrique appelée distance focale de la lentille et notée  $f'$ . Quelle définition donneriez-vous à  $f'$  ?

Ainsi, plus une lentille est convergente, et plus sa ..... est faible.  
On préfère souvent utiliser la notion de vergence  $v$  d'une lentille :

unités du SI :  $v = 1/f'$  (donc, inversement,  $f' = \dots$ )

Plus une lentille est convergente, plus sa distance focale est ..... et plus sa vergence est .....

Un objet est un ensemble de points objets. Comment définir l'image d'un objet par une lentille ?

**c) Suite de la théorie : le scientifique va pouvoir prédire certains phénomènes sans passer par .....**

Ici, l'enjeu est, connaissant la place d'un objet par rapport à la lentille, d'en déduire toutes les caractéristiques de son image et notamment la position de cette image. On sait pour cela que tout rayon passant par un point objet passe par ..... Il suffit donc de suivre la démarche suivante sur l'exemple suivant. Mais ATTENTION !! En optique géométrique, les distances sont algébriques !! La distance OA de O vers A est notée ainsi  $\overline{OA}$ .

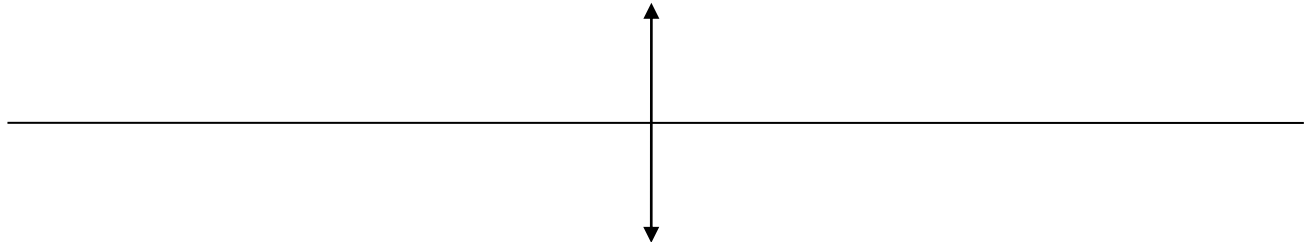
**Problème posé :**

Choix de l'orientation de l'espace : on décide d'orienter de gauche à droite et de bas en haut dans cet exemple. On dispose d'une lentille de vergence  $v = 8,0 \delta$ . Déterminer immédiatement sa focale  $f'$  :

On place, à l'avant de cette lentille un objet AB de hauteur  $h = \dots$  cm avec A sur l'axe optique et B au-dessus donc  $\overline{AB} = \dots$  cm, à une distance  $d = 32$  cm avant la lentille, donc  $\overline{OA} = \dots 32$  cm. Déterminer le plus de caractéristiques possible de son image A'B'.

**Méthode :**

- 1) Placer la lentille sur l'axe optique. Orienter les directions pour les longueurs algébriques.
- 2) Placer ses foyers F et F' (si ce n'est déjà fait) en respectant la valeur de  $f'$  (on utilise généralement des échelles à respecter) et en prenant l'échelle 1/5 pour les longueurs horizontales et l'échelle 1/2 pour les longueurs verticales pour cet exemple du cours.
- 3) Placer l'objet AB en respectant d et h et son orientation (attention à l'échelle, calculer d et h sur le dessin).
- 4) Un rayon (1) issu de B parallèle à l'axe optique émerge de la lentille en passant par ..... Le tracer.
- 5) Un rayon (2) issu de B passant par le centre optique O traverse la lentille sans ..... Le tracer.
- 6) Un rayon (3) passant par B et par le foyer objet F émerge ..... à l'axe optique. Le tracer.
- 7) Les trois rayons émergents précédents sont alors forcément concourants en le point B', ..... du point objet B, d'après la propriété vu à la fin de b).
- 8) Si le point objet A est sur l'axe optique, son point image A' est obtenu en projetant B' sur l'axe optique.



En déduire toutes les caractéristiques de l'image obtenues par cette construction géométrique :

**d) Le scientifique vérifie sa théorie en retournant à l'expérience**

On utilisera dans cette partie le banc optique et on sera le plus précis possible lors des manipulations et mesures.

- L'objet AB dont la taille est notée h correspond à la lettre « d » des petites lampes qui s'adaptent sur les bancs optiques. Vérifier la valeur de  $h = \dots$ . Attention à ne pas se brûler dès que la lampe est allumée.
  - Choisir la bonne lentille et l'adapter à son porte lentille.
  - Sur le banc optique, placer l'objet AB à la graduation 0 et la lentille à une distance d de l'objet telle que  $d = 32$  cm.
  - Déplacer l'écran en arrière de la lentille jusqu'à obtenir une reproduction nette de l'objet sur l'écran. On dit que *l'on met au point*.
  - Déterminer alors toutes les caractéristiques de cette image comme cela a été fait de façon théorique en justifiant et en indiquant le protocole à chaque fois
- 
- La théorie est-elle en accord avec l'expérience ? Justifier.

**e) Image réelle et image virtuelle**

La lumière provenant de la gauche de la lentille et l'objet également à gauche de la lentille (objet dit réel), deux possibilités apparaissent pour la place de l'image :

\*

\*

**f) Le scientifique construit des objets mathématiques théoriques plus élaborés : l'exemple important du grandissement**

AB étant un objet et A'B' son image, on appelle grandissement  $\gamma$  (gamma) le rapport des hauteurs algébriques suivant : 
$$\gamma = \frac{A'B'}{AB}$$

Que peut-on dire des signes relatifs des deux grandeurs algébriques si  $\gamma < 0$  ? A quoi cela correspond-il physiquement parlant ?

Remplir alors le tableau suivant (il doit vous paraître logique) :

Grandissement $\gamma$	Sens de l'image <i>par rapport à l'objet</i> (image droite/inversée)	Grandeur de l'image par rapport à l'objet (plus grande/petite)
$\gamma < -1$		
$... < \gamma < ...$		
$... < \gamma < ...$		
$... < \gamma$		

**g) Recherche finale : des lois mathématiques pour prédire la théorie**

On étudie une lentille mince convergente de distance focale  $f' = 12,5$  cm, son centre optique étant noté O. L'objet réel de hauteur AB est perpendiculaire à l'axe optique. A'B' est la hauteur de l'image de l'objet donnée par la lentille convergente.

*ii) Relation de conjugaison des lentilles minces avec origine au centre*

Relation de conjugaison des lentilles minces avec origine au centre : AB est l'objet, A'B' est l'image, O est le centre de la lentille et  $f'$  sa focale :

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'} (= v)$$

ATTENTION !!! Ce sont les grandeurs algébriques qui sont utilisées !

Quand j'apprends une telle relation, qu'est-ce que je dois savoir faire ? A quoi est-ce que je fais attention ?

*iii) Relation de grandissement des lentilles minces avec origine au centre*

Relation de grandissement des lentilles minces avec origine au centre : AB est l'objet, A'B' est l'image, O est le centre de la lentille,  $\gamma$  son grandissement :

$$\gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$$

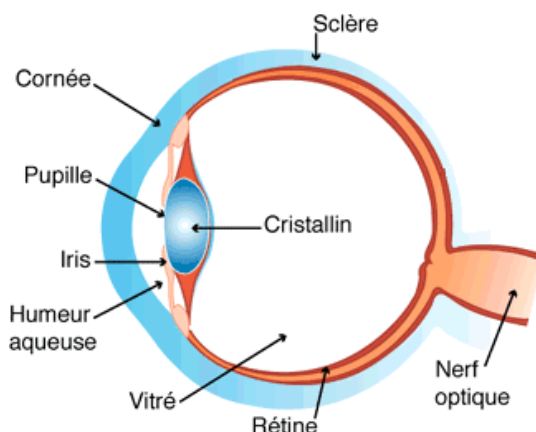
ATTENTION !!! Ce sont les grandeurs algébriques qui sont utilisées !

Remarque pour ceux qui veulent aller plus loin : cette relation ainsi que la précédente, résultent directement ou indirectement du théorème de Thalès en considérant deux triangles ayant O comme sommet commun. S'entraîner à les démontrer (très proprement) si cela vous intéresse, à partir du dessin de c)

### III Œil et appareil photo

#### 1) Modélisation de l'œil

##### a) Anatomie



L'œil est de forme sphérique. Les rayons qui y pénètrent traversent la cornée (protégeant l'œil de l'extérieur), l'humeur aqueuse (liquide), rentrent dans le cristallin (capsule élastique qui peut se bomber par action des muscles ciliaires) par la pupille, puis pénètrent dans l'humeur vitrée ou vitré (à l'intérieur de l'œil) pour parvenir à la rétine qui tapisse le fond de l'œil et où se trouvent les récepteurs de la lumière. Ces récepteurs, quand ils sont stimulés, envoient un message nerveux au cerveau via le nerf optique, qui les analyse (vision).

(\*) Cornée, humeur vitrée et cristallin font converger les rayons en donnant d'un objet vu par l'œil une image. On voit net si cette image se forme au fond de l'œil sur la .....

##### b) Modélisation physique

La modélisation physique la plus simple s'appelle le modèle de l'œil réduit.

Anatomie	Modèle physique
Cornée, humeur vitrée et cristallin	(*)
Iris	« diaphragme »
Rétine	(*)

Schématisation correspondante :

##### c) Expériences

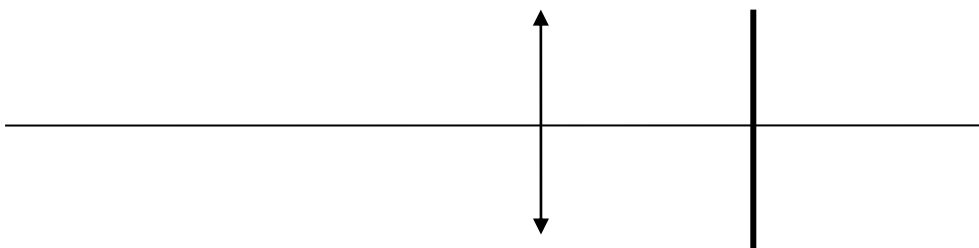
Un œil normal qui n'accommode pas (c'est-à-dire dont les muscles ciliaires ne travaillent pas) voit parfaitement un objet à l'infini.

(\*) Rappeler comment arrivent à l'œil les rayons d'un objet se trouvant à l'infini :

(\*) A quoi alors doit correspondre le plan rétinien pour un œil normal qui n'accommode pas ?

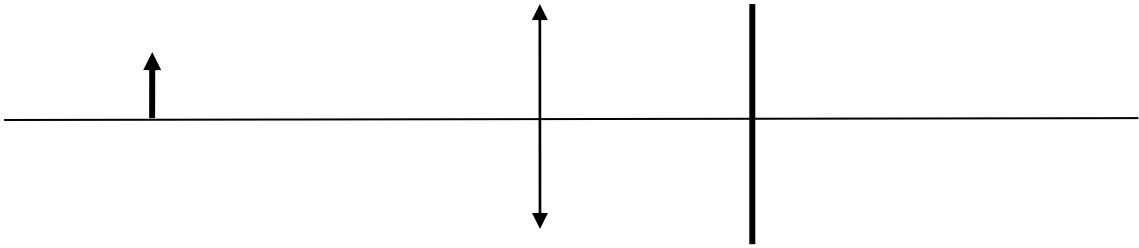
Modéliser sur le banc optique un œil normal qui n'accommode pas en utilisant la lentille de 5 dioptries.

(\*) Compléter le dessin du modèle physique correspondant en plaçant notamment O et F'... (l'échelle n'est pas respectée)



(\*) On modélise ainsi, avec cette lentille un œil qui n'accommoderait pas et qui aurait une profondeur de ..... cm.

(\*) On décide de rapprocher l'objet de l'infini à une distance finie donnée sur le schéma suivant. Construire l'image de l'objet AB (A sur l'axe optique) sans changer quoi que ce soit si ce n'est l'objet qui s'est rapproché.



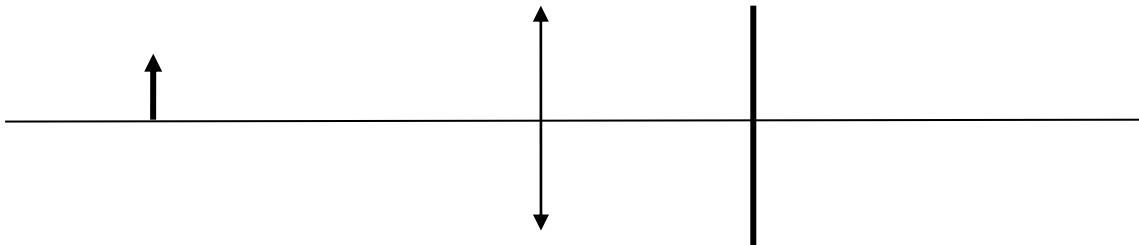
(\*) Que se passe-t-il pour l'image B' du point B ?

(\*) Que va-t-il se passer sur l'écran ?

Réaliser l'expérience correspondante sur le banc optique en plaçant l'objet lumineux (lettre lumineuse) à 33 cm devant l'œil modélisé et observer.

Modifier alors l'expérience de manière à ce que l'œil modélisé voie l'objet net à nouveau. Que modifiez-vous ? Attention ! Votre modification doit rendre compte de la réalité de l'œil.

Faites un nouveau schéma correspondant à cette nouvelle situation :



Retrouver le résultat du matériel à utiliser de façon théorique en utilisant les formules de conjugaison. Soigner la présentation.

Recommencer l'expérience avec une nouvelle distance, par rapport à l'œil modélisé de 20 cm puis de 6,5 cm. Que devez-vous changer à chaque fois ?

#### d) Conclusions :

Dans le modèle de l'œil, quelle grandeur ne doit pas changer (en considérant que l'on ne change pas d'œil) ?

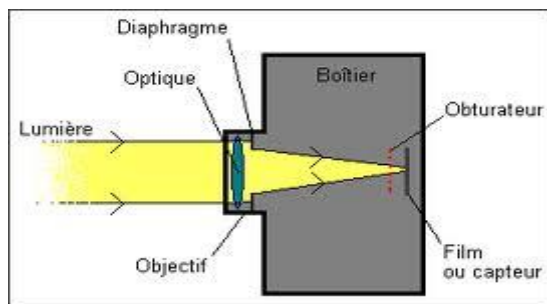
Cela correspond à quelle grandeur dans l'œil réel ?

Que change-t-on afin de modéliser l'accommodation de l'œil dans l'expérience ?

A quoi cela correspond-il physiologiquement ?

## 2) Modélisation de l'appareil photo

### a) Description



Les rayons qui pénètrent dans l'appareil photo traversent l'optique de l'objectif composé de plusieurs lentilles, puis arrivent dans le boîtier après le diaphragme pour parvenir sur le film (pellicule) ou le capteur (appareils numériques) où se trouvent les récepteurs de la lumière (récepteurs photochimiques pour la pellicule ou capteurs CCD pour l'appareil numérique).

(\*) Le système de lentilles de l'objectif fait converger les rayons en donnant d'un objet une image qui est nette si elle se forme sur le .....

### b) Modélisation

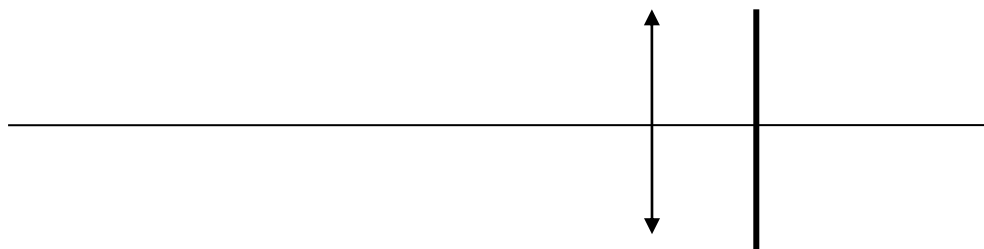
Appareil photographique	Modèle simple sur le banc optique
(*)	(*)
(*)	(*)
(*)	(*)

Schématisation correspondante :

### c) Expériences

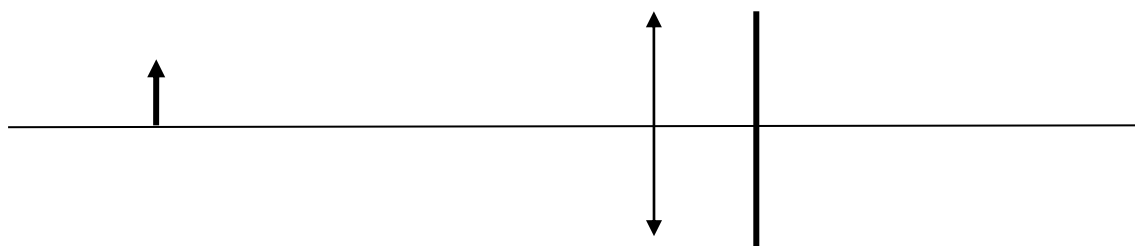
Modéliser sur le banc optique un appareil photographiant une montagne très éloignée en utilisant la lentille de 8 dioptries.

(\*) Faites le dessin du modèle physique correspondant :



(\*) On modélise ainsi, avec cette lentille, un appareil photo qui ne mettrait au point qu'à l'infini et qui présenterait une distance entre son objectif et ..... fixe de .....

On décide de rapprocher l'objet de l'infini à une distance finie donnée sur le schéma suivant. Construire l'image de l'objet AB (A sur l'axe optique). Cela pourrait correspondre par exemple à la photographie d'une fleur à quelques dizaines de centimètres de l'appareil.



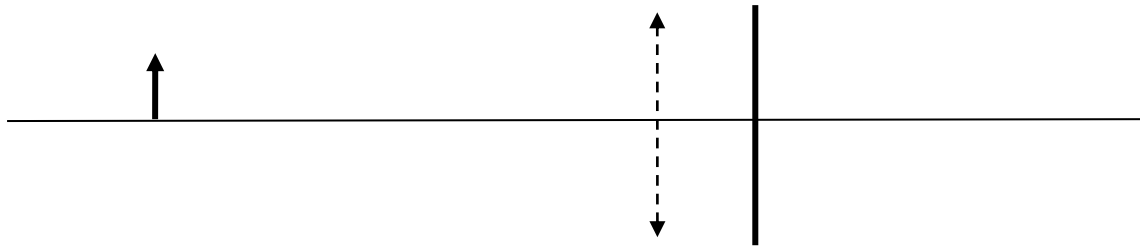
(\*) Que se passe-t-il pour l'image B' du point B ? Que se passe-t-il sur l'écran ? Et donc sur la photo ?



Réaliser l'expérience correspondante sur le banc optique en plaçant l'objet lumineux (lettre lumineuse) à 45 cm devant la pellicule (ou les capteurs) de l'appareil modélisé et observer.

Modifier alors l'expérience de manière à ce que l'appareil modélisé donne une image nette à nouveau. Que modifiez-vous ? Attention ! Votre modification doit rendre compte de la réalité de l'appareil.

Faites un nouveau schéma correspondant à cette nouvelle situation :



#### d) Conclusions

Dans le modèle simple de l'appareil photo (sans zoom), quelle grandeur ne doit pas changer (en considérant que l'on ne change pas d'appareil) ?

Cela correspond à quelle partie de l'appareil réel ?

Que change-t-on afin de modéliser la mise au point de l'appareil dans l'expérience ?

A quoi cela correspond-il dans l'appareil photographique réel ?

### 3) Comparaison œil /appareil photographique

#### a) Similitudes

similitude	Œil	Appareil photographique
Un système optique modélisable par une lentille		
Un système permettant de recevoir plus ou moins de luminosité		
Un système où se forme l'image		

#### b) Différences

différences	Œil	Appareil photographique
Modification afin d'obtenir une image nette		
Durée d'exposition		