

Chapitre 1

La vision des objets. L'œil, système optique.

Compétences exigibles :

- Porter un regard critique sur une conception de la vision à partir de l'étude d'un document.
- Exploiter les conditions de visibilité d'un objet.

Compétences transversales :

- Mobiliser ses connaissances.
- Rechercher, extraire, organiser des informations utiles.
- Formuler des hypothèses.
- Raisonner, argumenter, démontrer.

I - Vision des objets

A - Introduction

Situation 1: « Je te vois »

Avec le langage du physicien :

- De la lumière arrive dans mes yeux (« je vois »)...
(et l'information arrive au cerveau... à discuter ultérieurement)
- Elle provient d'un objet lumineux : toi.

Le trajet de la lumière depuis une source peut être repéré (décrire l'expérience correspondante)

Dans un milieu homogène (dictionnaire) et isotrope (dictionnaire), la lumière se propage en ligne droite.

Modélisation du trajet de la lumière dans la situation « je te vois » : à l'aide de rayons lumineux.

Ce sont des droites partant de l'objet sur lesquelles des flèches indiquent le sens de propagation de la lumière, et arrivant sur l'œil de l'observateur.

Situation 2 : « je ne te vois pas »

Présentez-là avec le langage du physicien (il y a deux solutions)

B - UN PEU D'HISTOIRE DES SCIENCES

Pourquoi diable dit-on «jeter un coup d'œil» ou «foudroyer du regard», si ce n'est pas l'œil qui envoie ses rayons sur l'objet qu'il explore? Les bizarries de la langue française rappellent une vieille controverse : comment fonctionne la vision ? Et quel est son « sens » : de l'œil vers l'objet ou de l'objet vers l'œil ?

La dispute scientifique remonte à l'Antiquité. En lice : deux théories, connues sous les noms d'intromission et d'émission. La première, assignant à l'œil un rôle passif, décrivait le phénomène de la vision par un quelque chose allant de l'objet à l'œil. La seconde, octroyant à l'œil un rôle plus actif, expliquait la vision par un quelque chose allant de l'œil à l'objet.

La nature du quelque chose restait mal définie, dans un cas comme dans l'autre. Pour les philosophes atomistes, Démocrite (460-370 av.J.-C.) et Épicure (341-270 av.J.-C.), tous deux partisans de l'intromission, il s'agissait de simulacres, de fines enveloppes ou de minces effigies, les «*eidola*», qui se détachaient de la surface de l'objet et voltigeaient à la rencontre de l'observateur. Au cours de leur trajet les simulacres sont plus ou moins effacés : c'est pourquoi les objets éloignés ne sont pas vus distinctement. Que se passe-t-il si les simulacres rencontrent un obstacle au cours de leur propagation ? Leur comportement dépend de la nature de l'obstacle : ils peuvent le traverser, s'y abîmer ou en être repoussés.

Pour les mathématiciens, Euclide (325-265 av.J-C.) et Ptolémée (90-178 av.J-C.), tenants de l'émission, des rayons visuels jaillissaient de la pupille pour partir à la rencontre de l'objet. C'est pourquoi certains yeux, comme ceux des félins, brillent dans l'obscurité. Les rayons visuels tombent sur les objets et les rendent visibles comme s'ils « tâtaient » les objets. Les objets lumineux retiennent particulièrement bien les rayons visuels, c'est pourquoi ils sont tant visibles.

Les partisans de l'émission soulignaient les insuffisances de la théorie adverse :

- La forme du globe oculaire, sphérique, et non creuse comme celle de l'oreille ou du nez, n'était-elle pas plus propice à l'émission qu'à la réception ?
- Comment justifier qu'en regardant avec attention la page d'un livre, toutes les lettres ne fussent pas nettes en même temps ?

Les partisans de l'intromission soulignaient les insuffisances de la théorie adverse :

- Comment interpréter l'absence de vision nocturne ? Un œil émetteur aurait dû être en mesure de remplir ses fonctions même dans l'obscurité et, à l'ouverture de la paupière, de discerner d'abord les objets proches, et seulement ensuite les objets lointains.
- Comment expliquer, de surcroît, que l'œil humain pût être en mesure d'émettre son feu visuel jusqu'aux étoiles ?
- L'unité de fonctionnement des cinq sens plaiddait aussi en faveur d'un œil récepteur. L'ouïe, le toucher, l'odorat et le goût s'expliquaient par une réaction à des stimuli externes. Le son partait à la rencontre de l'oreille, les parfums allaient au-devant du nez... Il n'y avait aucune raison que la vue échappât à la règle.

Circulait également une théorie hybride, soutenue par Platon (428-347 av. J.-C.) dans son *Timée*, expliquant la vision par la rencontre des émanations issues de l'objet avec le feu du flux visuel.

Le premier organe qu'ils (Dieux) fabriquèrent est l'œil qui nous apporte la lumière ; et voici dans quel but : ils composèrent un corps particulier de tout le feu qui ne brûle pas, mais qui fournit cette douce lumière, dont chaque jour est formé ; et le feu pur, et semblable à celui-là, qui est au-dedans de nous, ils le firent s'écouler par les yeux, à flots pressés mais uniformes, et ils disposèrent toute la surface de l'œil, et surtout le milieu, de manière à arrêter complètement le feu le plus grossier, et à ne laisser passer que celui qui est pur. Quand donc la lumière du jour s'applique au courant de la vue, alors le semblable rencontre son semblable, l'union se forme et il n'y a plus dans la direction des yeux qu'un seul corps, qui n'est plus un corps étranger et dans lequel ce qui vient du dedans est confondu avec ce qui vient du dehors. De cette union de parties semblables résulte un tout homogène, qui transmet à tout notre corps et fait parvenir jusqu'à l'âme les mouvements des objets qu'il rencontre ou par lesquels il est rencontré, et nous donne ainsi cette sensation que nous appelons la vue. Mais la nuit quand le feu intérieur se retire, le courant est détruit ; car le feu intérieur, rencontrant au-dehors des êtres d'une nature différente, s'altère et s'éteint, et ne peut plus s'unir à l'air qui l'environne, puisque cet air ne contient plus de feu. Il cesse donc de voir, et alors il amène le sommeil...

La mise en évidence du rôle de la lumière en tant qu'agent de la sensation visuelle allait émerger à la charnière du X^{ème} et du XI^{ème} siècle, grâce au mathématicien, physicien et astronome arabe Al-Hasan Ibn al-Haytham (9651039), ou Alhazen (le prénom latinisé d'Ibn al-Haytham, sous lequel il était connu en Europe occidentale). Né à Bassora, en Perse, Ibn al-Haytham avait gagné l'Égypte, mandaté par le calife pour résoudre le problème des crues du Nil. Devant l'échec de cette entreprise téméraire, incapable de construire ce qui serait un jour le barrage d'Assouan, Ibn al-Haytham était tombé en disgrâce. Craignant pour sa vie, il simula la folie et fut assigné à résidence pendant les dix années qui suivirent, jusqu'à la mort du calife, en 1021.

Ibn al-Haytham profita de sa captivité pour entreprendre des recherches qui lui tenaient à cœur, dans le domaine de l'optique notamment. Le savant musulman avait pris connaissance de l'héritage des anciens Grecs, recueilli par les érudits au contact de l'Empire romain d'Orient. Et ses réflexions l'amènerent à condamner sans appel la théorie de l'émission, incapable de justifier que fixer le Soleil pût être plus traumatisant que de regarder un arbre. Comment l'œil aurait-il pu subir quelque lésion que ce fût si rien n'y pénétrait ? La sensation d'éblouissement ne faisait-elle pas plutôt pencher la balance en faveur d'un œil récepteur de la lumière ?

« Nous avons remarqué que lorsque l'œil fixe une lumière intense, celui-ci est blessé. De même, lorsqu'un observateur se tourne vers le Soleil, il lui est impossible de le regarder fixement car son œil est blessé par la lumière provenant du Soleil (...). Tout cela montre que la lumière a un effet sur l'œil ».

Édité à Bâle, en 1572, sous le titre *Opticae thesaurus*, le traité d'optique d'Alhazen se trouva rapidement propulsé au rang d'ouvrage de référence. À la fois pour les peintres de la Renaissance, qui s'en inspirèrent dans leurs représentations en perspective, et pour les théoriciens de l'optique. Il explique le processus de la vision par des rayons de lumière partant de chaque point d'un objet et parvenant à l'œil. Il donne une description précise de l'anatomie de l'œil. Cependant il commet l'erreur de suggérer que c'est le cristallin (et non la rétine) qui reconstitue l'image point par point, avant son transfert, par le nerf optique, jusqu'au « siège de l'âme ».

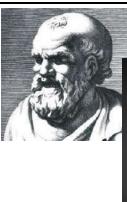
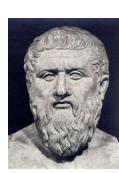
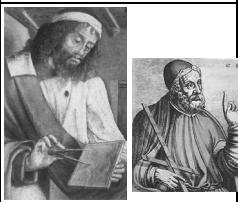
Léonard de Vinci s'est aussi intéressé au mécanisme de la vision, « *la pupille de l'œil se change en différentes grandeurs selon la variation de la clarté et de l'obscurité des objets qui se présentent devant elle. En ce cas, la nature est venue au secours de la vertu visuelle quand elle est offensée par l'excès de lumière en faisant restreindre la pupille de l'œil et lorsqu'elle est blessée par l'excès de l'obscurité, elle fait s'élargir circulairement la pupille. La nature fait ici une constante équation en diminuant ou augmentant, grâce à la diminution ou à l'augmentation de la pupille selon la clarté ou l'obscurité des objets*

Finalement, en 1605, Johannes Kepler, un astronome, attribue à la rétine son rôle dans la perception visuelle. Les astronomes sont préoccupés par des erreurs de vision, importantes pour l'observation astronomique, et Kepler propose une théorie mathématique de la chambre obscure qu'il étend à l'œil. L'œil est devenu instrument d'optique : les rayons lumineux pénètrent par un petit orifice (la pupille), se projettent sous la forme d'une image inversée sur l'écran (la rétine, véritable agent sensoriel) où se forme une « peinture bidimensionnelle » de l'objet, que l'observateur peut « voir » directement.

*Texte écrit à partir d'un extrait de « Quand la vue change de sens » de Marie-Christine de La Souchère
La Recherche N°443 - 06/2010*

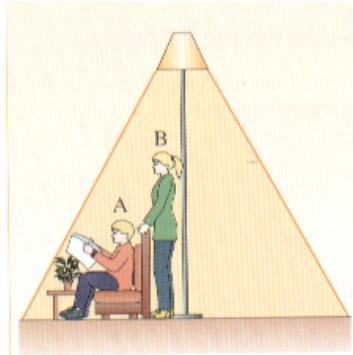
A. LES DIFFERENTES CONCEPTIONS DE LA VISION

- 1) Après une lecture attentive du texte précédent, compléter le tableau suivant (Léonard de Vinci n'apparaît pas dans le tableau) :

Scientifiques dans l'ordre chronologique					
	 				
« sens de la vue »					
Nom de la théorie de la vision					
Explication					
Observations confirmant la conception					

2) Application

Dans un milieu transparent et homogène (air de la salle de classe), la lumière se propage en ligne droite. On représente donc un rayon lumineux par une droite fléchée indiquant le sens de propagation.



Sur le schéma ci-contre, tracer le chemin suivi par la lumière pour expliquer que le personnage A voit son journal.

B. DANS QUELLES CONDITIONS UN OBJET EST-IL VISIBLE ?

Les **sources primaires de lumière** produisent elles-mêmes la lumière qu'elles émettent.

Exemples :

Les **sources secondaires de lumière** diffusent (ou renvoient) de la lumière uniquement lorsqu'elles sont éclairées.

Exemples :

Un objet n'est visible que :

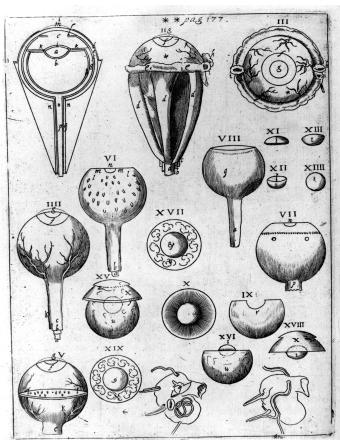
- s'il produit sa propre lumière ou s'il est éclairé.
- ET s'il émet ou renvoie (diffuse) de la lumière qui pénètre dans l'œil de l'observateur.

C. QUELLE EST L'ANATOMIE « PHYSICIENNE » DE L'OEIL ?

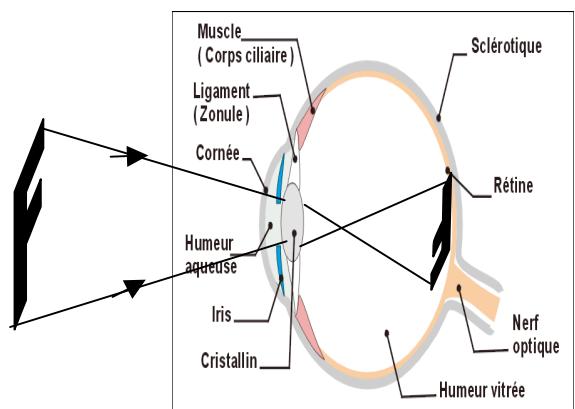
Vous trouverez ci-dessous différentes représentations de l'anatomie de l'œil, qui montrent bien l'évolution des connaissances à ce sujet :



Léonard de Vinci
1452-1519



Johannes Kepler
1571-1630

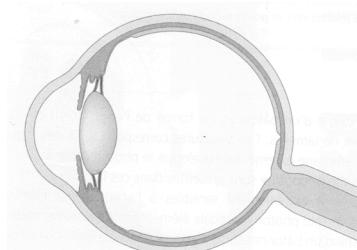


Représentation
actuelle simplifiée

1) En observant ces représentations et en vous basant sur les conclusions de Johannes Kepler, quelles sont les trois parties principales de l'œil qui permettent de comprendre le phénomène de vision ?

2) Indiquer le rôle de chacune de ces trois parties.

3) Afin d'expliquer simplement la vision d'un objet, on utilise un schéma simplifié de l'œil.
Ci-dessous, compléter le schéma simplifié de l'œil.



Suppléments, remarques, nouvelles questions

Et après impact sur l'œil ?

D'abord, la lumière doit traverser le cristallin. Mais alors, il y a changement de milieu transparent, que se passe-t-il ??

Expérience tasse/pièce/eau

Ensuite, la lumière arrive sur la rétine et nous pouvons enfin parler de réception. Il y a transformation du signal lumineux reçu en signal qui pourra être transmis jusqu'au cerveau. Comment ? Mais de quoi parle-t-on ? De lumière interagissant avec de la matière... Mais qu'est-ce que cela veut dire « interagir » ? Comment le transfert de l'information se réalise-t-il ? Et quelle est la nature du signal transmis au cerveau ?

II - l'œil : système optique

A – Introduction

Qu'est-ce qu'un système optique ?

C'est quelque chose qui modifie le parcours des rayons lumineux provenant d'un objet de telle sorte qu'à la sortie du système les rayons se réunissent de manière à constituer une image.

Soyons plus explicites :

- l'objet lumineux peut être vu comme un ensemble, un paquet, un tas de points lumineux.
- De chacun de ces points partent des rayons lumineux.
- Parmi ces rayons, certains vont entrer dans notre système et vont être déviés (une ou plusieurs fois...).
- Les rayons qui sortent du système vont se croiser en des points qui constitueront un nouvel ensemble : l'image de l'objet donnée par le système optique.

Exemples (à proposer) :

Expériences rapides d'obtention d'images (lentille, miroir sphérique)

Et dans notre œil ? (système optique simplifié : œil = cristallin + rétine)

- Le cristallin a pour rôle de dévier les rayons entrants.
- Les images obtenues se forment sur la rétine.

B – Les lentilles

Compétences exigibles :

- Reconnaître la nature convergente ou divergente d'une lentille mince.
- Représenter symboliquement une lentille mince convergente ou divergente.
- Déterminer graphiquement la position, la grandeur et le sens de l'image d'un objet-plan donné par une lentille convergente.
- Exploiter la relation liant la vergence et la distance focale.



Les premières traces d'utilisation d'une lentille proviennent de la Grèce antique. Aristophane y fait notamment référence dans sa pièce *Les Nuées* écrite en 423 av. J.-C. en évoquant un « verre à feu » (une lentille convexe utilisée pour produire du feu).

Aristophane est un poète comique grec du V^e siècle av. J.-C., né vers 450–445 et mort vers 385 av. J.-C.

I. QU'EST-CE QU'UNE LENTILLE ? QU'EST-CE QUI DIFFERENCIE LES LENTILLES ENTRE ELLES ?

1) Reconnaître une lentille en utilisant nos sens

➤ Expérience :

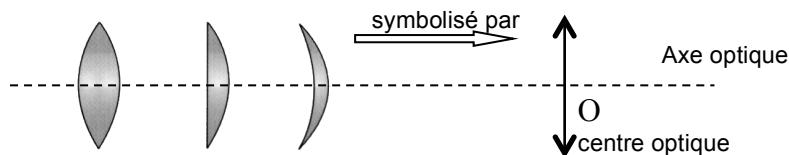
Diverses lentilles sont présentées. Les classer en deux catégories. Utiliser, pour cela, deux des cinq sens ...

➤ Observations :

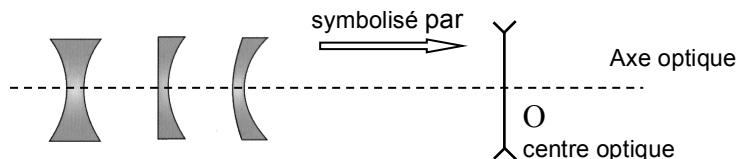
➤ Conclusion :

II existe deux types de lentilles :

- des lentilles à bord mince :



- des lentilles à bord épais :



2) Reconnaître une lentille par action de la lentille sur un faisceau de rayons lumineux parallèles

➤ Expérience (utilisation du tableau magnétique) :

Faire arriver un faisceau de rayons lumineux parallèles sur une lentille de chaque type.
Observer les rayons qui émergent de ces lentilles.

➤ Observations :

➤ Conclusion :

- **Une lentille à bord mince est : elle la largeur d'un faisceau de rayons parallèles. Plus une lentille est bombée plus elle est convergente.**
- **Une lentille à bord :**

3) Reconnaître une lentille par observation d'un texte

➤ Expérience :

Observer un texte posé sur la table au travers d'une lentille convergente placée près du texte, puis au travers d'une lentille divergente.

➤ Observations :

➤ Conclusion :

II. A QUEL TYPE DE LENTILLE APPARTIENT LE CRISTALLIN ? LE MODELE REDUIT DE L'ŒIL

- Reprendre le schéma de l'œil du chapitre 1.

L'œil est un ensemble complexe que l'on peut modéliser par un système optique appelé **œil réduit**.

Le **cristallin**, associé aux autres milieux transparents de l'œil, se comporte comme une **lentille qui permet d'obtenir, sur la rétine, une image nette et renversée de l'objet observé.**

- Compléter le tableau suivant :

Œil	Modèle réduit de l'œil	Propriétés optiques
		Réalise la formation de l'image d'un objet observé sur la rétine
	Ecran	
Iris et pupille		

- Proposer le schéma du modèle réduit de l'œil.

III. QUELLES SONT LES CARACTÉRISTIQUES D'UNE LENTILLE CONVERGENTE ?

1) Les points particuliers d'une lentille convergente

Grâce aux expériences réalisées sur le tableau magnétique, répondre aux questions suivantes.

a- Centre optique et axe optique

En quoi le centre optique de la lentille est-il un point particulier ?

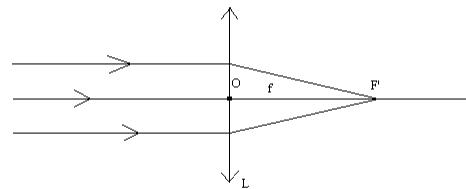
.....

b- Foyer image F' et distance focale f

Qu'ont en commun les rayons lumineux émergeants, issus de rayons incidents parallèles à l'axe optique de la lentille ?

•

•

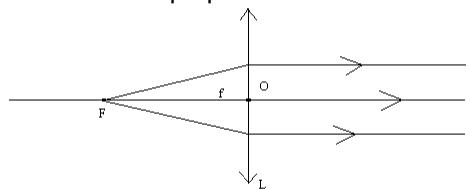


c- Foyer objet F et distance focale f

Qu'ont en commun les rayons incidents donnant des rayons émergeants parallèlement à l'axe optique ?

•

•



•

2) Comment mesurer la distance focale d'une lentille convergente?

Sachant qu'une source de lumière très éloignée émet un faisceau de rayons parallèles, comment peut-on déterminer approximativement la distance focale d'une lentille ?

- Rédiger un protocole pour mesurer la distance focale de la lentille fournie par le professeur.
- Faire la mesure et donner la valeur de la distance focale de la lentille, en mètre.

➤ Expérience :

➤ Observations :

- Expliquer pourquoi et comment on peut faire du feu à l'aide d'une lentille.



C'est la deuxième fois que la lumière devient ... autre chose.
Peut être qu'en employant le terme « énergie », cela devient acceptable....

DISCUSSION

➤ Conclusion :

L'image d'un objet très éloigné (on dit à l'infini) d'une lentille convergente se forme au niveau du..... de la lentille. La distance lentille-écran correspond alors à la..... de la lentille convergente.

3) Comment les opticiens classent-ils leurs lentilles ?

Docteur Jean De la Bonnière
Ophtalmologiste
 1, rue de la Chaumière
 27 033 Guichainville
 Tel. 02 32 22 56 87
 Fax. 02 32 22 56 88

Saline Paton

Vision de loin
 OD : -2,00
 OG : -0,50

Vision de près
 Add +1,50

Verres progressifs
 Une monture

[Signature]

Docteur Jean De la Bonnière - Ophtalmologiste - sas - Siret 234 000 000 0002 - N°TVA : DR 00 876 000 432

Pour répondre aux prescriptions des médecins ophtalmologistes et réaliser les verres des lunettes, les opticiens n'utilisent pas la distance focale pour différencier leurs lentilles mais utilisent plus volontiers la vergence, notée **C**, et exprimée en **dioptries (δ)**.

Pour une lentille convergente :

$$C = \frac{1}{f}$$

Pour une lentille divergente :

$$C = -\frac{1}{f}$$

La distance focale f et la vergence C d'une lentille sont des grandeurs caractéristiques de la lentille.

Les opticiens disposent de lentilles convergentes à $0,2 \delta$; $0,5 \delta$; $0,75 \delta$, etc. et de lentilles divergentes à $-0,25 \delta$; $-0,5 \delta$; $-0,75 \delta$, etc. pour la fabrication des lunettes, par exemple.

Application :

- Quels types de verre, la patiente porte-t-elle pour corriger sa vision de loin ? Sa vision de près ? Justifier.
- Vérifier, par le calcul, que des verres de distance focale $f = 66,7 \text{ cm}$ corrige bien la vision de près des yeux de la patiente.

3. Calculer la distance focale du verre qui corrige la vision de loin de l'œil gauche de la patiente.

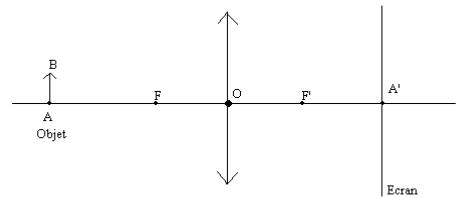
IV. QUELLES SONT LES CARACTÉRISTIQUES DE L'IMAGE D'UN OBJET DONNÉE PAR UNE LENTILLE CONVERGENTE ?

1) Caractériser expérimentalement l'image d'un objet

➤ Expérience :

On utilisera un banc d'optique, ses accessoires et une lentille convergente $+8\delta$.

On cherche à savoir comment évolue l'image $A'B'$ (position et taille) quand on rapproche l'objet AB de la lentille de centre optique O.



- Placer l'objet lumineux en un point A, à la distance OA de la lentille.

- Déplacer l'écran de façon à avoir une image nette et compléter le tableau suivant.

Observations

AB (cm)	Taille de l'objet				
OA (cm)	Position de l'objet	40	25	18	10
OA'(cm)	Position de l'image				
A'B'(cm)	Taille de l'image				
	Sens de l'image				

Conclusion :

Une lentille convergente donne d'un objet :

- 1^{er} cas : une image renversée et située après la lentille (on peut alors la former sur un écran)

Cette image peut être plus grande que l'objet (si $f < OA < 2f$), de même taille que l'objet (si $OA = f$) ou plus petite que l'objet (si $OA > 2f$).

Quand on approche l'objet de la lentille, l'image s'en éloigne : objet et image se déplacent donc dans le même sens ; l'image devient aussi de plus en plus grande.

- 2^{ème} cas : une image droite et plus grande que l'objet, située avant la lentille (on ne peut l'observer qu'en regardant à travers la lentille)

Où se situe la frontière entre le 1^{er} et le 2^{ème} cas ? Au foyer F !

- Si l'objet est avant F : 1^{er} cas ;
- Si l'objet est entre F et O : 2^{ème} cas.

Remarque

Seul le 1^{er} cas permettra de modéliser le fonctionnement d'un œil.

2) Comment construire graphiquement l'image d'un objet ?

Les mesures étant effectuées, on peut retrouver ces conclusions par construction graphique.

Pour cela, utiliser la « méthode des trois rayons » afin de construire l'image $A'B'$ d'un objet AB à travers une lentille.

Echelles à respecter : **échelle verticale** : 1 cm pour 1 cm **échelle horizontale** : 1 cm pour 10 cm

Ces résultats peuvent être retrouvés en utilisant l'animation-flash optique de Robert Gastebois.

Dans *paramétrage*, rentrer les valeurs du tableau (**Attention** les valeurs sont en mm et la distance OA doit être précédé d'un signe -), puis vérifier les valeurs données par le logiciel.

Voir aussi l'annexe « règles du jeu, rayons particuliers »

Application :

En utilisant une lentille de vergence $C = 8 \delta$, on obtient une image droite de hauteur $h' = 3$ cm et située à 54 cm de la lentille. Par une construction graphique, déterminer la position, la taille et le sens de l'objet.

Voir d'autres exemples pendant la séance

Annexe : règles du jeu pour trouver l'image, propriétés de rayons particuliers traversant une lentille mince (rappels).

Ce qui suit suppose une parfaite compréhension de ce qui a été présenté précédemment, en particulier :

- *l'axe optique d'une lentille ;*
- *le centre optique d'une lentille ;*
- *la représentation d'un objet lumineux AB ;*
- *les positions des deux foyers F et F'.*

- Propriété du centre optique : tout rayon passant par O traverse la lentille sans être dévié.

- Tout rayon incident parallèle à l'axe optique émerge de manière à passer par un point de cet axe appelé foyer principal image et noté F' , distance focale $f' = \overline{OF'}$ en mètre (m), vergence $C = 1/f'$ en dioptrie (δ).

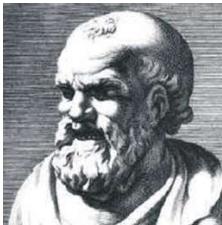
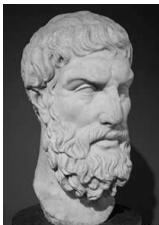
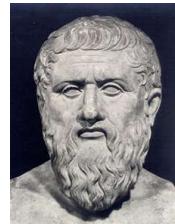
- Tout rayon incident passant par un point de l'axe optique appelé foyer principal objet (noté F) émerge parallèlement à l'axe optique.

$OF = OF' = f$, F et F' sont symétriques l'un de l'autre par rapport à O.

Remarques :

- plan perpendiculaire à l'axe optique et passant par F' : plan focal image ;
- plan perpendiculaire à l'axe optique et passant par F : plan focal objet ;
- tout ensemble de rayons parallèles entre eux (venant d'un point objet à l'infini) émerge en convergeant en un point du plan focal image ;
- tout les rayons issus d'un point du plan focal objet émergent parallèles entre eux (point image à l'infini)

Correction I

Scientifiques dans l'ordre chronologique	Démocrite Epicure	Platon	Euclide Ptolémée	Ibn-Al-Haytham	Kepler
	 		 		
« sens de la vue »	Intromission	Mixte	Emission	Intromission	Intromission
Nom de la théorie de la vision	Objet-Œil	Objet-Œil et Œil-Objet	Œil-Objet	Objet-Œil	Objet-Œil
Explication	« il s'agissait de simulacres, de fines enveloppes ou de minces effigies, les « <i>eidola</i> », qui se détachaient de la surface de l'objet et voltigeaient à la rencontre de l'observateur »	« la rencontre des émanations issues de l'objet avec le feu du flux visuel »	« des rayons visuels jaillissaient de la pupille pour partir à la rencontre de l'objet »	« les différents points sources de l'objet dardaient des rayons lumineux, qui pénétraient dans l'œil par la pupille, selon des faisceaux en forme de cônes »	« la pupille remplaçait l'ouverture de la chambre obscure. Le cristallin, milieu transparent, dont l'opacité entraînait la cataracte, se substituait à la lentille. La rétine, enfin, sur laquelle s'imprimait l'image, tenait lieu d'écran et se révélait ainsi le véritable agent sensoriel »
Observations confirmant la conception	Absence de vision nocturne		Œil de félin luit dans l'obscurité Sensation lumineuse dans l'œil lors d'un choc	Fixer le Soleil crée une lésion Image disparaît lorsqu'on masque l'objet	

Pour le physicien, l'œil est constitué de trois parties principales :

- L'ensemble pupille-iris qui joue le rôle de diaphragme (ouverture circulaire de diamètre variable) ;
- Le cristallin qui joue le rôle de lentille ;

- ***La rétine qui joue le rôle d'écran***

Remarques

- Systèmes optiques : citer les lentilles, miroirs, l'œil, microscopes, télescopes, etc.
- Expliquer pourquoi nous pouvons considérer que des rayons provenant d'une point lumineux objet très éloigné et traversant un système optique peuvent facilement être considérés comme parallèles entre eux.
- En faveur de l'intromission : si nous sommes mille personnes en train de regarder le même objet visible et que tout le monde ferme les yeux sauf moi, je vois alors toujours aussi bien l'objet.