

## Quel est le rôle de la lumière dans la vision des objets ?





Constat et définitions.

Les expériences effectuées en classe (un laser éclaire le mur, etc.), ainsi que de nombreuses situations de la vie quotidienne conduisent aux règles et définitions suivantes :

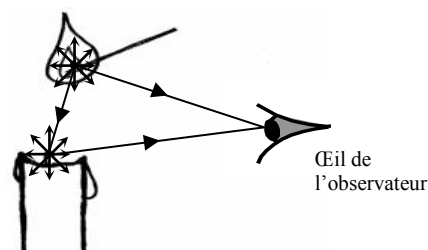
- on ne voit pas la lumière de profil ;
- on ne voit que des objets : lampe, table, nuage, flamme, Soleil, Lune, etc. ;
- on dit d'un objet qu'il est lumineux s'il produit de la lumière ;
- on dit d'un objet qu'il est éclairé s'il reçoit de la lumière ;
- pour qu'un objet soit vu, il faut que de la lumière en provenance de cet objet<sup>1</sup> pénètre dans l'œil<sup>2</sup> de l'observateur ;
- on dit d'un objet qu'il diffuse de la lumière s'il renvoie dans toutes les directions de l'espace une partie ou toute la lumière qu'il reçoit ;
- par définition, un objet blanc diffuse toute la lumière qu'il reçoit ;
- par définition, un objet noir absorbe toute la lumière qu'il reçoit ;
- dans l'air, la lumière se propage en ligne droite. On parle dans ce cas de propagation rectiligne de la lumière.

### Modèle géométrique de la lumière

Une situation est représentée (vue de haut ou de profil) par une figure sur laquelle :

- un objet est représenté par un ensemble de points ;
- la propagation rectiligne de la lumière est modélisée par des droites orientées dans le sens de la propagation de la lumière et appelées « rayons » : 
- l'œil de l'observateur est symbolisé par : 
- la diffusion de la lumière en un point est symbolisée par : 
- l'absorption de la lumière en un point est symbolisée par : 

Exemple. On peut représenter la vision d'une flamme et de la bougie qu'elle éclaire de la façon suivante :



<sup>1</sup> émetteur  
<sup>2</sup> récepteur

## A quelle(s) condition(s) un objet est-il visible ?

### Condition de visibilité

**Pour un observateur, un point d'un objet est visible s'il est possible de tracer sur la figure modélisant la situation un rayon ininterrompu à partir de ce point jusqu'à son œil.**

Exemple. Un cylindre en bois est posé sur une table à proximité d'une paroi :

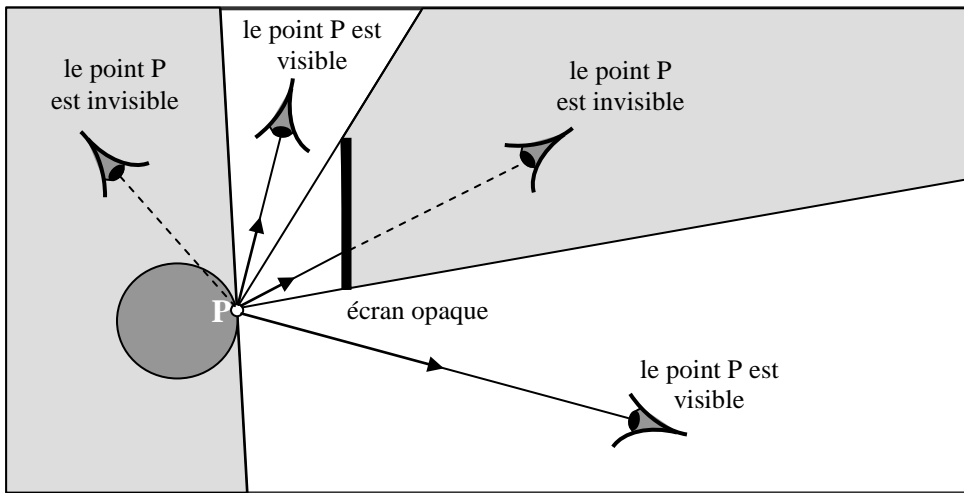
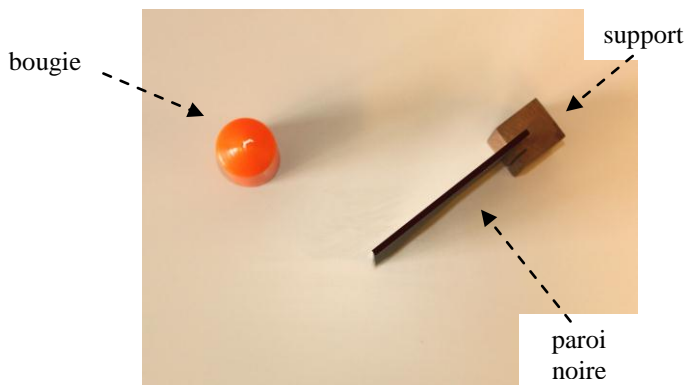


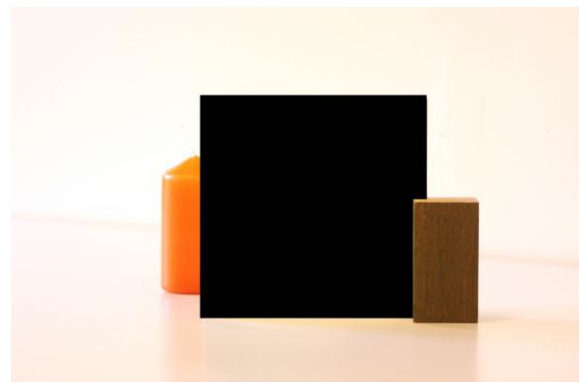
Figure modélisant la situation vue de dessus

**La partie visible d'un objet est l'ensemble des points visibles de cet objet.**

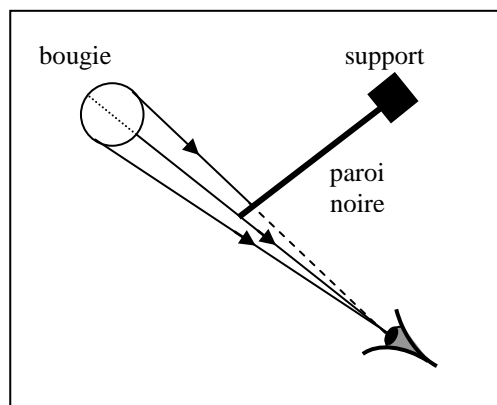
Exemple. Une bougie partiellement visible en raison d'une paroi verticale noire.



Vue de dessus



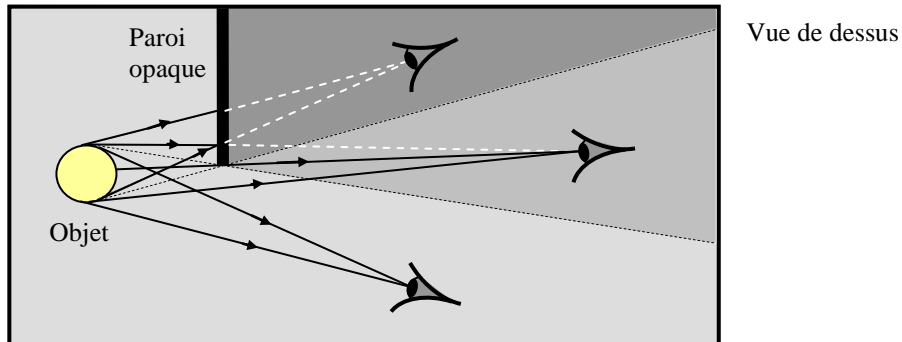
Vue de profil



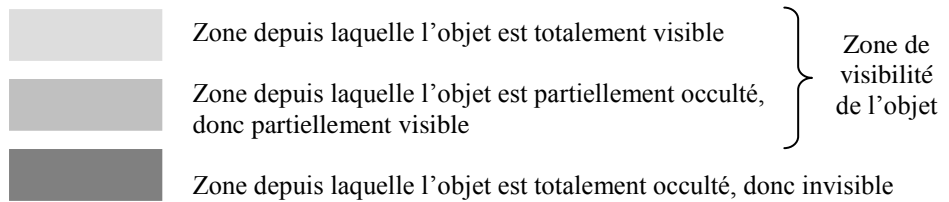
Vue de dessus

Nous pouvons distinguer trois zones différentes de l'espace : celle depuis laquelle l'objet est totalement visible, celle depuis laquelle il est partiellement visible et celle depuis laquelle il est invisible.

**La zone de visibilité d'un objet est la région dans laquelle un observateur doit se trouver pour voir l'objet.**

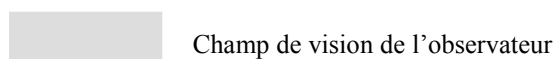
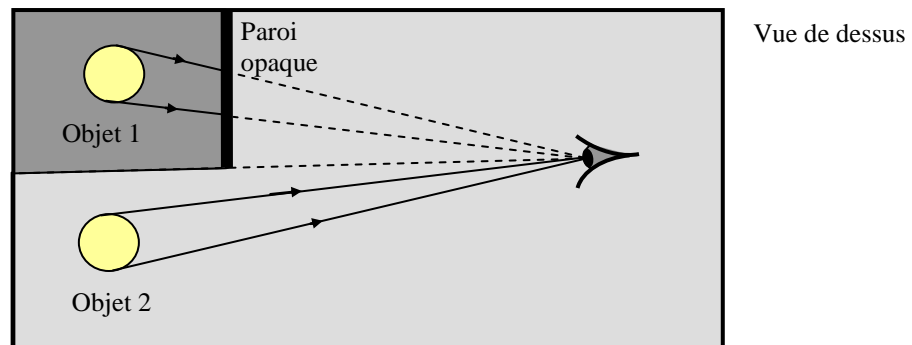


Légende :



**On appelle champ de vision d'un observateur la région contenant les objets pouvant être vus par l'observateur.**

Exemple. Un observateur (qui est autorisé à se retourner) voit l'objet 2 qui est dans son champ de vision, alors qu'il ne peut voir l'objet 1.



Remarque. Pour distinguer un objet du fond devant lequel il est placé, il faut que l'objet et le fond envoient des lumières de couleurs ou d'intensité différentes. Exemples : un objet blanc sur un fond blanc ne peut être distingué ; un objet noir peut être distingué, s'il est placé devant un fond d'une autre couleur ou devant une source.

## Vitesse de la lumière

Un certain temps s'écoule entre l'émission de la lumière par une source et sa réception par l'œil d'un observateur. La vitesse de la lumière est donc finie.

Il faut retenir que :

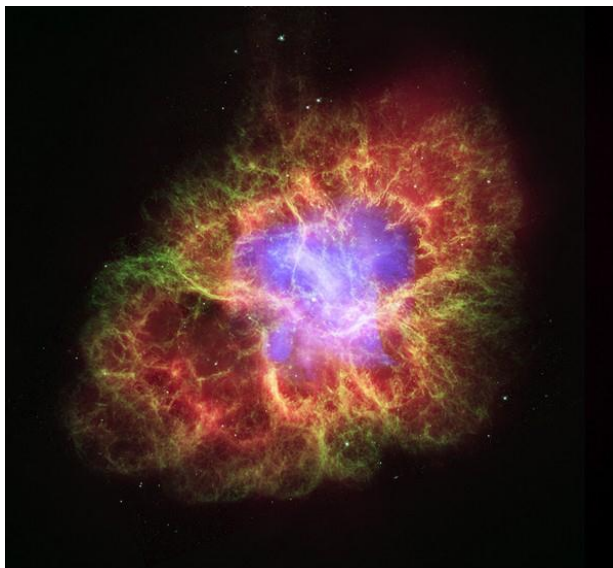
- **la lumière parcourt chaque seconde une distance de 300'000 kilomètres. Sa vitesse est donc de 300'000 kilomètres par seconde ;**
- **un objet est vu tel qu'il était au moment de l'émission de la lumière qu'on en reçoit, dans un passé proche ou lointain selon sa distance à l'observateur.**

Exemples :

- La lumière met environ un dix-millième de seconde pour nous parvenir d'une colline située à 30 kilomètres. On considère donc que la vision de cette colline et de tous les objets proches est instantanée.
- La lumière met environ 8 minutes pour nous parvenir du Soleil. On voit donc le Soleil tel qu'il était il y a 8 minutes.
- La lumière met environ quatre ans à nous parvenir de l'étoile la plus proche (après le Soleil). On voit donc cette étoile telle qu'elle était il y a quatre ans.
- La nébuleuse est vue

L'année-lumière est une unité de longueur qui représente la distance parcourue par la lumière en un an. Cette distance vaut approximativement 10'000'000'000'000 km c'est-à-dire 10 millions de millions de kilomètres.

Exemple. La nébuleuse du crabe est située à environ 6300 années-lumière de la Terre. Les astronomes chinois ont observé son explosion en 1054. La photographie ci-dessous, récemment prise par les télescopes spatiaux de la NASA, est donc une vue de la nébuleuse telle qu'elle était il y a 6300 ans.



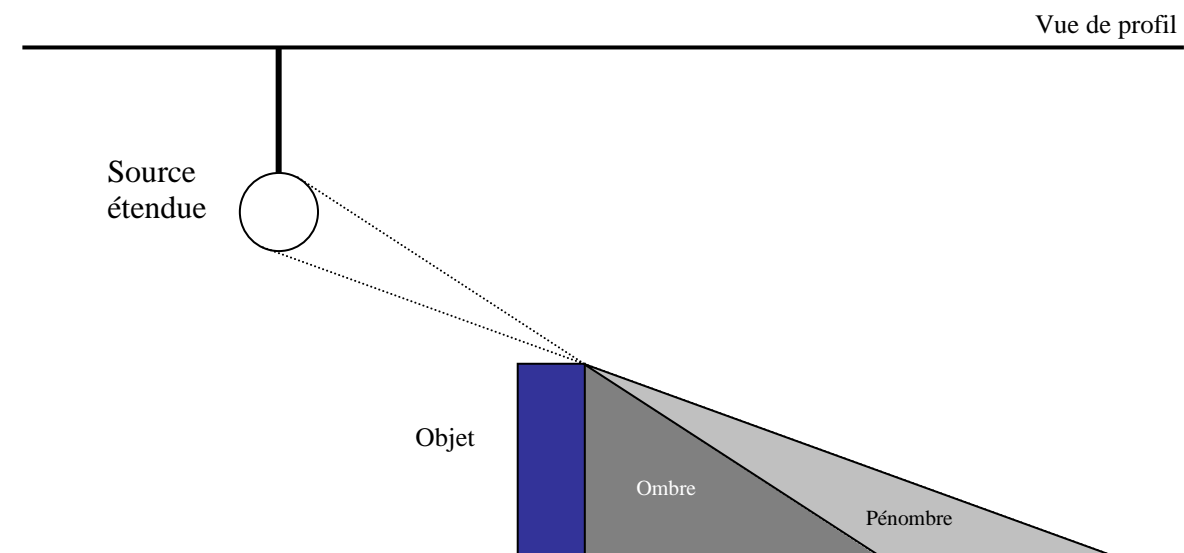
La nébuleuse du Crabe vue par les télescopes spatiaux Chandra, Hubble et Spitzer (NASA)

## Ombre, pénombre

Définitions.

- On appelle ombre d'un objet par rapport à une source, la région de l'espace qui n'est pas éclairée par la source ;
- On appelle pénombre d'un objet par rapport à une source étendue, la région de l'espace qui n'est éclairée que par une partie de la source.

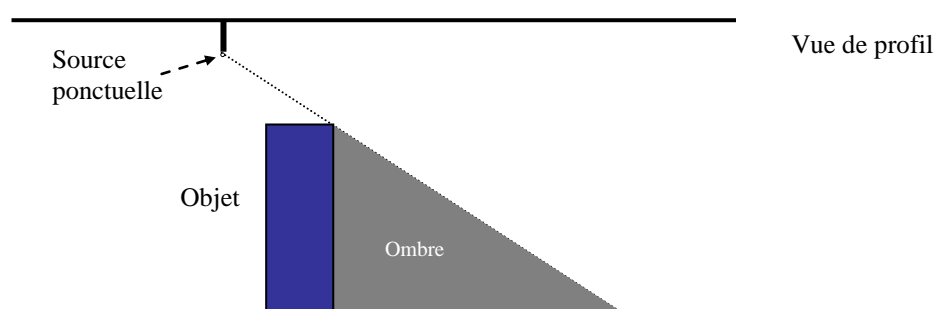
Exemple d'un objet posé sur le sol et éclairé par une source sphérique :



En conséquence :

- un observateur placé dans l'ombre d'un objet ne voit pas la source qui éclaire cet objet ;
- un observateur placé dans la pénombre d'un objet voit partiellement la source qui éclaire cet objet ;
- la taille de la pénombre dépend, entre autres, de la taille de la source. Si la source est ponctuelle, il n'y a pas de pénombre.

Exemple d'un objet posé sur le sol et éclairé par une source ponctuelle :



## Eclipse de Soleil et éclipse de Lune

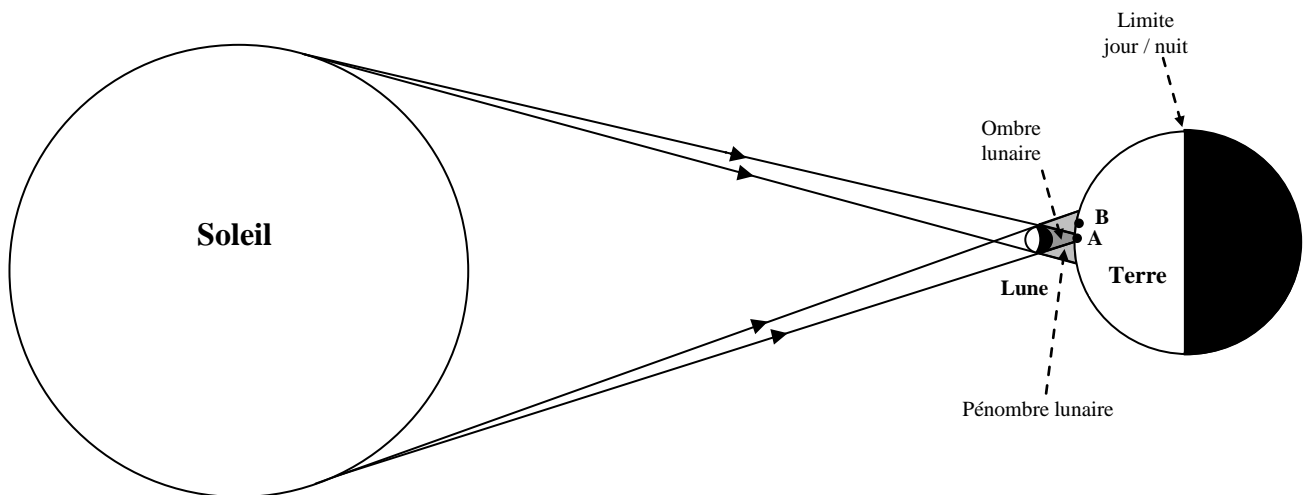
### Eclipse de Soleil.

Une éclipse de Soleil se produit lorsque la Lune se trouve entre le Soleil et l'observateur sur Terre. L'observateur qui assiste à l'éclipse de Soleil se trouve donc dans l'ombre de la Lune.



Eclipse totale de Soleil observée depuis l'Europe le 11 août 1999<sup>3</sup>

La situation peut être modélisée par le schéma suivant :



Eclipse totale du Soleil vue par un observateur voit placé au point A :



Eclipse partielle du Soleil vue par un observateur voit placé au point B :

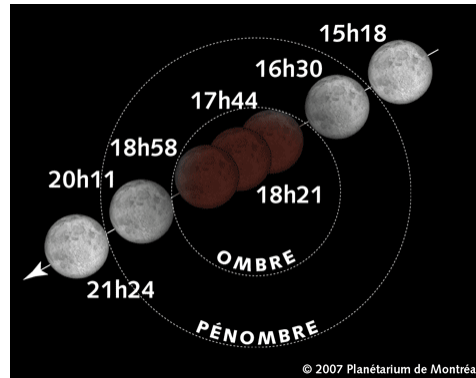


<sup>3</sup> Source : [www.futura-sciences.com/uploads/tx\\_oxcsfutura/img/eclipse\\_totale\\_de\\_soleil\\_1999.jpg](http://www.futura-sciences.com/uploads/tx_oxcsfutura/img/eclipse_totale_de_soleil_1999.jpg)

## Eclipse de Lune.

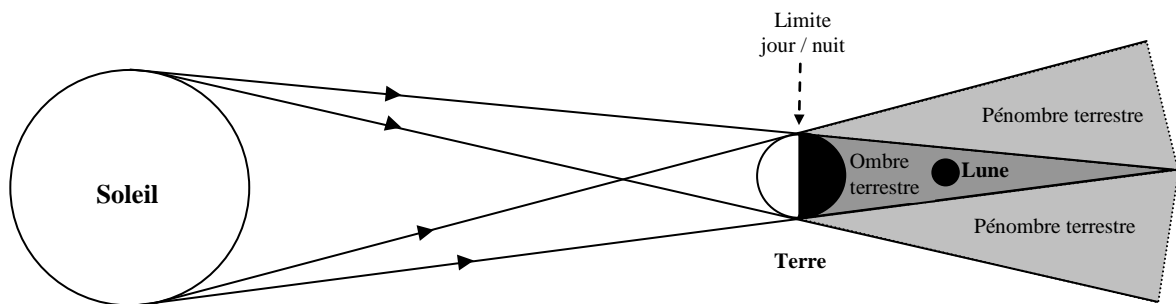
Une éclipse de Lune se produit lorsque la Lune se trouve dans l'ombre de la Terre.

L'observateur (terrestre) voit alors la Lune obscurcie pendant quelques dizaines de minutes. Elle n'est plus éclairée directement par le Soleil, mais par la lumière diffusée par l'atmosphère terrestre.



Eclipse totale de Lune du 3 mars 2007 à Montréal<sup>4</sup>  
 Cette photographie est la superposition de 7 photographies prises à des instants différents.

La situation peut être modélisée par le schéma suivant :



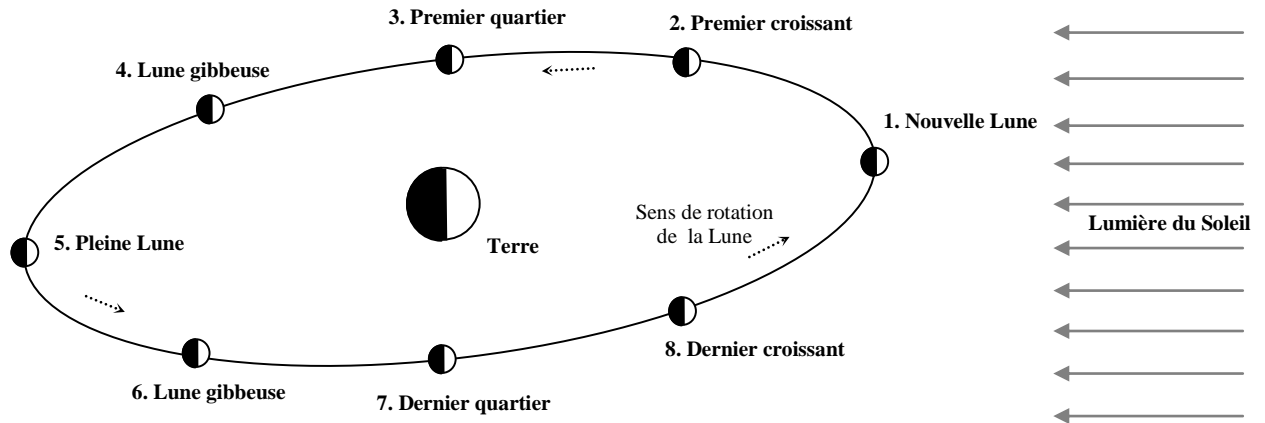
Tout observateur placé dans l'ombre de la Terre (pour lesquels il fait nuit) peuvent assister à l'éclipse de Lune.

<sup>4</sup> Source : [http://www.astropolis.fr/espace-culture/foire-aux-questions/images/eclipse de lune.jpg](http://www.astropolis.fr/espace-culture/foire-aux-questions/images/eclipse%20de%20lune.jpg)

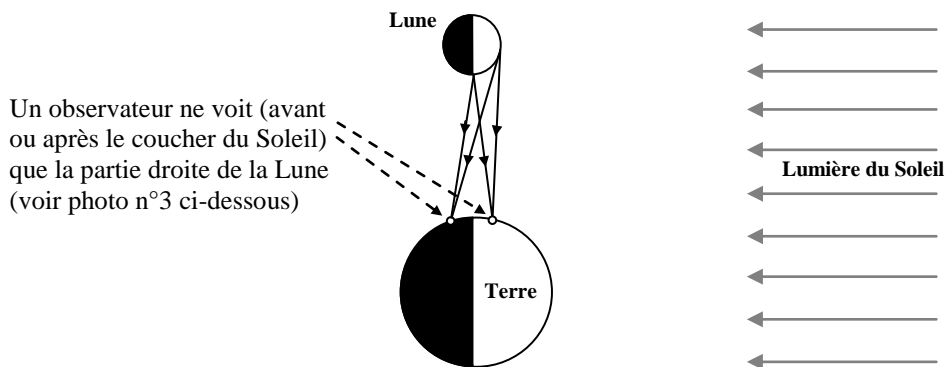
## Pourquoi la Lune change-t-elle d'aspect au cours du mois ?

Les phases de la Lune sont liées au mouvement de la Lune donc à sa position changeante par rapport au Soleil et à la Terre. La partie visible de la Lune est la partie éclairée par le Soleil.

Voici un schéma montrant un cycle lunaire (environ 28 jours) :



Modélisation du premier quartier à l'aide du modèle géométrique de la lumière :



Photos de la Lune prises depuis la Terre<sup>5</sup> :

1. Nouvelle lune

3. Premier quartier

5. Pleine lune

7. Dernier quartier



2. Premier croissant

4. Lune gibbeuse croissante

6. Lune gibbeuse décroissante

8. Dernier croissant



<sup>5</sup>

Source : [www.astropolis.fr/espace-culture/foire-aux-questions/Qu-est-ce-que-la-Lunaison.html](http://www.astropolis.fr/espace-culture/foire-aux-questions/Qu-est-ce-que-la-Lunaison.html)



## Qu'est-ce que la lumière blanche ?

**La lumière blanche n'est pas pure. Elle doit être considérée comme le mélange d'un très grand nombre de lumières distinctes, de couleurs différentes.**

Un prisme de verre sépare les lumières de différentes couleurs qui composent la lumière émise par une source :



Le prisme permet ainsi d'obtenir une figure appelée spectre : c'est l'ensemble des lumières qui la composent. Voici le spectre que l'on obtient pour la lumière blanche du Soleil :



On peut également observer cette même figure lorsqu'un arc en ciel se produit. Dans ce cas, ce sont les gouttes de pluie qui séparent les composantes de la lumière blanche.



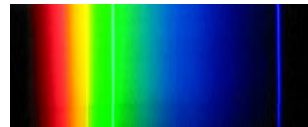
## Qu'est-ce qu'un objet perçu blanc ?

Lorsque l'œil reçoit simultanément des lumières de couleur rouge, verte et bleue d'un objet, celui-ci est perçu blanc. C'est le cas si l'objet est éclairé par le Soleil ou par un tube néon émettant essentiellement des lumières de couleur rouge, verte et bleue.

Ces trois lumières de couleur sont essentielles pour la vision colorée des objets et constituent une partie importante du spectre de la lumière blanche comme le montrent les figures ci-dessous :



Spectre des lumières du Soleil



Spectre des lumières d'un tube néon

### Modèle trichromique (« trois couleurs ») de la lumière et règles d'addition

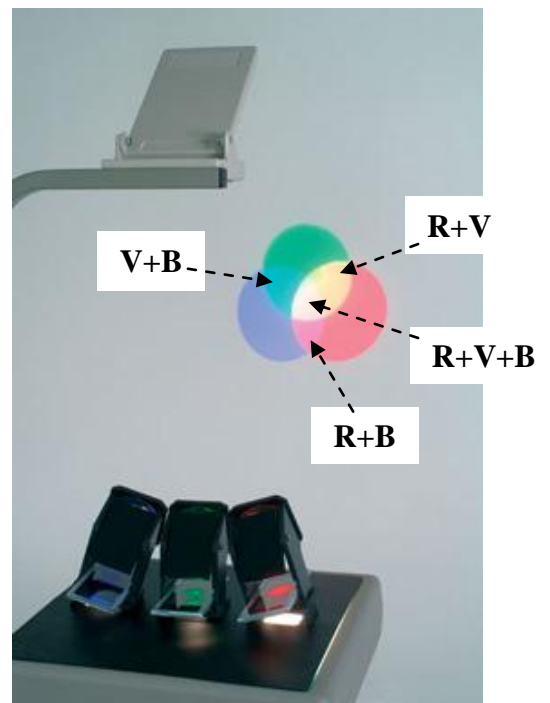
Du point de vue de la perception des couleurs des objets, tout se passe comme si la lumière blanche était constituée de trois lumières élémentaires de couleurs suivantes : rouge, verte et bleue (codées respectivement : R, V et B).

Dans ce modèle, la lumière sera modélisée par une des lumières élémentaires ou par une superposition de celles-ci. L'absence de lumière (codée  $\emptyset$ ) correspond à la couleur noire.

Code de la lumière reçue par l'œil	Nom de la couleur perçue
<b>R</b>	<b>Rouge</b>
<b>V</b>	<b>Vert</b>
<b>B</b>	<b>Bleu</b>
<b>R + V</b>	<b>Jaune</b>
<b>V + B</b>	<b>Cyan</b>
<b>R + B</b>	<b>Magenta</b>
<b>R + V + B</b>	<b>Blanc</b>
<b><math>\emptyset</math></b>	<b>Noir</b>

L'expérience suivante illustre ce modèle.

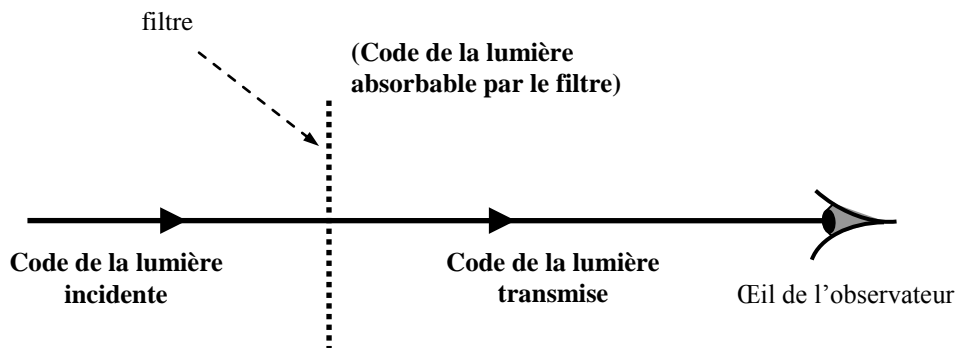
On projette simultanément sur un écran blanc un faisceau de lumière rouge, un faisceau de lumière bleue et un faisceau de lumière verte de manière à ce que les faisceaux se recouvrent partiellement. La photo ci-contre illustre ce que l'on voit. Ainsi, par exemple, la zone (R+V) du mur qui reçoit de la lumière rouge et de la lumière verte diffuse cette lumière. La couleur perçue de cette zone est le jaune.



## Quelle est l'action d'un filtre sur la lumière ?

Un filtre est une substance qui laisse passer une partie de la lumière et absorbe l'autre. L'action d'un filtre sur la lumière qu'il reçoit est déterminée par la lumière absorbable par ce filtre. On appelle lumière incidente la lumière reçue par le filtre.

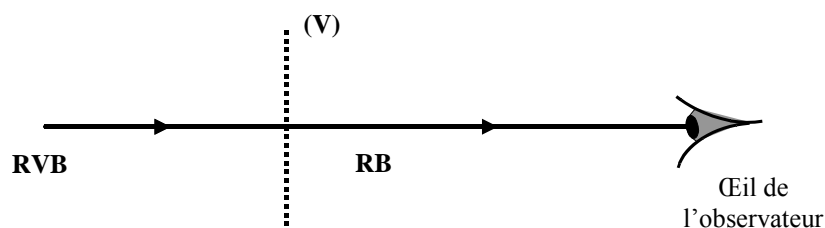
On représente l'action d'un filtre par le schéma codé suivant :



### Règles de soustraction

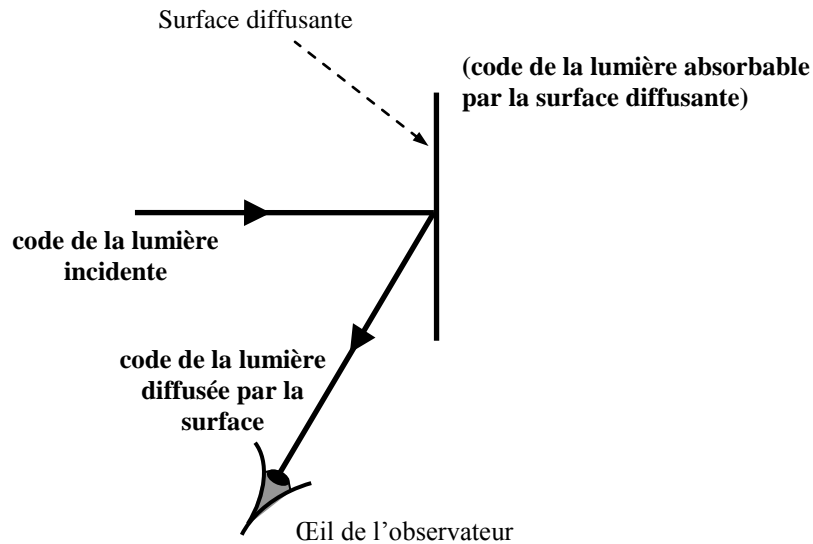
- la lumière absorbée est la partie de la lumière incidente absorbable par le filtre.
- la lumière transmise est la partie de la lumière incidente non absorbable par le filtre.
- la couleur du filtre perçue par l'observateur correspond à la lumière transmise.

Le filtre porte le nom de la couleur perçue lorsqu'il est éclairé avec de la lumière blanche. Ainsi, par exemple, un filtre magenta est un filtre qui transmet les lumières R et B. **On en déduit donc qu'un filtre magenta est un filtre qui absorbe la lumière verte.** Il sera schématisé de la manière suivante :



## Quel est l'action d'une surface opaque sur la lumière ?

Une surface opaque diffusante est une surface qui, lorsqu'elle est éclairée, absorbe certaines lumières et diffuse les autres. Dans le cadre du modèle précédent, l'action d'une telle surface sur la lumière qu'elle reçoit est représentée par le schéma codé suivant :



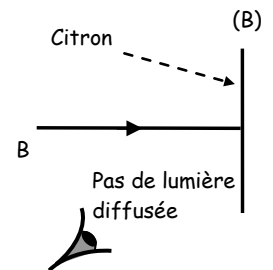
### Règles de soustraction

- la lumière absorbée est la partie de la lumière incidente absorbable par la surface opaque.
- la lumière diffusée est la partie de la lumière incidente non absorbable par la surface opaque.
- La couleur perçue de la surface opaque correspond à la lumière diffusée.

Exemple :

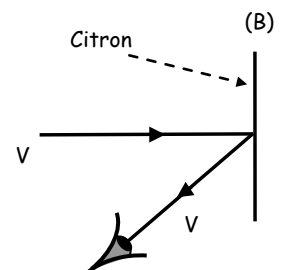
a) Un citron (habituellement jaune) est perçu noir, lorsqu'il est éclairé en lumière bleue.

- Lumière absorbable par le citron = B
- Lumière diffusée par le citron =  $B - B = \emptyset$
- Couleur perçue : noir



b) Un citron (habituellement jaune) est perçu vert, lorsqu'il est éclairé en lumière verte.

- Lumière absorbée par le citron :  $\emptyset$
- Lumière diffusée par le citron =  $V - \emptyset = V$
- Couleur perçue : vert



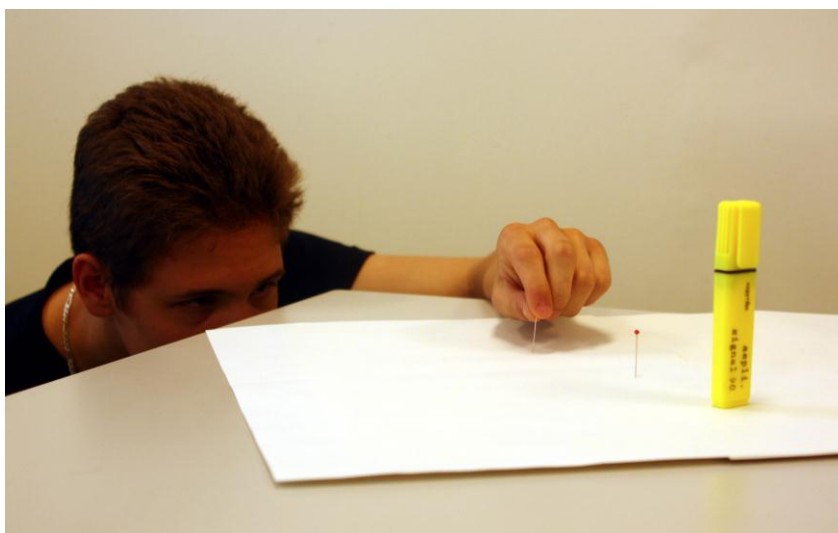
## Comment localiser un objet ?

Pour localiser un objet, il est nécessaire de savoir déterminer le chemin suivi par la lumière entre l'objet et l'œil. On utilise la méthode des visées en utilisant un viseur, une règle, une paille, des jalons (épingles, clous, etc.).

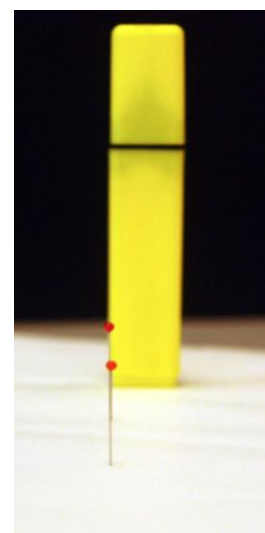
### Méthode des visées à l'aide de jalons

Pour déterminer le chemin suivi par la lumière entre l'objet et l'œil et tracer le rayon qui la représente, on peut procéder de la manière suivante :

- on choisit et on vise un point précis de l'objet.
- on place à quelques centimètres de l'objet un premier jalon de manière à cacher ce point. Ce jalon est sur le chemin de la lumière entre ce point et l'œil.
- on place à quelques centimètres du premier jalon un deuxième jalon de manière à cacher le premier. Ce deuxième jalon est sur le chemin de la lumière entre le premier jalon et l'œil.



*Elève effectuant une visée du bord gauche d'un objet*



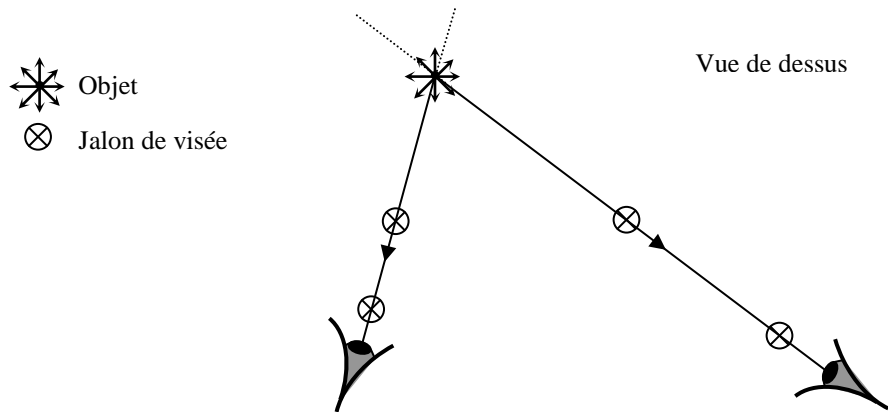
*Ce que l'élève voit en effectuant la visée*

- On répète l'opération de manière à obtenir sur la feuille une série de positions entre le point visé de l'objet et l'œil qui vont permettre de tracer le chemin de la lumière entre l'un et l'autre.

## Comment localiser un objet ?

Pour localiser un objet sur un plan :

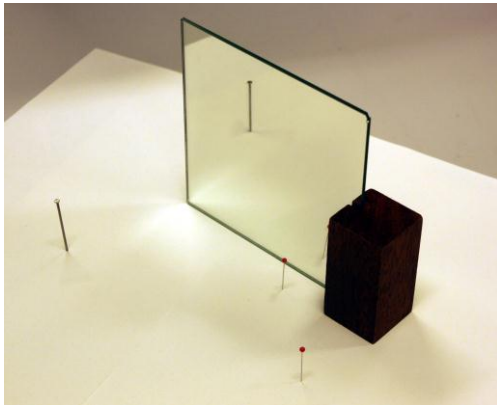
- on effectue des visées à partir de deux positions différentes de l'œil au moins.
- on relève les positions des jalons.
- on trace les directions des visées.
- on relève l'intersection des directions de visée où se situe l'objet.



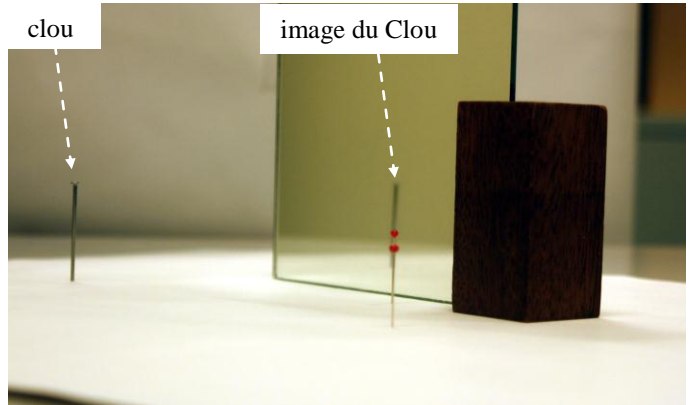
## Que voit-on dans un miroir ?

Ce qu'un observateur voit d'un objet dans un miroir n'a aucune existence matérielle, c'est une **illusion d'optique** qu'on appelle **image** de l'objet.

Pour localiser l'image d'un objet, on procède de la même manière que pour localiser cet objet, c'est-à-dire à l'aide de visées.

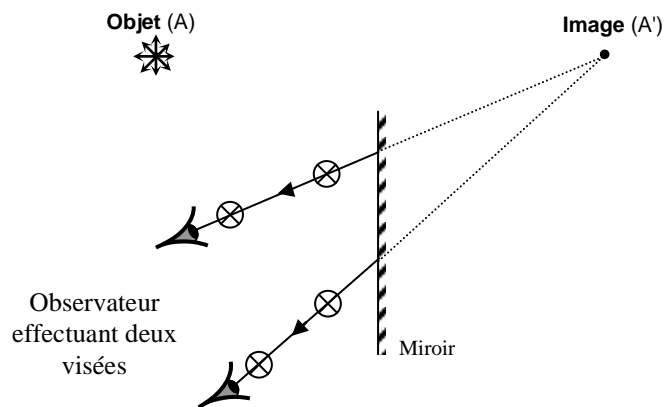


*Vue de dessus*



*Même situation vue par la personne qui a effectué la visée*

Schéma de la situation vue de dessus :

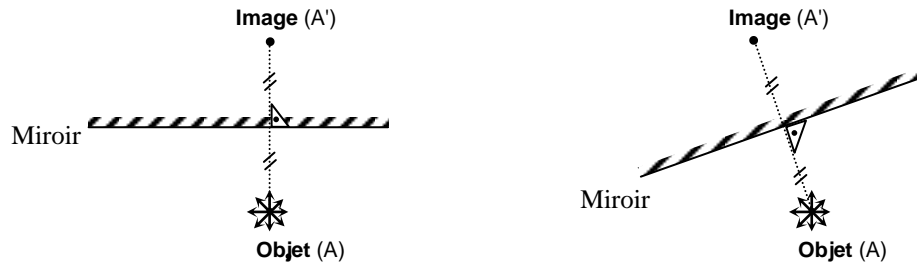


Constats :

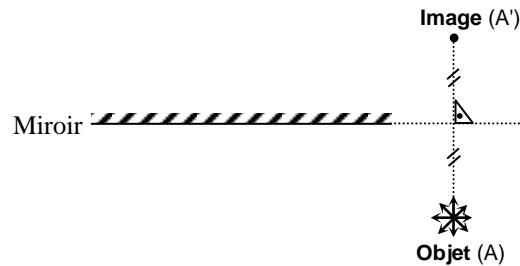
- **L'image d'un objet vue dans un miroir plan n'est pas sur le miroir, mais derrière le miroir.**
- **La position de l'image d'un objet vue dans un miroir ne dépend pas de la position de l'observateur. Tous les observateurs voient l'image au même endroit.**

- **La position de l'image est symétrique de la position de l'objet par rapport au plan du miroir (angle droit et même distance). Par conséquent, on peut trouver la position de l'objet à partir de la position de son image (obtenue par des visées).**

Exemples :



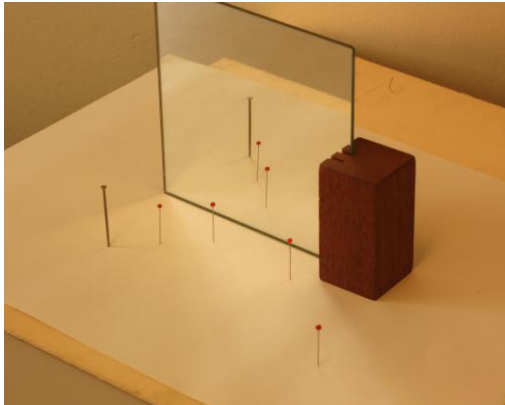
- **L'image existe même lorsque l'objet n'est pas en face du miroir. Pour trouver sa position par construction géométrique, il est alors nécessaire de prolonger le plan du miroir.**



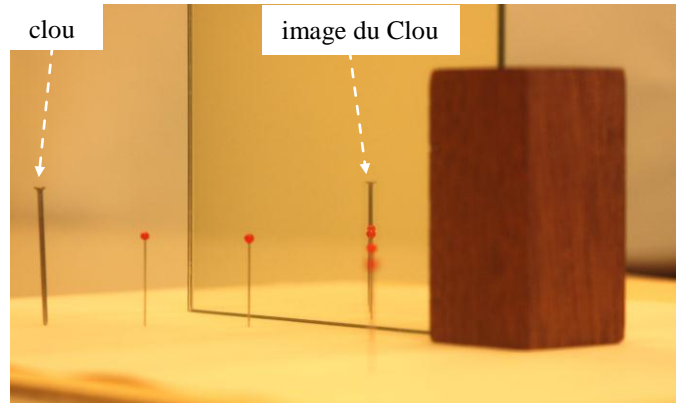


## Quelle est l'action d'un miroir sur la lumière ?

On détermine par la méthode des visées le chemin de la lumière entre un clou vu dans un miroir et l'œil. Pour cela, on vise l'image du clou dans le miroir.

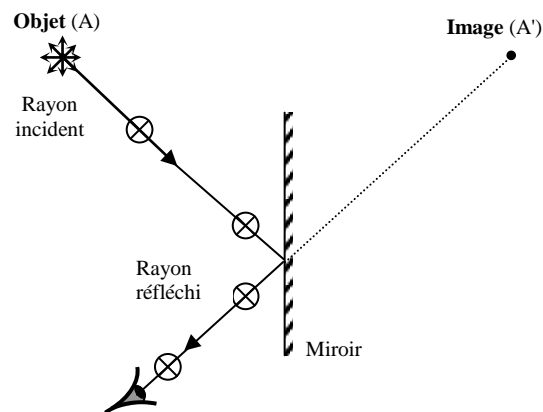


*Vue de dessus*



*Même situation vue par la personne qui a effectué la visée*

On constate que la lumière est déviée par le miroir :



*Vue de dessus*

**Cette déviation de la lumière s'appelle la réflexion : elle est à l'origine des images des objets vues dans un miroir. Ces images sont des illusions d'optique qui s'expliquent par le conditionnement du cerveau à la propagation rectiligne. Pour le cerveau, tout se passe comme si la lumière provenait de l'image, alors qu'elle provient en réalité de l'objet.**

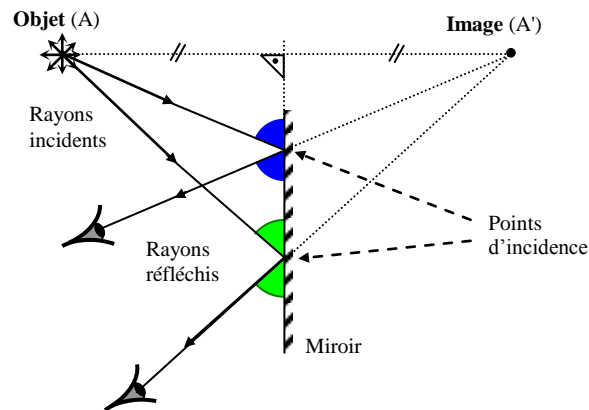
Dans le cas du clou, les quatre épingles semblent alignées avec le clou. Alors qu'en réalité, le clou et les deux épingles placées sur le chemin de la lumière incidente ne sont pas alignés avec les deux épingles placées sur le chemin de la lumière réfléchie.

Remarque.

Si on vise l'image du clou avec un laser placé dans la position de l'observateur, on constate que l'étroit faisceau de lumière est réfléchi par le miroir et atteint l'objet en suivant le même chemin.

## Loi de la réflexion

**Le rayon incident (provenant de l'objet) et le rayon réfléchi (entrant dans l'œil) font le même angle par rapport au plan du miroir.**



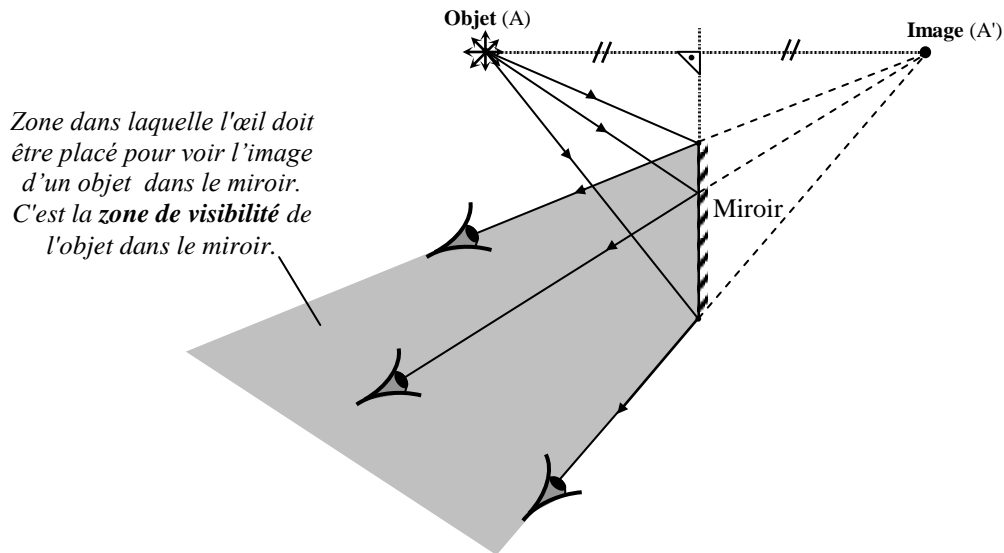
Formulation équivalente de la loi de la réflexion :

**La lumière provenant d'un objet est réfléchi par un miroir comme si elle provenait de l'image de cet objet. Le rayon réfléchi est donc dans le prolongement du segment reliant le point image au point d'incidence.**

## Où se placer pour voir un objet dans un miroir ?

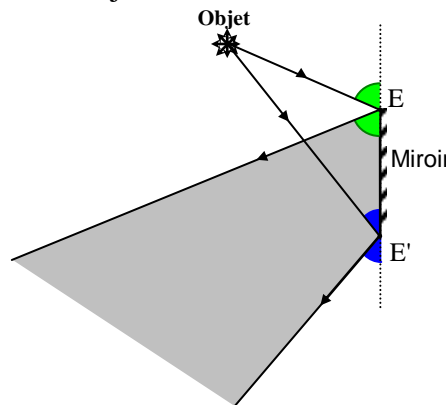
### Zone de visibilité

Pour un objet donné, la zone de visibilité de l'image de l'objet est la région dans laquelle l'observateur doit se trouver pour voir l'image de l'objet dans le miroir. Autrement dit, c'est la région dans laquelle l'observateur doit se trouver pour que de la lumière envoyée par l'objet et réfléchi par le miroir pénètre dans ses yeux.

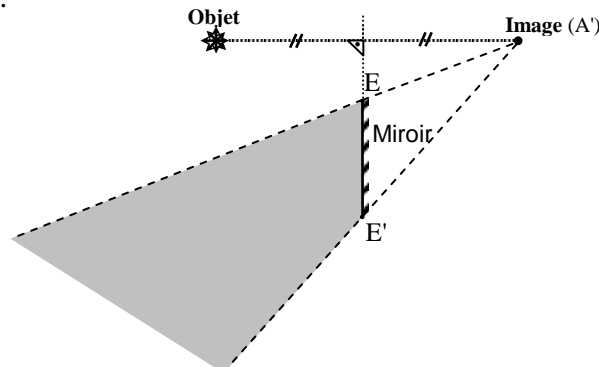


Il y a deux façons de construire les limites de la zone de visibilité de l'image d'un objet :

1. Construire les rayons partant de l'objet et réfléchis aux extrémités E et E' du miroir.



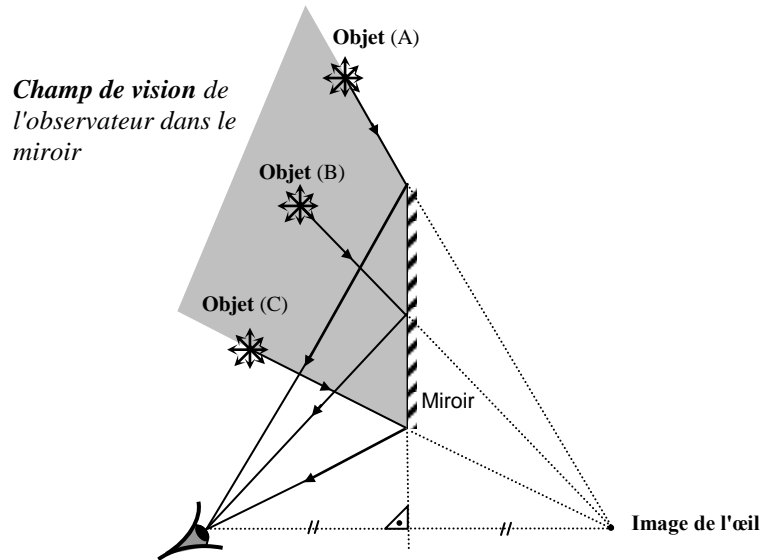
2. Construire l'image A' de l'objet. Tracer à partir de l'image A' deux droites passant par les extrémités E et E' du miroir.



## Où placer un objet pour voir son image dans un miroir ?

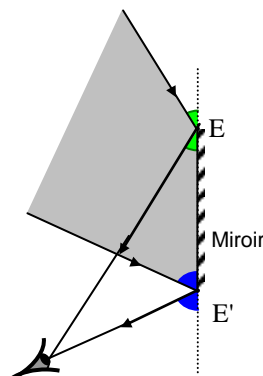
### Champ de vision

**Le champ de vision d'un observateur est la région dans laquelle un objet doit se trouver pour être vu par un observateur.** Autrement dit, c'est la région dans laquelle les objets peuvent envoyer de la lumière dans les yeux de l'observateur via le miroir.

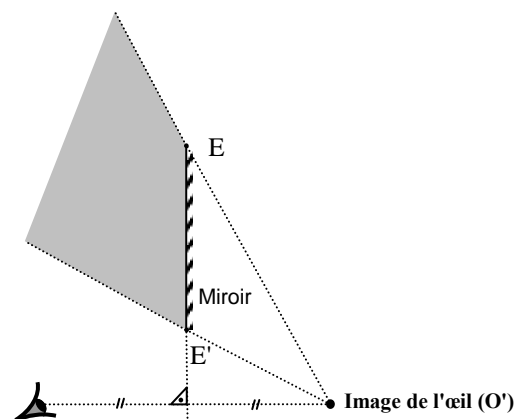


Il y a deux façons de construire les limites du champ de vision d'un observateur :

1. Tracer les rayons arrivant dans l'œil après réflexion aux extrémités E et E' du miroir. Construire en respectant la loi de la réflexion les rayons incidents correspondants aux rayons réfléchis en E et E'.



2. Construire l'image O' de l'œil. Tracer à partir de O' deux droites passant par les extrémités E et E' du miroir.

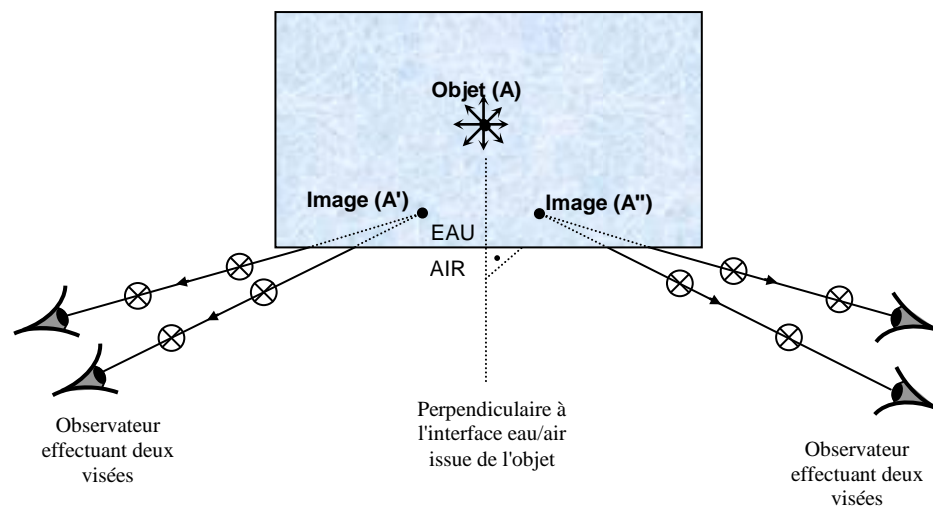


## Que voit-on dans une cuve à eau ?

**Ce qu'un observateur voit d'un objet immergé dans l'eau n'a aucune existence matérielle, c'est une illusion d'optique qu'on appelle image de l'objet.**

Pour localiser une image d'un objet immergé dans l'eau, on procède de la même manière que pour localiser cet objet, c'est-à-dire à l'aide de visées.

Schéma de la situation vue de dessus :



Constats :

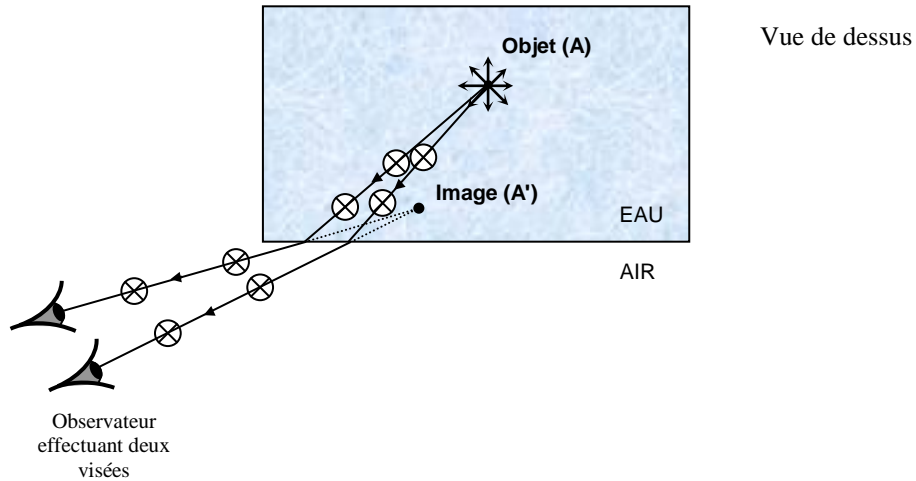
- La position de l'image observée dépend de la position de l'observateur ;
- L'image observée est toujours plus proche de l'interface eau/air (plus proche de la paroi de la cuve), et donc plus proche de l'observateur, que ne l'est l'objet ;
- Elle est également toujours du même côté de la perpendiculaire à l'interface eau/air issue de l'objet que l'observateur (cf. schéma) ;
- Contrairement au cas du miroir, on ne peut pas trouver par une méthode simple la position de l'objet à partir de la position de l'une de ses images (obtenue par visées).

**Quelle est l'action d'un changement de milieu sur la lumière ?**

**Déviat**ion de la lumière.

Dans l'eau, comme dans l'air, la propagation de la lumière est rectiligne. L'existence des images des objets immergés s'explique par la déviation de la lumière provenant des objets à l'interface eau-air. Cette déviation de la lumière s'appelle la réfraction.

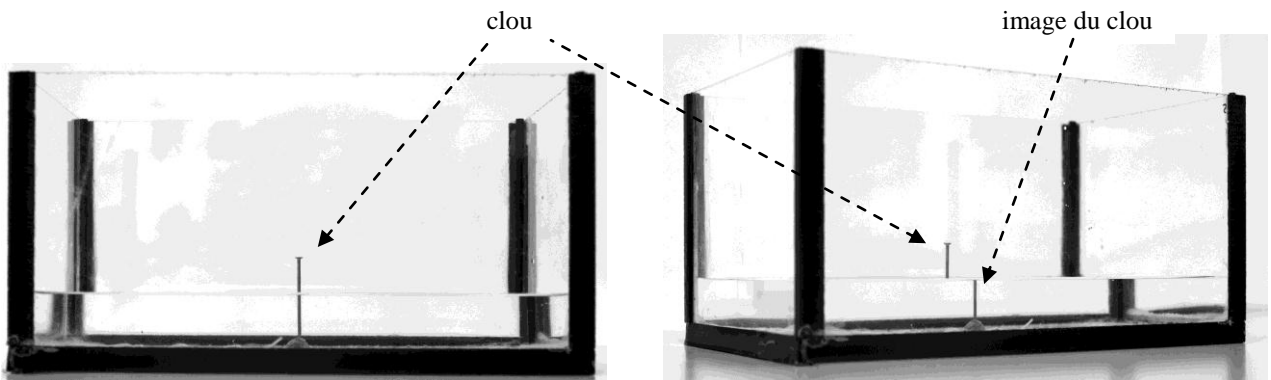
Schéma de la situation :



Comme dans le cas des images des objets vus dans un miroir, l'illusion d'optique s'explique par le conditionnement du cerveau à la propagation rectiligne. Pour le cerveau, tout se passe comme si la lumière provenait de l'image, alors qu'elle provient en réalité de l'objet.

**Exemple.**

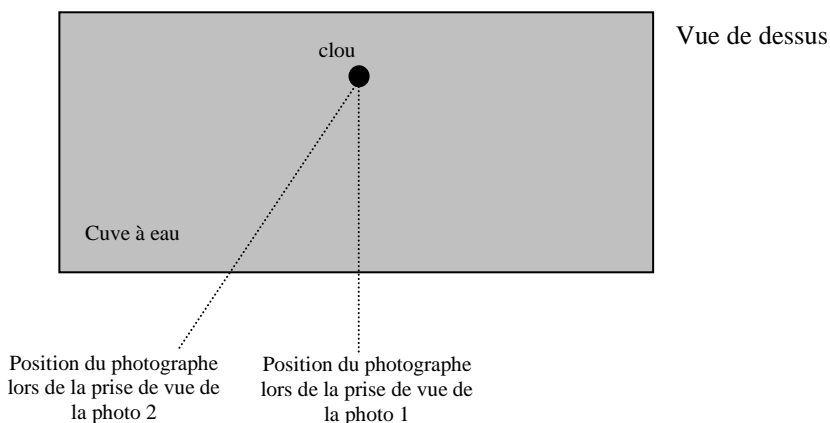
Voici deux photographies d'un clou partiellement immergé : l'une prise perpendiculairement à la paroi de la cuve et l'autre prise obliquement depuis la gauche de la cuve.



1. Photo de face d'un clou partiellement immergé dans une cuve à eau

2. Photo prise depuis la gauche d'un clou partiellement immergé dans une cuve à eau

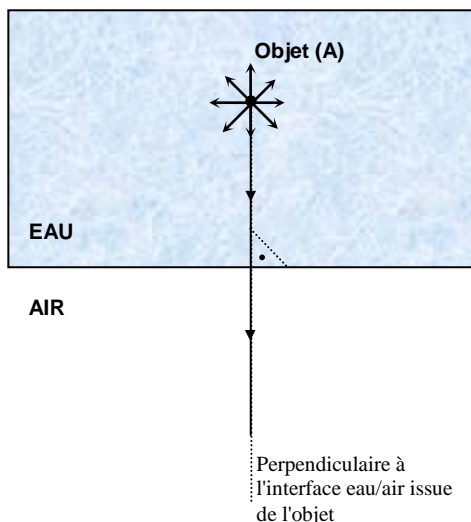
Schéma de la situation :



La partie immergée n'est pas vue alignée avec la partie émergée du clou. La partie émergée du clou est vue dans la position de l'objet, alors que la partie immergée est vue dans la position de l'image de l'objet.

**Autre règle relative à la réfraction.**

**Lorsque la lumière aborde perpendiculairement la surface de séparation de deux milieux transparents, elle la franchit sans déviation.** Le rayon qui la représente ne change donc pas de direction.



Ce document est publié par le DIP Genève sous licence Creative Commons - utilisation et adaptation autorisée sous conditions.  
Auteur(s): J. Bochet, C. Colongo, D. Jordan, A. Grundisch, G. Robardet