

# L'œil en revue

En vue !

Une exposition produite par le C.C.S.T.I. La Turbine

De l'œil au cerveau

Une exposition produite par le C.C.S.T.I. Centre•Sciences

du 12 janvier au 24 avril 2010

*Nous associons facilement à chacun de nos sens un organe récepteur. Dans le cas de la vue, l'œil occupe évidemment une place centrale. Mais est-ce uniquement lui qui permet de voir ?*

*Le journal de l'exposition fait le point sur la complexité de la perception visuelle et les quatre éléments qu'elle fait intervenir : la lumière et la matière d'abord, car sans elles nous ne verrions rien, puis l'œil et son indispensable acolyte, le cerveau. Avant de voir que ce système de haute technologie, aussi performant qu'il soit, peut malgré tout se tromper !*

## AU CŒUR DE LA LUMIÈRE

Sans la lumière, nous ne verrions rien. Elle permet de voir le monde, d'interagir avec lui, d'y évoluer. Pourtant, elle-même ne peut être vue sans un objet pour intercepter son trajet et la mettre en évidence. À la fois familière et insaisissable, elle fascine l'esprit des Hommes qui ont de tout temps tenté de percer ses mystères.

### De la nature de la lumière

D'où vient la lumière ? Quelle est sa nature ? Au XVII<sup>e</sup> s., cette question soulève un important débat. Est-elle comparable aux ondes sonores ? Ou bien est-elle faite de particules lancées par les corps lumineux ? Ces deux théories ont fait l'objet d'une vaste littérature pendant près de trois siècles.

Ainsi, dans son *Traité de lumière*, Christiaan Huygens (1629-1695) est le premier à développer une théorie ondulatoire de la lumière. Il pense qu'elle se propage dans l'espace comme le fait une onde engendrée par une pierre jetée dans un étang. Grâce à sa théorie, Huygens explique de nombreux phénomènes optiques. Pourtant, elle ne parvient pas à s'imposer, sans doute parce qu'elle rencontre l'opposition farouche du physicien anglais Isaac Newton (1642-1727). Celui-ci pense au contraire qu'un rayon lumineux est composé de particules se suivant à la queue leu leu.



#### Huygens vs Newton

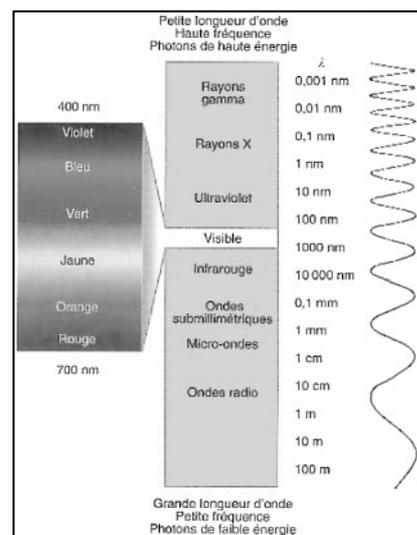
Grâce à sa renommée, Newton impose ses idées tout au long du XVIII<sup>e</sup> s.

Mais la théorie ondulatoire garde toujours des partisans et au milieu du XIX<sup>e</sup> s., elle devient la règle.

Il faudra attendre le début du XX<sup>e</sup> s. pour que Niels Bohr, fondateur d'une physique moderne, la « mécanique quantique », réunisse les deux théories en énonçant le principe de complémentarité de la lumière : celle-ci a une double nature, elle est à la fois ondes et particules.

### Le double jeu de la lumière

En effet, la lumière est composée d'ondes électromagnétiques provenant du Soleil. Mais c'est en réalité une toute petite partie du rayonnement solaire ! Notre étoile n'émet pas que de la lumière visible. Elle émet également d'autres ondes, constituant toutes ensemble le spectre électromagnétique.



#### Le spectre électromagnétique

La lumière visible est la partie du spectre électromagnétique visible par l'œil humain. Les extrêmes sont les couleurs violet (380 nm) et rouge (780 nm).

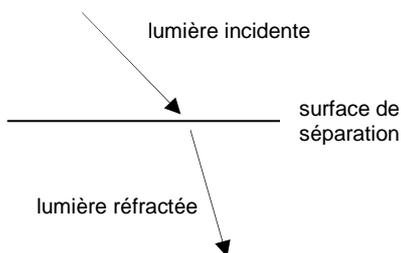
Mais si la lumière est composée d'ondes, elle peut également se concevoir comme un flux de particules appelées photons. Toutes les ondes électromagnétiques, des ondes radio aux rayons gamma en passant par la lumière visible, sont constituées de photons. Ce concept a notamment permis aux physiciens d'expliquer les interactions entre la lumière et la matière.

## Quand la lumière rencontre la matière

Dans l'espace vide, un astronaute ne verra qu'un noir d'encre même s'il est baigné de lumière solaire. Pour voir, il faut que la lumière rencontre la matière. Plusieurs phénomènes peuvent alors avoir lieu.

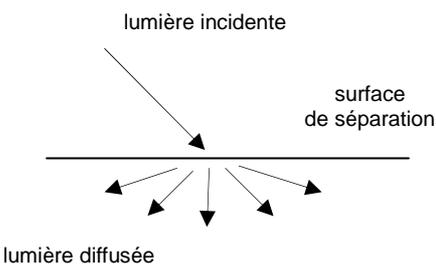
➤ Certains corps comme l'air, le gaz, l'eau et la plupart des liquides ainsi que le verre et quelques solides laissent passer la lumière. Ils sont qualifiés de transparents.

Cependant, la vitesse de la lumière dans un corps transparent est toujours inférieure à sa valeur dans le vide, soit 300 000 km/s. Ainsi, dans l'eau, elle se propage à 225 000 km/s ; dans le diamant, à 123 000 km/s. De plus, si la lumière continue de voyager en ligne droite, elle change de direction quand elle frappe la nouvelle substance : les scientifiques parlent de réfraction de la lumière.



La réfraction de la lumière

➤ Certains corps sont dits translucides. Ils laissent également passer la lumière, mais la transmettent dans toutes les directions : ils la diffusent. C'est notamment le cas du papier calque ou du verre dépoli.



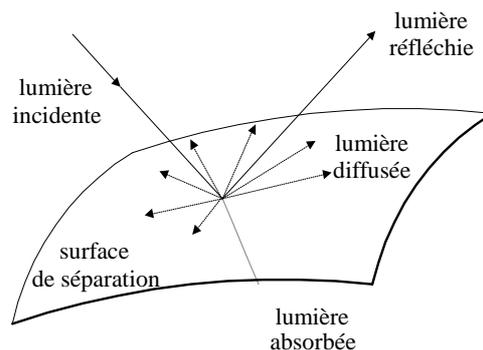
La diffusion de la lumière

➤ La plupart des solides arrêtent la lumière : ils sont qualifiés d'opacques. Plusieurs phénomènes peuvent alors se produire :

- la lumière peut être réémise dans toutes les directions : c'est la diffusion de la lumière, le cas le plus général. Par exemple, du papier blanc diffuse presque toute la lumière.

- la lumière peut être réémise dans une direction particulière : c'est la réflexion de la lumière. Un objet réfléchissant la lumière apparaîtra brillant : c'est notamment le cas des métaux polis et des miroirs.

- la lumière peut être absorbée. Dans ce cas, l'énergie transportée par l'onde lumineuse est transformée en d'autres énergies, notamment thermique sous forme d'infrarouges. L'absorption est d'autant plus grande que l'objet est sombre.



Réflexion, réfraction, absorption

Dans la réalité, tous ces phénomènes se produisent en même temps. Ainsi, lorsque la lumière frappe une flaque d'eau, le rayon réfléchi permet de voir notre reflet, le rayon réfracté permet de voir le fond de la flaque, et une partie du rayon est également absorbé par l'eau.

## La couleur des objets

La couleur des objets dépend de la façon dont les pigments qui les composent absorbent et/ou diffusent les différentes longueurs d'ondes. Quelques exemples :

- un objet blanc diffuse toutes les ondes ;

- un objet noir absorbe toutes les ondes ;

- un objet rouge absorbe toutes les ondes sauf celles correspondant à la couleur rouge qu'il diffuse.

Mais attention ! La couleur de l'objet dépend aussi de la nature de la lumière qui l'éclaire. Ainsi, sous une lumière verte, un objet habituellement rouge apparaîtra noir, puisqu'il ne reçoit plus d'ondes rouges, les seules qu'il diffuse ! Un objet n'a donc pas de couleur en soi.

Si nous résumons, pour qu'un objet puisse être vu, il faut :

- que l'objet soit éclairé par une source de lumière ;
- que l'objet diffuse cette lumière ;
- et enfin que les rayons diffusés par l'objet arrivent jusqu'à notre œil...

## De l'œil au cerveau

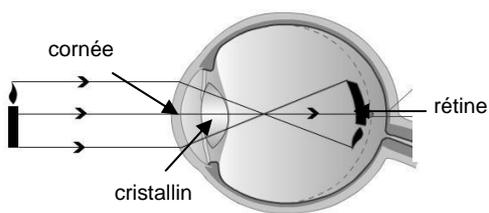
La vision est le sens responsable de la perception de la lumière, et l'œil est son organe récepteur. Mais si l'œil regarde, c'est le cerveau qui voit, qui recompose les formes, les couleurs, les textures, les mouvements ou les reliefs. La perception visuelle est donc tributaire du bon fonctionnement de ces deux structures.

## Une mini-caméra très performante

L'œil est une petite caméra biologique dont les prouesses dépassent celles des plus subtils appareils photographiques. Sa fonction est de recevoir la lumière et de la transformer en message nerveux. À l'avant, les objectifs que sont les lentilles assurent la mise au point ; à l'arrière, la pellicule sensible est formée par la rétine.

L'avant de l'œil est composé de deux lentilles naturelles dont la fonction est d'envoyer très précisément les rayons lumineux sur la rétine. La première, située à l'extérieur de l'œil, est la cornée, une membrane solide et transparente de 11 mm de diamètre au travers de laquelle la lumière pénètre à l'intérieur de l'œil. Grâce à sa forme courbe, elle envoie les rayons

lumineux à travers l'iris vers le cristallin. Celui-ci est composé de fines couches superposées et a la capacité de se déformer.



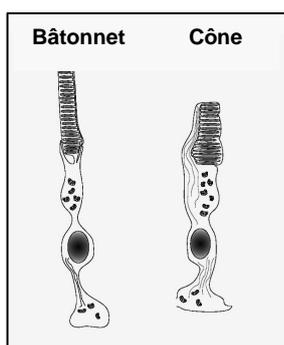
#### Le trajet de la lumière

La cornée et le cristallin imposent une telle déviation aux rayons lumineux que l'image miniaturisée se forme sur la rétine... complètement inversée ! Le cerveau se chargera ensuite de la remettre à l'endroit.

Au fond de l'œil, la rétine est capable, sur son demi-millimètre, de transformer la lumière qu'elle reçoit en message nerveux. Elle est en effet tapissée de trois couches de cellules. La dernière est celle des photorécepteurs, les cellules sensibles à la lumière. Il en existe deux sortes :

➤ Les photorécepteurs à cônes servent à la vision de jour. Ils sont situés essentiellement au centre de la rétine. Peu sensibles à la lumière, ils permettent cependant une grande perception des détails et des couleurs. Il en existe trois sortes : les spécialistes du rouge, ceux du vert et ceux du bleu.

➤ Les photorécepteurs à bâtonnets servent à la vision de nuit. Ils sont majoritaires en périphérie de la rétine. Ils sont très sensibles à la lumière, d'où leur capacité à percevoir de très faibles lueurs. Par contre, ils ne réagissent pas aux couleurs.



Les photorécepteurs

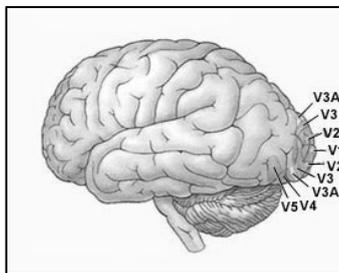
Tous ces photorécepteurs contiennent une substance appelée rhodopsine ou pourpre rétinien. Lorsqu'ils sont touchés par les rayons, cette substance réagit. Il s'ensuit une cascade de réactions chimiques aboutissant à la création d'une impulsion électrique : le message nerveux.

Celui-ci est ensuite transmis au cerveau via les deux autres couches de cellules de la rétine, qui donnent naissance au nerf optique.

### Le cerveau : un faiseur d'image

Si la vision commence dans l'œil, qui détecte et code la lumière, c'est le cerveau qui interprète les données pour construire et reconnaître les images perçues.

Le cortex visuel a une organisation très élaborée, correspondant à une grande spécialisation. Aujourd'hui, les scientifiques ont identifié pas moins de 35 aires visuelles.



#### Localisation de quelques aires visuelles

Il en existe beaucoup d'autres.

La plus importante est l'aire V1, l'aire visuelle primaire. Les informations en provenance de la rétine arrivent droit sur elles. Avec sa petite voisine V2, elles font une première analyse des informations recueillies : contour, forme, texture, couleur, mouvement... Ce sont des sortes de panneaux d'affichage, où les aires spécialisées piochent ensuite des informations selon leurs besoins.

En effet, dans un deuxième temps, les autres aires sont stimulées, chacune dans leur spécialité. Ainsi, V4 jouerait un rôle dans la reconnaissance des formes et la perception des couleurs ; V5 dans la perception du mouvement.

Un schéma général émerge toutefois de cette complexité. Au delà de l'aire V2, il existerait deux grands systèmes de traitement de l'information visuelle.

- La voie ventrale, dite aussi la "voie du *Quoi ?*" aurait pour mission d'aboutir à une reconnaissance des objets présents dans la scène visuelle en analysant leurs formes, leurs couleurs, leurs textures, etc.

- La voie dorsale, dite aussi la "voie du *Où ?*" traiterait les informations liées au mouvement et aux positions des objets, afin de pouvoir les saisir ou les éviter.

Ainsi, notre vision est un système de haute technologie qui fait intervenir quatre paramètres : la lumière, la matière, l'œil et le cerveau. Mais aussi performant qu'il soit, ce système peut pourtant se tromper !

### Peut-on croire ce que l'on voit ?

C'est bien connu, tous les sens sont trompeurs. Bizarreries fascinantes, les illusions visuelles intriguent les scientifiques et inspirent les artistes depuis plus de deux millénaires.

Elles trompent le système visuel humain, de l'œil jusqu'au cerveau, et aboutissent à une perception déformée de la réalité. Petit tour d'horizon de ces phénomènes étranges et surprenants.

### Quand les scientifiques se perdent en illusions

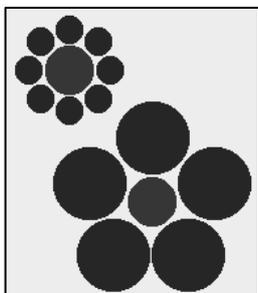
Il existe de très nombreuses sortes d'illusions, que les scientifiques commencent à peine à expérimenter et qu'ils tentent difficilement de classer. Ces phénomènes restent en effet sujets à de nombreuses controverses.

#### Les illusions géométriques

Ce sont des illusions formées par des figures géométriques et qui donnent lieu à des erreurs d'estimation. Elles comportent généralement deux éléments :

- un élément qui est à l'origine de la déformation, appelé élément inducteur ;
- un élément test qui subit cette déformation.

La plupart de ces illusions classiques ont été découvertes au XIX<sup>e</sup> s. Au total plus de 200 illusions géométriques ont été répertoriées.

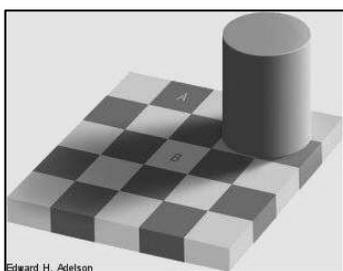


#### **Illusion d'Edward Bradford Titchener**

Le cercle central de gauche, entouré de petits cercles, paraît plus grand que celui de droite, entouré de plus gros cercles. Ils sont pourtant de la même taille.

#### **Les illusions de couleur**

Les illusions de couleur sont très nombreuses et très impressionnantes. Elles sont dues au fait que le cerveau interprète les différentes teintes colorées en fonction de leur environnement. Ainsi, une même couleur paraîtra plus claire sur un fond sombre et plus foncé sur un fond clair.

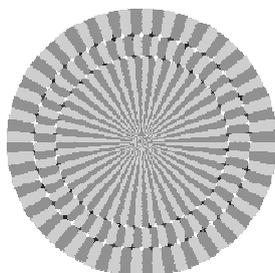


#### **L'échiquier d'Edward Adelson,**

Voici une des illusions d'optiques les plus impressionnantes au monde. Aussi surprenant que cela puisse paraître, les cases A et B sont de la même couleur !

#### **Les illusions de mouvement**

L'œil humain se fatigue rapidement lorsqu'il fixe un objet. Pour éviter cela, il émet des mouvements imperceptibles de manière continue. Selon le motif concerné, cela peut induire la perception de mouvements imaginaires qui apparaissent lorsque les images résiduelles, gardées en mémoire par la rétine, se superposent à celles que l'on est en train de voir.



#### **Une illusion d'A. Kitakoa**

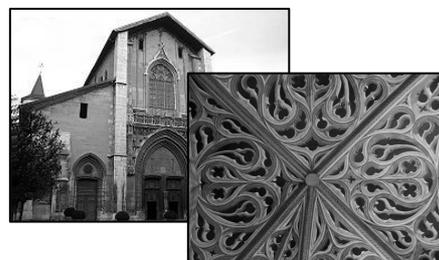
Fixez le centre en vous approchant et en vous éloignant de l'image, les ronds vont se mettre à bouger !

#### **Quand l'art trompe l'œil**

Alors que les Hommes de science commencent à peine à comprendre les causes des illusions d'optique, les artistes observent ces phénomènes depuis plusieurs siècles et les ont utilisés dans tous les domaines des arts visuels.

Ainsi, les architectes grecs en tenaient compte pour donner de parfaites proportions apparentes à leurs temples. Le Parthénon d'Athènes en constitue un exemple magistral. Plus tard, à l'époque de la Renaissance, les peintres ont découvert les lois de la perspective et grâce à des jeux d'ombres et de lumières, ont réalisé des prodiges en matière de trompe-l'œil, créant de parfaites illusions de reliefs et de profondeurs. Le trompe-l'œil a d'ailleurs beaucoup été utilisé en Savoie. Cette tradition s'explique sans doute par le manque de matériaux nobles dans cette région. En effet, la plupart des bâtiments

sont en molasse, une roche friable et fragile qui nécessite un revêtement de protection. Dans ce cas, le décor en trompe-l'œil peut donner l'illusion de beaux matériaux. Il a donc été utilisé dans les châteaux savoyards et à Chambéry même, la cathédrale abrite le plus vaste ensemble de peintures en trompe-l'œil d'Europe, près de 6 000 m<sup>2</sup>.



#### **La cathédrale de St-François-de-Sale et ses décors en trompe-l'œil**

Plus proche de nous, l'Op art ou art optique, né dans les années 1960 à New-York, est un terme utilisé pour décrire certaines peintures exploitant la faillibilité de l'œil. Les pièces les plus connues déclenchent des réactions visuelles extraordinaires chez les spectateurs, engendrées par divers procédés, dont la manipulation de dessins géométriques et la juxtaposition de couleurs intenses.

*Qui dit vision, pense œil. Mais si nous voyons, c'est surtout grâce à notre cerveau ! L'œil perçoit la lumière diffusée par la matière, le cerveau analyse les signaux que lui fournit l'œil. Le résultat donne ainsi une vision très performante.*

*Mais ce système de haute technologie n'a semble-t-il pas suffit à la curiosité de l'Homme. De nombreuses choses restent en effet imperceptibles pour un œil humain... Il n'a donc eu de cesse d'inventer des instruments pour voir toute la lumière, toujours plus loin et toujours plus près, pour percevoir le monde dans toutes ses dimensions.*

#### **Document réalisé par l'équipe médiation de la Galerie Eurêka**

Galerie Eurêka - C.C.S.T.I. de la Ville de Chambéry  
Hôtel de Ville BP 1105  
73 011 CHAMBERY cedex

tel : 04-79-60-04-25  
e-mail : galerie.eureka@ccsti-chambery.org

Site Internet : [www.ccsti-chambery.org](http://www.ccsti-chambery.org)