



Travaux pratiques du 16 décembre 2017

L'œil et la vision

Animateur: Alain de Guerra

Résumé: En décrivant en détails l'œil de l'homme et sa connexion au cerveau, la séance se proposait de montrer la forte implication de ce dernier dans le sens de la vision. Le fonctionnement de l'œil normal a été décrit, ainsi que ses défauts. Quelques maladies ont été signalées. Plusieurs observations ont été faites (yeux d'insectes et d'araignée), et un œil de mouton a été disséqué. La présentation, en fin de séance, d'illusions d'optique et de diverses formes d'images en relief a prouvé que notre cerveau corrige énergiquement les images fournies par nos yeux.

Participants: 8 personnes.

Introduction

La vue est l'un des traditionnels « cinq sens », qui permettent à l'organisme de percevoir le milieu extérieur. Dans le monde animal, ces sens ont une importance relative variable suivant les espèces (vue absente chez les animaux cavernicoles, ouïe très fine chez les rapaces nocturnes). Certains animaux sont sensibles à des influences qui nous échappent (champ électrique chez certains poissons, champ magnétique chez certains oiseaux migrateurs, lumière polarisée chez les certains insectes). La vue est certainement le sens prépondérant dans la vie actuelle de l'homme.

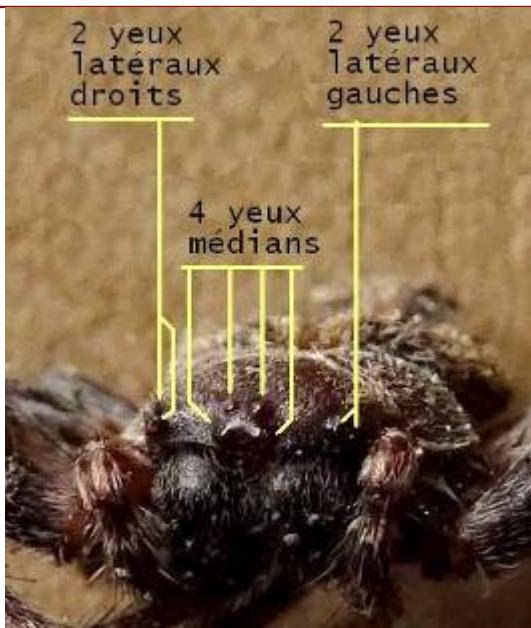
On peut aussi noter, sans que l'on puisse parler de sens, que les végétaux aussi réagissent à certaines excitations : orientation vers la lumière des parties aériennes, ou vers l'ombre des racines, croissance verticale des troncs (influence de la pesanteur).



Proteus anguineus, cavernicole aveugle

Les yeux

Il y a plusieurs types d'organes qui permettent une forme de vision : ocelles (insectes, araignées), yeux composés (arthropodes), œil simple (vertébrés). Les ocelles ont une structure voisine de celle de l'œil simple, mais très rudimentaire. Les yeux composés sont formés d'organes coniques, appelés ommatidies, dont le nombre varie, suivant les animaux, de quelques centaines à plus de 30 000 (libellules) et peuvent ouvrir un champ de vision à 360 °. De nombreux animaux sont pourvus de cellules grossièrement sensibles à la lumière, qui leur permettent une orientation en fonction de l'éclairement, ou la détection de l'approche d'une ombre (coquille Saint-Jacques).

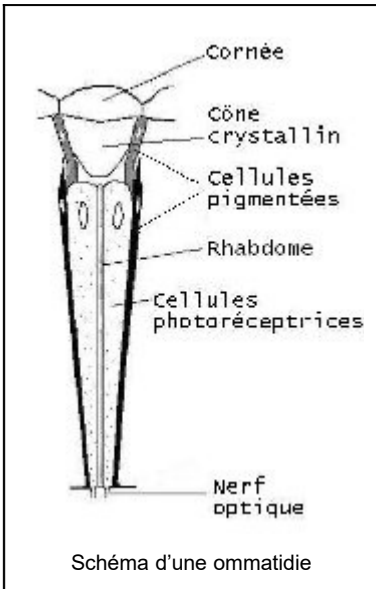


La plupart des araignées ont 8 yeux dont la disposition est constante au sein d'une famille. L'araignée observée en séance paraissait n'en avoir que 6, mais un examen plus approfondi a montré que les yeux latéraux étaient doubles.



Tête de frelon

Observer de chaque côté les yeux composés, fortement échancrés, et au centre un groupe de trois ocelles



Une ommatidie, d'allure conique, comprend un système optique (cornée et cône cristallin), un ensemble de cellules (le rhabdome), guidant la lumière vers les cellules photo réceptrices, qui alimentent le nerf optique. Les ommatidies sont groupées radialement à partir du point de départ du nerf optique vers le cerveau, l'assemblage produisant une image véritable.

Un ocelle est un organe simple ne comprenant pas de système optique et ne permet donc pas la formation d'image. Il est sensible aux variations d'intensité lumineuse.

L'œil de l'homme

Description

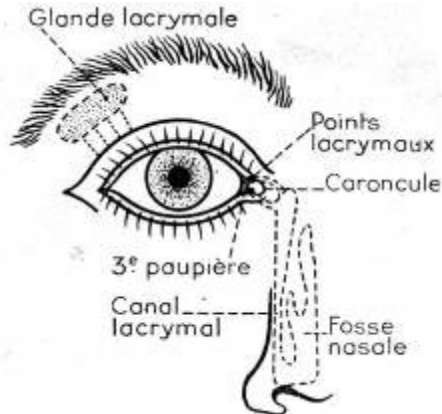
L'œil, principalement constitué du globe oculaire, bénéficie d'organes protecteurs et d'organes moteurs.

Organes protecteurs

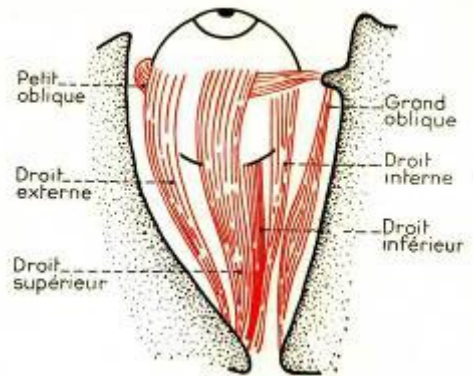
L'œil est installé dans l'orbite, cavité de la boîte crânienne, dont le fond est percé d'un trou pour le passage du nerf optique.

Les paupières sont formées d'un double repli de la peau, dont la partie qui passe devant l'œil est transparente (conjonctive). Elles portent des poils raides, les cils, qui retiennent les poussières et les larmes. Elles sont mues par les muscles releveur et orbiculaire.

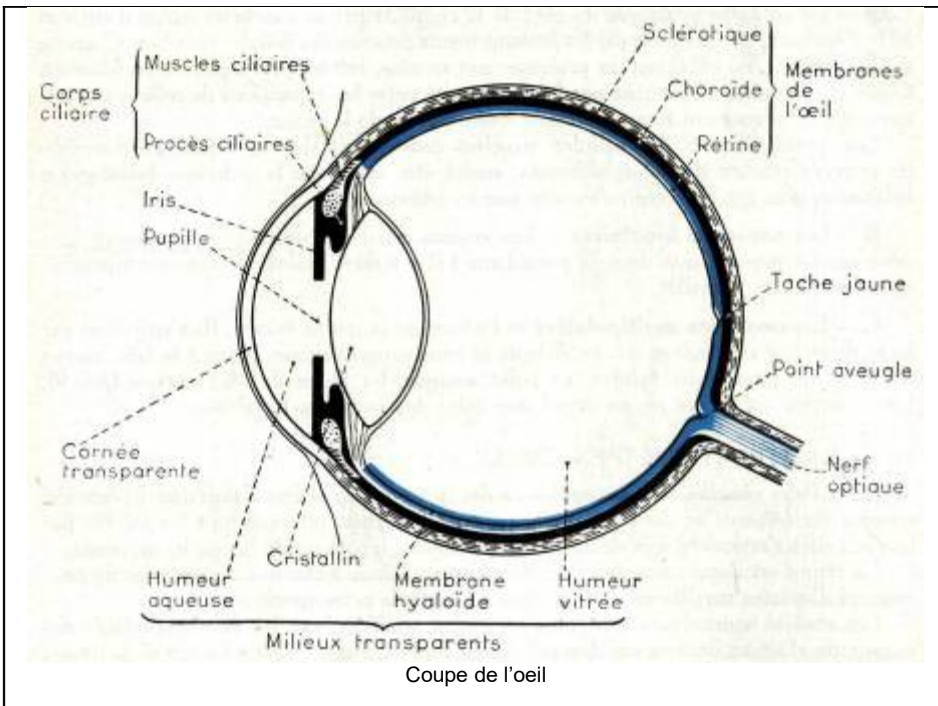
L'appareil lacrymal produit et évacue les larmes, qui nettoient et humidifient la conjonctive. Elles sont formées dans la glande lacrymale, étalées sur l'œil par le mouvement des paupières, et pénètrent par les points lacrymaux dans le canal lacrymal qui les dirige vers les fosses nasales. L'angle interne montre également la caroncule lacrymale et un repli membraneux, vestige d'une 3e paupière bien développée chez certains animaux (oiseaux)



Appareil lacrymal



Muscles oculaires. Le muscle postérieur n'est pas représenté



Coupe de l'oeil

Organes moteurs

Ce sont les muscles oculaires, au nombre de sept, fixés d'une part sur les parois de l'orbite, d'autre part sur le globe oculaire. Ils permettent d'orienter le regard dans toutes les directions, les muscles des deux yeux fonctionnant de manière coordonnée.

Le globe oculaire

Il est délimité par trois membranes, qui prennent un aspect particulier sur le devant de l'œil, qui supportent ou contiennent des milieux transparents aboutissant à la formation d'une image sur le fond de l'œil.

Les membranes. De l'extérieur vers l'intérieur :

La sclérotique est épaisse (1 mm), résistante, forme vers l'avant le blanc de l'œil où elle prend localement une forme bombée et transparente, la cornée.

Mise en évidence du point aveugle



Fermez l'œil gauche, et rapprochez lentement le document en fixant la croix de l'œil droit. A un certain moment, le rond noir disparaît, et réapparaît si l'on continue de rapprocher le document. Explication :

Dans l'intervalle, l'image du disque s'est formée sur le point aveugle, d'où sa disparition. Le cerveau compense en permanence ce vide en créant la partie manquante de l'image.

La choroïde est pigmentée de noir. Vers l'avant, elle se détache de la sclérotique pour former une lame plate, l'iris, percée d'un trou, la pupille. La face avant de l'iris est diversement colorée suivant les individus. L'iris contient des fibres dont les contractions provoquent la dilatation ou la contraction de la pupille. Autour de l'iris, côté interne, la choroïde s'épaissit en un bourrelet circulaire, le corps ciliaire.

La rétilne est la membrane sensible de l'œil. Elle est transparente, très fragile et présente deux zones particulières : la tache jaune (ou macula), petite dépression située dans l'axe de l'œil, et le point aveugle, emplacement de sortie du nerf optique. Elle est constituée de trois couches de cellules nerveuses :

La couche externe (contre la choroïde) est composée des cellules visuelles, sensibles à la lumière, de deux types : les cônes reconnaissant les couleurs en pleine lumière, et les bâtonnets sensibles aux faibles éclaircissements (après production d'une protéine, le pourpre rétinien ou rhodopsine), mais pas aux couleurs. Dans la tache jaune, il n'y a que des cônes, très nombreux. A la périphérie de la rétilne, il n'y a que des bâtonnets, plus espacés.

La proportion varie progressivement entre les deux. Il y a trois types de cônes, chacun présentant un maximum de sensibilité pour une couleur différente (bleu, vert, jaune orangé).

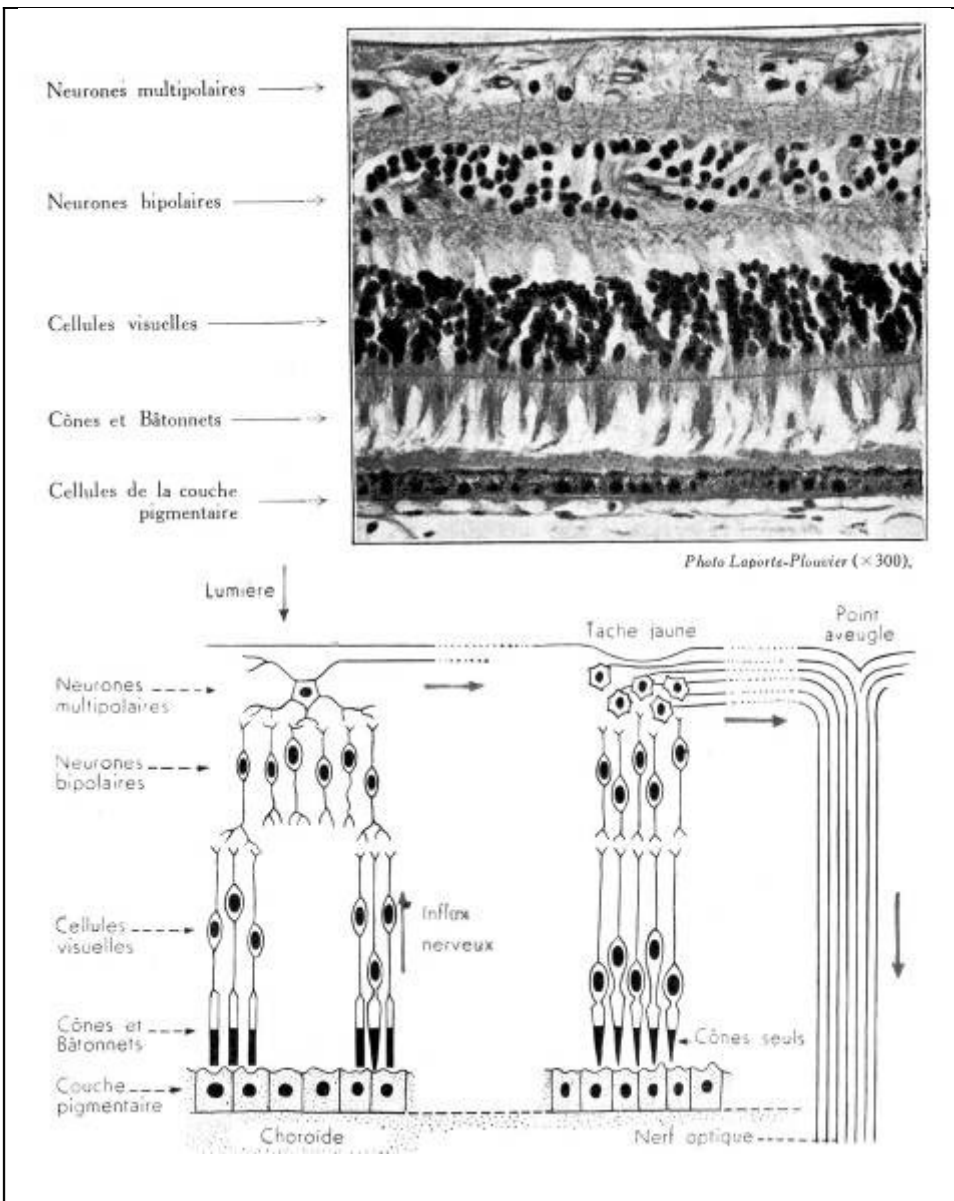
Dans le monde animal, le nombre de types de cônes est varié : parmi les mammifères, seuls les primates en ont trois, les autres n'en ont que deux (bleu et vert) ; les poissons et les reptiles en ont quatre dont un sensible aux ultraviolets, les insectes trois (vert, bleu, ultraviolet). La squille en a douze dont un en ultraviolet et un en infrarouge, dont le fonctionnement n'est pas totalement compris.

Il en résulte que l'acuité visuelle est maximale au centre de l'œil, où les couleurs sont richement perçues, lorsque l'éclairage est suffisant. En lumière faible, le centre de l'œil est insensible, les images ne sont pas colorées (« la nuit, tous les chats sont gris »).

Deux couches de neurones dont l'interne transmet jusqu'au nerf optique les influx nerveux produits par les cellules visuelles.

Les milieux transparents

On trouve, d'avant en arrière :
 La cornée, déjà mentionnée,
 L'humeur aqueuse, liquide transparent qui occupe l'espace entre la cornée et le cristallin,
 Le cristallin, corps solide élastique à deux faces bombées, d'environ



9 mm de diamètre et 4 mm d'épaisseur. Il adhère légèrement au corps ciliaire et est maintenu en place par de fins ligaments suspenseurs.

Le corps vitré remplit toute la chambre postérieure de l'œil, et comprend une masse gélatineuse transparente, l'humeur vitrée, contenue dans la très fine membrane hyaloïde.

Fonctionnement

Sous l'aspect optique, l'œil se comporte comme une lentille qui produit une image sur une surface sensible. C'est le principe de l'appareil photographique, qui comporte un dispositif de mise au point tenant compte de la distance de l'objet photographié.

Pour l'œil, cette mise au point (l'accommodation) est assurée par le cristallin, qui se déforme automatiquement sous l'action des muscles ciliaires pour former une image nette de l'objet observé, quelle que soit sa distance au-delà d'une distance appelée distance minimum de vision distincte, variable avec l'âge (15 cm à 20 ans, 40 cm à 50 ans), et jusqu'à l'infini.

L'œil s'adapte également à l'intensité de l'éclairage par le jeu de la pupille, dont le diamètre peut varier de 1 à 7 mm. Pour les très faibles lumières, un mécanisme de vision nocturne se met en place : production du pourpre rétinien dans les bâtonnets. Cette fabrication est lente, la sensibilité maximale n'est atteinte qu'après plusieurs minutes ; mais un éclairage fort détruit instantanément le pourpre rétinien.

La rétine conserve brièvement les éclats lumineux. Cette persistance des impressions lumineuses est utilisée dans le cinéma.

Les muscles des deux yeux sont coordonnés pour orienter chaque globe oculaire vers le point observé.

Dissection d'un œil de mouton



Les deux yeux dégagés du crâne. Sur la gauche, les muscles moteurs ont été détachés du globe oculaire. La zone blanche au centre est le chiasma optique

L'un de nos adhérents s'est procuré un crâne de mouton d'où il a extrait l'ensemble des deux yeux avec leurs muscles moteurs et le fragment d'os où passent les nerfs optiques.

L'un des yeux a été sectionné pour en montrer les composants. Pendant la coupe, l'humeur vitrée s'est partiellement écoulee, noircie par des fragments de la choroïde qui se sont détachés. L'une des propriétés optiques de l'humeur vitrée (indice de réfraction) est identique à celle de l'eau, ce qui fait que si on la verse dans l'eau, elle disparaît visuellement, ce qui a été vérifié.

La face arrière du globe montrait la choroïde noire (rappelons que la rétine, située avant, est transparente) localement détachée, faisant apparaître la sclérotique.

La face avant contenait le cristallin en place ; en l'extrayant, on voit l'iris et la pupille par l'intérieur de l'œil.



Le fond de l'œil : la choroïde noire s'est partiellement détachée, montrant la sclérotique sur la gauche



Le cristallin s'est déformé pendant l'extraction



L'iris vu de l'intérieur, la pupille est grande ouverte.

Défauts de l'œil

Chez certaines personnes, la géométrie de l'œil s'écarte du modèle (œil emmétrope) et provoque des défauts de vision.

La myopie : la zone de mise au point ne s'étend pas jusqu'à l'infini, le minimum de vision distincte est plus petit que la moyenne. La personne voit flous les objets éloignés, mais peut observer nettement de très près. Ce défaut est corrigé par des lentilles divergentes (bords épais).

L'hypermétropie : le minimum de vision distincte est plus grand que la moyenne. La personne ne voit pas nettement des objets à distance moyenne, mais ses possibilités d'accommodation sont normales au-delà. Ce défaut est corrigé par des lentilles convergentes (bords minces). Il ne faut pas confondre l'hypermétropie avec la presbytie.

La presbytie résulte d'une évolution normale de l'œil avec l'âge : le cristallin devient moins souple et perd sa capacité d'accommodation. La distance minimum de vision distincte augmente et impose le port de lunettes à foyer variable.

Normalement, la partie postérieure du globe oculaire est sphérique. Si elle ne l'est pas, l'image rétinienne n'est pas nette simultanément pour les sujets horizontaux et pour les sujets verticaux. C'est l'astigmatisme. Il peut être corrigé par des verres asphériques.

L'absence ou le mauvais fonctionnement de l'un des types de cônes provoque une mauvaise perception des couleurs. C'est le daltonisme.

Une mauvaise coordination des muscles des deux globes oculaires dépointe le regard de l'objet observé : c'est le strabisme qui peut être positif (la personne louche) ou négatif.

Quelques maladies

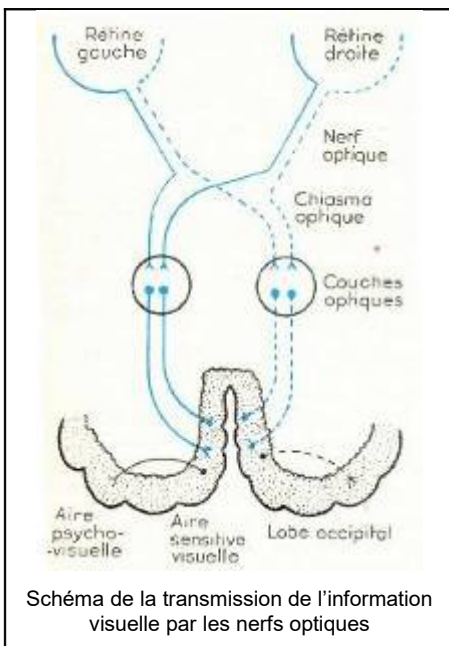
Les « mouches volantes » (myodésopsies) sont des points ou des taches floues qui suivent le regard et sont surtout visibles sur fond clair. Elles sont dues à des défauts de l'humeur vitrée. Elles ne sont pas trop gênantes si elles ne sont pas nombreuses, sauf pour les amateurs de microscopie, qui les perçoivent plus distinctement aux forts grossissements.

La conjonctivite (inflammation de la conjonctive) donne une sensation de sable dans les yeux. Elle se soigne par antibiotiques.

La cataracte résulte de l'opacification ou de la déformation du cristallin. La vision est assombrie ou déformée. Elle se traite par remplacement du cristallin vieilli par un cristallin artificiel. L'accommodation n'est plus possible, il faut porter des lunettes à foyer variable.

Le glaucome vient d'une augmentation de la pression interne de l'œil. S'il n'est pas traité, il peut provoquer la destruction du nerf optique.

La déficience maculaire liée à l'âge (DMLA) provient de la détérioration de la partie centrale de la rétine (macula) et empêche la vision nette.



La vision

Elle est binoculaire. Les images des deux yeux sont transmises au cerveau par les nerfs optiques, qui se croisent en un point appelé chiasma, où les deux images sont réparties par moitiés pour être transmises aux lobes occipitaux.

Le cerveau traite ces informations pour produire la sensation visuelle, et notamment perception des distances (la sensation de relief), l'évaluation des couleurs, la sensation de mouvement. Il est établi que les zones du cerveau où ces fonctions sont réalisées se situent dans une partie des lobes occipitaux qui constitue le centre visuel. Des dégradations de ces zones entraînent des perturbations de la vision pouvant aller jusqu'à la cécité.

L'appréciation des distances, du relief, nécessite un apprentissage qui s'effectue pendant l'enfance.

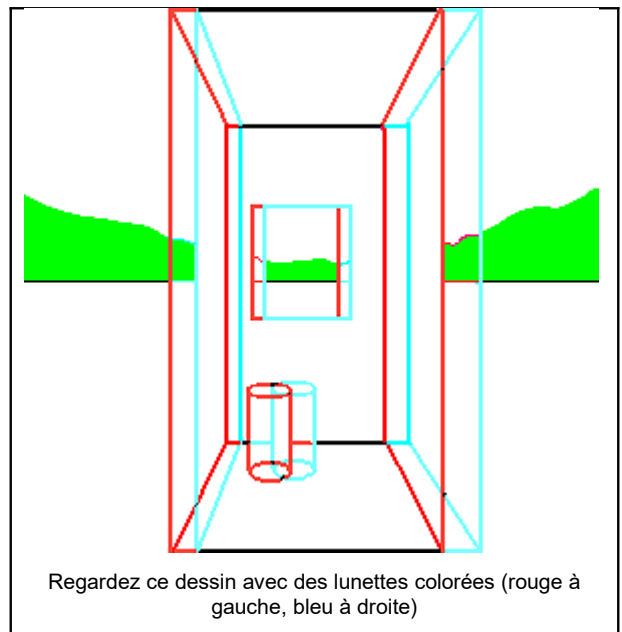
Le cerveau peut interpréter curieusement certaines images, c'est le domaine des illusions d'optique. C'est aussi utilisé dans les systèmes de vision en relief.

La vision en relief

Le principe utilise le fait que par effet de perspective, chaque œil perçoit une image différente des objets plus ou moins éloignés. Il suffit donc de présenter à chaque œil l'image vue de deux points différents pour que le cerveau reconstruise une image en relief.

Les techniques sont diverses :

- appareil permettant de regarder deux images (stéréoscope),
- utilisation de lunettes colorées (par exemple bleu et rouge) pour observer une image construite avec les deux couleurs (anaglyphes),
- utilisation de lunettes polarisées pour observer des images projetées à travers des filtres polarisants.



Les illusions optiques

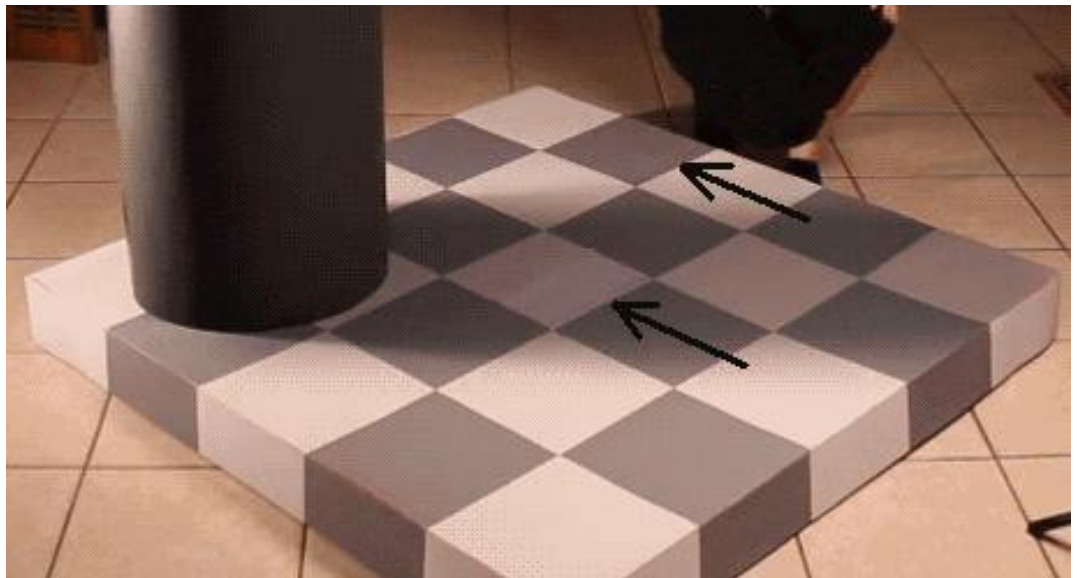
Elles proviennent du fait que notre cerveau interprète à notre insu les images qu'il reçoit en fonction de leur environnement. Elles concernent différentes perceptions (forme, couleur, mouvement, taille, relief). Certaines sont très étonnantes.

Illusion de forme



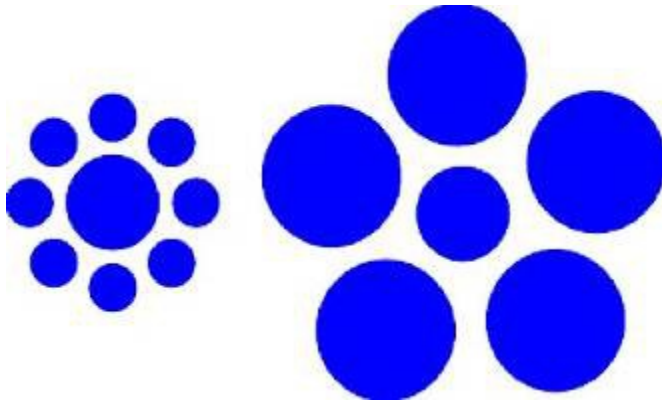
Les deux lignes rouges sont parfaitement droites

Illusion de couleur



L'une des plus étonnantes illusions d'optique : les deux dalles pointées d'une flèche sont de la même couleur ! Si vous ne le croyez pas, imprimez et découpez-en une pour comparer.

Illusion de taille



Les deux cercles du centre sont de la même taille

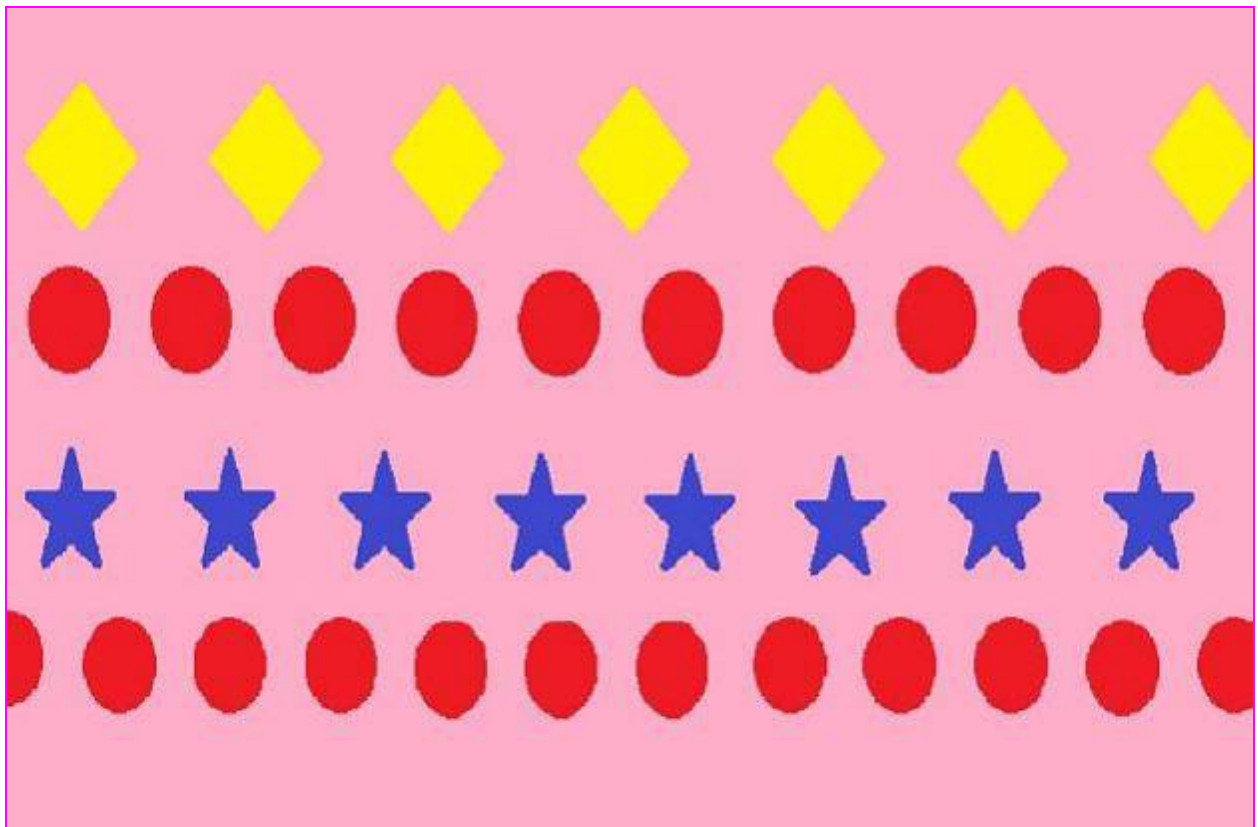
Illusion de relief en vision monoculaire



En la regardant d'un seul œil, cette cale en polystyrène peut être perçue alternativement en creux ou en relief.

Illusion de relief sur une seule image (stéréogrammes)

Regardez cette image des deux yeux, avec un regard le plus vague possible (ne pas accommoder sur le dessin). Au bout de quelques temps, vous verrez les lignes jaunes, rouges et bleues à des distances différentes. Certaines personnes y parviennent très vite, pour d'autres, il faut persévérer. Ce procédé permet de faire apparaître des formes en relief inattendues sur des fonds neutres ou abstraits (plusieurs exemples ont été donnés pendant la séance).



Rédaction et photos : Alain de Guerra

Les dessins sont extraits de « Sciences naturelles » classes de Technique – mathématiques par H. Camefort et A. Gama, éditeur Hachette, 1960.