



LA VISION NOCTURNE

Francis VENTER
francis.venter@gmail.com
www.ascen.be
www.nuitdelobscurite.be

1. Introduction

Tout astronome amateur possède un instrument que l'on peut qualifier de « base » et qu'il méconnaît bien souvent : ses deux yeux. Si l'on y regarde de plus près, on se rend vite compte qu'il s'agit de notre premier instrument d'observation.

En effet, que l'on regarde dans des jumelles, une lunette astronomique ou un télescope, et même si l'on fait de l'imagerie, on utilise toujours ses deux yeux pour observer directement ou indirectement le ciel nocturne et ses richesses.

L'observation visuelle directe a été la seule utilisée jusqu'au XVII^{ème} siècle. La forme et la taille de la Terre, la distance séparant la Terre et la Lune, les lois régissant le mouvement des planètes ont été trouvées sans lunette ni télescope.

Contrairement à une idée très répandue, l'astronomie peut très bien se pratiquer sans appareil d'optique. Notre organe de vision est doté de facultés extraordinaires que nous allons examiner.

2. Anatomie de l'œil

L'œil est l'organe de la vision. Il est de faible volume (6.5 cm³), pèse 7 grammes, et a la forme d'une sphère d'environ 24 mm de diamètre, complétée vers l'avant par une autre demi-sphère de 8 mm de rayon, la cornée.

Pour simplifier, l'œil est composé, comme l'appareil photo qui s'en est inspiré, d'une lentille (le cristallin), diaphragmé par la pupille, et qui forme une image renversée sur la rétine, à la fois écran et capteur qui envoie les informations reçues au cerveau par l'intermédiaire du nerf optique.

L'ensemble cristallin-rétine est situé dans le globe oculaire, dont la forme sphérique est stabilisée par la pression exercée par un liquide visqueux transparent qui l'emplit (l'humeur vitreuse ou vitré et l'humeur aqueuse).

Tous les éléments de l'œil sont évidemment importants, mais certains jouent un rôle prépondérant du point de vue de l'optique :

La **pupille** est un trou circulaire qui « dose » la quantité de lumière qui pénètre dans l'œil. Son fonctionnement est automatique en fonction de la luminosité ambiante. Son équivalent photographique est le diaphragme.

Le **cristallin** est la lentille de l'œil qui permet la mise au point grâce à sa plasticité (souplesse) qui lui permet de modifier ses courbures (donc sa focale) lors de l'accommodation. De forme biconvexe, transparent et mou, il est situé à l'intérieur du globe oculaire.. S'il devient opaque, il est responsable de la cataracte.

L'équivalent photographique du cristallin est l'objectif qui contient des lentilles.

La **rétine** est une membrane neurosensorielle qui tapisse le fond de l'œil, c'est sur elle que doivent se former les images qui seront transmises au cerveau. C'est elle qui transforme les rayons lumineux en influx nerveux. Elle est l'équivalent de la pellicule photographique. La rétine est une membrane d'environ 0,25 mm d'épaisseur et de surface à peu près égale à celle d'un petit timbre-poste dans laquelle se trouvent plus de 130 millions de cellules nerveuses portant des noms qui reflètent leur forme :

Les **bâtonnets** constituent environ 95% de ces cellules et sont au nombre de 120 millions. Ils sont responsables de la vision nocturne, et ne sont sensibles qu'à la différence entre obscurité et lumière. Ils ne font pas de différence entre le rouge et le bleu mais envoient un influx nerveux qui varie selon la luminosité : les bâtonnets ne voient qu'en noir et blanc. Par contre, ils ont la plus grande sensibilité, et sont donc adaptés à de faibles quantités de lumière et jouent un rôle essentiel dans la vision nocturne.

Les **cônes** sont des cellules sensorielles plus grandes et forment les 5% restants des photorécepteurs. Ils sont responsables de la vision diurne (de jour) et font la différence entre les couleurs. Les cônes sont présents en majorité au niveau de la « *tache jaune* », dans la région centrale de la rétine. Au milieu de celle-ci se trouve la « **fovéa** », une légère dépression où sont présents uniquement des cônes, très serrés. La vision est à ce niveau plus précise, plus détaillée et plus sensible aux mouvements que sur le reste de la rétine.

C'est d'ici que provient la plupart de l'information visuelle arrivant au cerveau. Comme pour les images TV, il y a 3 sortes de cônes :

- les cônes S, sensibles au bleu
- les cônes M, sensibles au vert
- les cônes L, sensibles au rouge

(Les lettres conventionnelles S, M et L proviennent des mots anglais « **Short** », « **Medium** » et « **Long** », qui correspondent respectivement aux courtes (bleu), moyennes (vert) et grandes (rouge) longueurs d'onde).

C'est la combinaison des informations des 3 types de cônes qui permet de voir de nombreuses couleurs différentes.

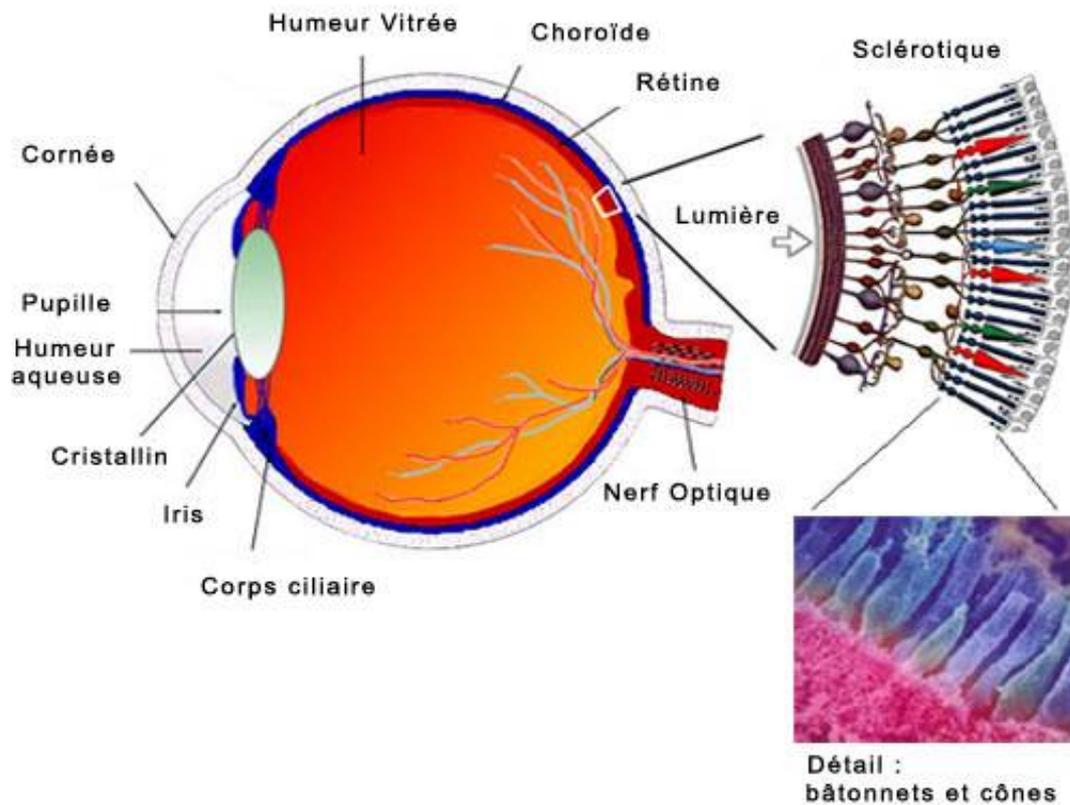
Rappelons que ce sont les capacités réceptrices de ces cellules qui définissent ce que l'on appelle la lumière visible.

C'est la lentille convexe qui forme l'image sur la rétine. Elle est caractérisée par le diamètre de sa pupille et sa distance focale. Elle a la particularité d'être à géométrie variable, c'est-à-dire de pouvoir, grâce aux muscles ciliaires, modifier à volonté sa courbure et son indice de réfraction, et donc sa distance focale. Cette possibilité s'appelle l'accommodation.

L'un des points importants est la rétine. Située au fond de l'œil, elle permet la formation des images via le nerf optique qui achemine les informations au cerveau. La rétine est tapissée de cellules qui sont particulièrement serrées au niveau de la fovéa. L'image qui se forme sur la fovéa est nette, autour de cette zone, elle est floue. La fovéa a un diamètre d'environ 200 µm.

Le cristallin quant à lui permet de focaliser l'image sur la rétine de la même manière que lorsque l'on règle un instrument astronomique à notre vue.

En astronomie, un paramètre nous intéresse particulièrement, c'est la pupille ou plutôt son diamètre. Celui-ci varie en fonction de la luminosité de l'objet observé. Il est d'environ 1 mm en pleine lumière et peut aller jusqu'à 4 mm pour un sujet standard et même 6 mm pour les plus jeunes d'entre nous. En astronomie, le sujet étant peu lumineux, la pupille sera dilatée au maximum.



Tous les chiffres suivants sont donnés pour un œil moyen, non malade :

- Volume du globe oculaire : 6,5 cm³
- Poids : 7 grammes
- Diamètre du globe oculaire : 24 mm
- Diamètre du cristallin : 10 mm
- Focale du cristallin seul : 4,6 mm
- Focale du système oculaire : 17 mm
- Surface de la rétine : 1 250 mm²
- Nombre de cônes : 6 500 000
- Nombre de bâtonnets : 130 000 000
- Épaisseur de la couche des récepteurs : 40 microns

3. Le champ visuel

Le champ visuel est l'espace délimité par la perception spatiale de l'œil sans déplacer la tête. La **Fovéa** (2°) permet une vision des détails très fins, L'**Ergorama** (30°) celle des formes et le **Panorama** (60°-70°) celle des mouvements.

Il existe trois champs visuels différents :

1. Champ **total fixe** : il correspond au champ perçu par un œil fixe, il est très grand d'où l'emploi en astronomie d'oculaires à grand champ (environ 150°).
2. Champ de vision **nette fixe** : il correspond pour un œil fixe au champ de vision perçu par la fovéa, il est d'environ 1°. Il est intéressant d'avoir cette valeur en tête lorsque l'on place son œil derrière un oculaire. Si le champ de celui-ci est grand, il faut se promener dessus pour voir un objet étendu de manière nette.
3. Champ de vision **nette totale** : c'est le champ que peut examiner l'œil par rotation dans son orbite, il est d'environ 40 à 50°. Donc, en théorie, un champ plus grand dans un oculaire ne sert à rien.

4. L'accommodation

L'œil est un formidable instrument, la mise au point s'effectue toute seule. Au repos, l'œil effectue la mise au point sur l'infini, au maximum et sans fatiguer les muscles, pour un œil normal, la mise au point peut se faire jusqu'à 25 cm. En dessous de cette distance, les muscles travaillent beaucoup pour accommoder et se fatiguent donc vite. Dans un instrument astronomique, on projette l'image à l'infini pour qu'elle puisse être récupérée par l'œil au repos.

Et voici tout naturellement, les défauts d'accommodation de l'œil.

1. La **myopie** : C'est en fait l'œil qui est trop convergent. Les objets situés loin sont flous (on imite alors la taupe). Pas de problème en astronomie, on veillera seulement à refaire la mise au point lorsque l'on passe derrière quelqu'un pour avoir une image nette.
2. L'**hypermétropie** : là, c'est l'inverse, l'œil n'est pas assez convergent, les objets situés trop près seront donc flous. Les objets situés à l'infini seront vus nettes si l'œil accommode légèrement. Toujours pas de problème en astronomie, une bonne mise au point et le tour est joué.
3. La **presbytie** : c'est un problème lié à l'âge. Les objets situés au loin sont flous ainsi que ceux situés près de la personne. C'est simplement un cumulatif des 2 défauts précédents, on arrivera donc toujours à obtenir une image nette dans un instrument astronomique.
4. L'**astigmatisme** : C'est un problème de révolution de l'œil. Alors là, on peut toujours faire la mise au point mais il est essentiel de garder ses lunettes pour avoir une image nette dans un instrument astronomique. Un point apparaît en fait comme une petite ligne.

5. Le pouvoir séparateur

En astronomie, ce paramètre est très important. Il permet de savoir si un détail sera visible ou non. En pratique, le pouvoir séparateur de l'œil est d'environ 1 minute d'arc (soit 1/60^{ème} de degré). Attention, ceci est un ordre d'idée.

En effet, le pouvoir séparateur dépend de la forme des détails, de la couleur, de la luminance des objets (l'œil a une dynamique de plus de 100 000), du contraste, du rayon

de la pupille (plus il est grand, plus le pouvoir séparateur est important), de la fatigue...

Il faut distinguer le pouvoir séparateur du pouvoir de perception qui est l'aptitude de l'œil à déceler un objet ponctuel. En effet l'œil voit des étoiles qui ont un diamètre apparent bien inférieur à la minute d'arc. Le pouvoir de perception dépend de la luminance de l'objet et du contraste entre l'objet et son environnement (le pouvoir de perception est meilleur avec un environnement sombre : c'est souvent le cas en astronomie)

Le pouvoir séparateur de l'œil humain est très variable. C'est essentiellement lui qui est noté par les ophtalmologistes lors des tests de vision. On considère qu'un œil normal sépare un angle de 1 seconde d'arc, soit 1 mm à 3,4 m. Il est alors noté 10/10. Certains possèdent un meilleur pouvoir séparateur, ce qui explique les notes éventuelles de 11/10 voire 13/10.

Vous pouvez tester votre acuité visuelle en observant la deuxième étoile de la queue de la Grande Ourse, dans laquelle un bon œil doit discerner sans difficulté les deux composantes : Alcor et Mizar. Une tradition non vérifiée voudrait qu'elle ait servi à tester l'acuité visuelle des archers de Charles Quint et de Gengis Khan.



Certaines personnes peuvent repérer sans instrument les quatre principaux satellites de Jupiter.

6. La vision diurne et nocturne

L'œil est un organe que nous utilisons généralement très mal, surtout lors d'observations nocturnes. Il a en effet la faculté de bien voir la nuit, mais il a besoin d'un délai d'adaptation relativement important. Au cours de l'adaptation, la pupille s'ouvre, son diamètre pouvant passer de 2 à 8 mm, ce qui permet de faire passer, à pleine ouverture, environ 16 fois plus de lumière qu'en plein jour.

Cette ouverture de la pupille n'est pas la seule adaptation à l'obscurité. La surface sensible de notre œil, la rétine, est tapissée de deux types de cellules réceptrices. Les cônes, sensibles aux couleurs, s'adaptent rapidement aux éclaircissements forts. Les bâtonnets s'adaptent, eux, très lentement aux éclaircissements faibles mais sont peu sensibles aux couleurs.

Après plusieurs dizaines de minutes d'adaptation l'œil est capable de détecter des éclaircissements un milliard de fois plus faibles que ceux qu'il enregistre en pleine lumière. Il est donc indispensable d'être patient et d'entraîner son œil à la vision nocturne si l'on veut en tirer le meilleur parti. Il suffit de rester dans l'obscurité une bonne dizaine de minutes pour percevoir un net progrès de l'adaptation.

On observe plusieurs choses sur cette figure. La première est que suivant la longueur d'onde (λ : la couleur), l'œil n'a pas la même sensibilité.

De plus, suivant que l'on regarde un objet de jour (fort éclaircissement) ou de nuit (faible éclaircissement), le pic de sensibilité n'est pas situé au même endroit. Le maximum se situe à 555 nm (jaune vert) le jour et à 505 nm (vert) la nuit. Ceci vient du fait que la rétine est formée de cônes (6.5 millions) et de bâtonnets (125 millions).

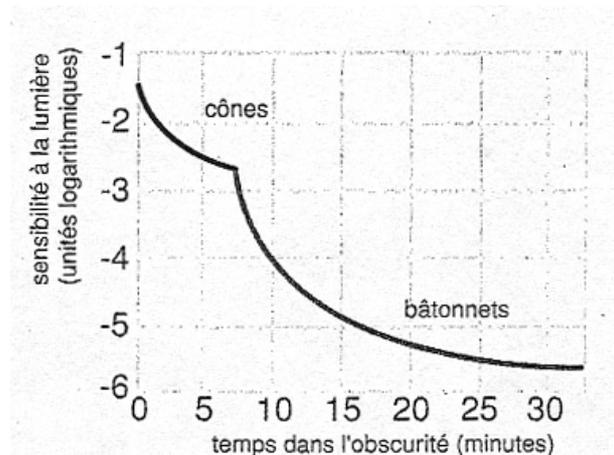
Les cônes (2.5 μm de diamètre) sont principalement utilisés le jour, sont très sensibles à la couleur et sont disposés principalement au centre, les bâtonnets sont utilisés pour la vision nocturne et sont plus denses en pourtour de rétine. Les bâtonnets sont très sensibles à l'éclaircissement mais restituent mal les couleurs : la nuit tous les chats sont gris mais on peut détecter d'une bougie à 27 km.

Il existe un troisième mode de fonctionnement de l'œil dit vision **mésopique** (**photopique** pour le jour, **scotopique** pour la nuit) qui est en fait un mélange de vision diurne et nocturne.

7. Quelques questions à se poser en astronomie

Pourquoi attendre l'acclimatation de l'œil ?

La vision de jour est quasi instantanée (passer d'une pièce sombre à une pièce claire ne prend que quelques secondes maximum à l'œil pour s'acclimater). Mais le passage de la vision de jour à la vision de nuit prend plusieurs minutes. C'est pourquoi il est important de laisser le temps à l'œil de s'acclimater. En général, on compte environ $\frac{1}{4}$ heure minimum pour cela.



Pourquoi la mise au point est-elle plus difficile la nuit ?

La mise au point est déclenchée par la fovéa qui est tapissée de cônes peu sensibles à la lumière. Il est donc difficile de localiser précisément cette mise au point et ce, d'autant plus que les objets sont souvent diffus.

Pourquoi toujours des lampes rouges la nuit ?

En fait, la lumière rouge est dite « **inactinique** ». C'est à dire qu'elle permet à l'œil de détecter la lumière rouge sans pour autant détruire l'acclimatation nocturne. De plus, les cônes sont plus facilement activés par le rouge ce qui nous permet d'utiliser la fovéa et donc de facilement lire une carte grâce à une mise au point aisée. Attention cependant à ne pas utiliser une lumière rouge trop forte sinon l'œil repassera automatiquement à la vision photopique et il faudra de nouveau attendre ¼ heure pour récupérer la vision scotopique.

Pourquoi passer du temps pour regarder un objet faible ?

Pour plusieurs raisons. L'une d'entre elle qui est indépendante de l'œil, c'est la turbulence. En effet, la turbulence trouble l'image, plus on passera de temps sur un objet, plus on a de chance de capter de fins détails.

La deuxième raison est que le champ de vision nette de l'œil est faible, il faut donc balader son œil sur un objet étendu pour en apprécier toute la splendeur.

La troisième raison est que l'œil ne travaille pas seul, même s'il refait une image toutes les 1/10^{ème} de seconde, le cerveau est capable d'intégrer une partie de cette image et donc d'améliorer notre vue de l'objet. Ce temps d'intégration est estimé à six secondes au maximum.

Pourquoi regarder les objets faibles sur le côté ?

La nuit, on utilise les cônes pour obtenir une sensibilité maximale. Ces cônes sont principalement situés en périphérie de la rétine, il vaut donc mieux observer un objet en vision décalée. Une autre propriété intéressante des cônes est le fait qu'ils nous permettent de capter des détails lorsque l'objet est mouvant mais de manière furtive. Utiliser cette propriété en astronomie peut s'avérer payant.

Un autre problème lié à la vision nocturne tient à répartition des cellules sensibles sur notre rétine. Les cônes sont rassemblés à proximité de l'axe de l'œil, les bâtonnets entourant cette zone centrale.

La région la plus sensible aux éclaircissements faibles est décalée par rapport au centre de la rétine. Pour distinguer les objets les plus faibles, il faut donc regarder légèrement de côté. On dit qu'on utilise alors la vision périphérique.

Que peut-on voir comme objet avec l'œil nu ?

Cette liste n'est pas exhaustive et peut être complétée par tout un chacun. Elle n'est qu'un aperçu des beautés célestes qui ont tendance à ne plus nous apparaître à force de les voir.

La lune, son fin croissant du matin ou du soir. Sa lumière cendrée un peu avant ou après la nouvelle lune.

Si l'on associe la lune avec les planètes, nous observons alors une conjonction dans le ciel du soir se teintant de milles couleurs ou du matin pour effacer son chagrin.

Le simple fait d'observer la voûte céleste pour sa pure beauté, ses milles étoiles étincelantes, sa laiteuse voie lactée et ses amas d'étoiles tels les Pléiades, les Hyades, le

double amas de Persée se montrant furtivement comme une double boule cotonneuse, l'amas globulaire d'Hercule...

Si vous avez de la persévérance, vous observerez alors l'objet le plus lointain observable à l'œil nu, la grande galaxie d'Andromède (plus de 2 000 000 années pour que sa lumière nous arrive) et, sous un ciel très pur et une vue parfaitement adaptée arriverez-vous à observer M33, sa compagne légèrement plus basse ?

Pour ceux qui apprécient les nébuleuses, vous pouvez voir l'une des plus belles d'entre elles, la nébuleuse d'Orion.

Si vous pointez régulièrement le bout de votre nez à l'extérieur, il vous arrivera forcément un moment où vous verrez passer une flèche brillante nommée étoile filante.

Et, pour les plus chanceux d'entre nous, peut être verrons-nous la première grande comète de ce siècle qui déploiera sa chevelure et sa double queue comme une invitation aux rêves.

Pour les plus perspicaces, vous pouvez noter la position des planètes et verrez ainsi leur lent déplacement parmi celles-ci et leur mouvement rétrograde. Vous comprendrez alors pourquoi les Grecs les nommaient astres errants.

Profitez donc bien de cet outil formidable et encore inégalé de nos jours : VOS YEUX.

8. Conclusions

La nécessaire adaptation à l'obscurité met en évidence un des fléaux de notre époque : la pollution lumineuse. Nos villes sont extrêmement mal éclairées : nous envoyons une énorme quantité de lumière vers le ciel. Cette lumière éclaire les particules en suspension dans l'atmosphère et masque les étoiles. Loin des villes, le ciel est beaucoup plus noir, mais il devient difficile de trouver, même à la campagne, un site qui ne soit dégradé par un lampadaire ou une source lumineuse quelconque.

Il n'existe plus de site astronomique dans l'hémisphère nord qui ne soit pas pollué par l'éclairage. Que tous ceux qui souhaitent observer le ciel agissent localement, pour faire diriger les éclairages collectifs vers le sol et non vers le ciel. La communauté économisera ainsi de l'énergie et de l'argent et le spectacle du ciel continuera d'enchanter nos enfants et nous permettra de garder nos racines. N'oublions pas que si tout a changé sur cette Terre depuis l'Antiquité, l'aspect du ciel est, lui, resté identique, nous offrant ainsi le seul lien réel avec nos ascendants. Préservons-le pour nos descendants.

9. Sources

- « Le ciel » - Jean-Louis Heudier - Observatorium – Observatoire de la Côte d'Azur
- « La vision nocturne, quel est le temps d'adaptation normal ? Varie-t-il ? » - Bouchard E. et Talbot C., 2005, La vision nocturne, Expo-Journal, rapport interne, programme des Sciences de la nature, Cégep de Saint-Félicien, Saint-Félicien
- « La perception des couleurs par l'œil » - Haïba Lekhal et Per Einar Ellefsen - 2001, 2002 - Lycée Français Jean Monnet
- « L'œil, instrument d'astronomie » - JP. Maratrey - mai 1998 – Club d'Astronomie Quasar 95