

LA VISION CHEZ LES INSECTES ET SOURCES LUMINEUSES

II.1 Introduction

Dans l'environnement, l'insecte est amené à établir des relations avec tous les autres organismes vivants. Les signaux à action interspécifique servent alors de trame aux actes essentiels de la vie. Ces substances allélochimiques regroupent les allomons pour lesquelles le bénéfice de la relation est destinée à celui qui émet la substance (exp : sécrétion nectarifère des fleurs) et les kairomones où le bénéfice de « l'association » va à celui qui perçoit les signaux (exp ; le nectar des fleurs, une friandise pour les insectes pollinisateurs).

Pour mieux connaître les mécanismes à la base des relations entre les organismes, les études portent sur des insectes « modèles » : abeilles, blattes, fourmis...etc. Le comportement de ces insectes sociaux fait l'objet de nombreuses études ; l'approche éthologique consiste en une adéquation entre la physiologie de l'insecte et les facteurs biotiques ou abiotiques, ceci dans des conditions spatio-temporelles précises.

Chez l'abeille, la reconnaissance d'un champ de fleurs s'opère en plusieurs étapes : les signaux chimiques inhérents à la parcelle fleurie et aux caractéristiques du végétal sont reconnus en premier lieu :

- ✓ Par la vision (les yeux localisent le champ dans son environnement).
- ✓ Par l'olfaction (les antennes, organes hypersensibles, captent les émissions volatiles ou arômes).
- ✓ Puis par la gustation (pattes et pièces buccales interviennent pour juger de la qualité du nectar).

La prospection terminée, l'abeille retourne à la ruche et transmet au reste de la colonie les informations qu'elle vient de collecter ; à cette étape, la qualité du nectar récolté et régurgité ainsi que l'odeur qui accompagne la « pionnière » sont déterminants sur l'induction comportementale de la société.

Dans ce chapitre, nous avons fait une étude sur le mécanisme de la vision chez les insectes et on a décrit les sources de lumière colorée en passant par le domaine des ondes électromagnétique visibles avec des exemples de sources naturelles et artificielles de lumière, et aussi les critères de choix des Diodes électroluminescentes "Leds", afin de maîtriser la conception de notre appareil électrocuteur d'insectes.

II.2. Généralités sur la vision des insectes

De l'œil simple à l'œil complexe, les organes de la vue varient. Comme ils présentent de façon générale une structure semblable commune à tous les vertébrés et donc commune à l'homme, nous nous attacherons à décrire les éléments qui diffèrent selon la classe et nous décrirons pour chacune l'exemple d'un animal dont les caractéristiques de la vision présentent un aspect particulier. [54][7]

La plupart des invertébrés possèdent des yeux composés. Toutefois certains possèdent des yeux simples uniquement. Les yeux composés sont caractéristiques d'une classe les arthropodes regroupant notamment les insectes et les crustacés. Les insectes présentent deux types de capteurs de lumière :

- ✓ Les ocelles qui sont des yeux simples au nombre de 1 à 3 disposés sur le dessus de la tête. Les ocelles ne permettent pas la constitution d'une image, elles ont simplement pour rôle de capter les variations lumineuses (lumière et obscurité). Ceci va permettre aux insectes de s'orienter par rapport à la lumière. [49][50]
- ✓ Les yeux composés, les insectes en possèdent deux de part et d'autre de leur tête. Ces yeux sont aussi appelés yeux à facettes ; en effet ces yeux composés sont constitués de milliers de facettes appelées ommatidies. [8][28]

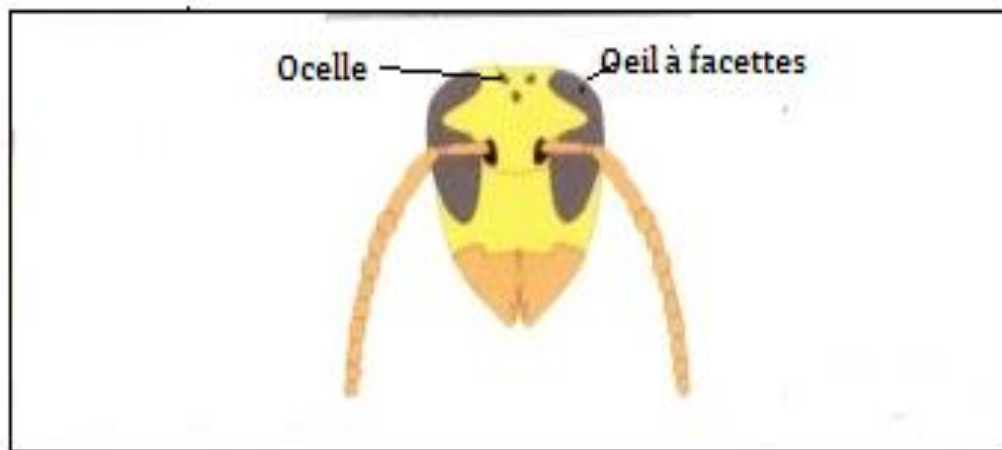


Figure (II.1) : la tête de frelon. [39]

Chaque ommatidie agit individuellement et ne dépend pas des autres. Chacune capte une partie de l'image se trouvant devant elle. L'image entière est reconstituée aux centres nerveux à partir de toutes les informations perçues par l'ensemble des ommatidies. On dit que les insectes ont une vision en mosaïques. [30][32]



Figure (II.2) :La vision chez l'homme et l'abeille.[39]

Chaque ommatidie présente une structure semblable. A l'extrémité supérieure d'une ommatidie se trouve une lentille cornéenne de forme hexagonale (a) qui recouvre une autre lentille le cône cristallin (b). Ensuite vient la rétine qui est composée de cellules rétiniennes ou nerveuses (e). Ces cellules rapprochent vers le centre leur zone photosensible qui sont des microvillosités appelées rhabdomères pour former le rhabdome (d), celui-ci contient des pigments photorécepteurs. L'ensemble des cellules rétiniennes est protégé par des cellules pigmentaires (f) qui empêchent la lumière provenant des autres ommatidies de pénétrer. Chaque ommatidie est donc séparée des autres par ces cellules pigmentaires.

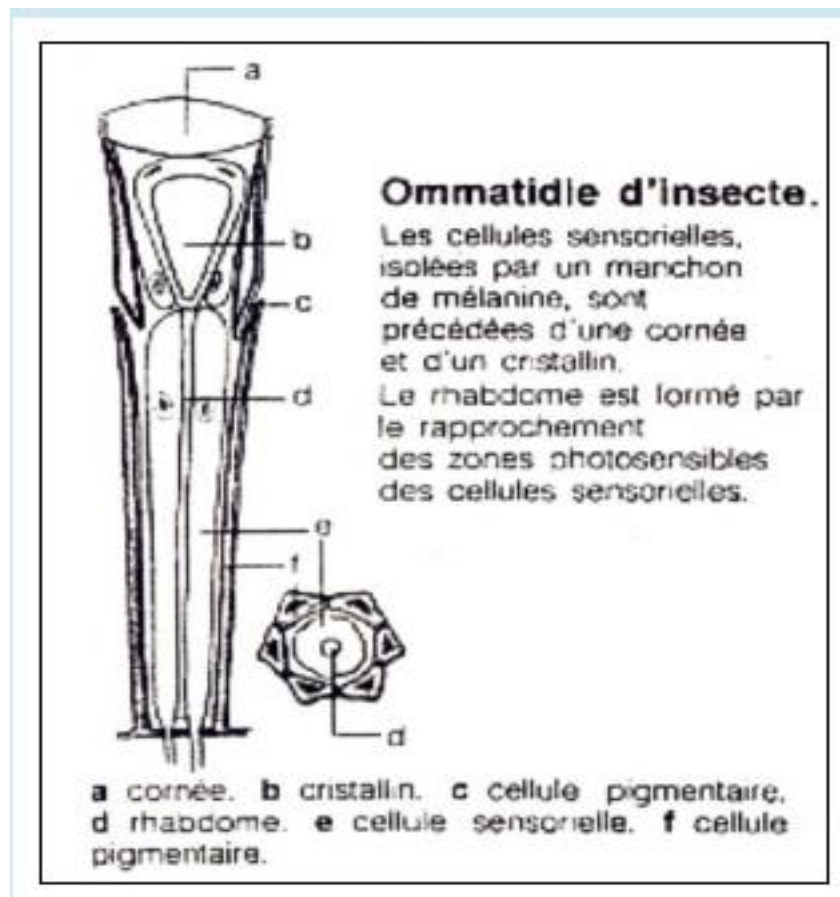


Figure (II.3) : Ommatidie d'insecte. [39]

Ainsi quand le rayon lumineux arrive sur une ommatidie, il est guidé par les deux lentilles jusqu'au rhabdome où une image inversée se forme sur des cellules rétinienne. Des fibres du nerf optique captent les informations du rhabdome et ces informations sont ainsi transmises au cerveau qui se chargera de les interpréter et de constituer une image entière. Il existe deux types d'yeux composés :

- ✓ le premier permet une vision dite par apposition, elle est caractéristique des espèces diurnes (espèces qui se montrent le jour) qui correspond au fonctionnement cité précédemment, c'est-à-dire que l'image finale, entière est formée par la juxtaposition de plusieurs points lumineux.
- ✓ Le deuxième correspond à la vision dite par superposition, une vision caractéristique des espèces nocturnes : chaque ommatidie n'est pas entièrement recouverte de cellules pigmentaires, la lumière pénètre à la fois dans l'axe du rhabdome et sur les côtés, lumière provenant alors des ommatidies voisines. Ce système contribue à une meilleure vision puisqu'elle accroît la quantité de lumière dans l'ommatidie.

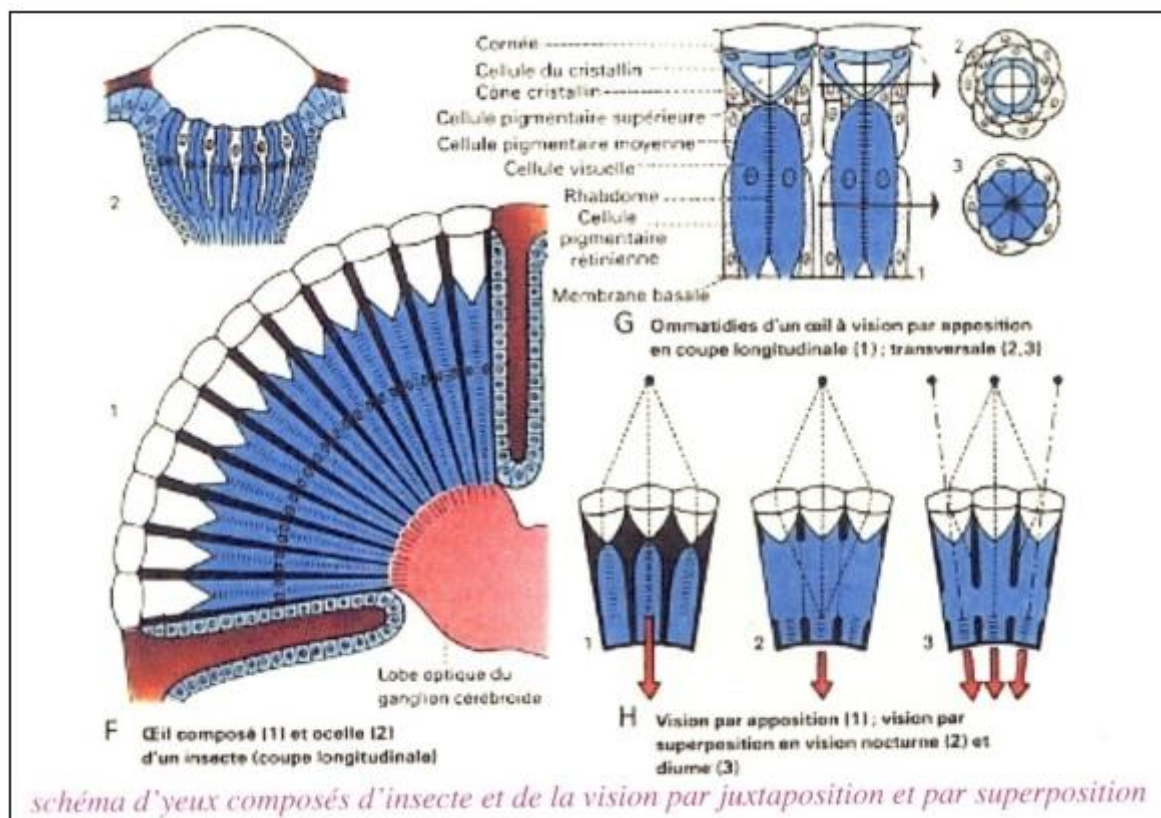


Figure (II.4) : Schéma d'yeux composés d'insecte.[39]

Les yeux à facettes ont un champ de vision très large, beaucoup plus étendu que celui de l'homme. Leur yeux sont adaptés tout particulièrement à la perception du mouvement et non à la précision de l'image. En effet, les insectes sont capables de détecter jusqu'à 300

images par seconde, c'est le cas de la mouche, contre 24 pour l'homme. Cela leur permet d'avoir un faible temps de réaction et ainsi de fuir plus vite.

Cette capacité visuelle qu'ont les insectes, s'explique notamment par le fait qu'ils ont des réseaux nerveux plus simples et plus courts que ceux des vertébrés. Il en résulte que les informations visuelles reçues par le cerveau sont donc interprétées plus vite.

De plus les insectes ne voient que lorsqu'il y a du mouvement. « Quand un objet se déplace dans leur champ de vision les ommatidies s'actionnent ou s'éteignent à tour de rôle, un mécanisme qui permet une détection de mouvement efficace. ».

La sensibilité des yeux à facettes et la netteté de l'image varie selon l'espèce, cette dernière est en grande partie liée au nombre d'ommatidies. L'abeille possède environ 8000 ommatidies contre une centaine seulement chez certaines fourmis.

L'abeille est un cas intéressant car elle distingue les couleurs tandis que certains insectes ne les voient pas.

En effet elle possède trois types de cônes qui sont sensibles à trois longueurs d'ondes différentes. Elle a une vision trichromatique comme l'homme cependant il y a une sorte de décalage entre les deux ; tandis que l'homme a des cellules réceptrices au bleu, au vert et au rouge, l'abeille a des cellules réceptrices sensibles à l'ultraviolet, au bleu et au vert.

Mais elle ne perçoit pas le rouge de grande longueur d'onde et l'homme ne peut percevoir l'ultraviolet.

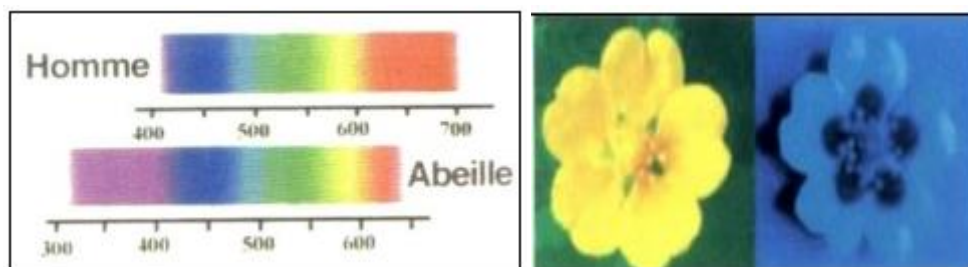


Figure (II.5) : La vision chez l'homme et l'abeille.[39]

Chaque ommatidie de l'abeille possède 9 cellules réceptrices dont 4 qui sont sensibles au vert, 2 au bleu et 2 à l'ultraviolet. La neuvième correspond à celle qui est sensible à la lumière polarisée. [55]

Les abeilles ouvrières, mâles et la reine n'ont pas le même nombre d'ommatidies. La reine qui ne fait que pondre et restant dans la ruche possède moins d'ommatidies que les abeilles ouvrières qui vont chercher le pollen.

L'autre classe des arthropodes qui possèdent des yeux composés sont les crustacés comme par exemple le crabe. Ses yeux sont constitués de la même façon que ceux des insectes. Ils sont composés chez le crabe d'une centaine d'ommatidies qui captent plusieurs points de l'image que le cerveau va reconstituer [47] [52]

II.3. Les Sources de lumière colorée

II.3.1. Le domaine des ondes électromagnétiques visibles

II.3.1.1. les Propriétés des ondes électromagnétiques

II.3.1.1 .1 Célérité des ondes électromagnétiques

Les ondes lumineuses font partie d'une grande catégorie d'ondes appelées ondes électromagnétiques. Quelque soit leur nature, les ondes électromagnétiques se propagent dans le vide ou dans l'air à la vitesse de la lumière encore appelée célérité de la lumière :

$$C=300000 \text{ km /s}$$

Remarque : les ondes électromagnétiques, comme la lumière, donnent lieu aux phénomènes de réflexion, de réfraction vus en seconde et à d'autres phénomènes qui seront abordés plus tard. On s'intéressera au domaine des ondes lumineuses dit domaine du visible.

II.3.1.1 .2 Notion de lumières polychromatiques et monochromatiques

Est-ce que toutes les lumières sont-elles décomposables ?

Protocole

On utilise le dispositif de dispersion de la lumière par un prisme utilisé en second pour analyser deux lumières :

- ✓ l'une rouge, émise par un laser
- ✓ l'autre émise par une lampe placée derrière un filtre rouge.

Observation et interprétation :

Le spectre de la lumière émise par le laser est constitué d'une seule raie fine. Cette lumière ne peut pas être décomposée, elle est dite monochromatique.

Dans le cas de la lumière ayant traversé le filtre rouge, le spectre est constitué d'une large zone dans le rouge. Cette lumière peut être décomposée en plusieurs raies fines de couleur rouge. Elle est dite polychromatique. C'est aussi le cas de la lumière blanche.

Nous retiendrons :

- ✓ Une lumière monochromatique ne peut pas être décomposée par un prisme ; son spectre est constitué d'une seule raie colorée.

- ✓ Une lumière polychromatique est constituée de plusieurs lumières colorées monochromatiques. Elle possède un spectre constitué de plusieurs raies.

II.3.1.1.3. Une grandeur physique pour caractériser une radiation colorée

Par définition, une lumière colorée monochromatique est appelée radiation. Elle est caractérisée par sa longueur d'onde dans le vide notée λ exprimée en mètre.

Exemple : La radiation émise par le laser (He-Ne) utilisée dans l'expérience précédente est caractérisée par une longueur d'onde $\lambda=632,8 \cdot 10^{-9}\text{m}$ dans le vide.

II.3.1.2. Spectre de la lumière visible

II.3.1.2.1. Obtention du spectre de la lumière visible

Grace au dispositif expérimental faisant intervenir un prisme déjà utilisé en seconde, on obtient la décomposition spectrale de la lumière provenant d'une lampe à incandescence ou du soleil. On observe une variation continue des couleurs, rencontrant successivement le rouge, l'orangé, le jaune, le vert, le bleu, l'indigo, et le violet. Ce sont les couleurs de l'arc-en-ciel. Le spectre obtenu dans les deux cas est une bande continue, on parle de spectre continu.

Remarque : La lumière émise par le Soleil ou par une lampe à incandescence est constituée de toutes les lumières visibles par l'œil humain : elle est appelée lumière blanche. [18]

II.3.1.2.2. Les limites en longueur d'onde du domaine du visible

Les longueurs d'onde dépendent du milieu de propagation ; les valeurs des longueurs d'onde lumineuses dans le vide sont pratiquement égales à ce qu'elles sont dans l'air.

Ainsi, les longueurs d'onde des ondes lumineuses sont de l'ordre du micromètre ; elles sont comprises entre 400 nm et 800 nm définissant ainsi le domaine des radiations visibles par l'œil. 400nm constitue la longueur d'onde d'une lumière violette tandis que 800nm celle d'une lumière rouge. La longueur d'onde augmente du violet au rouge.

II.3.1.2.3 la Position du domaine visible

Le domaine des radiations lumineuses est encadré par le domaine des radiations IR (infra rouge), et celui des radiations ultraviolettes.

Les radiations IR sont invisibles, et elles ont des longueurs d'onde inférieures à celle des radiations rouges du domaine visible. Ainsi, le domaine des IR est situé « à côté » des radiations rouges du visible.

Les radiations IR sont produites par les corps chauds, l'émission maximale étant située autour de 500°C. Elles sont très utilisées pour des activités de chauffage.

Les radiations ultraviolettes, notées UV sont elles aussi invisibles. Cependant, elles peuvent être détectées grâce à la fluorescence qu'ils produisent. Elles sont en particulier présentes dans la lumière du soleil et dans certaines lampes telles en exemple la lampe à vapeur de mercure. Elles ont une fonction importante dans la photosynthèse.

Point Histoire des sciences

Historiquement pour les IR, il semble que Newton, dès 1666, « connaissait » ces radiations invisibles situées « du côté du rouge dans le spectre lumineux ». C'est cependant l'astronome britannique d'origine allemande Sir W. Herschel qui les mit en évidence en 1800 à partir d'une expérience de décomposition de la lumière blanche. Ce sont les physiciens H. Fizeau et L. Foucault qui ont déterminé leurs longueurs d'onde au milieu du 19^e siècle.

D'autre part, l'Ultraviolet a été mis en évidence en 1801 par le physicien allemand Johann Ritter grâce à son action sur les sels d'argent (photographie). Ainsi, on connaissait les deux « prolongements » du spectre du domaine visible dès le début du 19^e siècle.

II.3.2. Différentes sources de lumière

II.3.2.1. Les différents types de sources de lumière

II.3.2.1.1. Définition

On appelle source de lumière un objet qui émet de la lumière. Il est aussi appelé émetteur lumineux. On distingue différentes sources de lumière suivant la nature de la lumière émise, ou suivant le caractère naturel ou artificiel de la source.

II.3.2.1.2 Sources monochromatiques et polychromatiques

Une source de lumière est dite monochromatique lorsque la lumière qu'elle émet est monochromatique, c'est-à-dire constituée d'une seule radiation. (ex : le laser He-Ne).

Une source est dite polychromatique lorsque la lumière émise est polychromatique, c'est-à-dire constituée de plusieurs radiations. (ex : une lampe à incandescence)

II.3.2.1.3. Sources primaires naturelles et artificielles de la lumière

On appelle sources primaires de lumière, les objets qui produisent de la lumière et la rayonnent dans l'espace qui les entoure.

Les sources primaires naturelles de lumière existent dans la nature. Les sources primaires artificielles de lumière sont construites par l'homme.

Remarque : il existe des sources dites secondaires de lumière : ce sont les objets qui émettent de la lumière lorsqu'ils sont eux-mêmes frappés par de la lumière issue d'une source primaire.

II.3.2.2. Exemples de Sources naturelles de lumière

Les sources primaires naturelles de lumière sont essentiellement les étoiles et les combustions vives.

II.3.2.2.1. Le soleil et les objets de l'univers

Une étoile est un astre qui produit et qui émet de la lumière. Le soleil est une étoile. Il existe des milliards d'étoiles dans l'univers (Proxima du centaure, Sirius, Capella, Rigel, Vega....)

Dans le cas du soleil : c'est une étoile jaune, sa température de surface est voisine de 5500°C , il fait partie des étoiles naines ; diamètre autour de 1400000 km (110 fois le diamètre de la Terre), une masse de $2,0.1030\text{kg}$. Il se situe à environ 150 millions de kilomètre de la Terre.

Remarque : les lumières émises par les étoiles transportent de l'énergie. D'autre part on constate que les lumières émises peuvent être de couleurs différentes. Nous savons que la couleur de l'étoile dépend de sa température.

	Bételgeuse	Soleil	Sirius	Rigel
Couleur	Rouge	Jaune	Blanche	Bleue
Température de surface en $^{\circ}\text{C}$	3000	5500	11000	20000

Tableau (II.1) : Exemple de source naturelle de lumière.[18]

La lumière qui nous parvient provient de la surface de l'étoile est appelée photosphère, c'est la partie visible de l'étoile.

Le spectre de la lumière émise par la photosphère constitue le fond continu. L'étendu du spectre vers le violet renseigne sur la température de surface de l'étoile.

D'autres objets du ciel profond produisent de la lumière : on peut citer par exemple les nébuleuses.



Figure (II.6) : Exemple de photo de la Nébuleuse de la Tête de cheval.[18]

II.3.2.2. Les combustions vives sur Terre

Les combustions vivent encore appelées feux constituent la seconde espèce de sources lumineuses naturelles. Définition : une combustion vive est une réaction chimique avec le dioxygène qui s'effectue avec incandescence

On peut citer des exemples de combustions vives correspondant à des flammes de couleurs diverses ; par exemple la combustion du soufre produit une flamme bleue, celle du sodium une flamme jaune. La lave en fusion est un liquide chaud émettant un rayonnement thermique visible

II.3.2.3. Sources artificielles de lumières

L'homme construit pour s'éclairer de nombreuses sources de lumière. Décrivons les principales sources artificielles. [18][14]

II.3.2.3.1. Les lampes à incandescence

La lampe à incandescence, invention de T. Edison en 1879 est formée d'un filament de carbone dans le vide à l'origine, de tungstène placé dans un gaz chimiquement inerte de nos jours. Depuis une quarantaine d'années, on utilise les lampes halogènes. Ce sont des lampes à incandescence dont

L'atmosphère gazeuse contient des dihalogènes : dibrome Br_2 ou diiode I_2 . Cela permet de ralentir l'évaporation du tungstène et son dépôt sur le verre de l'ampoule. On obtient ainsi des lampes plus lumineuses et à durée de vie plus longue.

II.3.2.3.2. Les sources à décharge (tubes fluorescents, lampe à décharge, le flash, les lasers)

Les tubes fluorescents appelés tubes au néon ou néon font partie des tubes à décharge.

Remarque : une décharge dans un gaz est analogue à ce qui se produit au cours d'un éclair : les décharges électriques s'effectuent entre le nuage et le sol. Des particules chargées circulent et cela se manifeste par une production de lumière.

Les tubes fluorescents contiennent donc un mélange de gaz rares et de vapeur de mercure à basse pression dans un tube revêtu intérieurement d'une poudre fluorescente. On produit une décharge électrique entre deux électrodes ; cela engendre, à l'intérieur du tube, une lumière invisible (UV) qui, en frappant le revêtement fluorescent, se transforme en une lumière blanche pratiquement identique à la lumière du jour.

Aujourd'hui on utilise majoritairement les lampes fluo compactes : ce sont des fluorescents repliés sur eux-mêmes et qui contiennent, dans le culot de la lampe, les systèmes électroniques permettant la mise en marche rapide et son fonctionnement. Cela a permis de miniaturiser le tube fluorescent et d'accroître sa performance et sa durée de vie.

On trouve aussi des lampes à décharge : ce sont des lampes qui contiennent un gaz déterminé qui conditionnera la couleur de la lumière émise (argon : bleu, sodium : jaune orangé...). Leur fonctionnement est le même que pour les tubes à décharge. Elles sont utilisées en particulier dans la conception des enseignes lumineuses, éclairage d'autoroutes....

Le flash utilisé en photographie permet d'obtenir pendant un bref instant une grande quantité de lumière grâce à une décharge intense dans un gaz.

II.3.2.3.3. Les sources modernes

✓ Les lasers

Les lasers permettent d'obtenir des faisceaux de lumière étroits, intenses et de grande portée. De nature diverses : laser à azote, laser à colorant, laser hélium-néon. Ils produisent une lumière très intense, très directive et parfaitement monochromatique. Inventé dans les années soixante, le laser fait partie de notre quotidien depuis longtemps : lecteurs de CD et DVD, imprimante laser, mesures de distances, télécommunications optiques, guidage de missiles, découpe ultra précise, en particulier des métaux, nettoyage de monuments historiques, outil des ophtalmologistes et des dermatologues, pointeurs lumineux des conférenciers, etc. sans oublier les grands spectacles et les films de science-fiction (sabres lasers de la Guerre de Étoiles, etc.).

✓ Les diodes électroluminescentes (DEL)

Les DEL ou LED (light meeting diode) sont des diodes qui émettent de la lumière lorsqu'elles sont soumises, dans le sens direct, à une tension supérieure à leur tension de seuil U_s (de l'ordre de 1,6V pour les DEL usuelles). Elles sont utilisées comme lampes témoin, dans les tableaux d'affichage. On les trouve dans les lampes d'appoint montées sur flexible (pour lire sans déranger son voisin par exemple), dans certaines lampes frontales ou de plongée.

Elle possède une très longue durée de vie, elle émet une lumière assez blanche (bien qu'un peu bleutée !), mais son inconvénient majeur est qu'elle éclaire dans un cône assez étroit

✓ Les diodes laser

Sont des sources lumineuses plus récentes et particulièrement intéressantes en physique.

II.3.2.3.4. Cas particuliers d'émission lumineuse**✓ La chimiluminescence**

On assiste à un phénomène de chimiluminescence lorsqu'une réaction chimique aboutit à la formation d'un produit dans un état énergétique dit excité. Celui-ci en revenant à son état de plus faible énergie (dit état fondamental) émet de la lumière visible.

Exemples :

- Le mélange de luminol (mélange de NaOH et de $K_3[Fe(CN)_6]$) émet une lumière bleue.
- L'oxydation du phosphore qui produit une lumière verte de faible intensité

✓ La fluorescence

C'est la propriété que manifestent certains composés d'émettre de la lumière visible lorsqu'ils sont soumis à l'action d'un rayonnement, lequel peut être invisible (rayon UV...).
Ex : la fluorescéine, l'éosine.

✓ La phosphorescence

La phosphorescence est la propriété que présente certains corps d'émettre de la lumière d'une façon durable après avoir été excités. Ce phénomène peut être mis en évidence avec certains composés tel le naphthalène.

✓ La triboluminescence

C'est l'émission de lumière qui résulte d'une déformation mécanique (frottement ou cassure) de certains solides cristallins.

II.4. Les critères de choix

II.4.1. La puissance et l'intensité

Tout d'abord, en matière d'éclairage, il y a une règle à ne pas oublier, c'est de ne jamais choisir une ampoule dont la puissance et l'intensité dépasseraient celles indiquées sur le luminaire. L'efficacité d'une ampoule se mesure en Lumen par Watt, soit la quantité de lumière qu'elle produit par l'électricité qu'elle utilise.

	Ampoule à incandescence	Ampoule halogène	Ampoule fluo-compacte	Ampoule LED
Lm /W moyen	25	30	75	80

Tableau (II.2) : Intensité lumineuse de quelque type de sources lumineuses[57]

Plus le chiffre est fort, plus la force de la lumière et l'énergie sont optimisées. [24][57]

II.4.2L'économie d'énergie

L'ampoule halogène consomme en moyenne 45W. L'ampoule fluo-compacte se place devant avec ses 25W nécessaires. Véritable fuite d'énergie, l'ampoule incandescence utilise 5 fois plus d'électricité que la fluo-compacte. La championne de la catégorie reste l'ampoule LED qui n'utilise qu'1W pour éclairer.

II.4.3. La durée de vie

L'ampoule LED possède la plus grande durée de vie, suivie par la fluo-compacte et l'halogène. Quant à l'ampoule à incandescence, elle arrive loin derrière avec une durée de vie jusqu'à 100 fois inférieure à la LED

II.4.4.Le rapport qualité/prix

L'ampoule LED est sans compter l'ampoule la plus rentable au niveau rapport qualité/prix. Pour quasiment le même prix que l'ampoule fluo-compacte, ou un peu plus cher, cette dernière peut éclairer pendant 100 000 heures. [57]

II.5 Conclusion

Ce chapitre contient deux principaux facteurs qui nous aident à réaliser notre appareil. Le premier facteur c'est l'étude de la nature de vision chez les insectes et le deuxième c'est la description des différents types de sources lumineuses.

On conclue d'après les données cités dans ce chapitre que les LEDS sont les mieux adaptées pour notre conception vue leurs intensité lumineuse très élevée (80 Lm /W moyen) et leurs très bon rapport qualité / prix et ainsi leurs très longue durée de vie.