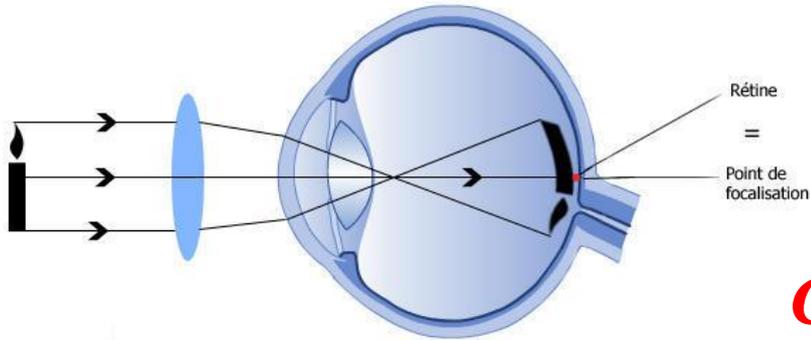


Première S

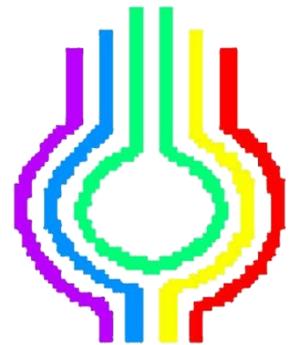


Observer

Couleurs et images.

PHYSIQUE
CHIMIE
COURS

Jallu L.



Comment l'œil fonctionne-t-il ?
D'où vient la lumière colorée ?
Comment créer de la couleur ?

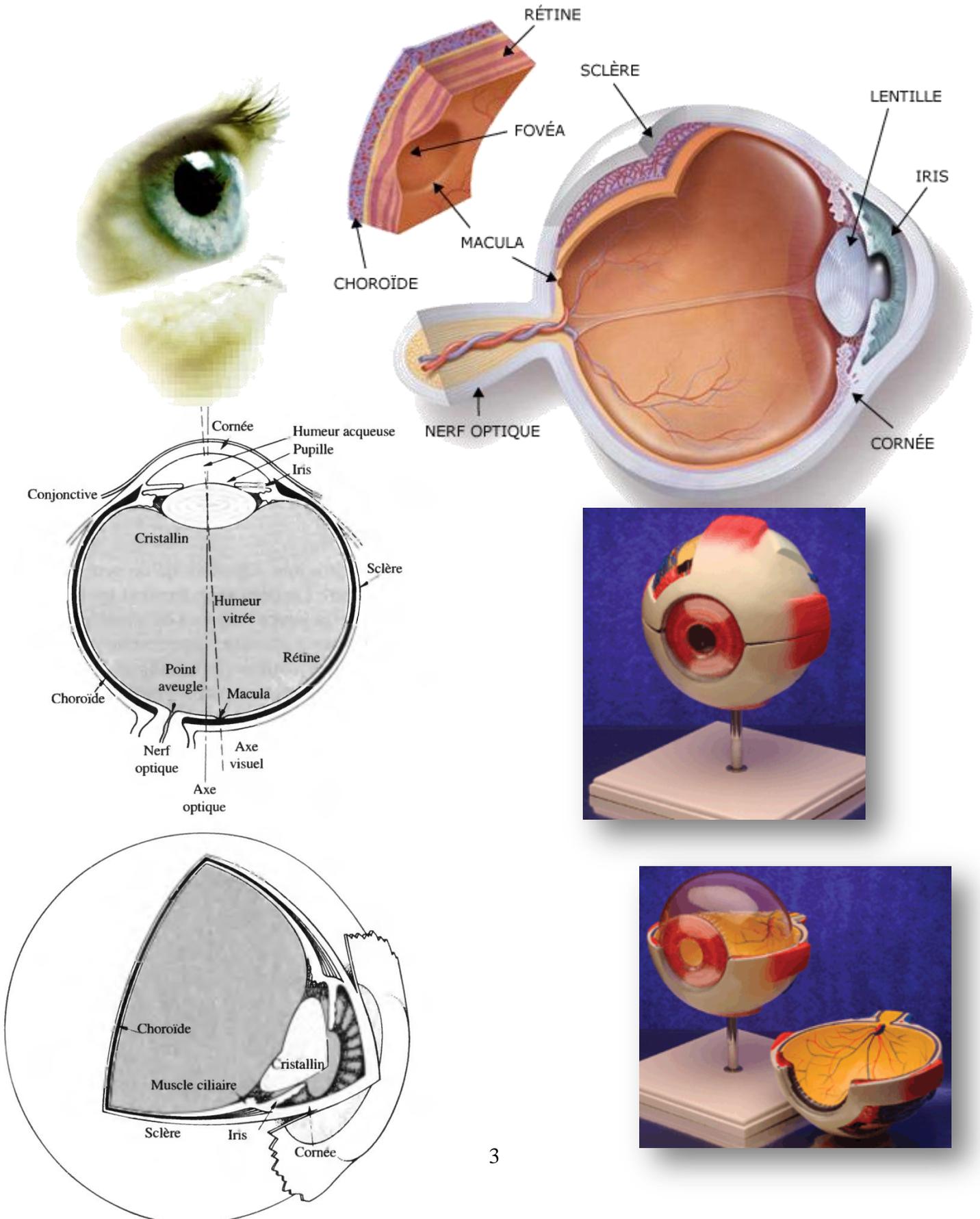
Sommaire

1. Couleur, vision et image	3
1.1. L'œil ; modèle de l'œil réduit.....	3
1.1.1.Description.....	3
1.1.2.Accommodation.....	6
1.2. Lentilles minces convergentes : images réelle et virtuelle	11
1.2.1.Définition	11
1.2.2.Distance focale, vergence.....	13
1.2.3.Propriétés.....	15
1.2.4.Objets-Images conjugués.....	18
1.2.5.Focométrie	19
1.3. Couleur des objets.....	21
1.3.1.lumières colorées	21
1.3.2.la couleur d'un objet.....	23
2. Sources de lumière colorée	25
2.1. Différentes sources de lumière.....	25
2.1.1.Des sources de lumière aux spectres d'émission	25
2.1.2.Du spectre à la vision des couleurs	26
2.2. Le domaine visible	26
2.3. Lumière et température : le corps noir.....	27
2.4. Interaction lumière-matière.....	29
2.4.1.Quantification de la lumière et de la matière.	29
2.4.2.Diagrammes de niveau d'énergie	30
2.4.3.Spectre solaire	31
2.4.4.Balance des blancs.....	33
3. Matières colorées	37
3.1. Colorants, pigments	37
3.1.1.définitions.....	37
3.1.2.Synthèse soustractive.	37
3.2. extraction et synthèse	38
3.2.1.Synthèse d'un pigment naturel – l'indigo.....	38
3.2.2.Extraction chlorophyllienne.....	38
3.3. structure d'une molécule colorée	39
3.3.1.Molécules organiques.....	39
3.3.2.doubles liaisons conjuguées.....	39
3.3.3.groupes caractéristiques.....	39
3.3.4.Influences du milieu sur la couleur	40
3.3.5.Indicateurs colorés	40
3.4. Géométrie des molécules	41
3.4.1.Structure d'une molécule	41
3.4.2.Géométrie des molécules	42
3.4.3.L'isomérie Z/E.....	43
4. Réaction chimique	45
4.1. Transformation d'un système chimique	45
4.1.1.Évolution de deux systèmes chimiques	45
4.1.2.Bilan de la transformation	46
4.1.3.L'avancement de la transformation	46
4.2. Dosage de solutions colorées par étalonnage.....	48
4.2.1.Loi de Beer-Lambert	48
4.2.2.Dosage spectrophotométrique.....	49

1. Couleur, vision et image

1.1. L'œil ; modèle de l'œil réduit.

1.1.1. Description



⇒ Description biologique

« La vision, je dis, a lieu lorsque l'image du ... monde extérieur ... est projetée sur la rétine concave » par Kepler en 1604. Mais en 1625 seulement, un jésuite allemand Christophe Scheiner (puis Descartes, cinq ans après) prélève la partie arrière du globe oculaire d'un animal jusqu'à atteindre la rétine légèrement transparente. Il y distingua une image réduite et renversée de la scène environnante.

L'œil humain peut être décrit comme une masse gélatineuse pratiquement sphérique (24 mm de long sur 22 mm de large) contenue dans une membrane rigide : la **sclérotique**. Celle-ci est blanche et opaque et constitue ce que l'on appelle couramment le « **blanc de l'œil** ».

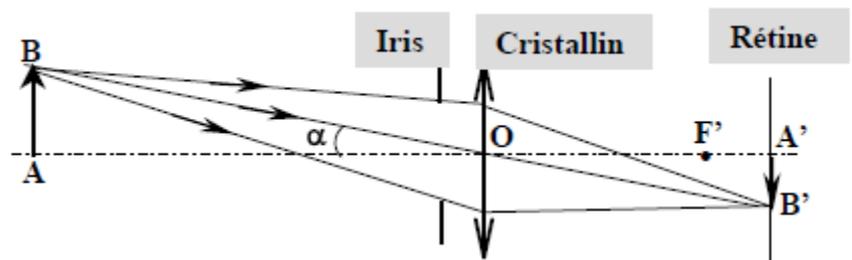
- À l'avant, la sclérotique devient la **cornée**. Saillant légèrement du globe oculaire, ce tissu transparent (légèrement aplati, ce qui permet de minimiser l'aberration sphérique) constitue l'élément le plus convergent du système optique oculaire. C'est en effet **l'interface air/cornée** qui doit donner aux rayons l'essentiel de leur déviation. C'est d'ailleurs l'une des raisons pour lesquelles il n'est normalement pas possible de bien voir en ouvrant les yeux sous l'eau. L'indice de l'eau ($n_{\text{eau}} = 1,33$) est en effet trop proche de celui de la cornée ($n_{\text{cornée}} = 1,376$) pour assurer une réfraction adéquate.
- La lumière qui émerge de la cornée passe ensuite à travers une chambre remplie d'un liquide transparent : **l'humeur aqueuse**, dont la fonction est essentiellement physiologique (elle maintient la pression oculaire). Optiquement, ayant un indice ($n_{\text{humeur aqueuse}} = 1,336$) très proche de celui de la cornée, elle n'agit que peu sur la réfraction d'un rayon.
- C'est dans l'humeur aqueuse que se situe **l'iris**. Celui-ci joue le rôle de **diaphragme** et contrôle ainsi la quantité de lumière qui passe à travers son ouverture : **la pupille**. C'est aussi l'iris (du mot grec signifiant arc-en-ciel) qui donne aux yeux leurs belles couleurs caractéristiques : bleue, marron, grise, verte ou jaune. Constitué de muscles dilatateurs et de sphincters circulaires, l'iris peut dilater ou contracter la pupille de 2 mm en pleine lumière à environ 8 mm dans l'obscurité. En plus de cette fonction, il est aussi lié au réflexe d'accommodation et il se contracte pour accroître la finesse de l'image pour les travaux de près.
- Immédiatement derrière l'iris vient le **cristallin**. Ce nom, quelque peu trompeur, date de l'Antiquité et des travaux du mathématicien arabe Alhazen (1000 apr. J.-C.) qui décrivait l'œil selon trois régions : l'aqueux, le cristallin et le vitreux.

Le cristallin est la lentille de l'œil qui lui permet la mise au point, de par son élasticité (qui diminue avec l'âge) qui lui permet de modifier sa courbure, donc sa longueur focale, lors de l'accommodation.

Le cristallin est de forme biconvexe (9 mm de diamètre sur 4 mm d'épaisseur). La structure de cette lentille est très différente de celles qui sont fabriquées par l'homme. Elle est constituée de près de 22 000 couches transparentes très fines en « pelures d'oignon » molles, entourées par une membrane élastique. Un rayon qui la traverse emprunte donc des chemins faits de minuscules segments discontinus. Par ailleurs, l'indice de réfraction des couches évolue du centre vers la périphérie de 1,406 à 1,386.

On peut finalement considérer les deux composants réfringents de l'œil, **la cornée et le cristallin**, comme un système optique à deux éléments avec un foyer objet situé à environ 15,6 mm à l'avant de la face antérieure de la cornée et un foyer image à 24,3 mm en arrière, sur la rétine.

Pour simplifier cela, on peut considérer que **ce système a un centre optique situé à 17,1 mm à l'avant de la rétine**, ce qui correspond à la limite de la face arrière du cristallin.

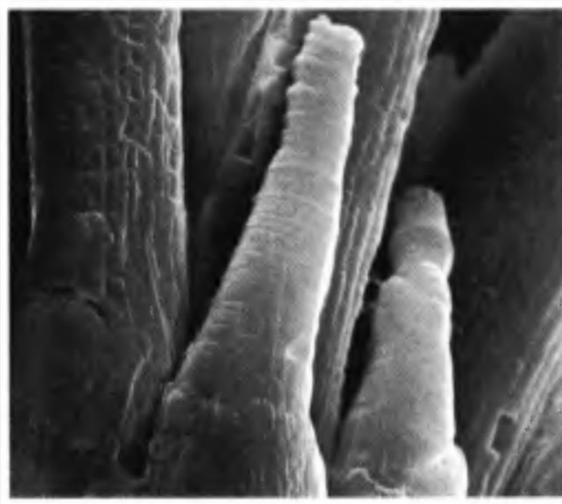


- À l'arrière du cristallin se trouve une seconde chambre remplie d'une substance gélatineuse transparente faite de collagène (un polymère de protéines) et d'acide hyaluronique (un concentré de protéines) : **l'humeur vitrée** ($n_{\text{humeur vitrée}} = 1,337$). Cette masse constituant 60 % du volume oculaire maintient la rétine contre les parois de l'œil. L'humeur vitrée contient des petits débris cellulaires microscopiques qui « flottent » librement. Ce sont ces particules qui font apparaître les « mouches volantes » lorsque l'on fixe un ciel lumineux ou une lampe fluorescente. On aperçoit en fait leurs ombres, entourées de franges de diffraction, projetées sur la rétine. Un accroissement important du nombre de ces corps flottants peut d'ailleurs signifier un problème de détachement de la rétine. La visualisation de ses propres constituants internes de l'œil est connue sous le

nom de « **vision entoptique** ». On peut facilement distinguer certains éléments comme l'image de sa propre pupille. Pour cela, il faut éclairer son œil par le côté et fermer presque entièrement ses paupières, au point de ne pratiquement plus voir de lumière. On distingue alors la périphérie circulaire de la pupille ! Si vous ne le croyez pas, vous pouvez éteindre puis rallumer la lampe : vous distinguerez alors les dilatations et les contractions bien caractéristiques de celle-ci.

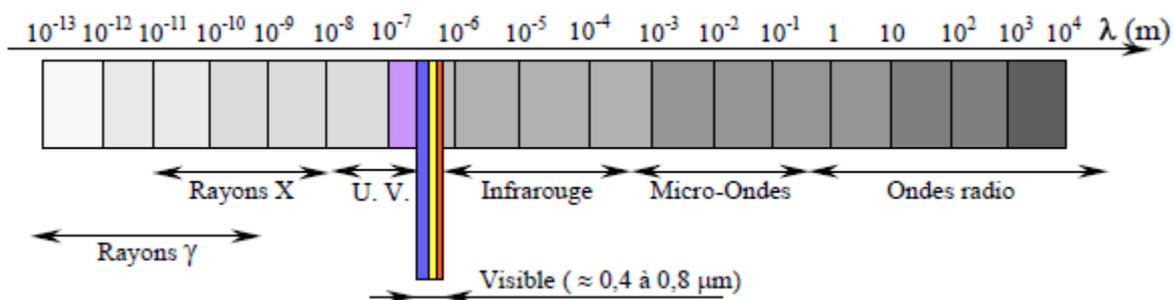
- La paroi intérieure sclérotique est recouverte d'une couche sombre bien vascularisée, riche en mélanine : la **choroïde**. La choroïde absorbe la lumière parasite, comme la peinture noire à l'intérieur d'un appareil photo. Au fond de l'œil, on trouve le récepteur de notre système optique : la **rétine** (du latin rete signifiant filet). Cette fine couche de cellules réceptrices (de 0,1 à 0,5 mm d'épaisseur) recouvre pratiquement toute la choroïde. Ce sont ses cellules qui transforment, de manière électrochimique, l'information lumineuse en influx nerveux. L'œil humain contient deux sortes de **cellules photoréceptrices** : les **bâtonnets** et les **cônes**. On en compte environ 125 millions réparties pratiquement sur toute la rétine de manière non uniforme.

- o Les bâtonnets (0,002 mm de diamètre) sont celles qui sont les plus nombreuses. Ils forment un ensemble dont les caractéristiques sont très proches d'un film photographique noir et blanc à haute sensibilité. Bien qu'extrêmement sensibles, fonctionnant dans des ambiances lumineuses trop faibles pour les cônes, les bâtonnets ne peuvent pas distinguer les couleurs et les images qu'ils captent n'ont pas une bonne définition.
- o En comparaison, la vision véhiculée par les cônes est de bien meilleure qualité. Ces cellules sont seulement au nombre de 6 à 7 millions, pour des dimensions de 0,006 mm de diamètre. En analogie photographique, on peut les comparer à un film couleur de faible sensibilité. En lumière vive, les cônes permettent une vision détaillée en couleur mais ils deviennent insensibles à de bas niveaux de lumière.



Rétine d'une salamandre.
On distingue deux cônes au premier plan et plusieurs bâtonnets à l'arrière-plan

L'œil humain fonctionne normalement sur une gamme de longueurs d'onde allant d'environ 390 à 780 nm. Certaines études ont montré que ces limites pouvaient être étendues à environ 310 nm dans l'ultraviolet et à 1050 nm dans l'infrarouge. Certaines personnes ont même assuré qu'elles pouvaient percevoir les rayons X. La limitation dans l'ultraviolet provient en fait du pouvoir absorbant du cristallin pour ces longueurs d'onde. On constate effectivement que les personnes ayant subi une suppression du cristallin présentent une sensibilité fortement accrue dans l'UV.



- L'endroit où le nerf optique se connecte au globe oculaire est connu sous le nom de **point aveugle**. Comme cette zone ne contient pas de récepteurs, elle est de fait totalement insensible à la lumière. Pourtant, nous ne ressentons pas d'interruption dans notre champ visuel car notre cerveau « compense » d'une certaine façon la perception pour cet endroit.
- À peu près au centre de la rétine se trouve une petite dépression de 2,5 à 3 mm de diamètre appelée **point jaune ou macula**. Les cônes y sont particulièrement nombreux, deux fois plus que les bâtonnets. Au centre de la macula, on trouve une petite région de 0,3 mm de diamètre, uniquement composée de cônes : la **fovéa**. Pour donner un ordre d'idée,

signalons que l'image de la pleine lune mesure 0,2 mm de diamètre sur la rétine. C'est au niveau de la fovéa que l'on trouve les cônes les plus fins (avec des diamètres situés entre 0,0015 et 0,003 mm) et positionnés de la façon la plus dense sur la rétine. De par cette densité, la fovéa est responsable de la vision la plus fine. L'œil est d'ailleurs toujours en perpétuel mouvement afin d'y envoyer les rayons lumineux provenant des objets perçus. Grâce à ces petites oscillations, une même image est ainsi envoyée régulièrement sur différents récepteurs. Sans cela, elle resterait fixe sur les mêmes cellules photosensibles et elle aurait tendance à s'effacer. Sans la fovéa, l'œil perdrait de 90 à 95 % de ses capacités s'il ne gardait que sa vision périphérique.

- Les mécanismes du système visuel sont très complexes. Par exemple, les bâtonnets sont reliés en grand nombre à une seule fibre nerveuse, qui peut en revanche être activée par une seule de ces cellules. Au contraire, les cônes sont reliés individuellement aux cellules nerveuses. Le **cerveau** joue finalement un rôle primordial dans la perception d'une scène. C'est lui qui analyse et corrige en permanence le signal qu'il reçoit de la rétine

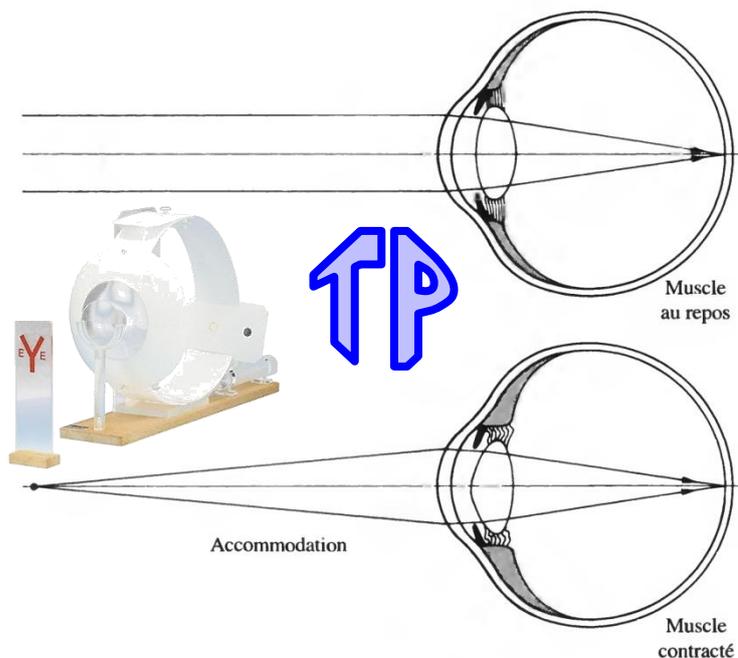
1.1.2. Accommodation

La fonction de **mise au point ou accommodation** est réalisée dans l'œil humain par le cristallin. Cette lentille biologique est maintenue en position derrière l'iris par des ligaments reliés à un anneau musculaire : les **muscles ciliaires**.

Ces muscles sont normalement relâchés, ce qui a pour effet d'étirer la base des ligaments suspenseurs, augmentant ainsi la tension qu'ils exercent sur la périphérie du cristallin. Par conséquent, celui-ci s'aplatit, ce qui accroît son rayon de courbure focale. Lorsque complètement relâché, objet à l'infini doit se rétiné. A mesure que les muscles ciliaires se la tension sur le élasticité naturelle, plus convergent. Grâce diminue, de telle sorte encore sur la rétine

Lorsque l'objet devient très muscles ciliaires se plus fortement, réduisant courbure du cristallin. Le que l'on peut voir net en maximum est le **punctum** œil normal, la distance à ce cm pour un adolescent, 12 cm 28 à 40 cm pour un environ 100 cm à 60 ans. des lunettes a permis de dus au vieillissement. Par

pas se focaliser à la fois sur deux objets différents. En regardant par une fenêtre, vous pouvez vous-même en faire l'expérience en essayant de focaliser à la fois sur la vitre et sur la scène extérieure.



proche de l'œil, les contractent de plus en encore plus le rayon de point le plus proche accommodant au **proximum**. Pour un point est d'environ 7 pour un jeune adulte, quadragénaire et Bien sûr, l'invention soulager ces défauts ailleurs, un œil ne peut

⇒ Défauts d'accommodation

Un **œil normal**, malgré la connotation de ce mot, n'est pas si commun que l'on croit. Par le terme normal (on emploie en fait rigoureusement le mot « **emmétrope** »), on entend que l'œil est capable de focaliser des rayons parallèles sur la rétine en ayant ses muscles ciliaires totalement relâchés. En termes d'optique, cela signifie donc que l'œil possède, dans ces conditions, **son foyer image sur la rétine**.

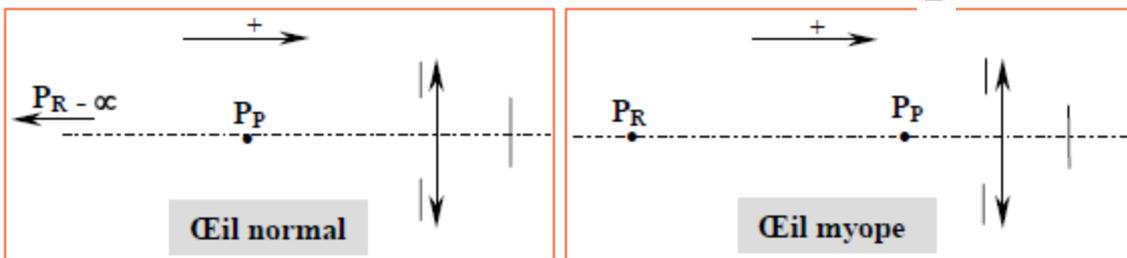
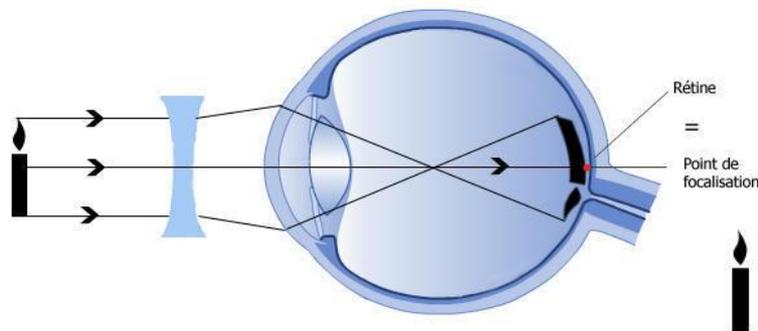
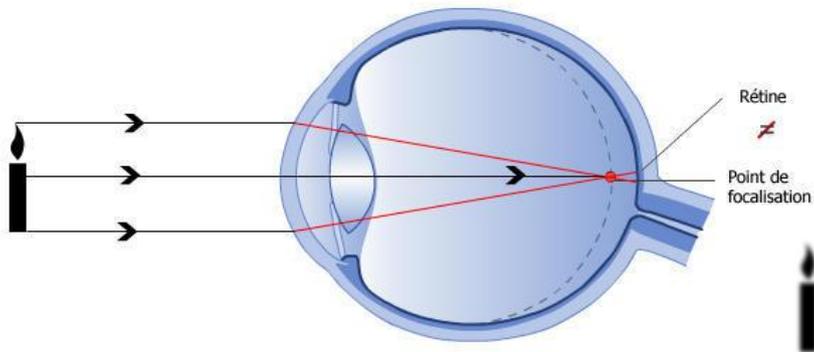
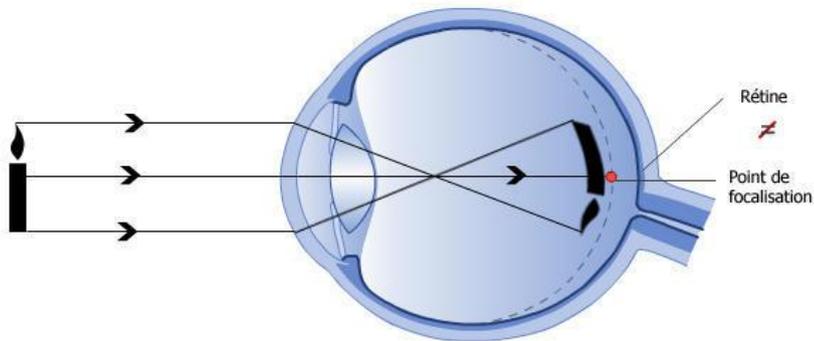
On définit aussi la notion de **punctum remotum** qui est le point le plus éloigné reproduit avec netteté sur la rétine lorsque l'œil regarde à l'infini (normalement sans accommodation). Pour un œil emmétrope, ce point est situé à l'infini (pratiquement, à une distance supérieure à 5 m). Lorsqu'il a des défauts d'accommodation, c'est-à-dire lorsque le point focal n'est plus situé sur la rétine, l'œil est dit **amétrope**. L'amétropie regroupe entre autres **la myopie, l'hypermétropie et l'astigmatisme**. Ces

problèmes peuvent être dus à un changement anormal des mécanismes de réfraction (cornée, cristallin...) ou le plus souvent à des modifications de la longueur du globe oculaire qui altèrent la distance entre le cristallin et la rétine. Pour avoir une idée, signalons qu'environ 65 % des jeunes adultes nécessitent $\pm 1,0 \delta$ ou moins de correction et que 25 % n'ont besoin que de $\pm 0,5 \delta$ ou moins.

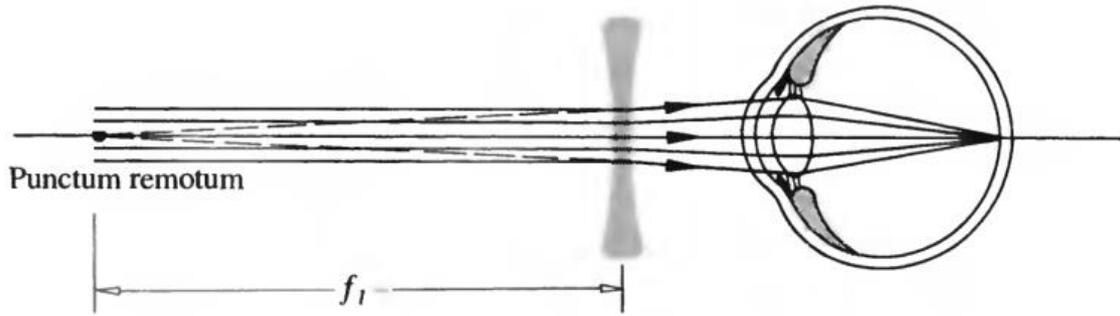
▪ Myopie et verres divergents

La **myopie** est une anomalie de la vision pour laquelle les rayons parallèles forment **leur foyer en avant de la rétine**. Dans ce cas, les objets lointains apparaissent flous et le sujet a donc des difficultés à voir de loin. Dans un œil myope, la vergence est trop forte comparée à sa longueur et le punctum remotum n'est plus à l'infini. Le punctum proximum suit également ce décalage, ce qui fait **qu'une personne myope peut voir de manière nette des objets très rapprochés**.

La myopie se corrige en plaçant devant l'œil une **lentille divergente** de telle manière que le système verre/œil ait son foyer image sur la rétine. L'idée est donc ici de faire légèrement diverger les rayons incidents. En fait, on choisit le verre correcteur de telle manière que la vergence du système lunette/œil soit la même que celle de l'œil non corrigé.

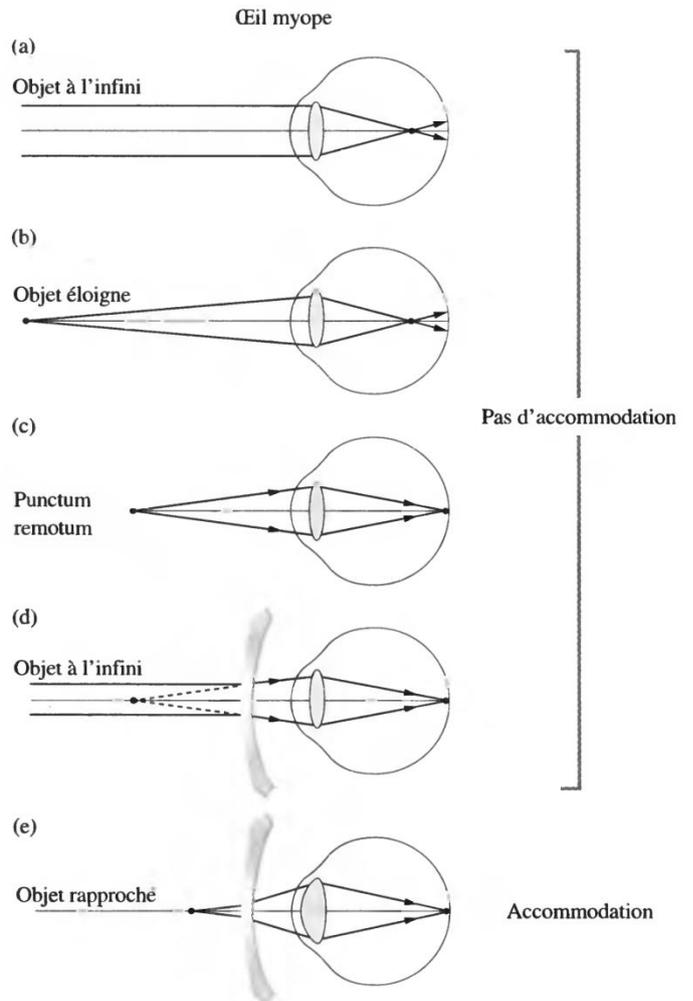
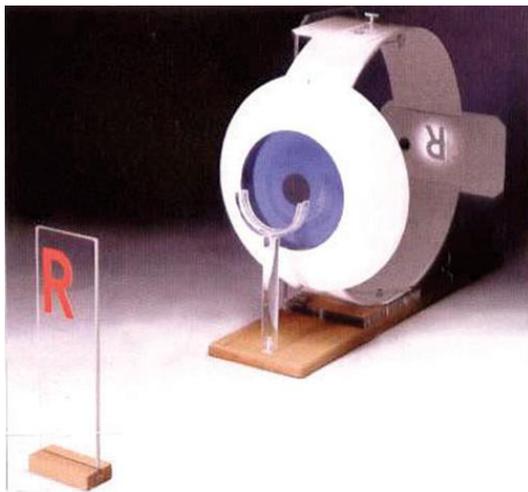


Principe de correction de la myopie



La focale du verre correcteur doit être égale à la distance du punctum remotum.

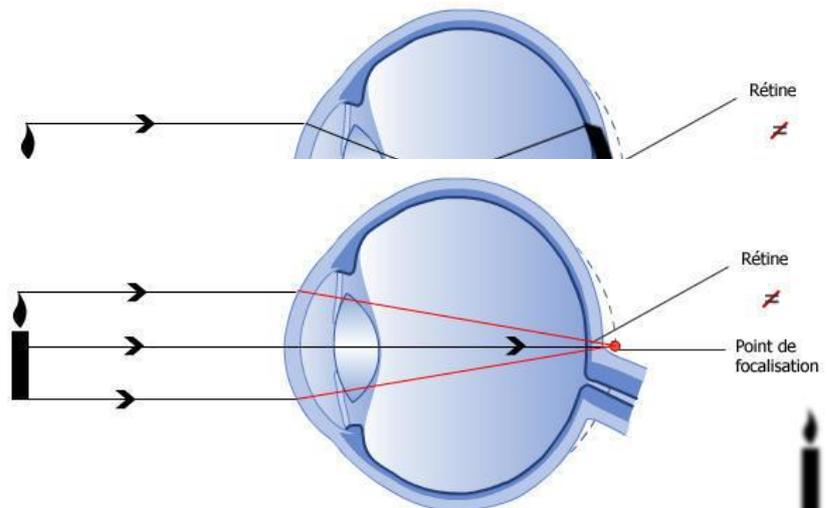
TP



Les petites myopies de -0,25 à -3 dioptries de correction ; Les moyennes myopies de -3 à -8 dioptries ; Les fortes myopies au-delà de -8 dioptries

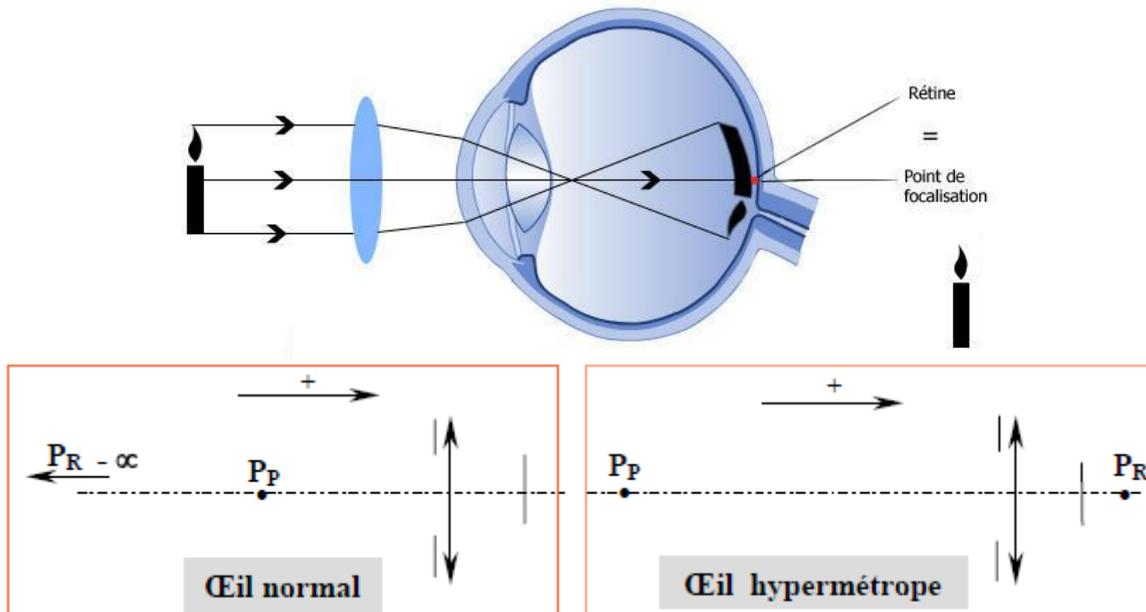
▪ [Hypermétropie et verres convergents](#)

L'hypermétropie est le défaut de l'œil dans lequel les rayons parallèles provenant d'un objet lointain forment une image en arrière de la rétine. Cette anomalie peut être due à une courbure trop faible de la cornée ou bien à un raccourcissement de l'œil qui fait que le cristallin est trop proche de la rétine (les personnes hypermétropes peuvent d'ailleurs corriger temporairement



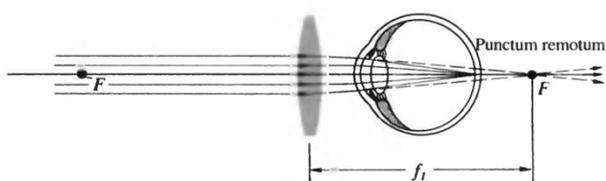
leur défaut en appuyant légèrement autour de l'œil, ce qui a pour effet de bomber la cornée). Pour voir nettement, un hypermétrope doit donc en permanence augmenter la puissance de son cristallin en accommodant, ce qui exige des efforts oculaires constants et « fatigue » très vite la vision. S'il accommode déjà en vision lointaine, l'œil hypermétrope est donc rapidement limité en vision rapprochée. En d'autres termes, le punctum proximum est plus éloigné que pour l'œil emmétrope (pour lequel on le considère égal à 25 cm). **Une personne hypermétrope voit donc mieux de loin que de près.**

Pour corriger ce défaut, on introduit devant l'œil une **lentille convergente**, afin de « rabattre » d'autant plus les rayons pénétrant dans l'œil. Cette lentille forme de la scène extérieure une image virtuelle plus éloignée que l'objet. Les objets trop proches sont donc « ramenés » au-delà du punctum proximum, ce qui fait que l'œil peut les voir convenablement.



Principe de correction de l'hypermétropie

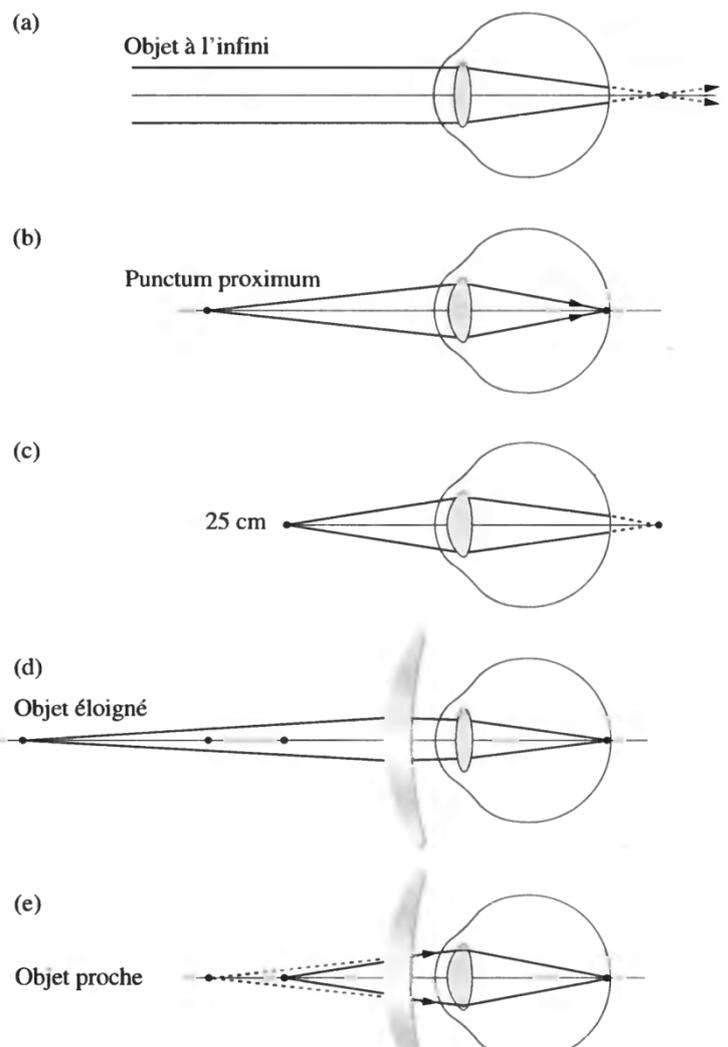
TP



La focale du verre correcteur doit être égale à la distance du punctum remotum.

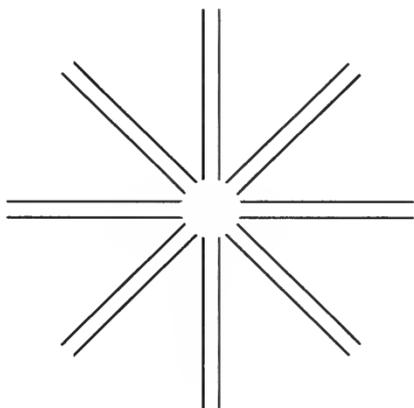


Œil hypermétrope



- [Astigmatisme et verres anamorphiques](#)

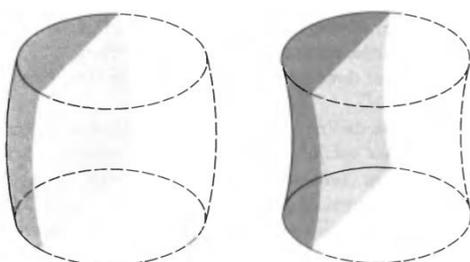
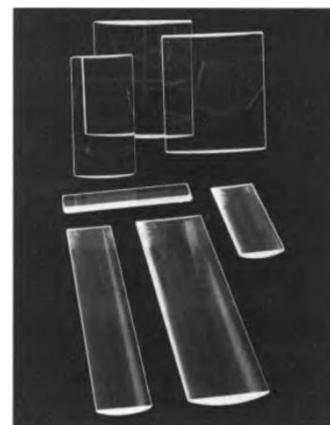
L'astigmatisme est peut-être l'anomalie de la vision la plus courante. Il est dû à des irrégularités de courbure de la **cornée et/ou du cristallin, qui ne sont plus sphériques mais asymétriques**. Il en résulte une focalisation différente suivant deux plans méridiens (contenant l'axe optique) de l'espace image. La vision est floue, de près comme de loin. Si ces plans sont perpendiculaires, l'astigmatisme est dit régulier et il est possible de le corriger. S'il est irrégulier, cette tâche est, en revanche, bien plus difficile. L'œil astigmatique peut également être emmétrope, myope ou hypermétrope à des degrés différents suivant les deux plans méridiens. Par exemple, les colonnes d'un damier peuvent être vues convenablement alors que les lignes apparaissent floues à cause d'une myopie ou d'une hypermétropie. Dans ce cas, l'astigmatisme est bien sûr régulier et les plans méridiens sont horizontaux et verticaux.



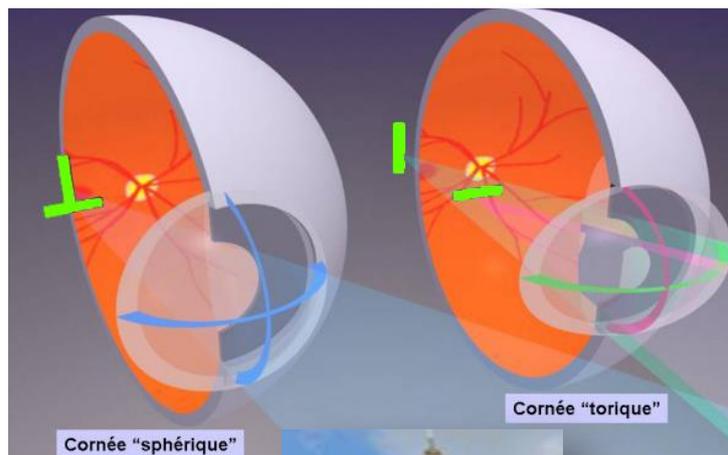
Une petite expérience pour évaluer l'astigmatisme des yeux. Observez cette figure en fermant un œil. Si vous voyez certaines lignes plus épaisses que les autres, vous avez de l'astigmatisme. Rapprochez votre œil de la figure puis éloignez la feuille lentement ; notez alors quelles lignes sont mises au point en premier. Si deux lignes paraissent aussi nettes l'une que l'autre, tournez la figure jusqu'à accommoder uniquement pour l'une des lignes. Si vous voyez nettement toutes les lignes, vous n'avez pas d'astigmatisme

Tout système optique qui a **une vergence différente selon deux méridiens principaux** est dit « **anamorphique** », comme les lentilles cylindriques.

Un tel système produit une image distordue, agrandie suivant un plan uniquement. C'est justement l'effet recherché pour corriger un œil astigmatique pour un seul méridien. Dans ce cas, des lunettes piano-cylindriques ci-contre, convergentes ou divergentes, suffisent à arranger le problème. Quand une correction est nécessaire au niveau des deux méridiens, on utilise alors des lentilles sphéro-cylindriques ou même toriques.



Signalons également que les lentilles anamorphiques ne sont pas utilisées seulement pour la correction de l'astigmatisme. On s'en sert par exemple pour la réalisation des films en panoramique, tournés avec un grand champ horizontal mais compactés ensuite sur une pellicule standard. Parfois, les télévisions en diffusent des extraits sans lentilles adaptées et l'on constate alors des elongations anormales sur l'image.



1.2. Lentilles minces convergentes : images réelle et virtuelle

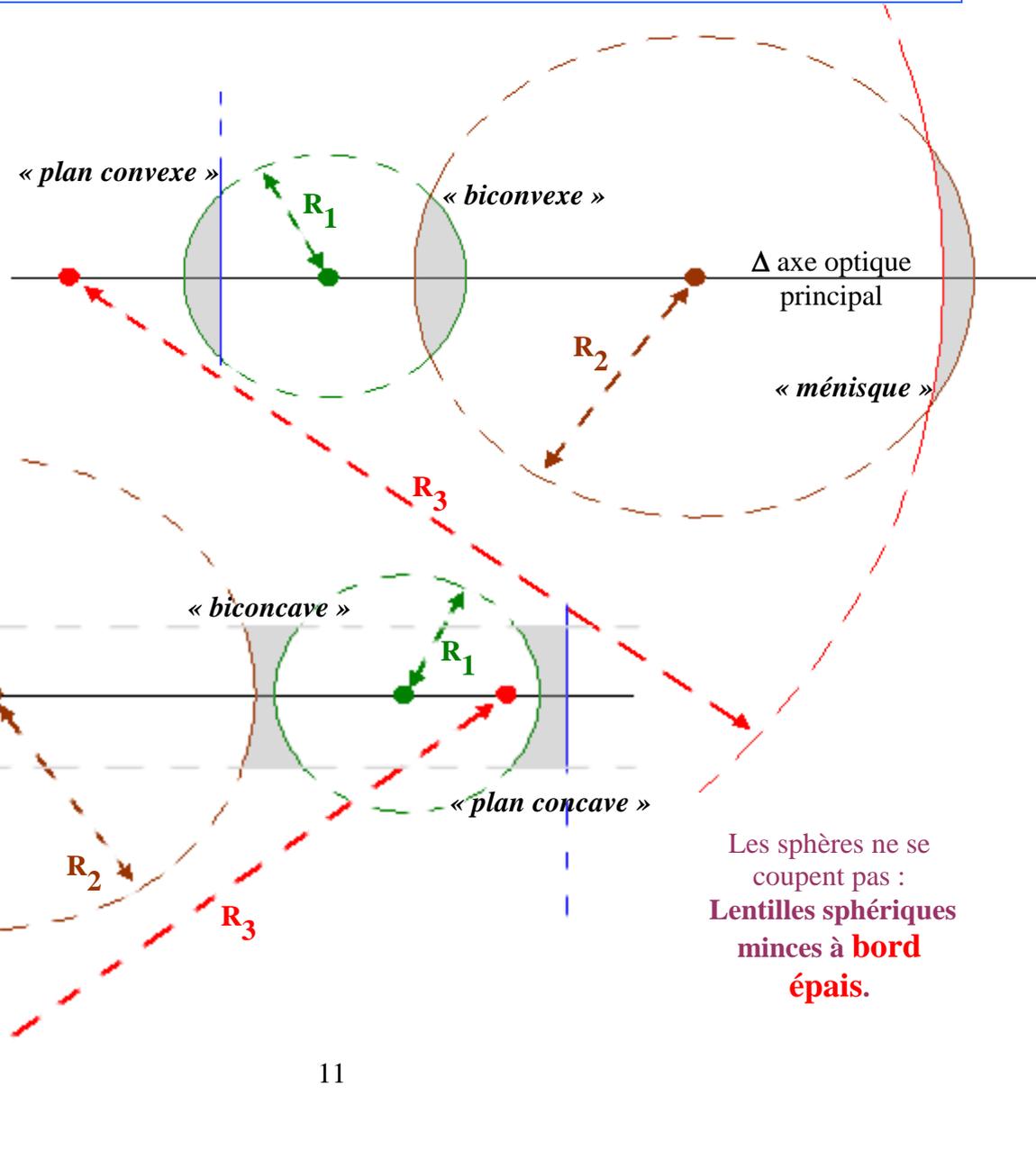
1.2.1. Définition

⇒ Une **lentille sphérique mince**, est un milieu transparent à la lumière, découpé selon des sphères et dont l'épaisseur au centre est faible devant les courbures des faces.



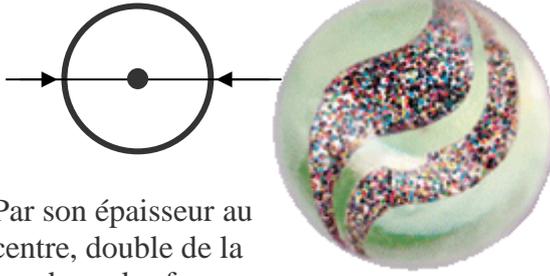
Ainsi :

Les sphères se coupent :
Lentilles sphériques minces à **bord mince**.



Les sphères ne se coupent pas :
Lentilles sphériques minces à **bord épais**.

Remarque :



Par son épaisseur au centre, double de la courbure des faces, UNE BILLE N'EST PAS « lentilles mince ».

Parce que ses deux faces sont planes et parallèles, UNE VITRE N'EST PAS « lentilles mince ».



⇒ Lentille sphérique mince et lois de Snell-Descartes

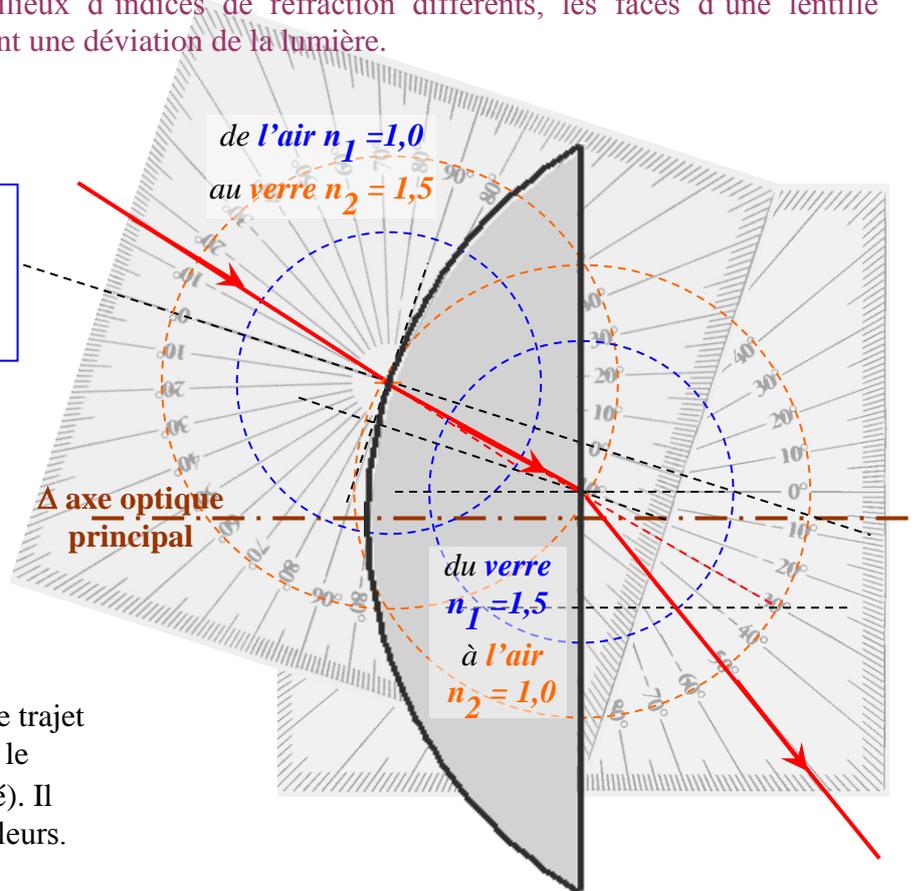
Tels 2 dioptries séparant des milieux d'indices de réfraction différents, les faces d'une lentille sphérique mince (LSM) provoquent une déviation de la lumière.

$$n_1 \sin i = n_2 \sin t$$

2^{de} loi de Snell-Descartes, loi de la réfraction

Attention

- On ne tient pas compte de la réflexion (1^{ère} loi $i = r$).
- En **optique géométrique**, le trajet de la lumière est représenté par le « **rayon lumineux** » (orienté). Il n'y a pas de dispersion des couleurs.



Couleur	longueur d'onde dans le vide (en nm)	Indice du verre ordinaire n	Vitesse de propagation (en m.s ⁻¹)
Ultraviolet proche	361	1,539	$1,94\ 797 \times 10^8$
Bleu sombre	434	1,528	$1,96\ 198 \times 10^8$
Bleu-vert	486	1,523	$1,96\ 840 \times 10^8$
Jaune	589	1,517	$1,97\ 621 \times 10^8$
Rouge moyen	656	1,514	$1,98\ 013 \times 10^8$
Rouge sombre	768	1,511	$1,98\ 406 \times 10^8$

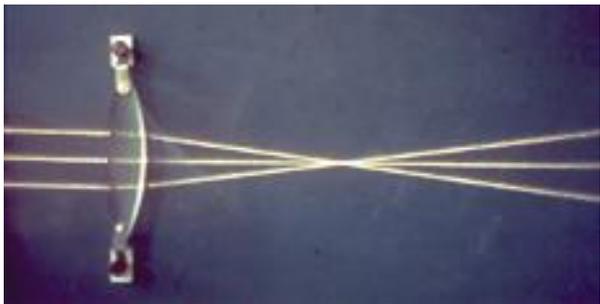
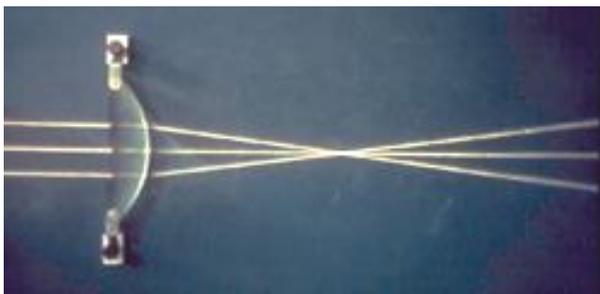
L'indice de réfraction,

$$n = \frac{c_0}{c} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 10^8} = 1,5$$

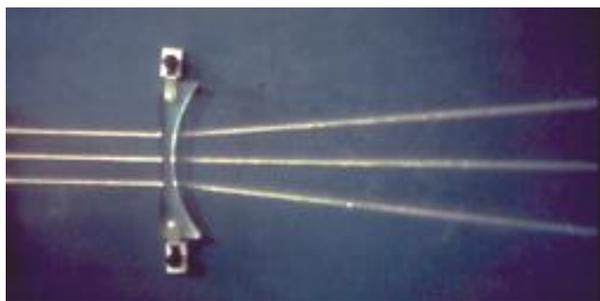
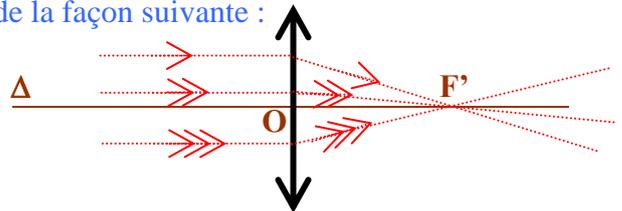
pour le verre, est commun à toute longueur d'onde de la lumière blanche. *Ce n'est pas le cas en toute rigueur !*

1.2.2. Distance focale, vergence

Observations



- On constate que **les Lentilles à bord mince sont toutes convergentes** : Elles transforment un faisceau incident parallèle à Δ axe principal optique, en un faisceau émergent convergent.
- Pour des raisons de symétrie cylindrique autour de cet **axe D optique principal** passant par son **centre optique O** et perpendiculaire aux faces de la lentille, ce **Foyer principal de convergence appartient également à Δ** .
- Elles diffèrent les unes des autres par la distance de leur centre optique à leur foyer principal. Ce sont l'indice de réfraction et la géométrie qui font varier cette « **distance focale** ».
- Pour ne conserver que ces seules caractéristiques, on convient du schéma représentant la **famille des lentilles convergentes sphériques minces à bord mince**, de la façon suivante :



La famille « des bords épais » est une famille de lentilles sphériques minces **divergentes**.

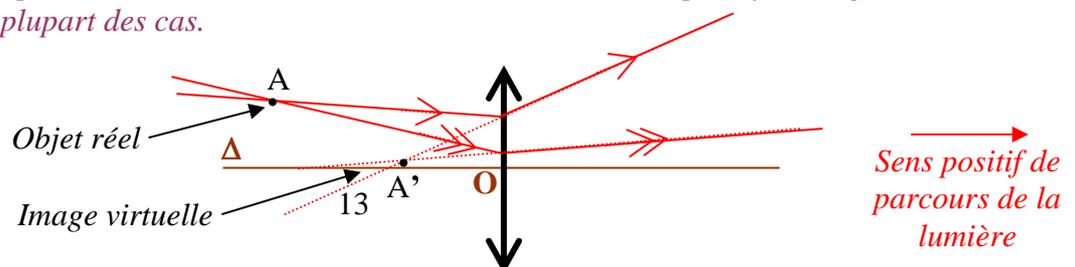
Cette famille ne fera donc pas l'objet de notre étude !

⇒ Définitions

- L'intersection de rayons incidents est « **un point objet** ».
- L'intersection de rayons émergents est « **un point image** ».

Il s'agit donc de situer cette intersection de rayons lumineux par rapport au système optique, dans le sens de parcours de la lumière choisi conventionnellement positif de la gauche vers la droite dans la plupart des cas.

Exemple :



- Ce point est « **réel** » s'il est traversé par la lumière. Il est « **virtuel** » dans le cas contraire d'un prolongement géométrique.
- Dans leur typologie, on distingue les objets « A » et de leurs images « A' » par l'assertion du caractère « ' ».
- Seule l'image A', « **conjugée** » de l'objet A par le système optique est observée (vue). « Observer un objet A » n'a pas de sens puisqu'il ne résulte pas d'un traitement optique par une lentille.

- Les images réelles s'observent par projection sur un écran, tandis que les images virtuelles sont vues à travers le système optique.

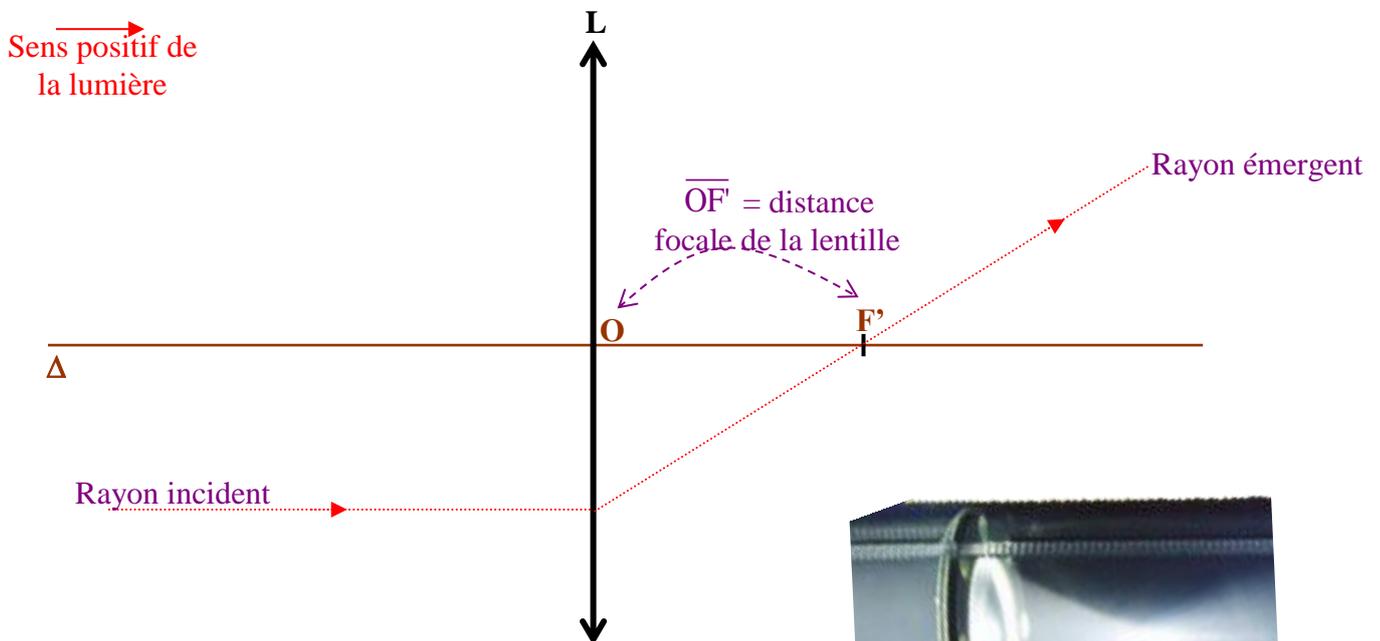


Réel ou virtuel ?



⇒ Conclusions

Fort de ce qui vient d'être exposé, on adopte les conventions suivantes afin de représenter un élément quelconque de la famille des lentilles sphériques minces convergentes :



Avec :

- Δ : Axe principal optique,
- O : Centre optique,
- F' : Foyer principal image

- $\overline{OF'}$: La distance algébrique (positive une convergente) est « **la focale** » de la lentille. Elle se mesure en mètre (m).

Des LSM convergentes, c'est la seule caractéristique qui les distingue les unes des autres.



Exemple : $\overline{OF'} = + 100 \text{ mm}$; $\overline{OF'} = + 50 \text{ mm}$; $\overline{OF'} = + 200 \text{ mm} \dots$

– Les opticiens utilisent cette autre unité qu'est « **la vergence** » de la lentille :

$$C = \frac{1}{\overline{OF'}}$$

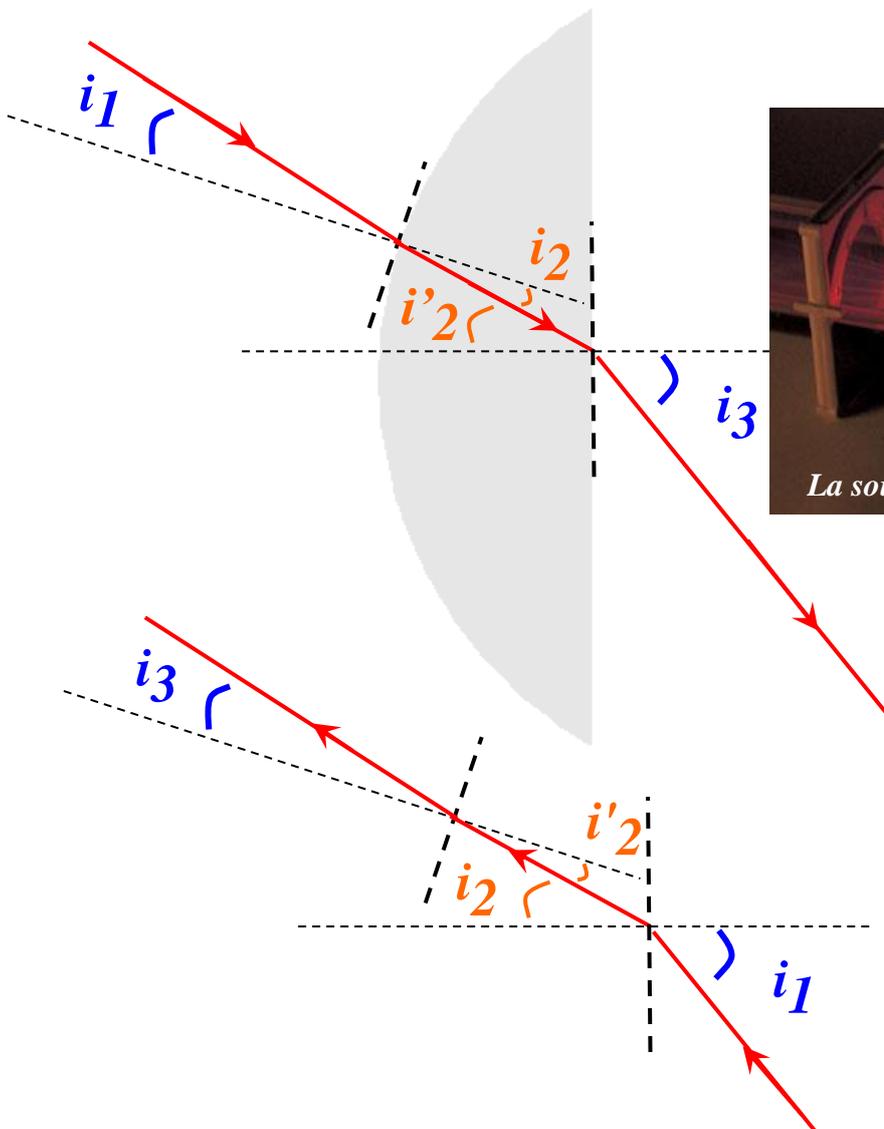
, mesurée en « **dioptrie** (δ) » avec $\overline{OF'}$ en mètre.

Une LSM de $+ 8 \delta$ à une focale de $+ 0.125 \text{ m} = 125 \text{ mm}$ ($1/8$).

1.2.3. Propriétés

⇒ Retour inverse de la lumière

La réfraction du rayon incident en rayon émergent résulte donc des deux réfractions sur les faces (dioptries) de la LSM : $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$ puis, $n_2 \sin i'_2 = n_1 \sin i_3$.



La symétrie de cette 2^{ème} loi de Snell-Descartes autorise sa lecture dans les deux sens :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$

$$n_2 \sin i_2 = n_1 \sin i_1$$

Quel est alors l'incident, quel est alors l'émergent, si la source lumineuse est masquée ?

Ces deux rayons sont en effet « conjugués », l'un est le réfracté de l'autre.

Par un principe « d'inversion », sur le trajet de la conjugaison (incident - émergent), la lumière peut parcourir dans les deux sens.

⇒ Propriétés

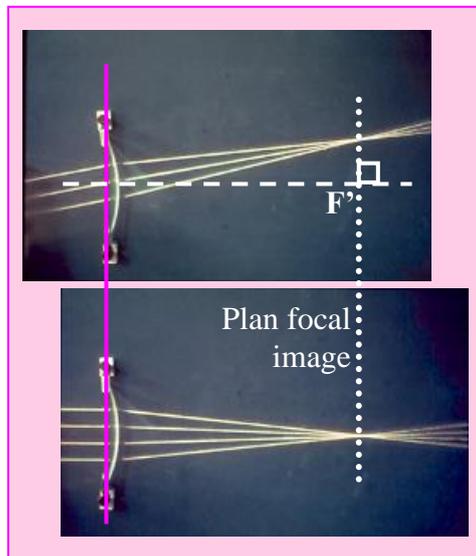
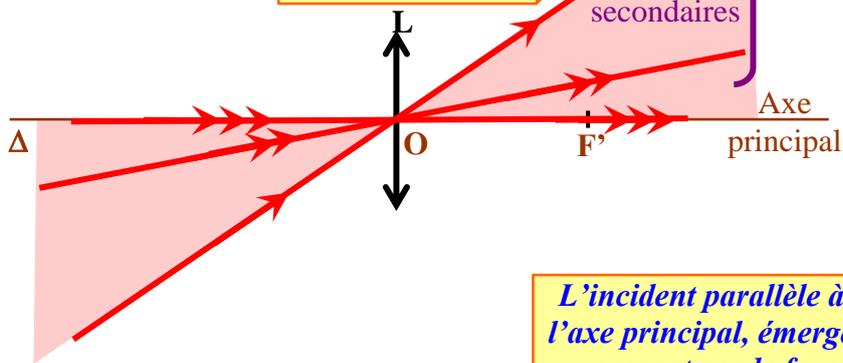
Existe-t-il alors des conjugaisons « remarquables », communes à toute LSM convergente (donc à bord mince), quelle que soit leur géométrie (plan-convexe, biconvexe, ménisque convergent) ?



Ces conjugaisons constituent les « Propriétés des Lentilles sphériques minces » qu'il est nécessaire d'avoir constamment en mémoire lors des tracés de l'optique géométrique.

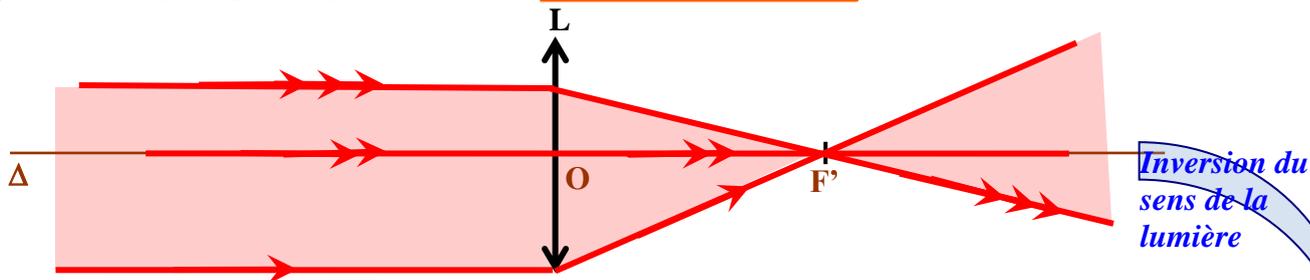
Du centre optique

Un rayon incident passant par le centre optique ne subit aucune déviation.



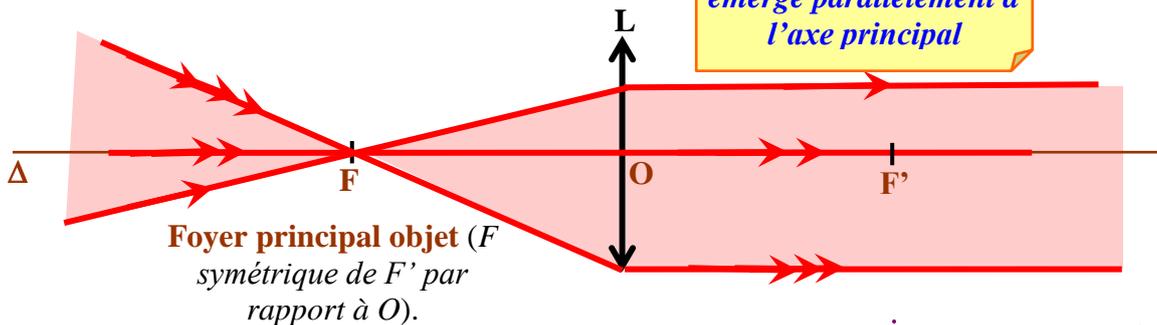
Du foyer principal image

L'incident parallèle à l'axe principal, émerge en passant par le foyer principal image.



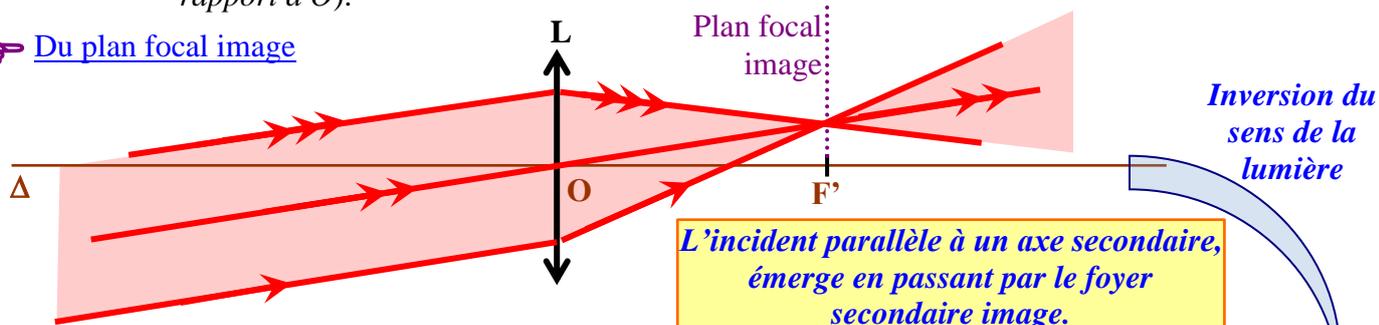
Du foyer principal objet

L'incident passant par le foyer principal objet, émerge parallèlement à l'axe principal



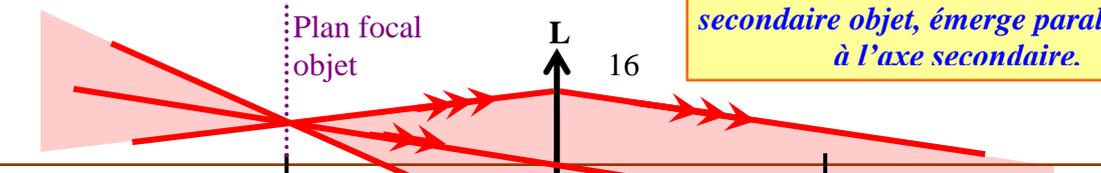
Du plan focal image

L'incident parallèle à un axe secondaire, émerge en passant par le foyer secondaire image.



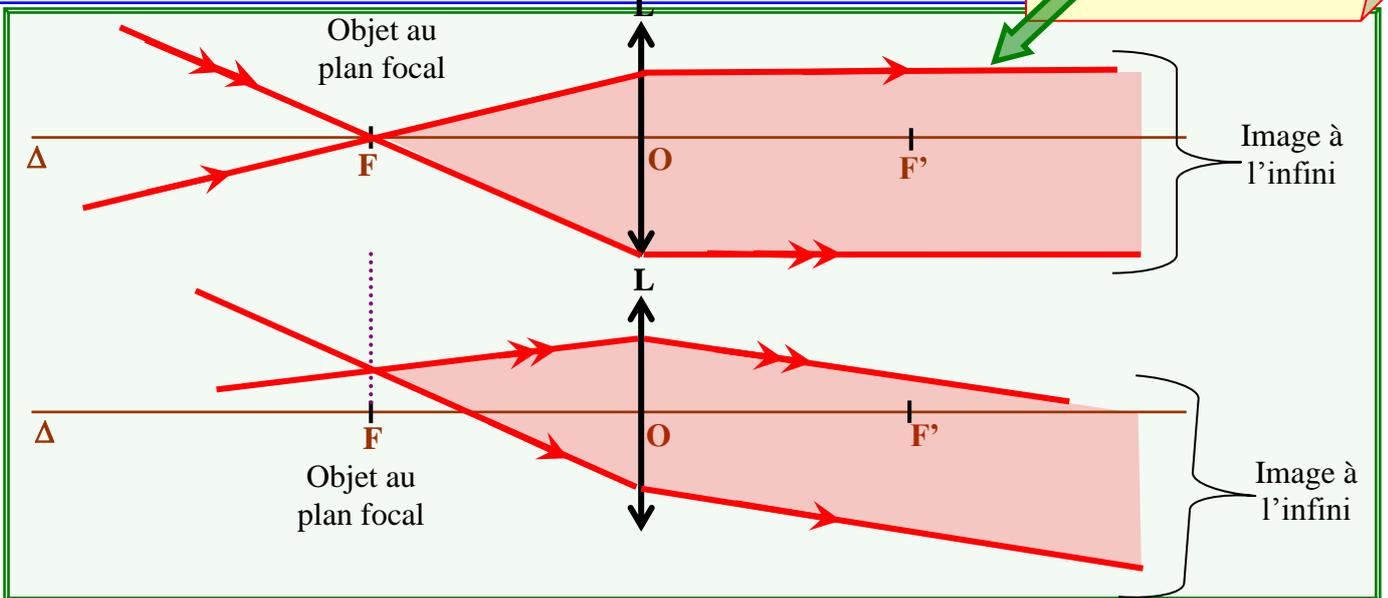
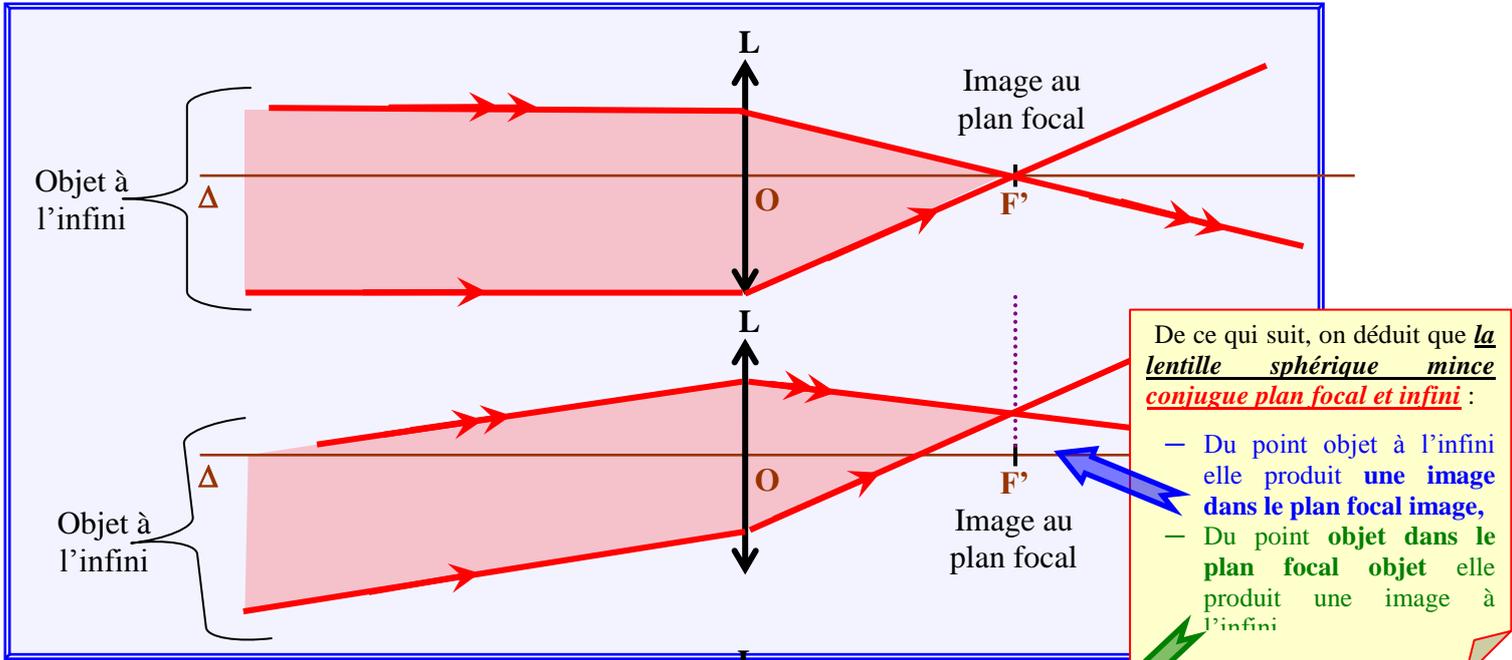
Du plan focal objet

L'incident passant par un foyer secondaire objet, émerge parallèlement à l'axe secondaire.

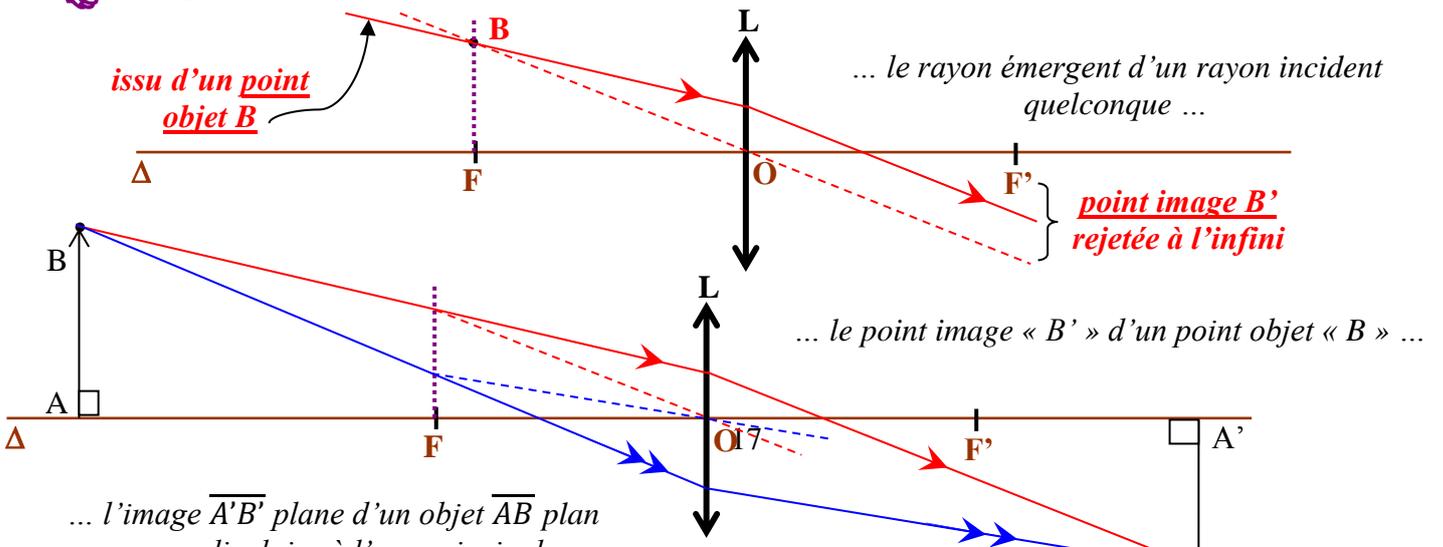


⇒ Conjugaison

En remarquant que comme dans tout « système focal », **infini et plans focaux sont conjugués** :

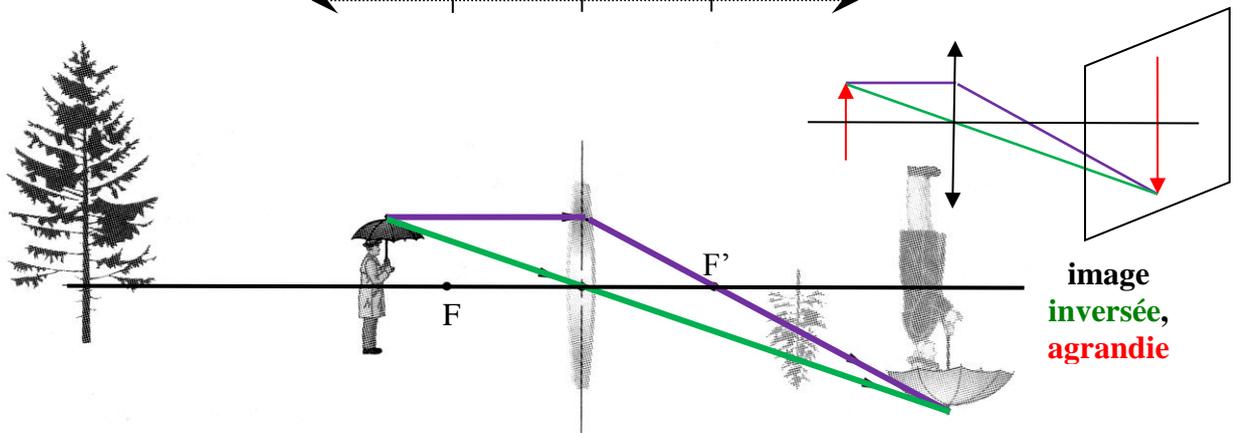
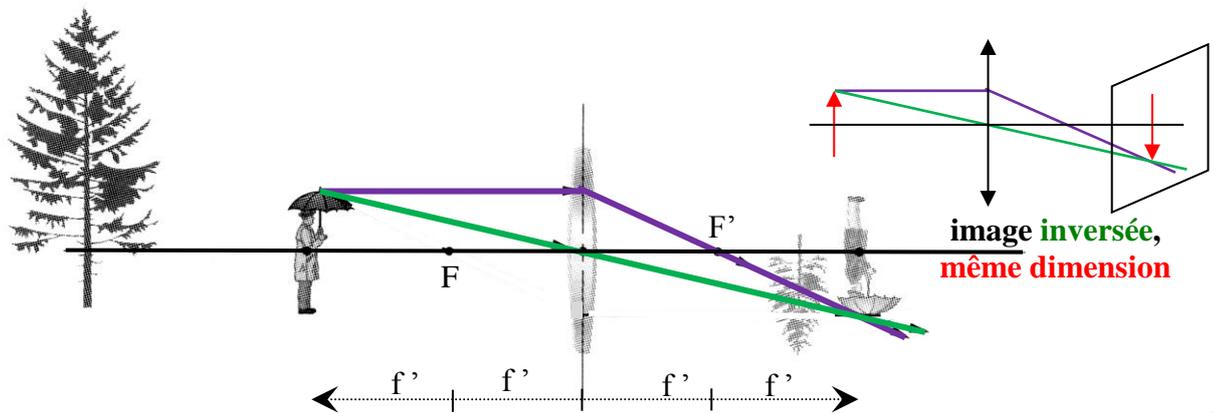
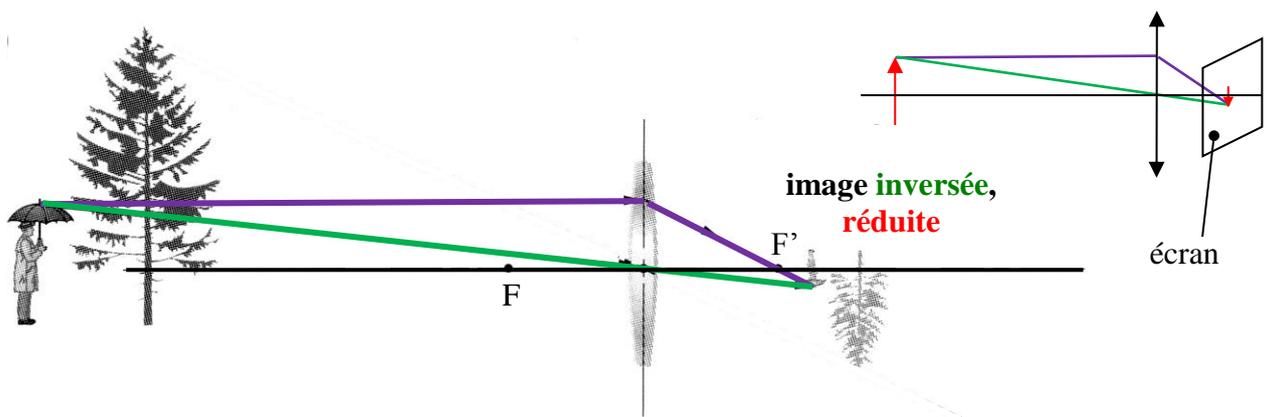


👉 On peut désormais tracer ...

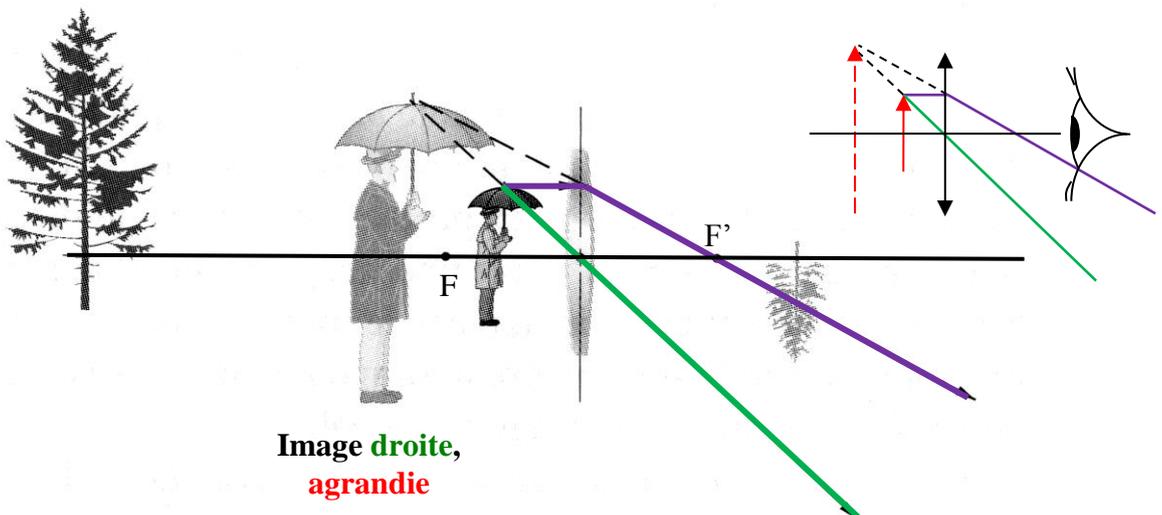


1.2.4. Objets-Images conjugués

Objets
et
images
réels



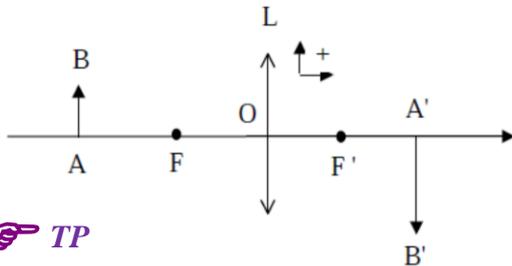
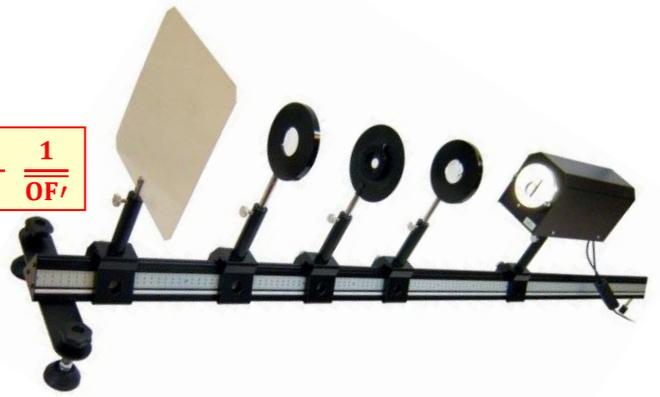
Objet
réel et
image
virtuelle



1.2.5. Focométrie

⇒ Méthode de la conjugaison

$$\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{\overline{OF'}}$$

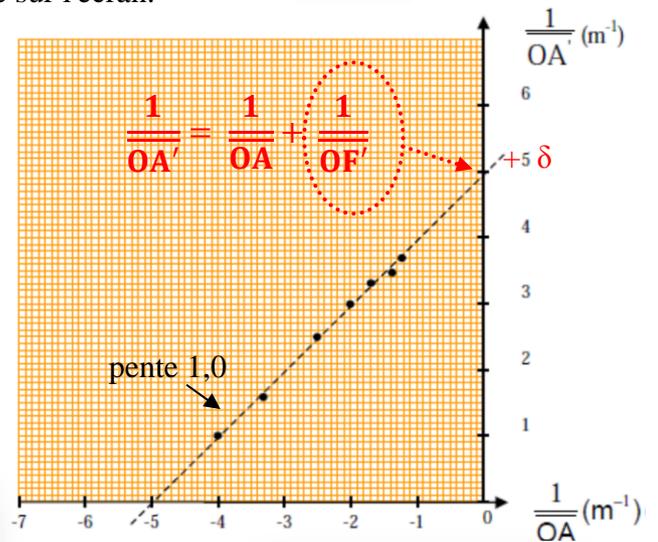


TP

Avec les conventions du schéma : $\overline{OA} < 0$ et $\overline{OA'} > 0$.
L'objet AB (la lettre **d**) mesure 3,5 cm.

Pour différentes positions de la lentille L sur le banc optique, on cherche l'image A'B' la plus nette possible formée sur l'écran.

\overline{OA}	$\overline{OA'}$	$\frac{1}{\overline{OA}}$	$\frac{1}{\overline{OA'}}$	$\overline{A'B'}$	$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$	$\frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$
m	m	m ⁻¹	m ⁻¹	cm		
-0,25	1,0	-4,0	0,99	-15	-4,3	-4,0
-0,30	0,60	-3,3	1,7	-7,0	-2,0	-1,9
-0,40	0,40	-2,5	2,5	-3,6	-1,0	-1,0
-0,50	0,33	-2,0	3,0	-2,5	-0,71	-0,67
-0,60	0,31	-1,7	3,3	-1,8	-0,51	-0,52
-0,70	0,28	-1,4	3,5	-1,5	-0,43	-0,40
-0,80	0,27	-1,3	3,7	-1,2	-0,34	-0,35



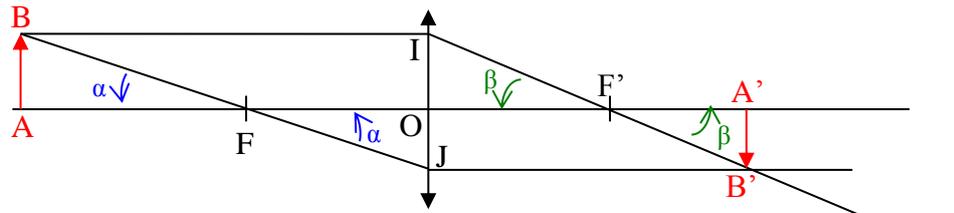
TP



Le grandissement de l'image est $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ ou $\overline{A'B'} = \gamma \times \overline{AB}$

On remarque que $\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$.

 **Démonstration de la formule de conjugaison**



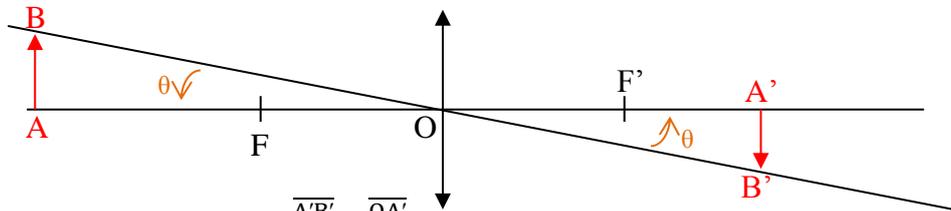
• $\tan \alpha = \frac{\overline{AB}}{\overline{AF}} = \frac{\overline{JO}}{\overline{FO}} = \frac{\overline{B'A'}}{\overline{FO}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{OF}}$ (1)

• $\tan \beta = \frac{\overline{B'A'}}{\overline{F'A'}} = \frac{\overline{OI}}{\overline{OF'}} = \frac{\overline{AB}}{\overline{OF'}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AF'}}$ (2)

$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OF}}{\overline{AF}}$ d'après (1) et $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{AF'}}{\overline{OF'}}$ d'après (2) d'où $\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OF}}{\overline{AF}} = \frac{\overline{AF'}}{\overline{OF'}} = \frac{\overline{FO}}{\overline{FA}} = \frac{\overline{OF'}}{\overline{FA}}$

$\Leftrightarrow \overline{OF'}^2 = \overline{A'F'} \times \overline{FA} = \overline{F'A'} \times \overline{AF} = (\overline{OA'} - \overline{OF'}) \times (\overline{AO} - \overline{FO}) = (\overline{OA'} - \overline{OF'}) \times (\overline{AO} - \overline{OF'})$
 $\overline{OF'}^2 = (\overline{OA'} \times \overline{AO}) - (\overline{OF'} \times \overline{AO}) - (\overline{OA'} \times \overline{OF'}) + \overline{OF'}^2$
 $0 = (\overline{OA'} \times \overline{AO}) - (\overline{OF'} \times \overline{AO}) - (\overline{OA'} \times \overline{OF'}) = \frac{(\overline{OA'} \times \overline{AO}) - (\overline{OF'} \times \overline{AO}) - (\overline{OA'} \times \overline{OF'})}{\overline{OA'} \times \overline{OA} \times \overline{OF'}}$
 $0 = \frac{-1}{\overline{OF'}} + \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}}$ Enfin, $\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{\overline{OF'}}$.

 **Démonstration du grandissement**



Bien entendu selon **Thales** $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$

1.3. Couleur des objets

1.3.1. lumières colorées

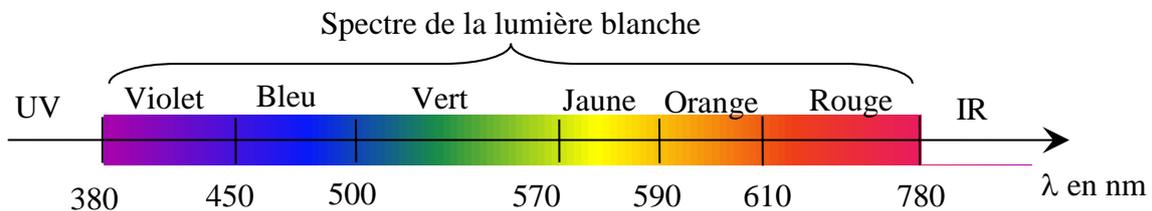
⇒ Lumière blanche

Décomposition de la lumière par un prisme.



☞ *La lumière blanche est constituée de plusieurs lumières colorées, c'est une lumière polychromatique.*

TP



⇒ synthèse additive



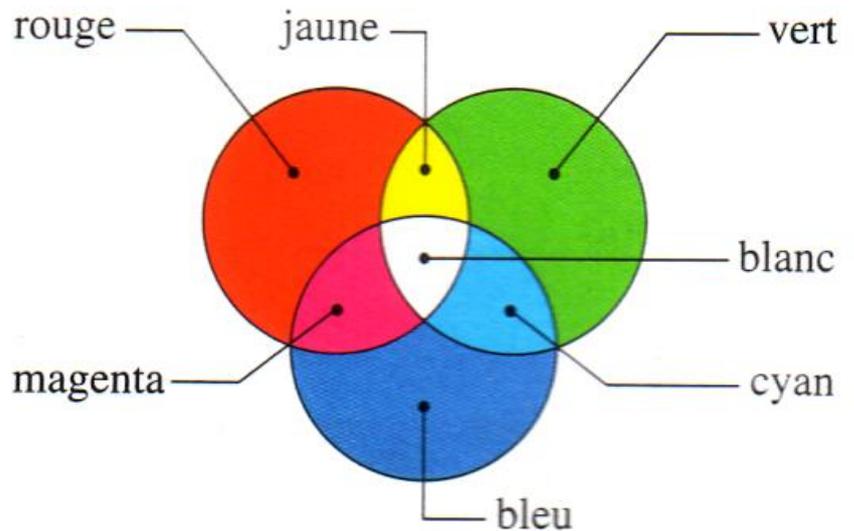
Rouge, Vert et Bleu d'égale intensité.

Rouge, Vert et Bleu sont les couleurs primaires.

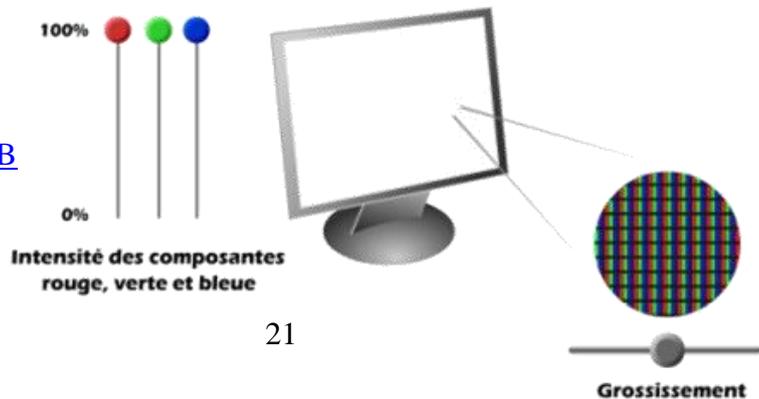
En superposant deux couleurs primaires, on obtient une couleur secondaire : **Cyan, Magenta et Jaune**.

Sont couleurs complémentaires, deux couleurs formant le blanc par synthèse additive.

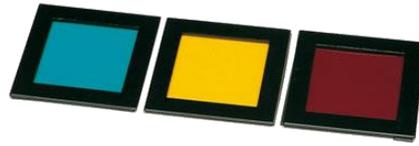
- Rouge + Cyan = Blanc**
- Vert + Magenta = Blanc**
- Bleu + Jaune = Blanc**



- Trichromie RVB



⇒ synthèse soustractive

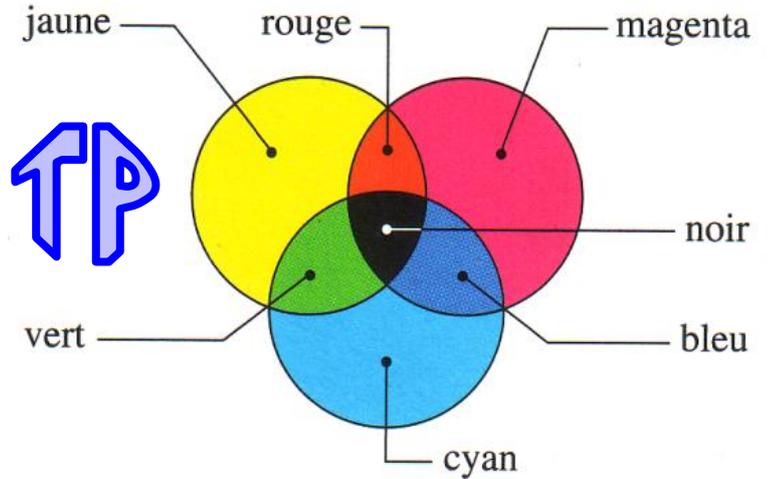


En superposant trois filtres Cyan, Magenta et Jaune, La lumière est totalement absorbée. C'est la **synthèse soustractive**.

Les **couleurs primaires** de la synthèse soustractive sont le **Cyan**, le **Magenta** et le **Jaune**.
Les **couleurs secondaires** sont obtenues en superposant deux filtres de couleurs primaires : **Rouge**, **Vert** et **Bleu**.

Deux **couleurs complémentaires** superposées produisent du noir.

- Jaune** + **Bleu** = Noir
- Magenta** + **Vert** = Noir
- Cyan** + **Rouge** = Noir



▪ Quadrichromie



Séparation quadrichromique : couche cyan, couche magenta, couche jaune et couche noire



▪ Anaglyphes

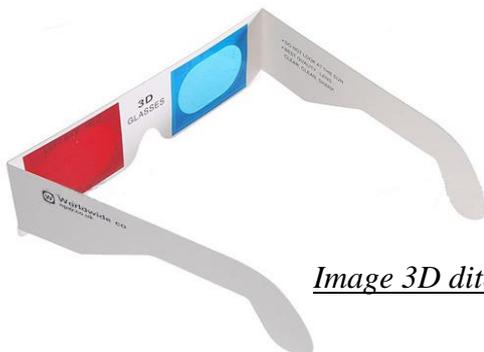
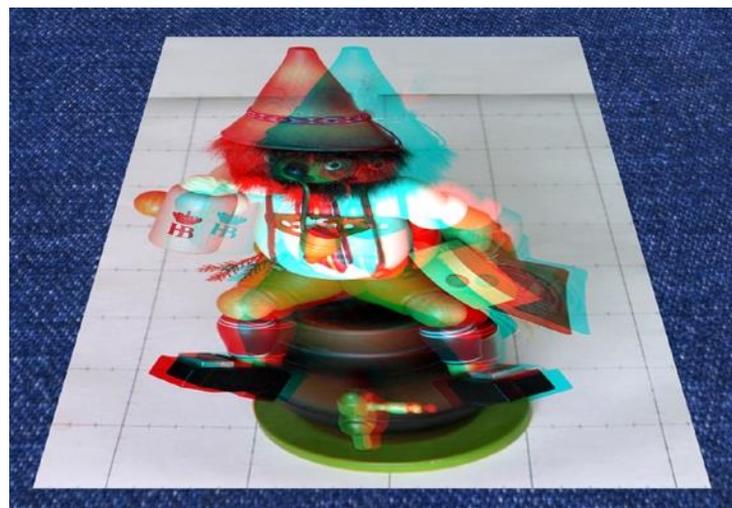


Image 3D dite stéréoscopique



La clé des anaglyphes : le filtre cyan de la partie droite des lunettes « élimine » l'image rouge qui devient très sombre, et l'image cyan devient très claire : l'œil droit correspondant ne voit alors que l'image droite. C'est exactement l'inverse qui se passe pour l'œil gauche qui ne voit que l'image gauche par effet de contraste. On comprend donc pourquoi un anaglyphe est visible en 3d : l'image de droite est surtout visible par l'œil droit quand l'œil gauche ne perçoit quasiment que l'image de gauche, les deux images étant superposées. Le cerveau analyse les différentes parties de l'image, trouve les points communs et interprète les deux images en un unique « bas-relief » ciselé en relief, comme l'étymologie du mot **anaglyphe** l'indique.

Avec les lunettes colorées, fermer successivement l'œil droit et l'œil gauche.

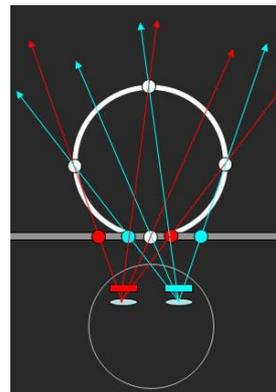


*Suppression des couleurs **bleue et verte***
visible à travers un filtre **rouge**



*Suppression de la couleur **Rouge***
visible à travers un filtre cyan (**vert + bleu**)

Les lunettes pour anaglyphes rouge cyan présentent à l'œil gauche toutes les informations du Rouge et à l'œil droit les couleurs complémentaires (bleues et vertes). Notre cerveau fusionne ces deux images comme s'il voyait l'ensemble des couleurs avec les deux yeux et « en relief ».



1.3.2. la couleur d'un objet

⇒ Mise en lumière

La couleur d'un objet dépend de la lumière ambiante. L'objet absorbe une partie de cette lumière et diffuse le reste. Il s'agit d'une synthèse soustractive de la lumière ambiante.

Couleur d'un objet en fonction de sa couleur en lumière blanche et de la lumière qui l'éclaire :

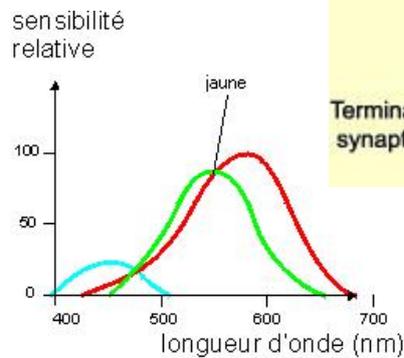
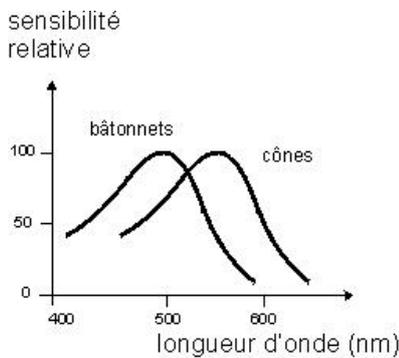
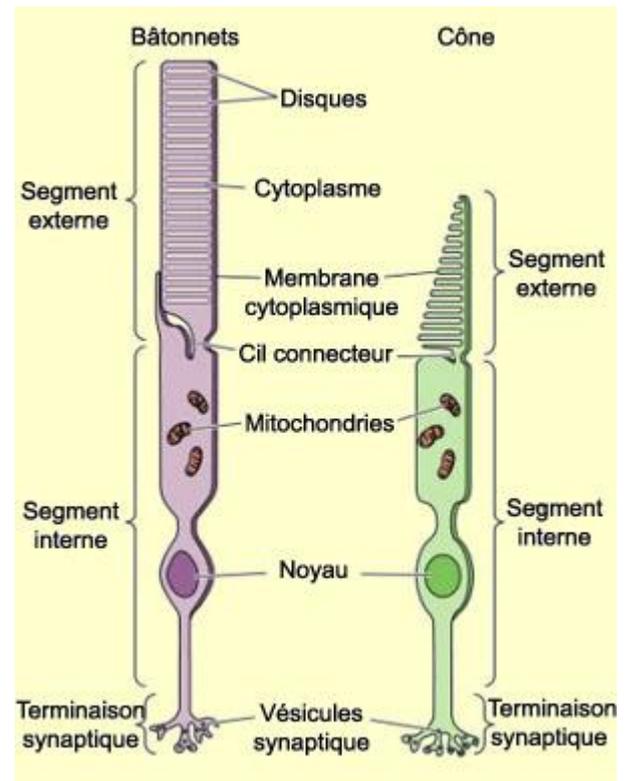
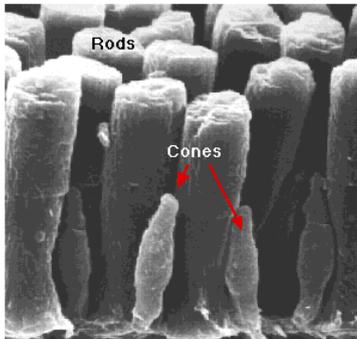


Objet Lumière	Blanc	Rouge	Vert	Bleu	Cyan	Magenta	Jaune
Blanche	Blanc	Rouge	Vert	Bleu	Cyan	Magenta	Jaune
Rouge	Rouge	Rouge	Noir	Noir	Noir	Rouge	Rouge
Verte	Vert	Noir	Vert	Noir	Vert	Noir	Vert
Bleue	Bleu	Noir	Noir	Bleu	Bleu	Bleu	Noir
Cyan	Cyan	Noir	Vert	Bleu	Cyan	Bleu	Vert
Magenta	Magenta	Rouge	Noir	Bleu	Bleu	Magenta	Rouge
Jaune	Jaune	Rouge	Vert	Noir	Vert	Rouge	Jaune

⇒ Retour sur l'œil humain

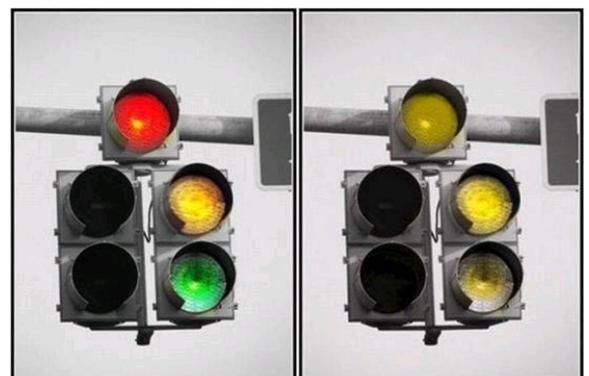
La rétine est constituée de cellules photoréceptrices :

- Les bâtonnets très sensibles à l'intensité lumineuse.
- Trois types de cônes sensibles chacun à une des lumières rouge, verte ou bleue.



Le cerveau restitue toutes les couleurs par synthèse additive.

Daltonisme : C'est une déficience partielle ou totale des cônes responsables de la perception des couleurs. La « deutéranopie », forme la plus fréquente, se manifeste par une modification de la perception du vert et du rouge.

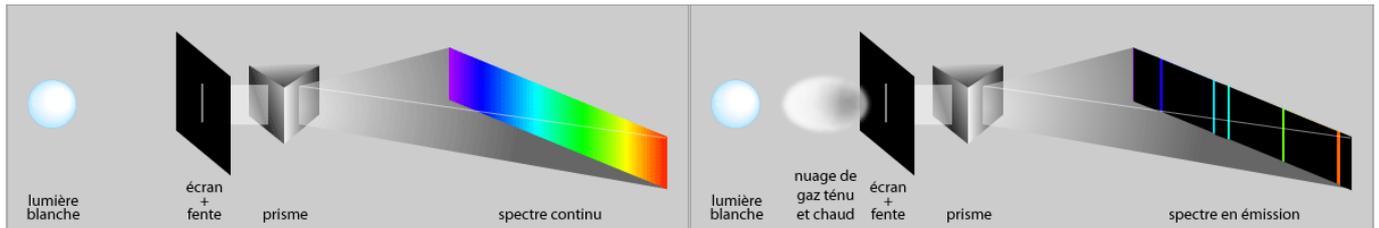


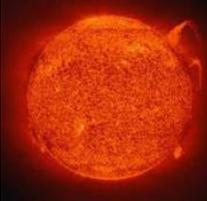
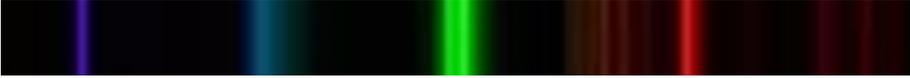
2. Sources de lumière colorée

2.1. Différentes sources de lumière

2.1.1. Des sources de lumière aux spectres d'émission

Rappels d'observations de classes antérieures :



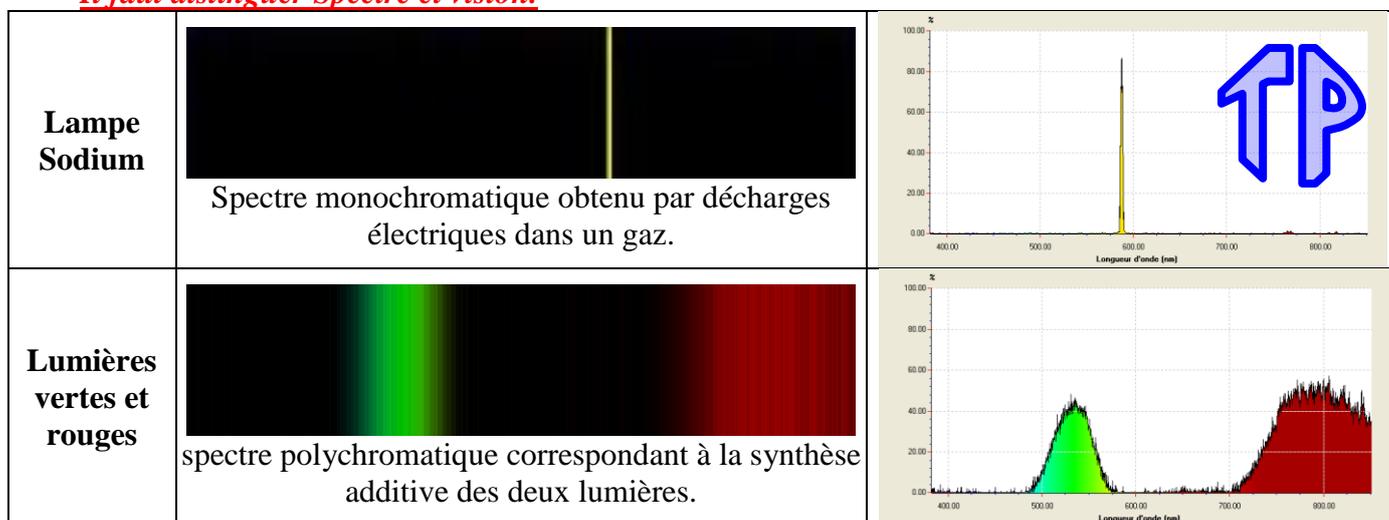
Lampe à filament		 spectre polychromatique d'origine thermique
Soleil		 spectre polychromatique d'origine thermique
Lampe fluorescente		 spectre polychromatique obtenu sous l'effet de décharges électriques dans un gaz
Laser		 spectre monochromatique (Laser rouge) obtenu par émission stimulée d'un gaz
DEL		 spectre polychromatique obtenu sous l'effet d'un courant électrique dans un semi-conducteur (DEL blanche)
Lampe sodium		 spectre monochromatique obtenu par décharges électriques dans un gaz.

Le rayonnement de ces sources peut être d'origine thermique (incandescence des lampes à filament, du soleil) ou autre (lampe fluorescente, Laser, DEL, lampe sodium).

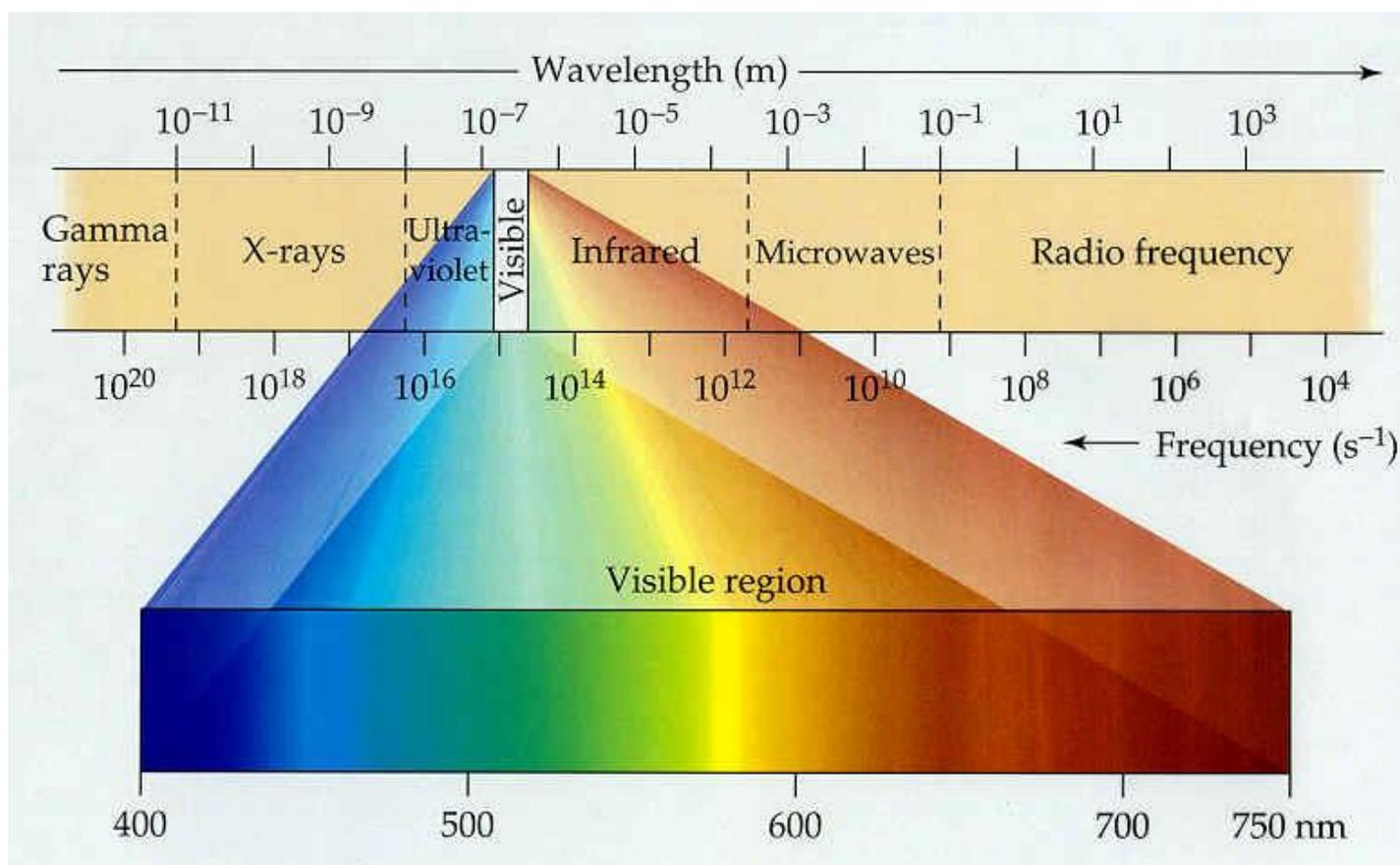
2.1.2. Du spectre à la vision des couleurs

Bien qu'ayant des spectres différents, deux sources peuvent procurer la même sensation visuelle. Les deux lumières, lampe sodium et composition additive (**Vert** + **Rouge**) sont **Jaunes** toutes les deux.

Il faut distinguer Spectre et vision.

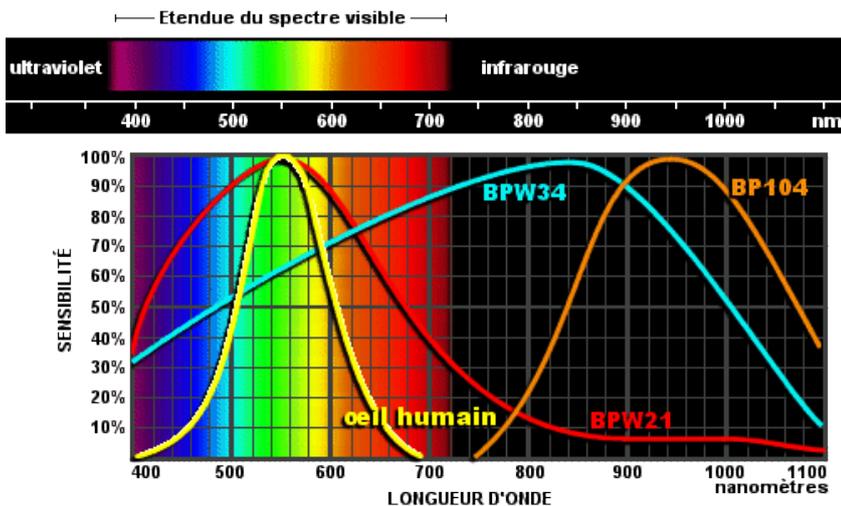
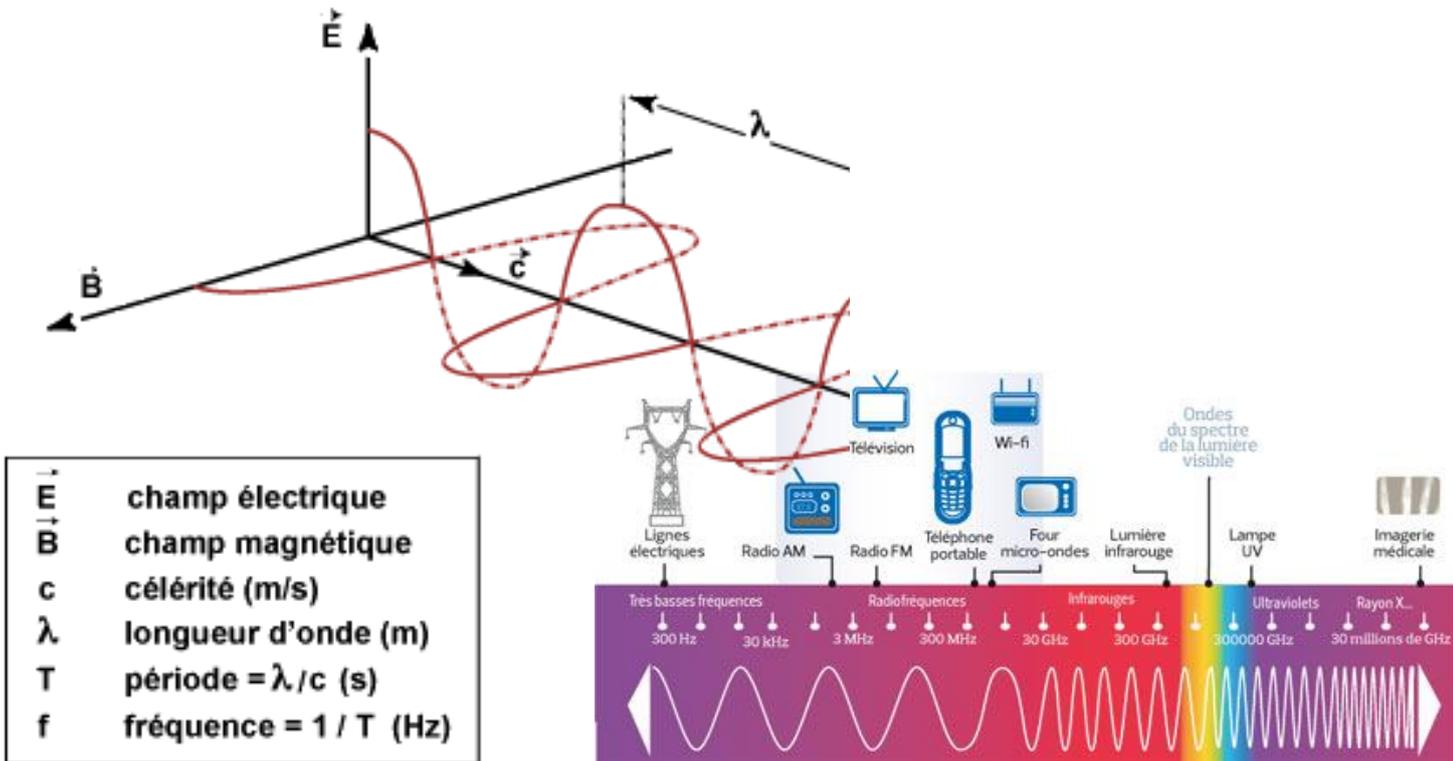


2.2. Le domaine visible

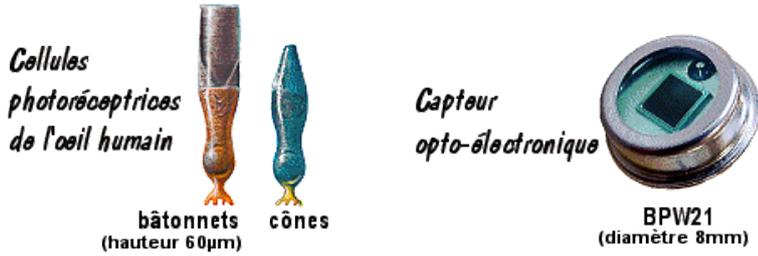


Des ondes électromagnétiques, sont « visibles » celles perçues par l'œil humain. Elles correspondent à des radiations de longueurs d'ondes λ comprises entre 380 nm et 780 nm.

Ce domaine visible est limité par les ultra-violet U.V. ($\lambda < 380\text{nm}$) et les infrarouges I.R. ($\lambda > 780\text{ nm}$).



0,400 μm		Violet
0,430 μm		Indigo
0,470 μm		Bleu
0,530 μm		Vert
0,580 μm		Jaune
0,600 μm		Orangé
0,650 μm		Rouge



2.3. Lumière et température : le corps noir

Portraits de (gauche à droite) Max PLANCK (1858 - 1947), Wilhelm WIEN (1864 - 1928) et Josef STEFAN (1838 - 1893).



⇒ Rayonnement du corps noir

Les caractéristiques d'un rayonnement sont liées aux conditions physico-chimiques de la matière : composition, pression, température... La température est la mesure de l'agitation (l'énergie cinétique) de ses constituants. Elle se mesure en température absolue sur l'échelle **Kelvin** (K) et le point zéro y désigne une agitation nulle. ($T(K) = T(^{\circ}C) + 273,15$)

Dans le cas d'un corps absolument opaque, parfaitement isolé et à température constante, le spectre est strictement liée à la seule température. Ce cas théorique est appelé « **corps noir** ».

La lampe à filament peut être assimilée à un « corps noir » c'est-à-dire qu'elle émet toutes les longueurs d'onde quand elle est chauffée. Une étoile peut être assimilée à un corps noir (presque) parfait ; la perte en énergie rayonnée restant négligeable devant celle contenue à l'intérieur de l'étoile.

Dans un corps noir, les lois de l'état de la matière définissent :

- La distribution de la luminance en fonction de la longueur d'onde (**loi de Planck**) ;
- La longueur d'onde à laquelle la luminance est maximale (**loi de Wien**) ;
- L'énergie totale du rayonnement (**loi de Stefan**).

En analysant des spectres de corps noirs à différentes températures, Wilhelm WIEN (1864 - 1928) découvre, en 1893, que la distribution de leurs émissions passe par un maximum, ce dernier étant inversement proportionnel à la température. Plus la température devient élevée, plus la longueur d'onde du pic d'émission diminue (la fréquence et l'énergie augmentent). Cette s'exprime ainsi :

Par exemple, à basse température, le filament d'une ampoule à filament apparait rouge. Il semble ensuite jaune quand la température augmente puis blanc à haute température.

La longueur d'onde λ_{max} de la radiation émise avec le maximum d'intensité dépend de la température de la source. Elle suit la **loi de Wien**, relation « température-couleur » :

$$\lambda_{max} = (2,90 \times 10^{-3}) / T \quad \text{ou} \quad \lambda_{max} \cdot T = \text{constante} = 2,90 \cdot 10^{-3} \text{ m.K}$$

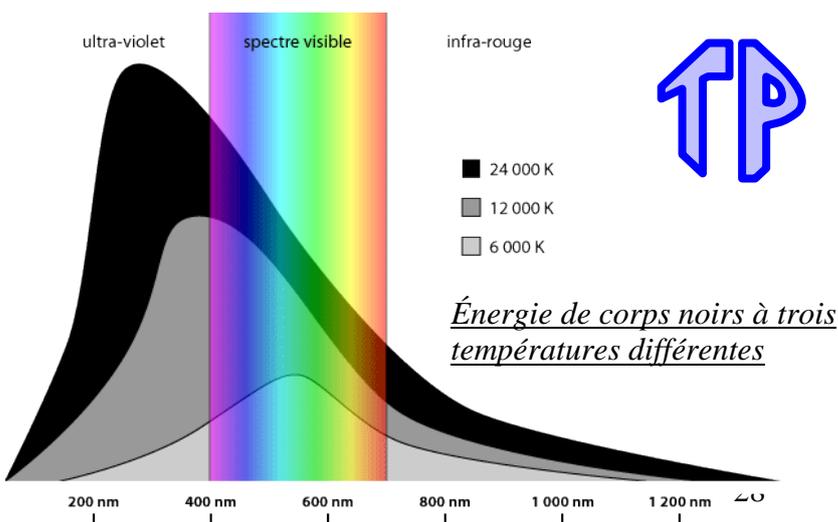
Si cette relation température-couleur permet de retrouver facilement la température d'un corps lorsque l'on a déterminé le maximum d'émission, à l'inverse, il est également possible de découvrir le maximum d'émission à partir d'une température.

Exemple : La température du corps humain est de 37.5 °C, soit environ 310 K.

On a donc : $\lambda_{max} = (2,90 \times 10^{-3}) / 310 = 9,35 \times 10^{-6} \text{ m}$ ou 9350 nm.

Le maximum d'émission du corps humain se fait donc dans l'infrarouge.

Pour le Soleil, le maximum d'émission se situe vers 500 nm (lumière jaune-verte), sa température de surface vaut : $T = (2,90 \times 10^{-3}) / (0,50 \times 10^{-6}) = 5\ 800 \text{ kelvins}$.

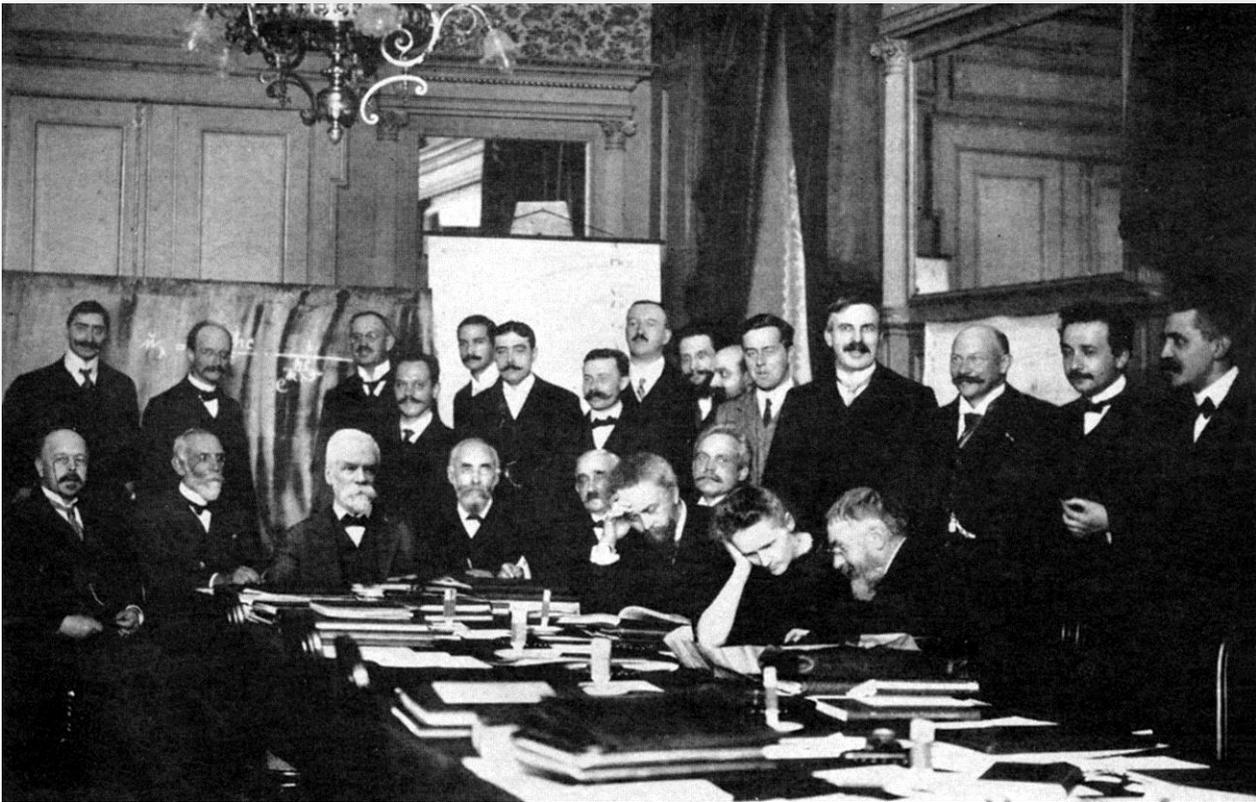


En fonction de la température et de la longueur d'onde, la courbe montre pour trois étoiles :

- la forme caractéristique « en cloche » de la distribution de luminance (loi de Planck) ;
- le déplacement du pic d'émission (loi de Wien) ;
- l'énergie totale rayonnée représentée par l'aire sous la courbe (loi de Stefan).

2.4. Interaction lumière-matière

Premier Congrès Solvay de physique, 1911 :



Assis de gauche à droite : Walther Nernst, Marcel Brillouin, Ernest Solvay, Hendrik Lorentz, Emil Warburg, Jean Baptiste Perrin, Wilhelm Wien, Marie Curie et Henri Poincaré.

Debout de gauche à droite : Robert Goldschmidt, Max Planck, Heinrich Rubens, Arnold Sommerfeld, Frederick Lindemann, Maurice de Broglie, Martin Knudsen, Friedrich Hasenöhl, Georges Hostelet, Édouard Herzen, James Jeans, Ernest Rutherford, Heike Kamerlingh Onnes, Albert Einstein, et Paul Langevin.

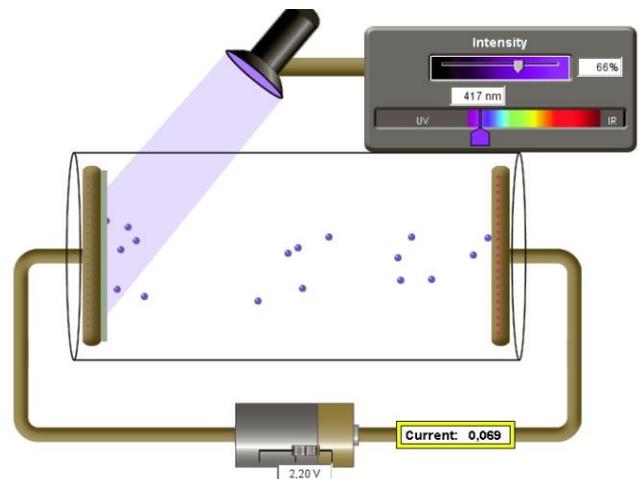
2.4.1. Quantification de la lumière et de la matière.

⇒ Effet photoélectrique

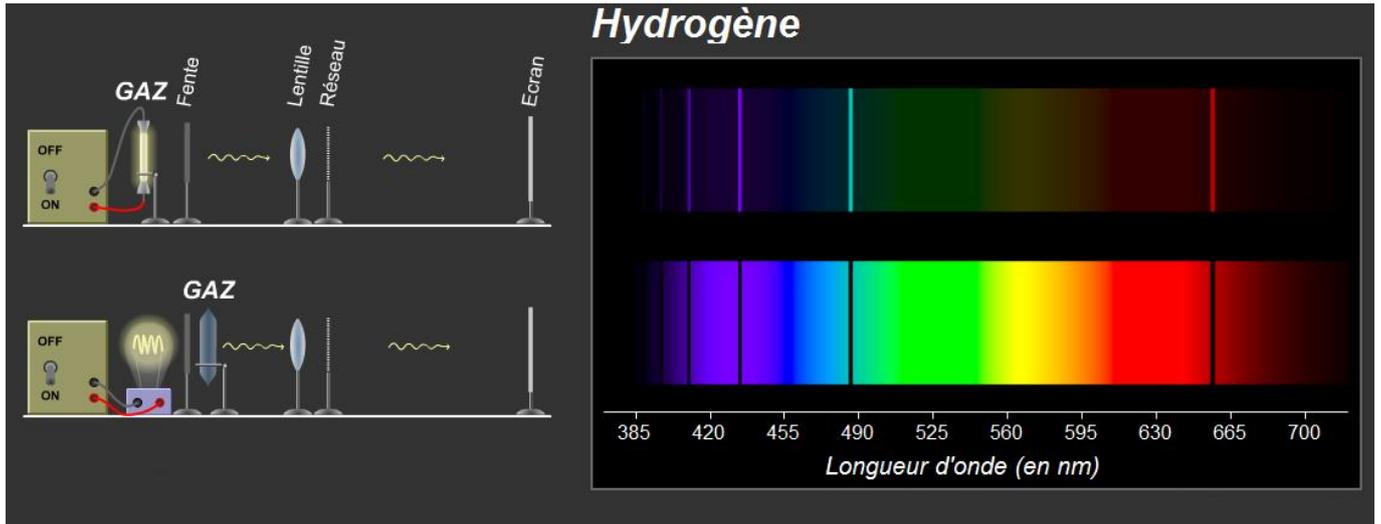
Un corps métallique est soumis à un rayonnement lumineux (UV). Sous l'effet de ce rayonnement, des électrons sont émis par ce métal.
Si le métal est relié à un électroscope, nous pouvons remarquer qu'une partie des charges négatives c'est-à-dire des électrons a disparu.

On montre que :

- L'énergie E des électrons extraits du métal dépend de la fréquence ν de la lumière d'éclairage mais pas de son intensité. L'intensité n'influence que sur la quantité d'électrons éjectés.
- La lumière doit être reçue à une fréquence ν donnée par le type de métal pour donner naissance à l'effet photoélectrique.



⇒ Spectres d'émission et d'absorption d'une substance

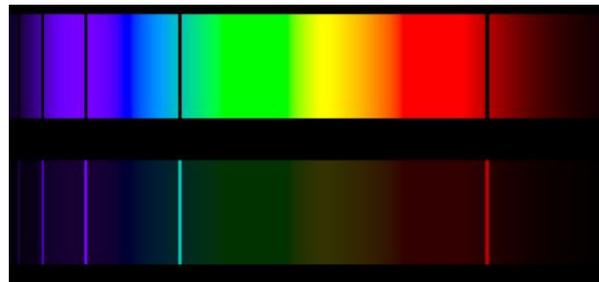
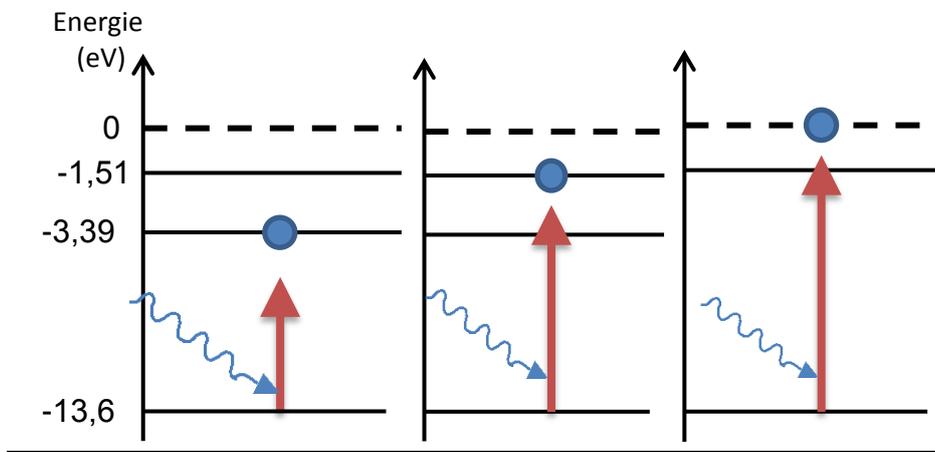
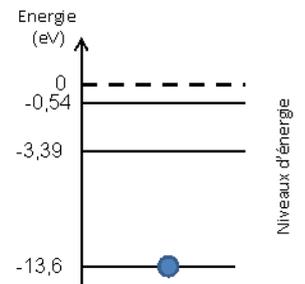


L'émission et l'absorption de la lumière par les substances ne se produit pas de façon continue mais par portions finies ou par quantas.

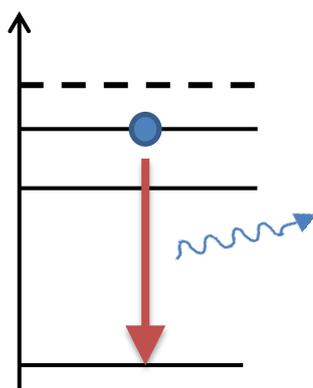
2.4.2. Diagrammes de niveau d'énergie

⇒ L'absorption

Un atome peut **absorber un photon** d'énergie : $\Delta E = E_{finale} - E_{initiale} = h \nu$ pour passer à un niveau d'énergie supérieur.



⇒ L'émission



Un atome excité retourne spontanément à un niveau d'énergie plus faible en **émettant un photon** d'énergie :

$$\Delta E = E_{finale} - E_{initiale} = h \nu$$

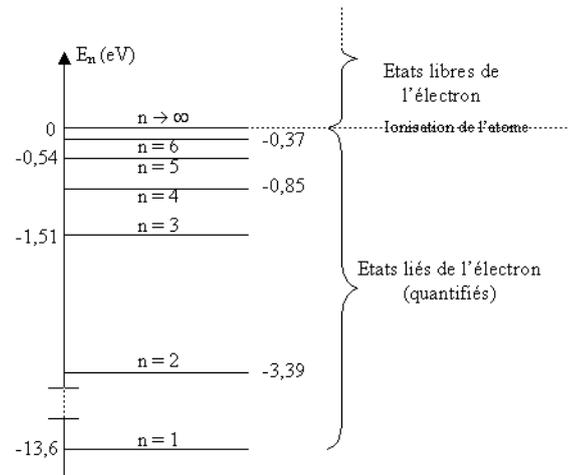
⇒ Le photon

Pour la matière : - Un atome ne peut exister que dans des états discrets, caractérisés par un niveau d'énergie E . L'énergie de l'atome est **quantifiée**.

Pour la lumière : - Une radiation lumineuse transporte un **quantum d'énergie** :

$$\Delta E = h \nu$$

avec $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ **constante de Planck**,
 ΔE en Joules (J) et ν en Hertz (Hz).



($\nu = \frac{c}{\lambda}$ donc $\Delta E = h \frac{c}{\lambda} = h \nu$ avec $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ vitesse de la lumière.)

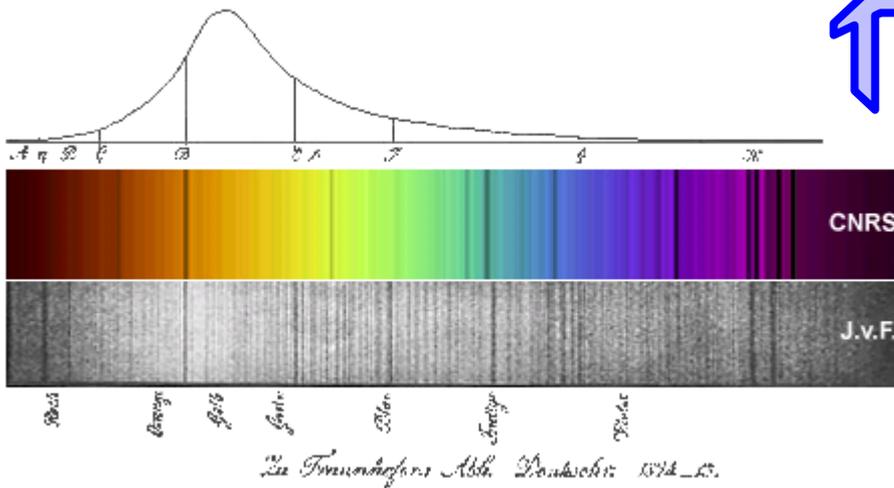
- Le rayonnement monochromatique est assimilé à une particule, le **photon**.

2.4.3. Spectre solaire

Le Soleil est une boule de gaz chaud et dense dont la couche externe est appelée photosphère.

L'atmosphère solaire, ou chromosphère, peut être assimilée à une couche gazeuse à basse pression, relativement froide.

Le Soleil est à l'origine d'un rayonnement dont on peut représenter le profil spectral détecté depuis la Terre.



TP



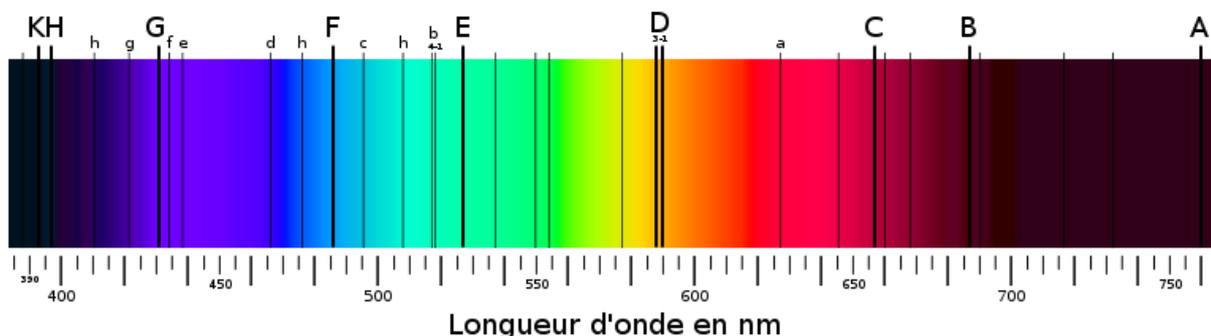
Ce spectre été observé par le physicien allemand, Joseph Fraunhofer en 1814.

- Décrire la forme générale du profil spectral du rayonnement solaire enregistré par Fraunhofer. Quel type de source émet un tel rayonnement ?
- Quelle partie du soleil est responsable de ce rayonnement ?
- Les raies sombres du spectre solaire sont-elles des raies d'émission ou d'absorption ?
- Quelle partie du Soleil est responsable de ces raies ?
- Quelles informations sur cette partie du Soleil peut-on en tirer ?

f. Faire un schéma du Soleil en représentant les zones à l'origine du spectre observé.

En 1860, Gustav Kirchhoff mesure la longueur d'onde de plusieurs milliers de ces raies et montre qu'elles coïncident avec celles émises par diverses entités chimiques : hydrogène, calcium, cuivre, fer, zinc,

Il publie, en 1861, le premier atlas du système solaire.



Spectre de la lumière solaire obtenu par Fraunhofer avec des raies principales identifiées par Kirchhoff

g. En vous aidant du tableau ci-dessous identifier les raies principales du spectre solaire de Fraunhofer.

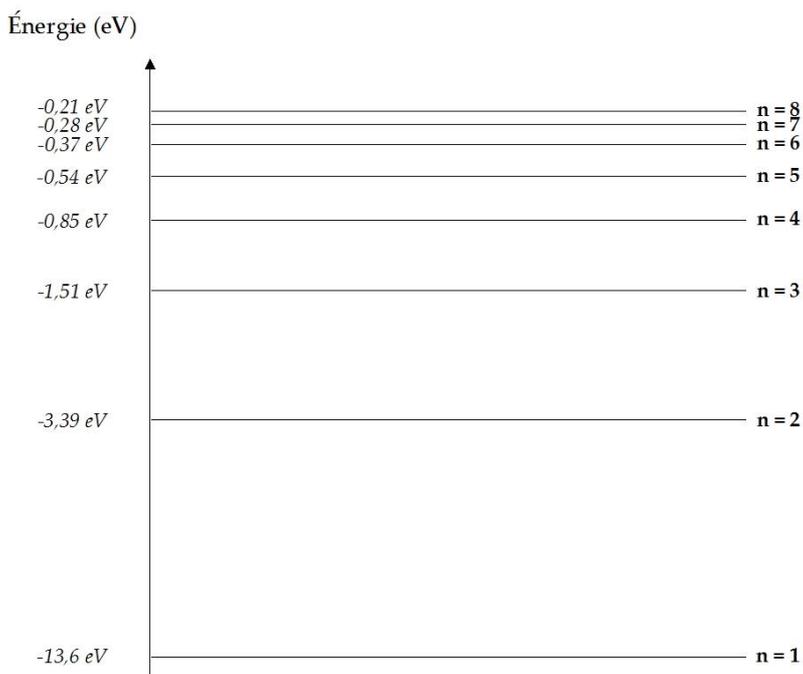
Longueurs d'onde, exprimées en nm de certaines raies caractéristiques de quelques éléments								
Éléments chimiques	Hydrogène (H)	Sodium (Na)	Magnésium (Mg)	Calcium (Ca)	Fer (Fe)	Titane (Ti)	Manganèse (Mn)	Dioxygène (O ₂)
Longueurs d'onde (nm)	434	589,0	470,3	396,8	438,3	466,8	403,6	686,7
	486,1	589,6	516,7	422,7	489,1	469,1		762,1
	656,3			458,2	491,9	498,2		
				526,2	495,7			
				527	532,8			
				537,1				
				539,7				

Raie d'absorption	A	B	C	D ₁	D ₂	E	F	G	H	K
Élément chimique										

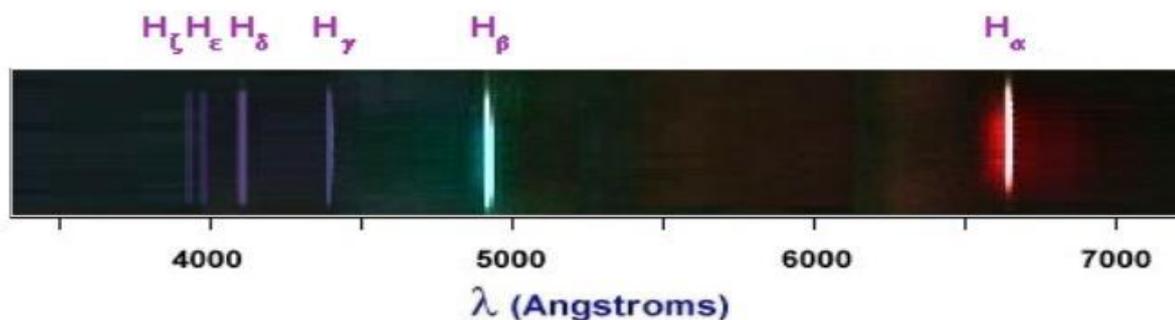
Pour expliquer le spectre solaire, en particulier la présence des raies d'absorption, il faudra attendre le début du XX^{ème} siècle avec l'avènement de la mécanique quantique. Dans l'atome d'Hydrogène que nous allons étudier, tous les niveaux d'énergie ne sont pas accessibles, seuls certains le sont, on parle de quantification. Un atome excité émettra un photon possédant une certaine énergie, donc à une certaine fréquence.

Voici le diagramme d'énergie de l'atome d'Hydrogène :

Remarque : $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$



- h. Calculer la variation d'énergie ΔE_{n2} correspondant aux transitions entre les niveaux d'énergie E_n et E_2 , pour $n = 3$ à $n = 8$.
- i. En déduire la fréquence ν_{n2} du photon émis par l'atome d'Hydrogène pour chaque transition. Puis calculer la longueur d'onde λ_{n2} correspondante.
- j. En observant le spectre d'émission de l'atome d'Hydrogène, identifier les raies en fonction des longueurs d'onde calculées précédemment. (*1 Angstrom = 0,1 nanomètre*)



Raies	H _α	H _β	H _γ	H _δ	H _ε	H _ζ
Longueur d'onde (nm)						

Ces raies sont appelées « raies de Balmer ». Il existe d'autres raies, invisibles à l'œil nu, appelées « raies de Lyman » dans l'ultra-violet (transitions E_{n1}) et les « raies de Paschen » dans l'infrarouge (transitions E_{n3}).

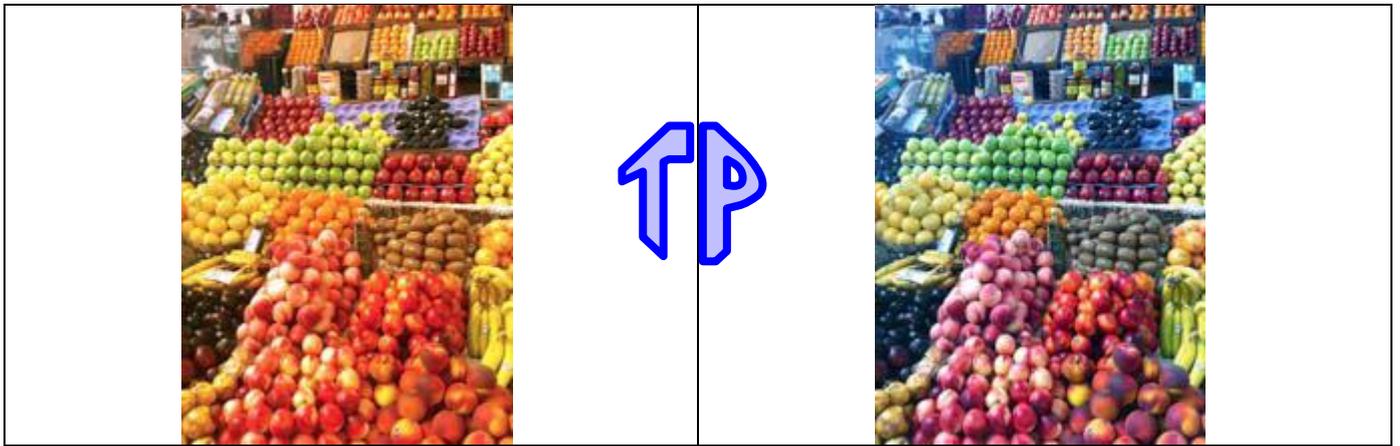
- k. Retrouver les raies de Balmer dans le spectre solaire de Fraunhofer.

2.4.4. Balance des blancs

Un élève utilise son téléphone portable pour prendre la photo ci-dessous. Cette photo est prise à l'intérieur d'une épicerie sous un éclairage à incandescence (lampe à filament classique). On peut remarquer que cette image possède une dominante rouge qui ne satisfait pas du tout son auteur.

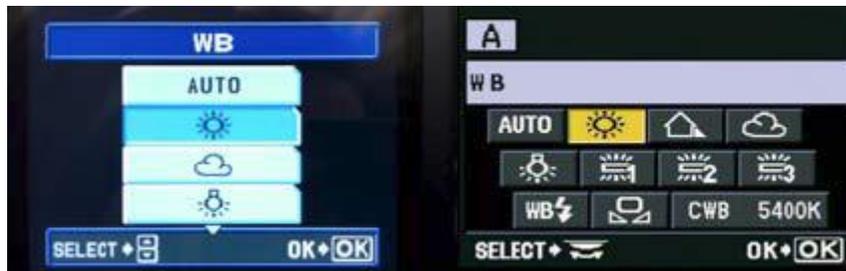
En effet, beaucoup d'utilisateurs d'appareils photo numériques se plaignent d'une déviance vers le rouge des photos prises à l'intérieur, alors que les photos prises à l'extérieur, au soleil, sont de bonne qualité.

Un des camarades de cet élève, qui s'y connaît en photographie, prend la même photographie, avec le même appareil, mais il règle un paramètre qui s'appelle la balance des blancs. Il obtient alors l'image suivante qui ne possède plus de dominante rouge et qui, du coup, est plus fidèle à la réalité qu'ils observent.



Sur votre téléphone portable ou sur votre appareil photo numérique, trouver dans le menu la fonction « balance des blancs ou WB » (white balance : WB).

- Quels sont les différents choix possibles pour ce réglage ?
- Formuler des hypothèses sur ce à quoi peuvent correspondre les différents pictogrammes du menu « balance des blancs » :



Exemples de menu d'appareils photo numériques

Réaliser plusieurs fois la photographie d'un même objet en ne changeant que le réglage de la balance des blancs. En particulier photographier un objet à l'intérieur de la salle de classe avec le mode « plein soleil », « fluorescent » et « lampe ».

Exemples de photographies d'objets prises dans une salle de classe sous un éclairage fluorescent :
Photo



Photo 1

Photo 2

Photo 3

La photo 1 est prise avec un réglage de la balance des blancs effectué pour un éclairage fluorescent.

La photo 2 est prise avec un réglage de la balance des blancs effectué pour un éclairage en lumière du jour.

La photo 3 est prise avec un réglage de la balance des blancs effectué pour un éclairage incandescent.

- Quelles différences peut-on remarquer sur ces photographies ?

La lumière fournie par la flamme d'une bougie ne possède pas les mêmes proportions de rouge, de vert et de bleu que celles d'une lampe halogène ou d'un ciel dégagé. Les variations de la composition de la lumière émise par les différentes sources incandescentes, naturelles ou artificielles, se traduisent par une variation de leur couleur. Pour définir avec précision la composition spectrale d'une lumière, on fait appel à une grandeur appelée température de couleur.

Il est facile de constater qu'un corps porté à incandescence prend une couleur qui dépend de sa température. Par exemple un morceau de fer chauffé à 800 °C devient rouge, à 1000 °C il devient jaune. Après de nombreuses études, les physiciens ont créé un modèle : le corps noir. Il s'agit d'un corps dont le spectre lumineux ne dépend que de sa température. Une échelle de valeurs de température de couleur a alors été établie.

On appelle température de couleur d'une source lumineuse, la température à laquelle il faudrait porter le corps noir pour que la lumière dégagée par celui soit similaire à celle émise par la source. La température de couleur s'exprime en Kelvin (K). Elle est reliée à la température en degré Celsius par la formule suivante : $T(K) = T(^{\circ}C) + 273,15$.

La couleur d'une source lumineuse est donc comparée à celle d'un corps noir théorique chauffé entre 2 000 et 10 000 K, qui aurait dans le domaine de la lumière visible un spectre d'émission similaire à la couleur considérée. La couleur apparente d'une source lumineuse varie ainsi du rouge orangé de la flamme d'une bougie (1 850 K) au blanc bleuté dans le cas d'un flash électronique (autour de 6 500 K selon les fabricants) ou encore dans le cas d'une lumière issue d'un ciel nuageux (8000 K).

Source : « Les secrets de la vidéo numérique », Philippe Bellaïche.

Document 1 : la température des couleurs

Sources lumineuses	Température de couleur
Lampe à incandescence	2 500 K
Lampe halogène	3 200 K
Tube fluorescent blanc neutre	4 000 K
Lumière du jour (ciel dégagé)	5 600 K
Lumière du jour (ciel couvert)	8 000K

Document 2 : température de couleur de plusieurs sources lumineuses

La lumière blanche est en fait composée de toutes les couleurs. Un éclairage blanc, naturel ou artificiel, peut varier en pureté. Nous avons tous observé que l'éclairage solaire est beaucoup plus rouge lorsque le soleil se couche qu'à midi. Il est aussi visible à l'œil nu qu'un éclairage fluorescent est un peu plus vert qu'un éclairage produit par une ampoule incandescente. La balance des blancs permet, sur un appareil photographique numérique ou un caméscope, d'étalonner le capteur et de corriger la dominante de couleur en fonction de l'éclairage ambiant. On réalise ce réglage en présentant devant l'appareil une surface étalon reconnue comme blanche, normée ou déterminée comme telle par l'œil humain. L'électronique modifie alors les réglages internes de l'appareil, en jouant sur les gains des signaux RVB du capteur, pour que cette surface apparaisse blanche lors de l'enregistrement. Cette opération est à refaire chaque fois que l'on change de conditions d'éclairage. La plus part des appareils photo numériques possèdent une présélection des principales sources d'éclairage (incandescente, naturelle, fluorescente...) dans le menu de la balance des blancs. Par défaut, le réglage de la balance des blancs est automatique.

Source : site Wikipédia

Document 3 : la balance des blancs

- Effectuer une recherche Internet pour trouver la signification des termes suivants :
 - Température de couleur
 - Balance des blancs
- À l'aide de la loi de Wien, relier la température de couleur d'une source lumineuse à sa dominante colorée.
- Sur quel paramètre du capteur de l'appareil photo numérique agit le réglage de la « balance des blancs » ?
- Que signifie le terme « balance » dans l'expression « balance des blancs » ?
- Pourquoi l'œil humain n'est-il pas sensible à ce problème, lié à la température de couleur d'une source lumineuse ?

- La fonction « balance des blancs » existe en mode automatique. Quel réglage est alors automatiquement réalisé ?

- Proposer une explication au problème présenté en début de l'activité.

Voici six photographies du même objet pris en extérieur. Le photographe n'a changé que le réglage de la balance des blancs.

- Pourquoi la photographie prise avec le mode « lampe à incandescence » est-elle bleutée ?
- Pourquoi la photographie prise avec le mode « nuageux » est-elle orangée ?
- Voici 3 photographies du Lac Grey à Torres del Paine au Chili. La première a été effectuée avec un bon réglage de la balance des blancs. Retrouver les réglages pour les photos 2 et 3.

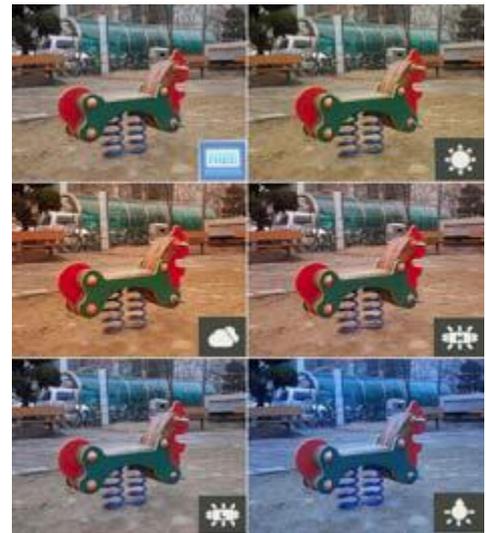


Photo 1



Photo 2



Photo 3

3. Matières colorées

3.1. Colorants, pigments

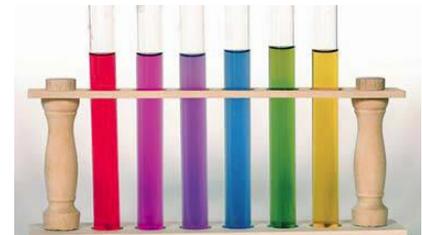
3.1.1. définitions

Les **pigments** sont des substances colorées insolubles finement divisées, dispersées dans le milieu qui les contient et.

Il est fait usage d'un « **liant** » pour fixer un pigment dans son milieu. Il est également possible, à fort grossissement, d'observer les grains du pigment.

Les **colorants** sont au contraire, solubles dans le milieu d'emploi.

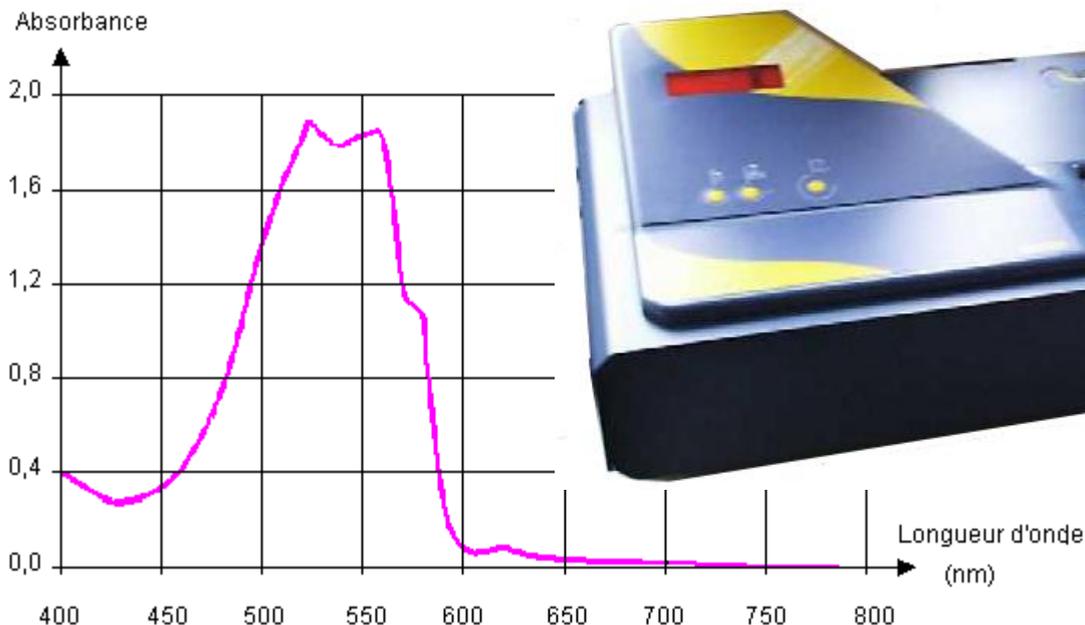
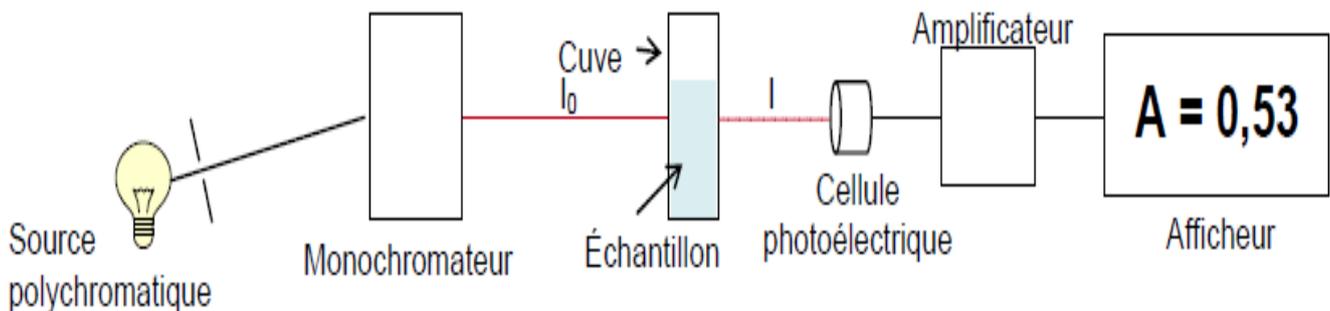
Tous deux sont *naturels*, *synthétique* ou *artificiels*.



3.1.2. Synthèse soustractive.

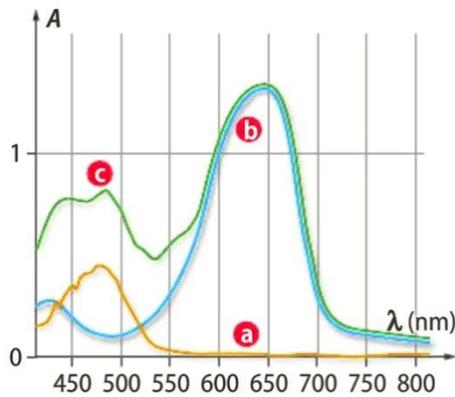
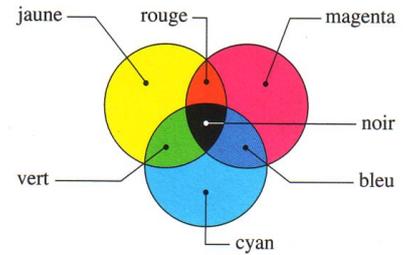
Une substance colorée « **absorbe** » une partie du spectre visible de lumière blanche.

Le « spectromètre » mesure l'intensité de la lumière incidente et celle de la lumière transmise par une substance colorée :



Spectre d'absorption du permanganate de potassium $KMnO_4$

- Pour chaque longueur d'onde, le spectromètre mesure « **l'Absorbance A** » de la solution colorée, grandeur sans unité, liée au rapport ces lumière incidente et transmise.
- Une solution qui **absorbe une couleur** sur spectre, **transmet sa couleur complémentaire** : c'est la **couleur apparente** de la solution.
- La couleur d'une substance résulte d'une **synthèse soustractive** de la lumière.



- La couleur d'un mélange de substances colorées résulte de l'absorption de chacun de ses constituants :

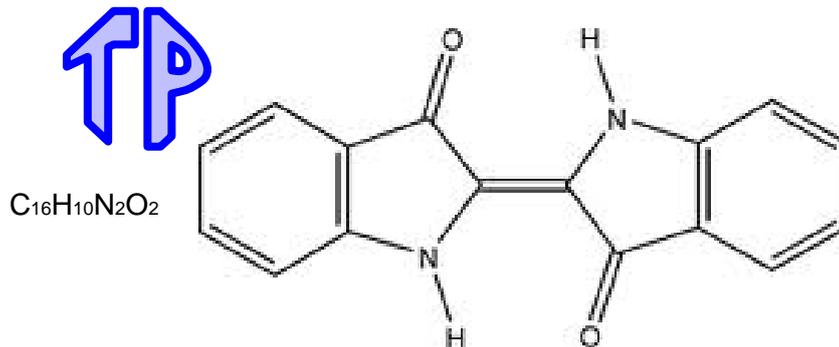


- a* : spectre d'absorption du jaune de tartrazine (E102) ;
- b* : spectre d'absorption du bleu patenté (E131) ;
- c* : spectre d'absorption du mélange des deux.



3.2. extraction et synthèse

3.2.1. Synthèse d'un pigment naturel – l'indigo

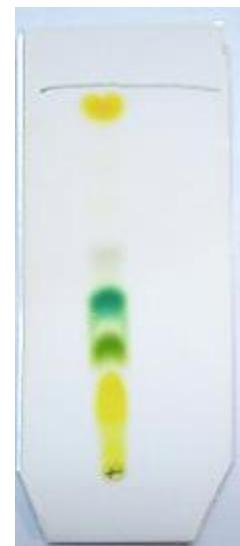


3.2.2. Extraction chlorophyllienne



TP

Extrait d'épinard



- En haut de la plaque, on remarque une tache jaune constituée de molécules connues sous le nom de **carotènes**
- Puis vient une tache de couleur **vert-bleu** correspondant à la **chlorophylle a**.
- Puis une tache de couleur **vert-jaune** correspondant à la **chlorophylle b**.
- Enfin, deux taches jaunes constituées de **xanthophylles** (violaxanthine et néoxanthine).

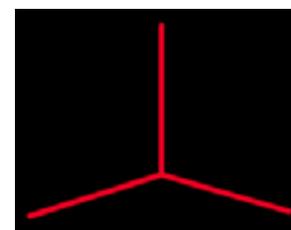
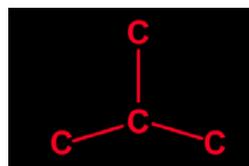
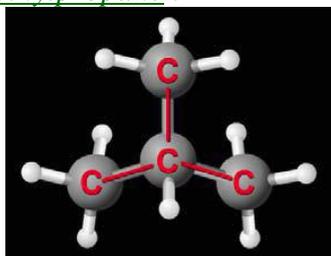
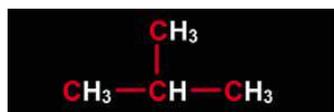
3.3. structure d'une molécule colorée

3.3.1. Molécules organiques

Ces molécules contiennent principalement les éléments carbone et hydrogène

Formule semi-développée	$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3$ propène	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$ éthanol	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} - \text{CH}_3 \\ \text{acétone} \end{array}$
Formule topologique			

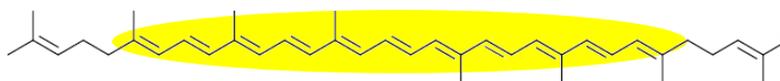
Formule topologique du Méthylpropane :



3.3.2. doubles liaisons conjuguées

• $\text{C}_{40}\text{H}_{56}$

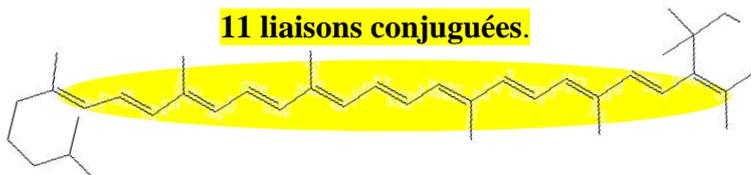
Le lycopène



11 liaisons conjuguées.

Le β -carotène

$\text{C}_{40}\text{H}_{56}$



Les molécules colorées présentent une **alternance de doubles et simples liaisons**. Les doubles liaisons sont « **conjuguées** ».

3.3.3. groupes caractéristiques

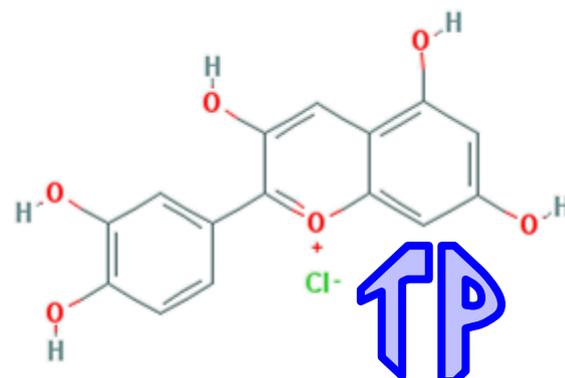
- Les groupes **chromophores** sont responsables de la couleur d'une molécule.



- Les groupes **auxochromes** augmentent la longueur d'onde d'absorption d'une molécule.



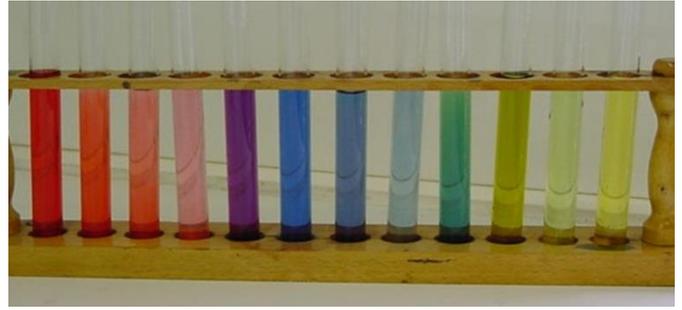
Cyanidine (chou rouge)



3.3.4. Influences du milieu sur la couleur

La couleur de certaines espèces colorées dépend de la température, du solvant ou du pH. Ainsi l'ocre est jaune à l'état naturel mais devient rouge à la chaleur.

Solutions de jus de chou rouge dans différents pH

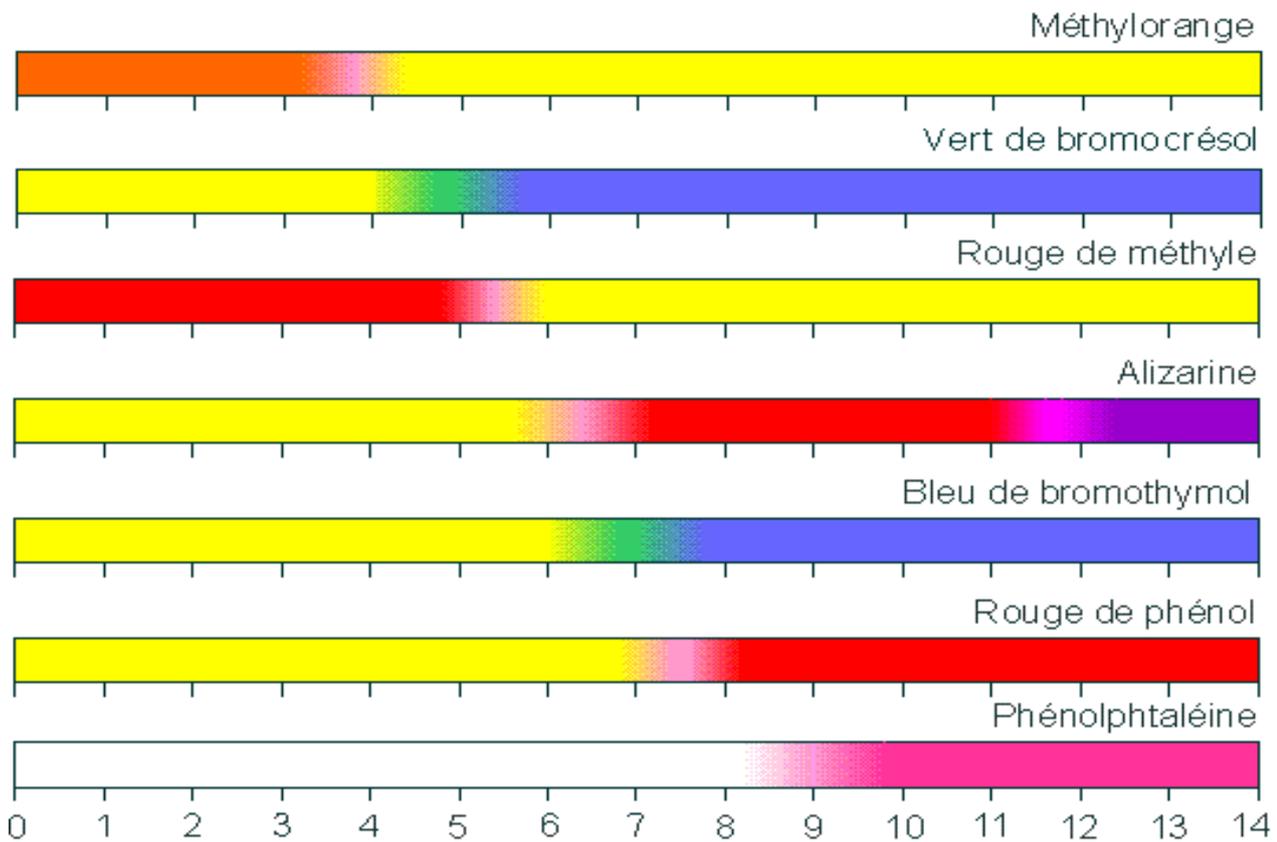
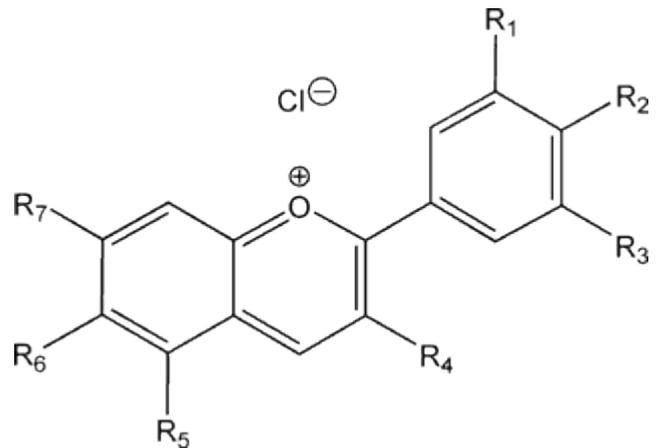


3.3.5. Indicateurs colorés

- Le pH est lié à la concentration en ions H_3O^+ (ion oxonium) présents dans une solution.
 - un $\text{pH} = 7$ est celui d'une solution *neutre* (à 25°C),
 - un $\text{pH} < 7$ est dit *acide*,
 - un $\text{pH} > 7$ est dit *basique*.

- Les anthocyanines (ou anthocyanes) sont des molécules sensibles à la présence des ions H_3O^+ et HO^- , et par conséquent à la valeur du pH de la solution dans laquelle elles se trouvent.

Les groupements R_1 à R_7 varient en fonction des molécules de cette famille et des plantes. Ils jouent le rôle de chromophores, c'est à dire de groupements qui modifient la couleur de la molécule de base.



Les indicateurs colorés sont des substances qui présentent une coloration différente selon le pH de la solution à laquelle ils sont ajoutés.

3.4. Géométrie des molécules

3.4.1. Structure d'une molécule

⇒ Structure fine de l'atome

Les électrons du nuage électronique autour du noyau de l'atome sont répartis selon des niveaux d'énergies K, L, M ...

- Règle de remplissage des couches ($Z \leq 18$!)

Couche	K	L	M
Nombre maximum d'électrons	2	8	18

- On remplit d'abord la couche K, puis la couche L...

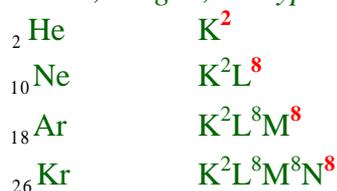
Exemple de l'atome de sodium ${}_{11}\text{Na}$



⇒ Cas des gaz nobles

Ce sont les atomes de la dernière colonne de la classification périodique des éléments.

Exemples : L'hélium, le néon, l'argon, le krypton ...



Ces gaz sont « chimiquement **inertes** » (ne produisent pas de réactions chimiques) : « chimiquement morts ». Tous les autres atomes « recherchent » cette structure stable de la couche périphérique du nuage électronique par :

- une configuration à deux électrons : **règle du duet**.
- plus généralement, une configuration à 8 électrons : **règle de l'octet**.

L'une des possibilités consiste à mettre en partage des **électrons périphériques** avec un autre atome, par des **liaisons covalentes** au sein de **molécules**.

⇒ La liaison covalente

Il y a ainsi « **mise en commun** » entre deux atomes de « **deux électrons de liaison ou doublet liant** » de leurs **couches périphériques**. Chacun ayant apporté l'un de ces deux électrons, la liaison est « **covalente** ».

Ce doublet liant est considéré appartenant aux deux atomes liés, bien qu'ayant chacun apporté un seul des deux électrons du doublet : Ils en « possèdent » désormais deux, l'un comme l'autre.

Exemple du dihydrogène H_2 formé à partir de $2 \times ({}^1\text{H}$ dont la structure est K^1) : $\text{H}-\text{H}$

La Valence est le **nombre de liaisons covalentes** que peut former un atome pour saturer sa couche périphérique selon les règles de l'octet ou du duet.



L. de BROGLIE E. SCHRÖDINGER L. PAULING

Fondée sur les travaux de nombreux scientifiques parmi lesquels de Broglie, Schrödinger ou encore Pauling, la chimie théorique est née en 1930. Depuis 1960, elle s'épanouit, en raison des capacités croissantes des ordinateurs. [...] Prenons le cas du dihydrogène. La liaison entre les deux atomes correspond à l'interaction de particules, les électrons, pourtant de charges identiques. La résolution de l'équation de Schrödinger permet d'expliquer ce paradoxe apparent. [...] Les solutions correspondent à des niveaux d'énergie stabilisants, souvent peuplés, et à des niveaux d'énergie déstabilisants, souvent inoccupés. [...] La méthode des liaisons de valence, ou théorie de Pauling, s'est développée plus tardivement, nécessitant de puissants calculateurs. Une fonction d'onde idéale cherche à décrire directement la liaison localisée (au sens des structures de Lewis) ...

Encyclopédie Universalis : Arnaud Haudrechy.

Elément	Symbole	Z	Structure fine	électrons périphériques	Valence	
Hydrogène	${}_1H$	1	K^1	1	1	Monovalent
Hélium	${}_2He$	2	K^2	2	2	
Lithium	${}_3Li$	3	$K^2 L^1$	1	1	Monovalent
Carbone	${}_6C$	6	$K^2 L^4$	4	4	tétravalent
Azote	${}_7N$	7	$K^2 L^5$	5	3	trivalent
Oxygène	${}_8O$	8	$K^2 L^6$	6	2	divalent
Fluor	${}_9F$	9	$K^2 L^7$	7	1	Monovalent
Néon	${}_{10}Ne$	10	$K^2 L^8$	8	8	

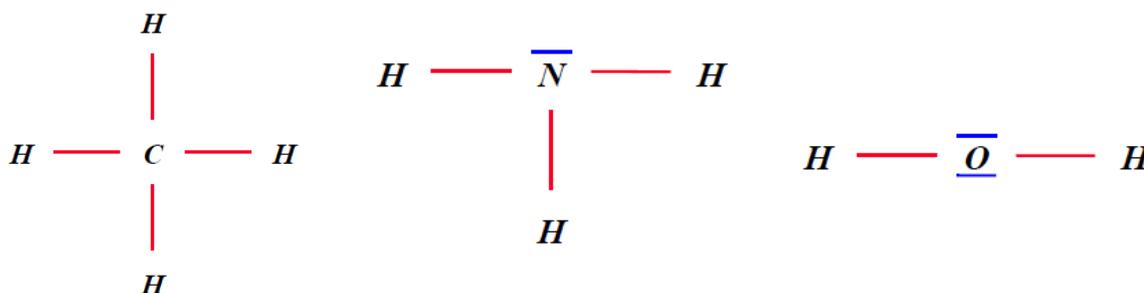
⇒ Formule de Lewis

Les atomes s'assemblent entre eux et forment des molécules afin de respecter les règles de stabilité de l'octet ou du duet.

La représentation de Lewis d'une molécule fait apparaître tous les atomes de la molécule ainsi que tous les doublets liants et non liants.

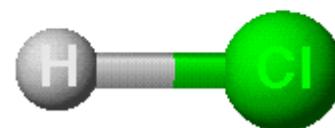
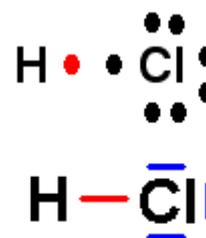
Les **doublets non liants** sont les paires d'électrons qui ne servent pas de liaisons entre deux atomes.

Dans la représentation de Lewis, les règles du duet et de l'octet doivent être respectées.



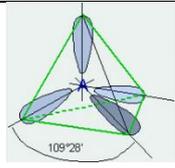
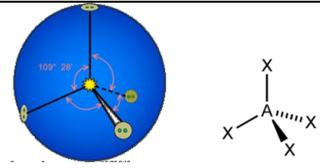
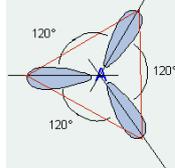
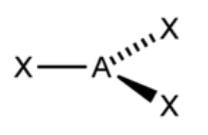
Exemple du modèle de Lewis de la molécule de chlorure d'hydrogène HCl :

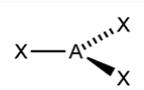
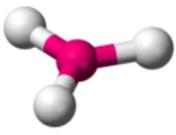
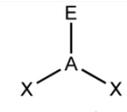
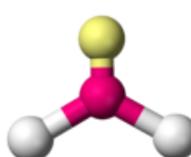
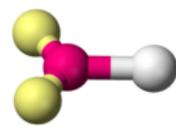
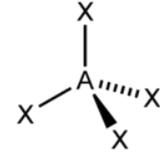
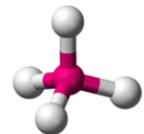
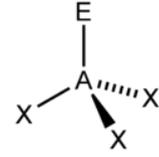
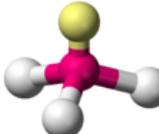
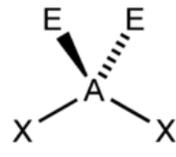
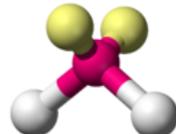
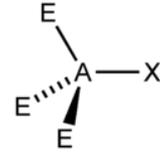
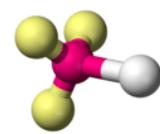
	H	Cl
Structure fine	K^1	$K^2 L^8 M^7$
électrons périphériques	1	7
Nombre d'électron de valence	$1 + 7 = 8$	
Nombre de doublets (liant ou non)	$8 / 2 = 4$	



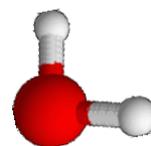
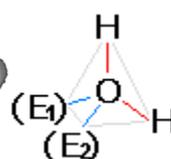
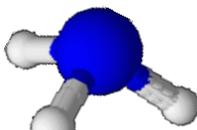
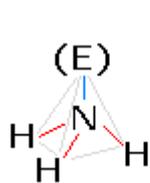
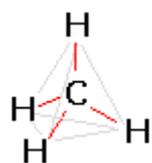
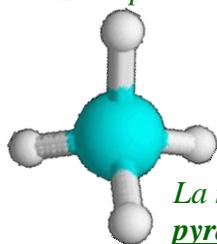
3.4.2. Géométrie des molécules

La théorie de la « **répulsion entre les nuages électroniques de valence** » (VSEPR) conduit à la géométrie des molécules. Les nuages électroniques, de charges négatives semblables, se repoussent dans l'espace et confèrent une géométrie contrainte à la molécule :

4 nuages			Les nuages électroniques sont séparés par un angle de 109°28' , ils pointent vers les sommets d'un tétraèdre régulier , au centre duquel se trouve A.
3 nuages			Les nuages électroniques sont séparés par un angle de 120° dans un même plan . Les extrémités de ces nuages pointent vers les sommets d'un triangle équilatéral au centre duquel se trouve l'atome A.
2 nuages			Le long d'une ligne, les nuages électroniques sont séparés par l'angle maximum : 180° .

Nombre de doublets	Géométrie de base 0 doublet non-liant	1 doublet non-liant	2 doublets non-liants	3 doublets non-liants
1	A—X linéaire 			
2	X—A—X linéaire 	E—A—X linéaire 		
3	 triangle (plan) 	 coudée 	 linéaire 	
4	 tétraèdre 	 pyramide trigonale 	 coudée 	 linéaire 

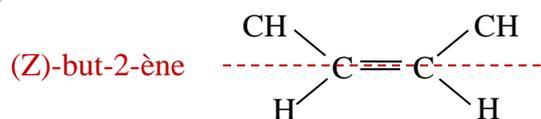
Exemples :



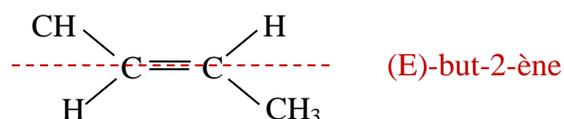
La molécule de méthane CH_4 a une forme tétraédrique. Celle d'ammoniac NH_3 a une forme pyramidale. La molécule d'eau H_2O a une forme coudée.

3.4.3. L'isomérisie Z/E

Exemple : Formule du but-2-ène



43

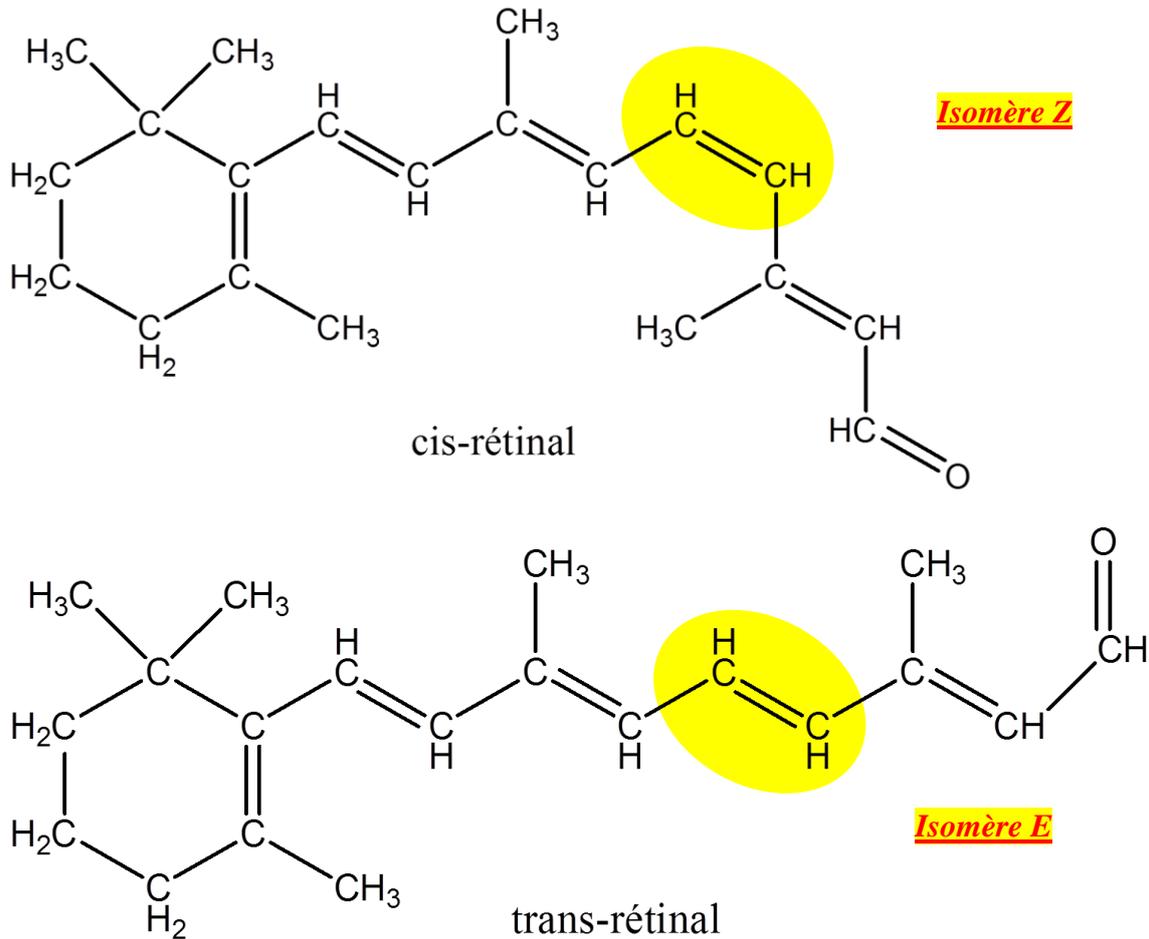


En l'absence de rotation possible autour d'une double liaison C = C :

- Dans l'isomère Z, les deux atomes d'hydrogène sont du même côté de la double liaison.
- Dans l'isomère E, ils se trouvent de part et d'autre.

⇒ Le mécanisme de la vision

En éclairant un isomère Z ou E, il est parfois possible de rompre la double liaison et ainsi d'obtenir l'autre isomère. Ce mécanisme de photo-isomérisation est à l'origine de la vision.



4. Réaction chimique

4.1. Transformation d'un système chimique

4.1.1. Évolution de deux systèmes chimiques

On rappelle que I_2 est jaune brun au contraire de I^- incolore.

		1		2	
État initial	t = 0				
		40 mL de thiosulfate de sodium ($Na^+ + S_2O_3^{2-}$) $C_1 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$	10 mL de diiode I_2 $C_2 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$	40 mL de thiosulfate de sodium ($Na^+ + S_2O_3^{2-}$) $C_1 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$	25 mL de diiode I_2 $C_2 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
État intermédiaire	t				
					
État final	t = ∞	Une réaction a eu lieu : la solution reste incolore. Le diiode a réagi mais est en « défaut ».		la solution finale est orange : le diiode n'a pas totalement réagi. Il est en « excès ».	

Ces deux systèmes chimiques évoluent d'un « état initial » vers un « état final » : Il y a « **transformation chimique** ».

Lors d'une transformation chimique, l'état du système « avance » :

- Les espèces chimiques présentes dès l'état initial « **disparaissent** », « **consommées** » au cours de la transformation chimique : ce sont les « **réactifs** ».
- De nouvelles espèces « **apparaissent** » jusqu'à l'état final, « **formée** » pendant la transformation chimique : ce sont les « **produits** ».

« **L'avancement** » d'une transformation chimique est une variable qui permet à tout instant, de déterminer les *différentes quantités de matières*, des **réactifs** ou des **produits**.

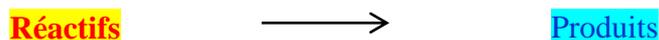
4.1.2. Bilan de la transformation

- Pour le système chimique 1, le **diiode** est en *défaut*. C'est donc le réactif « **limitant** » qui interrompt l'avancement de la transformation par sa disparition totale de l'état final. Au contraire, le **thiosulfate de sodium** est en *excès* et demeure présent y compris à l'état final : le mélange réactionnel est incolore.
- Pour le système chimique 2, le **thiosulfate de sodium** est le limitant. Le **diiode** est présent à l'état final : le mélange réactionnel est marron-jaune.

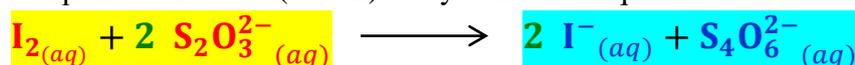
système chimique	État initial	État final
1	<p>thiosulfate de sodium ($\text{Na}^+ + \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$)</p> <p>diiode I_2</p> <p>eau H_2O</p>	<p>ions tétrathionate $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$</p> <p>ions iodure I^-</p> <p>thiosulfate $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$</p> <p>ions sodium Na^+</p> <p>eau H_2O</p>
2	<p>thiosulfate de sodium ($\text{Na}^+ + \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$)</p> <p>diiode I_2</p> <p>eau H_2O</p>	<p>ions tétrathionate $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$</p> <p>ions iodure I^-</p> <p>diiode I_2</p> <p>ions sodium Na^+</p> <p>eau H_2O</p>

- H_2O et Na^+ sont des espèces « spectatrices », inertes.

Par convention, « **le bilan de réaction** » ne comporte que les seules espèces engagées dans la transformation chimique. Il doit être « **ajusté** » entre réactifs à gauche et produits à droite :

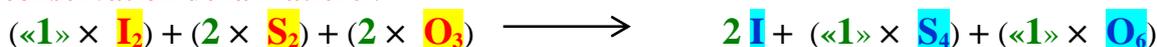


Ici, quel que soit l'état quantitatif initial (1 ou 2) du système chimique :



Où il a été nécessaire d'ajuster les « **coefficients stœchiométriques** » (« 1 », 2, 2 et « 1 ») par respect des lois fondamentales : **Les lois de conservation.**

- **conservation de la matière :**



- **conservation de la charge :**



Ces lois permettent d'ajuster « **la stœchiométrie** » de la transformation.

4.1.3. L'avancement de la transformation

Pour 1 mole consommée de I_2 , la quantité de matière consommée en ions $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ est de 2 moles.

- Ainsi pour « x » mole de I_2 consommées, la quantité de matière consommée en ions $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ est de « 2x » moles.

De même pour 1 mole consommée de I_2 , la quantité de matière produite en ions I^- est de 2 moles, celle des ions $S_4O_6^{2-}$ est que de 1 mole.

- Ainsi pour « x » mole de I_2 consommées, la quantité de matière produite en ions I^- est de « 2x » moles, celle des ions $S_4O_6^{2-}$ de « x » moles.

« x » est appelé « l'avancement » de la transformation et se mesure en mole.

et

« Le tableau d'avancement » expose les différentes quantités de matière, au cours de la transformation, exprimées en fonction de cette variable d'avancement « x ».

Tableau d'avancement

$$I_{2(aq)} + 2 S_2O_3^{2-}(aq) \rightarrow 2 I^-(aq) + S_4O_6^{2-}(aq)$$

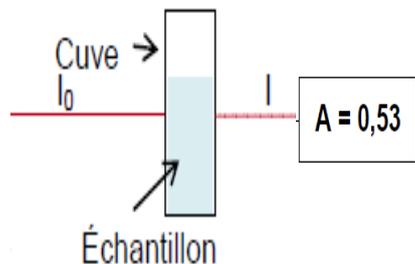
État initial	x = 0	$n_{I_2}^0 = C_2 \cdot V_2$	$n_{S_2O_3^{2-}}^0 = C_1 \cdot V_1$	0	0
État intermédiaire	x	$n_{I_2}^0 - x$	$n_{S_2O_3^{2-}}^0 - 2x$	2x	x
État final	x_{max}	$n_{I_2}^0 - x_{max}$	$n_{S_2O_3^{2-}}^0 - 2x_{max}$	$2x_{max}$	x_{max}

	1		2																							
t = 0, x=0	40 mL de thiosulfate de sodium ($Na^+ + S_2O_3^{2-}$) $C_1 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$	10 mL de diiode I_2 $C_2 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$	40 mL de thiosulfate de sodium ($Na^+ + S_2O_3^{2-}$) $C_1 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$	25 mL de diiode I_2 $C_2 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$																						
	<table border="1"> <tr><th>État du système</th><th>Avancement (en mmol)</th><th>$n(I_2)$</th><th>$n(S_2O_3^{2-})$</th><th>$n(I^-)$</th><th>$n(S_4O_6^{2-})$</th></tr> <tr><td>État initial</td><td>x = 0</td><td>0.10</td><td>0.40</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	État du système	Avancement (en mmol)	$n(I_2)$	$n(S_2O_3^{2-})$	$n(I^-)$	$n(S_4O_6^{2-})$	État initial	x = 0	0.10	0.40	0	0	<table border="1"> <tr><th>État du système</th><th>Avancement (en mmol)</th><th>$n(I_2)$</th><th>$n(S_2O_3^{2-})$</th><th>$n(I^-)$</th><th>$n(S_4O_6^{2-})$</th></tr> <tr><td>État initial</td><td>x = 0</td><td>0.25</td><td>0.40</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	État du système	Avancement (en mmol)	$n(I_2)$	$n(S_2O_3^{2-})$	$n(I^-)$	$n(S_4O_6^{2-})$	État initial	x = 0	0.25	0.40	0	0
État du système	Avancement (en mmol)	$n(I_2)$	$n(S_2O_3^{2-})$	$n(I^-)$	$n(S_4O_6^{2-})$																					
État initial	x = 0	0.10	0.40	0	0																					
État du système	Avancement (en mmol)	$n(I_2)$	$n(S_2O_3^{2-})$	$n(I^-)$	$n(S_4O_6^{2-})$																					
État initial	x = 0	0.25	0.40	0	0																					
t ₁ , x=0,02 mol	<table border="1"> <tr><th>État du système</th><th>Avancement (en mmol)</th><th>$n(I_2)$</th><th>$n(S_2O_3^{2-})$</th><th>$n(I^-)$</th><th>$n(S_4O_6^{2-})$</th></tr> <tr><td>État intermédiaire</td><td>x = 0.02</td><td>0.08</td><td>0.36</td><td>0.04</td><td>0.02</td></tr> </table>	État du système	Avancement (en mmol)	$n(I_2)$	$n(S_2O_3^{2-})$	$n(I^-)$	$n(S_4O_6^{2-})$	État intermédiaire	x = 0.02	0.08	0.36	0.04	0.02	<table border="1"> <tr><th>État du système</th><th>Avancement (en mmol)</th><th>$n(I_2)$</th><th>$n(S_2O_3^{2-})$</th><th>$n(I^-)$</th><th>$n(S_4O_6^{2-})$</th></tr> <tr><td>État intermédiaire</td><td>x = 0.02</td><td>0.23</td><td>0.36</td><td>0.04</td><td>0.02</td></tr> </table>	État du système	Avancement (en mmol)	$n(I_2)$	$n(S_2O_3^{2-})$	$n(I^-)$	$n(S_4O_6^{2-})$	État intermédiaire	x = 0.02	0.23	0.36	0.04	0.02
	État du système	Avancement (en mmol)	$n(I_2)$	$n(S_2O_3^{2-})$	$n(I^-)$	$n(S_4O_6^{2-})$																				
État intermédiaire	x = 0.02	0.08	0.36	0.04	0.02																					
État du système	Avancement (en mmol)	$n(I_2)$	$n(S_2O_3^{2-})$	$n(I^-)$	$n(S_4O_6^{2-})$																					
État intermédiaire	x = 0.02	0.23	0.36	0.04	0.02																					
t ₂ , x=0,1 mol	<table border="1"> <tr><th>État du système</th><th>Avancement (en mmol)</th><th>$n(I_2)$</th><th>$n(S_2O_3^{2-})$</th><th>$n(I^-)$</th><th>$n(S_4O_6^{2-})$</th></tr> <tr><td>État final</td><td>$x_{max} = 0.1$</td><td>0</td><td>0.2</td><td>0.2</td><td>0.1</td></tr> </table>	État du système	Avancement (en mmol)	$n(I_2)$	$n(S_2O_3^{2-})$	$n(I^-)$	$n(S_4O_6^{2-})$	État final	$x_{max} = 0.1$	0	0.2	0.2	0.1	<table border="1"> <tr><th>État du système</th><th>Avancement (en mmol)</th><th>$n(I_2)$</th><th>$n(S_2O_3^{2-})$</th><th>$n(I^-)$</th><th>$n(S_4O_6^{2-})$</th></tr> <tr><td>État intermédiaire</td><td>x = 0.1</td><td>0.15</td><td>0.2</td><td>0.2</td><td>0.1</td></tr> </table>	État du système	Avancement (en mmol)	$n(I_2)$	$n(S_2O_3^{2-})$	$n(I^-)$	$n(S_4O_6^{2-})$	État intermédiaire	x = 0.1	0.15	0.2	0.2	0.1
	État du système	Avancement (en mmol)	$n(I_2)$	$n(S_2O_3^{2-})$	$n(I^-)$	$n(S_4O_6^{2-})$																				
État final	$x_{max} = 0.1$	0	0.2	0.2	0.1																					
État du système	Avancement (en mmol)	$n(I_2)$	$n(S_2O_3^{2-})$	$n(I^-)$	$n(S_4O_6^{2-})$																					
État intermédiaire	x = 0.1	0.15	0.2	0.2	0.1																					
t = ∞		<table border="1"> <tr><th>État du système</th><th>Avancement (en mmol)</th><th>$n(I_2)$</th><th>$n(S_2O_3^{2-})$</th><th>$n(I^-)$</th><th>$n(S_4O_6^{2-})$</th></tr> <tr><td>État final</td><td>$x_{max} = 0.2$</td><td>0.05</td><td>0</td><td>0.4</td><td>0.2</td></tr> </table>	État du système	Avancement (en mmol)	$n(I_2)$	$n(S_2O_3^{2-})$	$n(I^-)$	$n(S_4O_6^{2-})$	État final	$x_{max} = 0.2$	0.05	0	0.4	0.2												
État du système	Avancement (en mmol)	$n(I_2)$	$n(S_2O_3^{2-})$	$n(I^-)$	$n(S_4O_6^{2-})$																					
État final	$x_{max} = 0.2$	0.05	0	0.4	0.2																					

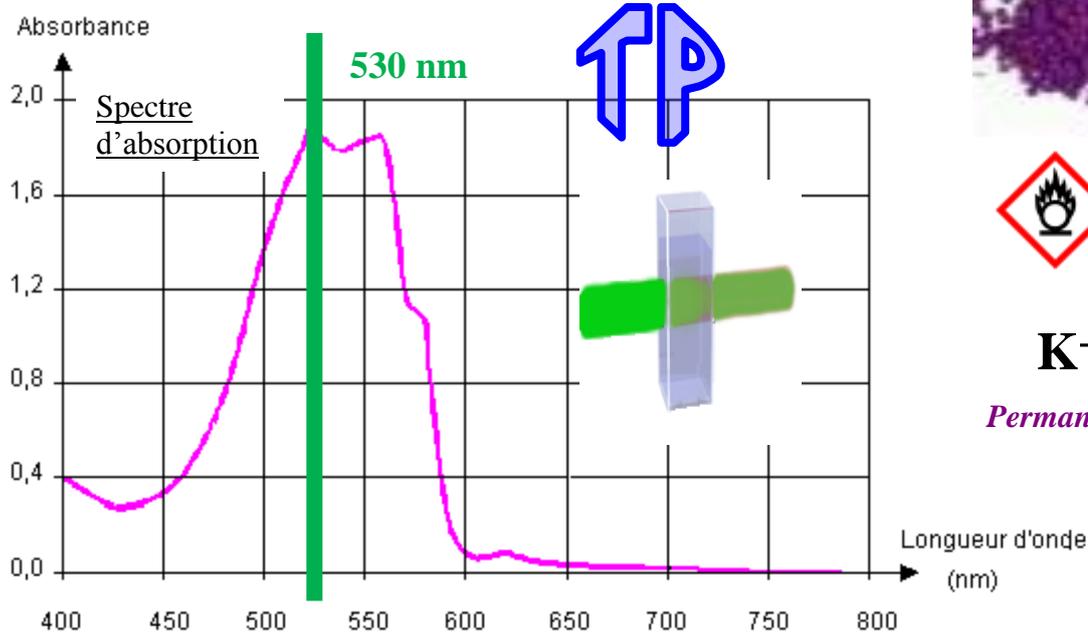
4.2. Dosage de solutions colorées par étalonnage

4.2.1. Loi de Beer-Lambert

⇒ spectrophotomètre



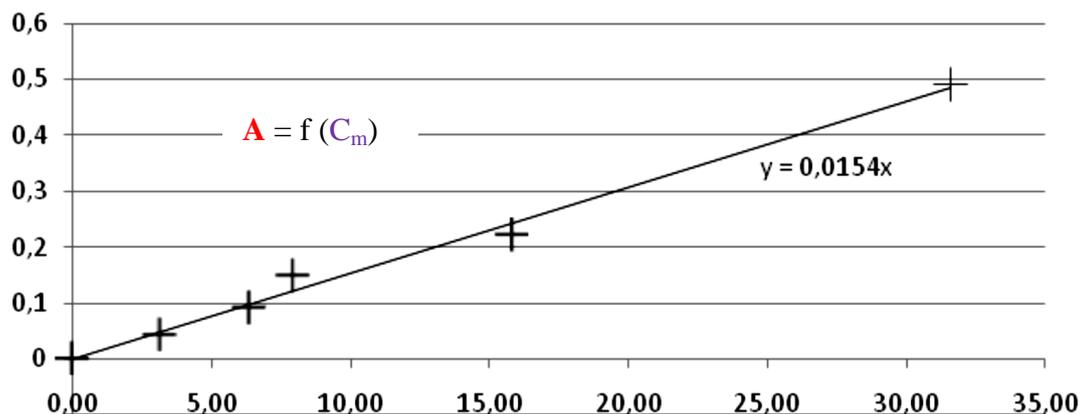
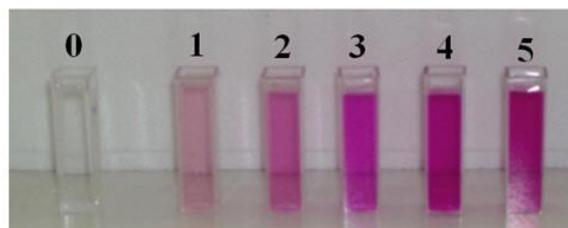
Permanganate de potassium



La solution **absorbe** différemment certaines longueurs d'ondes de la lumière blanche.

⇒ Loi de Beer Lambert

Tube n°	1	2	3	4	5
C (mmol.L ⁻¹)	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
C_m (mg.L ⁻¹)	3,16	4,74	6,32	7,9	9,48



Pour une longueur d'onde λ de 530 nm, on mesure « l'absorbance A » (liée à la lumière absorbée) sur chacune des concentrations de la gamme colorimétrique.

L'échantillon devient « un étalon » auprès duquel on rapproche toute solution inconnue de permanganate de potassium, pour en déterminer la concentration inconnue.

Cette « méthode par étalonnage » atteste de la proportionnalité entre la concentration de la solution et l'absorbance : C'est la Loi de Beer-Lambert.

$$A = k \times C_m \quad \text{Loi de Beer-Lambert}$$

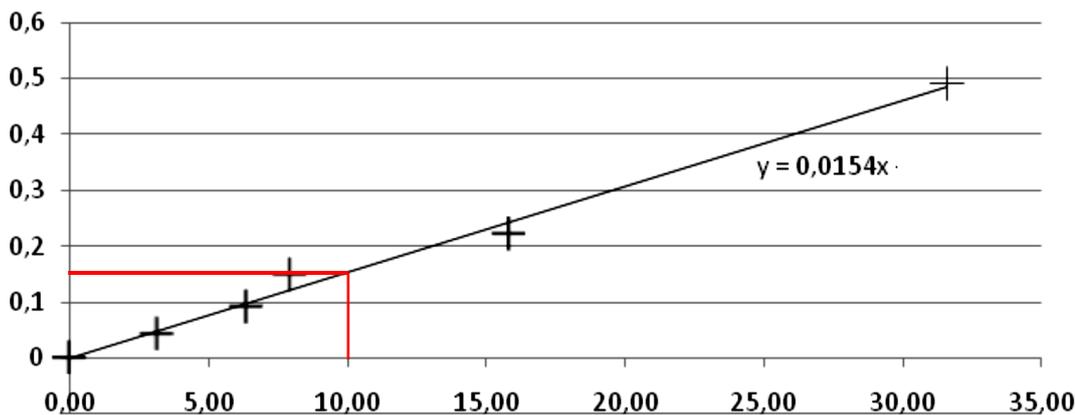
(k constante positive)

4.2.2. Dosage spectrophotométrique



Pour doser une eau de Dakin[®], on procède en deux temps :

- 1 Étalonnage pour déterminer la valeur de k , à partir d'une gamme connue C_m .
- 2 Mesure de l'absorbance de l'eau de dakin et détermination de sa concentration.



La courbe de tendance permet de déterminer la concentration en permanganate de potassium de l'eau de Dakin[®]. On a mesuré l'absorbance $A = 0,153$ soit $C_m = A/k = 0,153/0,0154 = 10,0 \text{ mg.L}^{-1}$.

OBSERVER

Couleurs et images

Comment l'œil fonctionne-t-il ? D'où vient la lumière colorée ? Comment créer de la couleur ?

Couleur, vision et image

<p>L'œil ; modèle de l'œil réduit.</p> <p>Lentilles minces convergentes : images réelle et virtuelle. Distance focale, vergence. Relation de conjugaison ; grandissement.</p> <p>Accommodation.</p> <p>Fonctionnements comparés de l'œil et d'un appareil photographique.</p> <p>Couleur des objets. Synthèse additive, synthèse soustractive. Absorption, diffusion, transmission.</p> <p>Vision des couleurs et trichromie. Daltonisme. Principe de la restitution des couleurs par un écran plat (ordinateur, téléphone portable, etc.).</p>	<p>Décrire le modèle de l'œil réduit et le mettre en correspondance avec l'œil réel. Déterminer graphiquement la position, la grandeur et le sens de l'image d'un objet-plan donnée par une lentille convergente. <i>Modéliser le comportement d'une lentille mince convergente à partir d'une série de mesures.</i> Utiliser les relations de conjugaison et de grandissement d'une lentille mince convergente.</p> <p>Modéliser l'accommodation du cristallin.</p> <p><i>Pratiquer une démarche expérimentale pour comparer les fonctionnements optiques de l'œil et de l'appareil photographique.</i></p> <p>Interpréter la couleur observée d'un objet éclairé à partir de celle de la lumière incidente ainsi que des phénomènes d'absorption, de diffusion et de transmission. Utiliser les notions de couleur blanche et de couleurs complémentaires. Prévoir le résultat de la superposition de lumières colorées et l'effet d'un ou plusieurs filtres colorés sur une lumière incidente. <i>Pratiquer une démarche expérimentale permettant d'illustrer et comprendre les notions de couleurs des objets.</i></p> <p>Distinguer couleur perçue et couleur spectrale. Recueillir et exploiter des informations sur le principe de restitution des couleurs par un écran plat.</p>
---	---

Sources de lumière colorée

<p>Différentes sources de lumière : étoiles, lampes variées, laser, DEL, etc. Domaines des ondes électromagnétiques.</p> <p>Couleur des corps chauffés. Loi de Wien.</p> <p>Interaction lumière-matière : émission et absorption. Quantification des niveaux d'énergie de la matière. Modèle corpusculaire de la lumière : le photon. Énergie d'un photon. Relation $\Delta E = hv$ dans les échanges d'énergie.</p> <p>Spectre solaire.</p>	<p>Distinguer une source polychromatique d'une source monochromatique caractérisée par une longueur d'onde dans le vide. Connaître les limites en longueur d'onde dans le vide du domaine visible et situer les rayonnements infrarouges et ultraviolets.</p> <p>Exploiter la loi de Wien, son expression étant donnée. <i>Pratiquer une démarche expérimentale permettant d'illustrer et de comprendre la notion de lumière colorée.</i></p> <p>Interpréter les échanges d'énergie entre lumière et matière à l'aide du modèle corpusculaire de la lumière. Connaître les relations $\lambda = c/v$ et $E = hv$ et les utiliser pour exploiter un diagramme de niveaux d'énergie.</p> <p>Expliquer les caractéristiques (forme, raies) du spectre solaire.</p>
---	---

Matières colorées

<p>Synthèse soustractive.</p> <p>Colorants, pigments ; extraction et synthèse.</p> <p>Réaction chimique : réactif limitant, stœchiométrie, notion d'avancement.</p> <p>Dosage de solutions colorées par étalonnage. Loi de Beer-Lambert.</p>	<p>Interpréter la couleur d'un mélange obtenu à partir de matières colorées.</p> <p><i>Pratiquer une démarche expérimentale mettant en œuvre une extraction, une synthèse, une chromatographie.</i></p> <p>Identifier le réactif limitant, décrire quantitativement l'état final d'un système chimique.</p> <p>Interpréter en fonction des conditions initiales la couleur à l'état final d'une solution siège d'une réaction chimique mettant en jeu un réactif ou un produit coloré.</p> <p><i>Pratiquer une démarche expérimentale pour déterminer la concentration d'une espèce colorée à partir d'une courbe d'étalonnage en utilisant la loi de Beer-Lambert.</i></p>
<p>Molécules organiques colorées : structures moléculaires, molécules à liaisons conjuguées.</p> <p>Indicateurs colorés.</p> <p>Liaison covalente. Formules de Lewis ; géométrie des molécules. Rôle des doublets non liants. Isomérie Z/E.</p>	<p>Savoir que les molécules de la chimie organique sont constituées principalement des éléments C et H.</p> <p>Reconnaître si deux doubles liaisons sont en position conjuguée dans une chaîne carbonée.</p> <p>Établir un lien entre la structure moléculaire et le caractère coloré ou non coloré d'une molécule.</p> <p><i>Repérer expérimentalement des paramètres influençant la couleur d'une substance (pH, solvant, etc.).</i></p> <p>Décrire à l'aide des règles du « duet » et de l'octet les liaisons que peut établir un atome (C, N, O, H) avec les atomes voisins.</p> <p>Interpréter la représentation de Lewis de quelques molécules simples.</p> <p>Mettre en relation la formule de Lewis et la géométrie de quelques molécules simples.</p> <p>Prévoir si une molécule présente une isomérie Z/E.</p> <p>Savoir que l'isomérisation photochimique d'une double liaison est à l'origine du processus de la vision.</p> <p><i>Mettre en œuvre le protocole d'une réaction photochimique.</i></p> <p><i>Utiliser des modèles moléculaires et des logiciels de modélisation.</i></p> <p>Recueillir et exploiter des informations sur les colorants, leur utilisation dans différents domaines, et les méthodes de détermination des structures (molécules photochromes, indicateurs colorés, peintures, etc.).</p>