

Les péripéties d'un rayon lumineux arrivant sur terre

Monsieur pourquoi est-ce que ?

Un jeu de lumière ludique ... quand la matière s'illumine

Le feu d'artifice.

Les péripéties d'un rayon lumineux arrivant de l'espace

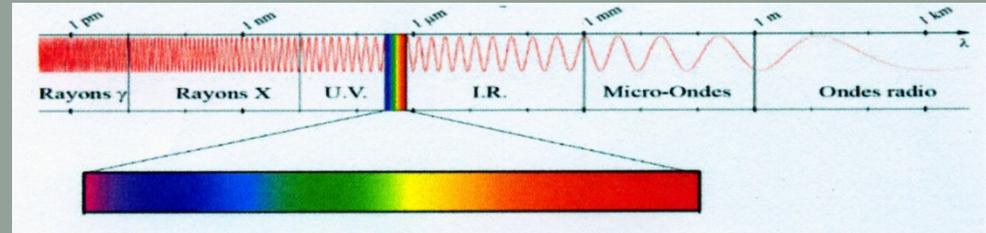
Curiosité d'un enfant qui découvre le monde :

Dis Monsieur ... pourquoi le ciel est noir dans l'espace et bleu depuis la terre ... pourquoi le soleil change de couleur et rougit quand il se couche ... mais pourquoi donc l'herbe est verte ?

Je vous propose de vous conduire sur le parcours d'un rayon lumineux venant de l'espace, pour vous parler de **sa responsabilité dans la couleur de l'objet qu'il rencontre.**

Dis Monsieur : « *pourquoi est-ce que* » le soleil est blanc dans l'espace alors que le milieu intersidéral reste noir

Le soleil dans l'espace émet un **spectre électromagnétique** dont une faible partie nous est seulement visible.



La lumière solaire est **blanche**. Elle est la résultante des autres lumières visibles qui composent ce spectre.

L'espace intersidéral reste noir. Les rayons lumineux ne sont pas visibles lorsqu'ils progressent dans le vide vers la terre. Et pourtant ils nous arrivent !



La Terre et le Soleil vus de l'espace

Thermosphère

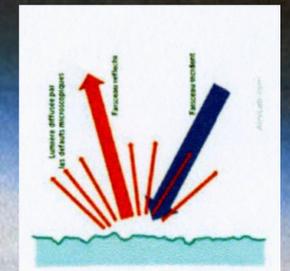
Mésosphère

Stratosphère

Troposphère

Zone chimiquement très active
(*photodissociation*)

Diffusion
moléculaire
Rayleigh





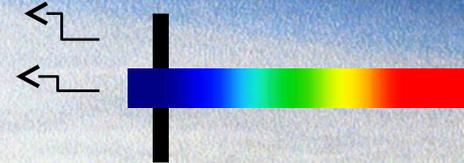
Composition moléculaire de la stratosphère

O₂, N₂, O₃, O₂, H₂O ... Et autres Polluants CFC

50
km
20

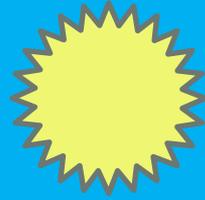


Une partie des UV sont diffusés (*Rayleigh*)
L'autre partie est absorbée avec incidence
thermique
Rôle moteur des UVC et UVB → O₃

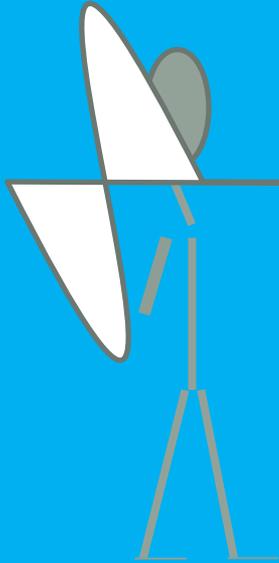


Les rayons transmis restants quittent la
ceinture bleue amputés des UV les plus
énergétiques (UVC, 95 % UVB)

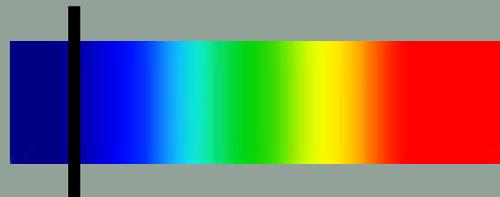
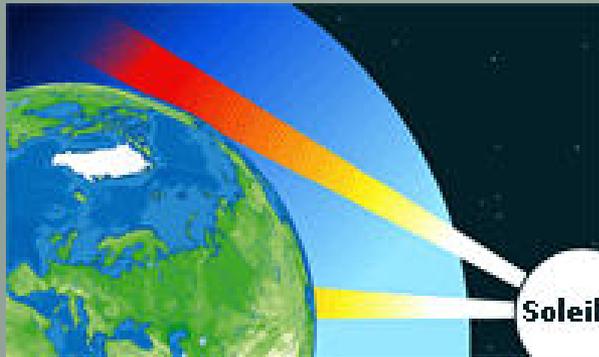
Au zénith



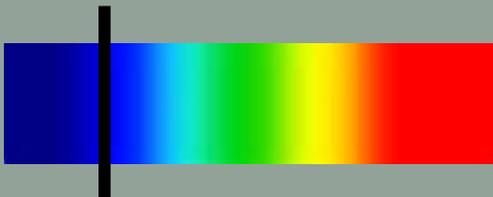
Le soleil qui a perdu une partie de son spectre UV
nous apparaît légèrement jaune.
En échange la diffusion UV nous offre un ciel bleu



Pourquoi ciel et soleil rougissent au couchant



Au zénith



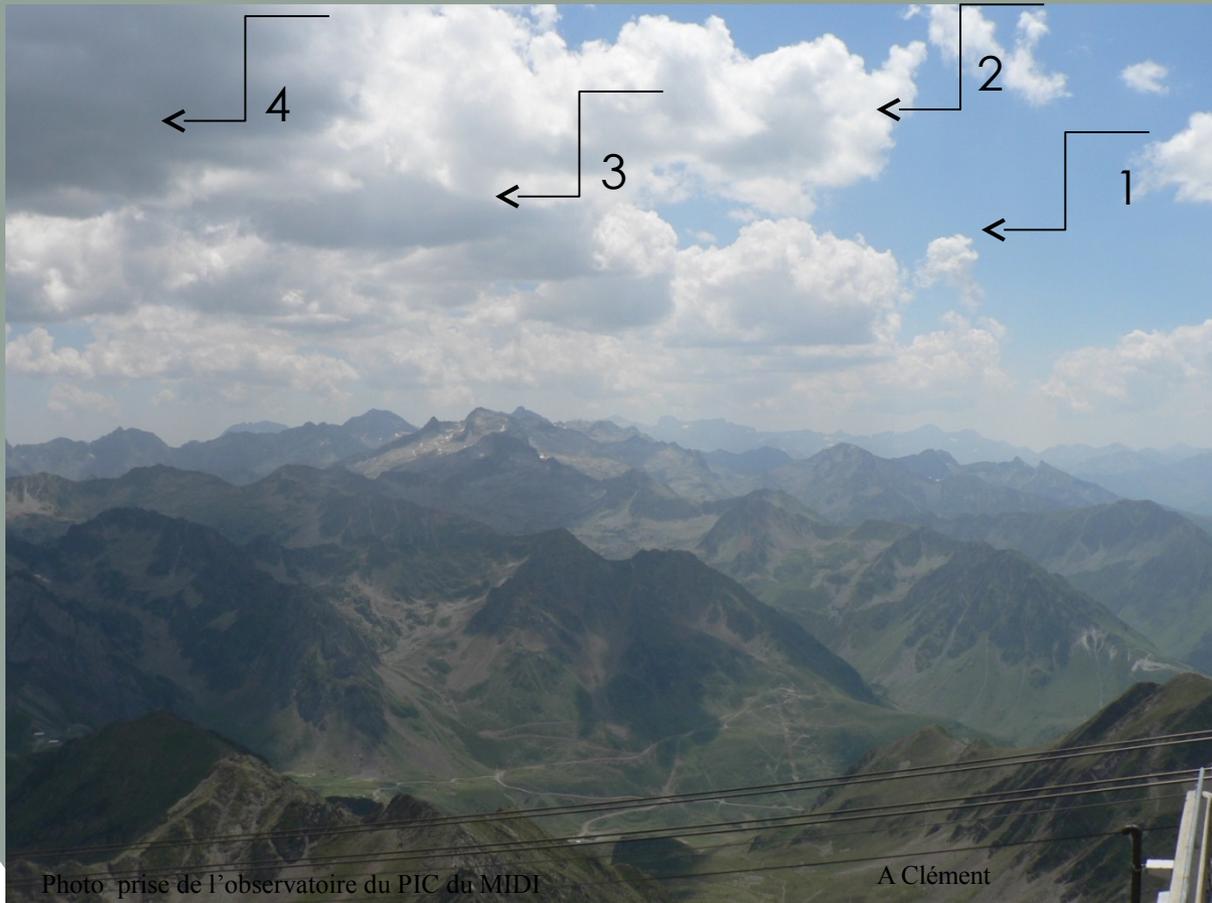
Au couchant



Dis Monsieur ... pourquoi les nuages sont blancs, noirs et gris

C'est le jeu de lumière avec l'eau des nuages . Elle est dans ses 3 états
(gazeux, liquide et solide)

la lumière solaire réagit en fonction de la nature de l'objet qu'elle rencontre



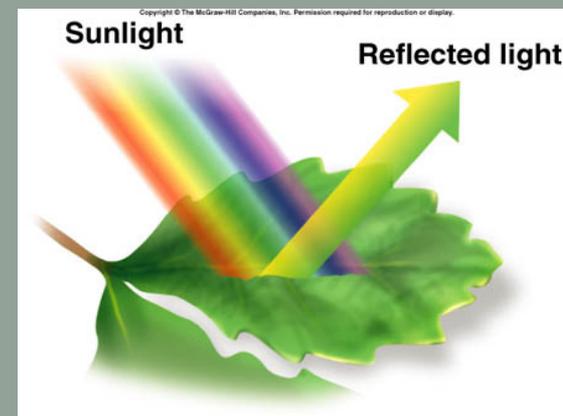
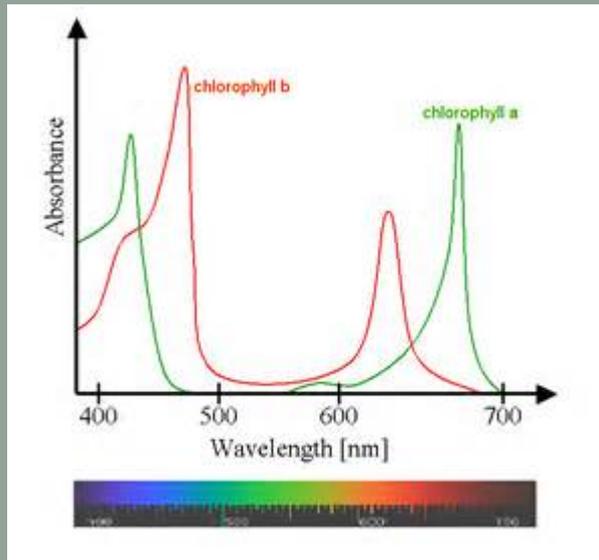
- 1 légère diffusion
- 2 diffusion - réflexion
- 3 diffusion - absorption
- 4 absorption totale

Dis Monsieur ...

Pourquoi les Végétaux se présentent-ils en habit vert ?



Les plantes ont besoin de lumière solaire pour se développer. La molécule de chlorophylle qu'elles renferment leur assure cette croissance grâce à ses deux *pigments*. Ceux-ci absorbent toutes les radiations du spectre visible sauf *la partie* « *vert-jaune* ». Cette dernière non absorbée sera réfléchi.



- C'est la lumière renvoyée par l'objet qui sera responsable de sa couleur.

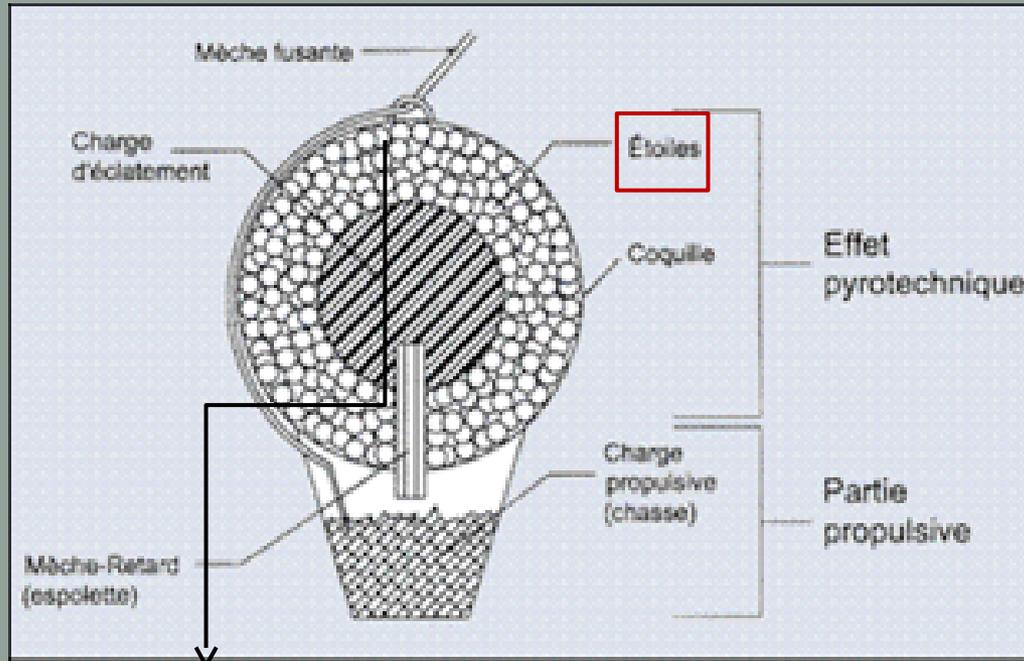
L'objet n'a pas de couleur propre



Quand la Matière s'illumine



A la recherche de l'outil spectral
la Bombe du feu d'artifice



Vers l'interaction de la
lumière et de la matière

Les étoiles emprisonnent les atomes
les plus utilisés Zn, K, Sr Ca Na Ba Mg



Comment une telle explosion provoque
cette débauche de lumière

C'est parce que
la matière s'exprime
en révélant la qualité des atomes qui la
compose

Sur l'origine de la lumière du feu d'artifice

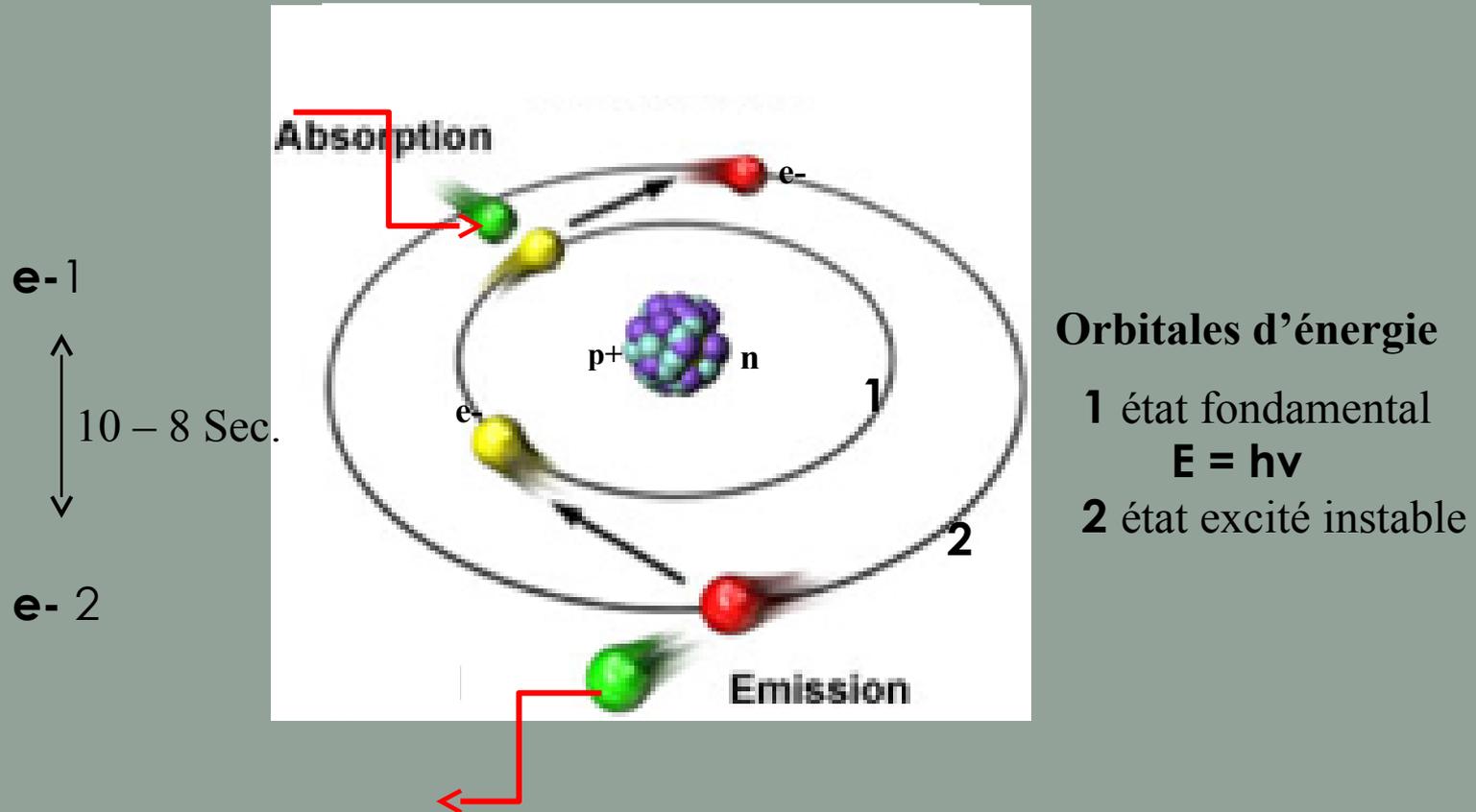
L'effet de lumière est engendré par deux phénomènes majeurs :

- Une incandescence est créée par l'explosion de la bombe. Elle émet de la lumière dissipant une très forte énergie aux atomes du milieu.

- Les atomes réagissent par une absorption d'énergie spécifique à chacun d'eux, énergie qui les rend instables. Un retour rapide à la stabilité se manifeste alors par une émission lumineuse de photons « colorés » caractéristiques de leur identité.

Introduisons nous au sein de l'atome ...

Ce sont les électrons de l'atome qui gouvernent l'absorption d'énergie et l'émission de lumière



Cependant ... la réalité est ... plus complexe

Pour un **même atome** on observe de multiples transferts d'énergie conduisant à l'émission de **diverses couleurs, couleurs** qui lui sont **spécifiques** et qui permettront de l'identifier.

La résultante de ces diverses couleurs caractérisera *in fine* la couleur globale générée par l'atome.

Atomes emprisonnés
dans la bombe

Ca

Cu

Sr

Ba

K

Mg

Zn

Couleurs observées *in fine*
du feu d'artifice

Orangé rouge

Vert

Rouge

Vert pâle-Jaune

Lilas

Blanc

Bleu

Que nous enseigne le feu d'artifice ?



Il nous révèle
l'identité des atomes
qui le compose.

- De nombreux atomes peuvent ainsi signer **leur identité qualitative et quantitative** avec certitude.
- Cette propriété d'absorption et d'émission atomique sera mise en application en chimie analytique sous l'appellation de Spectrométrie Optique d'Emission Atomique et de Spectrométrie d'Absorption Atomique.

*Que retenir de notre promenade
colorée*

Les objets que l'on perçoit ne possèdent pas de couleur propre.

*Certains atomes soumis à une énergie extérieure adaptée signent leur
identité ... à l'image de ce que peut représenter pour chacun de nous
l'ADN.*

Je vous remercie de votre attention





Origine de la couleur : les raies spectrales d'absorption et d'émission atomique

Spectre continu

L'énergie absorbée
(*quanta*) $E = h \nu$
Planck -Einstein

E_{ev}

Atome

1 $E_1 = h \nu_1$

2 $E_2 = h \nu_2$

3 $E_3 = h \nu_3$

4 $E_4 = h \nu_4$

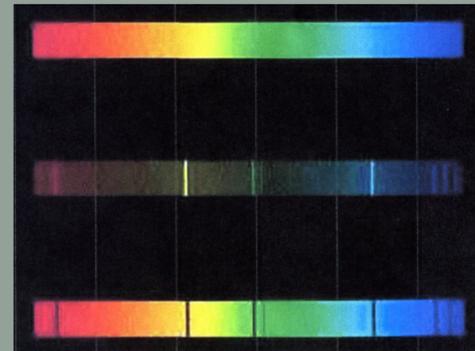
5 $E_5 = h \nu_5$

Niveaux énergétiques

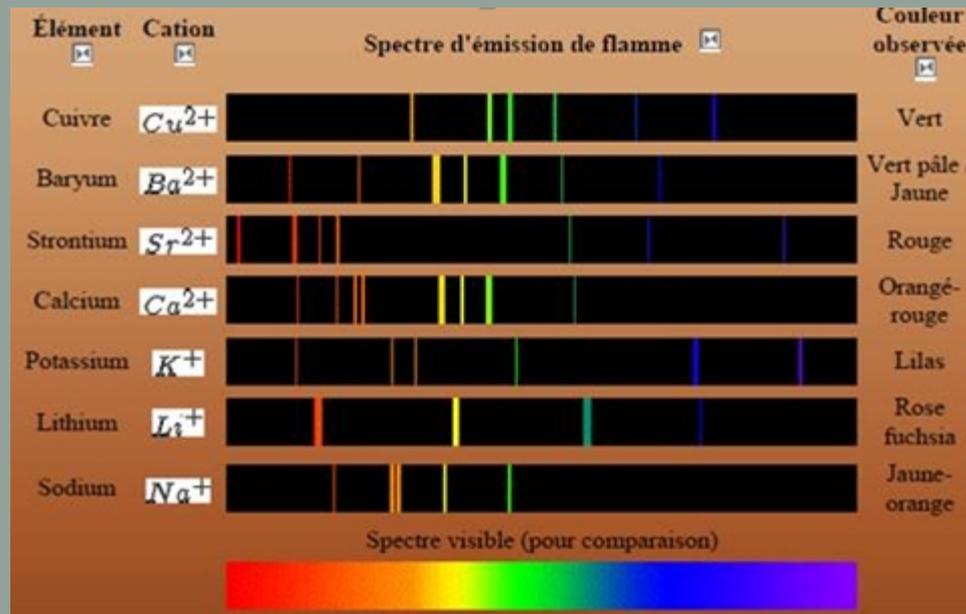
En présence du spectre électromagnétique l'atome va se mettre en capacité d'absorber des *quanta d'énergie* $h \nu$ qu'il restituera sous la forme de raies monochromatiques d'absorption puis d'émission signant ainsi son identité.

émission

absorption



Spectre d'émission des éléments d'un feu d'artifice



Que représente les couleurs observées *in situ* du feu d'artifice ?

Chaque atome apparaîtra sous la couleur résultante de ses diverses raies monochromatiques

La Couleur d'un Objet

La couleur d'un objet a pour origine l'excitation des atomes et des molécules de sa matière par le rayonnement électromagnétique de la lumière qu'il reçoit.

La couleur doit donc sa naissance à l'interaction « Lumière - Matière »

Conséquence :

- L'objet n'apparaît que s'il est éclairé et de la manière dont il est éclairé
- Sa couleur sera la manifestation visible d'effets liés à la nature de la lumière qu'il reçoit et à la structure de sa matière

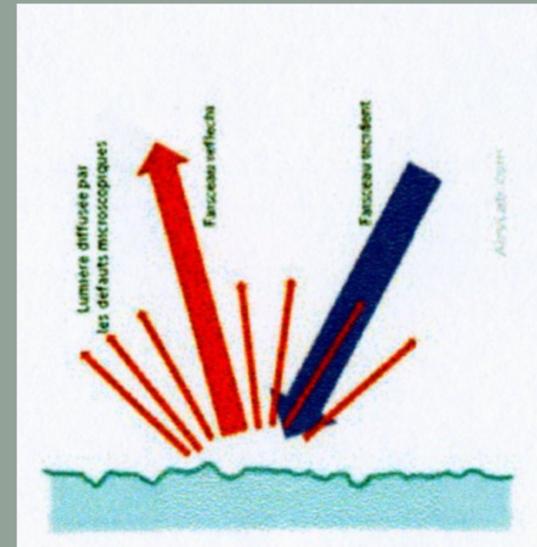
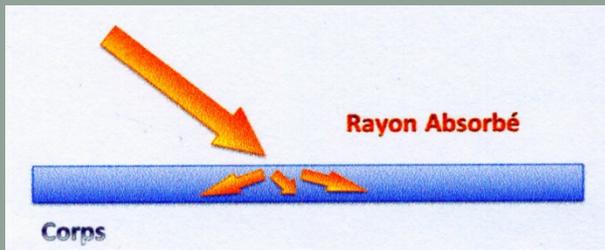
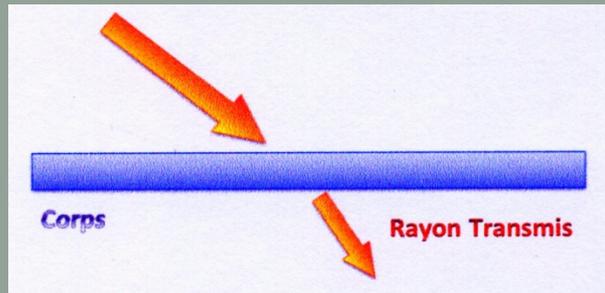
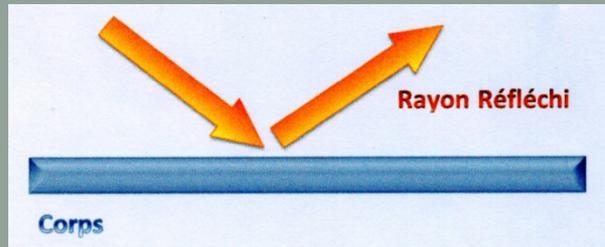
Quelques Généralités sur...

Le rayon lumineux à l'impact de la matière

Réflexion, Transmission, Réfraction, **Diffusion**,
Impact énergétique (*Absorption – Emission*)

Réflexion, Transmission, Absorption

Diffusion



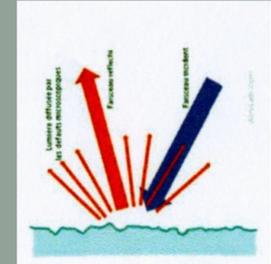
Surface réfléchissante médiocre



Surface réfléchissante gazeuse

Complicité d'un rayon lumineux à l'impact de la matière : La diffusion

La diffusion de la lumière, naît après impact sur la matière.
Elle est déviée dans toutes directions



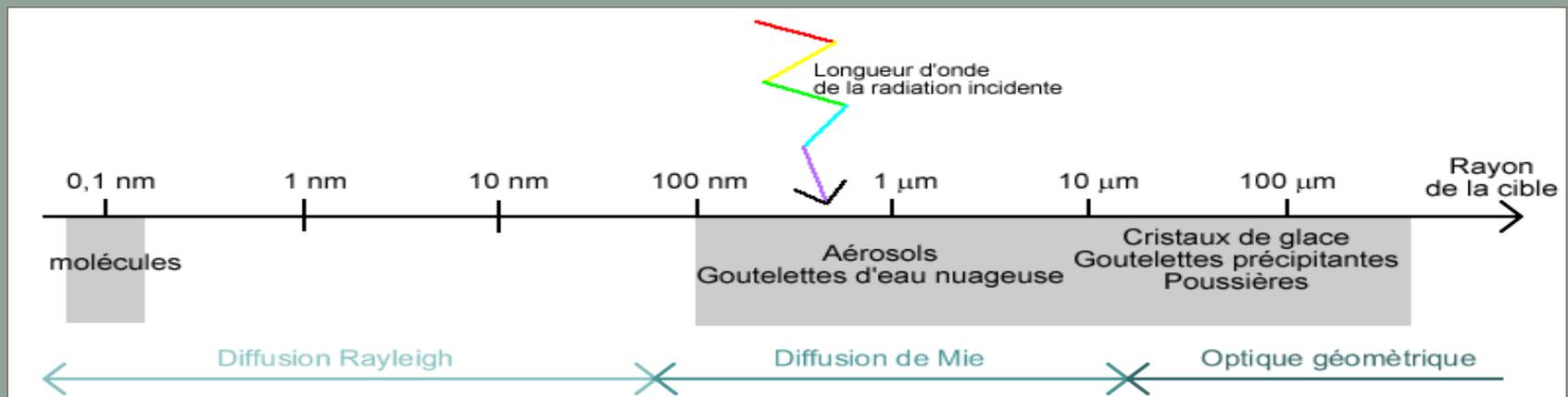
On distingue deux types de diffusion

La diffusion de Rayleigh

Concerne l'impact de la radiation sur des molécules isolées de faible cible $D \geq \lambda$

La diffusion de Mie

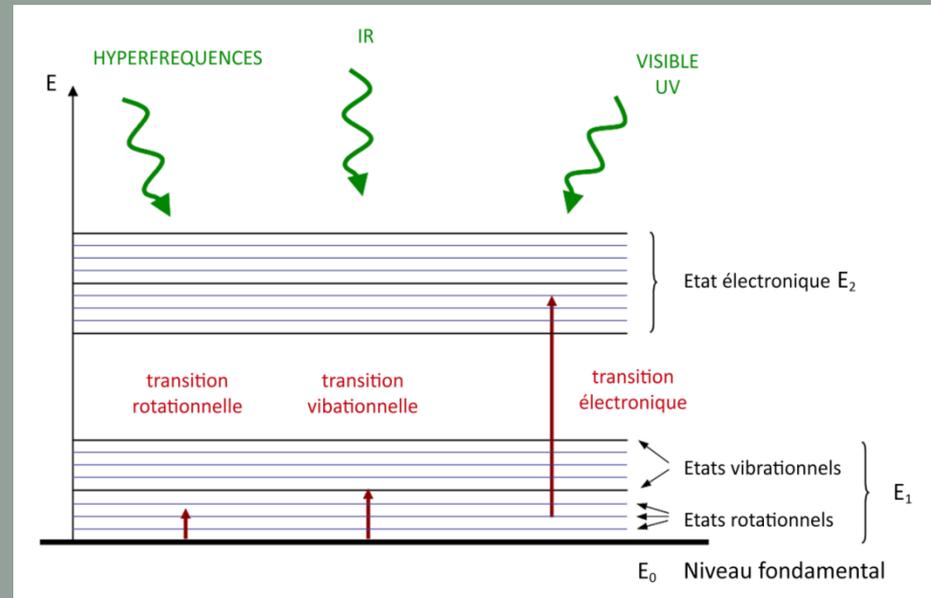
Concerne l'impact sur ensemble des molécules associées de cible importante $D \gg \lambda$



Impact du spectre électromagnétique sur la matière

Les atomes et molécules réagissent à leur manière à l'émission d'un spectre électromagnétique ...

Nous nous intéresserons au spectre UV visible agissant sur l'état électronique de la matière



Et ... si on fabriquait notre nuage
Le nuage anthropique

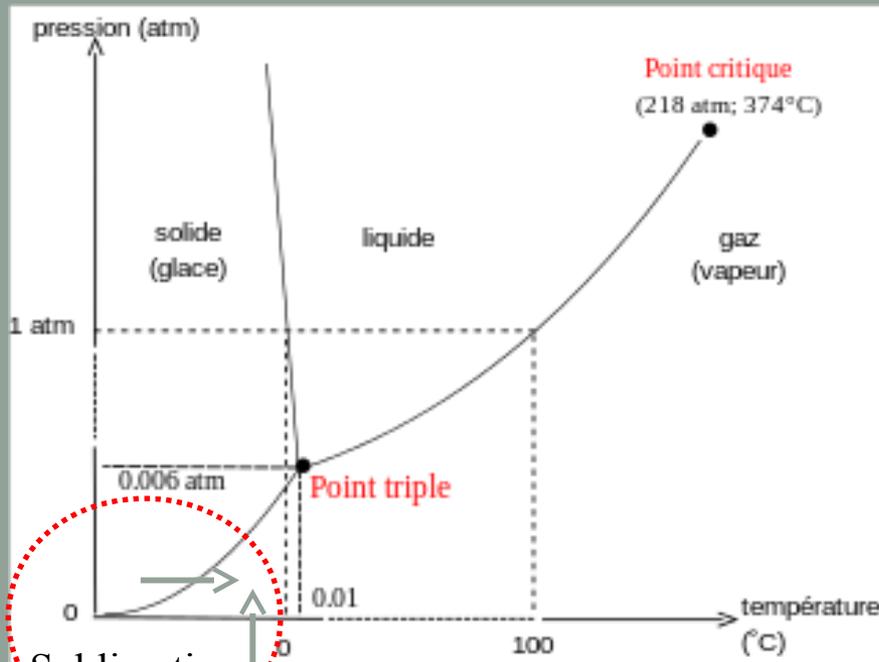


Diagramme P/T de l'eau



- Sortie des gaz (Diffusion de Rayleigh)
- Solidification (Diffusion de Mie)
- Sublimation (Diffusion de Rayleigh)

L'état de l'atome sous l'influence de l'énergie ϵ

$$E = h\nu = hc / \lambda$$

Absorption \rightarrow Emission

$E_p > E_n : 10^{-8}$ Sec

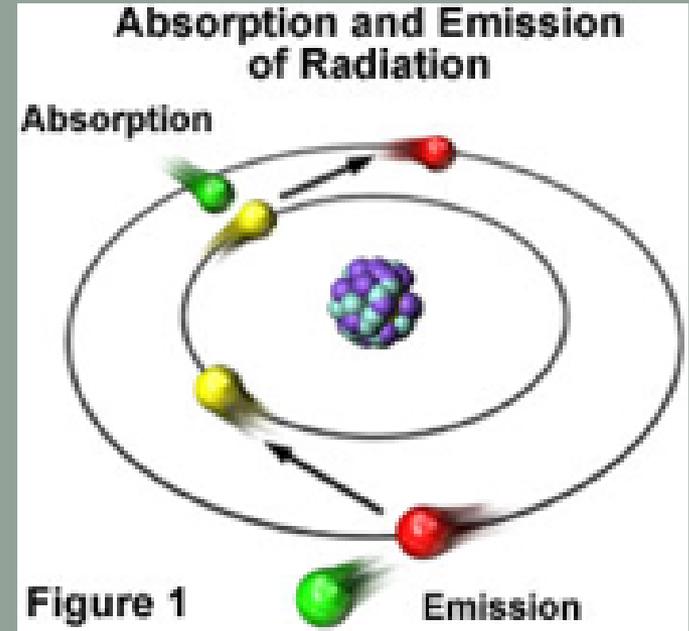
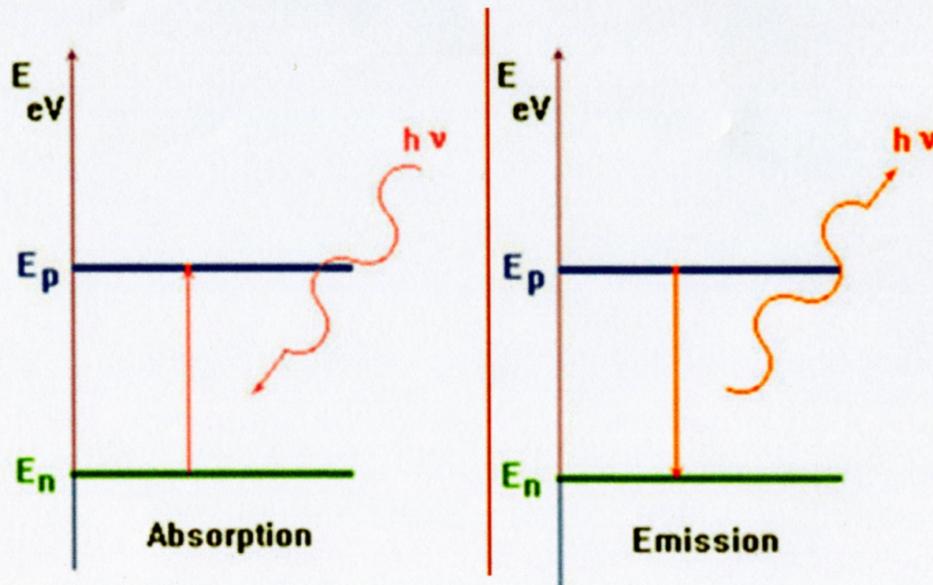
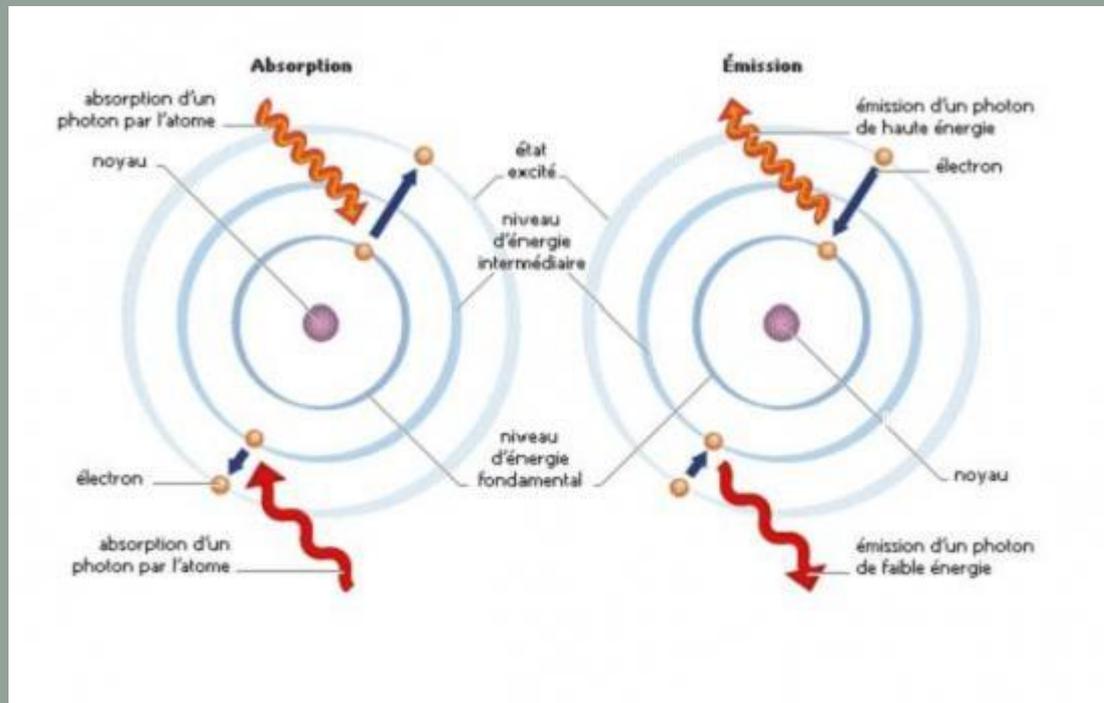


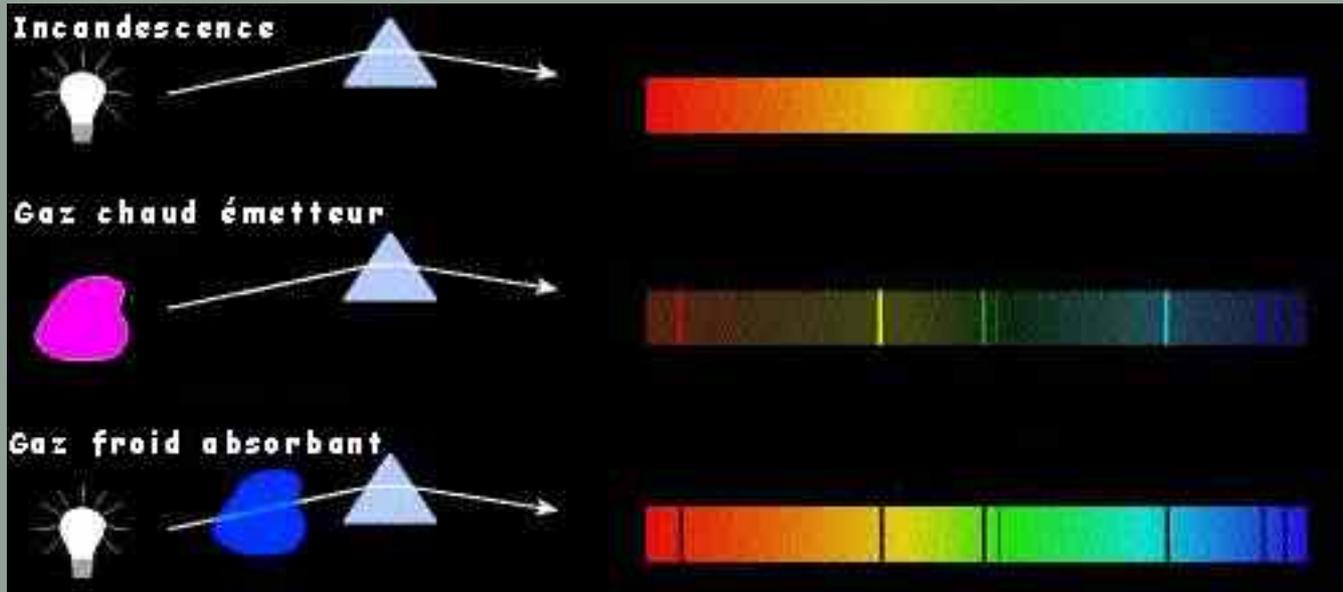
Figure 1

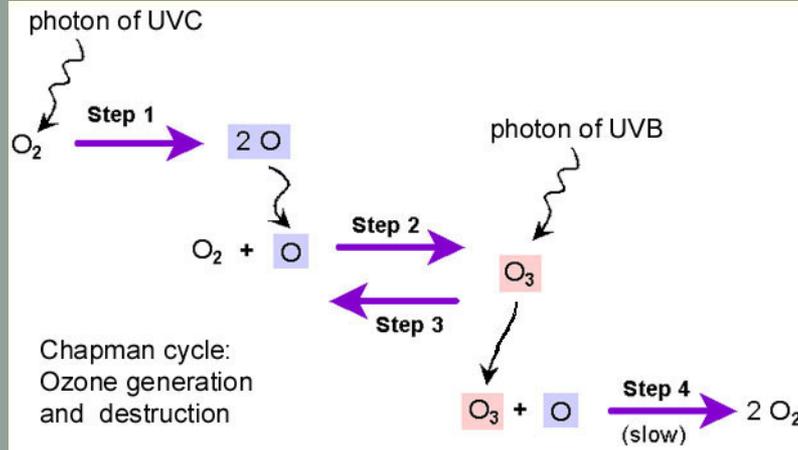
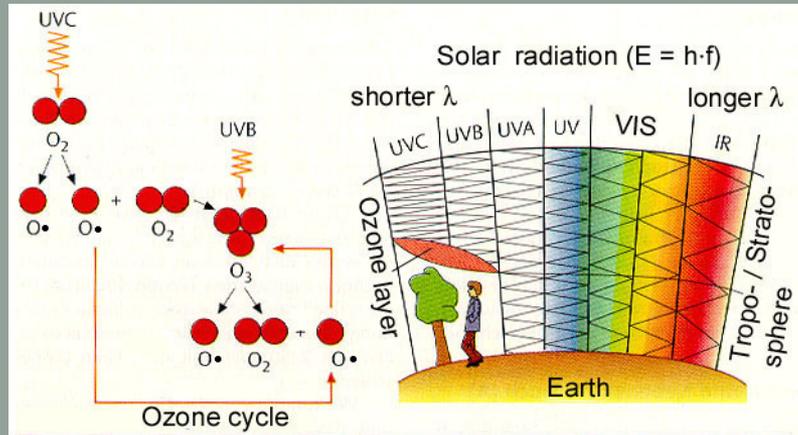
E_p : état métastable

E_n : état fondamentale

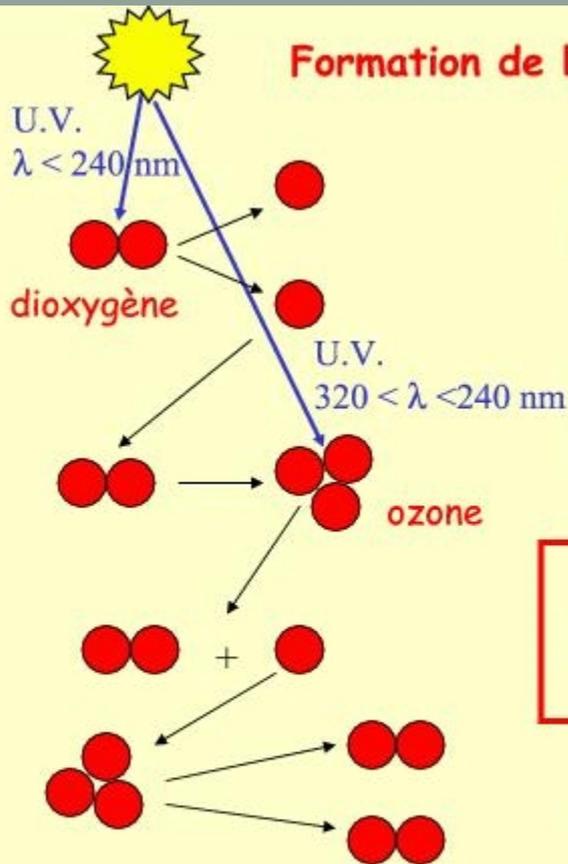
Configuration schématique de l'état d'absorption et d'émission d'un atome en relation avec ses orbitales électroniques



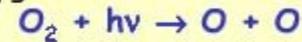




Formation de l'ozone stratosphérique: le cycle Chapman



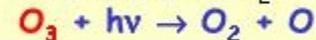
L'ozone se forme dans la **stratosphère** à une altitude supérieure à 30 km où le rayonnement UV de longueur d'onde inférieure à 240 nm dissocie lentement le dioxygène :



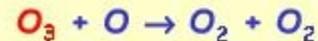
L'atome d'oxygène O réagit rapidement avec le dioxygène, en présence d'une tierce molécule M (une autre molécule de O₂, ou N₂) pour former de l'ozone



La molécule d'ozone formée absorbe le rayonnement UV entre 240 et 320 nm et peut se décomposer pour reformer O et O₂:

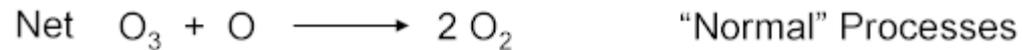
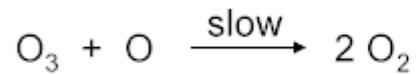
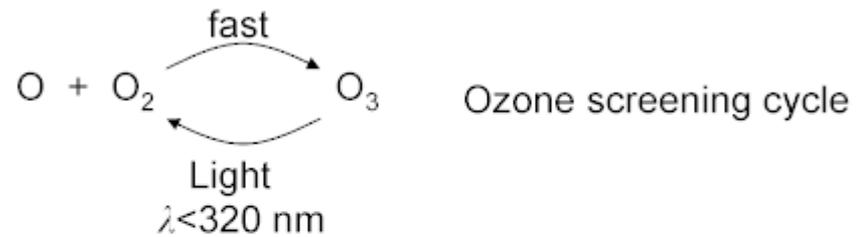
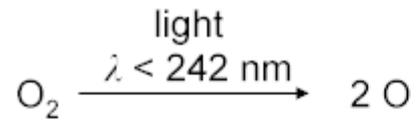


L'ozone peut aussi réagir avec l'atome d'oxygène pour redonner du dioxygène :

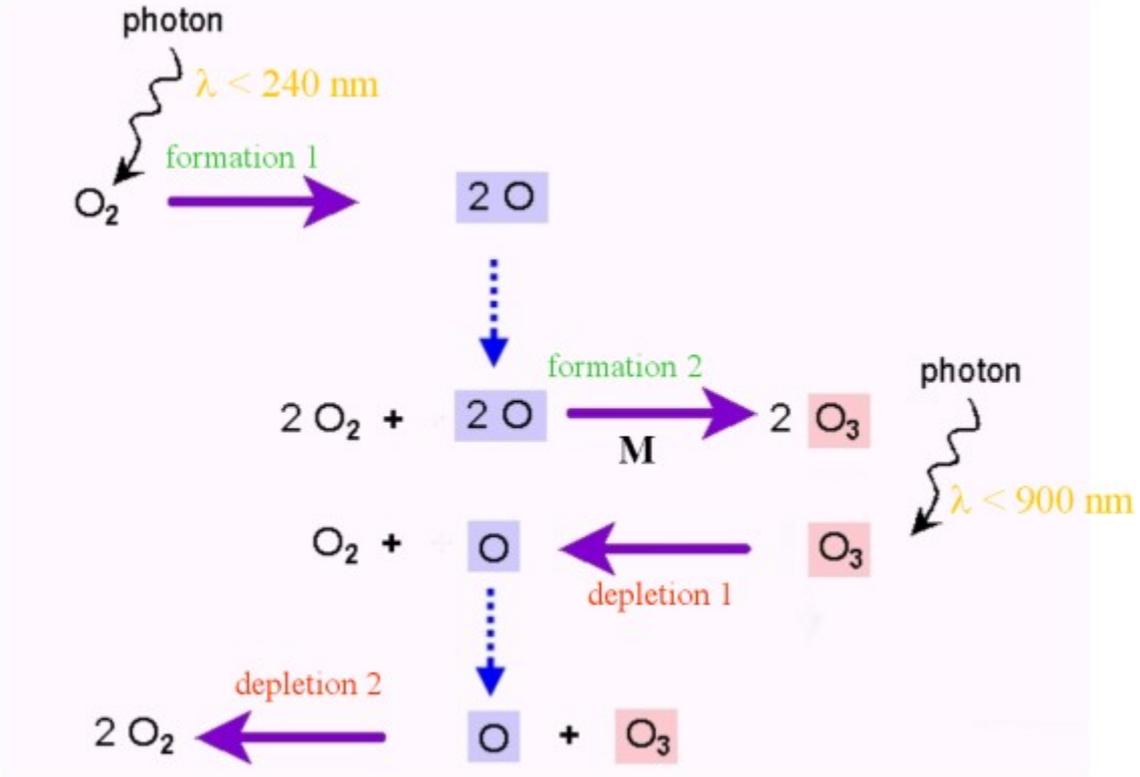


La quantité d'ozone dans la stratosphère résulte donc d'un **équilibre entre formation et destruction naturelles**. La **destruction** peut être **accentuée** par d'autres réactions chimiques avec, par exemple, **le chlore provenant des CFC**.

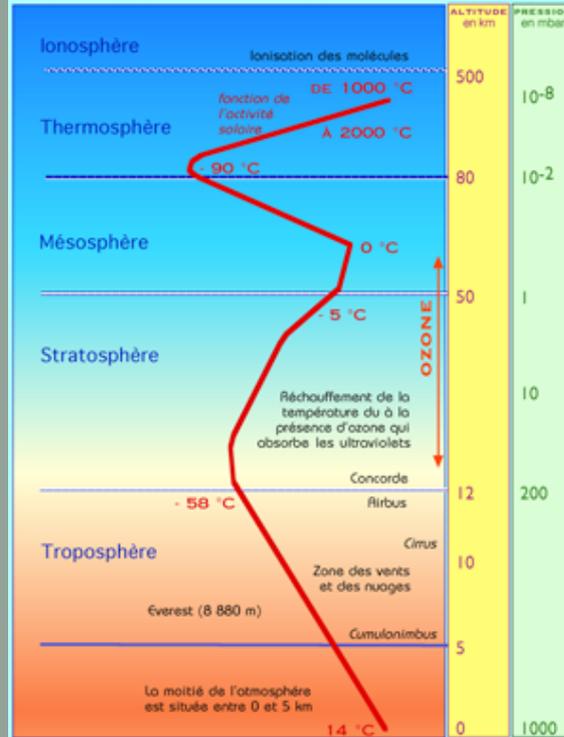
CHAPMAN CYCLE

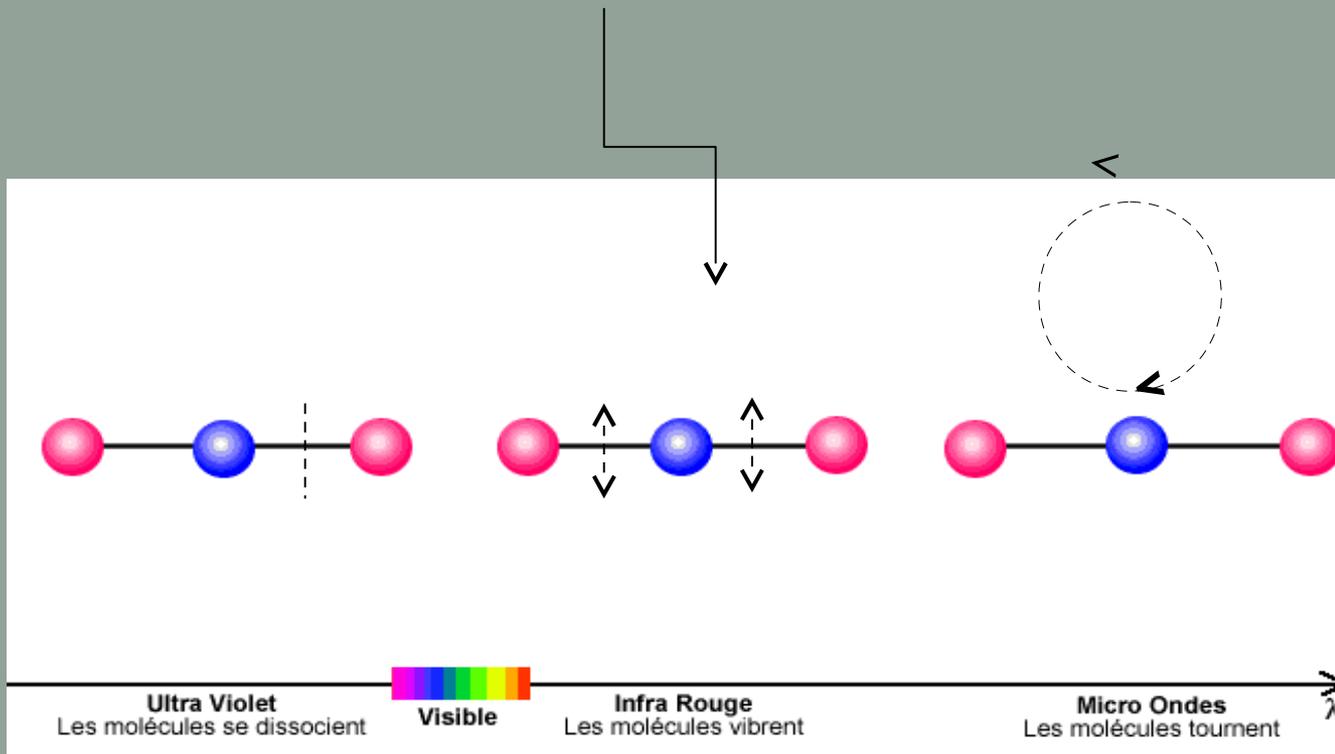


Couleurs Effets	Éléments	Composées + Formules Chimiques
Bleu	Zinc	Poudre de Zinc (Zn)
Violet	Potassium	Nitrate (KNO ₃) , Chlorate (KClO ₃)
Rouge	Strontium Lithium	Nitrate de strontium (Sr(NO ₃) ²) , Oxyde de strontium (SrO) , Hydroxyde de strontium (Sr(OH) ²) ...
Orange	Calcium	Nitrate de calcium (Ca(NO ₃) ₂)
Jaune	Sodium	Oxalate de sodium (Na ₂ C ₂ O ₄) , Oxyde de sodium (Na ₂ O) , Nitrate de sodium (NaNO ₃)
Vert	Baryum Cuivre	Nitrate de baryum (Ba(NO ₃) ²) , Chlorure de baryum (BaCl ₂), Chlorure cuivreux (CuCl), Sulfate de cuivre (CSO ₄)
Blanc	Magnésium Aluminium	Poudre de magnésium (Mg) Poudre d'aluminium (Al)
Doré	Fer Carbone Souffre	Limaille de fer (Fe) Charbon (C) S
Argenté	Titane Aluminium	Poudre de titane (Ti) Poudre d'aluminium (Al)
Scintillant	Antimoine	Composé toxique (Sb)
Étincelles	Aluminium	Granules d'aluminium (Al)
Fumées	Zinc	Poudre de zinc (Zn)



UNE COUPE DE L'ATMOSPHÈRE TERRESTRE





Le ciel bleu

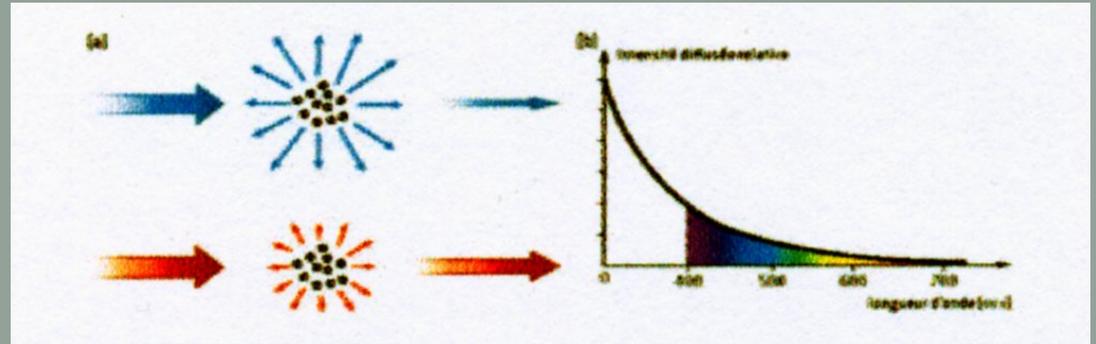
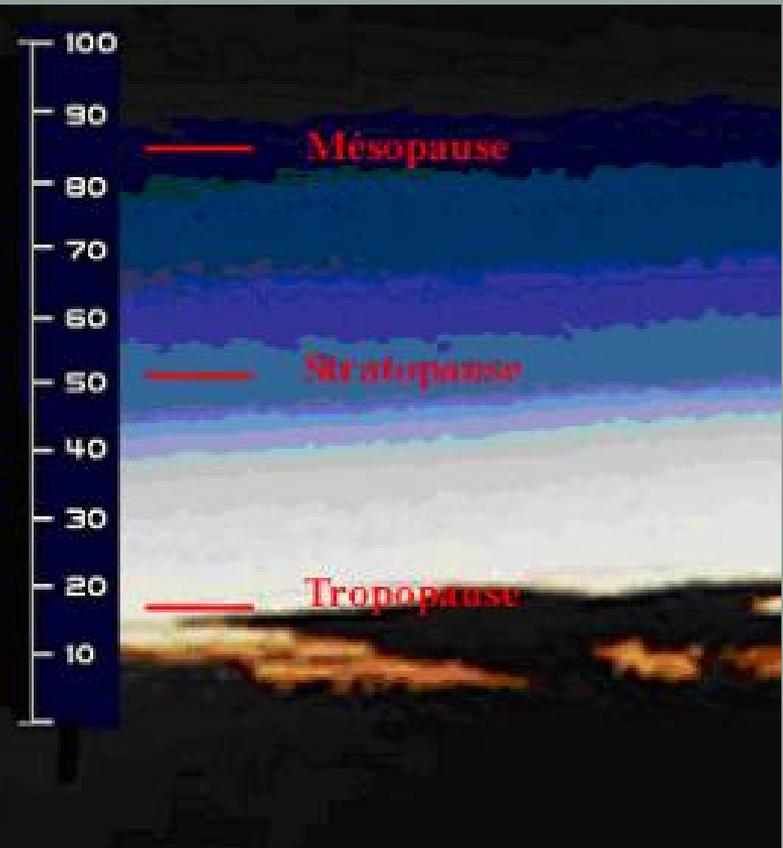
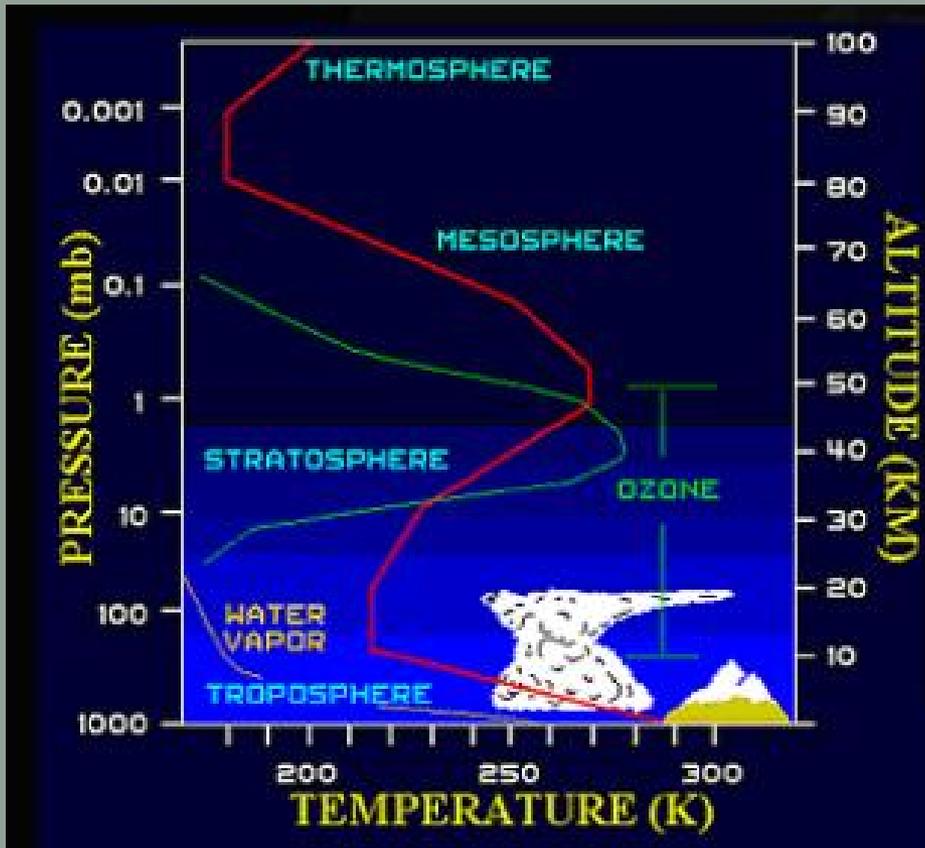
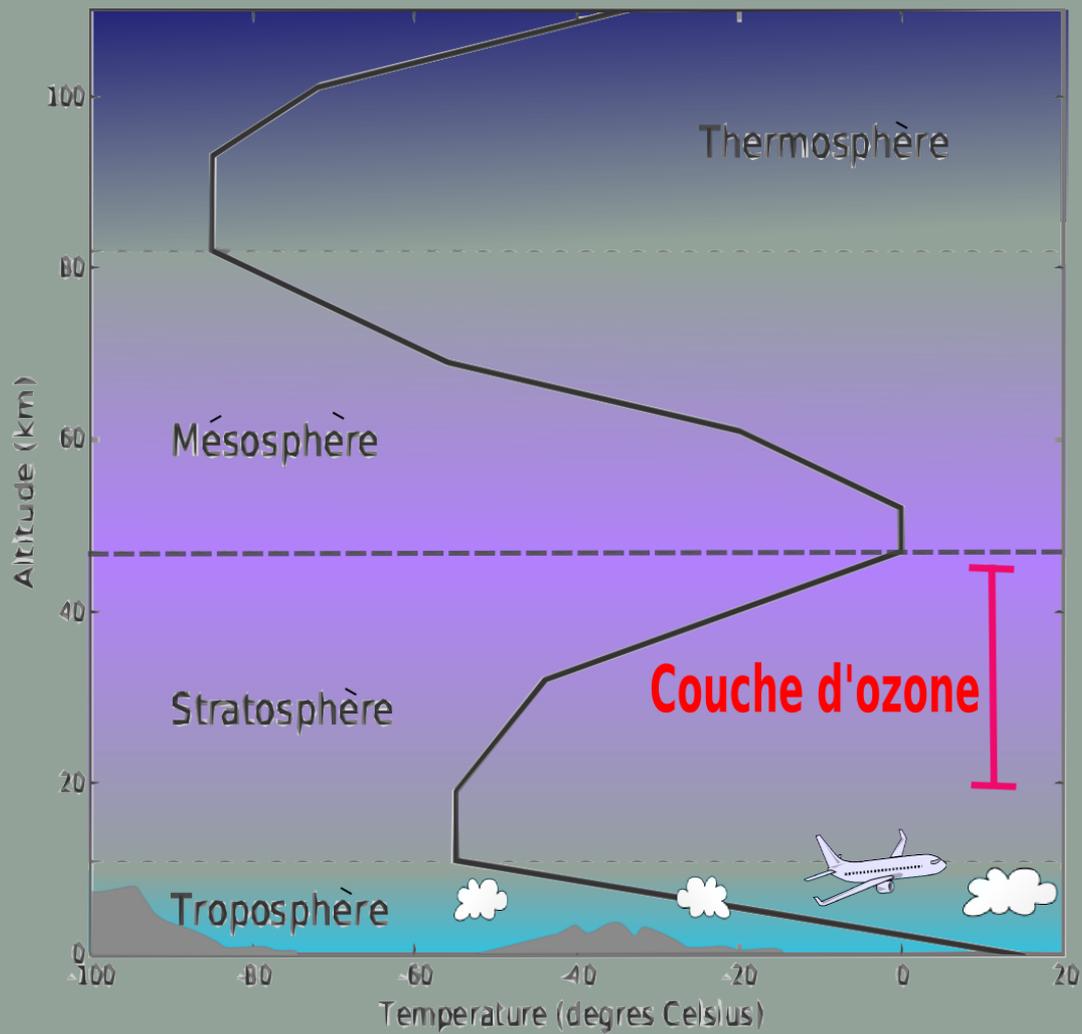
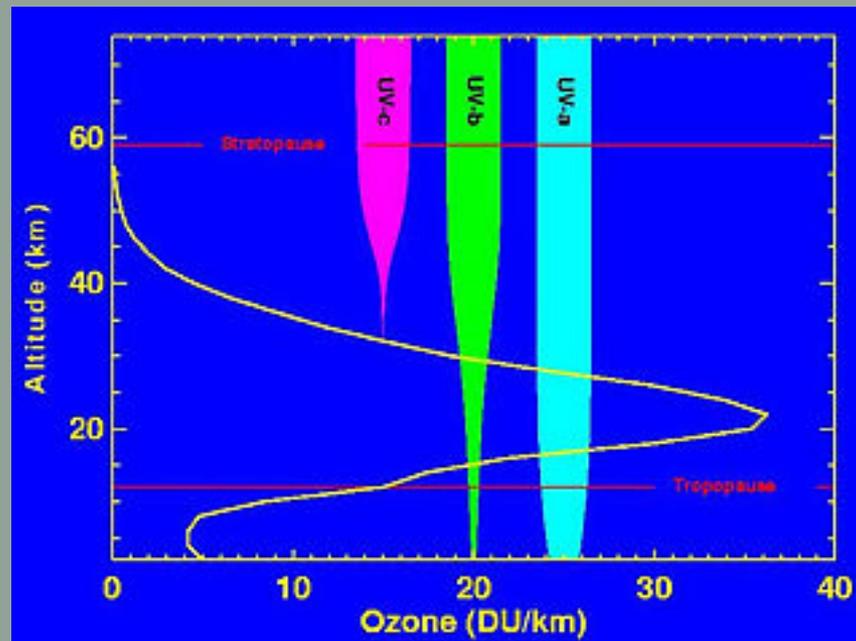


Tableau périodique des éléments

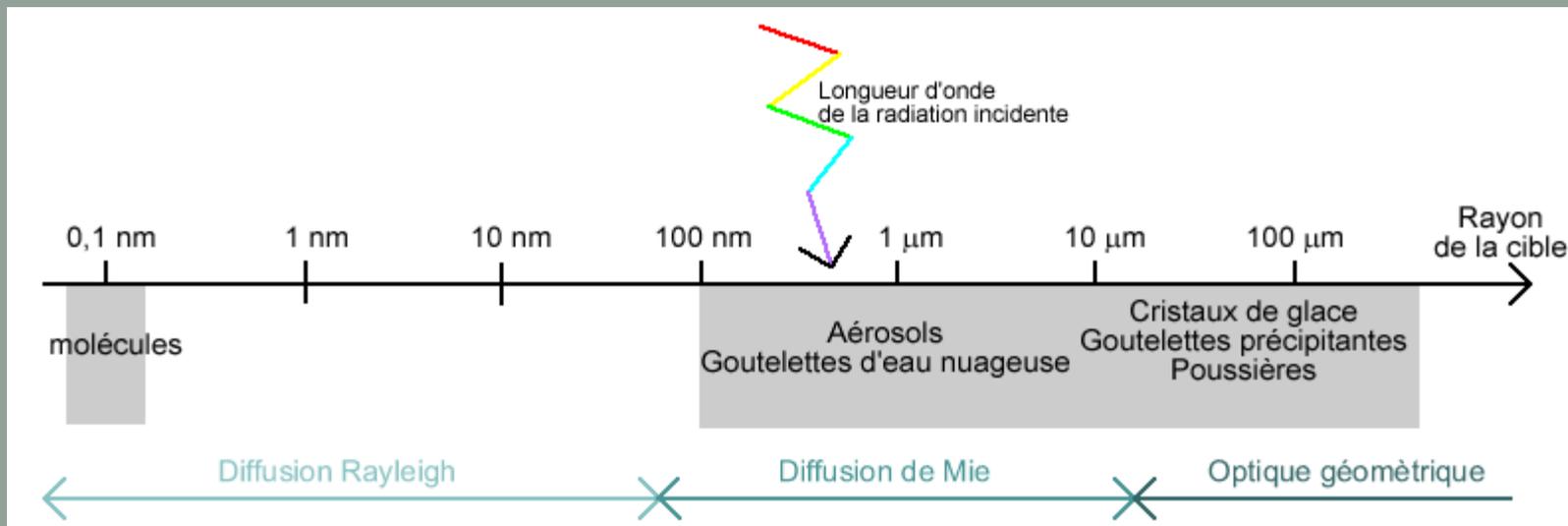
																		1 (Ia)																							18 (VIIa)				
																		✕																							✕				
																		1																							2				
																		H Hydrogène																							He Hélium				
																		2 (IIa)																							10				
																		✕																							✕				
																		3																							8				
																		Li Lithium																							Ne Néon				
																		Be Béryllium																							Ar Argon				
																		11																							18				
																		Na Sodium																							Kr Krypton				
																		Mg Magnésium																							Xe Xénon				
																		12																							36				
																		✕																							✕				
																		19																							54				
																		K Potassium																							Rn Radon				
																		20																							86				
																		Ca Calcium																							Og Oganesson				
																		21																							118				
																		Sc Scandium																							119				
																		22																							120				
																		Ti Titane																							121				
																		23																							122				
																		V Vanadium																							123				
																		24																							124				
																		Cr Chrome																							125				
																		25																							126				
																		Mn Manganèse																							127				
																		26																							128				
																		Fe Fer																							129				
																		27																							130				
																		Co Cobalt																							131				
																		28																							132				
																		Ni Nickel																							133				
																		29																							134				
																		Cu Cuivre																							135				
																		30																							136				
																		Zn Zinc																							137				
																		31																							138				
																		Ga Gallium																							139				
																		32																							140				
																		Ge Germanium																							141				
																		33																							142				
																		As Arsenic																							143				
																		34																							144				
																		Se Sélénium																							145				
																		35																							146				
																		Br Brome																							147				
																		36																							148				
																		Kr Krypton																							149				
																		37																							150				
																		Rb Rubidium																							151				
																		38																							152				
																		Sr Strontium																							153				
																		39																							154				
																		Y Yttrium																							155				
																		40																							156				
																		Zr Zirconium																							157				
																		41																							158				
																		Nb Niobium																							159				
																		42																							160				
																		Mo Molybdène																							161				
																		43																							162				
																		Tc Technétium																							163				
																		44																							164				
																		Ru Ruthénium																							165				
																		45																							166				
																		Rh Rhodium																							167				
																		46																							168				
																		Pd Palladium																							169				
																		47																							170				
																		Ag Argent																							171				
																		48																							172				
																		Cd Cadmium																							173				
																		49																							174				
																		In Indium																							175				
																		50																							176				
																		Sn Étain																							177				
																		51																							178				
																		Sb Antimoine																							179				
																		52																							180				
																		Te Tellure																							181				
																		53																							182				
																		I Iode																							183				
																		54																							184				
																		Xe Xénon																							185				
																		55																							186				
																		Cs Césium																							187				
																		56																							188				
																		Ba Baryum																							189				
																		57																							190				
																		La Lanthane																							191				
																		58																							192				
																		Ce Cérium																							193				
																		59																							194				
																		Pr Praséodyme																							195				
																		60																							196				
																		Nd Neodyme																							197				
																		61																							198				
																		Pm Prométhium																							199				
																		62																							200				
																		Sm Samarium																							201				
																		63																							202				
																		Eu Europium																							203				
																		64																							204				
																		Gd Gadolinium																							205				
																		65																							206				
																		Tb Terbium																							207				
																		66																							208				
																		Dy Dysprosium																							209				
																		67																							210				
																		Ho Holmium																							211				
																		68																							212				
																		Er Erbium																							213				
																		69																							214				
																		Tm Thulium																							215				
																		70																							216				
																		Yb Ytterbium																							217				
																		71																							218				
																		Lu Lutécium																							219				
																		72																							220				
																		Th Thorium																							221				
																		73																							222				
																		Pa Protactinium																							223				
																		74																							224				
																		U Uranium																							225				
																		75																							226				
																		Np Neptunium																							227				
																		76																							228				
																		Pu Plutonium																							229				
																		77																							230				
																		Am Américium																							231				
																		78																							232				
																		Cm Curium																							233				
																		79																							234				
																		Bk Berkélium																							235				
																		80																							236				
																		Cf Californium																							237				
																		81																							238				
																		Es Einsteinium																							239				
																		82																							240				
																		Fm Fermium																							241				
																		83																							242				
																		Md Mendéliévium																							243				
																		84																							244				
																		No Nobélium																							245				
																		85																							246				
																		Lr Lawrencium																							247				
																		86																							248				
																		Rf Rutherfordium																							249				
																		87																							250				
																		Db Dubnium																							251				
																		88																							252				
																		Sg Seaborgium																							253				
																		89																							254				
																		Bh Bohrium																							255				
																		90																							256				
																		Hs Hassium																							257				
																		91																							258				
																		Mt Meitnerium																							259				
																		92																							260				
																		Ds Darmstadtium																							261				
																		93																							262				
																		Rg Roentgenium																							263				
																		94																							264				
																		Cn Copernicium																							265				
																		95																							266				
																		Uut Ununtrium																							267				
																		96																							268				
																		Uuq Ununquadium																							269				

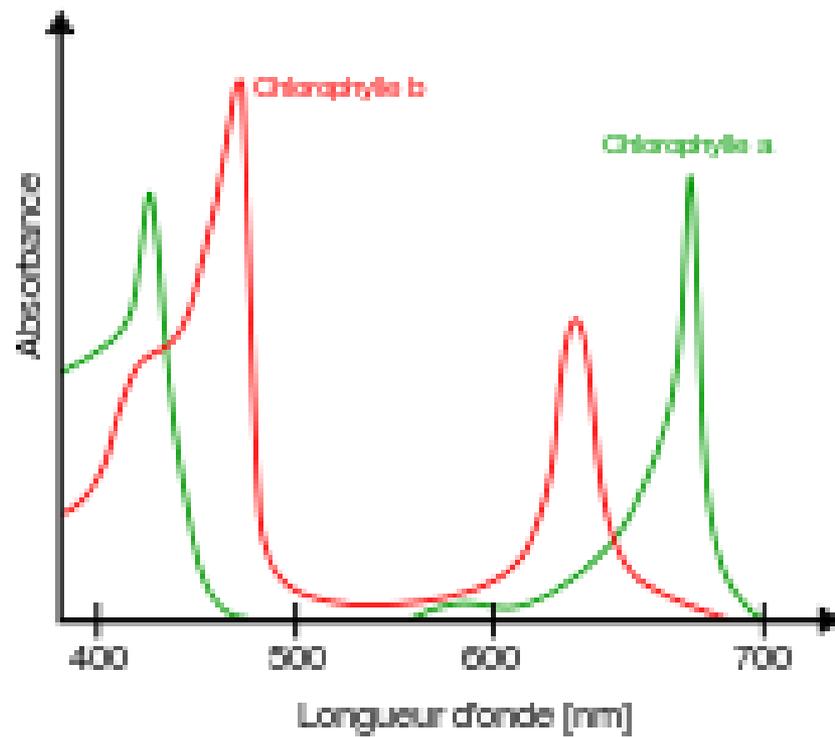












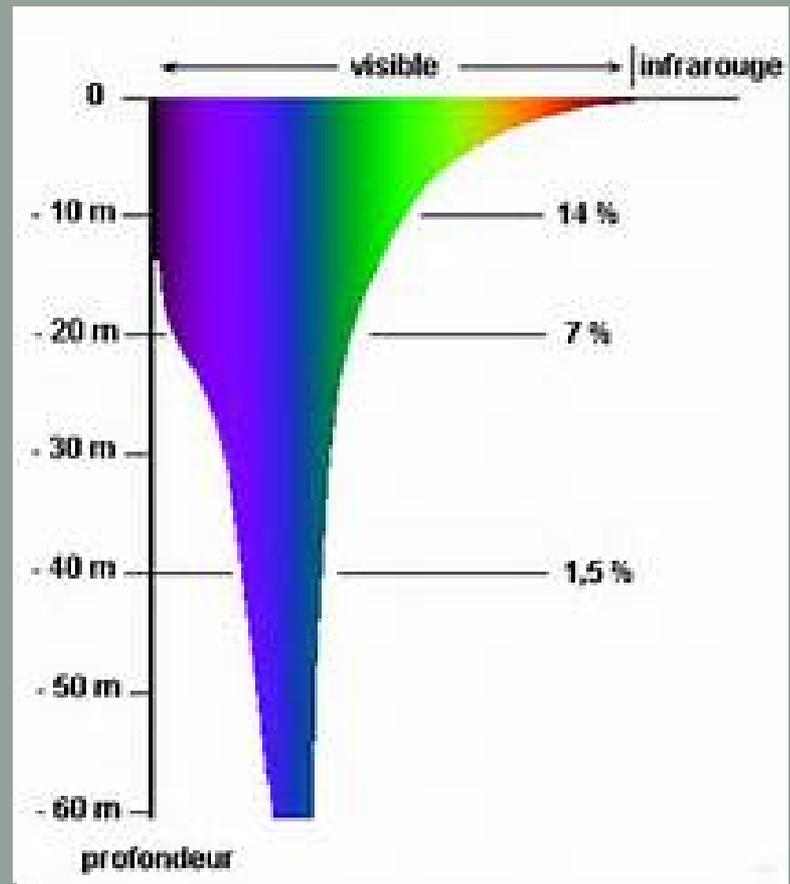
Caractéristiques physiques de la lumière

- L'œil humain interprète des sensations colorées dans un tout petit domaine du spectre électromagnétique entre 400nm et 800 nm. Pris dans son ensemble ces radiations offrent à l'œil la sensation de lumière blanche.
- Chaque radiation est une onde électromagnétique . Elle est caractérisée par sa longueur d'onde λ ,sa fréquence ν et son énergie E avec la relation $\nu = C / \lambda$ $C = 3.108 \text{ km/ sec.}$
(vide)

Energie transportée par la radiation:

$$E = h\nu = h C/\lambda$$

Dis monsieur pourquoi l'eau est d'un bleu intense en profondeur



Un citron éclairé en lumière blanche (solaire) est
jaune

Sous quelle lumière devient-il invisible ?

