



Introduction à la Météorologie

SCA2611

Table des matières

#2 Le rayonnement solaire

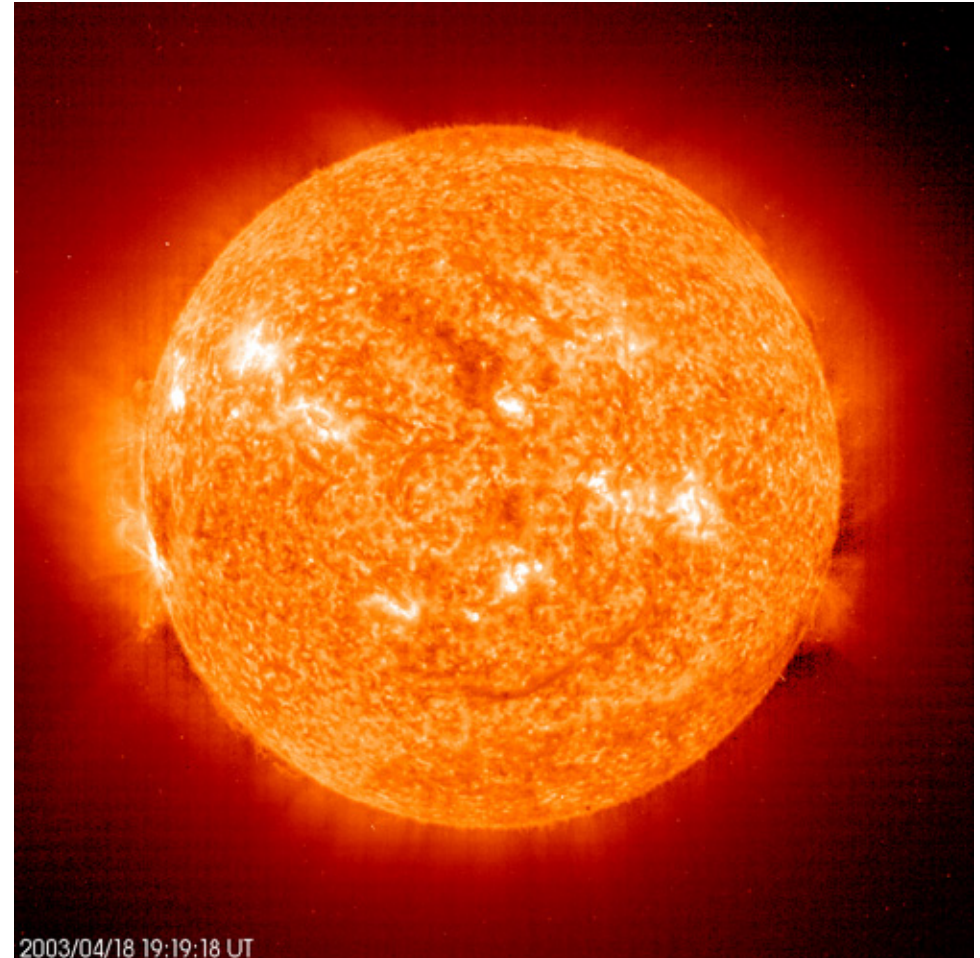
- Le Soleil source d'énergie
- La radiation solaire
- L'insolation
- En traversant l'atmosphère
 - i. Absorption
 - ii. Réflexion diffuse
 - iii. Réflexion spéculaire
- Bilan global
- L'ozone stratosphérique

Le Soleil source d'énergie

L'énergie nécessaire au bon fonctionnement de la

- Atmosphère
- Hydrosphère
- Cryosphère
- Lithosphère
- Biosphère

est fournie par le Soleil.



Combien se chiffre cette énergie?

- Soleil = 175 000 000 000 MW
- Représente (1 / 2 000 000 000) de l'énergie totale émise par le soleil !!!

À titre de comparaison

- Hydro-Québec = 40 000 MW
- Énergie électrique sur Terre en 2015 = 961 000 MW
- Terre = 200 MW
- Lune = 30 MW
- Étoiles = 40 Watt

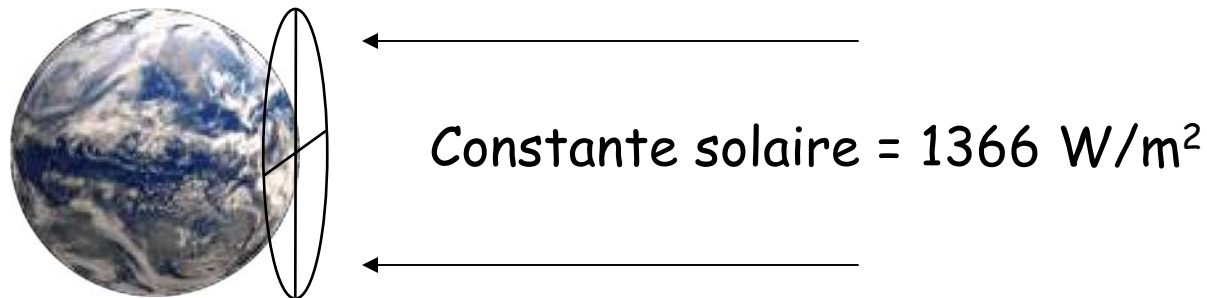
Puissance: Taux auquel un travail peut être fait.
Énergie: capacité d'un système à faire un travail

1 W = 1 J/s (énergie par seconde)

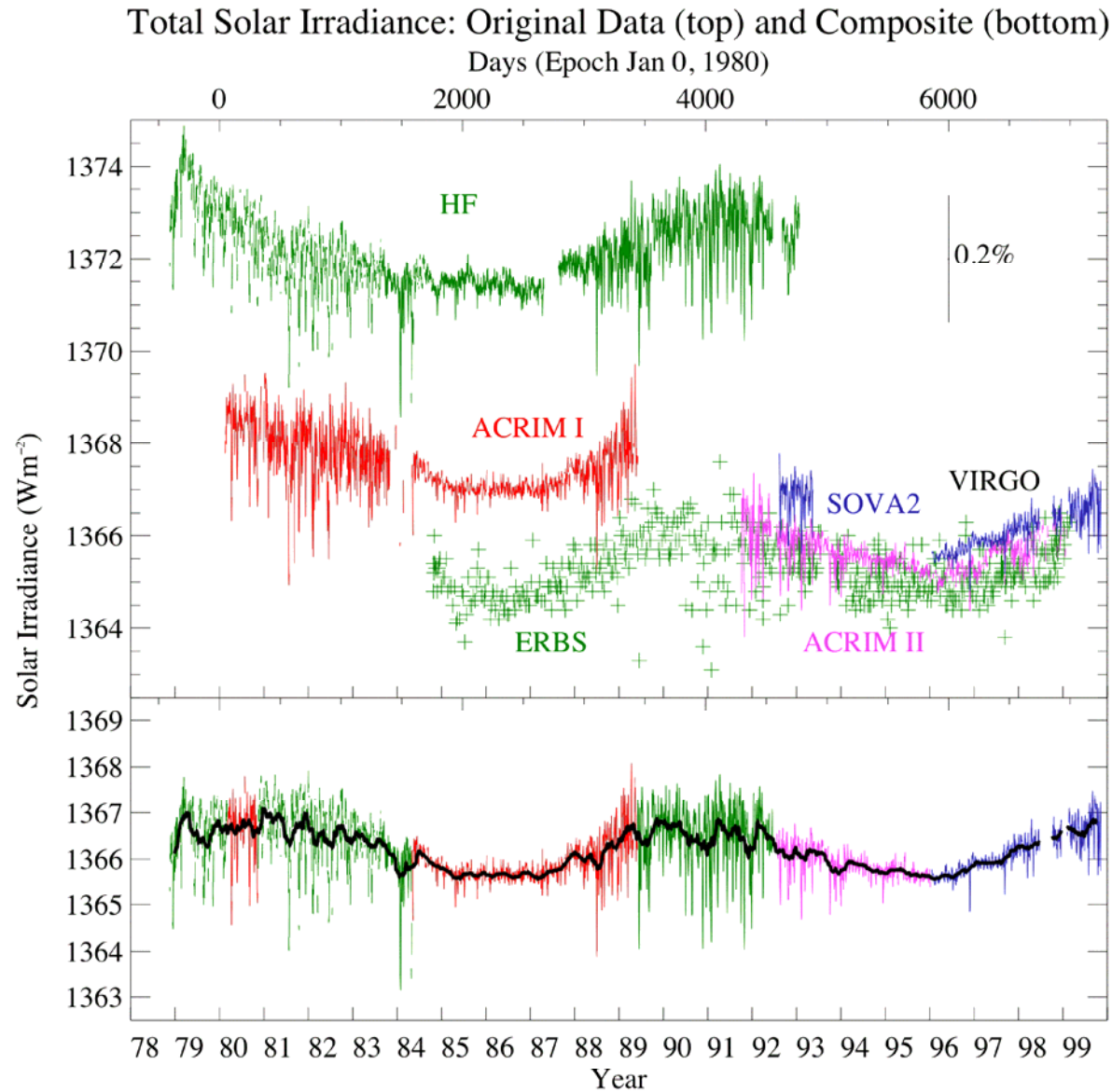
1 J = travail (énergie) nécessaire pour déplacer
de 1 mètre un objet d'un poids de 1 kg.

La constante solaire

La constante solaire représente la quantité d'énergie par unité de surface reçue sur un disque de même rayon que la Terre et positionné de façon perpendiculaire au rayonnement.

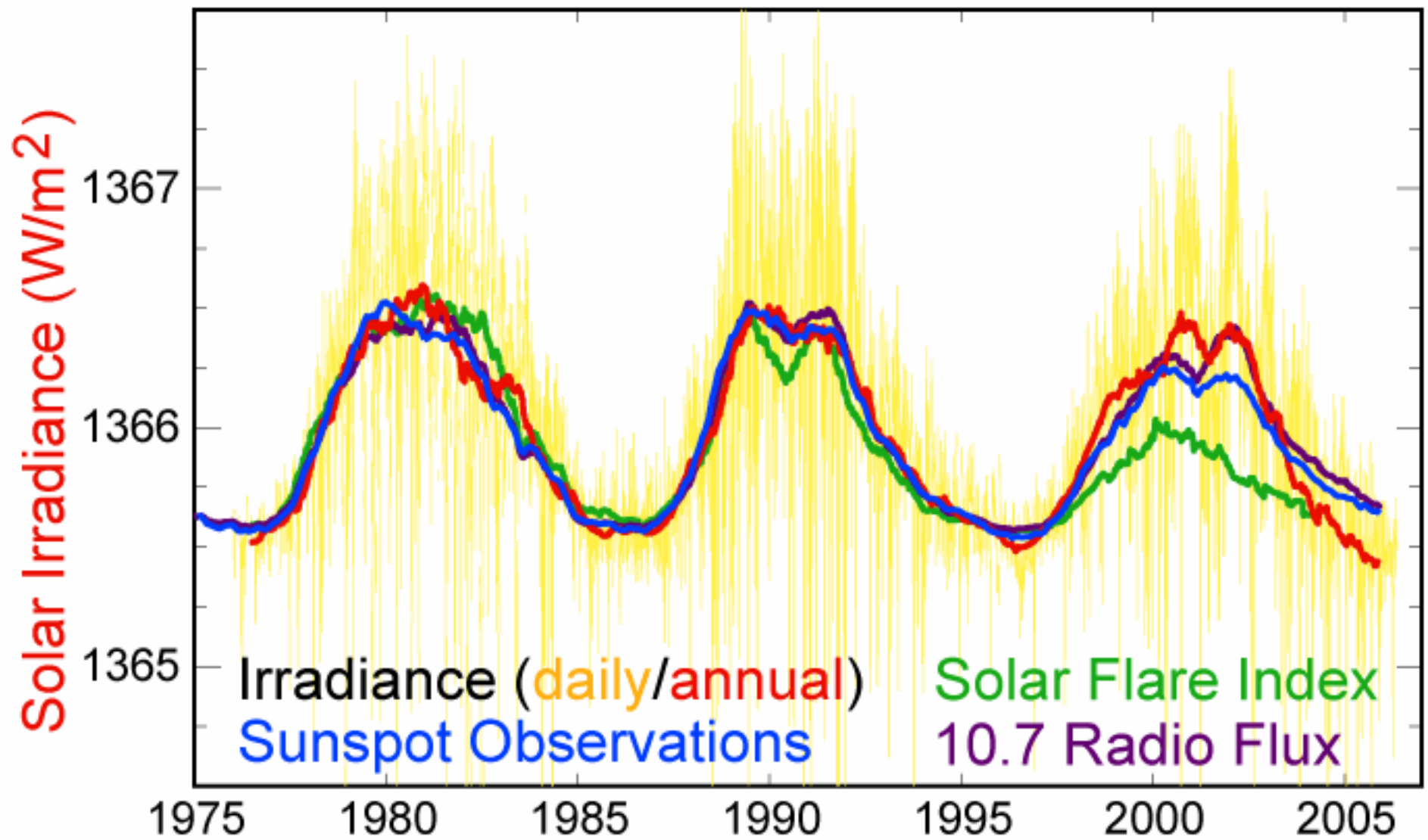


Variabilité de la constante solaire



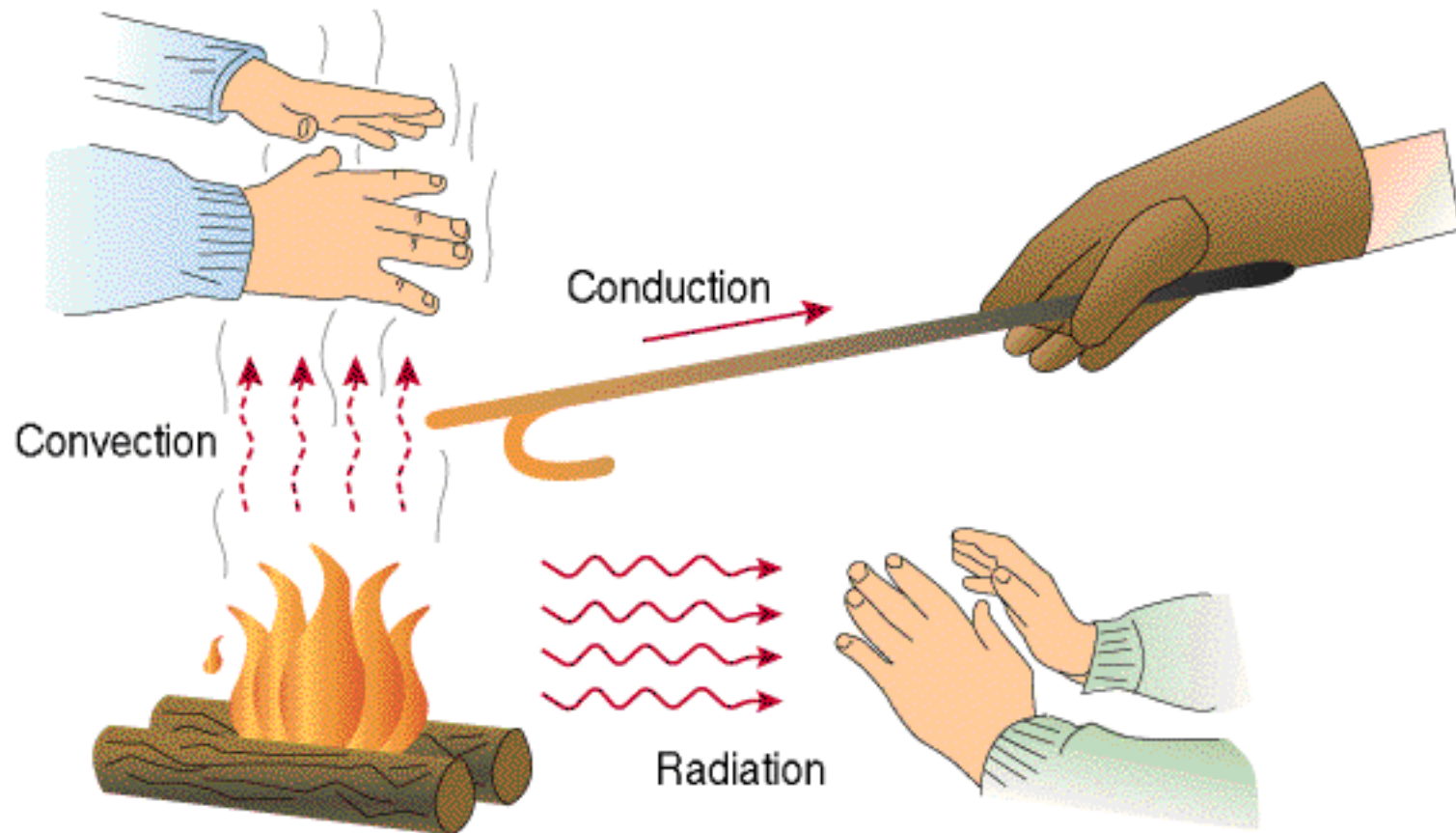
from: Quinn and Fröhlich, Nature, 401, p.841, 1999 and the VIRGO Team (Nov 18, 1999)

Solar Cycle Variations



La radiation solaire

Types de transfert de chaleur



L'émission d'énergie rayonnante par la matière du fait de sa température est appelée

Le rayonnement thermique

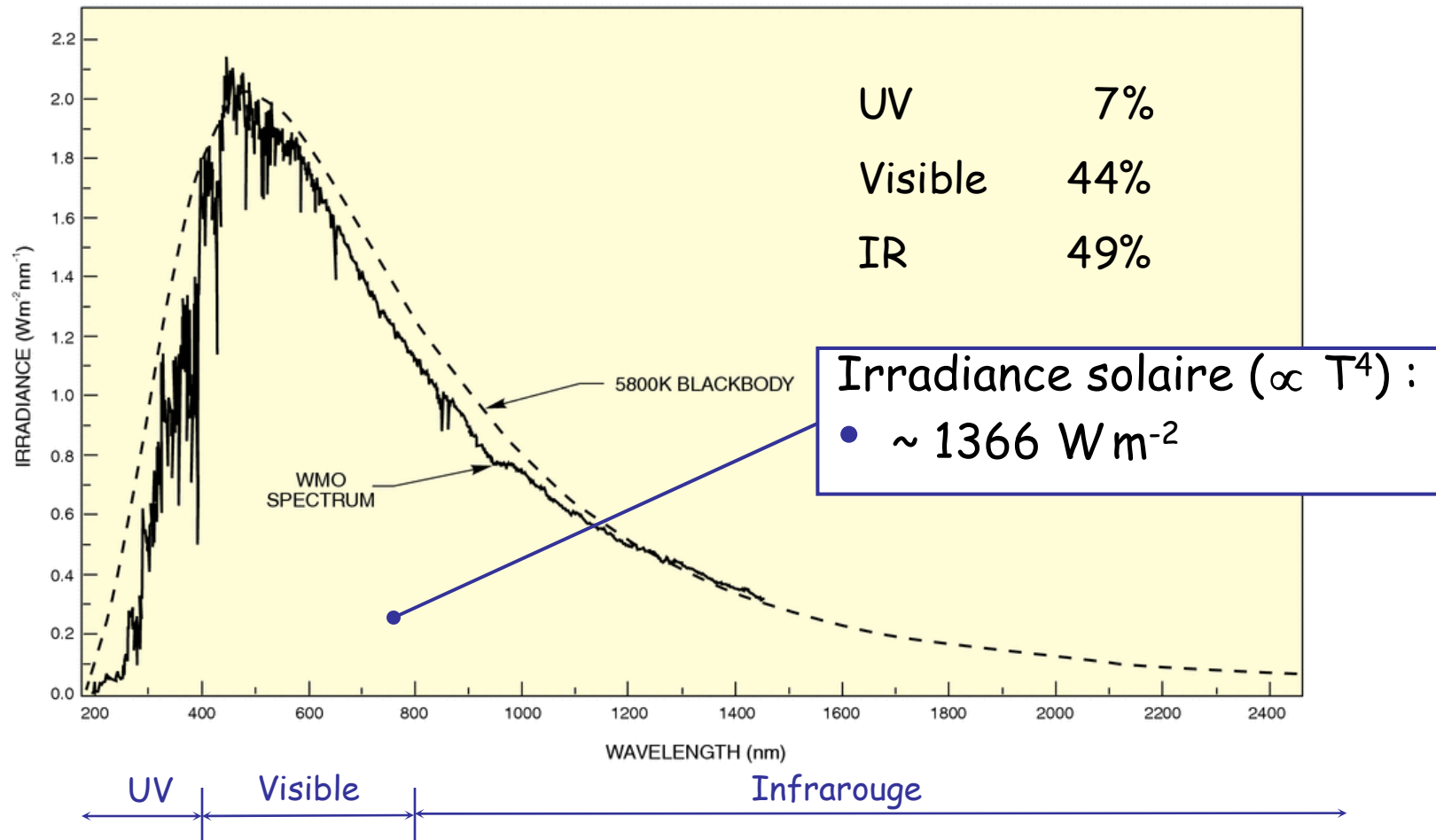
qu'on représente par des ondes électromagnétiques.

L'énergie rayonnante

- provient de l'énergie d'agitation thermique des particules de la matière (atomes, molécules, ions),
- est proportionnelle à T^4 ,
- ne nécessite pas la présence d'un milieu intermédiaire matériel pour le transfert, et
- à l'équilibre thermique, le pouvoir d'émission d'énergie rayonnante d'un corps est égal à celui d'absorption.

Spectre d'émission du Soleil

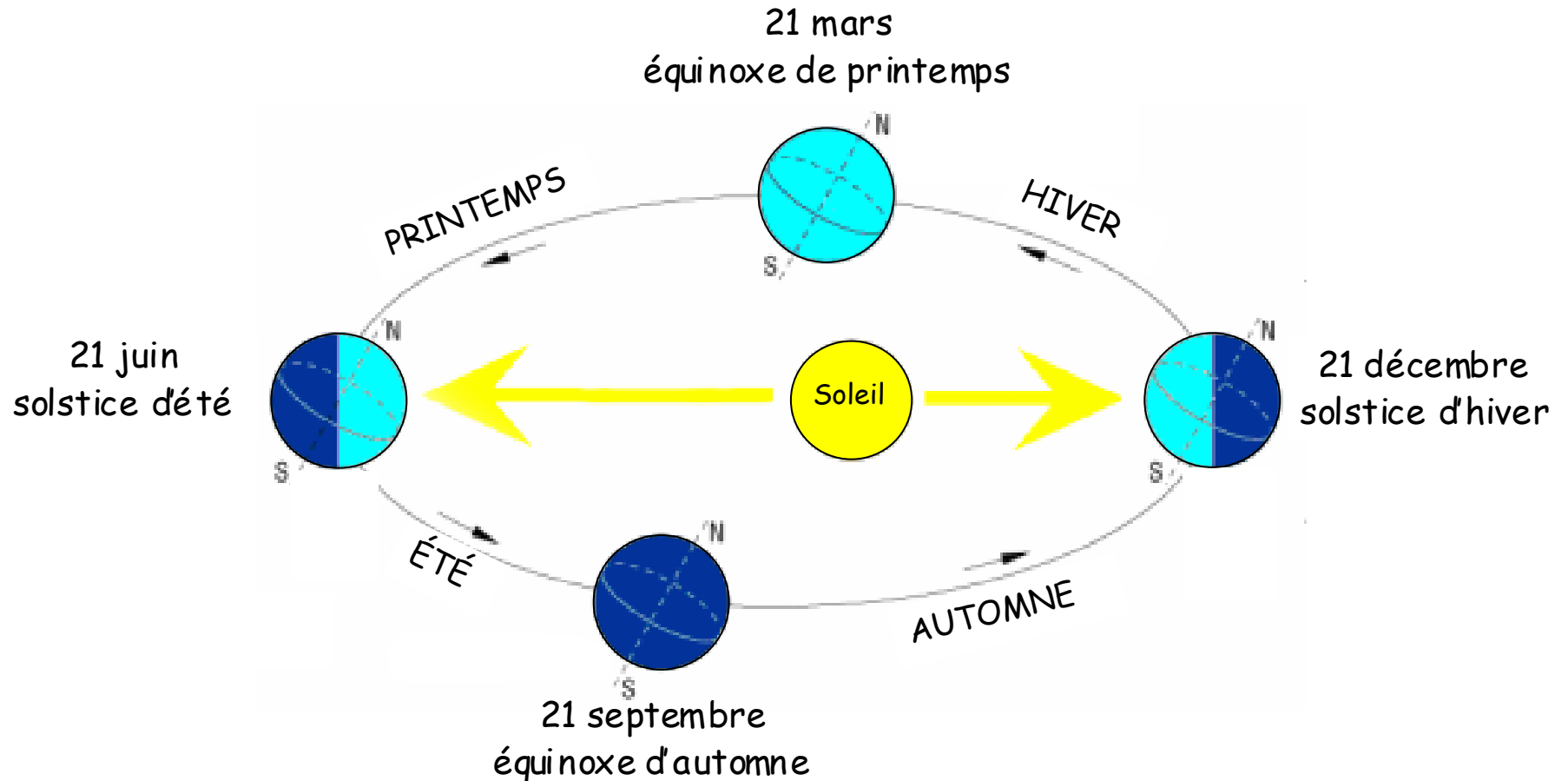
Radiation solaire aux limites de l'atmosphère reçu sur une surface perpendiculaire au rayonnement



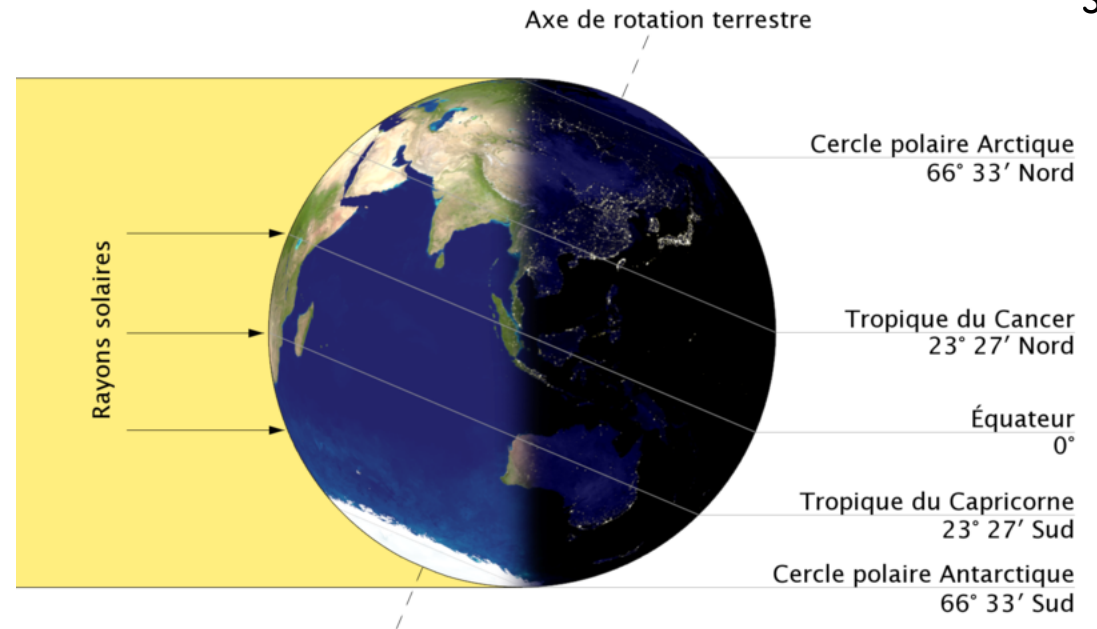
L'insolation

Les saisons

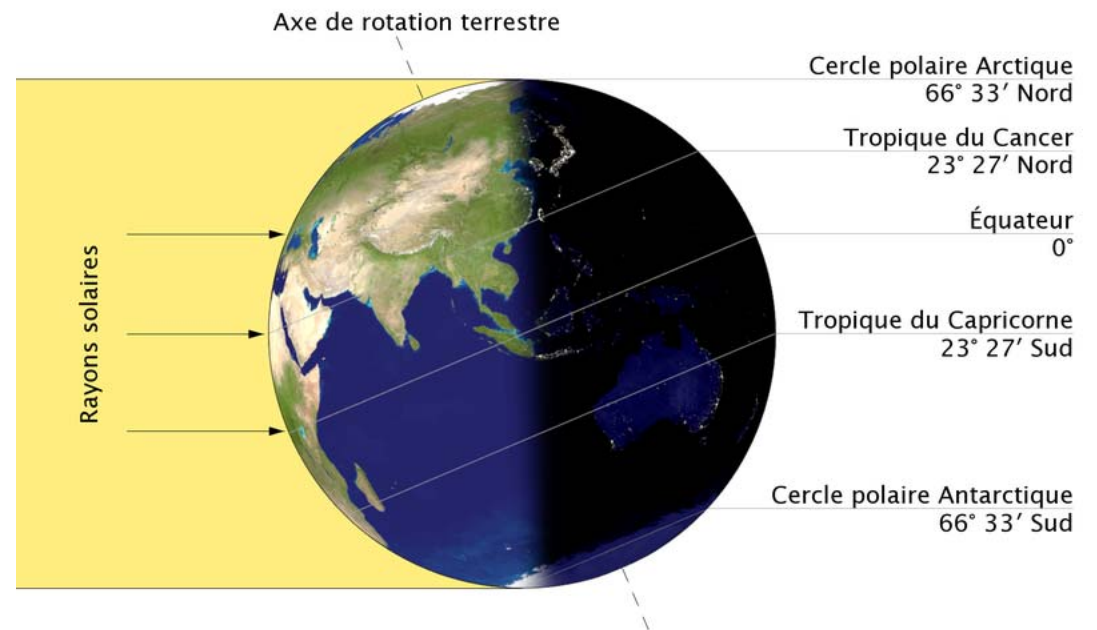
Variations de la distance Terre-Soleil	
1 ^{er} janvier	147001000 km
1 ^{er} avril	149501000 km
1 ^{er} juillet	152003000 km
1 ^{er} octobre	149501000 km



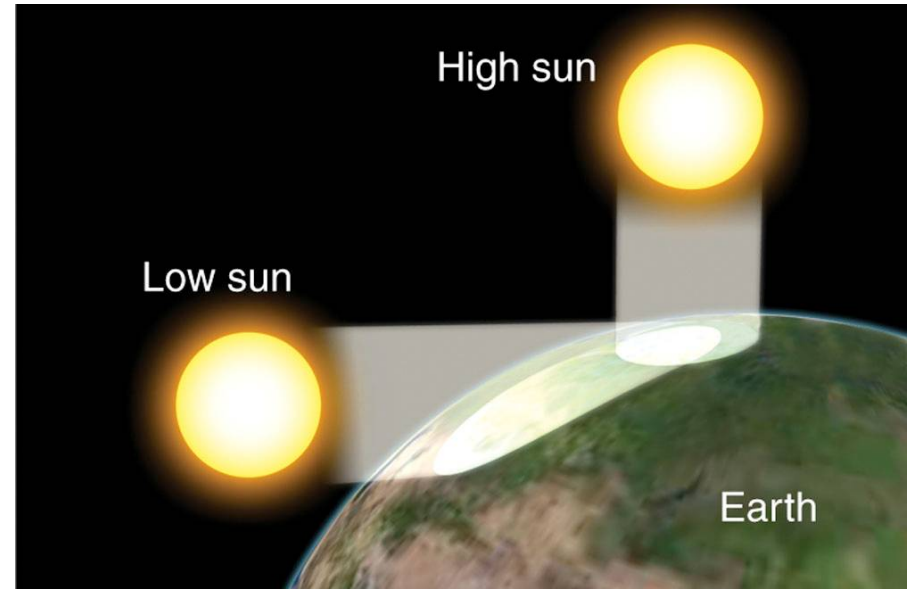
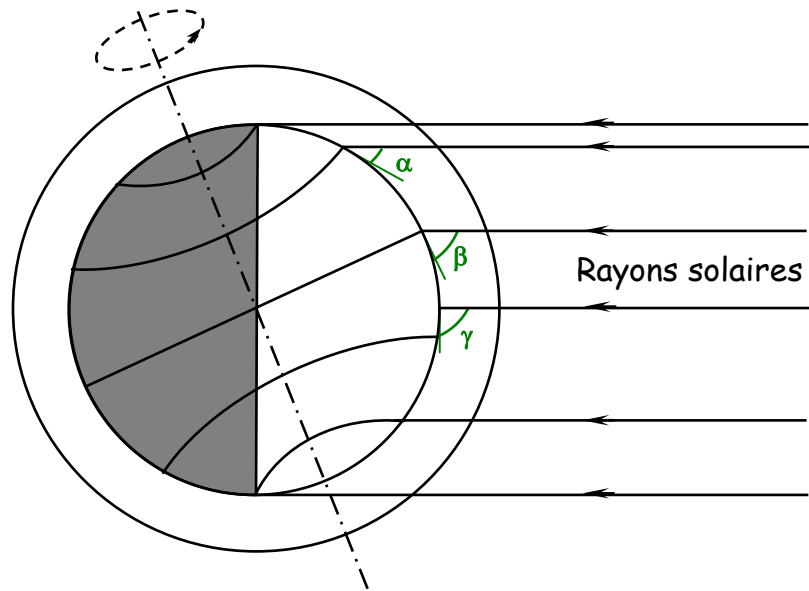
Le solstice d'hiver



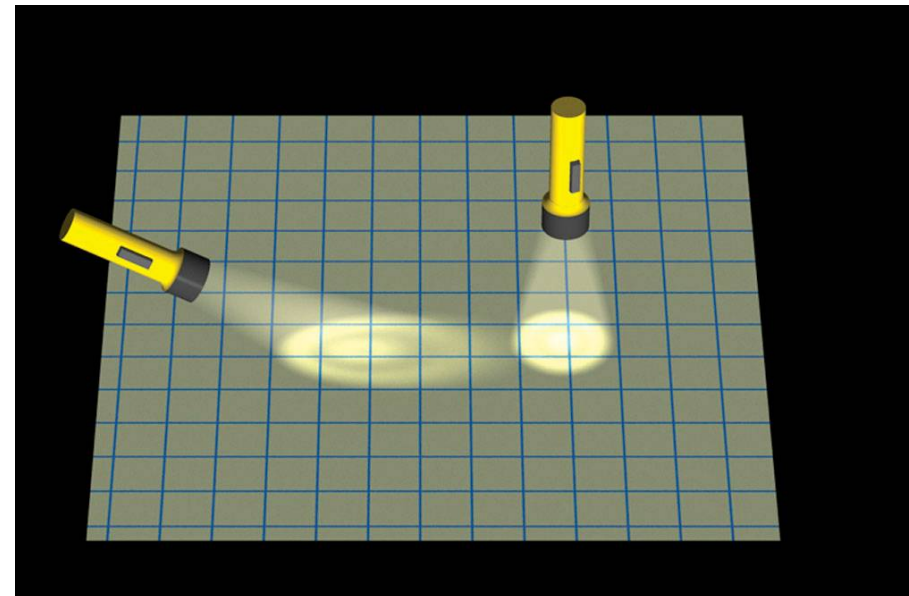
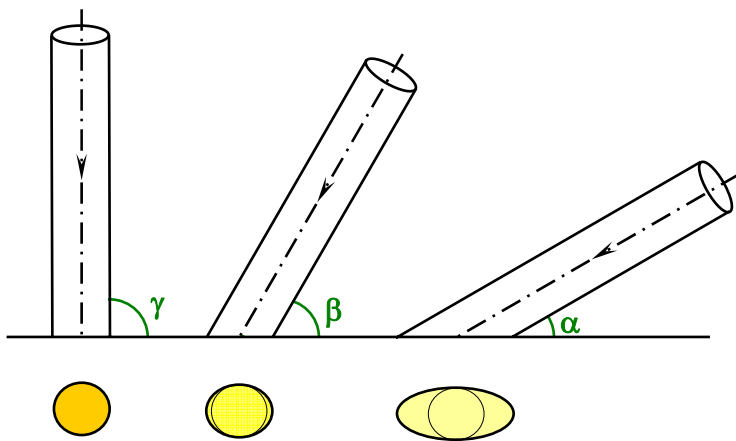
Le solstice d'été



L'inclinaison du Soleil

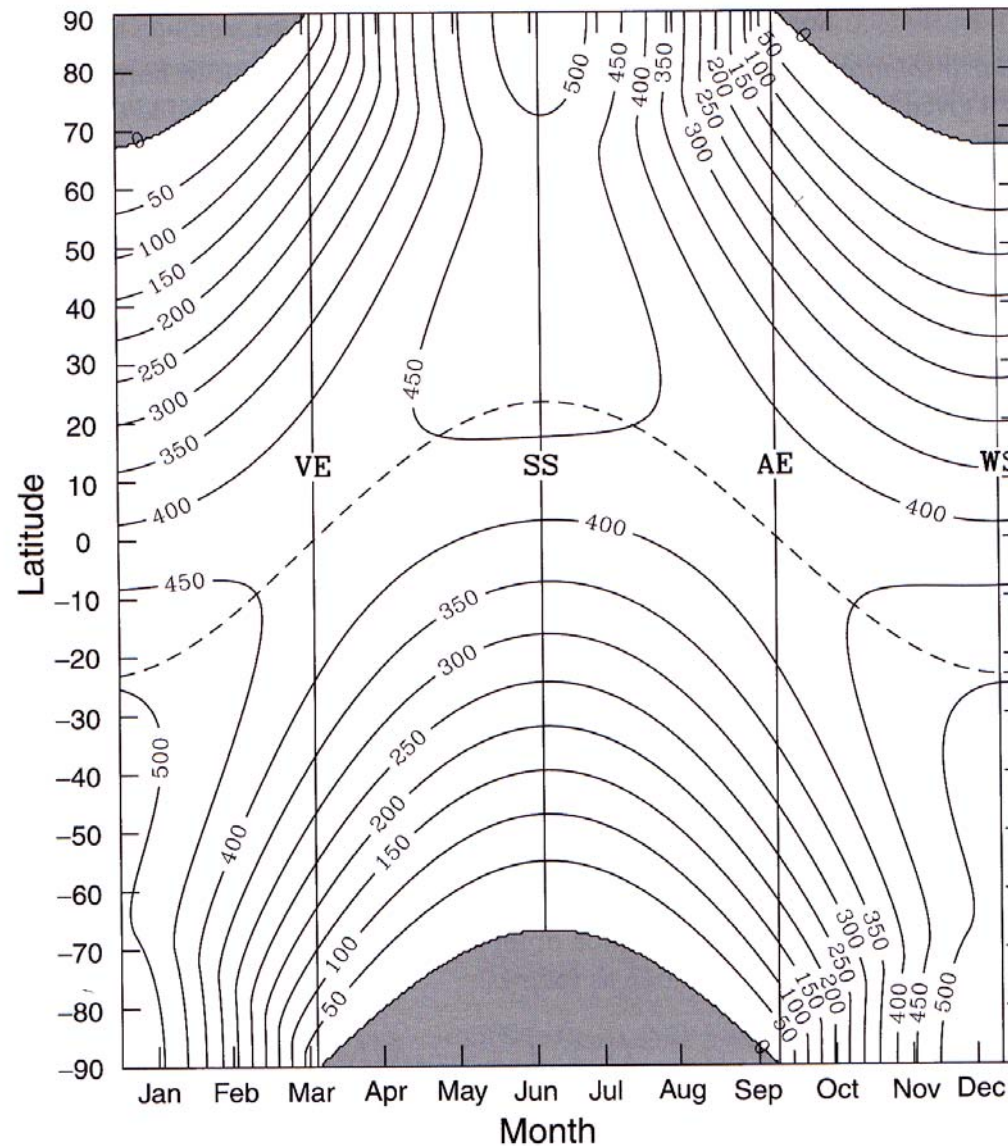


© 2007 Thomson Higher Education



© 2007 Thomson Higher Education

L'insolation



Énergie rayonnante journalière reçue au sommet de l'atmosphère par élément de surface horizontale, en $W m^{-2}$, en fonction de la latitude et de la journée.

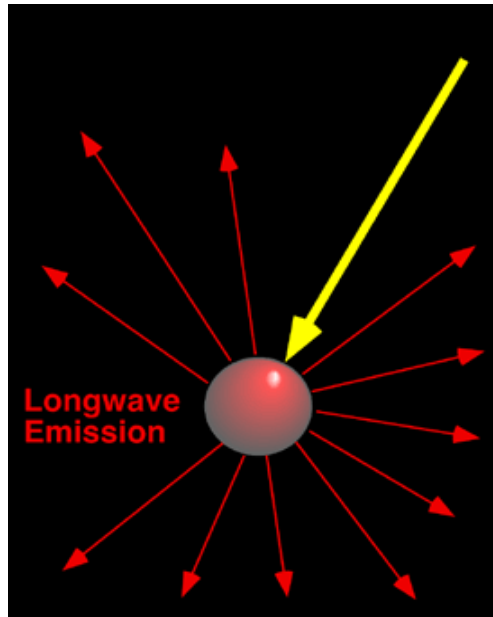
En traversant l'atmosphère :

- ✓ Absorption
- ✓ Réflexion diffuse
- ✓ Réflexion spéculaire

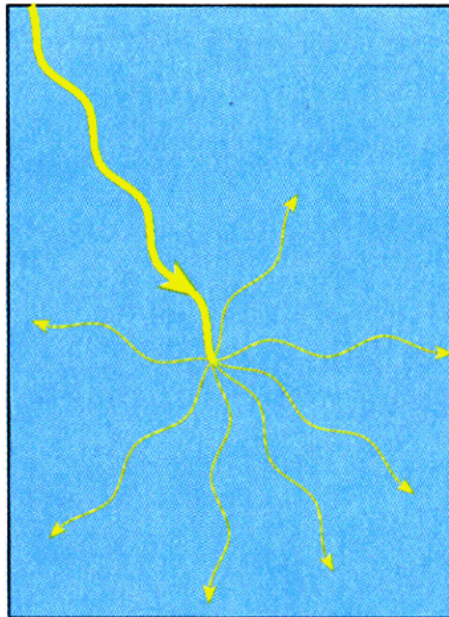
Interaction avec l'atmosphère

Les diverses interactions entre le rayonnement et la matière sont :

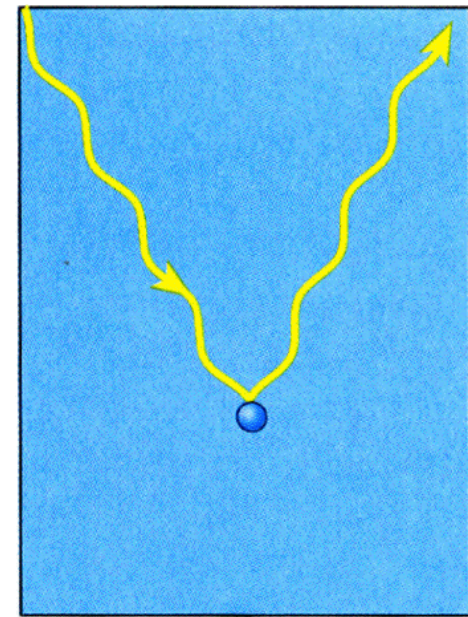
Absorption



Réflexion diffuse



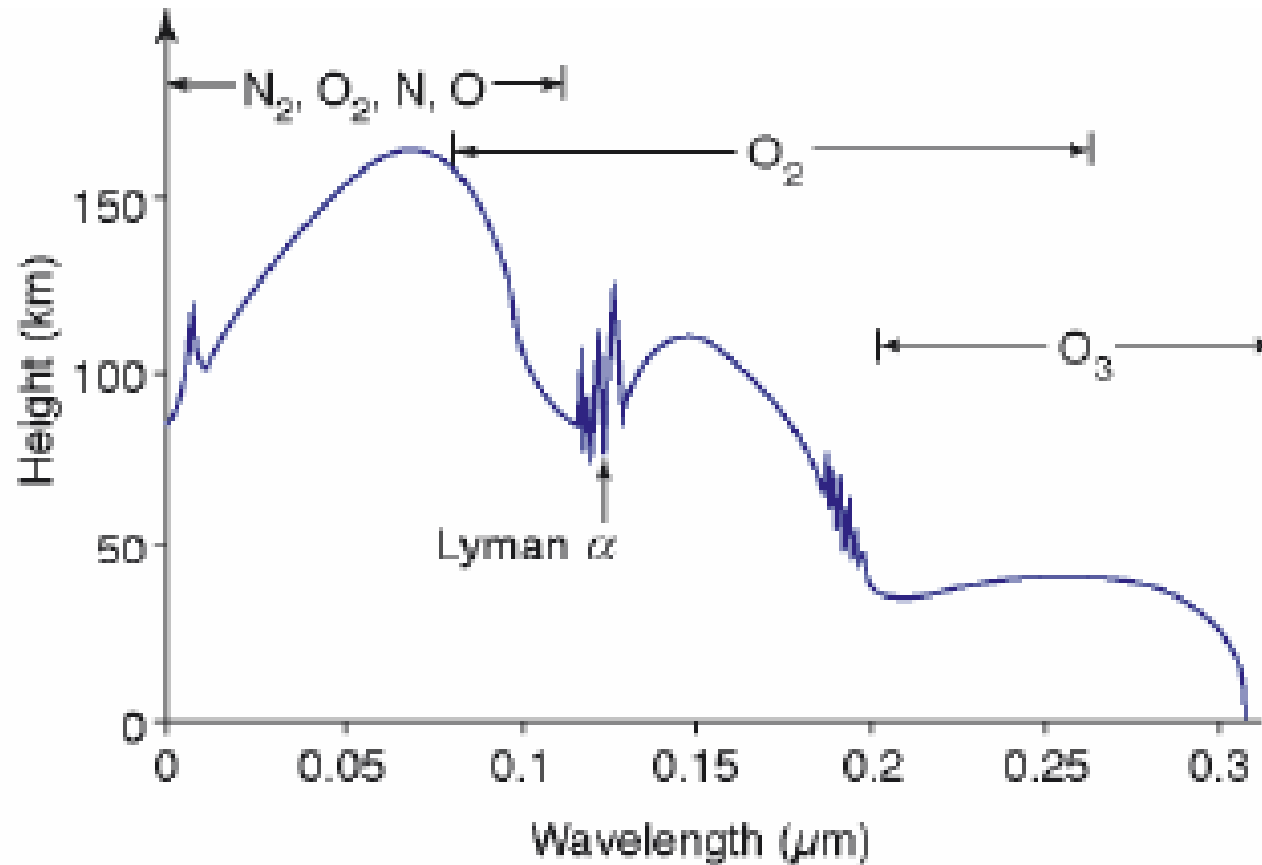
Réflexion spéculaire



La **Transmission** représente la radiation dans le faisceau de lumière à l'issue de l'absorption, la diffusion et la réflexion.

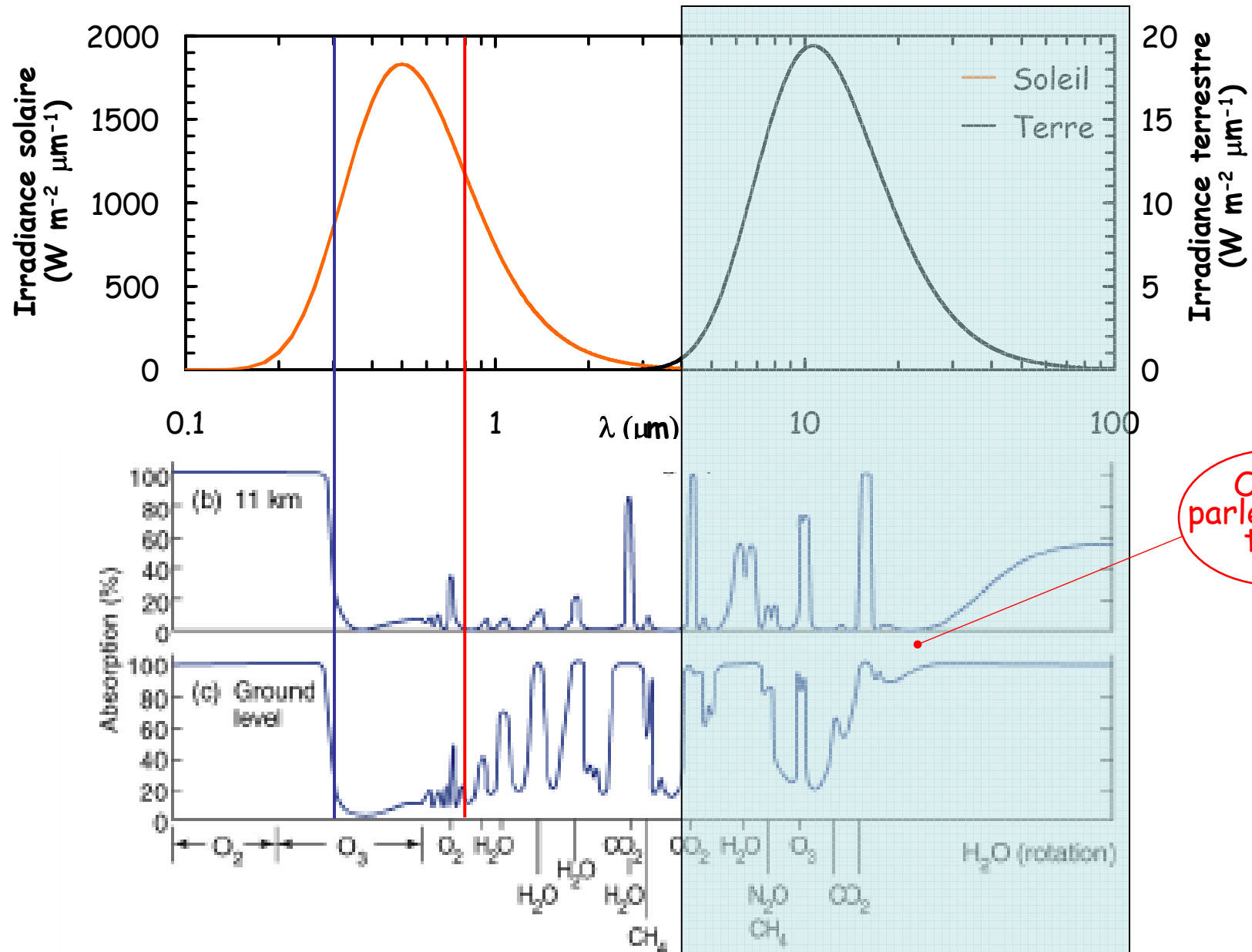
- C'est la longueur d'onde des radiations ainsi que la nature du milieu qu'elles traversent qui détermine si la lumière est absorbée, diffusée ou réfléchie.

Pénétration de la radiation solaire



Hauteur de pénétration, i.e., la hauteur à laquelle 63 % de la radiation solaire a été éteinte.

Spectres d'absorption



Réflexion



Images satellitaires (visible)

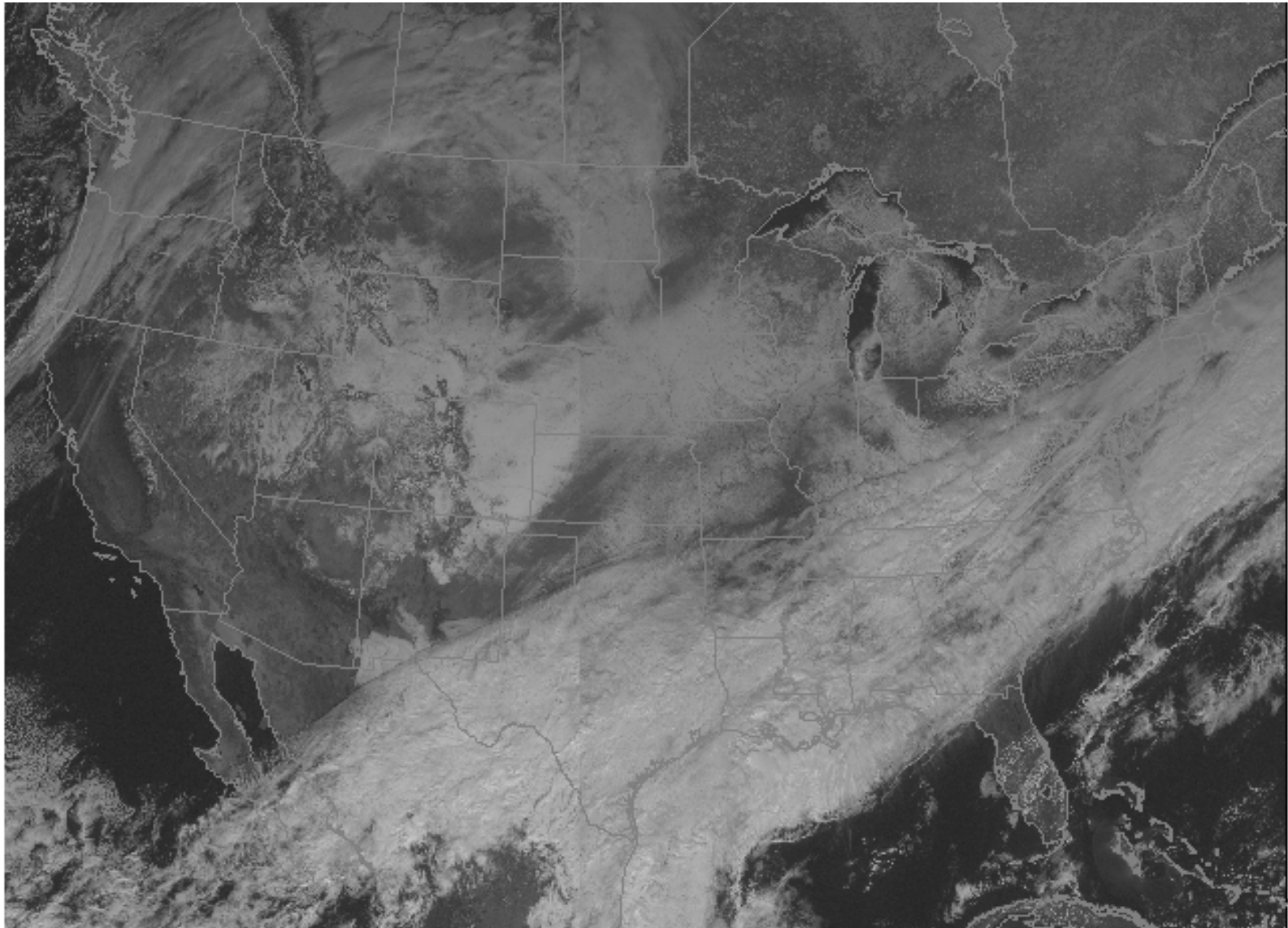
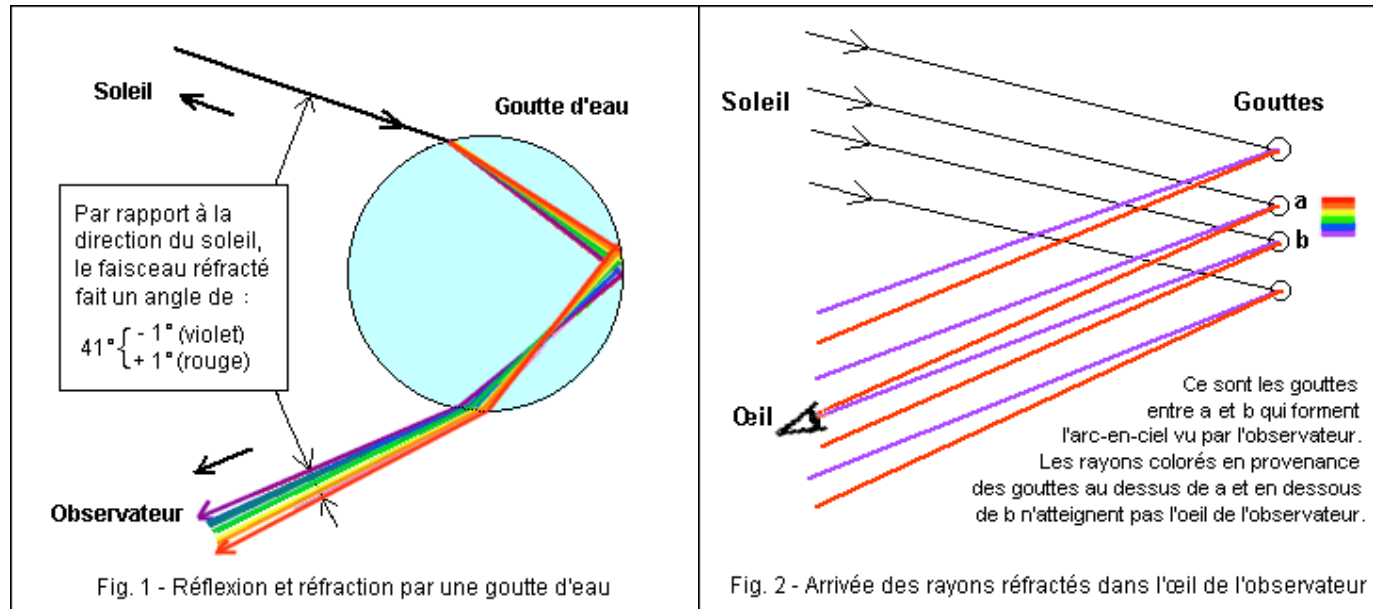


Image at 1800Z Tue 16 Jan 2007

L'arc-en-ciel

(Phénomène optique)



Albédo

$$\text{Albédo} = \frac{\text{Rayonnement réfléchi}}{\text{Rayonnement solaire}}$$

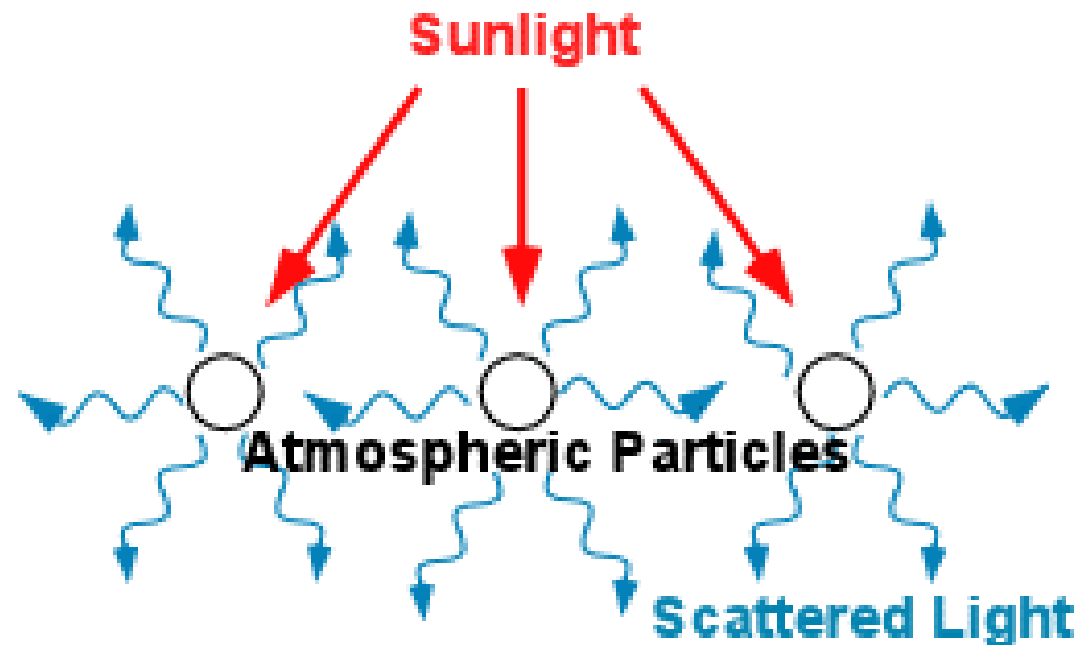


L'albédo planétaire est en moyenne de 30 %
mais il est très variable d'une surface à l'autre :

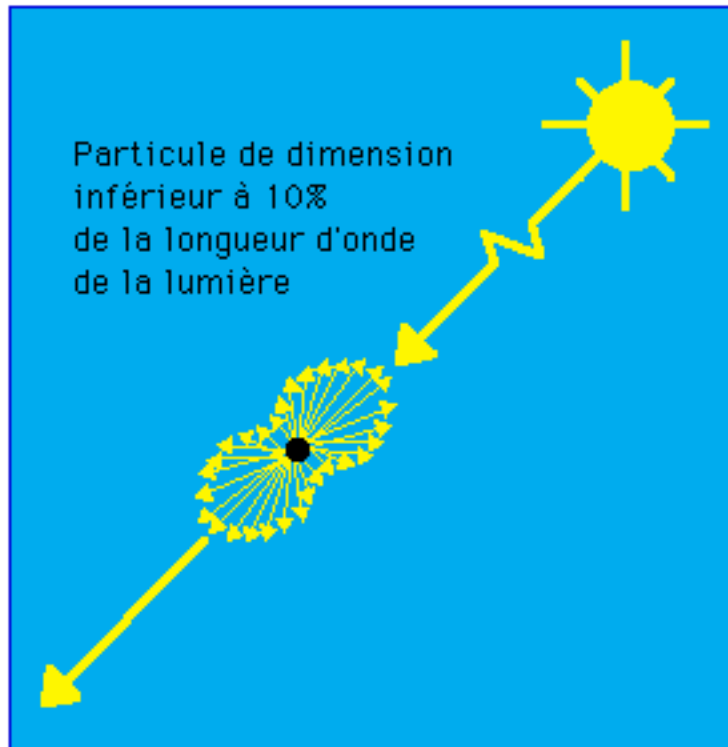
5-10 %	mers sans nuages
10-15 %	forêts
30-50 %	déserts
60-85 %	neige et la glace

La diffusion

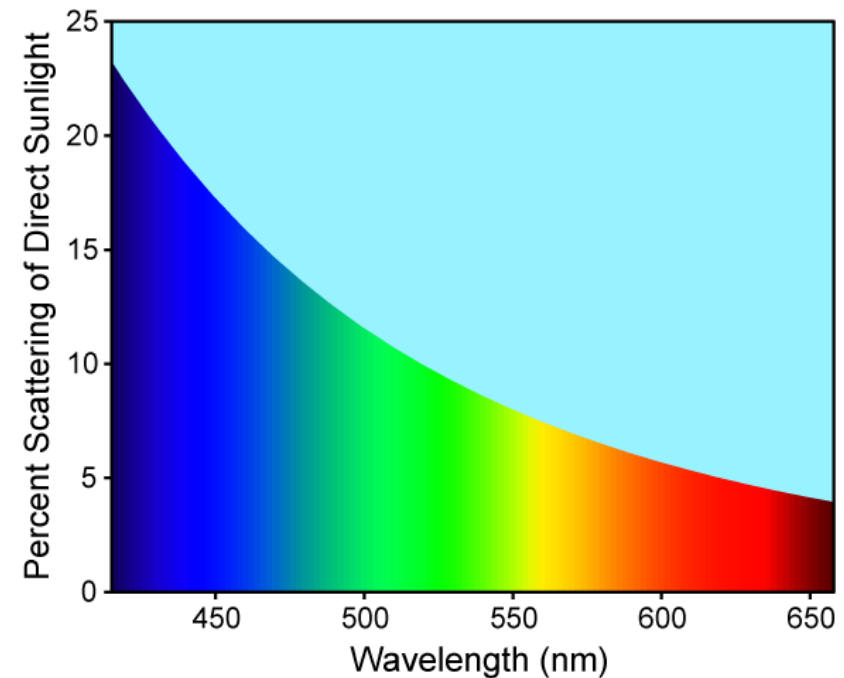
La diffusion est le processus par lequel une onde électromagnétique est dispersée lorsqu'elle interagit avec la matière. L'onde dispersée est de même fréquence que l'onde incidente.



Diffusion des molécules d'air (Diffusion Rayleigh)



Les couleurs sont
diffusées différemment!

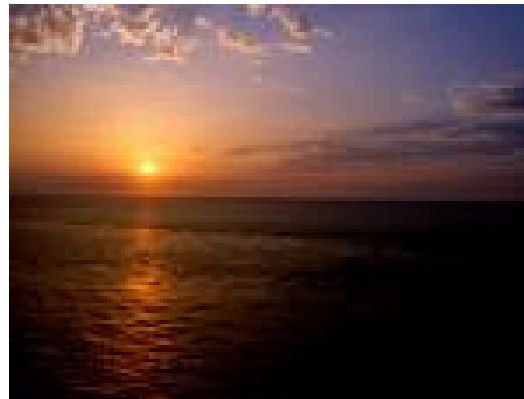
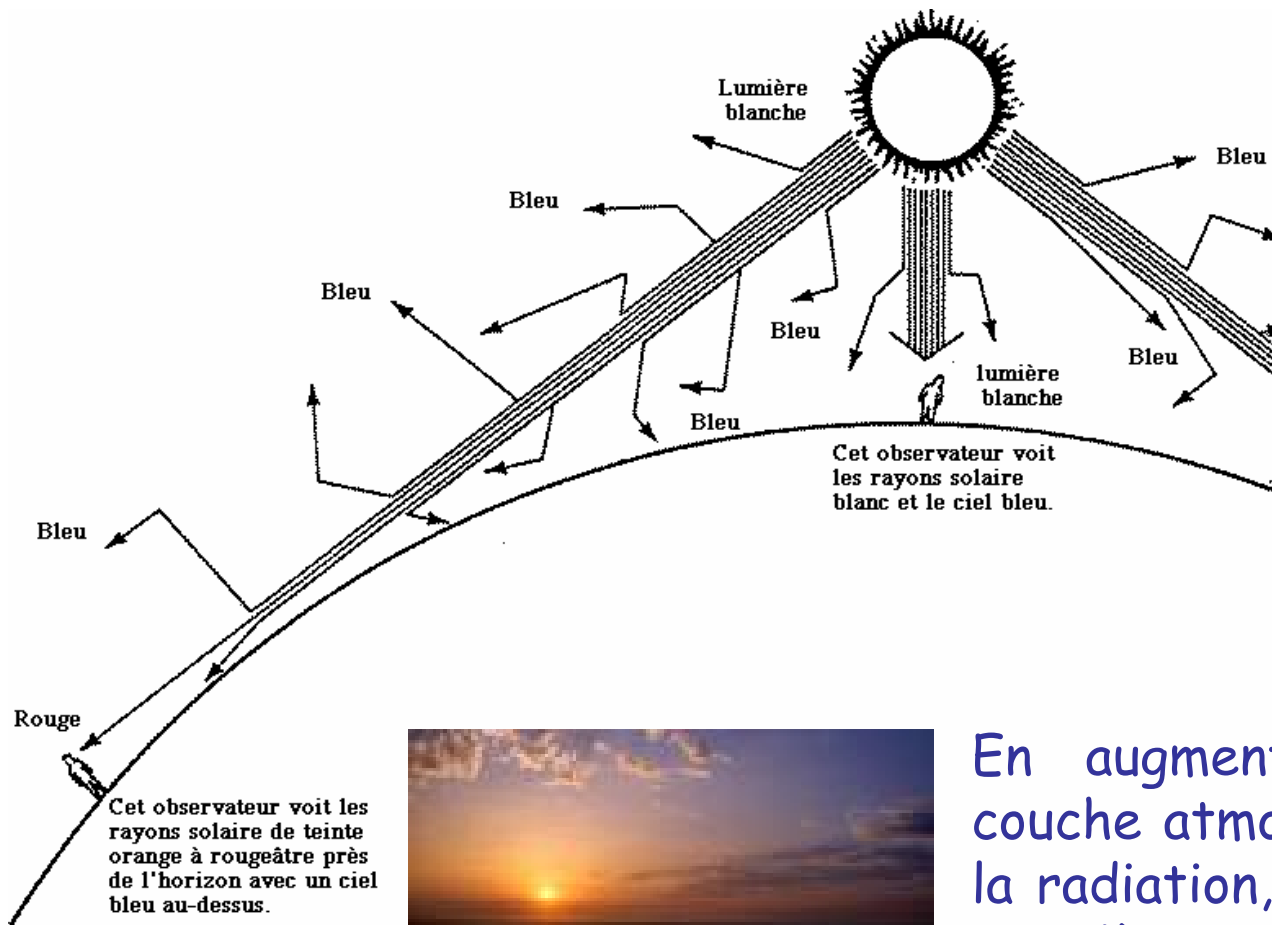


$$\frac{\text{Diffusion}_{(\text{bleu})}}{\text{Diffusion}_{(\text{rouge})}} ; 3,5$$



La diffusion de Rayleigh donne
la couleur bleu à l'atmosphère

beau Le ciel est ~~bleu~~!

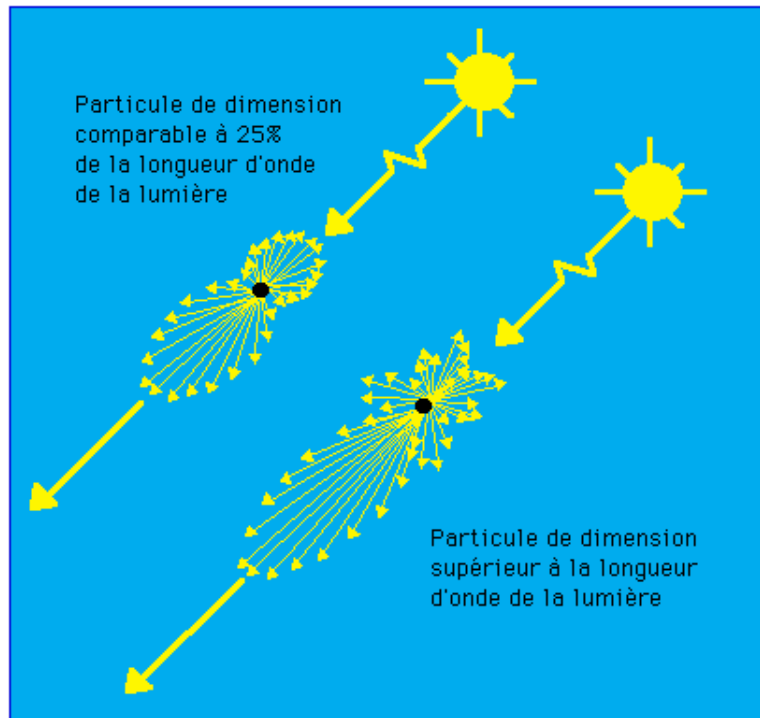


En augmentant l'épaisseur de la couche atmosphérique traversée par la radiation, on favorise la diffusion complète du bleu. Le seul rayonnement nous parvenant à l'œil est donc le rouge.

Diffusion par les aérosols

(Diffusion de Mie)

- Nuages (blanc)



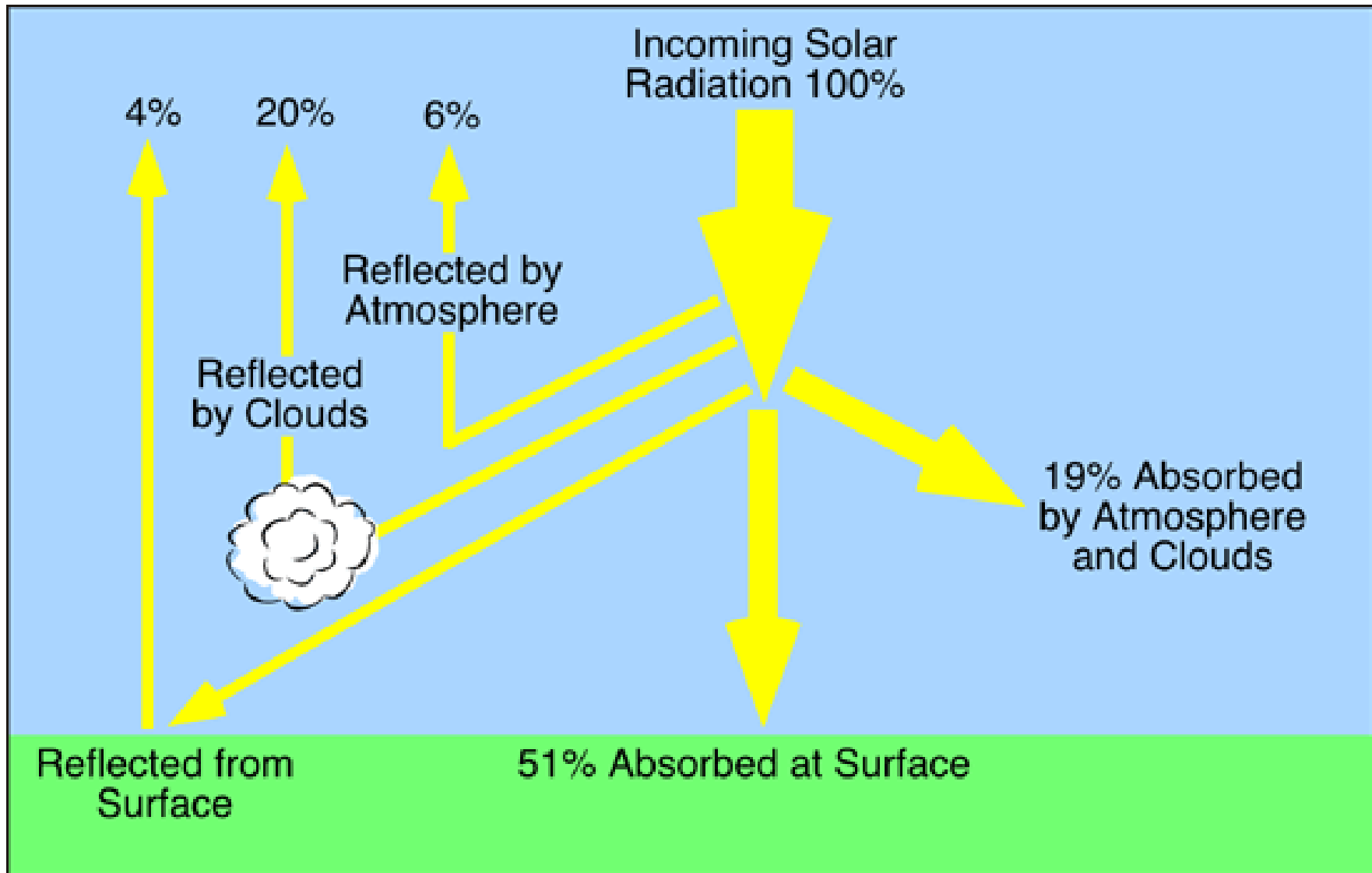
- Smog (blanchâtre)



Les couleurs sont
diffusées également

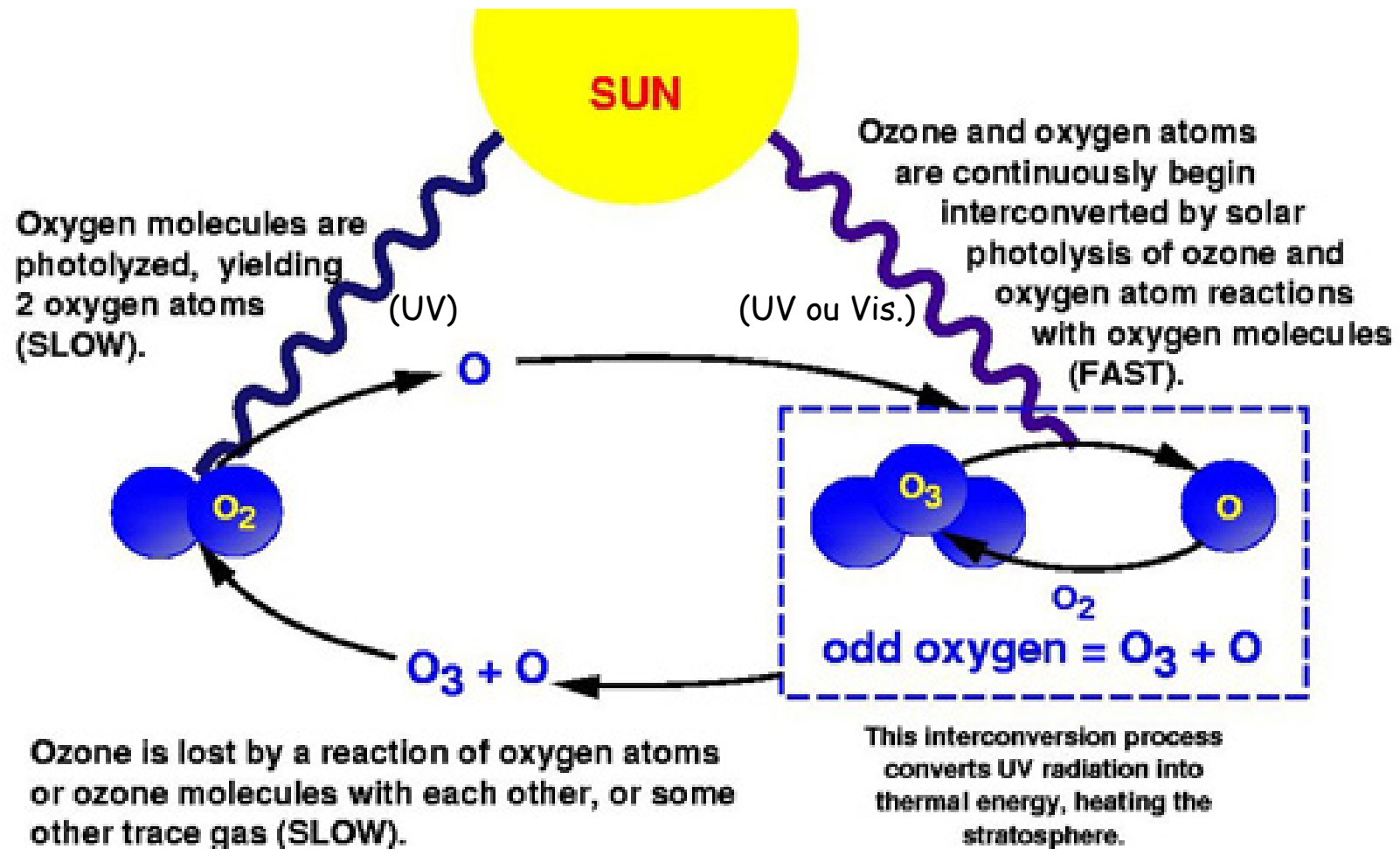
Bilan global

Bilan global du rayonnement solaire

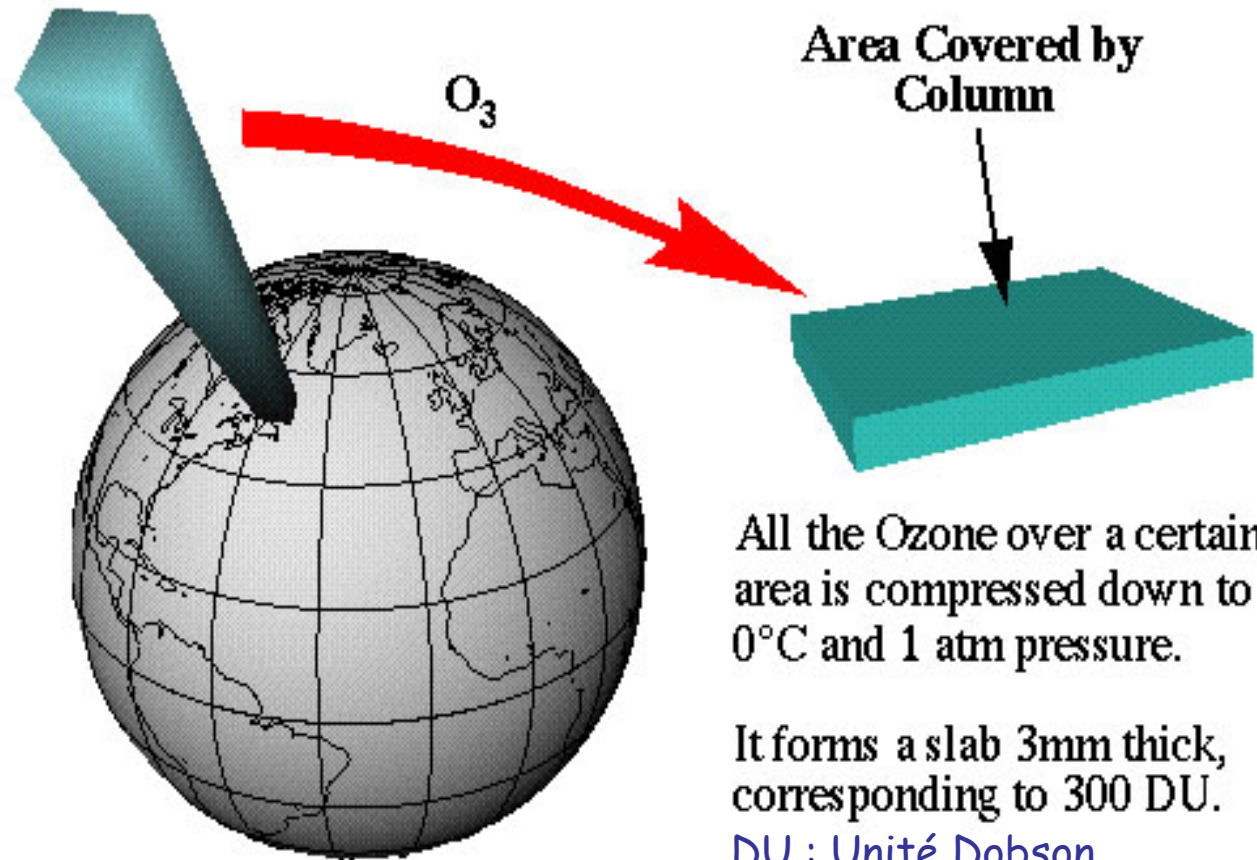


L'ozone stratosphérique

Ozone stratosphérique

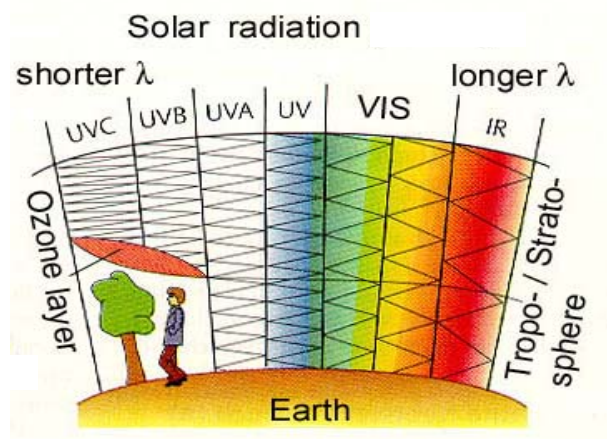
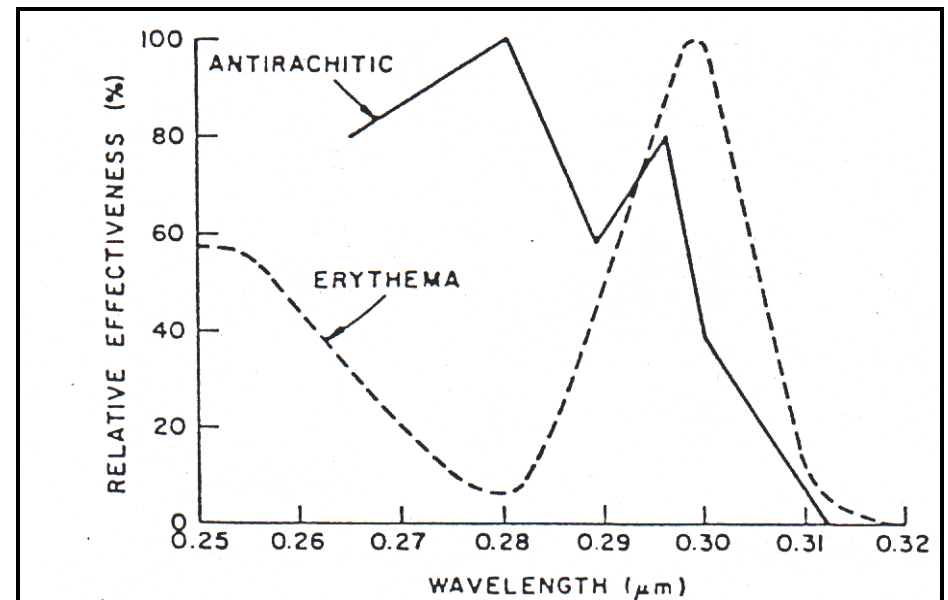
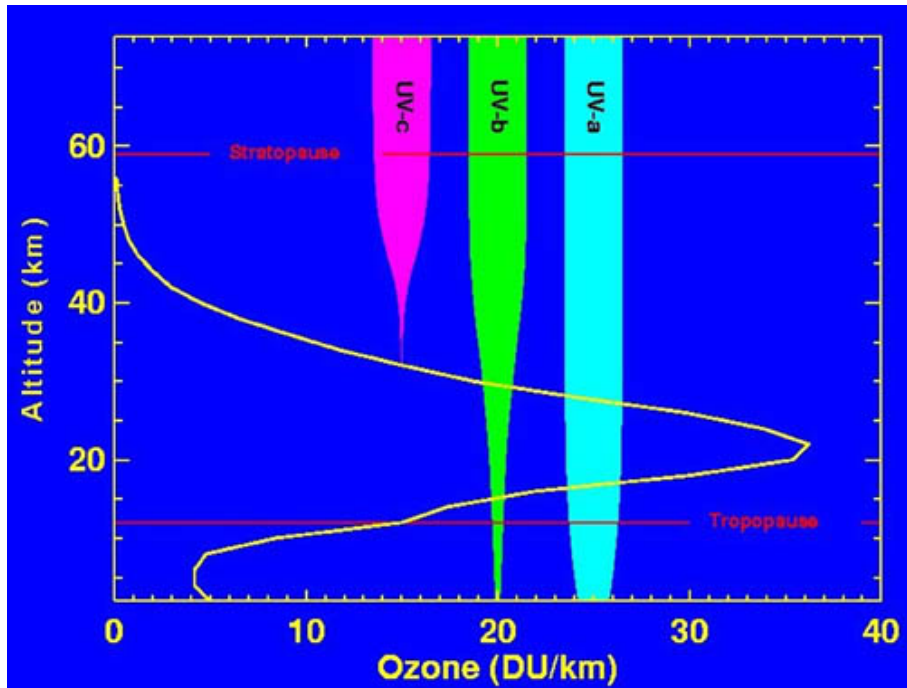


La couche d'ozone

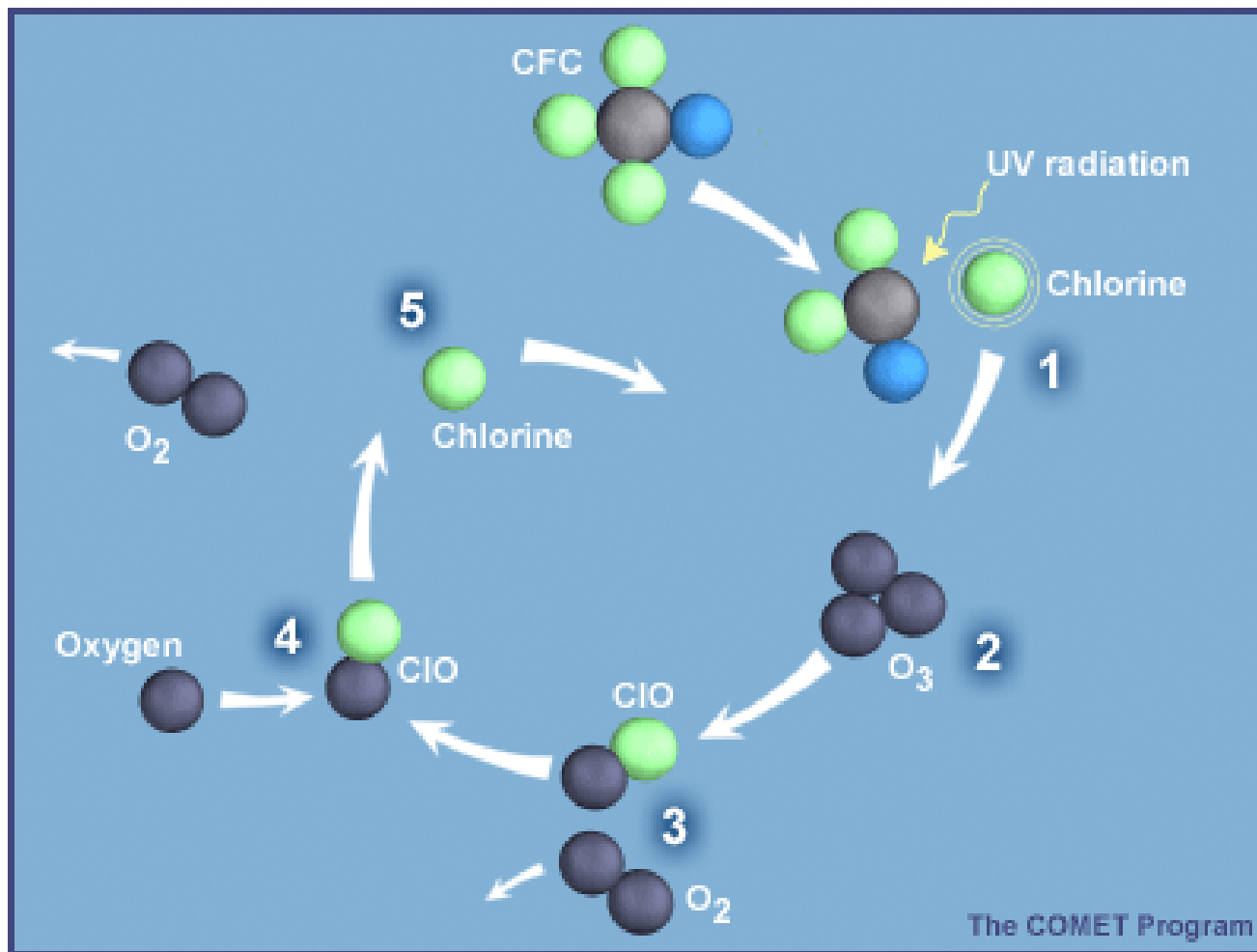


Profil vertical de l'ozone

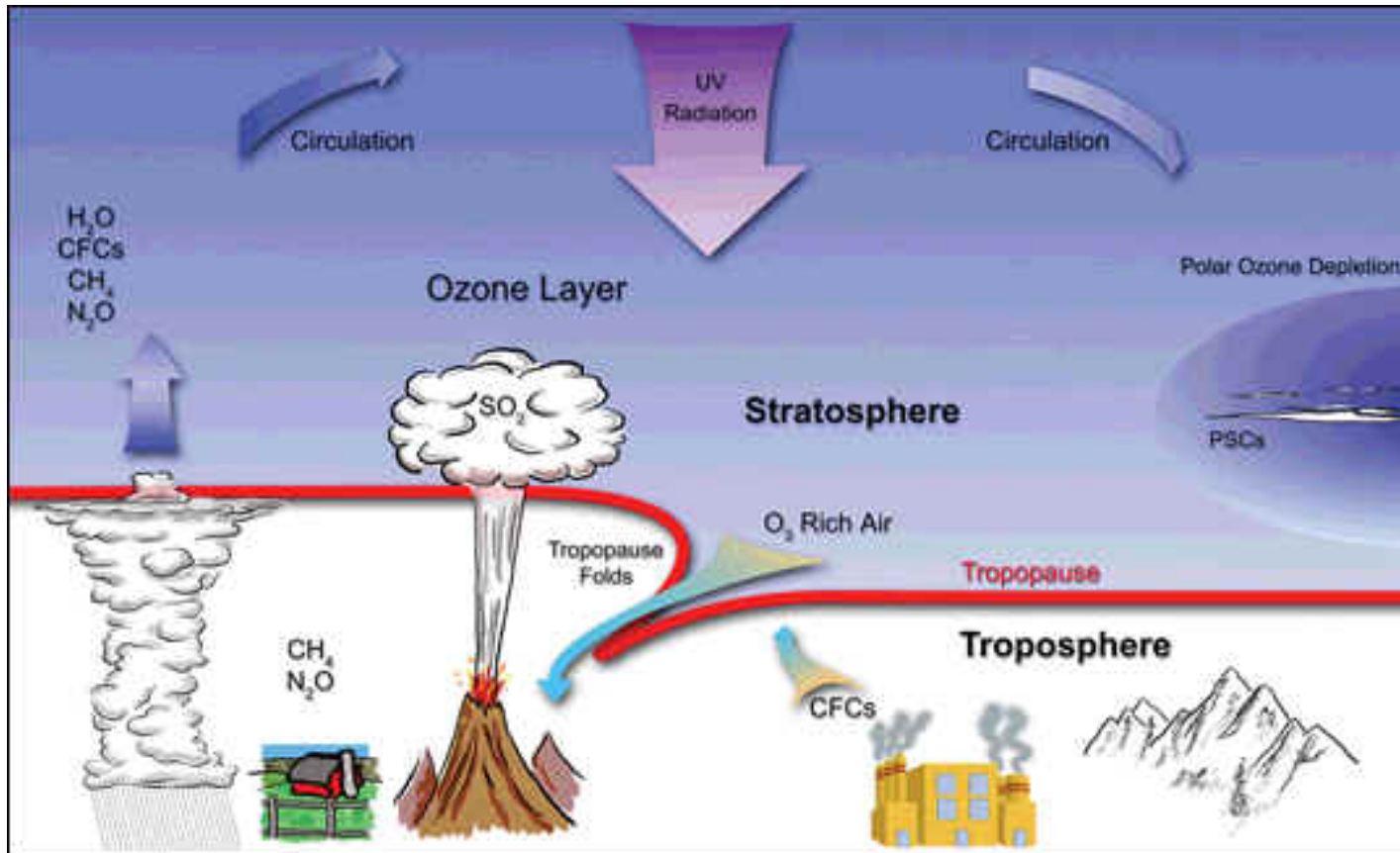
Effets biologiques du rayonnement UV¹³⁻³³



Mécanisme de destruction de l'ozone dans la stratosphère par les CFCs



Circulation stratosphérique



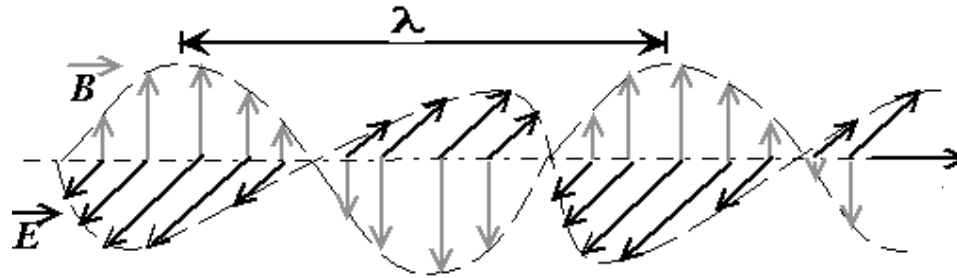


Qu'est-ce qu'une onde?

- Une onde est une perturbation d'un champ dans l'espace ayant un mouvement oscillatoire. La résultante de ce mouvement est un *déplacement net de matière nul*. **Seule l'énergie est propagée.**

<http://www.kettering.edu/~drussell/Demos/waves-intro/waves-intro.html>

Onde électromagnétique

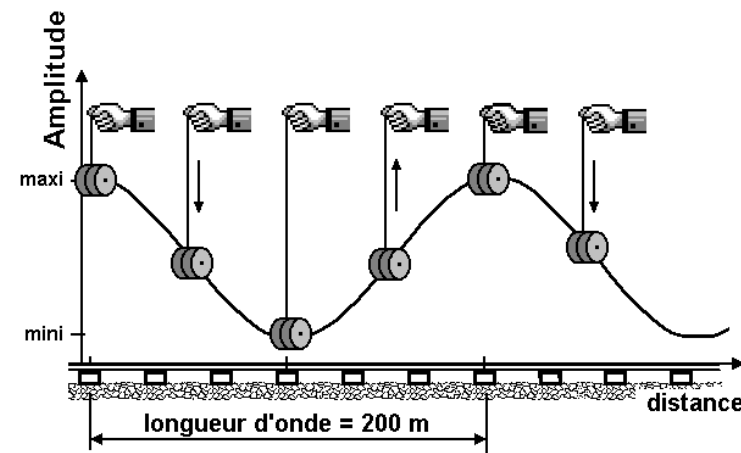
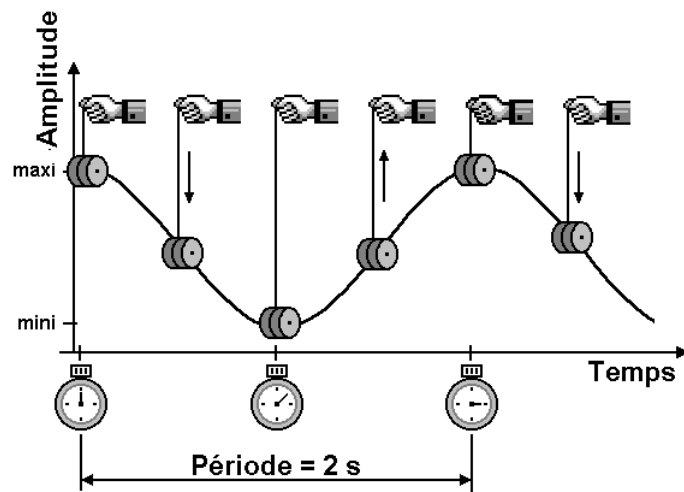


Variations des champs électrique et magnétique représentant le rayonnement électromagnétique.

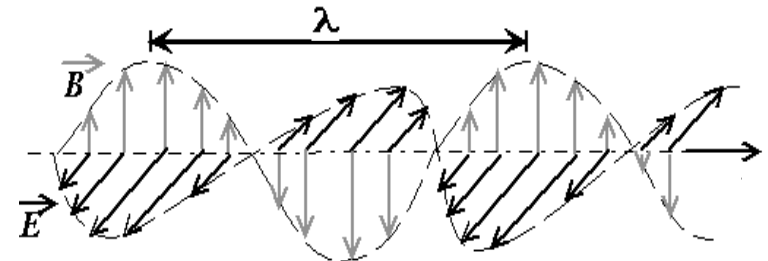


Amplitude, fréquence et longueur d'onde

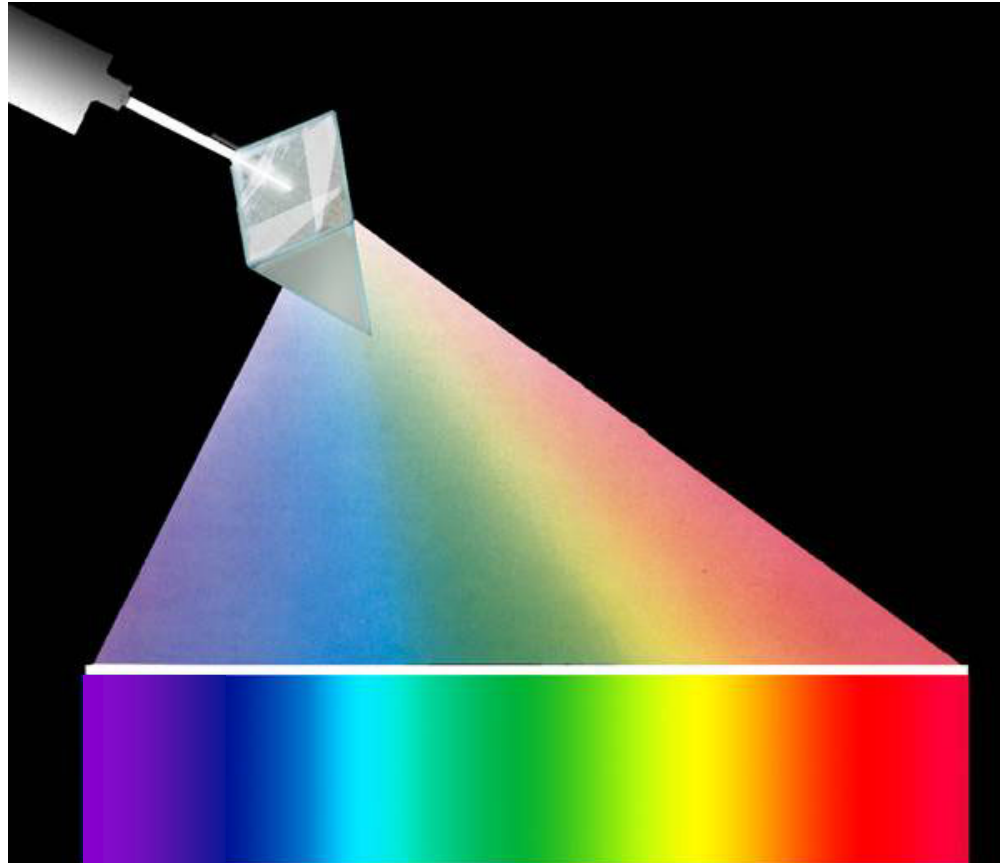
- Du yo-yo dans un TGV



- Amplitude : a
- Fréquence : $f = 1/\text{période}$
- Longueur d'onde : $\lambda = \frac{\text{vitesse}}{\text{fréquence}}$



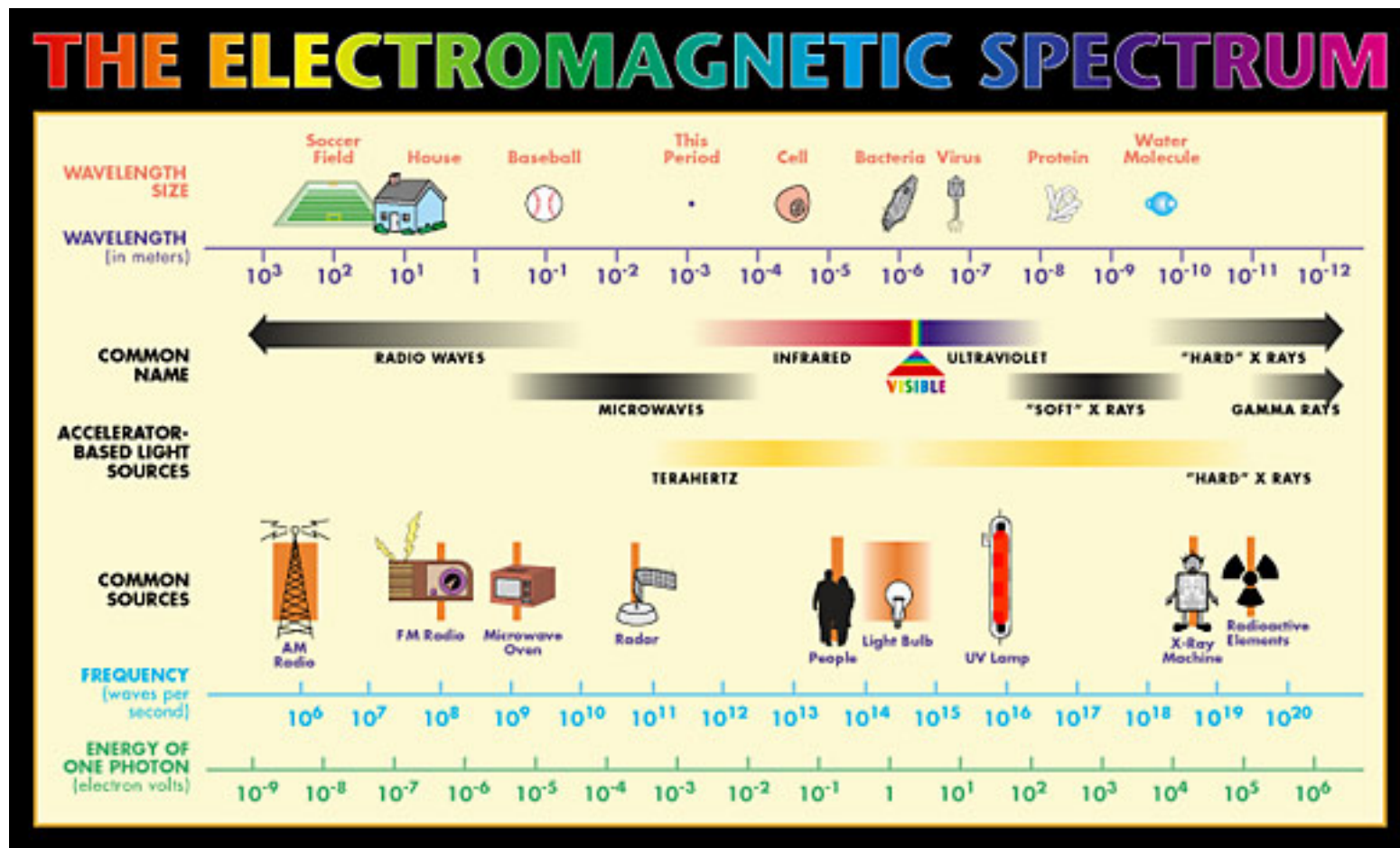
Décomposition de la lumière



Détails de la partie visible

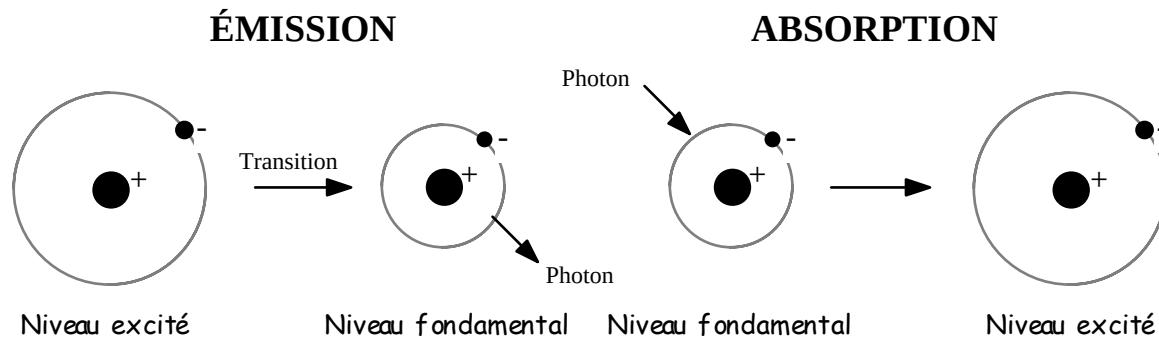
Couleur	$\Delta\lambda$ (μm)	λ typique (μm)
Violet	0,390 – 0,455	0,430
Bleu foncé	0,455 – 0,485	0,470
Bleu pâle	0,485 – 0,505	0,495
Vert	0,505 – 0,550	0,530
Jaune vert	0,550 – 0,575	0,560
Jaune	0,575 – 0,585	0,580
Orange	0,585 – 0,620	0,600
Rouge	0,620 – 0,760	0,640

Le spectre électromagnétique



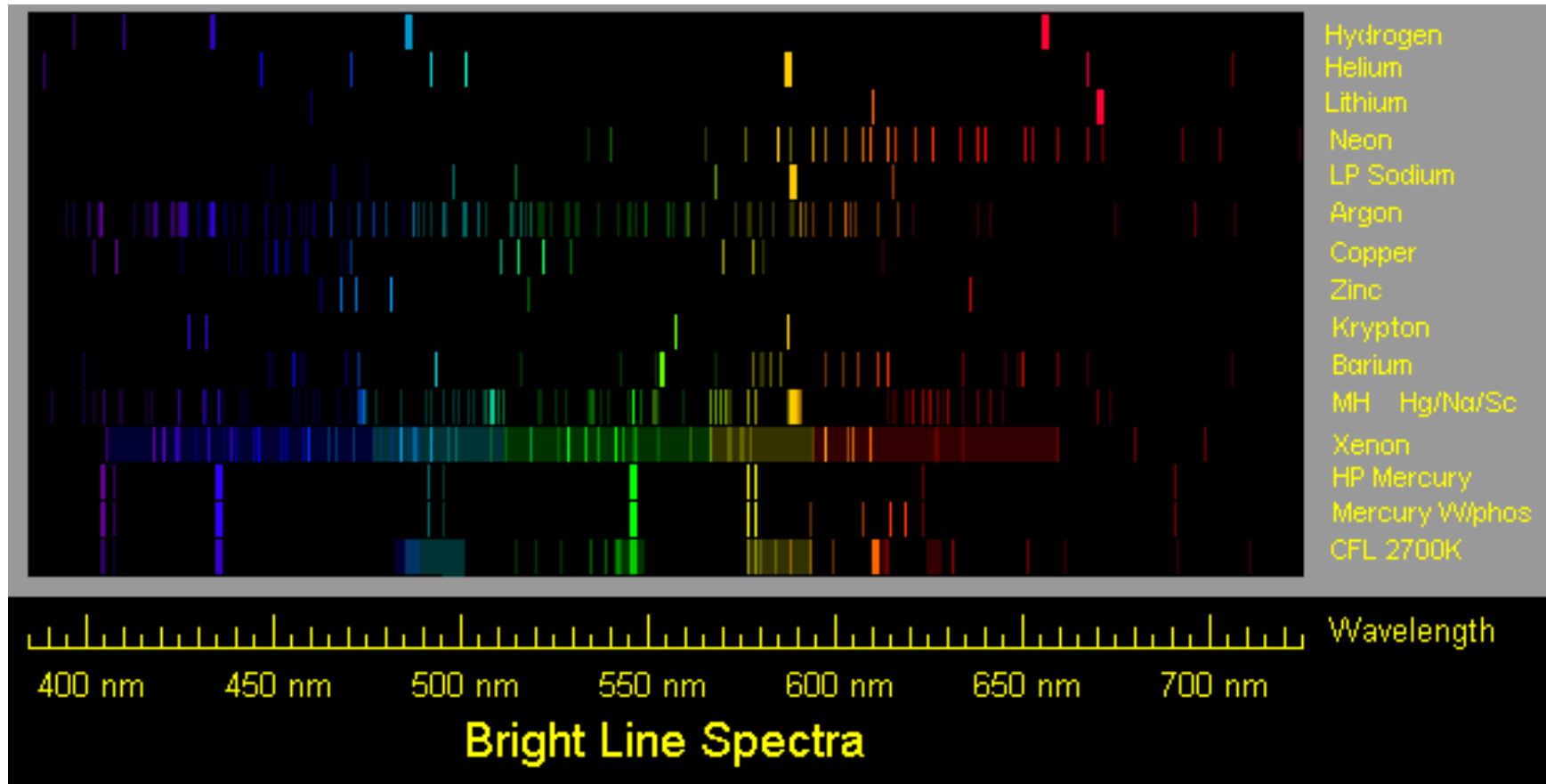
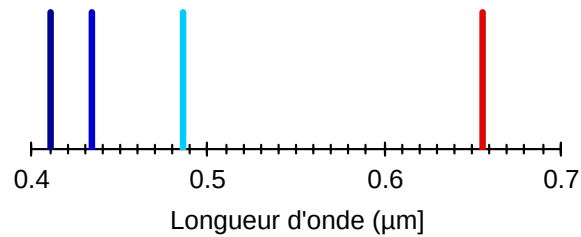
Émission et absorption de rayonnement

- Atome d'hydrogène



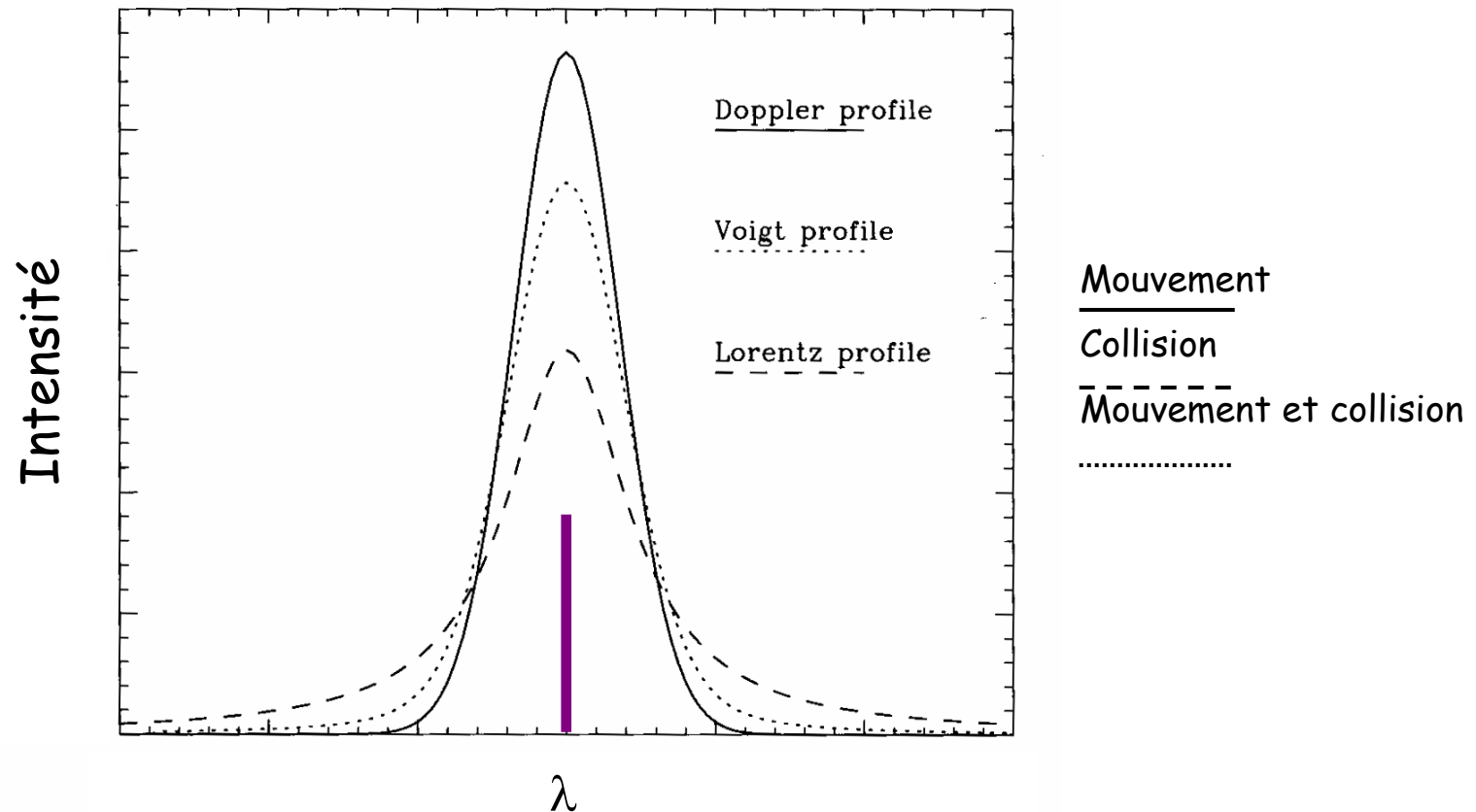
Lignes d'émission et absorption

Série de Balmer de l'hydrogène (visible)

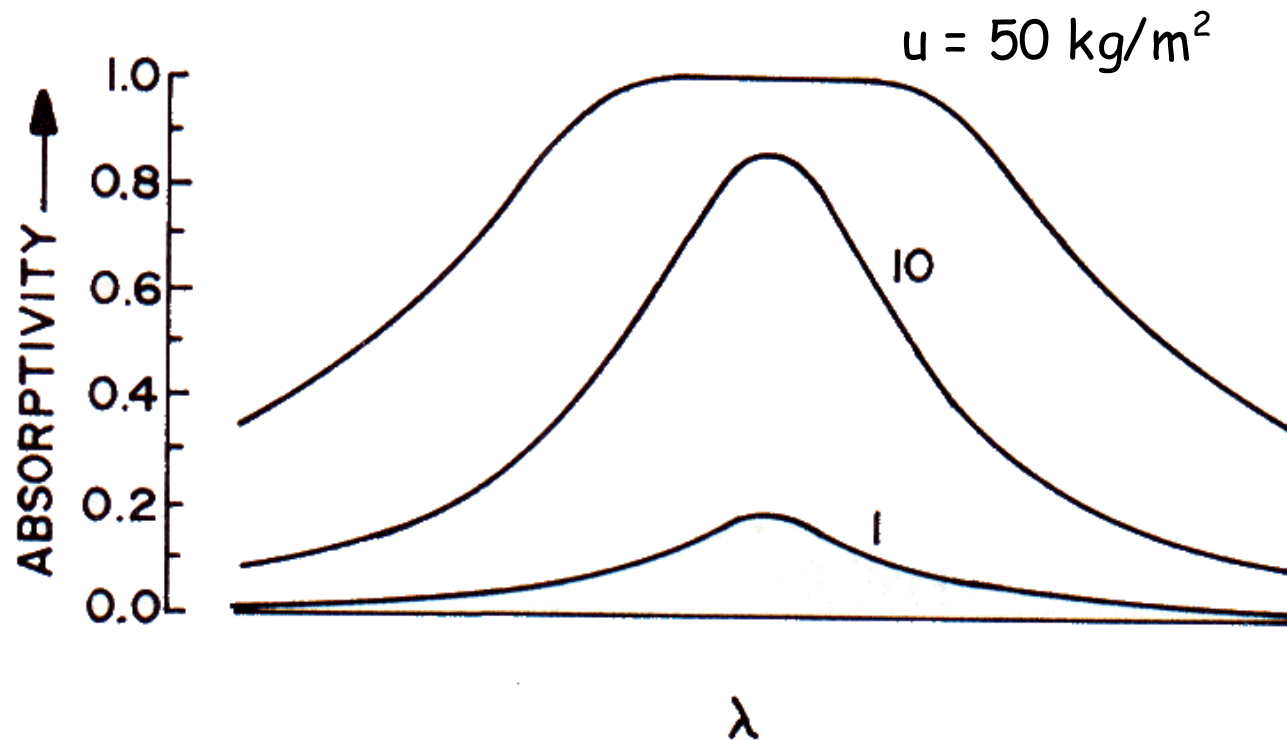


Spectres d'émission et d'absorption

- Pour un ensemble de molécules, l'interaction mutuelle entre celles-ci fait que l'absorption et l'émission d'énergie radiante a lieu sur un spectre continu.



Élargissement du spectre



Spectre d'absorption en fonction de la quantité de matière.

Spectre solaire au sol

- Absorption par les gaz de l'atmosphère et la vapeur d'eau ;
- Diffusion moléculaire par les gaz de l'atmosphère et la vapeur d'eau ;
- Absorption et la diffusion par les particules en suspension dans l'atmosphère.

