

Matière, rayonnement et transformations 5

Absorption et transparence

Notions utilisées :

1. Introduction
- 2-3. Structure de la matière
4. Les ondes

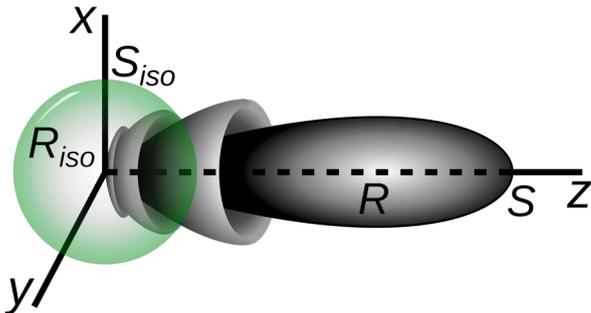
Pour une meilleure compréhension, certaines explications pourront être légèrement simplifiées/tronquées

Images : Wikipédia sauf mention contraire

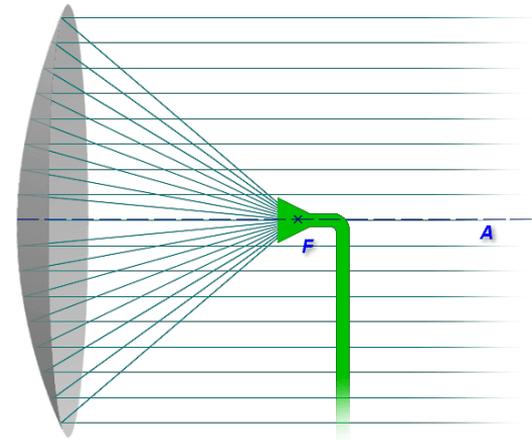


Réception des OEM

- Réception des ondes radio = détection du **courant électrique** induit par le **champ électromagnétique** de l'onde dans un **conducteur électrique** (« **antenne** »)
- La tension dépend de :
 - l'intensité du champ électrique
 - la longueur du segment
 - l'orientation de l'antenne / direction de l'onde
→ « **diagramme de rayonnement** »

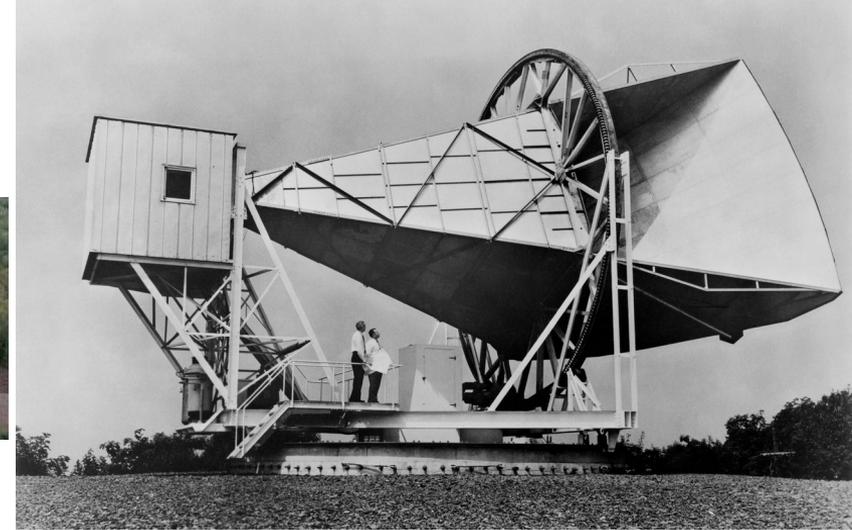


- Une antenne est en général optimisée pour des signaux **autour d'une fréquence donnée**
 - Notamment sa taille



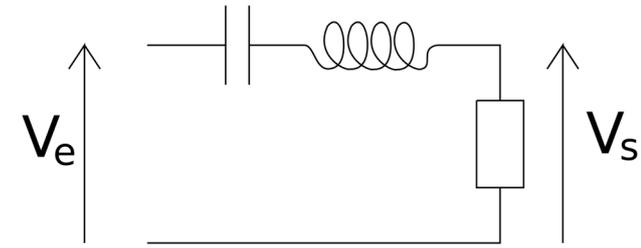
Principe d'une antenne parabolique

Antennes



<http://nrt.obspm.fr/> <https://public.nrao.edu/gallery/west-arm-of-the-vla/>
<https://hytower.en.made-in-china.com/product/VwKtnWxAOPhL/China-Steel-Monopole-Camouflage-Palm-Tree-Antenna-Tower-Mobile-Tower.html>

Filtre « passe-bande »



$$H(j\omega) = \frac{1}{1 + jQ\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)}$$

- Filtre (électronique ou numérique) ne laissant passer que les **fréquences** dans un intervalle autour d'une **fréquence choisie**
→ **fréquences de coupure**
- Atténue les fréquences à l'ext. de la **bande passante**

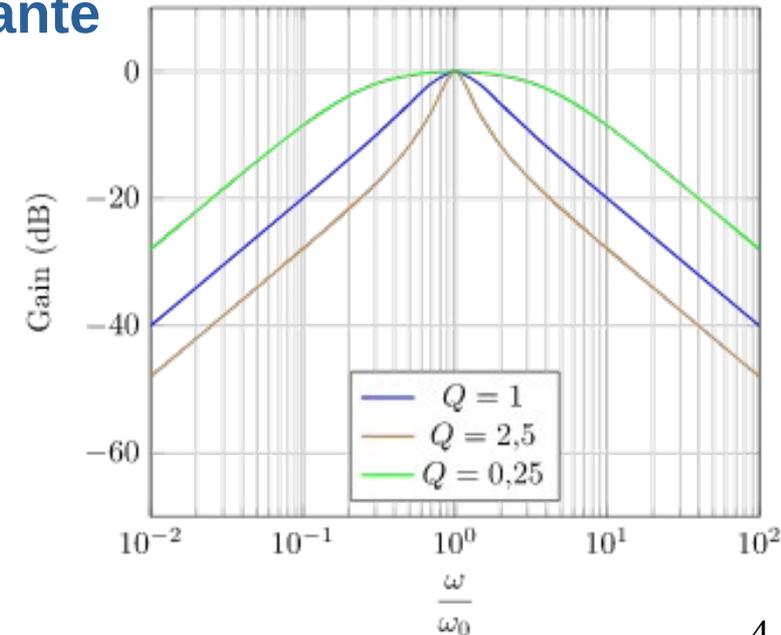


Diagramme de Bode en gain du filtre passe-bande
Q = « facteur de qualité »

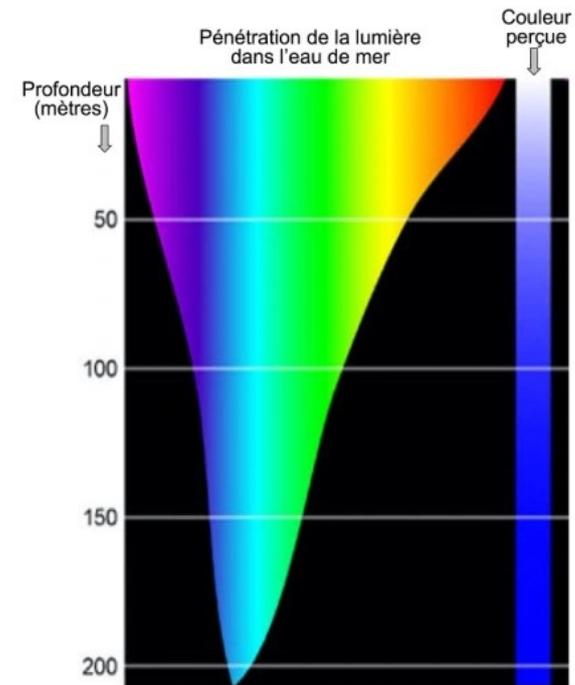
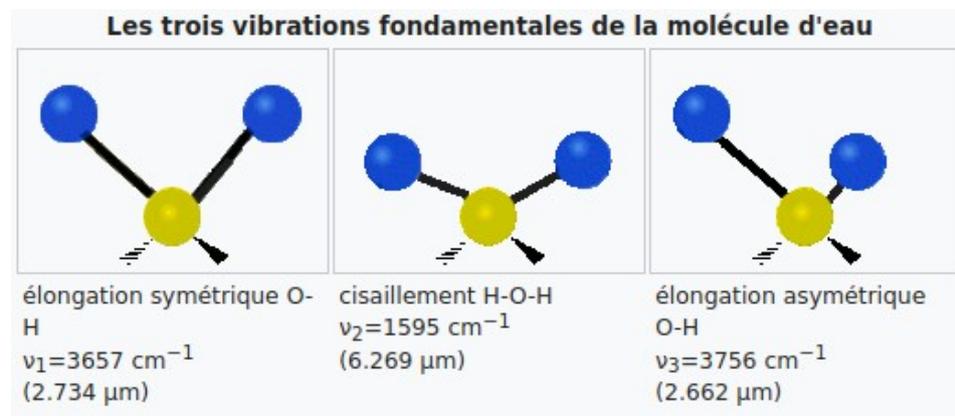
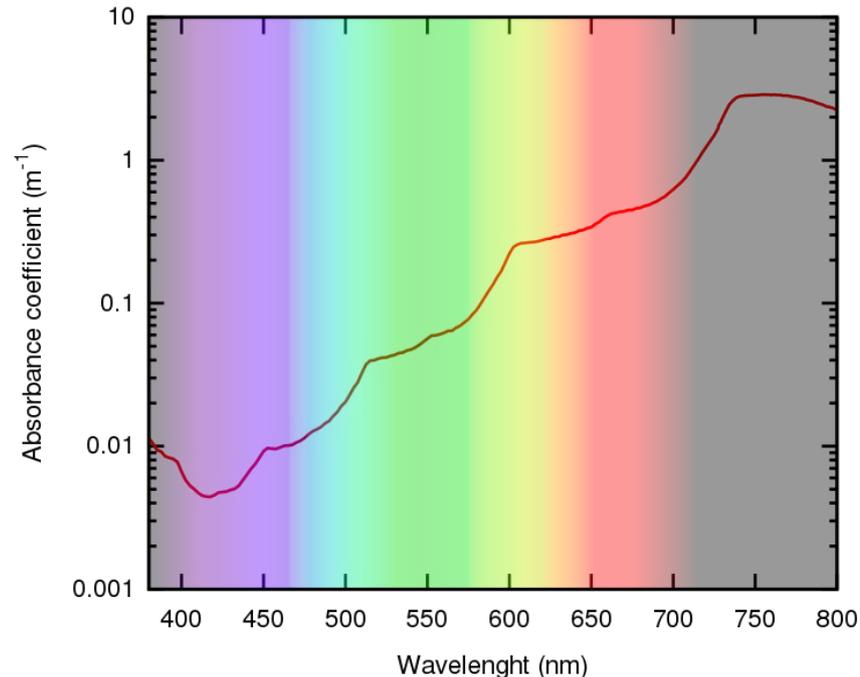
Absorption et transparence

- Un milieu **transparent** n'absorbe pas les ondes qui le traversent
- Lorsqu'une onde a une fréquence proche de la **fréquence propre** d'oscillation des molécules de ce milieu ou une énergie dans une « bande » particulière, il y a absorption
- La transparence est une notion relative car elle dépend de la fréquence/longueur d'onde
- Un matériau **opaque** ne laisse pas passer les rayons lumineux
- Un matériau **translucide** laisse passer la lumière sans toutefois permettre de distinguer nettement les objets (en raison de la diffusion des rayons lumineux)
 - Verre dépoli, papier calque, peau, ...



Pourquoi la mer est-elle bleue ?

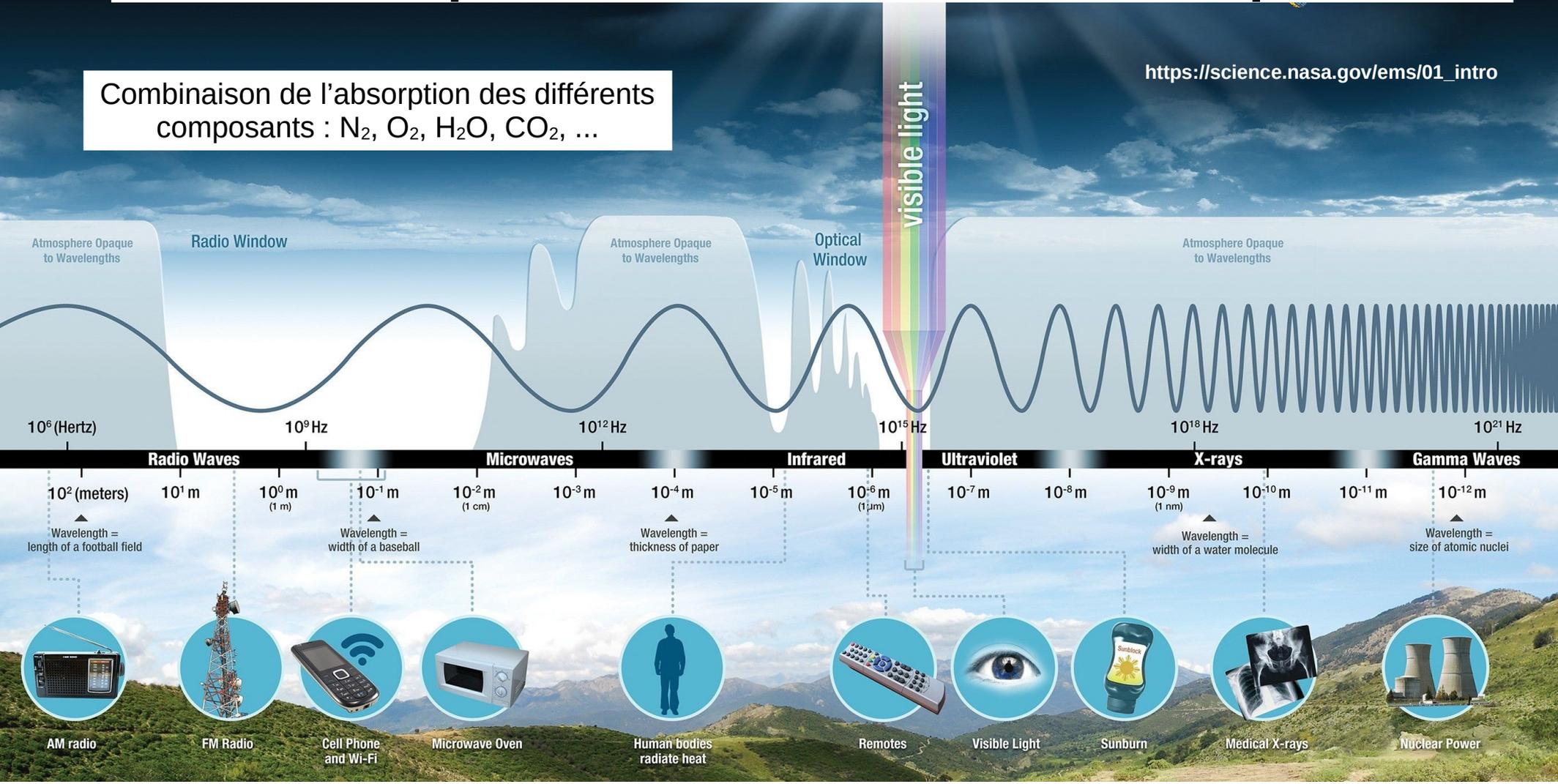
- Parce que le ciel est bleu ? Oui, en partie
- Mais surtout parce que l'eau absorbe le rouge



« Transparence » de l'atmosphère

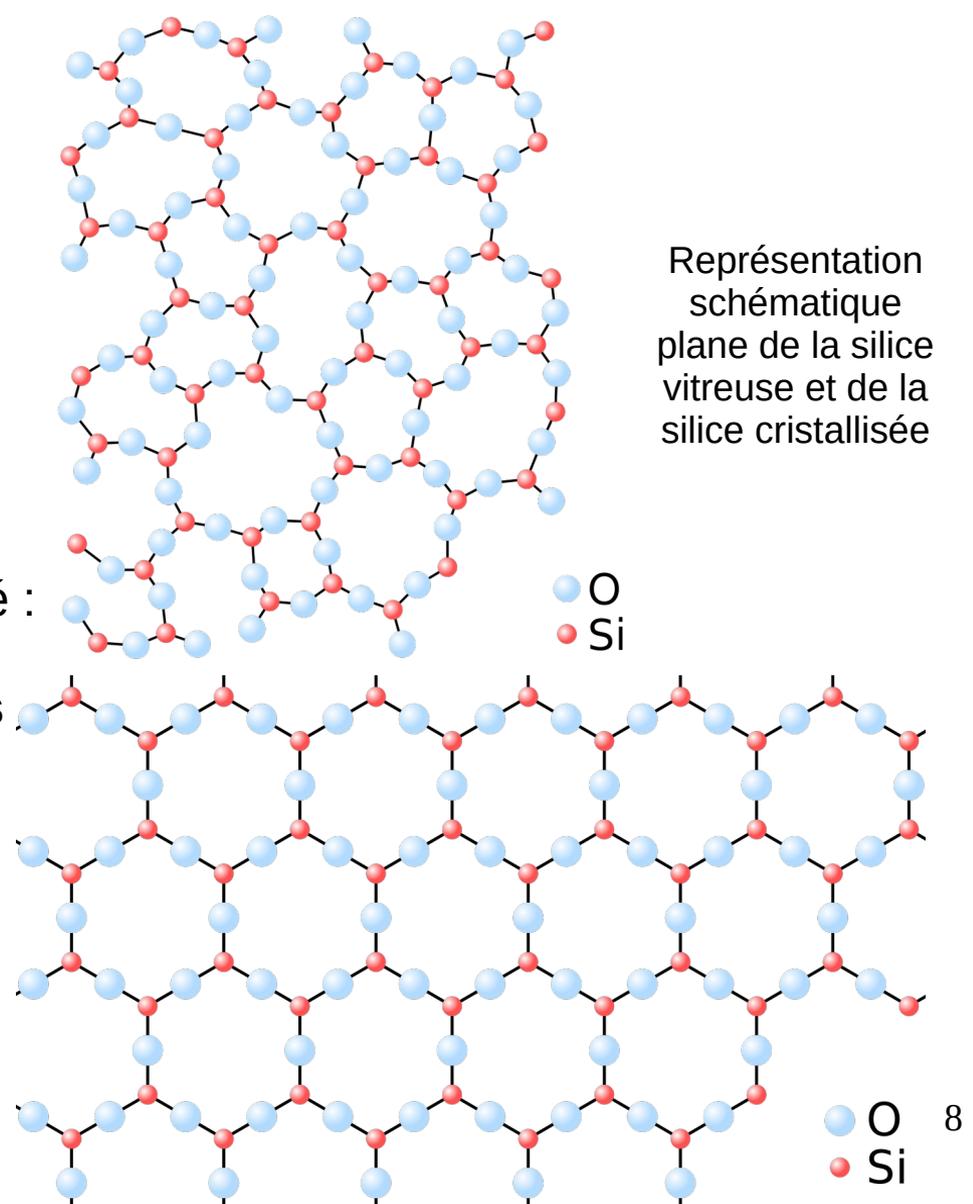
Combinaison de l'absorption des différents composants : N_2 , O_2 , H_2O , CO_2 , ...

https://science.nasa.gov/ems/01_intro



Solides amorphes

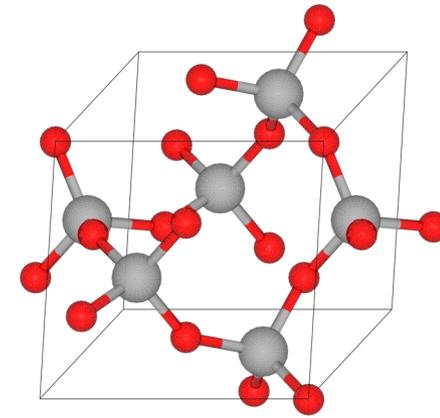
- Résultat du refroidissement d'un liquide n'ayant **pas pu cristalliser** : la **viscosité** croissante du liquide ne permet pas à ses constituants d'atteindre les **positions du solide cristallisé** (d'énergie minimale)
- → **bloqués dans un état désordonné**
- → solide amorphe que l'on peut considérer **comme un liquide figé**, de très grande viscosité : « **état vitreux** », qui **peut couler**, mais temps caractéristique de **plusieurs milliards d'années** à T_p ambiante (imperceptible)
- Notamment les verres
 - Le verre est un des matériaux les **plus durs** : seuls le **diamant** et le **carbure de tungstène/silicium** peuvent le rayer
 - **Manque d'élasticité** car électrons moins mobiles que dans un métal : les liaisons peuvent se briser même lors d'une **très faible déformation** / dilatation



Le dioxyde de silicium

- Ou **silice**, SiO_2
 - Solide incolore existant sous forme **crystalline** ou **amorphe** (ex : quartz)
 - Transparent dans le spectre visible
→ optique, $n \approx 1,5$
 - Moins transparent dans l'infrarouge
- **Silicates** : SiO_2 combiné à d'autres oxydes (Al_2O_3 , FeO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , etc.)
 - Principaux constituants du manteau terrestre
 - $\text{SiO}_2 = 60 \%$ de la masse de la croûte terrestre
- De **nombreuses roches** (ainsi que le sable) sont constituées de silice (grès, granite)
- Le verre est un **mélange de silice et de fondants** (produits permettant d'**abaisser la T_p de fusion** d'un composé)

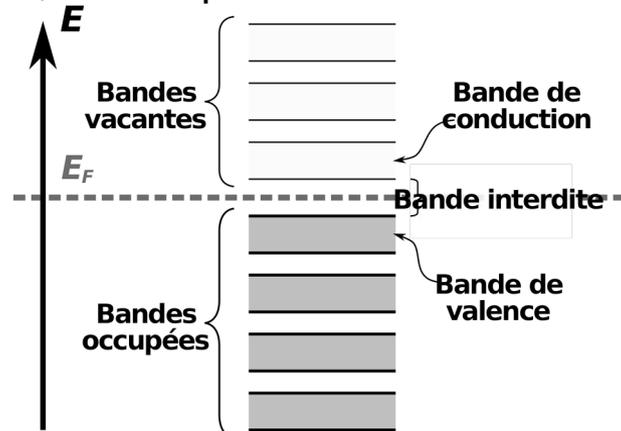
Quartz SiO_2



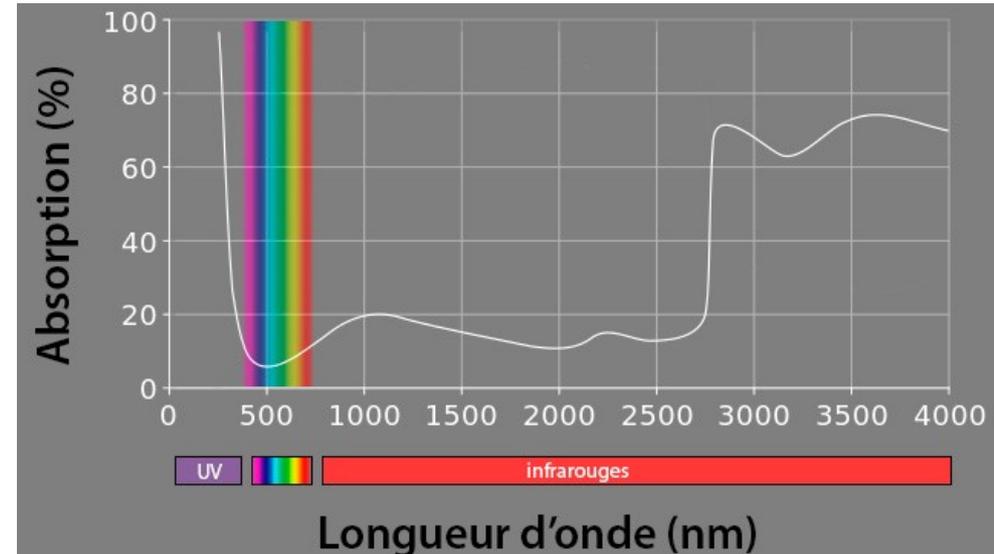
Théorie des bandes

- L'énergie d'un électron peut prendre
 - toutes les valeurs s'il est libre
 - Seulement certaines valeurs dans un atome
 - Dans un solide, n'importe quelle valeur dans certaine « bandes », séparées par des « bandes interdites »
- Si un photon incident n'a pas suffisamment d'énergie pour faire franchir la bande interdite à un électron, alors il passe sans être perturbé → le milieu est transparent jusqu'à une certaine fréquence, donc à partir d'une certaine longueur d'onde

Différence entre conducteurs, semi-conducteurs et isolants



- Verres silicatés transparents dans le visible
 - D'autres verres sont transparents dans d'autres gammes de longueurs d'onde
- Verre courant transparent du moyen infrarouge à l'UVA (mais ne transmet pas les UVB et les UVC)
 - On peut donc bronzer derrière une vitre sans attraper de coup de soleil

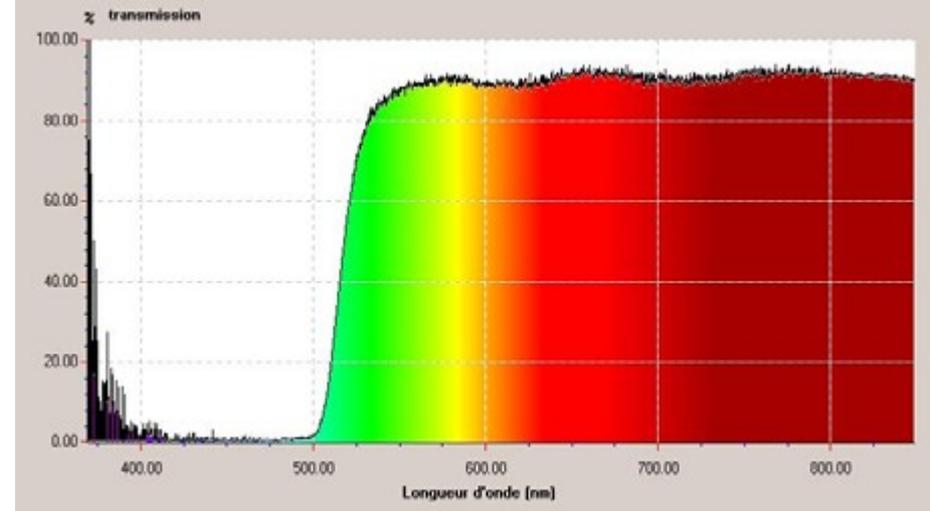
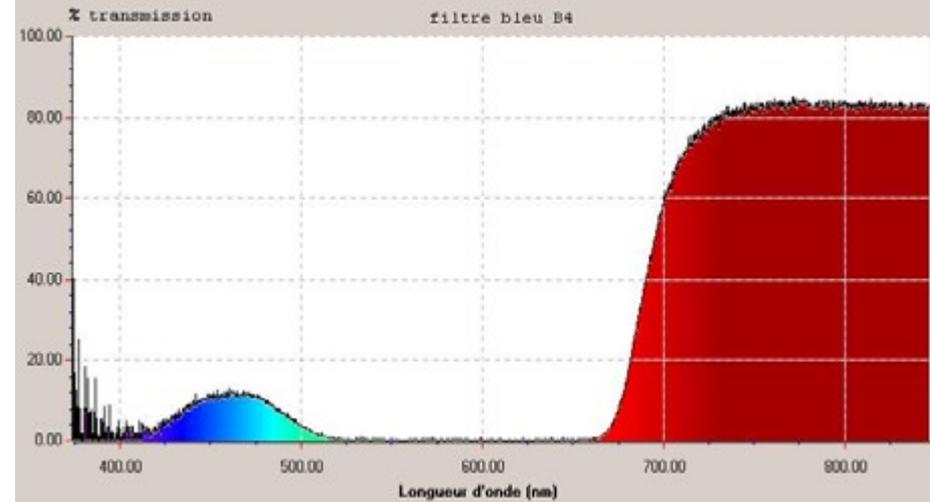
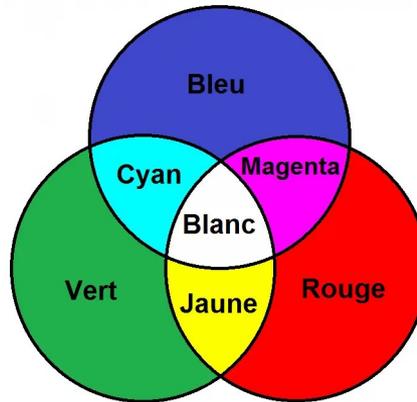


Absorption typique du verre

Les filtres colorés

- Les filtres par absorption contiennent un colorant dissous, qui absorbe certaines longueurs d'onde et en restitue l'énergie sous forme de chaleur
- Les verres colorés ne sont pas toujours monochromatiques

- Le filtre bleu transmet aussi un peu de rouge et surtout de l'infrarouge (l'œil humain voit quand même du bleu)
- le filtre jaune transmet aussi du rouge et du vert (qui, par synthèse additive donne à l'œil l'impression de voir du jaune)



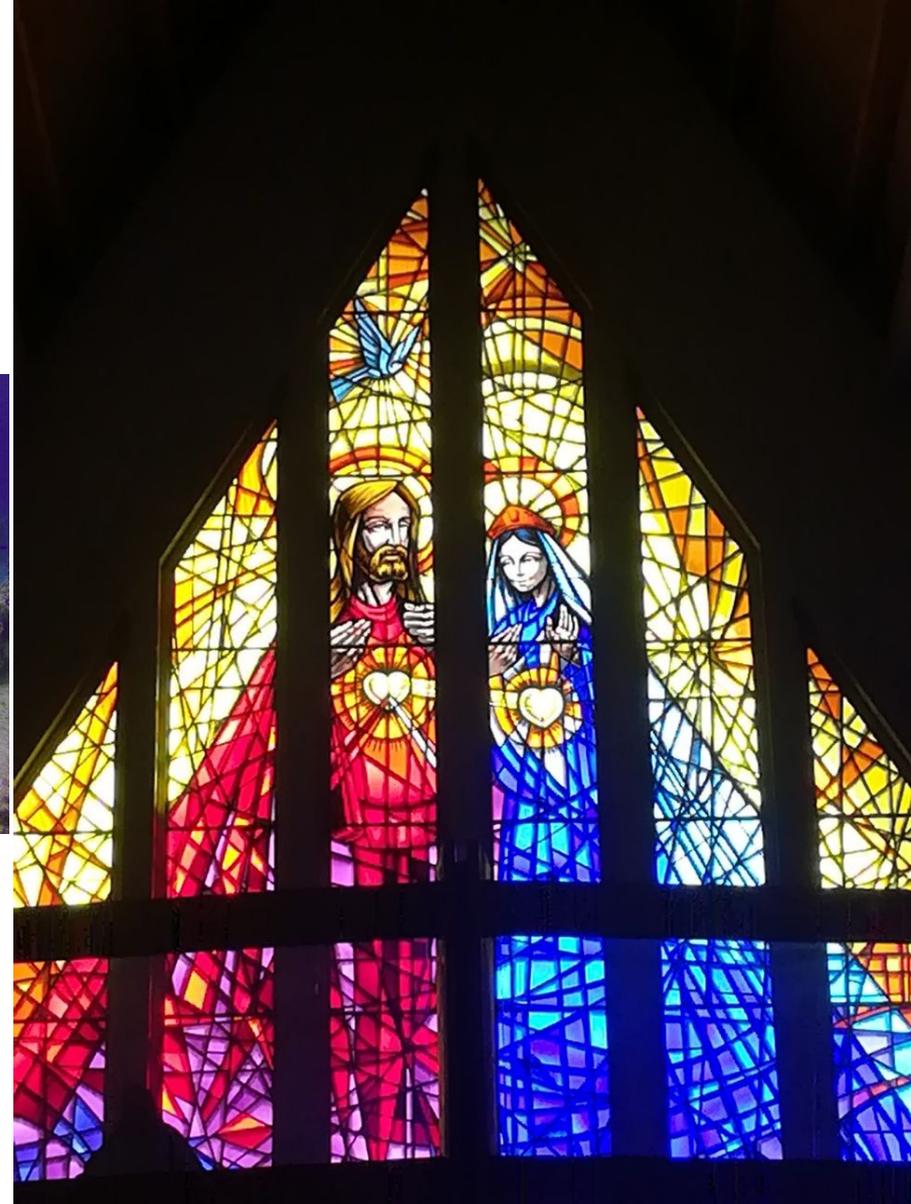
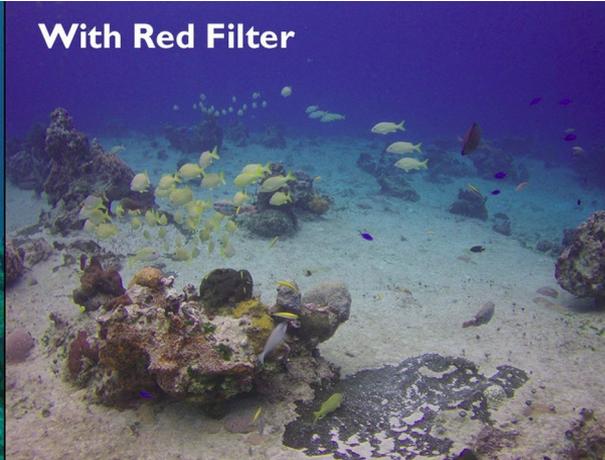
Filtres colorés

Exemples

No Filter

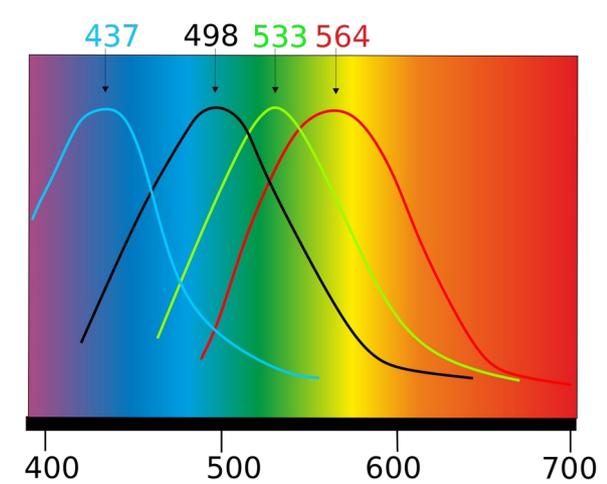
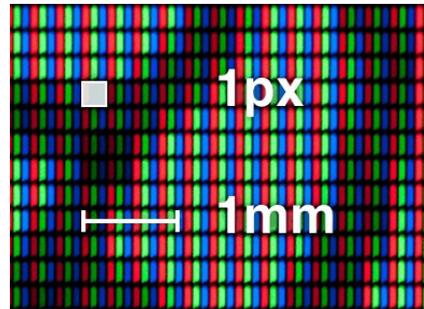
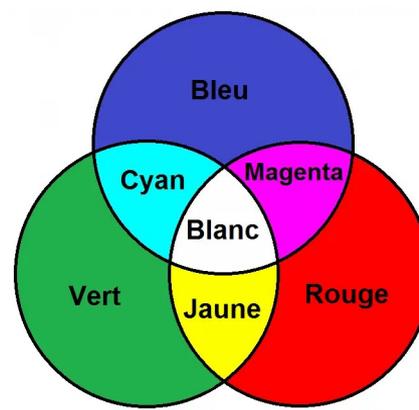


With Red Filter



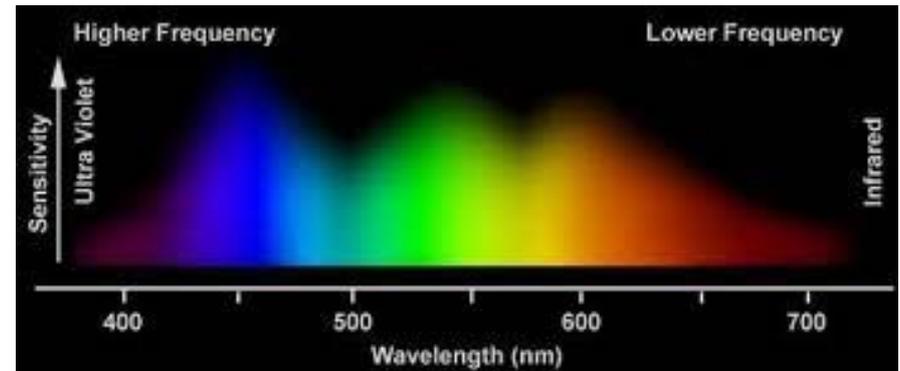
Colorimétrie 1

- **Couleur primaire** = couleur qui ne peut pas être reproduite par un mélange d'autres couleurs
- **Trichromie** :
 - On prend **3 couleurs primaires** (entre elles) perçues comme bien **différentes**
 - On peut reproduire **n'importe quelle couleur** à partir de cette base
 - Fonctionnement des trois types de cônes de l'œil humain → **R, V, B**
- **Synthèse additive** :
 - Ajout de couleurs émises



Spectre d'absorption des pigments de la rétine humaine ; en couleur, les cônes, en noir, les bâtonnets

Requins : uniquement cônes sensibles au vert, mais beaucoup de bâtonnets (contrastes)



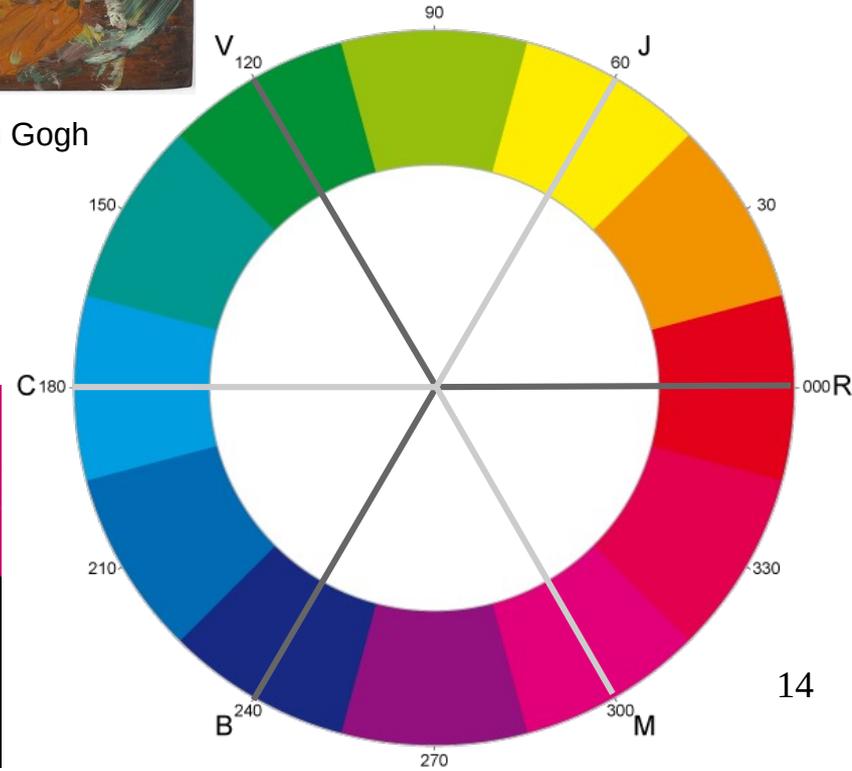
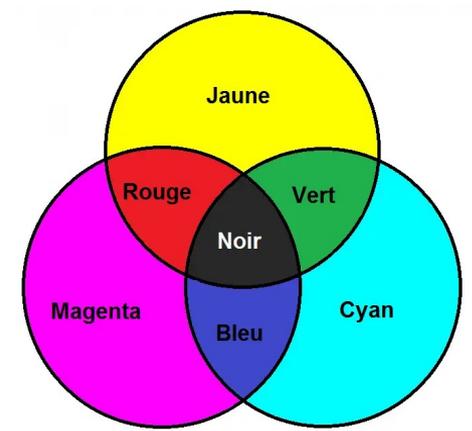
Sensibilité de l'œil humain en fonction de la longueur d'onde

Colorimétrie 2

- **Synthèse soustractive** :
 - Ajout de couleurs absorbées
- **Cercle chromatique**
 - R, V, B et C, M, J à 120° les unes des autres
 - **Couleurs complémentaires opposées** sur le cercle
 - Deux couleurs complémentaires **mélangées** produisent du gris
 - Deux couleurs (monochromatiques) « complémentaires » **combinées** produisent une lumière blanche
- **Couleur de la lumière** ≠ couleur d'un objet

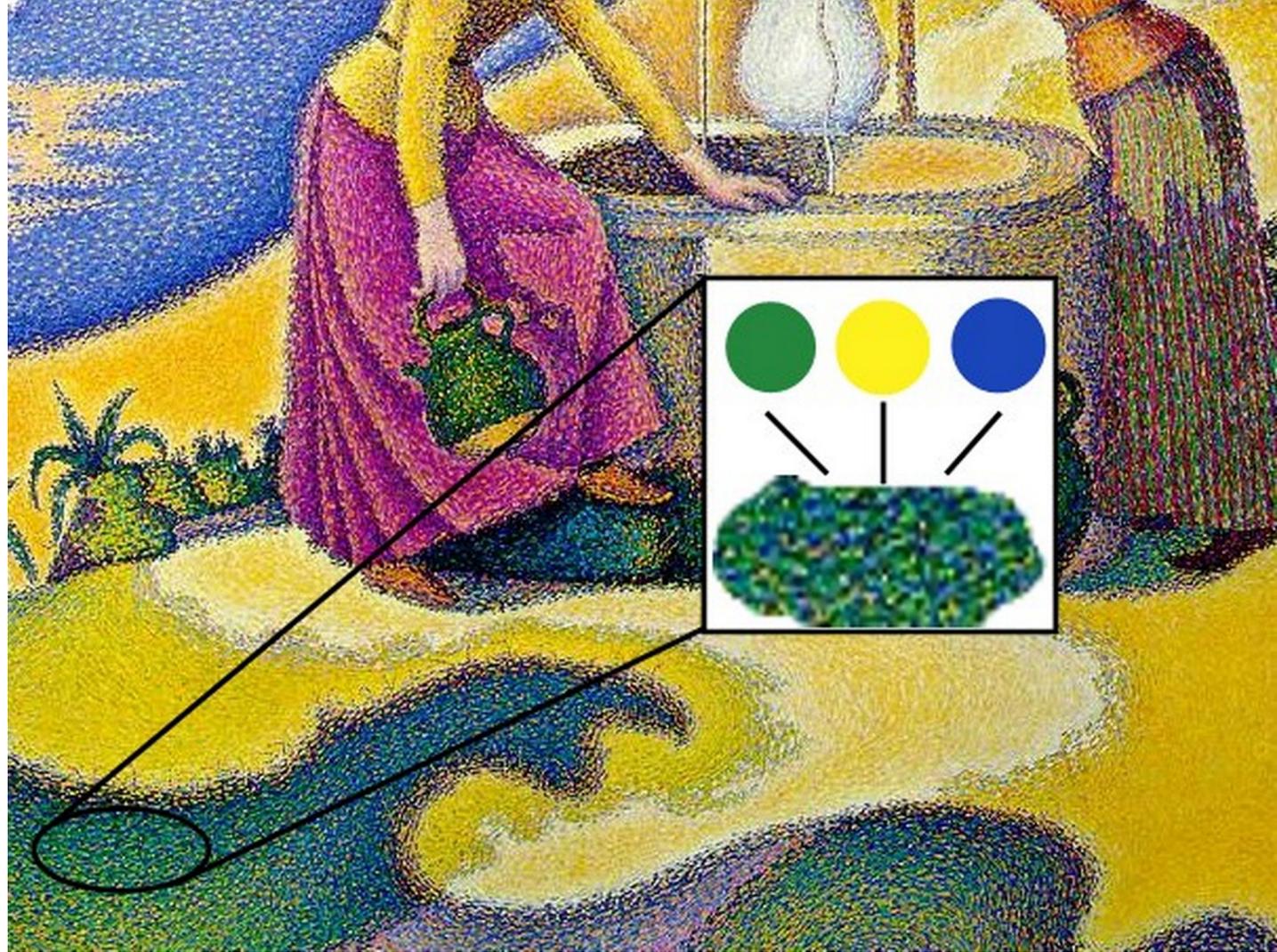


Palette de Vincent Van Gogh (vers 1890)



Pointillisme

- Aspect visuel différent d'un mélange de couleurs sur une palette car **mélange réalisé par l'œil et pas par le pinceau**
- Mélange de couleurs → **soustractivité** : le mélange des pigments renvoie l'ensemble des fréquences **non absorbées** par chacun des pigments
- Mélange des couleurs produites par les points (principe des écrans) → **additivité** : le mélange est plus lumineux



Paul Signac : Femmes au puits (1892), huile sur toile

Les cristaux

En physique-chimie

- Un cristal est un **solide** dont les constituants (atomes, molécules ou ions) sont assemblés **de manière régulière** (un motif de base – « **maille** » – se répète à l'infini dans toutes les directions)
- Par **opposition à un solide amorphe**

Dans le langage courant

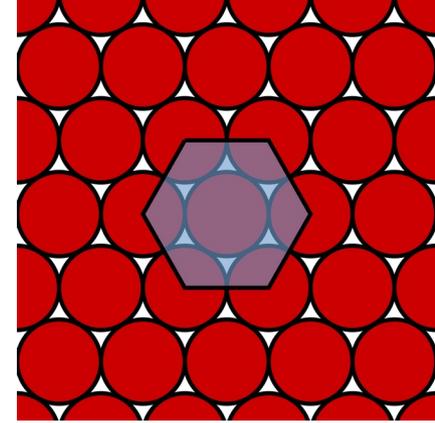
- Le cristal est un verre contenant une forte quantité d'**oxyde de plomb**
- Le cristal n'est pas un cristal...



Cristaux de sel

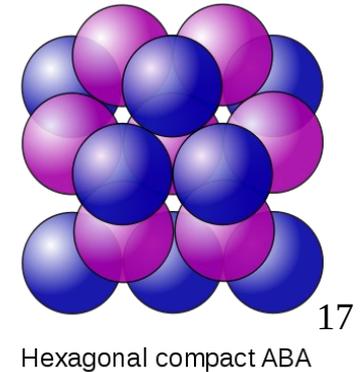
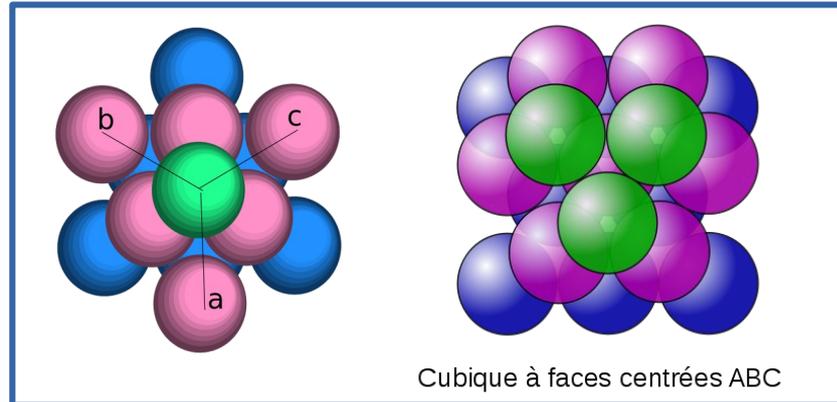
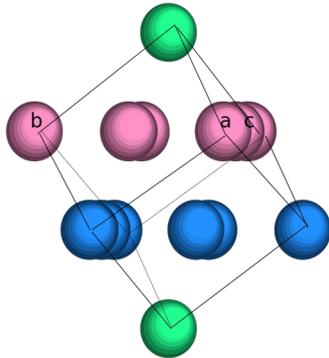
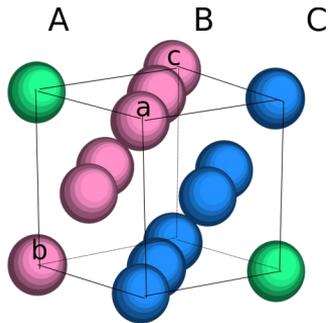
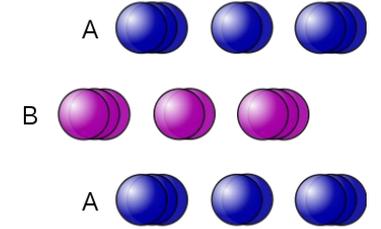
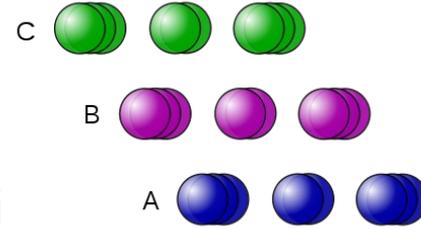


La cristallographie



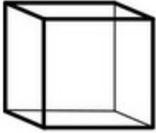
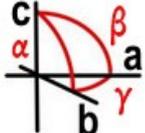
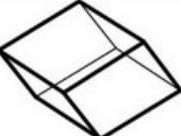
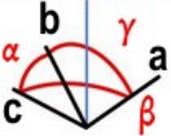
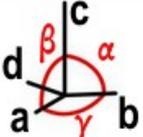
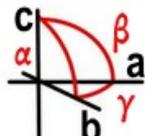
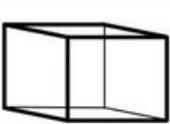
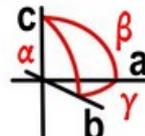
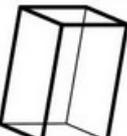
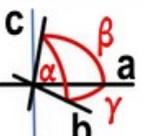
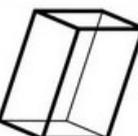
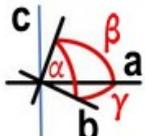
Empilement compact en 2D :
cercles dans un espace carré
→ forme hexagonale.

- Étude de l'**empilement atomique** des cristaux
 - Atomes représentés par des sphères
- Cristal « **parfait** » = sans **défauts cristallins**
- 2 empilements « **compacts** »
 - **Cubique à faces centrées & hexagonal compact**
 - De nombreux **autres empilements** (non compacts) existent
- **Maille** = plus petit motif reproductible à l'infini dans un cristal

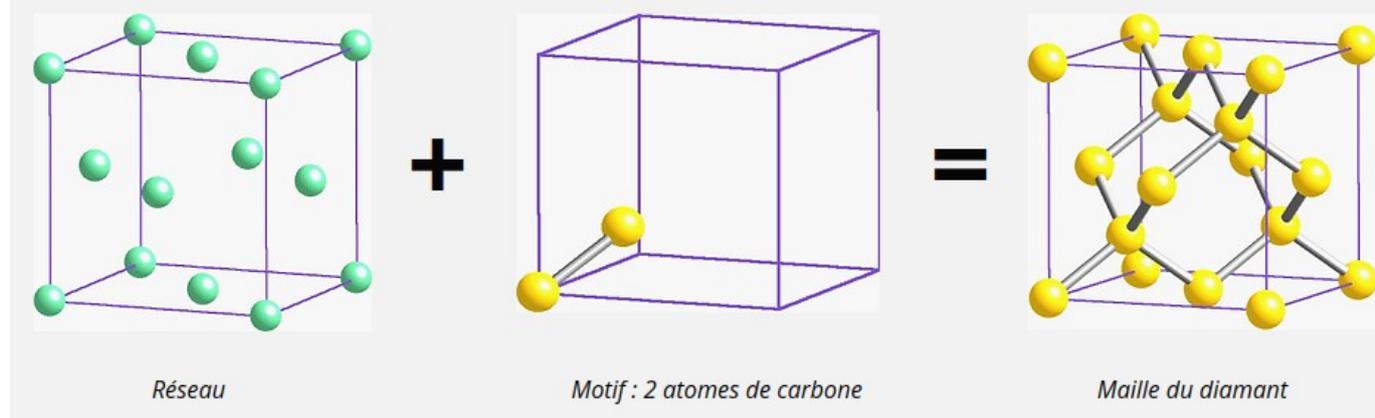


LES 7 SYSTEMES CRISTALLINS

C. Legend 2018

<p>Cubique</p>	  <p>$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$</p>	    <p>Galène Tétraédrite Fluorite Almandin</p>
<p>Rhomboédrique</p>	  <p>$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$</p>	    <p>Arsenic Cinabre Calcite Diopside</p>
<p>Hexagonal</p>	  <p>$d = a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ \quad \gamma = 120^\circ$</p>	    <p>Graphite Greenockite Corindon Béryl</p>
<p>Quadratique</p>	  <p>$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$</p>	    <p>Chalcopyrite Rutile Scapolite Analcime</p>
<p>Orthorhombique</p>	  <p>$a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$</p>	    <p>Bornite Boracite Baryte Bertrandite</p>
<p>Monoclinique</p>	  <p>$a \neq b \neq c$ $\alpha = \gamma = 90^\circ \quad \beta \neq 120^\circ$</p>	    <p>Pyrrhotite Monazite Stilbite Neptunite</p>
<p>Triclinique</p>	  <p>$a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$</p>	    <p>Turquoise Cyanite Albite Rhodonite</p>

Le diamant



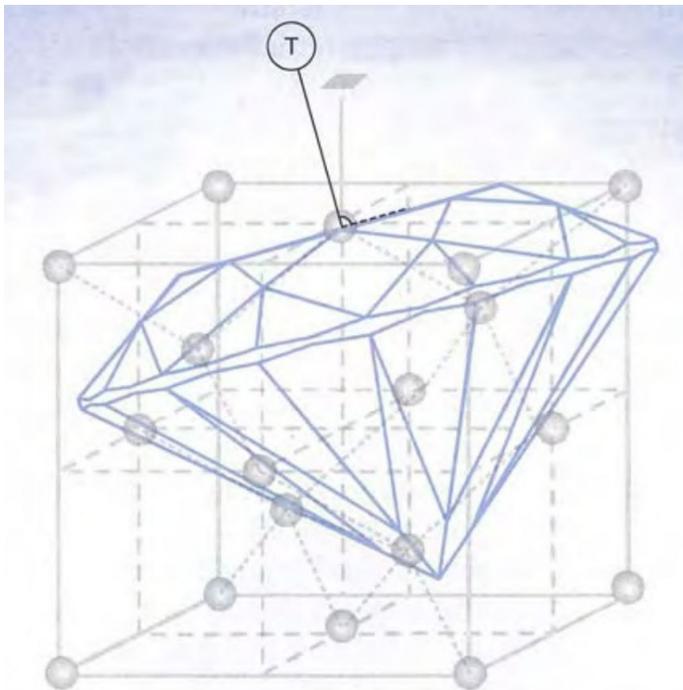
Qualité définie par les « 4 C » : taille (cut), couleur (color), pureté (clarity) et poids (carat)

- Une des formes « **allotropiques** » du carbone
- Structure : à partir d'une maille compacte CFC
- Compacité = 34 % (max = 74%)
- Mais :
 - **Matériau naturel le plus dur**
 - NPC : **dureté** = capacité à résister au frottement (rayures, usures) & **fragilité** = capacité à résister aux chocs (mécanique, thermique, chimique) – **un cristal dur est souvent fragile**
 - → le diamant ne se raye pas, mais **il se clive et peut se casser**
 - **Record de vitesse** pour une onde sonore : ~ 18 km/s (50 fois plus que dans l'air)

Taille du diamant



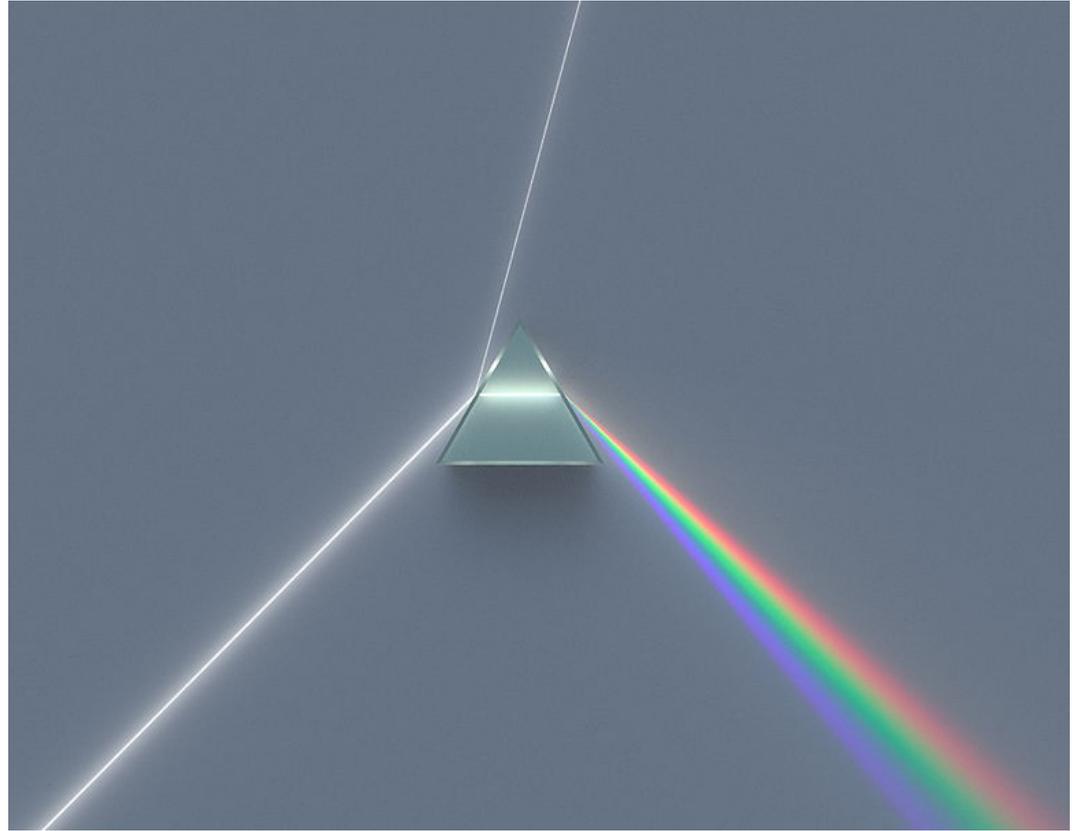
La taille se fait en accord avec la structure cristallographique → « facettes »



Nom de la taille	Partie supérieure	Au rondiste	Partie inférieure	Total
Rond Brillant	1 table, 8 coins de table ou bezel, 8 étoiles et 16 haléfis		8 pavillons et 16 haléfis	57 facettes
Emeraude	25 facettes	8 facettes	24 facettes	57 facettes
Marquise	33 facettes		22 facettes	55 facettes
Ovale	33 facettes		22 facettes	55 facettes
Poire	33 facettes		23 facettes	56 facettes
Radiant	25 facettes	8 facettes	37 facettes	70 facettes
Triangle	7 facettes	3 facettes	9 facettes	19 facettes
Baguette	9 facettes	4 facettes	12 facettes	25 facettes
16/16	1 table, 16 facettes		16 facettes	33 facettes
8/8	1 table, 8 facettes		8 facettes	17 facettes

La dispersion

- L'**indice** dépend de la longueur d'onde :
 - **Formule de Cauchy**
(n décroissant avec λ)
$$n(\lambda) = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} + \frac{D}{\lambda^6} + \dots$$
- → les couleurs sont **déviées différemment**
= « **dispersion** »

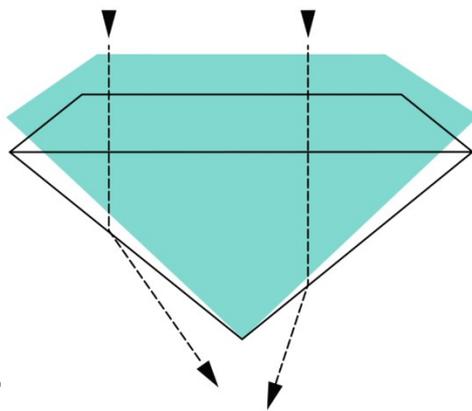
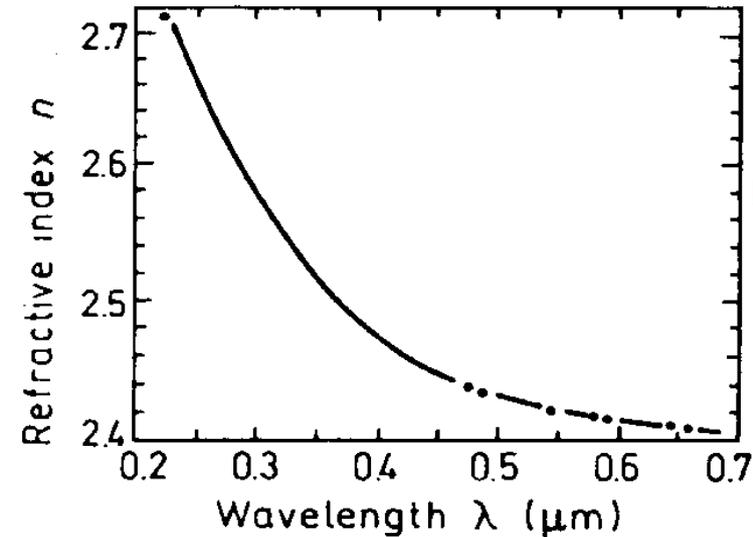


Propriétés optiques

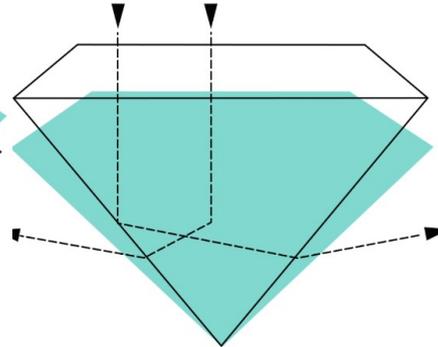
- **Indice de réfraction :**
 - très élevé ($2,5 \rightarrow v = 120\,000 \text{ km/s}$)
 - varie avec $\lambda \rightarrow$ **grand pouvoir dispersif** \rightarrow « éclat **adamantin** »



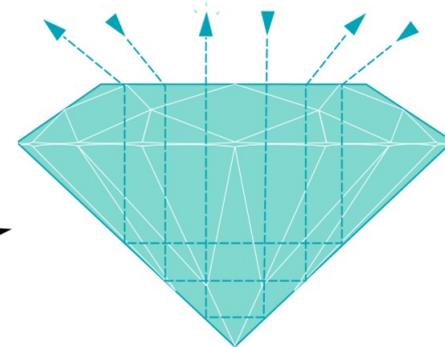
Le Cullinan, le plus gros diamant brut de qualité « joaillerie » jamais trouvé. Il pesait 3 106 carats (soit 1,37 kg) et fut taillé en 9 pierres principales



Too Shallow



Too Deep



Perfect Proportion