

Couleurs, synthèse

Cours de sciences physiques - niveau 1re

*Pourquoi un écran de télévision n'utilise-t-il que trois couleurs pour en afficher des millions, alors qu'une imprimante en emploie trois autres ? Et pourquoi un citron est-il jaune ? Dans ce cours de première, on explique la perception des **couleurs** et les deux modes de **synthèse**, additive pour les lumières et soustractive pour la matière, en les reliant à l'absorption, à la diffusion et aux spectres.*

Ce cours est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

Couleurs et synthèse : comment l'œil perçoit la lumière

La lumière visible correspond à des longueurs d'onde comprises entre 400 nm (violet) et 800 nm (rouge). Notre œil ne perçoit pas le spectre point par point : sa rétine contient des cellules sensibles appelées **cônes**, de trois types. Les cônes S (sensibles au bleu) ont leur maximum de sensibilité vers 440 nm, les cônes M (vert) vers 535 nm et les cônes L (rouge-jaune) vers 565 nm. La couleur perçue résulte de la façon dont ces trois types de cônes sont stimulés ; c'est le cerveau qui interprète. Pour la vision de nuit, les **bâtonnets** entrent en jeu, mais ne distinguent pas les couleurs. Un daltonien a un ou plusieurs types de cônes absents ou déficients, ce qui limite la distinction de certaines couleurs.

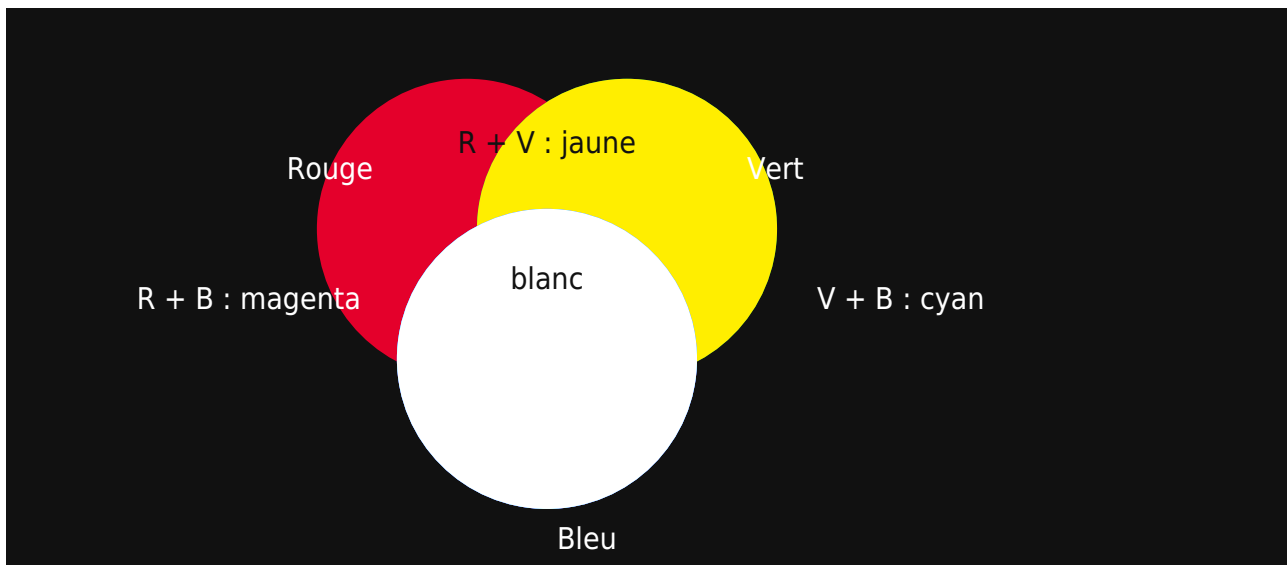
Comme trois types de cônes suffisent, trois lumières bien choisies, les **primaires** rouge, vert et bleu, permettent de produire presque toutes les couleurs perçues : c'est le principe de la synthèse additive.

La synthèse additive

La synthèse additive consiste à **superposer des lumières colorées** (écran, projecteurs de théâtre). Les lumières s'ajoutent : plus on en superpose, plus le mélange est lumineux.

PROPRIÉTÉ

Les couleurs primaires de la synthèse additive sont le **rouge (R)**, le **vert (V)** et le **bleu (B)**. $R + V = \text{jaune}$; $V + B = \text{cyan}$; $R + B = \text{magenta}$; $R + V + B = \text{blanc}$. Le noir est l'absence de lumière.



Synthèse additive : les lumières rouge, verte et bleue donnent du blanc au centre, et des couleurs plus claires deux à deux.

EXEMPLE

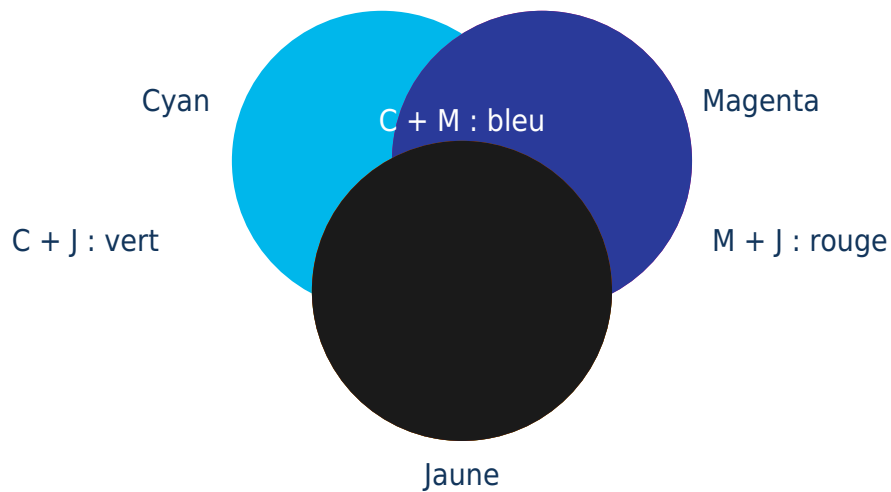
Sur un écran, chaque pixel est formé de trois sous-pixels R, V et B. Pour afficher du jaune, on allume les sous-pixels rouge et vert et on éteint le bleu. En codant l'intensité de chaque primaire sur 8 bits (256 niveaux), on dispose de $256^3 = \mathbf{16\ 777\ 216}$ couleurs possibles. Le triplet (255 ; 255 ; 0) correspond au jaune, (255 ; 255 ; 255) au blanc, (0 ; 0 ; 0) au noir.

La synthèse soustractive

Un objet n'émet pas de lumière : il renvoie une partie de celle qu'il reçoit. Quand on mélange des peintures, des encres ou qu'on superpose des filtres colorés, on **retire** (soustrait) des radiations à la lumière blanche : c'est la synthèse soustractive. Plus on mélange, plus le résultat est sombre.

PROPRIÉTÉ

Les couleurs primaires de la synthèse soustractive sont le **cyan (C)**, le **magenta (M)** et le **jaune (J)**. $C + J = \mathbf{vert}$; $M + J = \mathbf{rouge}$; $C + M = \mathbf{bleu}$; $C + M + J = \mathbf{noir}$ (en pratique un brun très sombre). Un support blanc non couvert d'encre reste blanc.



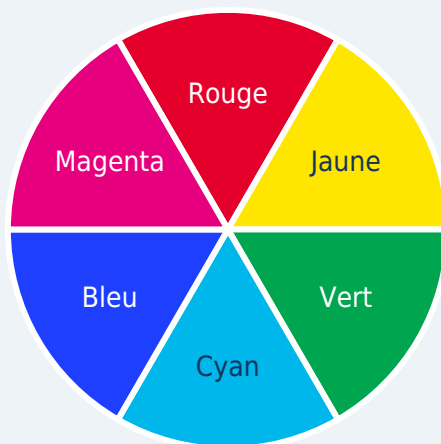
Synthèse soustractive : chaque pigment absorbe une partie du spectre ; au centre, tout est absorbé et on obtient du noir.

Absorption, diffusion, transmission et couleur complémentaire

Quand la lumière blanche arrive sur un objet, trois phénomènes se produisent : une partie est **absorbée** (son énergie est transférée à la matière), une partie est **diffusée** (renvoyée dans toutes les directions) et, si le milieu est transparent, une partie est **transmise**. La couleur d'un objet opaque est celle de la lumière qu'il diffuse : une feuille verte absorbe surtout le rouge et le bleu, et diffuse le vert. Un liquide ou un filtre transparent prend la couleur de la lumière qu'il transmet.

DÉFINITION

Deux couleurs sont **complémentaires** si leur synthèse additive donne du blanc. Une espèce qui absorbe une couleur apparaît de la couleur complémentaire. Les couples sont : rouge-cyan, vert-magenta, bleu-jaune.



Rouge ↔ cyan

Vert ↔ magenta

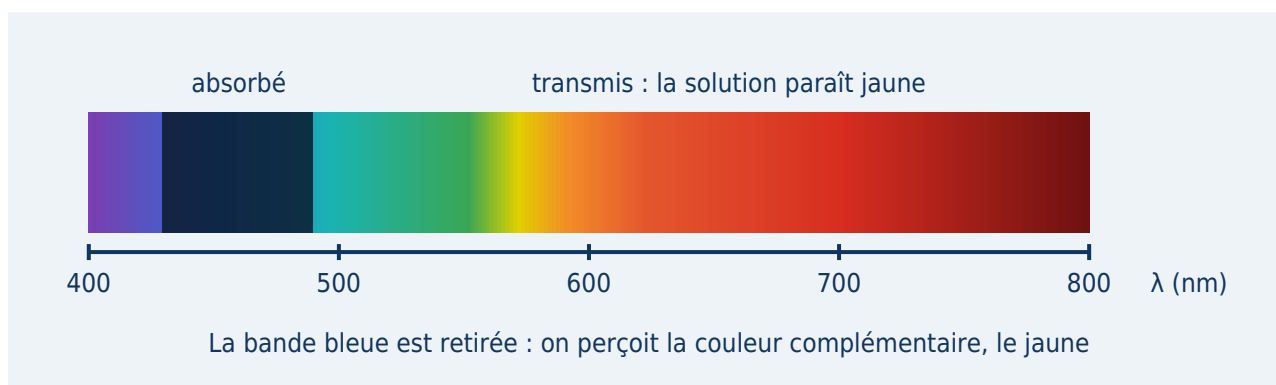
Bleu ↔ jaune

Les couleurs opposées
sont complémentaires

Cercle chromatique : une couleur et sa complémentaire sont diamétralement opposées.

Colorants, pigments et spectres d'absorption

Un **colorant** est une espèce colorée soluble dans le milieu où on l'utilise ; un **pigment** est insoluble et se dépose en fines particules. Leur couleur vient de l'absorption sélective de certaines longueurs d'onde par des molécules possédant de nombreuses doubles liaisons conjuguées : plus la chaîne conjuguée est longue, plus l'absorption se décale vers les grandes longueurs d'onde. Le **spectre d'absorption** trace l'absorbance A en fonction de la longueur d'onde λ ; il présente un maximum à la longueur d'onde $\lambda_{\max}$. La couleur de la solution est la complémentaire de la couleur absorbée.



Une solution jaune absorbe le bleu (430 à 490 nm) et transmet le reste du spectre.

EXEMPLE

Une solution dont le maximum d'absorption se situe à $\lambda_{\max} = 630$ nm (orange-rouge) absorbe l'orange et le rouge : elle paraît **bleu-vert (cyan)**, couleur complémentaire du rouge. Une solution de $\lambda_{\max} = 530$ nm (vert) paraît **magenta**.

La loi de Beer-Lambert relie l'absorbance à la concentration : $A = \epsilon \times \ell \times c$, où ϵ est le coefficient d'absorption molaire ($\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$), ℓ la longueur de cuve (cm) et c la concentration ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$). On mesure A à $\lambda_{\max}$, où la mesure est la plus sensible.

Lumière colorée sur objet coloré

La couleur d'un objet dépend de la lumière qui l'éclaire. Un objet **ne peut diffuser que ce qu'il reçoit**. Un objet rouge éclairé en lumière verte ne reçoit pas de rouge, il absorbe le vert : il paraît noir. Un filtre n'est qu'un objet transparent : un filtre cyan laisse passer le bleu et le vert et arrête le rouge. Deux filtres superposés, cyan puis magenta, ne laissent passer que ce qui est commun aux deux : le bleu.

EXEMPLE

Une banane jaune diffuse le rouge et le vert. En lumière blanche elle paraît jaune ; en lumière rouge, rouge ; en lumière verte, verte ; en lumière bleue, **noire** (elle n'a pas de bleu à diffuser).

ERREUR FRÉQUENTE

Ne confonds pas les deux synthèses : en synthèse additive (lumières) les primaires sont R, V, B et leur somme donne du blanc ; en synthèse soustractive (pigments, filtres) les primaires sont C, M, J et leur somme donne du noir. Mélanger de la peinture rouge et de la peinture verte ne donne pas du jaune mais un brun sombre.

L'essentiel à retenir

- L'œil possède trois types de cônes (S, M, L), ce qui explique la synthèse trichrome.
- Synthèse additive de lumières : primaires R, V, B ; $R + V + B = \text{blanc}$.
- Synthèse soustractive de pigments ou de filtres : primaires C, M, J ; $C + M + J = \text{noir}$.
- Un objet a la couleur de la lumière qu'il diffuse ; il absorbe les autres radiations.
- Une espèce qui absorbe une couleur paraît de la couleur complémentaire (rouge-cyan, vert-magenta, bleu-jaune).
- Le spectre d'absorption donne λ_{max} ; la loi de Beer-Lambert $A = \varepsilon \ell c$ permet de déterminer une concentration.