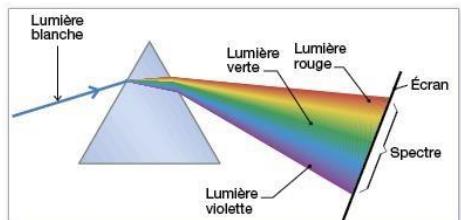


Chapitre 18 : Couleurs

I) La synthèse additive et la vision des couleurs

1) Synthèse additive des lumières colorées

Un **prisme** ou un **réseau** décompose la lumière blanche en une infinité de lumières colorées. Il est possible de faire l'opération inverse et de reconstituer la lumière blanche à partir de lumières colorées.



En 1807, le physicien anglais Thomas Young montre qu'il n'est pas nécessaire d'ajouter toutes les lumières colorées du spectre pour former de la lumière blanche, mais que trois d'entre elles suffisent : les lumières rouge, verte et bleue (notées RVB).

La synthèse additive est la création d'une nouvelle lumière colorée par superposition de lumières colorées.

On peut recomposer la lumière blanche en superposant les lumières **rouge, verte et bleue**.
On appelle ces trois lumières des **lumières colorées primaires**.

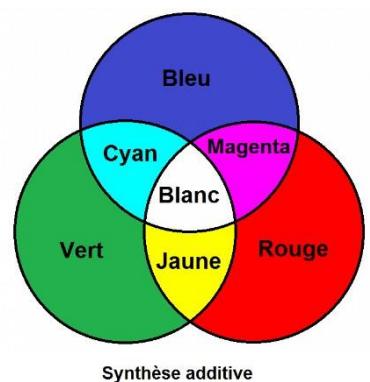
Lumière rouge + lumière bleue = lumière **magenta**

Lumière verte + lumière bleue = lumière **cyan**

Lumière rouge + lumière verte = lumière **jaune**

Lumière rouge + lumière bleue + lumière verte = lumière **blanche**

L'addition de deux lumières colorées primaires à intensité égale forme une **lumière colorée secondaire** (lumières jaune, magenta et cyan).



Deux lumières colorées sont **complémentaires** si leur superposition donne la lumière blanche.
Deux lumières de couleurs complémentaires sont **diamétralement opposées** sur le schéma.

Exemple : Si on superpose la lumière bleue et la lumière jaune (rouge + vert), on obtient de la lumière blanche. Les lumières bleue et jaune sont donc complémentaires.

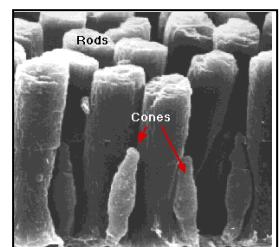
Remarque : Les écrans d'ordinateurs ou de téléphones portables sont constitués de **pixels**. Chaque pixel comporte **trois luminophores** qui diffusent des lumières rouge, verte et bleue avec des intensités variables.



Cela permet de composer de nombreuses couleurs par **synthèse additive**.

2) Mécanisme de la vision des couleurs par l'œil

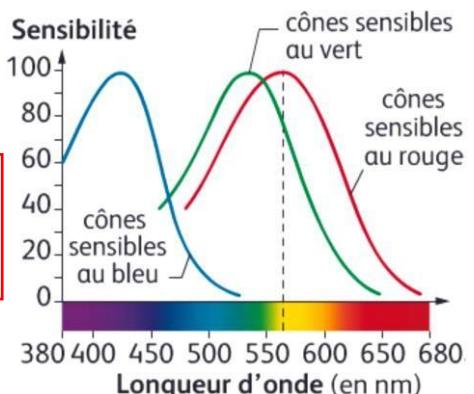
Lorsque la lumière pénètre dans l'œil, elle atteint la rétine qui contient deux types de cellules réceptrices :



- Les **bâtonnets**, sensibles aux lumières de faible intensité, mais très peu sensibles à la couleur. Ils sont principalement utilisés quand l'éclairement est faible, ce qui explique que nous voyons moins bien les couleurs de nuit.
- Les **cônes**, qui détectent les couleurs. Il existe trois types de cônes, chacun est sensible à une des trois lumières colorées primaires : le bleu, le vert et le rouge (à condition que l'intensité lumineuse soit suffisante).

L'addition des signaux produits par les trois types de cônes conduit à la perception des couleurs par notre cerveau.

On parle de vision trichromatique.

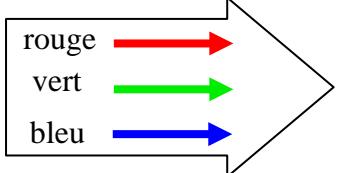


Exemple : Un rayonnement jaune stimule à la fois les cônes sensibles à la lumière verte et ceux sensibles à la lumière rouge. Le cerveau interprète l'addition de ces signaux comme une couleur jaune.

Remarque : Le daltonisme est une anomalie de la perception des couleurs due à l'absence ou au manque de sensibilité d'un ou plusieurs types de cônes. Les couleurs ne sont alors pas perçues correctement.

La forme la plus fréquente, appelée deutéranopie, se manifeste par une absence des cônes de réception au vert. Les personnes affectées sont incapables de différencier le rouge du vert.

Le modèle trichromatique de la lumière blanche découle du principe de la perception des couleurs par l'œil. Dans ce modèle, le spectre de la lumière blanche est réduit à trois lumières colorées : rouge, verte et bleue.



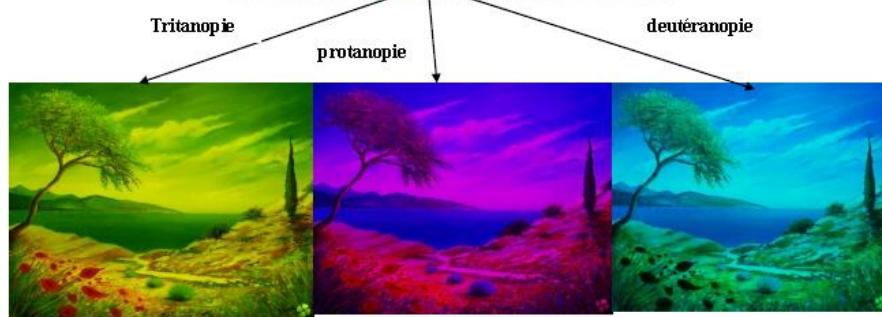
Classements du daltonisme :

Achromatopsie : Absence de vision de toutes les couleurs.

Deutéranopie : Absence de cônes sensibles au vert sur la rétine.

Protanopie : Absence de cônes sensibles au rouge sur la rétine.

Tritanopie : Absence de cônes sensibles au bleu sur la rétine.

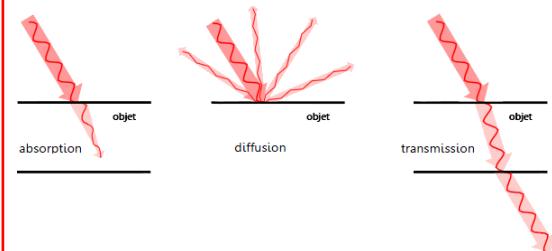


II) La synthèse soustractive et la couleur des objets

1) Interaction entre la lumière et les objets

Selon leur nature (transparent, opaque), les objets interagissent différemment avec la lumière. Quand un objet reçoit de la lumière, plusieurs phénomènes peuvent avoir lieu :

- **La transmission** pour les objets transparents : la lumière traverse l'objet sans changer de direction.
- **La diffusion** : la lumière est renvoyée par la surface de l'objet dans toutes les directions.
- **L'absorption** : la lumière n'est ni diffusée, ni transmise par l'objet mais elle est transformée en une autre forme d'énergie (énergie thermique).



Remarque : La plupart des objets opaques diffusent une partie de la lumière reçue et absorbent le reste.

Un **filtre coloré** est un objet transparent qui transmet uniquement la lumière correspondant à sa propre couleur.

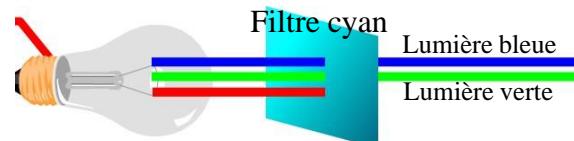
Il absorbe les autres lumières colorées.



Exemple : un filtre rouge ne transmet que la lumière rouge, il absorbe toutes les autres lumières colorées.

Un filtre cyan ne transmet que la lumière cyan, mélange de lumières bleue et verte.

La lumière rouge, correspondant à sa couleur complémentaire, est absorbée.



2) Synthèse soustractive des couleurs

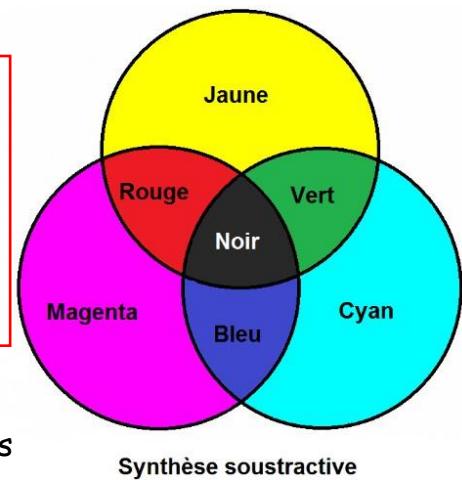
Quand on superpose des filtres cyan, magenta et jaune devant une source de lumière blanche, on obtient une nouvelle couleur de lumière.

Filtre magenta + filtre cyan → Lumière bleue

Filtre magenta + filtre jaune → Lumière rouge

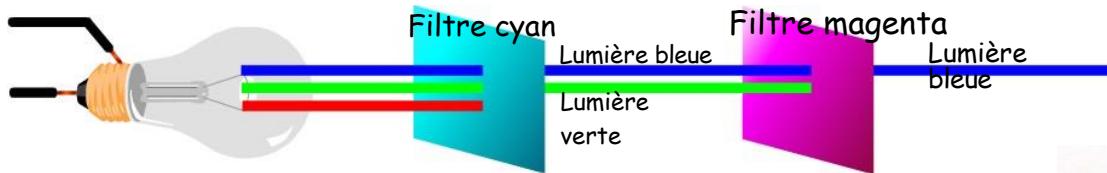
Filtre jaune + filtre cyan → Lumière verte

Filtre magenta + filtre cyan + filtre jaune → Aucune lumière



Ces nouvelles couleurs sont obtenues en soustrayant des lumières colorées à la lumière incidente, d'où le nom de synthèse soustractive.

Exemple : le filtre cyan ne laisse passer que les composantes bleue et verte de la lumière blanche. La lumière rouge, complémentaire du cyan est absorbé. Un filtre magenta placé derrière ne laisse passer que la composante bleue.



La synthèse soustractive explique la création d'une nouvelle couleur par mélange de matières colorées (pigment ou encres).

Les matières colorées se comportent comme des filtres colorés, la seule différence est qu'elles ne transmettent pas mais diffusent la lumière correspondant à leur propre couleur.

La synthèse soustractive permet la création d'une nouvelle couleur par suppression d'une ou plusieurs lumières colorées à une lumière incidente.

Ces lumières colorées sont absorbées grâce à des filtres ou des pigments.

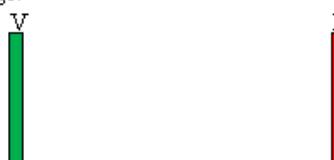
La synthèse soustractive de deux lumières colorées de couleurs complémentaires absorbe toute la lumière et donne du noir.

Attention ! Ne pas confondre :

- la synthèse additive qui crée une couleur en superposant des **lumières** colorées.
- la synthèse soustractive qui crée une couleur en superposant des **filtres** colorées devant une lumière blanche.

Application

1/ On envoie de la lumière blanche sur un filtre vert, suivi d'un filtre rouge.



1/ On envoie de la lumière blanche sur un filtre jaune, suivi d'un filtre cyan.



Remarque: L'imprimante à jet d'encre est une application directe de la synthèse soustractive. Sur une feuille blanche, l'imprimante dépose des gouttes d'encre cyan, magenta et jaune qui se superposent et agissent comme des filtres : elles absorbent des composantes de la lumière incidente. Le dépôt et le dosage de ces gouttes permettent de reproduire de nombreuses couleurs.

Pour obtenir du noir ou des nuances de gris avec une imprimante, il faut une goutte d'encre magenta, une goutte d'encre jaune et une goutte d'encre cyan. Pour économiser les encres des cartouches « couleur », on utilise également de l'encre noire. On parle alors de **quadrichromie** (4 couleurs). Voir document ci-dessous

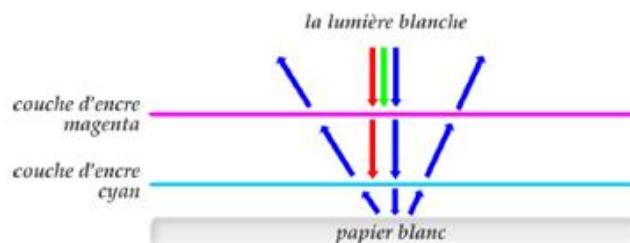


IMPRESSION COULEUR : SYNTHÈSE SOUSTRACTIVE :

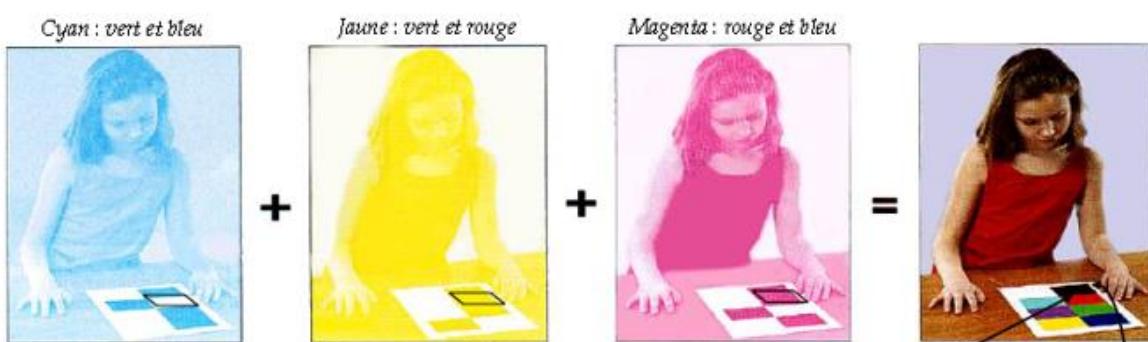
Pour imprimer en couleur (imprimantes ; imprimerie ; photos...) on utilise trois encres : cyan, jaune et magenta. Ces trois encres se comportent comme autant de filtres. On superpose alors *trois « images »* : une en cyan, une en jaune et une en magenta. Chacune de ces trois images est *diférente* car si on superposait aux mêmes endroits autant de cyan que de jaune et que de magenta, toute la lumière serait « bloquée » et on n'obtiendrait plus rien, c'est-à-dire plus que du noir.

Exemple : comment obtenir du bleu par impression ?

On peut considérer la lumière blanche incidente comme la somme de trois lumières colorées (RVB). A l'aller, l'encre magenta, la première rencontrée par la lumière incidente, se comporte comme un filtre qui absorbe le vert et laisse passer le rouge et le bleu. Donc après le passage à travers l'encre magenta, il ne reste plus que la superposition d'une lumière rouge et d'une lumière bleue. Ces deux lumières colorées vont ensuite rencontrer l'encre cyan qui, elle, bloque le rouge. Ainsi, à l'aller, seule la lumière bleue passe.



Elle est ensuite diffusée par le papier blanc (il diffuse toutes les couleurs) et est renvoyée à travers l'encre cyan puis l'encre magenta sur son trajet retour. Ainsi, la lumière diffusée par le papier recouvert d'encre magenta et d'encre jaune et une lumière bleue (composante commune au magenta et au cyan) : on voit du bleu !



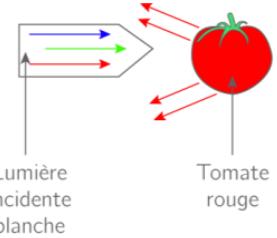
La lumière blanche filtrée par du jaune et du magenta apparaît **rouge** : pour obtenir ce **rectangle rouge**, il faut placer à cet endroit, un rectangle jaune et un autre magenta superposés, **mais aucun cyan**, sinon, avec les trois filtres superposés, cela apparaîtrait **noir** comme ici.

Remarques :

- La peinture fonctionne aussi sur le principe de la synthèse soustractive.
- En imprimerie, pour améliorer le contraste, on ajoute une quatrième « image » en noir et blanc. On dit que l'on travaille en **quadrichromie**.

3) Couleur perçue d'un objet

Pourquoi un objet de couleur rouge nous paraît-il de cette couleur ? S'il est éclairé par de la lumière blanche, toutes les lumières colorées contenues dans la lumière vont être absorbées par l'objet sauf ... la lumière rouge ! Cette lumière va se diffuser sur la surface, entrer dans notre œil et l'objet nous paraîtra rouge.



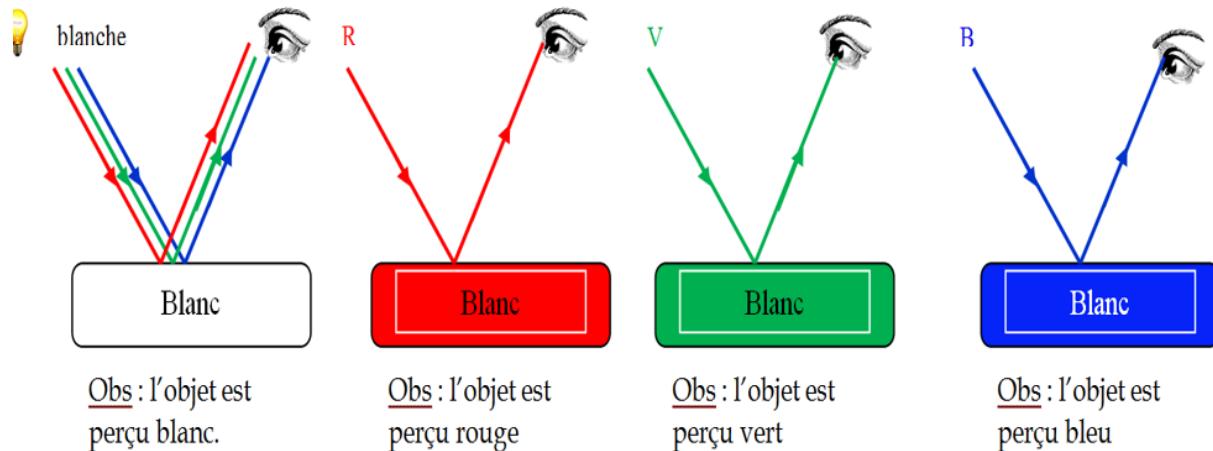
Cependant, l'objet rouge n'apparaîtra pas toujours rouge : il apparaîtra noir s'il est éclairé en lumière cyan par exemple. La couleur d'un objet n'est donc pas toujours la même suivant la couleur de la lumière incidente.

La couleur d'un objet dépend de la couleur de la lumière incidente et de l'absorption et de la diffusion que l'objet fait de cette lumière.

- Un objet blanc diffuse toutes les lumières colorées qu'il reçoit. Il n'en absorbe aucune.

Un objet blanc éclairé en lumière blanche paraîtra blanc. Mais s'il est éclairé en lumière rouge, il ne peut diffuser que de la lumière rouge, il apparaîtra donc rouge.

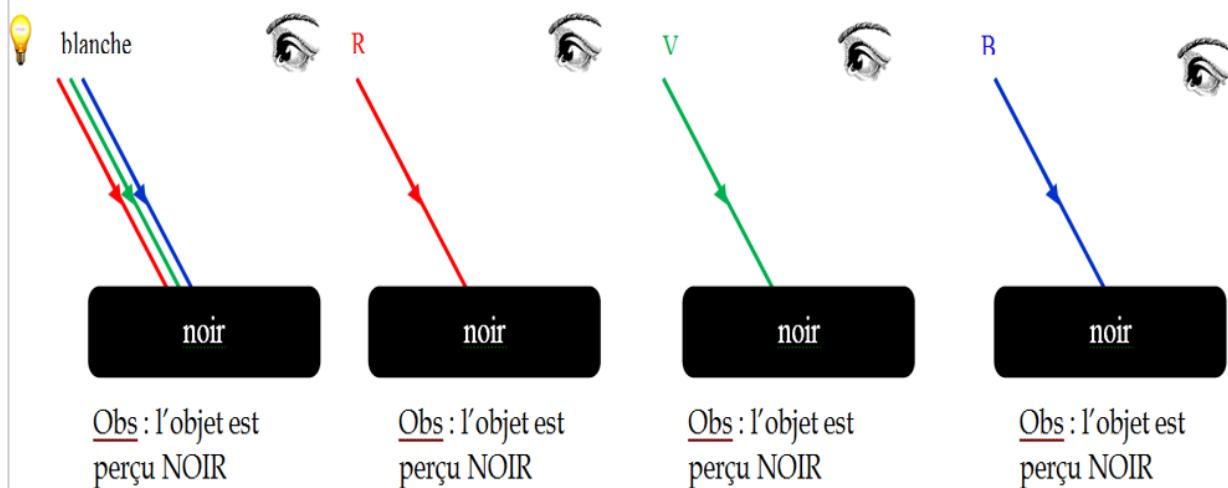
On envoie de la lumière blanche (R, V, B), puis rouge, puis verte puis bleue sur un objet blanc.



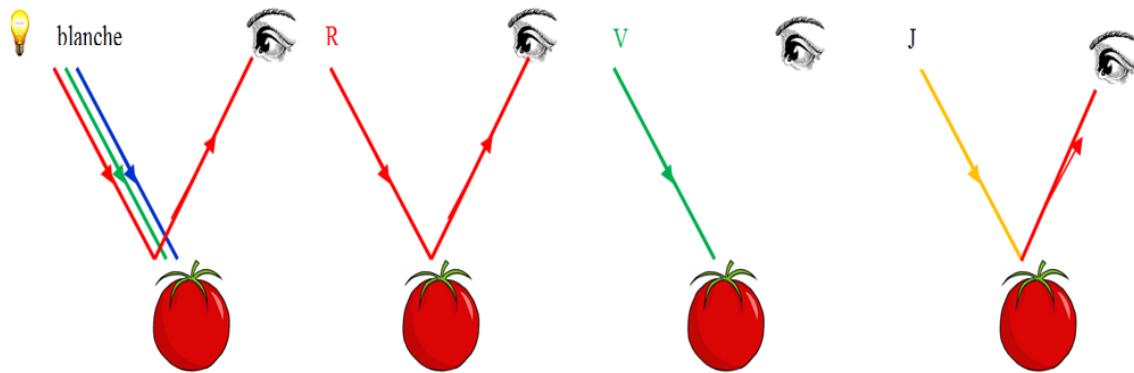
- **Un objet noir absorbe toutes les lumières colorées qu'il reçoit. Il n'en diffuse aucune.**

Il apparaîtra donc toujours noir quelle que soit la couleur de la lumière qui l'éclaire.

On envoie de la lumière blanche (R, V, B), puis rouge, puis verte sur un objet noir.



- Un objet coloré diffuse la lumière colorée correspondant à sa propre couleur. Il absorbe les autres lumières colorées, selon le principe de la synthèse soustractive.
- Dans le modèle trichromatique de la lumière, un objet absorbe la lumière de couleur complémentaire à sa propre couleur.

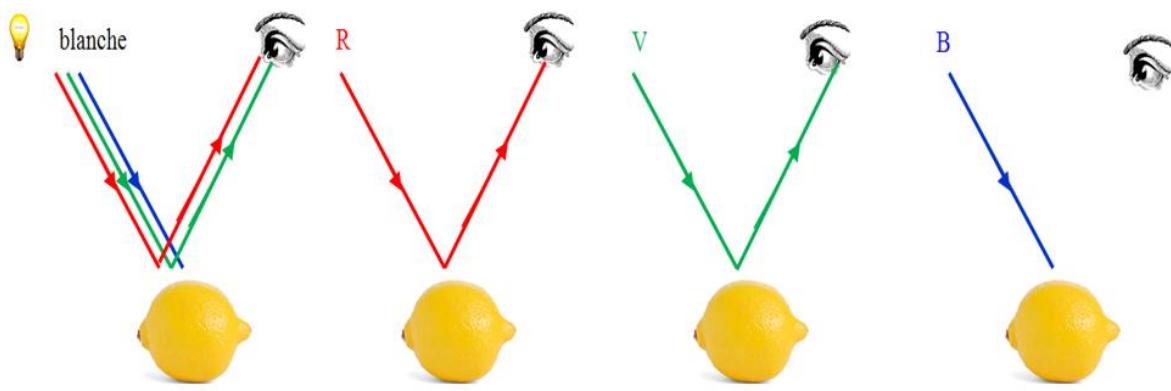


Obs : l'objet est perçu rouge avec un éclairage blanc

Obs : l'objet est perçu rouge avec un éclairage rouge

Obs : l'objet est perçu noir avec un éclairage vert

Obs : l'objet est perçu rouge avec un éclairage jaune



Obs : l'objet est perçu jaune avec un éclairage blanc

Obs : l'objet est perçu rouge avec un éclairage rouge

Obs : l'objet est perçu vert avec un éclairage vert

Obs : l'objet est perçu noir avec un éclairage bleu

Exemple : Un objet vert ne peut diffuser que de la lumière verte. Il absorbe les lumières bleue et rouge, c'est-à-dire magenta, couleur complémentaire du vert.

- Eclairé en lumière verte ou en lumière blanche (qui contient de la lumière verte), il apparaîtra **vert**.
- Eclairé en lumière rouge ou bleue, il apparaîtra **noir** car il ne peut pas diffuser ces couleurs de lumière. Elles sont absorbées et aucune lumière n'entre alors dans l'œil.
- Eclairé en lumière jaune, qui contient des lumières verte et rouge, il apparaîtra **vert** car seule la composante verte de la lumière sera diffusée, la composante rouge étant absorbée.

Exercice : dessiner le drapeau français tel qu'il serait vu éclairé en :

Lumière blanche	Lumière rouge	Lumière bleue	Lumière jaune