



# Fiche de synthèse n° 4

## Synthèses additive et soustractive des couleurs

### 1. Comment voit-on les couleurs ?

#### 1.1. Visions nocturne et diurne : cônes et bâtonnets

La rétine de l'œil contient à sa surface des récepteurs de lumière qui communiquent au cerveau l'information sur l'intensité de la lumière qu'ils absorbent. Il existe deux types de récepteurs :

- **les bâtonnets** : ils sont très sensibles et donc saturés par une faible luminosité ambiante, ce sont donc ceux qui permettent la vision nocturne (de nuit). Comme il n'existe qu'un seul type de bâtonnet, ils ne permettent pas de distinguer les couleurs.
- **les cônes** : ils sont moins sensibles à la lumière, donc ne sont pas activés la nuit. En revanche ils ne sont pas saturés par la lumière du jour : ils permettent donc la vision diurne (de jour). Il existe trois types de cônes « S », « L » et « M », dont la sensibilité diffère selon la composition spectrale du rayonnement reçu. Cela permet à l'association « œil – cerveau » d'être stimulée différemment par des rayonnements de spectres différents. C'est ce que notre cerveau interprète comme étant **la couleur**.

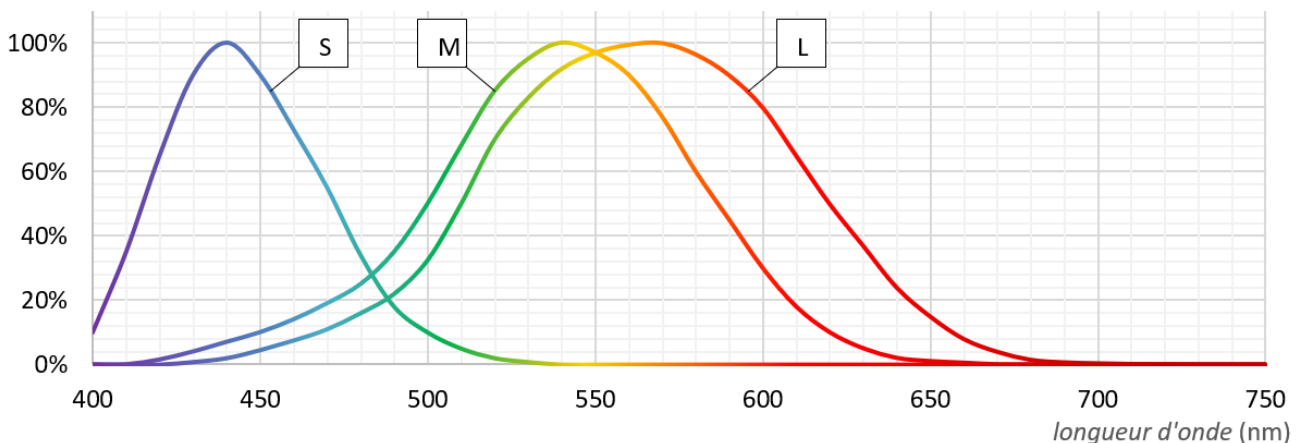
#### À retenir :

- Lors de la **vision nocturne** ce sont les **bâtonnets** qui sont activés. Ils ne permettent pas de distinguer les couleurs.
- Lors de la **vision diurne**, ce sont les **cônes** qui sont activés. Ils permettent de distinguer les couleurs.

#### 1.2. Notion de couleur dans le cas de la vision diurne

Les trois cônes présents sur la rétine de l'œil sont :

- **les cônes « S »** (de l'anglais « small ») dont la sensibilité est maximale pour les rayonnements de courtes longueurs d'onde ;
- **les cônes « M »** (de l'anglais « medium ») dont la sensibilité est maximale pour les rayonnements de longueurs d'onde moyennes ;
- **les cônes « L »** (de l'anglais « large ») dont la sensibilité est maximale pour les rayonnements de longueurs d'onde élevée.



sensibilités des trois types de cônes (en pourcentage de leur valeur maximale)

Ceci permet à l'association œil – cerveau de distinguer les rayonnements selon leur composition spectrale.



On note  $S$ ,  $M$  et  $L$  le stimulus de chacun des trois types de cônes, en pourcentage de sa valeur maximale.

À chaque combinaison des valeurs de  $S$ ,  $M$  et  $L$  le cerveau associe **une** couleur.

## 2. Couleurs associées aux sources de lumière

### 2.1. Couleur associée à un rayonnement monochromatique

**Rappel** : un rayonnement est dit monochromatique s'il est composé d'ondes de longueur d'onde **unique**.

Pour toutes les ondes appartenant au domaine visible, les valeurs de  $S$ ,  $M$  et  $L$  se déduisent du diagramme donné au paragraphe 1.2. L'association œil – cerveau associe chacune des combinaisons possibles de  $S$ ,  $M$  et  $L$  à **une couleur**.

**Exemples** :

- une onde monochromatique de longueur d'onde 400 nm ne stimule que le cône  $S$ . Le cerveau fait donc l'association :

$$S \neq 0 ; M = L = 0 \Leftrightarrow \text{couleur violette}$$

- une onde monochromatique de longueur d'onde 540 nm stimule à 100% le cône  $M$  et à 90% le cône  $L$ . Le cerveau fait donc l'association :

$$S = 0 ; M = 100\% ; L = 90\% \Leftrightarrow \text{couleur verte}$$

Les couleurs perçues lorsque les cônes sont stimulés par un rayonnement monochromatique sont celles qui constituent le spectre du domaine visible : ce sont les **couleurs spectrales**.

### 2.2. Couleur associée à un rayonnement bichromatique : la synthèse additive

Un rayonnement est dit « bichromatique » s'il est constitué d'ondes de **deux** longueurs d'onde différentes.

La rétine effectue l'addition des rayonnements reçus : à un rayonnement bichromatique est donc associée une unique couleur. Ce phénomène s'appelle la **synthèse additive**.

Deux cas peuvent se présenter.

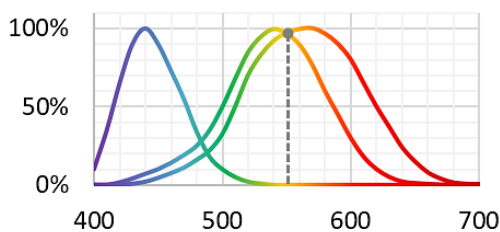
**1<sup>er</sup> cas** : si le stimulus dû au rayonnement bichromatique est identique à celui dû à un rayonnement monochromatique :

Alors l'association œil – cerveau associée à ce stimulus **la même couleur** que celle qui serait due à ce rayonnement monochromatique. La couleur perçue est donc l'une des couleurs spectrales.

► **Exemple : pourquoi une addition rouge + vert est-elle vue jaune ?**

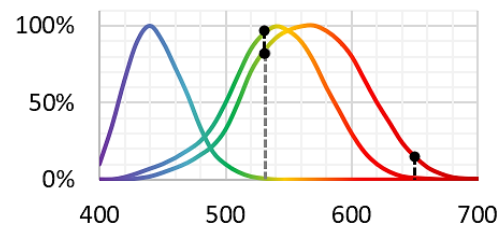
Si un rayonnement bichromatique est composé d'ondes de longueurs d'onde 530 nm (correspondant au vert) et 650 nm (correspondant au rouge) : le stimulus est  $S = 0 ; M = L$ . Il est donc identique au stimulus que provoquerait un rayonnement de longueur d'onde 550nm. La couleur perçue est donc jaune.

L'œil *ne fait pas la différence* entre une addition de lumières rouge et verte et la lumière jaune.



stimulus dû à une lumière monochromatique jaune

	$S$	$M$	$L$
stimulus dû au jaune	0	100%	100%



stimulus dû à une addition de lumières rouge et verte

	$S$	$M$	$L$
stimulus dû au vert	0	100%	80%
stimulus dû au rouge	0	0	20%
total	0	100%	100%



**2<sup>nd</sup> cas : si le stimulus dû au rayonnement bichromatique n'a pas d'équivalent avec un rayonnement monochromatique :**

L'association œil – cerveau associe alors à ce stimulus une couleur qui n'existe pas dans le spectre du domaine visible : c'est alors **une couleur non spectrale**.

► **Exemple :**

Un rayonnement bichromatique composé d'ondes de longueurs d'onde 400 nm (bleu-violet) et 650 nm (rouge) excite les cônes S et L mais pas le cône M. Ceci ne peut pas se produire avec un rayonnement monochromatique car dans le diagramme de sensibilité, aucune valeur de l'abscisse ne donne une telle combinaison de S, L et M. La couleur perçue est alors le rose, qui n'est pas une couleur spectrale.

### 2.3. La lumière blanche

La lumière blanche, au sens physique du terme, désigne un rayonnement composé de TOUTES les ondes appartenant au domaine visible.

Une lumière blanche stimule donc tous les cônes au maximum.

Il est possible de donner à l'association œil-cerveau l'illusion de la lumière blanche à l'aide d'un rayonnement trichromatique, par exemple en superposant une lumière bleue, une lumière verte et une lumière rouge.

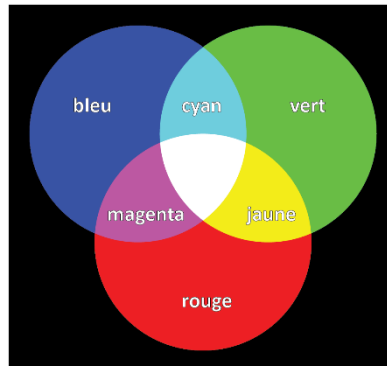
### 2.4. Les couleurs primaires et les règles de base de la synthèse additive

Il est donc possible, en additionnant trois rayonnements monochromatiques judicieusement choisis et avec la bonne intensité, de reconstituer toutes les couleurs naturelles, c'est-à-dire de provoquer le stimulus de nos trois cônes afin de donner au cerveau la bonne sensation de couleur.

Le bleu, le vert et le rouge sont un choix de couleurs primaires couramment utilisé : on parle de « synthèse RVB ».

C'est ainsi que fonctionnent les afficheurs (écrans de télévision, de téléphones, etc.) : voir activités de la séquence 3.

On résume souvent le principe de la synthèse RVB par le schéma :



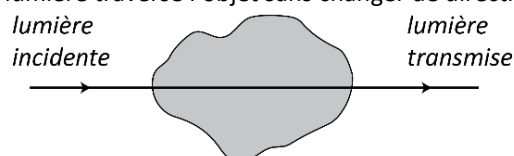
## 3. Couleurs associées aux objets éclairés

Un objet n'a ni « une couleur » ni « un aspect » qui lui sont propres : ce que l'on perçoit dépend de la manière dont il est éclairé et des interactions entre lui et la lumière qui l'éclaire. Nous utiliserons les expressions « aspect de l'objet » et « couleur de l'objet » mais il faut bien avoir conscience qu'il s'agit d'abus de langage.

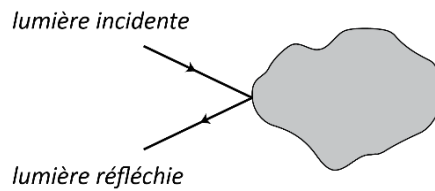
### 3.1. Interaction entre la matière et la lumière

Selon leur nature, les objets interagissent différemment avec la lumière. Ils peuvent :

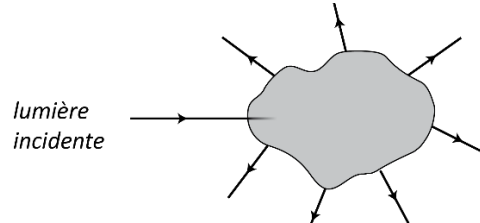
- **Transmettre** la lumière : la lumière traverse l'objet sans changer de direction.



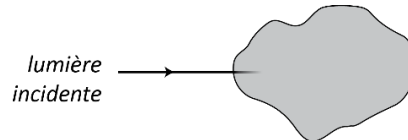
- **Réfléchir** la lumière : la lumière ne pénètre pas dans l'objet considéré, elle change de direction après avoir atteint sa surface.



- **Diffuser** la lumière : la lumière pénètre dans l'objet puis elle est réémise dans toutes les directions.



- **Absorber** la lumière : la lumière n'est ni transmise, ni réfléchie, ni diffusée : elle s'atténue et est convertie en une autre forme d'énergie (thermique le plus souvent).



### Aspect d'un objet éclairé

En général les quatre phénomènes (transmission, réflexion, diffusion, absorption) coexistent avec une importance différente selon la longueur d'onde du rayonnement incident : c'est cela qui est à l'origine de l'aspect, y compris de la couleur, des objets.

### 3.2. Objets mats, brillants et transparents

- Un objet est mat s'il **diffuse** les rayonnements qu'il n'absorbe pas.
  - Cas particulier : s'il est éclairé en lumière blanche et diffuse toute la lumière qu'il reçoit, il est vu blanc (exemple : la feuille de papier).
- Un objet est brillant s'il **réfléchit** les rayonnements qu'il n'absorbe pas.
  - Cas particulier : s'il est éclairé en lumière blanche et réfléchit toute la lumière qu'il reçoit, il a l'aspect d'un miroir (exemple : la surface d'un métal bien poli).
- Un objet est transparent s'il **transmet** les rayonnements qu'il n'absorbe pas.
  - Cas particulier : s'il est éclairé en lumière blanche et transmet toute la lumière qu'il reçoit, il est incolore (exemple : l'eau).
- Si un objet **absorbe** tous les rayonnements qu'il reçoit, il est vu noir.

### 3.3. La « couleur des objets »

#### « Couleur d'un objet » éclairé

Un objet éclairé est vu s'il réfléchit, diffuse ou transmet une partie de la lumière qu'il reçoit.

La couleur que l'on perçoit résulte de la synthèse additive, effectuée par l'œil selon les règles énoncés au paragraphe 2, de la lumière ayant interagi avec l'objet et **non absorbée** par lui.

**▶ Exemples d'objets bleus :**

Cette voiture bleu métallisé doit sa couleur à la **réflexion** de la lumière bleue et à l'absorption des lumières verte et rouge, par sa carrosserie.



Cette boisson contenant le colorant bleu E131 doit sa couleur à la **transmission** des lumières bleue et verte et donc à l'absorption de la lumière rouge.



Cette gouache doit sa couleur bleu cyan à la **diffusion** des lumières bleue et verte.

**Pigments et colorants**

Pigments et colorants sont des espèces chimiques ajoutées à la matière pour lui donner la couleur voulue. On distingue :

- les **colorants** qui sont **dissous** dans la matière ; en solution ils sont donc translucides (c'est par exemple le cas de la boisson sur la photographie ci-dessus).
- les **pigments** qui restent à l'état **solide** : ils donnent alors une opacité à la matière qu'ils colorent ; par exemple la gouache bleue ci-dessus doit sa couleur à des pigments.

Un pigment ou un colorant a absorbé **les ondes qui ne sont ni diffusées ni transmises**. C'est donc **l'absorption** d'une partie du rayonnement incident qui lui donne sa couleur.

**La synthèse soustractive**

La connaissance des ondes absorbées par les pigments et les colorants permet de prévoir leur couleur : le spectre de la lumière **non absorbée** par l'objet sera alors celui de la lumière incidente auxquelles seront soustraites une ou plusieurs plages de rayonnements. On parle alors de **synthèse soustractive**.

**▶ Exemple : pourquoi le mélange de pigments cyan et jaunes donne du vert ?**

- Une peinture de couleur cyan absorbe les ondes de longueurs d'onde supérieures à 540 nm.
- Une peinture de couleur jaune absorbe les ondes de longueurs d'onde inférieures à 500 nm.
- Leur mélange absorbe donc **ces deux plages de rayonnement à la fois**, les ondes non absorbées ont donc des longueurs d'onde comprises entre 500 et 540 nm : cela donne donc du vert si ce mélange est éclairé en lumière blanche.

**Les couleurs primaires** de la synthèse soustractive sont celles des pigments ou colorants dont le mélange peut reproduire toutes les couleurs naturelles si l'objet est éclairé en lumière blanche.

Les trois couleurs primaires généralement utilisées sont : le magenta, le cyan et le jaune. On résume souvent les règles de la synthèse soustractive par le schéma :

