

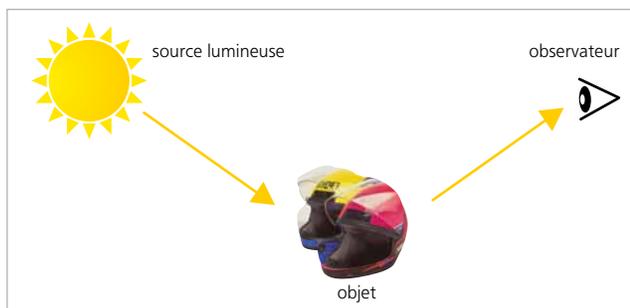
# Introduction

## Perception de la couleur

Dix millions – c'est le nombre de couleurs que l'œil humain peut différencier. Ce n'est pas étonnant que nous ne puissions pas les mémoriser, et encore moins reconnaître une teinte déterminée. Pourtant, la couleur a gagné en importance en tant que critère de qualité dans l'industrie. Une couleur homogène est ce que l'on recherche aujourd'hui pour de nombreux produits. Et ceci est assez difficile à obtenir dès lors que les composants d'un produit sont fabriqués dans différents secteurs d'une entreprise, et a fortiori quand plusieurs fournisseurs sont concernés. Au final, la couleur doit pourtant être exacte.

Le jugement visuel d'une couleur est fortement influencé par la perception individuelle de l'observateur (humeur, âge, etc.) et les paramètres extérieurs comme la clarté environnante. De plus, nos possibilités pour mettre des mots sur une impression de couleur et enregistrer les différences sont limitées.

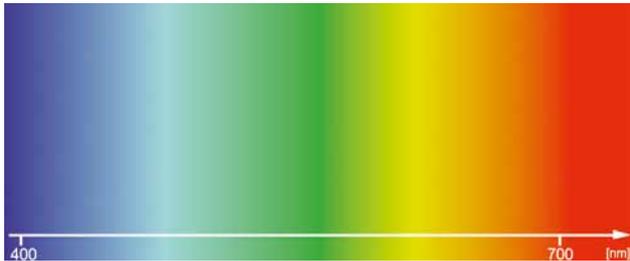
Pour nous y aider, il existe des appareils de mesure de couleur équipés d'un référentiel de couleur normalisé au niveau international. Une description objective d'objets colorés est ainsi garantie. La perception de couleur est induite par les trois paramètres suivants:



## COULEUR OPAQUE

## Source de lumière

Les couleurs sont différentes en fonction de l'éclairage. De ce fait, les sources de lumière doivent être parfaitement définies. Une source de lumière adaptée aux mesures de couleur doit émettre une énergie continue sur la totalité du spectre visible (400 à 700 nm).



Lumière blanche du jour décomposée dans les couleurs spectrales (par exemple, L'arc-en-ciel)

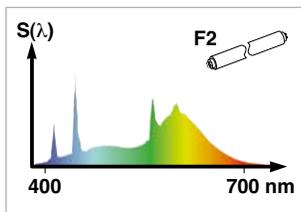
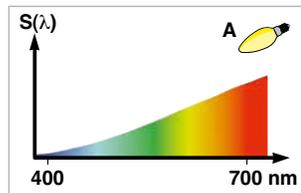
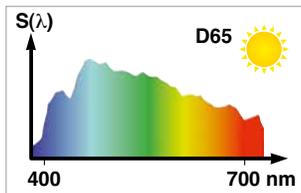
La commission CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) définit une source de lumière par la quantité d'énergie émise à chaque longueur d'onde (= distribution relative de l'énergie spectrale).

Les lumières normalisées les plus importantes sont:

Lumière du jour D65, C

Lumière de lampe incandescente A

Lumière de tubes fluorescents F2, F11



## Observateur

On ne peut pas percevoir la couleur sans un observateur. La lumière réfléchie depuis un objet coloré est transmise à la rétine après avoir traversé les lentilles de l'œil humain. Là se trouvent trois différents types de récepteurs sensibles à la lumière: l'un réagit à la lumière rouge, un autre à la lumière verte et un troisième à la lumière bleue.

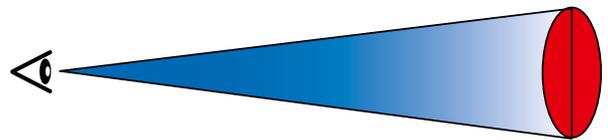
Ces trois récepteurs laissent apparaître dans le cerveau une impression de couleur. La Commission CIE de 1931 et 1964 a mené des tests systématiques pour caractériser la sensibilité des récepteurs. A partir de ces résultats, on a défini l'observateur normal à 2° et à 10°, ce qui correspond respectivement à un petit ou à un grand champ de vision.

### Observer

#### 2° Standard Observer



#### 10° Standard Observer



Lors de l'observation d'un objet, l'œil intègre les données sur une grande surface. Cela correspond à l'observateur 10°.

## L'objet

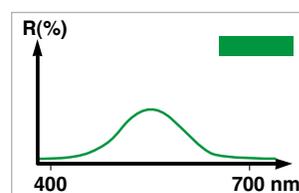
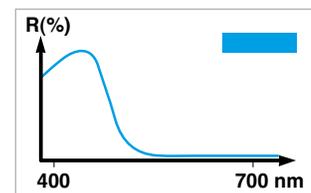
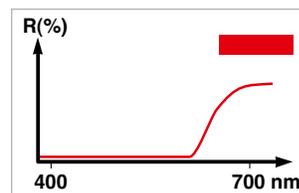
La source de lumière et l'observateur sont normalisés d'après la CIE, et les fonctions spectrales sont enregistrées dans les instruments de mesure. Les propriétés optiques de l'objet sont les seules variables à déterminer.

Les appareils de mesure de couleur modernes mesurent la part de lumière réfléchie d'un objet de couleur et ceci à chaque longueur d'onde; ces données sont appelées les données spectrales.

Par exemple, à partir d'un corps noir, aucune lumière n'est réfléchie sur la totalité du spectre (réflexion 0%), alors qu'une surface blanche idéale réfléchit quasiment toute la lumière (réflexion 100%).

Toutes les autres couleurs réfléchissent la lumière sur une partie du spectre. Chaque couleur a ainsi sa courbe spectrale caractéristique – on peut dire son empreinte digitale.

Les graphiques suivants indiquent les courbes spectrales typiques du rouge, du bleu et du vert.



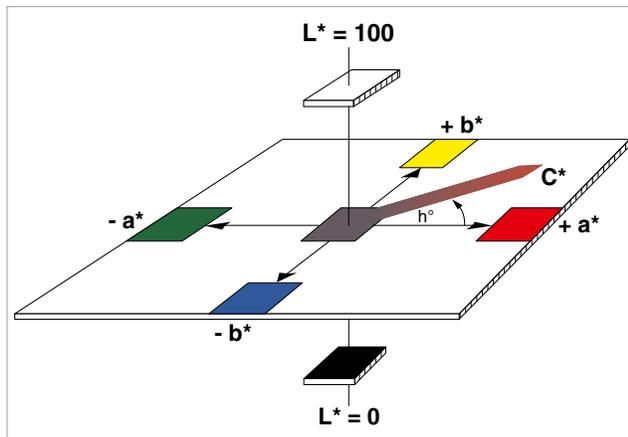
## Systèmes de couleur

Les systèmes de couleur combinent les informations des trois éléments:

- source de lumière
- observateur
- objet

Ils représentent l'outil et le moyen pour parler de couleur, de différences de teinte et pour classer ces données.

Le système recommandé par la CIE et largement adopté aujourd'hui est le système CIELab.



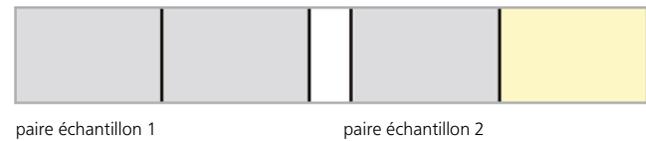
Il est composé de deux axes  $a^*$  et  $b^*$  perpendiculaires définissant la teinte. Le troisième axe définit la clarté  $L^*$  perpendiculaire à la surface  $a^*b^*$  dans un repère orthogonal. Dans ce système, chaque couleur est déterminée par ses coordonnées  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ . On peut aussi utiliser  $L^*$ ,  $C^*$ ,  $h^\circ$ .  $C^*$  (= chroma) représente la chromaticité de la couleur; l'angle  $h^\circ$  est une autre désignation de la teinte (= angle de tonalité).

Pour fournir une teinte constante, un standard doit être choisi et la production est comparée à ce standard – une situation classique entre client et fournisseur. Ainsi, on communique les différences de couleur et non les valeurs absolues.

En général, l'écart total de couleur  $\Delta E^*$  est le résultat des écarts de chaque coordonnée:

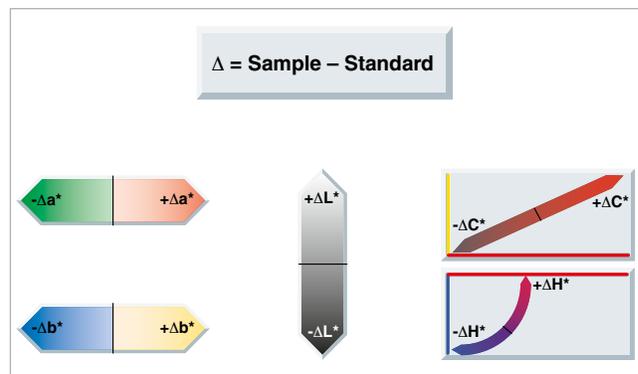
$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Deux paires d'échantillons peuvent avoir la même valeur  $\Delta E^*$  et pourtant paraître différentes visuellement:



	paire échantillon 1	paire échantillon 2
$\Delta L^*$	0,57	0,0
$\Delta a^*$	0,57	0,0
$\Delta b^*$	0,57	1,0
$\Delta E^*$	1,0	1,0

Pour mettre en évidence les écarts de couleur réels, on définit chacune des composantes  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  ou  $\Delta L^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta H^*$ . Les différences sont calculées et interprétées de la façon suivante:



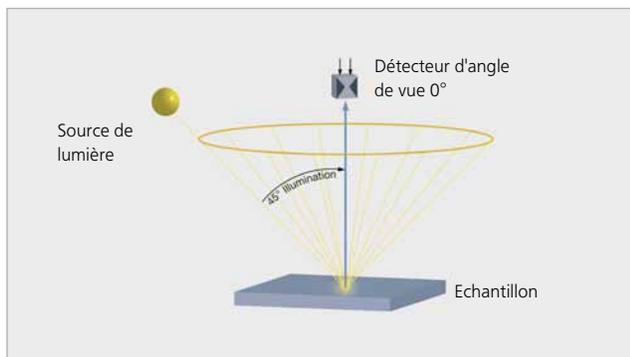
Les clients et fournisseurs doivent se mettre d'accord sur les différences de couleurs admissibles. Ces tolérances dépendent à la fois des exigences et des possibilités techniques.

## Appareils de mesure de couleur

Dans l'industrie, deux géométries de mesure se sont imposées: 45/0 et géométrie à sphère.

### Contrôle de la couleur telle que vous la voyez

Pour la géométrie 45/0, on illumine de façon circulaire sous un angle de 45° et on mesure perpendiculairement à la surface à 0°. L'illumination circulaire est essentielle pour obtenir des résultats de mesure répétables sur les surfaces directionnelles et structurées.



La géométrie 45/0 simule les conditions habituelles utilisées pour l'évaluation des couleurs. Par exemple, quand nous lisons un magazine sur papier glacé, nous le plaçons de façon à ne pas être aveuglé.

Un échantillon très brillant ayant la même pigmentation qu'un échantillon mat ou structuré est visuellement jugé plus foncé. C'est exactement ce qu'un instrument 45/0 mesure:

### des différences en brillant / texture → des différences de couleur.

Sur des plaques d'intérieur automobile, vous obtiendrez une différence entre deux côtés structurés différemment:  $\Delta E^* = 3$

Les applications qui nécessitent un accord via l'évaluation visuelle sont:

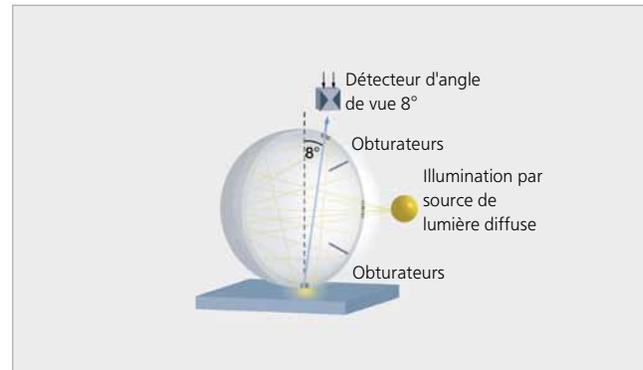
- Comparaison de lot à lot en production
- Assemblage de produits multi-composants utilisant différents matériaux



Exemple: Plaque d'intérieur automobile – Un seul matériau avec des structures différentes.

### Contrôle de la tonalité de vos couleurs

Une géométrie sphère illumine l'échantillon d'un manière diffuse au moyen d'une sphère d'intégration recouverte d'un revêtement blanc. Les obturateurs empêchent la lumière d'illuminer directement la surface témoin. La mesure est faite en utilisant un angle de vue de 8°.



Un instrument sphère peut être utilisé dans deux conditions différentes de mesure: spéculaire inclus (spin) / spéculaire exclus (spex). En mode "spin", toute la lumière réfléchi est mesurée: Réflexion diffuse (couleur) + réflexion directe (brillant) sont mesurées indépendamment de la texture de la surface ou du brillant de l'échantillon.

### Différences de brillant / texture ✕ différences de couleur

Sur les plaques des intérieurs automobiles, vous n'obtiendrez aucune différence entre les deux côtés structurés différemment:  $\Delta E^* = 0$

Application pour les mesures en mode "spin":

- Force colorante selon le temps de dispersion
- Influence du vieillissement et de la température sur la couleur
- Formulation des teintes

En mode "spex", un piège à brillant est employé pour absorber la lumière directement réfléchi (brillant). Cette configuration simule la géométrie 45/0. Pour les échantillons en semi ou bas brillant, des déviations se produiront entre le 45/0 et la configuration sphère spex car le piège à brillant n'exclut pas complètement les composants du spéculaire.

## En résumé

On ne peut comparer des mesures que si elles sont effectuées dans les mêmes conditions. C'est pourquoi un rapport de mesure de teinte doit contenir les informations suivantes:

- instrument de mesure (géométrie)
- type d'illuminant / observateur
- système de couleur
- préparation de l'échantillon

BYK-Gardner propose une gamme complète de spectrophotomètres de laboratoire et portables pour un contrôle fiable des couleurs.