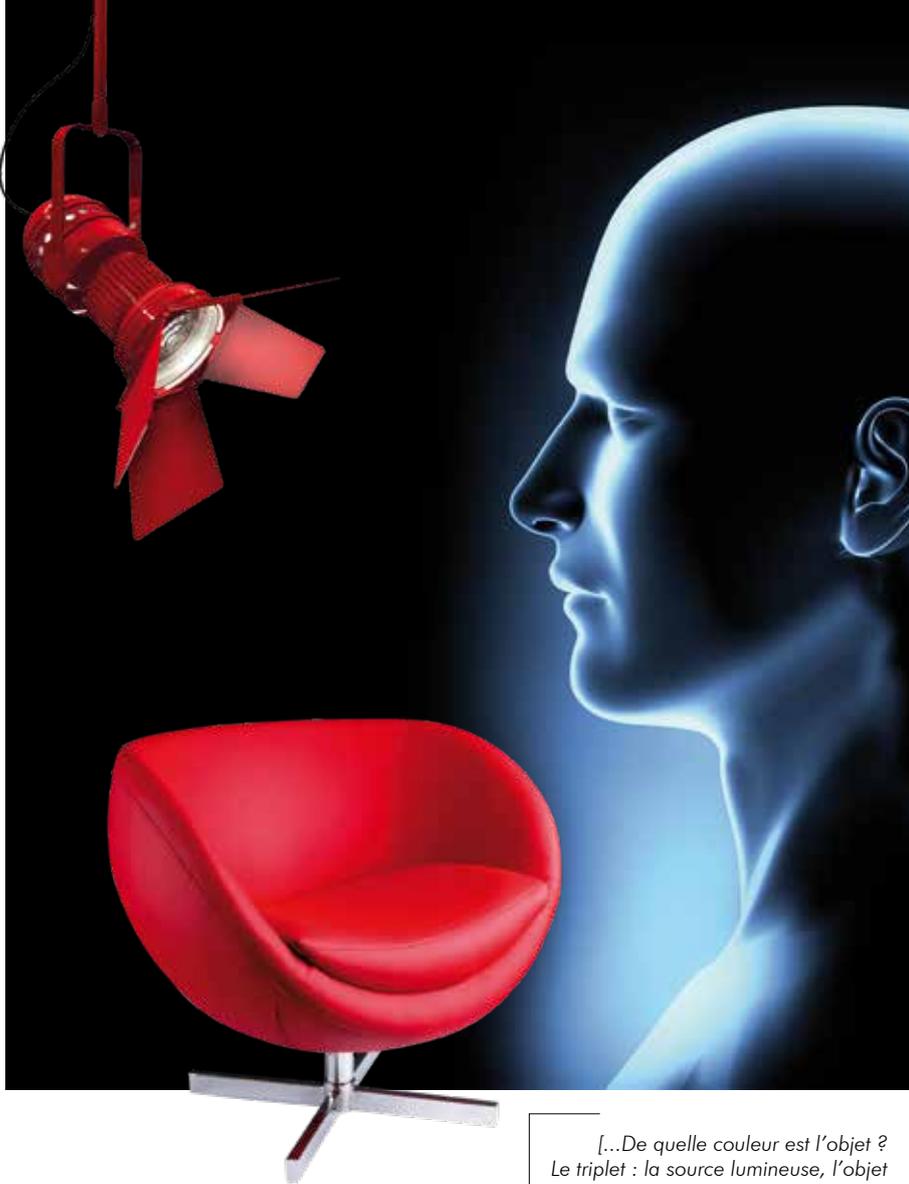
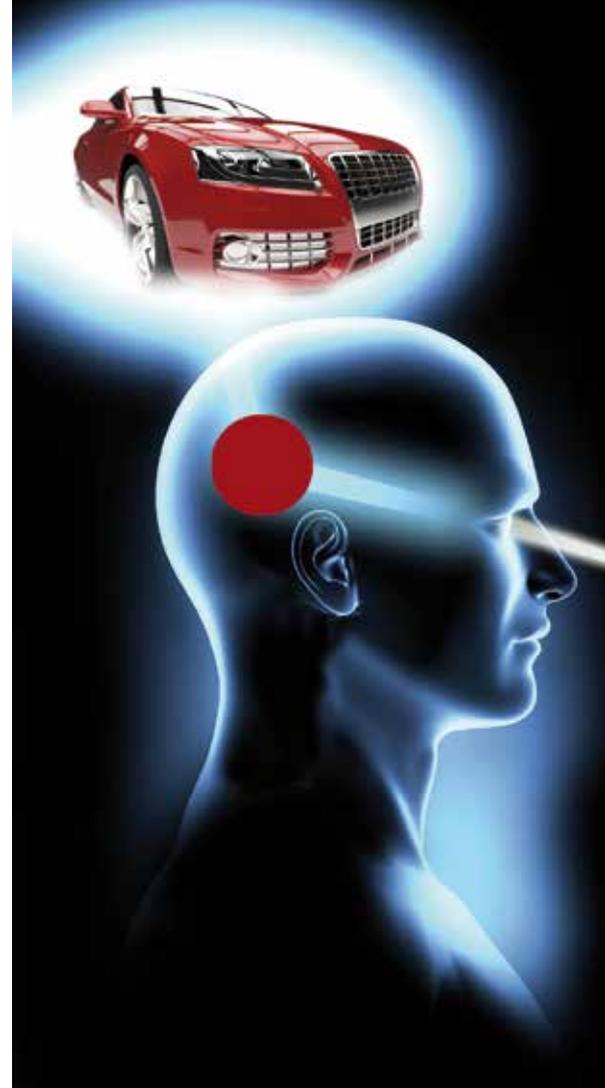


Le triplet de la colorimétrie :  
Lumière, Objet et Observateur



*[...De quelle couleur est l'objet ?  
Le triplet : la source lumineuse, l'objet  
et l'observateur*



*Une seule source lumineuse, un seul objet, deux  
observateurs ! L'interprétation signifie que chaque  
observateur voit dans sa tête et à sa façon.*

Chapitre 5

## Le triplet

### Les composants du triplet

La couleur se trouve partout autour de nous. Où que nous regardions, nous percevons des couleurs de nuances et intensités variables.

Mais qu'entend-on précisément par couleur ?

La couleur n'est pas un attribut physique des objets. Un objet interagit avec l'énergie rayonnante et nos yeux sont programmés pour détecter cette interaction. Cette sensation physique est transmise à notre cerveau où elle est interprétée et traduite en expérience de la couleur.

Les sensations sont subjectives : chaque individu perçoit les couleurs différemment. Les facteurs physiques, physiologiques et psychologiques influent tous sur la perception. Une personne peut donc, par exemple percevoir une seule et même couleur différemment, selon son état d'esprit. Ce point nous amène à nous demander si l'évaluation visuelle d'un observateur humain peut être exprimée par des valeurs numériques objectives

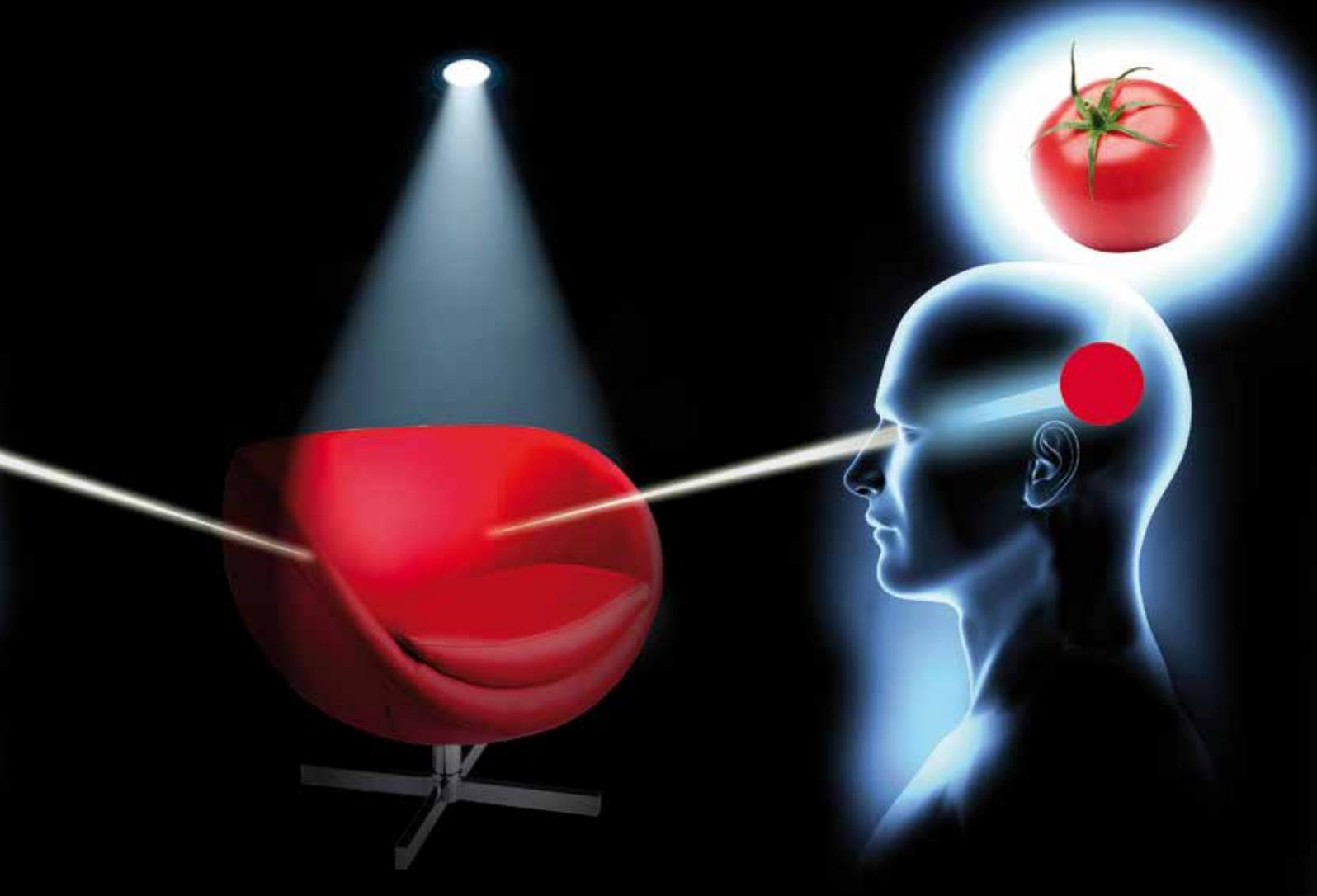
Une seule source lumineuse, un seul objet, deux observateurs ! L'interprétation signifie que chaque observateur voit dans sa tête et à sa façon.

La couleur est une expérience subjective ; il est impossible de générer une description numérique de la couleur qui puisse rendre pleinement l'expérience. La colorimétrie offre toutefois des outils utiles pour mesurer et identifier les composants physiques de la couleur.

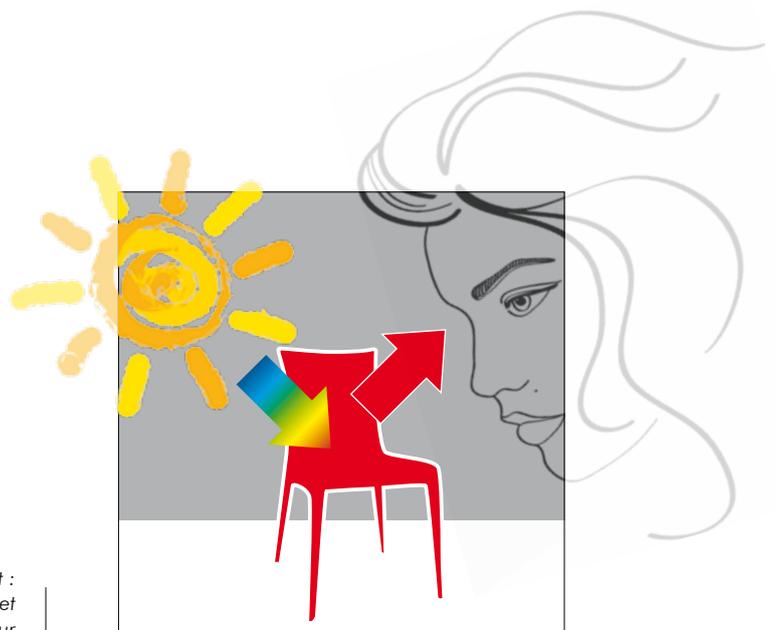
Il s'agit notamment de :

- Une source lumineuse
- Un objet
- Un observateur

S'il manque un élément à cet ensemble, il est impossible d'acquérir la sensation de couleur.



La science de la colorimétrie a développé des méthodes pour quantifier chacun de ces trois éléments. Examinons maintenant de près comment nous générons une description numérique de chaque composant du triplet.



*Les 3 composants du triplet :  
la source lumineuse, l'objet et  
l'observateur*

## La lumière – les sources lumineuses

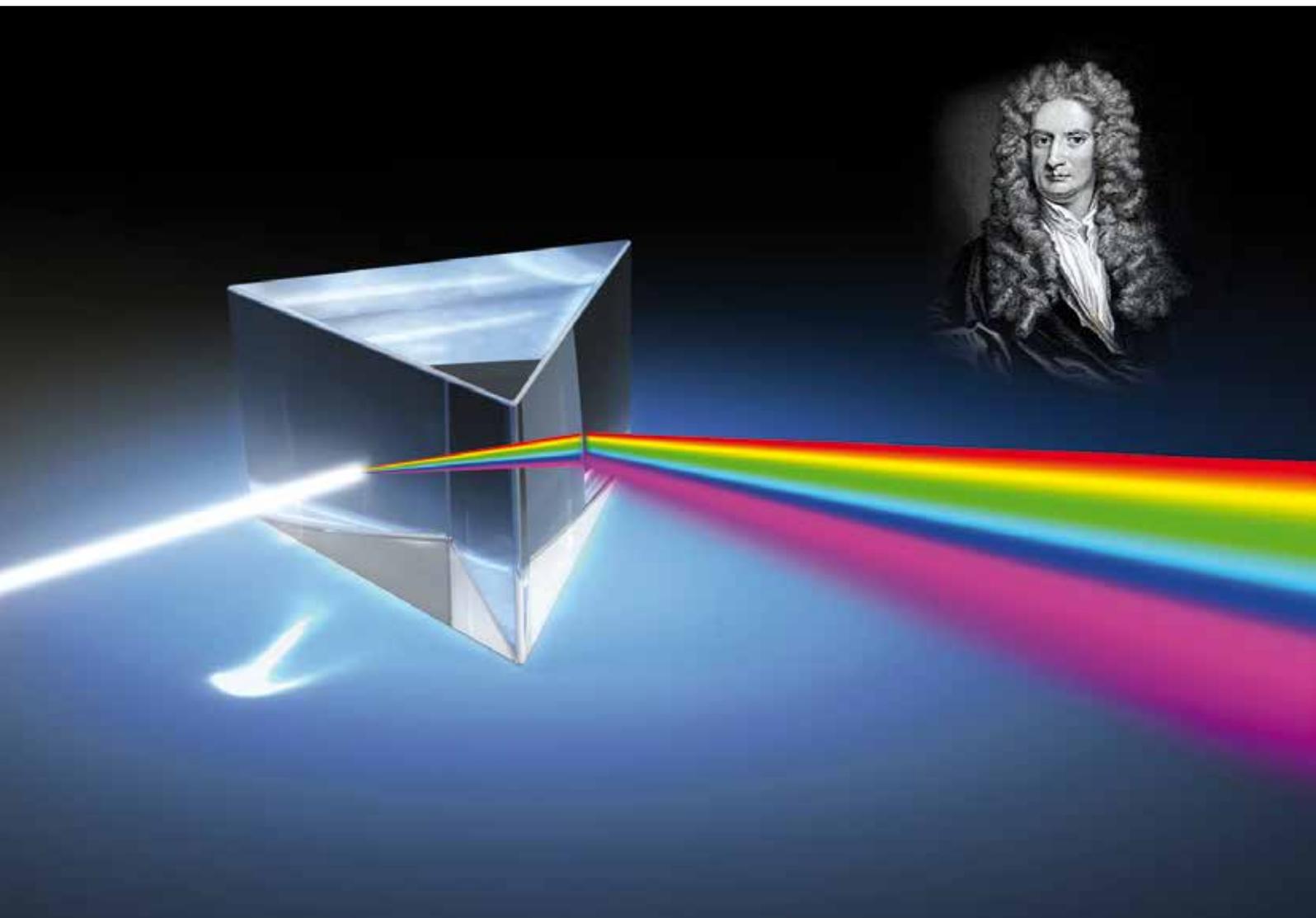
### L'interaction entre la lumière et la matière

En 1666, le physicien Isaac Newton effectue des expériences avec la lumière solaire. Pendant une journée ensoleillée, il envoie un rayon lumineux à travers un orifice dans les volets d'une fenêtre. Cette lumière a traversé un prisme en verre et Newton a projeté la lumière sur un écran. Il a remarqué que la lumière était décomposée en différentes couleurs, identiques à celles de l'arc-en-ciel.

*S'appuyant sur les notes de musique, Isaac Newton a identifié sept nuances de couleur fondamentales.*

S'appuyant sur les notes de musique, Isaac Newton a identifié sept nuances de couleur fondamentales.

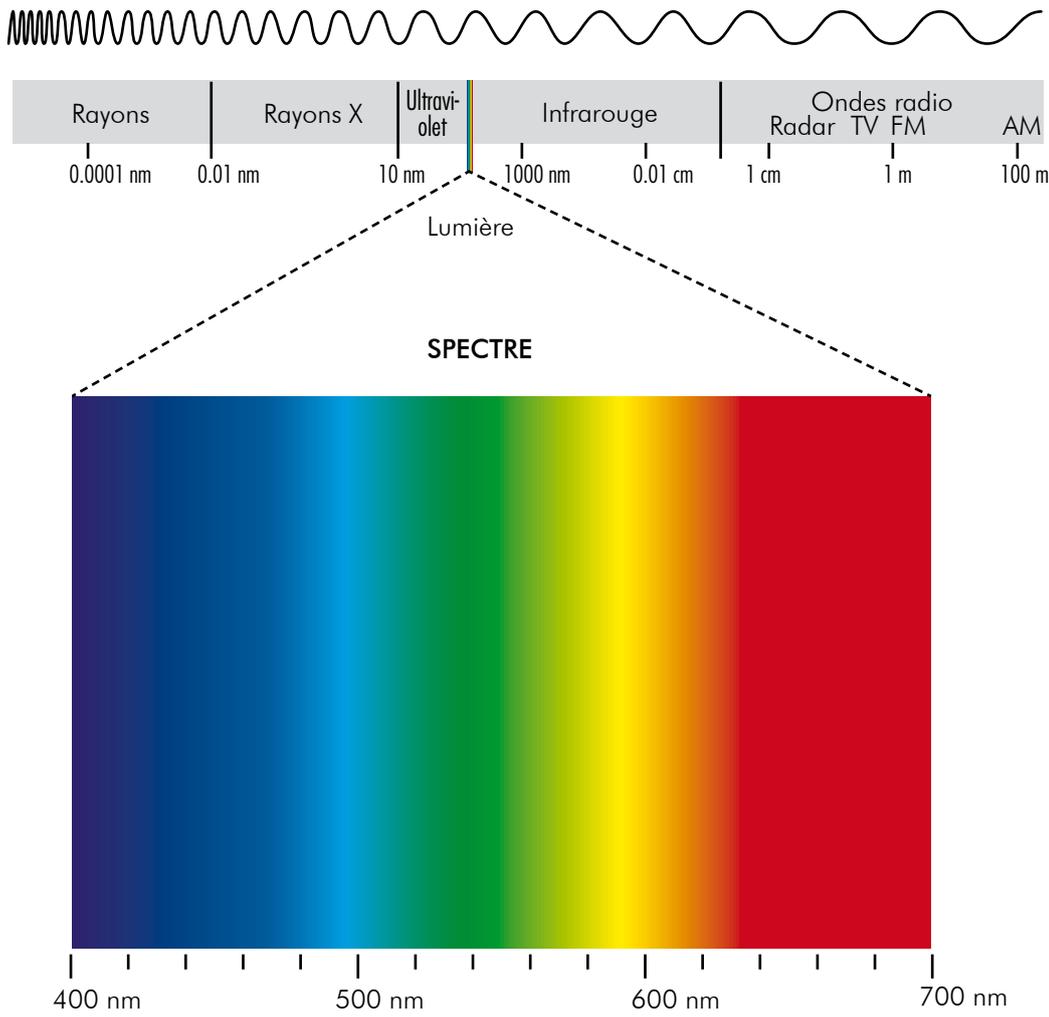
La lumière représente en effet la matière de base de la couleur. À juste titre, Newton a émis l'hypothèse que chaque couleur était une composante de la lumière du jour. Après d'innombrables expériences, Newton a identifié les couleurs fondamentales comme étant le violet, l'indigo, le bleu, le vert, le jaune, l'orange et le rouge.



*En 1666, le physicien Isaac Newton a fait passer un rayon de lumière solaire à travers un prisme. Le rayon lumineux a été décomposé en plusieurs composants, ce qui a provoqué l'apparition d'un*

Des physiciens contemporains se sont appuyés sur le travail de Newton et ont établi que la lumière est constituée d'ondes électromagnétiques. Tout comme les rayons X et les ondes radio. Les scientifiques définissent les rayons lumineux par leur longueur d'onde. L'unité de mesure de la longueur d'onde est le nanomètre, soit 1 milliardième de mètre ( $10^{-9}$  m).

L'ordre dans lequel les couleurs apparaissent dans l'arc-en-ciel est basé sur la longueur d'onde. Le spectre visible va des longueurs d'onde les plus courtes aux longueurs d'onde les plus longues. La lumière bleue est associée à des longueurs d'onde plus courtes, suivie du vert, du jaune, de l'orange et du rouge.



*Théorie de l'oscillation électromagnétique. Elle inclut tous les types de rayonnements utilisés dans notre société moderne.*

*L'œil humain est sensible au spectre de la lumière visible dans une plage de longueurs d'onde comprise entre 400 et 700 nm*

## Les sources lumineuses

La lumière est produite de différentes manières : en chauffant un objet jusqu'à ce qu'il brille (comme le filament d'une ampoule), en stimulant des atomes ou des molécules à l'aide d'un arc ou par une décharge électrique dans un gaz (p. ex. dans une lampe flash au xénon).

Chaque source de lumière possède une couleur de lumière différente. Cette couleur de lumière affecte la couleur de l'objet qu'elle illumine. La température de couleur sert à mesurer la sensation de la couleur d'une source lumineuse ; elle est exprimée en kelvin (K). Le « corps noir » (ou radiateur de Planck) sert de référence pour la température de couleur.

En réalité, les « corps noirs » n'existent pas. Il s'agit d'un concept de modèle en physique, qui sert de base à des observations théoriques et de référence à la recherche pratique dans le domaine des radiations électromagnétiques.

Un corps noir possède deux caractéristiques très importantes :

- il absorbe entièrement les radiations électromagnétiques de toutes les longueurs d'onde qu'il reçoit et
- dans chaque gamme spectrale, il émet davantage de puissance rayonnée qu'un autre corps à la même température.

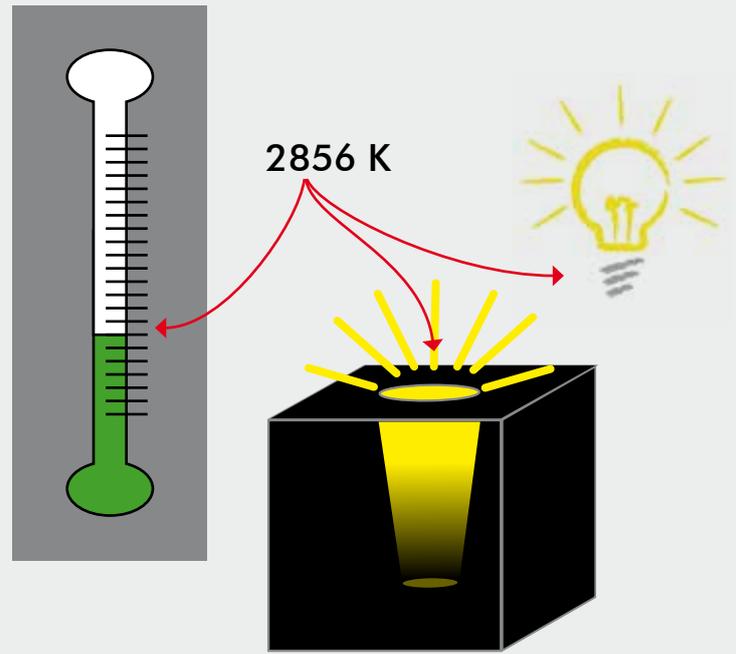
Afin de déterminer la température de couleur d'une source lumineuse, un corps noir est chauffé jusqu'à ce qu'il émette une lumière de la même couleur que la source lumineuse réelle.

La source lumineuse naturelle la plus importante est celle émise par le soleil.

En général, nous voyons les couleurs à la lumière du jour. La lumière du jour provient de la lumière directe du soleil et elle est rayonnée par l'atmosphère. La gamme spectrale de la lumière du soleil varie entre 200 et 4 000 K. Elle peut être comparée au rayonnement d'un corps noir chauffé à 5 800 K. Cependant, la qualité et l'énergie produite par cette source lumineuse varient et ne sont pas constantes. La lumière du soleil est influencée par l'emplacement, la période de l'année, les conditions météorologiques, la pollution atmosphérique et le moment de la journée ; elle évolue donc en fonction de ces facteurs. Par conséquent, la température de couleur de la lumière du jour varie entre 4 000 et 6 500 K.

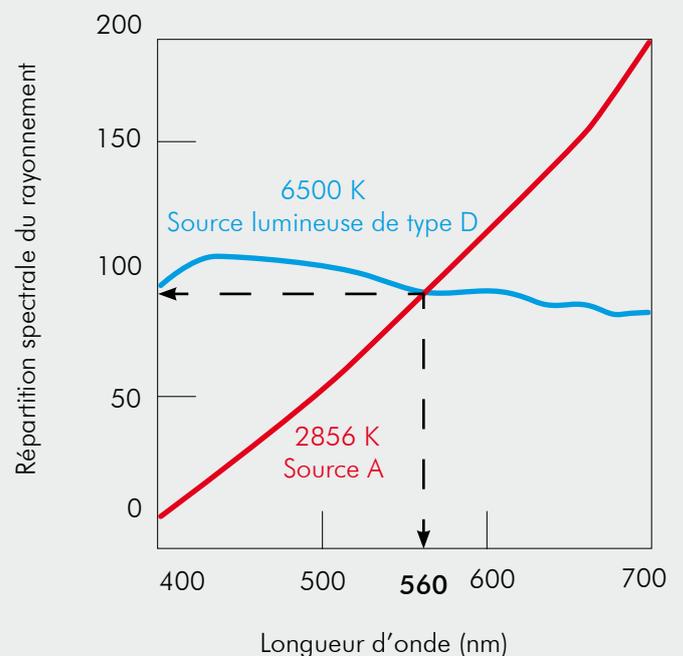
Une telle source lumineuse ne convient pas aux calculs colorimétriques. Les mesures colorimétriques exigent que la source lumineuse, désignée par lumière du jour, soit normalisée de manière à être reproductible et constante.

## Le corps



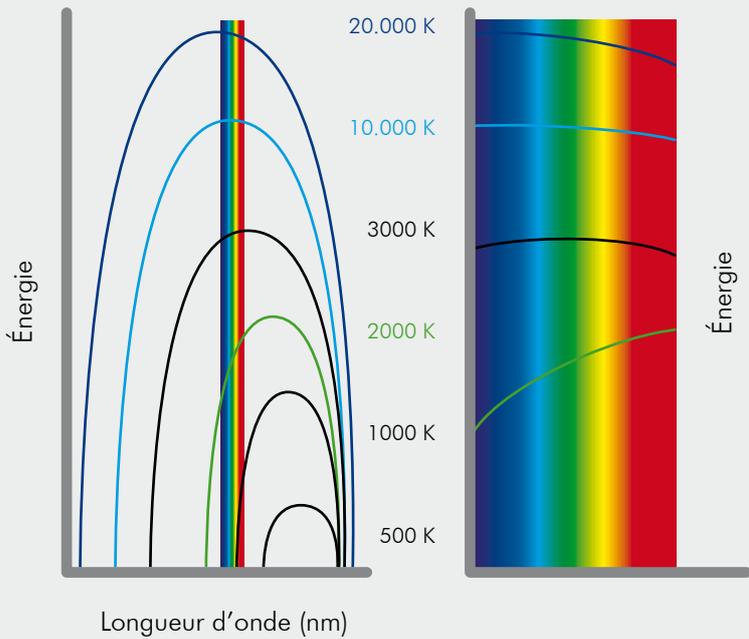
[À 560 nm, l'énergie rayonnante est identique pour les deux sources lumineuses. Pour la normalisation, l'énergie rayonnante à 560 nm est définie comme étant égale à 100 % ou comme identique.]

## Répartition spectrale du rayonnement de 2 sources lumineuses



[At 560 nm, the radiation energy is the same for both light sources. For standardisation, the radiation energy at 560 nm is defined as 100% or as identical.]

## La température de couleur



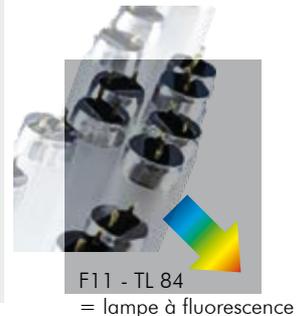
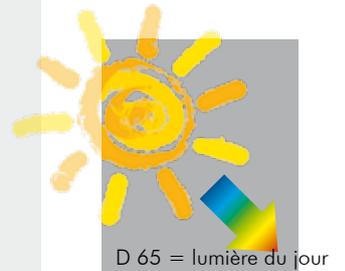
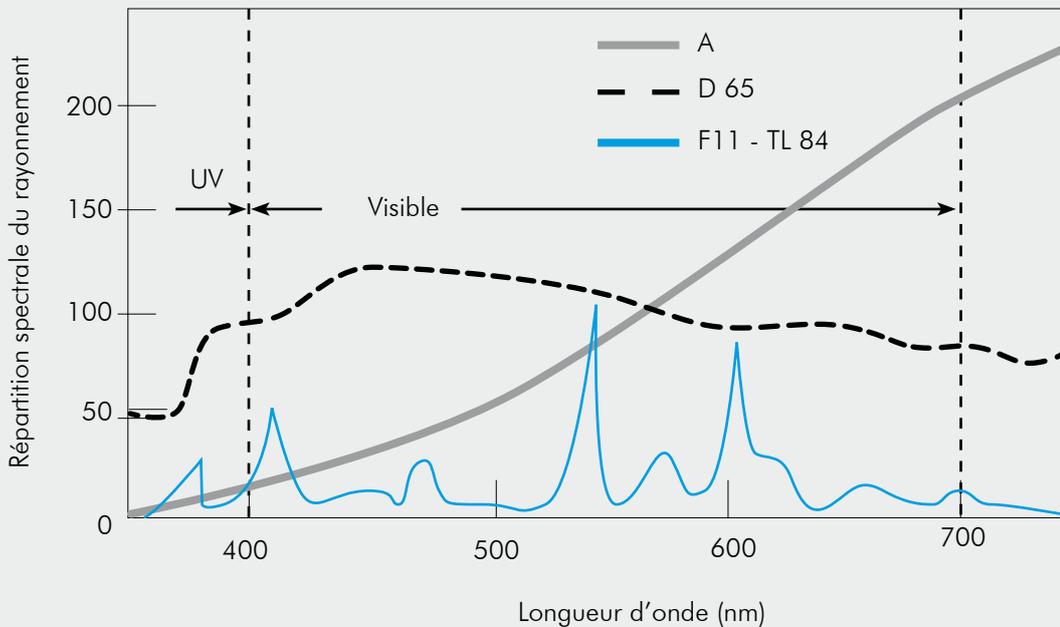
## Types d'illuminants

La sensation de la couleur d'un objet diffère en fonction des sources lumineuses ; le type d'éclairage doit donc toujours être précisé.

Afin de décrire une source lumineuse de manière reproductible et constante, la CIE\* a évalué et caractérisé différentes sources lumineuses pour créer des normes fiables pour le secteur. Ces sources lumineuses définies sont appelées « illuminants normalisés ». Les illuminants normalisés ne sont pas des sources lumineuses physiques. Ils ont été définis de telle sorte que leur répartition spectrale du rayonnement ressemble à celle des sources lumineuses naturelles. Les types d'illuminants normalisés par la CIE les plus importants sont D65 (lumière du jour à 6 504 K), A (tungstène) et F11 (lampe à fluorescence).

(\*) CIE : Commission Internationale de l'Éclairage, fondée en 1913 Le seul organisme international de recommandation et de normalisation en matière d'éclairage, de couleur et de mesure de la couleur.

## Illuminants normalisés A, D65, F11 - TL 84



d'illuminants normalisés les plus importants : D65, A et F11

# L'objet – la matière

## L'interaction entre la lumière et l'objet

Le second composant du triplet est l'objet.

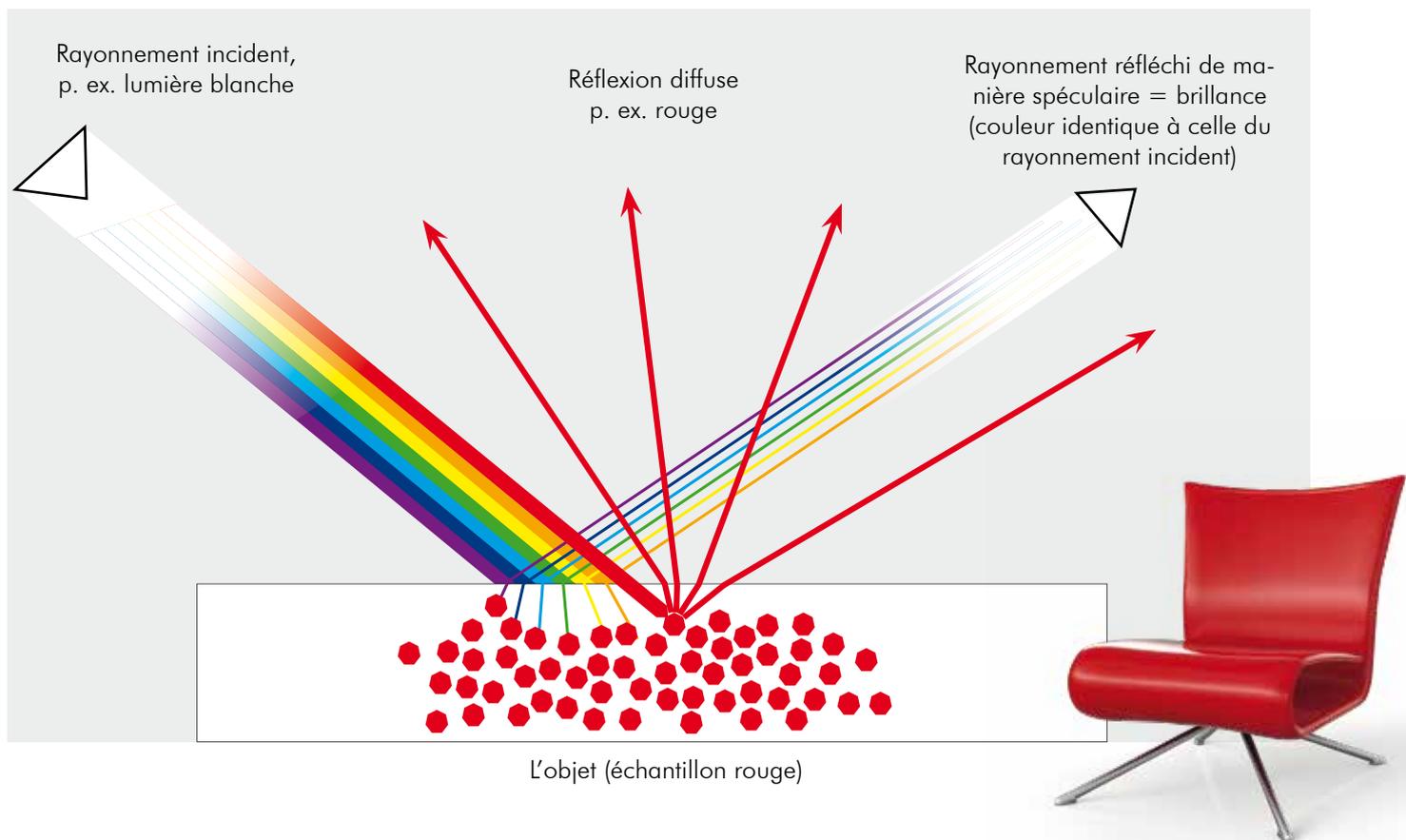
Un objet doit interagir avec la lumière afin que l'œil puisse voir la couleur. Cette interaction peut prendre l'une des trois formes suivantes :

Chaque objet et chaque surface possèdent des caractéristiques individuelles spécifiques, qui modifient la façon dont la lumière rayonnante est réfléchi ou absorbée. Une distinction est opérée entre :

- Les objets opaques ou non transparents : une partie de la lumière est absorbée et l'autre partie est réfléchi
- Les objets transparents : une partie de la lumière est réfléchi, une seconde partie est absorbée et la dernière partie passe à travers sans être dispersée
- Les objets translucides : une partie de la lumière est réfléchi, une seconde partie est absorbée et la dernière partie passe à travers, mais sera dispersée

Les objets présentent la caractéristique de plus ou moins réfléchir les radiations électromagnétiques

Les perceptions visuelles des différents matériaux sont déterminées par divers facteurs, notamment par les caractéristiques du matériau lui-même. La couleur d'un échantillon brillant semble donc nettement plus intense et plus éclatante que la même couleur sur une surface mate. En effectuant une analyse séparée des caractéristiques de la couleur (couleur) et des caractéristiques géométriques (brillance, forme, texture), ce problème peut être simplifié en séparant le rayonnement émis par l'objet (la couleur) du rayonnement réfléchi de manière spéculaire (la brillance). La séparation de ces deux types de rayonnement permet de déterminer chaque composant individuel. Nous verrons plus en détail les instruments de mesure utilisés pour cette procédure ainsi que les méthodes d'analyse applicables dans le chapitre 12 (techniques de mesure scientifiques de mesure de la couleur).



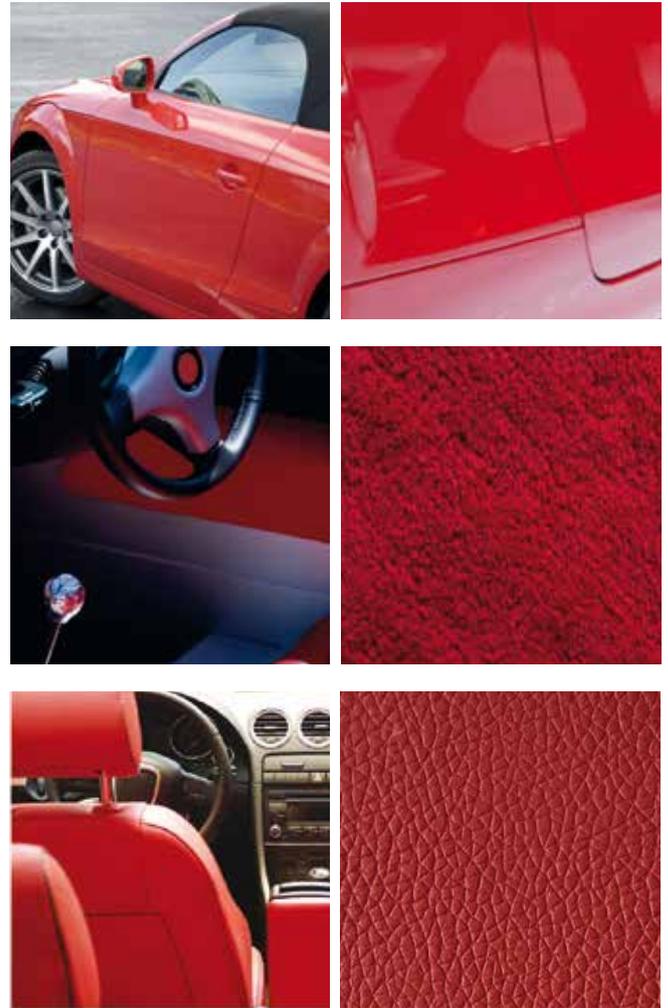
L'interaction entre la lumière et l'objet.

La réflexion générée par le rayonnement réfléchi de manière spéculaire détermine si l'objet apparaît brillant, semi-mat ou mat. Les métaux sont habituellement caractérisés par des rayons beaucoup plus réfléchissants que ceux d'autres produits. En général, les surfaces lisses sont plus brillantes que les surfaces rugueuses.

La réflexion diffuse est une caractéristique de l'objet, sa couleur et sa composition.

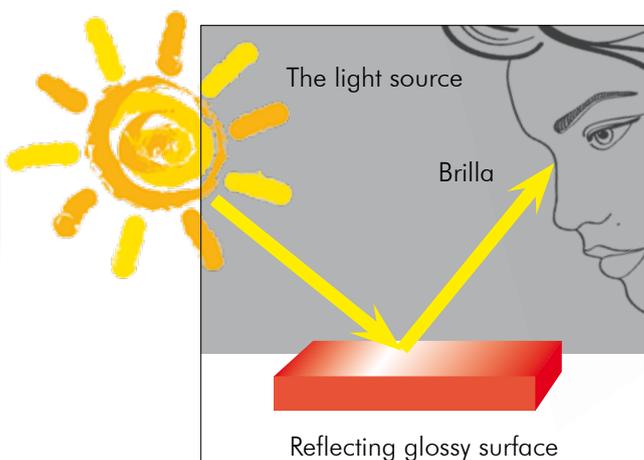
La couleur est générée lorsque la lumière frappe un objet ; une partie de la lumière est réfléchie, et cette partie entre dans l'œil humain. L'absorption sélective de la lumière détermine donc notre perception de la couleur. Plus la lumière est absorbée, moins intenses sont les couleurs qui en résultent. Si toute la lumière est absorbée, nous percevons la couleur noire. Par contre, si toute la lumière est réfléchie (100 %), nous voyons du blanc.

La réflexion ou l'absorption de la lumière (rayonnement réfléchi spéculaire, rayonnement diffus réfléchi, rayonnement normal) est donc responsable de la couleur et de l'apparence de la plupart des objets. Les composants de ce phénomène peuvent être physiquement analysés à l'aide de mesures spectrophotométriques (ou également goniophotométriques dans certains cas particuliers). Les schémas résultant des mesures spectrophotométriques indiquent la répartition de rayonnement ou courbes spectrales, qui représentent le rayonnement de la lumière réfléchi ou traversé par un objet pour chaque longueur d'onde. Les courbes spectrales décrivent la couleur et l'apparence d'un objet.

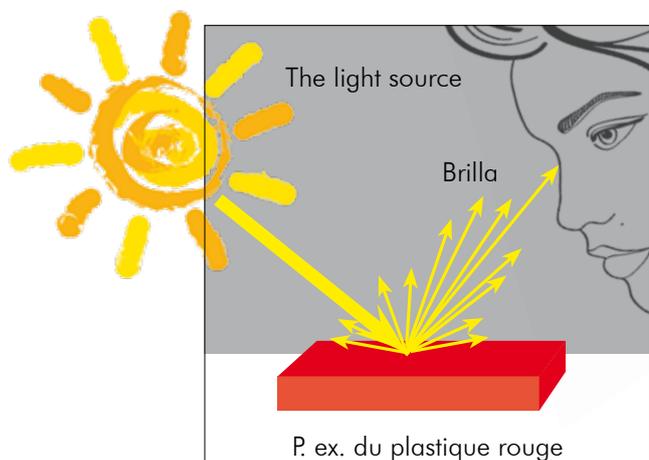


*L'absorption, la dispersion et la brillance sont responsables de l'apparence d'un produit.*

#### Brillance pour une surface réfléchissante



#### Brillance pour une surface texturée



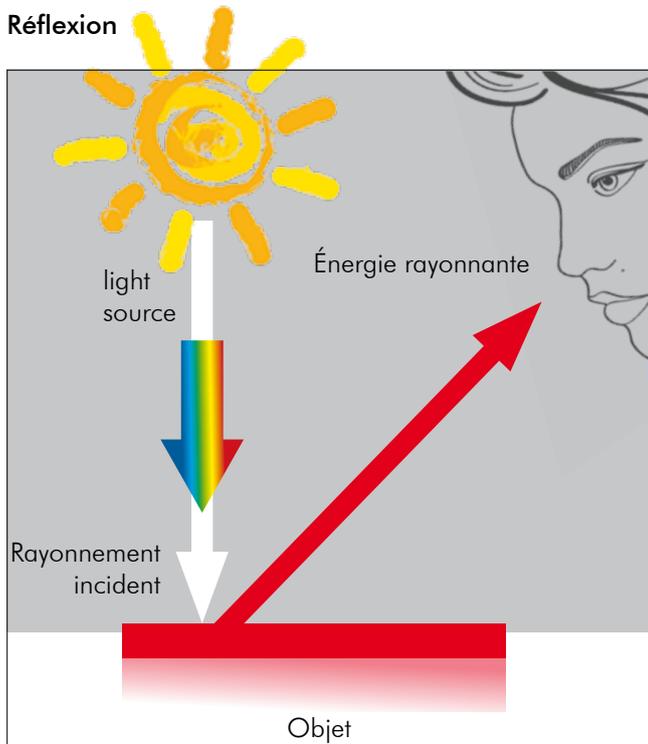
## Les caractéristiques colorimétriques des objets – la physique des couleurs

Comme nous l'avons déjà vu, la couleur est basée sur des ondes électromagnétiques et sur la répartition du rayonnement dans le spectre visible.

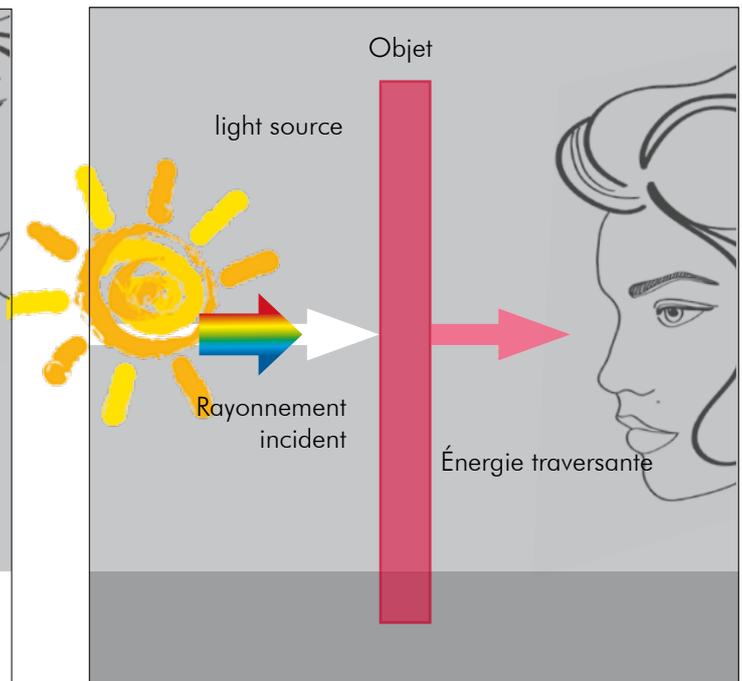
Les longueurs d'onde des rayons situés dans le spectre visible sont comprises entre 400 et 700 nm. La lumière frappant la surface d'un objet donne sa couleur à l'objet. Une partie du rayonnement est absorbée, et l'autre partie est réfléchie ou traverse l'objet. Les parties du rayonnement qui sont réfléchies ou ont traversé l'objet sont perçues par l'œil ; les informations sont ensuite traitées par le cerveau pour donner lieu à une sensation de couleur.

Un objet jaune absorbe la lumière bleue. Les objets rouges absorbent les lumières bleue, verte et jaune. En physique, nous nous référons à la répartition spectrophotométrique d'un objet, et c'est grâce à cette caractéristique que la couleur d'un objet peut être déterminée et affichée. Il s'agit de la partie du rayonnement lumineux incident qui est réfléchi ou qui a traversé l'objet, en fonction de la longueur d'onde, pour le spectre visible compris entre 400 à 700 nm.

### Réflexion



### Transmission



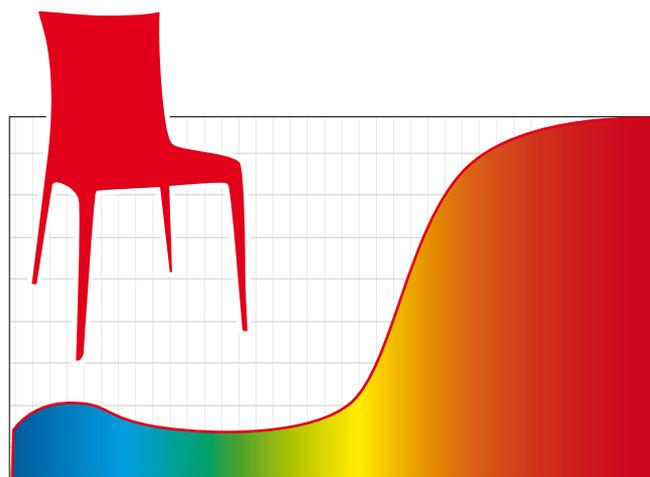
$$\text{Réflectance Rapport R\%} = \frac{\text{Énergie lumineuse réfléchie par longueur d'onde}}{\text{Énergie lumineuse incidente par longueur d'onde}} \times 100$$

$$\text{Transmission Rapport T\%} = \frac{\text{Énergie lumineuse réfléchie par longueur d'onde}}{\text{Énergie lumineuse incidente par longueur d'onde}} \times 100$$

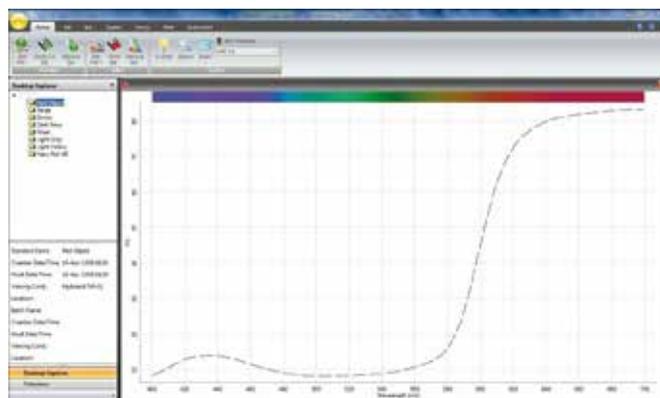
Les valeurs de réflectance R% ont été calculées à partir du rapport de l'énergie lumineuse incidente à l'énergie lumineuse réfléchie par longueur d'onde. Cette méthode s'applique également à la transmittance, où le rayonnement incident et le rayonnement émis caractérisent la courbe de transmission. Les spectres de réflexion et de transmission sont des propriétés de matériaux. Elles sont indépendantes de la source lumineuse utilisée. La source lumineuse utilisée doit émettre de l'énergie dans toutes les plages de lumière visible.

L'exemple suivant montre le spectre courbe de réflexion d'un échantillon de couleur rouge. Ce spectre de réflexion décrit le matériau et la couleur de l'échantillon ; il s'agit de l'« empreinte digitale de cette couleur. »

Longueur d'onde (③ in nm)	Facteur de réflexion (R in %)
400	8,17
410	10,47
420	12,87
430	13,67
440	13,76
450	12,92
460	11,46
470	10,11
480	9,10
490	8,40
500	8,12
510	8,14
520	8,25
530	8,45
540	8,84
550	9,50
560	10,63
570	12,36
580	15,97
590	26,40
600	45,11
610	62,43
620	72,43
630	77,21
640	79,64
650	81,01
660	81,81
670	82,30
680	82,64
690	83,01
700	83,19



Spectre de réflexion de l'échantillon de couleur rouge – l'« empreinte de cette couleur »



Échantillon rouge brillant : mesure à l'aide d'une géométrie de mesure  $d/8^\circ$  avec lumière réfléchie de manière spéculaire (brillance)



## Liste de références

- Farbe sehen, Corinna Watschke, 01.2009 [[www.planet-wissen.de](http://www.planet-wissen.de)],
- Farbmanagement in der Digitalfotografie (ISBN 3-8266-1645-6), 2006, Redline GmbH, Heidelberg
- Beschreibung und Ordnung von Farben, Farbmétrie, Farbmodelle, DMA Digital Media for Artists – Archiv 2006-2011, Kunstuniversität Linz, Gerhard Funk
- Messen – Kontrollieren – Rezeptieren, Dr. Ludwig Gall [[www.farbmétrie-gall.de](http://www.farbmétrie-gall.de)]
- Farbabstandsformeln, 2012, Fogra Forschungsgesellschaft Druck e.V. [[www.fogra.org](http://www.fogra.org)]
- Wikipedia, divers articles sur la couleur et la mesure de la couleur [<http://de.wikipedia.org/wiki/Farbe>]
- Diverses représentations de modèles de couleurs et d'espaces de couleurs [[http://www.chemie-schule.de/chemieWiki\\_120](http://www.chemie-schule.de/chemieWiki_120)]
- Praktische Farbmessung, Anni Berger-Schunn, 2. überarbeitete Auflage, 1994, Muster-Schmidt Verlag, Göttingen – Zürich
- Farbabstandsformeln in der Praxis, SIP 01.2011
- Schläpfer, K.: Farbmétrie in der grafischen Industrie, 3. Aufl. St. Gallen; UGRA 2002 (Tabelle S. 48)

Données de publication:

### **Editeur:**

Datacolor, Inc. 5 Princess Road, Lawrenceville, NJ 08648, USA

Téléphone: 1-800-982-6497 | Fax: 609-895-7472 | [marketing@datacolor.com](mailto:marketing@datacolor.com) | [www.datacolor.com](http://www.datacolor.com)

### **Texte:**

Gabriele Hiller, Hiller Direct Marketing, Stühren 41, 27211 Bassum, Allemagne

[www.hiller-direct-marketing.de](http://www.hiller-direct-marketing.de)

© Copyright Datacolor. Tous les droits sont réservés

### **EUROPE**

Datacolor AG Europe

6343 Rotkreuz

Téléphone: +41 44.835.3800

### **AMERICA**

Datacolor Headquarters

Lawrenceville, NJ

Téléphone: +1 609.924.2189

### **ASIA**

Datacolor Asia Pacific Limited

Hong Kong

Téléphone: +852 24208283