

## Transparence et brillance

La **transparence** et la **brillance\***, ou leur "contraire", l'**opacité** et la **matité**, tout comme la dimension, la forme, la texture et bien sûr la couleur, sont des aspects de la perception visuelle, c'est à dire des caractéristiques, des attributs, que vous donnez aux choses.

Ces deux aspects peuvent être considérés indépendamment de la couleur, tout en nouant avec celle-ci de nombreuses relations.

La transparence étant par exemple déterminante pour l'*aspect chromatique* d'une couleur, la tirant plus vers la couleur-volume (transparent) ou, à l'inverse, vers la couleur de surface (opaque).

La brillance, elle, est parfois considérée comme une quatrième dimension de la couleur plutôt que comme un aspect particulier. Mais elle se rapproche aussi de la texture en donnant une indication visuelle sur la microstructure de la surface.

D'un point de vue physique, ces deux aspects, tout comme la couleur, dépendent évidemment de l'interaction lumière/Matière, c'est-à-dire de l'interaction photon/électron.

La plupart des phénomènes qui nous sont familiers mettent en jeu un nombre énormes d'électrons [et de photons] et notre faible entendement a du mal à concevoir une telle complexité. Mais nous pouvons, face à ce genre de situation, utiliser la théorie pour nous faire une idée de ce qui doit se passer grosso modo... et on constate que c'est effectivement ce qui se passe grosso modo.

Richard Feynman, Lumière et matière Une étrange histoire, éd. Points, coll. Points Sciences, 1992.

\* Actuellement, la CIE recommande plutôt "Luisance" ou "Brillant".

À un niveau purement quantique, on ne trouve que deux types d'interactions entre un photon et un électron :

- soit un électron **absorbe** un photon
- soit un électron **émet** un photon

Mais face à la monstrueuse complexité évoquée par Richard Feynman, on trouve évidemment des modélisations, des concepts, décrivant l'ensemble de ces interactions photon/électron à un niveau plus global, en tant que comportement d'ensemble.

Les photons pénètrent généralement les matières à une profondeur plus ou moins grande. On distingue alors trois types d'interactions photons/molécules :

- **Diffusion** : Déviation des photons par les molécules dans des directions aléatoires. (En fait, au niveau quantique, il y a absorption/émission sans modification de longueur d'onde.) On parle parfois de diffusion *sub-surfacique*.

- **Absorption** : Disparition des photons. (En fait diffusion avec modification de longueur d'onde, généralement absorption dans le visible et émission dans l'infra-rouge, ou transformation en autres formes d'énergie, par exemple mouvement moléculaire, c'est à dire en chaleur).

- **Transmission** : Les photons continuent leur route. (En fait diffusion dans une direction préférentielle.)

Pour une matière donnée, ces trois interactions sont évidemment quantitativement différentes pour chaque longueur d'onde composant la lumière incidente. Ce qui détermine la couleur de la matière.

En considérant l'effet plus que la cause, on distingue deux interactions principales lumière/matériaux :

- **Réflexion** : La lumière ressort par la face d'entrée.

- **Transmission** : La lumière ressort après avoir traverser le volume, l'épaisseur.

Une distinction se fait aussi sur la "géométrie" (la ou les directions) des rayons réfléchis ou transmis. Tant la réflexion que la transmission peuvent être :

## Régulière ou diffuse

- **Réflexion régulière** : se dit d'une réflexion spéculaire, c'est-à-dire qui a lieu dans une direction bien précise, celle qui forme avec la surface le même angle que la lumière incidente.

- **Réflexion diffuse** : se dit d'une réflexion qui a lieu dans toutes les directions (dans un hémisphère).

- **Transmission régulière** : se dit d'une transmission qui a lieu dans la même direction que celle de la lumière incidente.

- **Transmission diffuse** : se dit d'une transmission qui à lieu dans toutes les directions (dans un hémisphère).

Pour la réflexion, on distingue en plus :

## De volume ou de surface

- une **réflexion de volume** qui découle de la diffusion sub-surfacique.

- une **réflexion de surface** qui se produit sans que la lumière ne pénètre la matière (cf. Infra, Brillance).

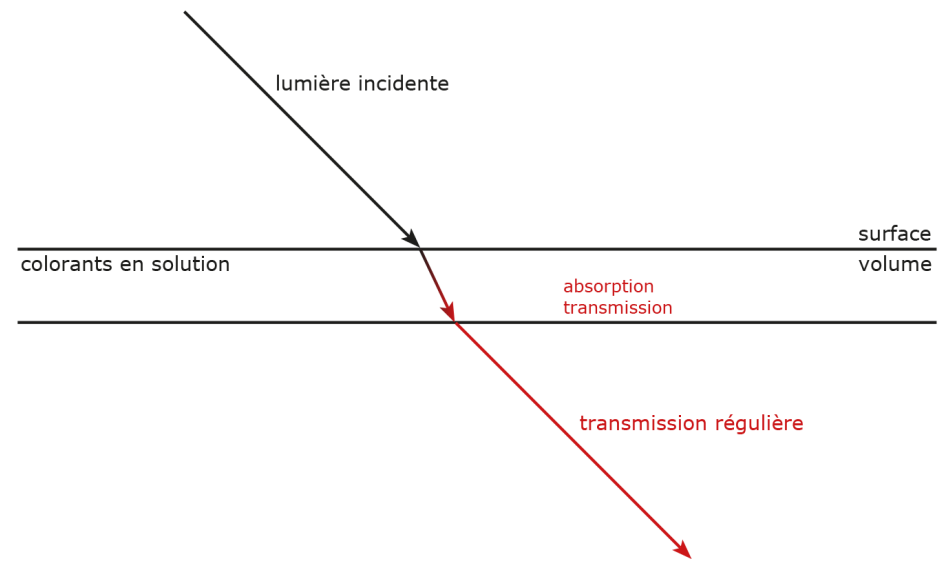
# Transparent



**Colorant** : molécule utilisée pour apporter de la couleur à différents matériaux par absorption et transmission. Un colorant forme une solution avec le liquide ou le solide avec lequel il est mélangé.

**Solution** : mélange homogène (une seule phase), c'est-à-dire un mélange dans lequel on ne distingue pas les composants.

L'image vue au travers de la solution est colorée et **nette**. Plus la concentration en colorant augmente plus l'image est colorée. Pour de très fortes concentrations, l'absorption est totale. La solution est noire, cas spécial d'opacité.



Dans l'interaction photons molécules, seules jouent l'absorption et la transmission.

On obtient une **transmission régulière**, colorée lorsqu'elle produit une modification de la composition spectrale (sous entendu vis à vis de la lumière incidente supposée blanche).

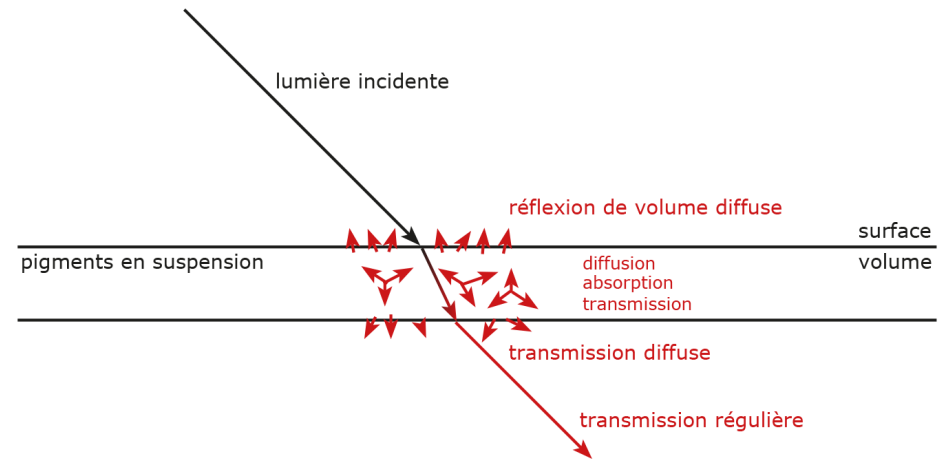
# Translucide



**Pigment** : molécule utilisée pour apporter de la couleur à différents matériaux par absorption, transmission mais surtout par diffusion. Un pigment forme une suspension avec le liquide ou le solide avec lequel il est mélangé.

**Suspension** : mélange hétérogène (deux ou plusieurs phases), c'est-à-dire un mélange dans lequel on distingue les différents composants, composants qui pourraient plus ou moins vite se séparer, le plus dense décantant (« Il faut secouer de temps en temps »).

L'image vue au travers de la suspension est colorée mais **pas nette**. Plus la concentration en pigment augmente moins l'image est nette. Pour de très fortes concentrations, la suspension devient opaque (voir p. suivante).



Dans l'interaction photons molécules, jouent l'absorption, la transmission et la diffusion.

on obtient :

Une **réflexion de volume diffuse** découlant de la diffusion qui a lieu sur les molécules à une profondeur plus ou moins grande sous la surface. Cette réflexion est toujours diffuse. Elle est colorée lorsqu'elle produit une modification de la composition spectrale (due à la fois à la diffusion, l'absorption et la transmission).

Une **transmission diffuse** découlant de la diffusion qui a lieu sur les molécules dans toute l'épaisseur de la matière.

Une **transmission régulière** découlant de la transmission.

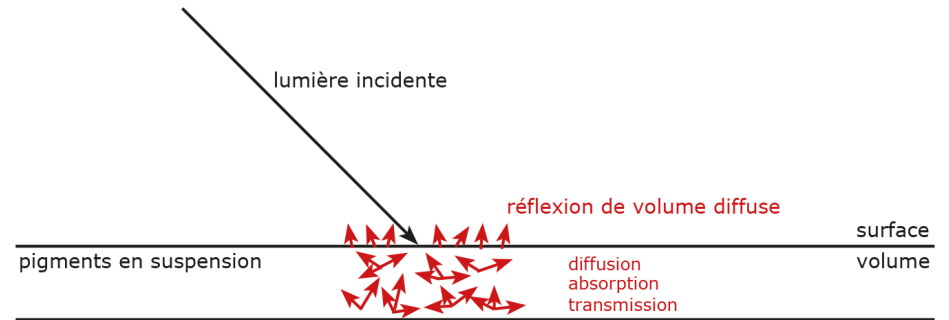
Les deux types transmissions forment une transmissions mixte, colorée lorsqu'elle produit une modification de la composition spectrale (due à la fois à la diffusion, l'absorption et la transmission).

# Opaque



**toujours un pigment en suspension**, ici plus à plus forte concentration.

On ne voit plus d'image "au travers".



Dans l'interaction photons molécules, jouent toujours l'absorption, la transmission et la diffusion.

on obtient :

Une **réflexion de volume diffuse** découlant de la diffusion qui a lieu sur les molécules à une profondeur plus ou moins grande sous la surface. Cette réflexion est toujours diffuse. Elle est colorée lorsqu'elle produit une modification de la composition spectrale (due à la fois à la diffusion, l'absorption et la transmission).

Pas de **transmission, ni régulière ni diffuse** : la lumière ne parvient plus à traverser le volume. La diffusion l'emporte. La diffusion qui a lieu sur les molécules a pour seule résultante une réflexion diffuse.

# Brillance

Environ **90 % de la lumière incidente** pénètre à plus ou moins grande profondeur dans la plupart des matières. C'est à partir de ces 90 % qu'une matière, via une transmission régulière et/ou une transmission diffuse et/ou une réflexion de volume diffuse, "génère la couleur" de cette matière.

Environ **10% de la lumière incidente** par contre ne pénètre pas la matière mais "rebondit" sur la surface, c'est ce phénomène qui est à l'origine de la brillance. On parle de réflexion de surface pour la distinguer de la réflexion de volume.

Cette réflexion n'est pas due à la diffusion. Sa description «au niveau de l'interaction photon/molécule» n'est pas reprise p. 2.

**Réflexion de surface** : réflexion qui a lieu à la surface de la matière sur laquelle arrive la lumière incidente.

Cette réflexion est toujours spéculaire, du moins au niveau "microscopique".

Au niveau "macroscopique" par contre, elle peut être parfaitement spéculaire (surface "lisse" au niveau microscopique) ou parfaitement diffuse (surface "rugueuse\*" au niveau microscopique), ou, le plus souvent, quelque part entre ces deux extrêmes.

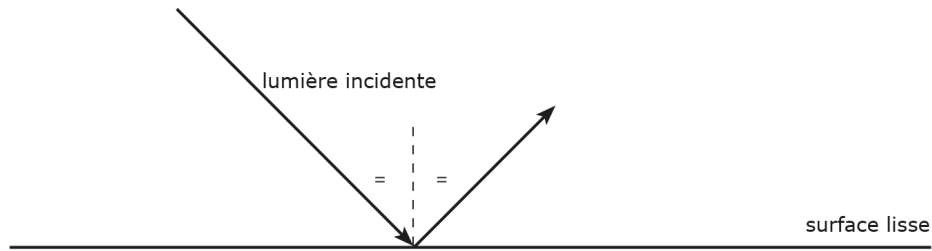
La composition spectrale de la lumière n'est pas modifiée lors de cette réflexion de surface (exceptions : quelques métaux comme l'or, le cuivre, ...). La réflexion de surface est donc "responsable des reflets blancs sous un éclairage blanc".

\* Le mot «rugosité» est normalement utilisé pour décrire un aspect visible d'une surface (une structure plus ou moins répétitive), aspect qui relève de la texture. Il est employé ici dans un sens différent, puisqu'il caractérise une qualité de la surface plus fine et non visible (quoique, bien sûr, indirectement visible par son degré de brillance).



### Surface brillante

Comme la surface est lisse, la réflexion de surface est spéculaire.



### Surface mate

Comme la surface est rugueuse, la réflexion de surface est diffuse.



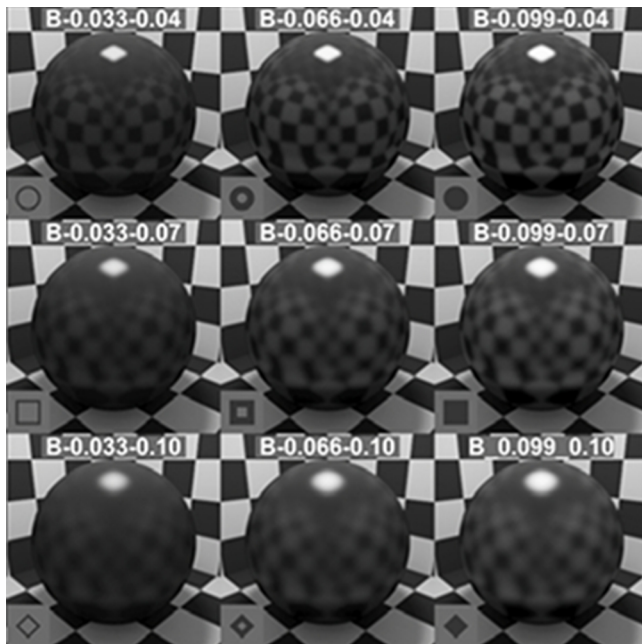
La quantité de lumière réfléchi est la même pour une surface brillante et une surface mate, la différence de perception est donc uniquement due à la direction plus ou moins spéculaire des rayons de lumière réfléchis.

## Les deux dimensions de la brillance

Comme la couleur, la brillance a plusieurs caractéristiques. Actuellement, un consensus semble se faire autour de deux caractéristiques principales : **l'intensité de la réflexion** et la **netteté de l'image réfléchie**.

On parle ainsi d'une «bidimensionnalité de la brillance».

Dans la modélisation 3D ci-dessous, l'intensité de la réflexion augmente de gauche à droite. La netteté de l'image de bas en haut.

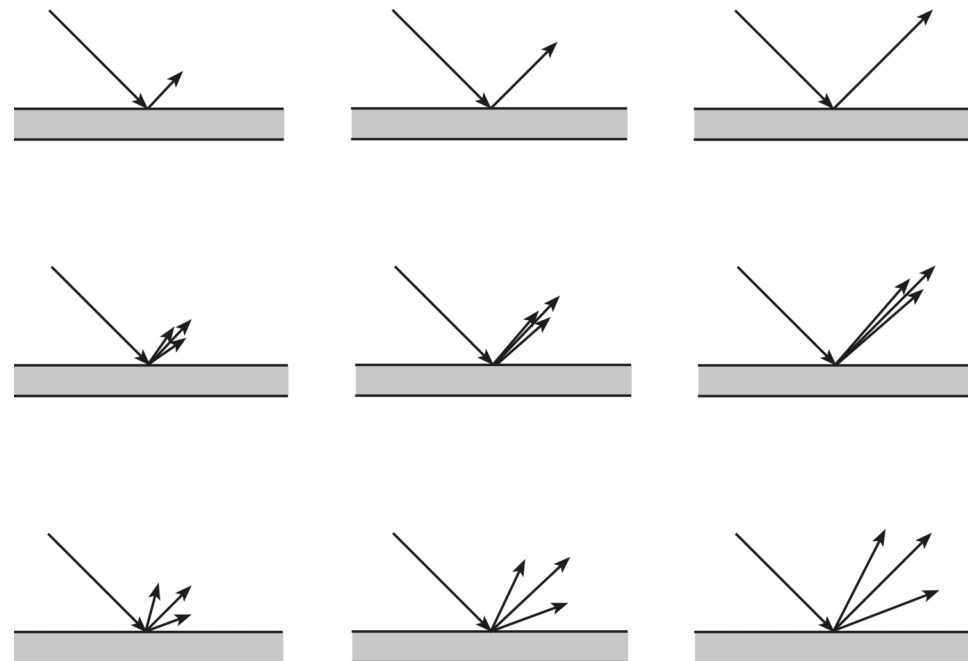


A psychophysically-based model of surface gloss perception, Jame A Ferwerda, Fabio Pellacini, and Donald P. Greenberg Program of Computer Graphics, Cornell University, Ithaca, NY 14853

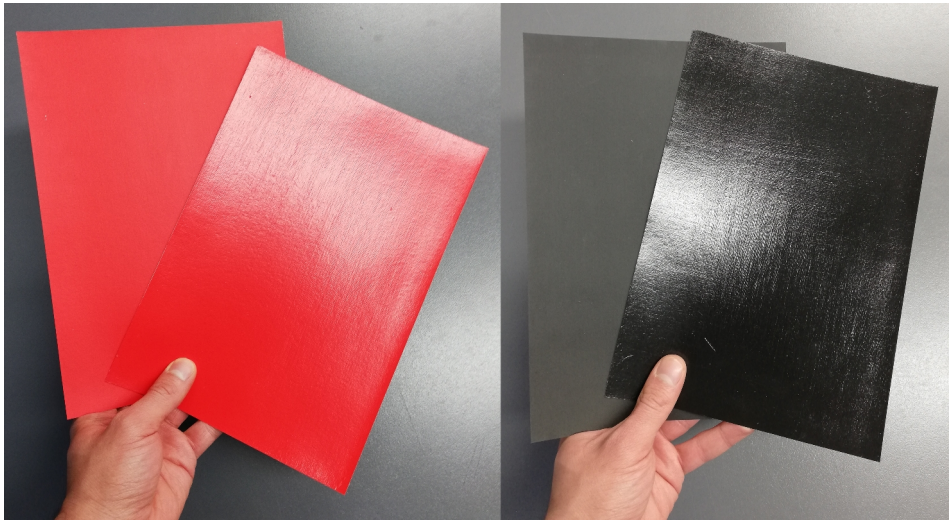
**L'intensité de la réflexion** dépend de la quantité de lumière qui est réfléchie par la surface (au détriment de la lumière réfléchie par le volume donc).

**La netteté de l'image réfléchie** dépend, elle, du caractère plus ou moins spéculaire (ou a contrario plus ou moins diffus) de la réflexion de surface. L'opposition brillant/mat se joue donc ici, relativement à cette caractéristique.

Le schéma ci-dessous reprend la disposition des gradations des deux caractéristiques que vous voyez sur la modélisation 3D, dans le même arrangement. La longueur des flèches représentant l'intensité de la lumière, leur dispersion représentant son caractère diffus.



## Brillance et couleur



Ces deux paires d'échantillons montrent une même couleur, dans une version brillante et dans une version mate. Le même pigment a été utilisé pour les deux versions.

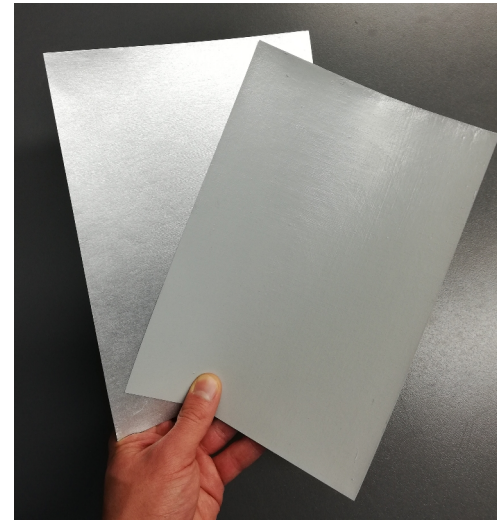
Dans le cas des échantillons brillants on perçoit une réflexion de surface spéculaire blanche (un reflet\* localisé), alors que dans le cas des échantillons mats on perçoit une réflexion de surface diffuse blanche ("le reflet" est ici perçu comme un léger blanchissement global et homogène de toute la surface).

Ce qui explique que vous parvenez beaucoup mieux à faire la part des choses entre réflexion de volume et réflexion de surface dans le cas d'un échantillon brillant que d'un échantillon mat. C'est-à-dire à faire la part des choses entre couleur et reflet.

Ce qui explique qu'un rouge brillant sera perçu plus chromatique qu'un rouge mat. Et un noir brillant sera perçu plus foncé qu'un noir mat.

\* Un *reflet*, ou une *haute lumière*, est en fait l'image (plus ou moins floue) de la source lumineuse.

## Brillance et métallique



Les métaux ont ceci de particulier que la quasi totalité de la lumière incidente est réfléchi par leur surface. Il n'y a pas de réflexion de volume pour les métaux (la lumière ne les pénètre pas).

Ce qui rend un gris brillant très différent du "gris" métallique. La différence est pourtant difficile à décrire : Le métallique présente plus de clartés différentes particulièrement lorsque la surface n'est pas plane, et il est plus changeant lorsqu'il est en mouvement. Ou, peut-être plus justement, le métallique, au contraire du brillant, n'est pas "composé" d'une base grise et de reflets, il n'est que "reflets et non-reflets".

Lorsqu'un métal est parfaitement lisse, et donc sa réflexion purement spéculaire, on appelle ça un miroir. La vitre n'est là que pour protéger le métal.

Certains métaux, comme l'or ou le cuivre, ont en plus la particularité de produire une réflexion de surface colorée, jaune ou rouge.