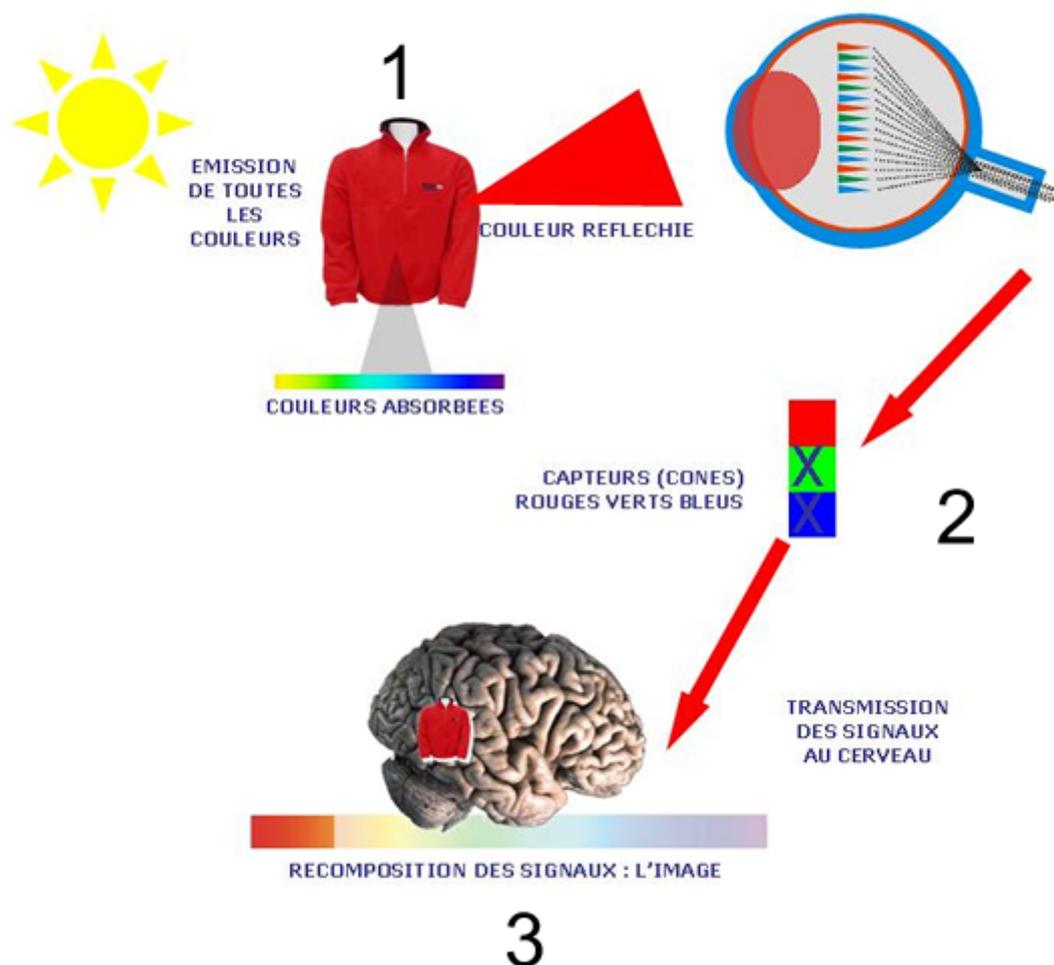


La perception des couleurs

Par définition, la couleur est "l'impression produite sur l'oeil par les diverses radiations constitutives de la *lumière*". Cette définition montre "clairement" qu'avant de pouvoir parler de couleur, il est bon de savoir ce qu'est la lumière et comment fonctionne notre oeil. Il faudra dans une troisième étape faire intervenir le cerveau



1 - La lumière

La lumière, au sens commun du terme, n'est que la partie visible (et infime) d'un phénomène plus vaste: les ondes (ou rayonnements) électro-magnétiques. Une onde électro-magnétique peut se définir par la donnée de sa *longueur d'onde*. C'est une grandeur qui s'exprime en unité de longueur, et elle peut varier du millionième de millionième de mètre au kilomètre.

Parmi les ondes électro-magnétiques que nous ne pouvons pas voir, il y a notamment les rayons X, les ultra-violets (responsables de notre bronzage), les infra-rouges (que nous ne voyons pas, mais que nous pouvons ressentir sous forme de chaleur), ou encore les ondes radio.

Notre oeil n'est sensible qu'aux rayonnements dont la longueur d'onde se situe grossièrement entre 0,38 et 0,75 millionièmes de mètre (0,38 à 0,75 micromètres, notés " μm "). Selon la valeur de cette dernière, nous percevons le rayonnement comme une lumière d'une certaine couleur. Voici une correspondance approximative entre couleurs et longueurs d'onde :

0,400 µm	Violet
0,430 µm	Indigo
0,470 µm	Bleu
0,530 µm	Vert
0,580 µm	Jaune
0,600 µm	Orangé
0,650 µm	Rouge

Ainsi, si vous regardez une lampe qui émet une lumière de longueur d'onde 0,4 µm, vous la verrez violette. Si elle émet une longueur d'onde plus petite, vous ne verrez rien: c'est en-deça de ce que vous pouvez percevoir (en l'occurrence, il s'agit d'ultraviolets).

Lumière monochromatique, lumière composée

On appelle lumière monochromatique une lumière constituée d'une seule longueur d'onde. Par exemple, une lampe n'émettant qu'un rayonnement de longueur d'onde de 0,57 µm émet une lumière monochromatique. Elle sera perçue comme une lampe jaune. On parle de couleur pure.

Une lumière composée est une lumière constituée de plusieurs longueurs d'ondes. La lumière solaire, par exemple, est composée: elle est constituée d'un ensemble continu de rayonnements. Une lampe émettant deux rayonnements de longueur d'onde 0,63 µm et 0,528 µm émet une lumière composée. Notre oeil la percevra, là encore comme une lampe jaune !

La "température de couleur" désigne la qualité chromatique de l'éclairage d'une scène. Son unité de mesure est le degré Kelvin (K). On parle de « température », car cette échelle de mesure adopte comme référent la teinte que prendrait un objet théorique (le « corps noir ») chauffé à différentes températures. Les températures de la plupart des sources lumineuses sont comprises entre 1 500 K et 10 000 K. Une bougie aura une température de couleur qui tendra vers le rouge orangé (1 850 K) tandis qu'un flash électronique tendra vers le blanc bleuté (entre 5 000 et 6 500 K selon les fabricants).

On adapte les appareils photo à ces conditions d'éclairage avec un paramètre bien connu : la balance des blancs. Les appareils photo sont conçus pour adapter leur exposition afin de pouvoir photographier et reproduire un objet théorique neutre reflétant 18 % de la lumière qu'il reçoit, on parle d'un gris neutre. Par défaut, ils doivent produire une image rendant correctement ce gris neutre.



Le gris neutre : 128 pour le canal rouge, 128 pour le canal vert et 128 pour le canal bleu

Pour photographier une scène enneigée, il faut donc légèrement la surexposer pour que la neige paraisse blanche là où l'appareil essaiera de la faire paraître grise. De la même manière, pour photographier un tas de charbon, ou une robe partiellement noire, il faudra sous-exposer légèrement la scène.

Les couleurs primaires, secondaires, tertiaires, fondamentales

Les couleurs **primaires** (dites aussi "**principales**") sont la donnée de deux ou trois couleurs permettant, par leur mélange, l'obtention de toute autre couleur du

spectre visible. On utilise généralement 3 couleurs primaires, choisies de telle manière qu'on ne puisse pas obtenir l'une d'entre elles en mélangeant les deux autres.

Les couleurs **secondaires** sont obtenues par mélange en égales proportions de deux couleurs primaires. Les couleurs **tertiaires** sont obtenues en mélangeant en égales proportions une couleur primaire et une couleur secondaire.

La définition du terme "mélange" dépend du système dans lequel on se place: synthèse additive ou synthèse soustractive.

Les couleurs dites **fondamentales** sont les 7 couleurs de l'arc-en-ciel: violet, indigo, bleu, vert, jaune, orangé et rouge.

La synthèse additive

C'est le principe consistant à composer une couleur par *addition de lumière*. Lorsque vous éclairez un mur noir avec un spot rouge et un spot vert, à l'endroit où les deux faisceaux se coupent, la tache lumineuse sera jaune: c'est le résultat de la synthèse additive de la lumière rouge et de la lumière verte. La télévision, l'écran d'un ordinateur, les rayons lumineux suivent ce principe.

Notez qu'en synthèse additive, le mélange de deux couleurs donne toujours une couleur plus lumineuse. La synthèse additive est propre aux objets émetteurs de lumière.



En synthèse additive, le choix couramment fait est celui de 3 couleurs primaires: le rouge, le vert et le bleu

- 3 couleurs primaires: rouge, vert, bleu.
- 3 couleurs secondaires: cyan, magenta, jaune.
- 6 couleurs tertiaires: orange, vert citron, émeraude, bleu pervenche, violet, framboise.
- L'addition des trois couleurs primaires donne du blanc.
- Le noir est une absence de couleur.

La synthèse soustractive

Il s'agit du principe consistant à composer une couleur par *soustraction de lumière*. Lorsque vous mélangez deux couleurs au pinceau, la couleur obtenue est le résultat d'une synthèse soustractive. L'aquarelle, les impressions sur papier (imprimantes couleurs) utilisent ce principe.



En synthèse soustractive, on nous apprend (à l'école) que les trois couleurs primaires sont le bleu, le rouge et le jaune. Elles sont légèrement différentes de celles utilisées plus couramment: le cyan (bleu clair), le magenta (rouge-rose) et le jaune.

- 3 couleurs primaires: cyan, magenta, jaune.
- 3 couleurs secondaires: rouge, vert, bleu.
- Les couleurs tertiaires sont les mêmes qu'en synthèse additive.
- L'addition des trois couleurs primaires donne du noir.
- Le blanc est une absence de couleur.

Notez que les couleurs primaires d'un système correspondent aux couleurs secondaires de l'autre, et vice-versa. Les couleurs tertiaires sont les mêmes en

synthèse additive et soustractive.

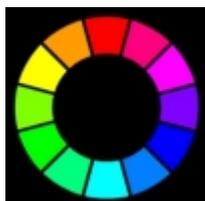
Couleur complémentaire

Une couleur est la complémentaire d'une autre si le mélange des deux donne du blanc en synthèse additive ou du noir en synthèse soustractive. **La complémentaire d'une couleur est la même dans les deux systèmes, additif ou soustractif.** La complémentaire d'une couleur primaire est une couleur secondaire. La complémentaire d'une couleur tertiaire est une autre couleur tertiaire.

Exemples:

- Complémentaire du jaune: bleu (bleu+jaune donne du blanc en synthèse additive, du noir en synthèse soustractive)
- Complémentaire du violet: vert citron
- Complémentaire du blanc: noir (dans ce cas particulier, n'oubliez pas qu'en synthèse soustractive, le blanc est une absence de couleur: c'est votre feuille blanche avant l'application de la gouache. L'obtention du noir se fait donc par ajout... de noir sur le fond blanc)

Roue chromatique



La roue chromatique est une disposition géométrique des couleurs primaires et secondaires sur le pourtour d'un cercle. Elle peut également contenir les couleurs tertiaires ainsi que d'autres couleurs intermédiaires ou variantes en intensité et saturation.

L'ordre des couleurs permet de faire ressortir les points suivants:

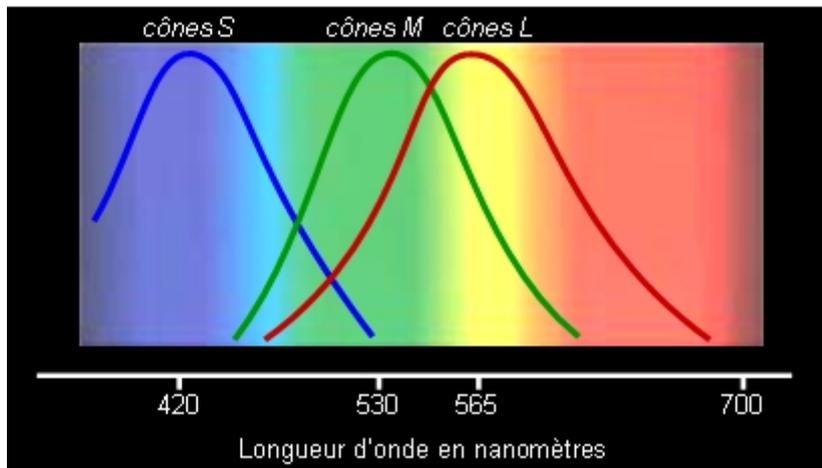
- Les couleurs primaires sont disposées à 60° les unes des autres.
- Les couleurs secondaires sont entre deux couleurs primaires
- Une couleur est toujours diamétralement opposée à sa complémentaire.
- La roue chromatique est identique en synthèse additive et soustractive: ce sont les rôles des couleurs représentées qui changent (les couleurs primaires deviennent les couleurs secondaires et inversement).
- Tous les tons se rapprochant de l'orangé sont appelés tons chauds ; tous les tons se rapprochant du bleu sont appelés tons froids. Ils nous donnent en effet une sensation de chaleur ou de fraîcheur.

2 - L'oeil

Notre oeil est un organe complexe. La lumière qui provient d'un objet qu'on observe va pénétrer notre oeil par la pupille et exciter les cellules nerveuses qui tapissent la rétine, au fond de l'oeil. La rétine est notamment composée de *cônes* et de *bâtonnets*.

Les cônes sont des cellules qui réagissent à la couleur, mais pas à la luminosité. Ils permettent de différencier deux teintes. Trois types de cônes ont été découverts, chacun sensible à une certaine plage de longueurs d'onde: les cônes "S" sont plutôt sensibles aux bleus, les "M" plutôt aux verts et les "L" plutôt aux rouges. On a également découvert que chez un certain pourcentage d'hommes (10%) et de femmes (50%), il existe un quatrième type de cône, sensible aux oranges. De telles personnes ont une meilleure perception des nuances de couleurs dans les jaunes, oranges et rouges.

Les bâtonnets sont des cellules sensibles à l'intensité lumineuse : ils traduisent pour notre cerveau le degré de luminosité d'une lumière. Mais ils ne différencieront pas deux couleurs également lumineuses. Par ailleurs, les bâtonnets sont beaucoup sensibles que les cônes. De fait, lorsque nous sommes dans un endroit faiblement éclairés, nous avons du mal à distinguer les couleurs : les objets paraissent grisâtres.



La zone centrale de la rétine (appelée "fovea") n'est tapissée que de cônes. De nuit, sous le faible éclairage des étoiles et d'une lune réduite à un quartier, nous ne pouvons pas distinguer les objets qui sont droit devant nous. Pour que notre cerveau "comprenne" ce qu'il y a devant nous, il nous faut bouger les yeux, "balayer" la scène de façon à ce que les bâtonnets, absents de la fovea, "voient" ce qui nous intéresse. Une méthode bien connue des militaires...

C'est l'action combinée de deux types de cellules qui va nous permettre de distinguer une couleur d'une autre.

Deux lampes émettant des rayonnements différents peuvent très bien être perçus de la même couleur par notre œil. Prenons le cas d'une lampe monochromatique émettant une lumière jaune: une telle lumière va exciter un peu les cônes M et un peu les cônes L. Ce que notre cerveau va traduire par une jaune. Si l'on prend une lampe émettant des rayonnements vert et rouge choisis, notre cerveau va percevoir la même couleur, car ceux sont les mêmes types de cônes qui seront excités de la même manière qu'avec une lampe monochromatique.

Les études semblent montrer que l'œil est capable de discerner 300 000 couleurs, mais pas également "partout": l'œil a une meilleure capacité à distinguer des nuances de verts ou de rouges que des nuances de bleus.

L'objet observé

Un objet que vous observez peut rentrer dans l'une des catégories suivantes:

1. L'objet est lui-même *émetteur* de lumière: c'est le cas d'une ampoule, de la flamme d'une bougie, du soleil, d'une surface phosphorescente...
2. Il *réfléchit* tout ou une partie de la lumière qu'il reçoit: la lumière arrivant sur l'objet est renvoyée par sa surface vers notre œil. La plupart des choses qui nous entourent se comportent ainsi: une table, un vêtement, un fruit, mais aussi la lune ou toute planète vue de la Terre.
3. Enfin, l'objet *transmet* plus ou moins partiellement, plus ou moins fidèlement, la lumière reçue: celle-ci traverse la matière de l'objet, est filtrée, et continue sa route vers notre œil. Un filtre plastique coloré, une diapositive, les verres de lunettes de soleil en sont des exemples.

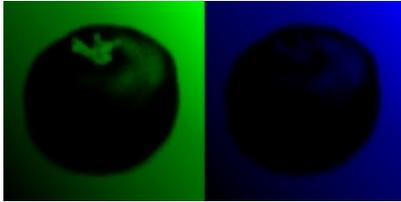
Un cas concret



En plein jour, une tomate mure vous paraît rouge parce que sa peau est telle qu'elle ne réfléchit que la composante rouge de la lumière qui l'éclaire. Comme tout objet autour de vous, la tomate reçoit la lumière du soleil, plus ou moins filtrée par les nuages, plus ou moins forte, mais c'est une lumière blanche. Cette lumière est partiellement absorbée par la peau, et seule une partie se réfléchit. C'est cette partie que votre œil voit. Pour que la tomate vous semble rouge, c'est qu'elle a absorbé les autres couleurs composant la lumière blanche.



Si l'on plonge la tomate dans le noir, et qu'on l'éclaire avec un spot jaune ou magenta, le fruit nous semble toujours aussi rouge. En effet, la lumière jaune est formée de rouge et de vert, la lumière magenta de rouge et de bleu. La tomate absorbe tout sauf le rouge: son apparence n'a donc pas changée. Notez que la queue de la tomate - verte - apparaît noire sous un éclairage magenta, éclairage qui ne contient pas de vert.



Par contre, si l'on éclaire la tomate avec un spot vert ou bleu, elle semble noire. Pourquoi ? Parce que ni la lumière verte ni la lumière bleue ne contiennent de composante rouge. La tomate absorbe donc toute la lumière qu'elle reçoit, et ne réfléchit plus rien: elle paraît noire.

Pour la même raison, les voitures bleues dans les tunnels éclairés en jaune-orange vous paraîtront noires: ce n'est pas dû à la faible luminosité, mais bien au fait que la lumière jaune n'est pas réfléchi par un objet bleu.

La perception des couleurs

Goethe : "C'est le contraste simultané qui rend la couleur propre à son usage esthétique"

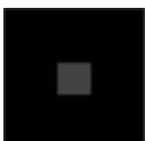
"Mettre de la couleur sur une toile, ce n'est pas seulement colorer de cette couleur la partie de la toile sur laquelle le pinceau est appliqué, c'est encore colorer de la complémentaire l'espace qui lui est contigu."

Chevreul, rapport à l'Académie des sciences 1839.

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, notre oeil ne voit pas la même couleur toujours de la même manière. L'environnement a une forte influence sur notre perception. Notre perception des couleurs est toujours faussée, parce que lorsque l'on regarde un objet, l'oeil a tendance à "mesurer", à comprendre, à évaluer sa couleur en fonction de la scène qui l'entoure. Tout est affaire de **contrastes**. Pour vous montrer l'effet de l'environnement sur la perception d'une couleur, je vous invite à examiner les cas présentés ci-dessous.

Contraste de luminosité

Le contraste des luminosités est probablement l'élément le plus perturbant pour la "lecture" des couleurs. Notre oeil s'adapte à l'intensité lumineuse moyenne d'une scène. Dans un environnement très clair, la pupille se ferme pour "réguler" le flux de lumière reçue. Dans l'obscurité, la pupille s'ouvre plus. Conséquence immédiate: la même couleur sera perçue plus foncée sur un fond clair que sur un fond sombre.

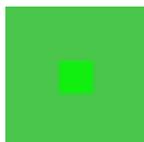


Le carré central paraît être d'un gris plus foncé à droite qu'à gauche.

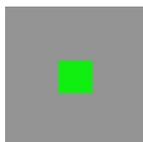


Contraste de saturation

C'est un autre facteur jouant sur notre perception des couleurs. Par une action d'opposition, nous évaluons la vivacité d'une couleur en fonction de la scène environnante. Une même couleur semble plus pâle si elle est entourée de couleurs soutenues que si elle est isolée dans un ensemble globalement fade, passée.

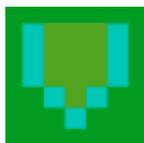


Le carré central paraît être d'un vert plus vif à droite qu'à gauche.

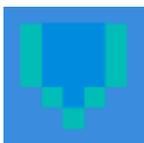


Contraste de teinte

Toujours par action d'opposition, nous estimons la teinte d'une couleur en fonction des teintes environnantes. Un même jaune pourra paraître froid s'il est entouré de couleurs chaudes, et vice-versa.

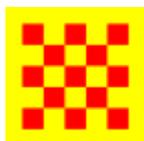


Le "V" de gauche paraît bleu car entourés par des verts, mais à droite, plutôt vert car entouré de bleu.

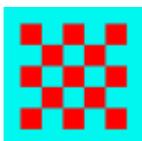


Contraste simultané

Jouant également sur notre perception des couleurs, ce phénomène fait intervenir les couleurs complémentaires. Si nous regardons une teinte, notre oeil "exige simultanément" sa couleur complémentaire. De fait, deux couleurs complémentaires juxtaposées vont se renforcer l'une l'autre.



Le damier rouge ressort plus à droite (sur le cyan, sa complémentaire), qu'à gauche.



Le contraste simultané explique aussi qu'un gris, un blanc ou un noir nous semblent légèrement teintés de la couleur complémentaire à celle qui leur est voisine.



Les rayures grises à gauche semblent froides, bleuâtres. A droite, elles paraissent rosâtres.



L'environnement

Rappelons enfin que la couleur n'est pas une caractéristique *propre* d'un objet. Elle dépend de la qualité de la lumière qui l'éclaire. L'objet ne réagira pas de la même manière à la lumière du soleil et à celle diffusée par un néon. Un papier-peint soigneusement choisi dans un magasin pourra présenter une teinte différente une fois posé dans votre cuisine...

Technique

Une peinture est constituée d'un liant (oeuf, huile) qui contient des éléments solides (pigments et charges) en suspension. On lui ajoute généralement un solvant.

Une peinture se caractérise par son pouvoir opacifiant et son pouvoir colorant.

Les pigments sont d'origine naturelle ou synthétique. Ils sont alors minéraux ou organiques. Oxyde de fer (du jaune au noir) Oxyde de chrome (vert) Oxyde de Titane et oxyde de zinc (blanc) Chromate de plomb, chromate de zinc (jaune)

Pigment : substance à l'état sec, généralement en poudre fine, pratiquement insoluble dans les milieux en suspension usuels, utilisée pour son pouvoir colorant ou son pouvoir opacifiant dans les préparations de peintures ou d'enduits de protection et de décoration.

Le pigment composé est un pigment auquel sont associées des substances auxiliaires pour des raisons techniques : le carbonate de baryum précipité pour améliorer la dispersion des pigments, le silicate d'aluminium colloïdal pour accroître la stabilité physique des peintures. Le pigment métallique est un pigment à base de métaux ou d'alliages, presque toujours obtenu par procédé mécanique (pulvérisation d'alliages, tels que les bronzes spéciaux et de métaux tels que l'aluminium, le zinc, le cuivre, le plomb...) Le pigment en pâte est une pâte obtenue par broyage de pigments avec certains liants de broyage. Le pigment laqué ou laque est obtenu par fixation d'une matière colorante organique, soluble, naturelle ou artificielle, sur un support généralement minéral.

- Egypte: blanc : sulfate de calcium, gypse, plâtre noir : os calciné, charbon de bois jaune : terres naturelles ou brûlées rouge : " brun : " vert : extrait du cuivre bleu : sable+ fleurs de natron+ limaille de cuivre
- Grecs et romains: rouge vermillon, dérivé du plomb massicot " vert de gris terre verte (terre de Verone) laques végétales et animales blanc de céruse
- Peintres médiévaux : pigments stables à base de terre (ocre, jaunes, bruns, rouges) pigments instables à base de plomb (cinabre, minium) ou de soufre et d'arsenic (orpiment) laques végétales et animales lapis-lazuli
- XVIII : chimie des pigments blancs de zinc 1782 bleu de cobalt 1795 outremer artificiel 1828 jaunes de cadmium 1829 vert émeraude 1829 oxydes de chrome 1829 violet de cobalt 1859
- XXème siècle : rouge de cadmium, blanc de titane

3 - Le décodage du cerveau

Dans la nuit du jeudi au vendredi 27 février 2015 une photo postée sur le net avec une question "*Quelle est la couleur de cette robe ?*" a ressuscité le débat des illusions d'optique liées à la couleur. Certains assurent y voir des nuances d'or et de blanc, mais... pas de bleu. Certaines personnes ont d'abord vu la robe d'une couleur puis, quelques heures plus tard, d'une autre. D'abord blanc et or, puis bleu et noir ou l'inverse. A chaque fois, en regardant strictement la même image, sur le même écran. Inutile donc d'invoquer le réglage de l'écran puisque vous pouvez faire l'expérience avec des amis devant cet écran ou un autre.



L'explication de la différence de perception tient probablement au fait que la photo soit surexposée, comme le montre le flash du fond. Certaines personnes corrigent naturellement ce défaut en effectuant une sorte de "balance des blancs" pour déterminer la couleur réelle de l'objet photographié (et voient donc la robe en bleu et noir), tandis que d'autres prennent la photo telle qu'elle est, très surexposée et voient la robe en blanc et or.

Dans leur article des [Décodeurs du Monde](#), Gabriel Coutagne et Alexandre Pouchard ont obtenu une image la plus claire de la robe avec une surexposition accentuée sur un logiciel de retouche (1). Vient ensuite, l'image qui circule sur Internet (2). Vient enfin une version de l'image assombrie (3)



(1)



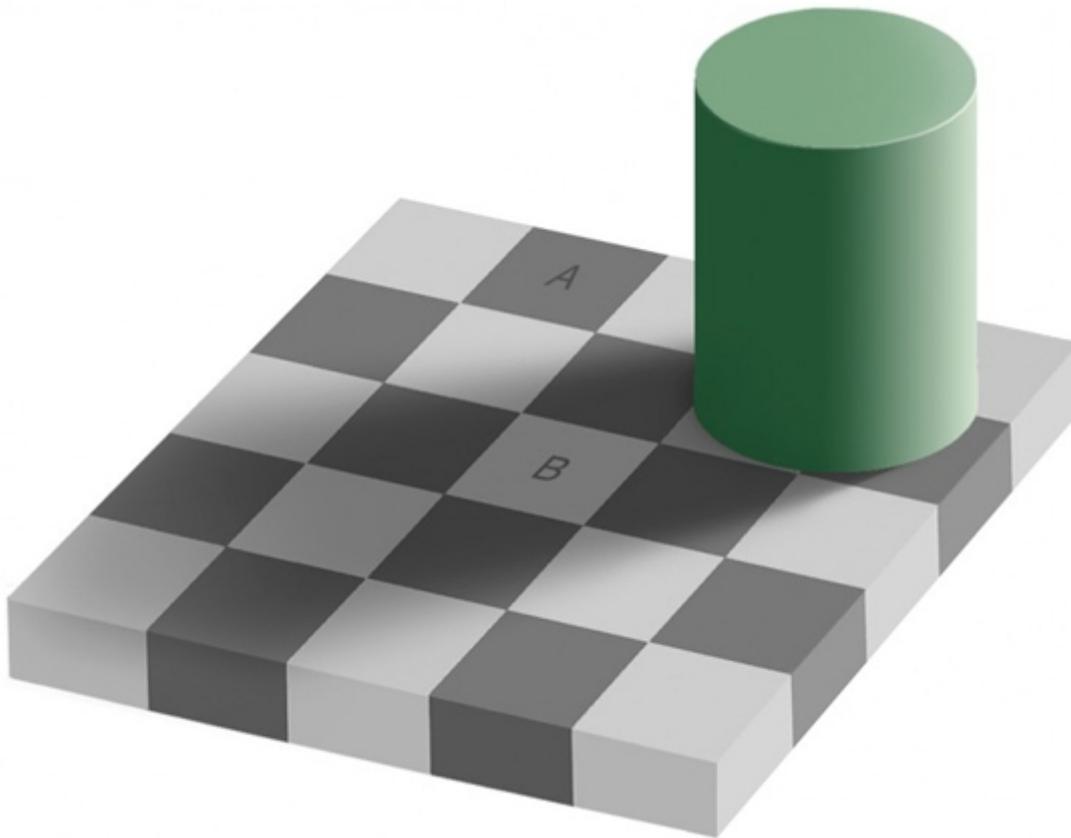
(2)



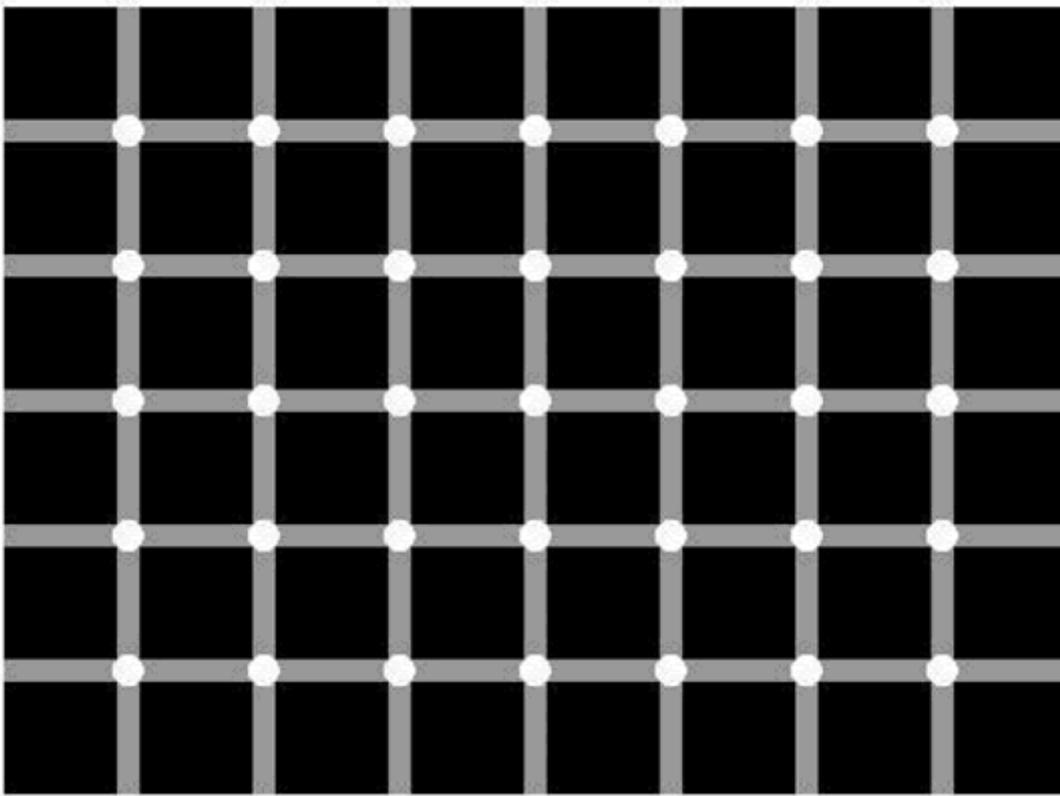
(3)

La photographie de cette robe s'ajoute donc aux quelques illusions d'optiques célèbres recensées dont :

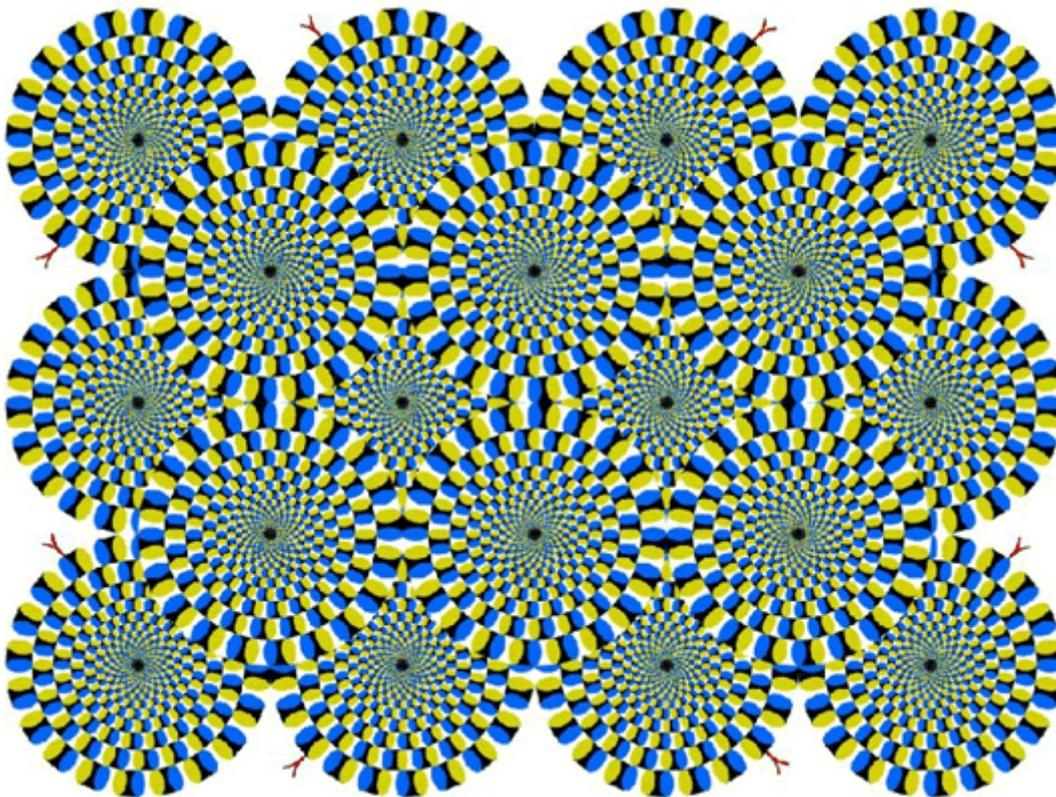
L'échiquier d'Adelson : la teinte grise du carré A est la même que celle du carré B. (A vérifier en faisant deux captures d'écran)



La grille d'Hermann a été découverte il y a plus de 100 ans. Cette illusion d'optique nous fait croire à des taches grises entre les carrés noirs. Ce phénomène est désormais un classique. Le cerveau adapte l'information concernant la luminosité d'une zone en fonction des zones voisines. Le blanc est entouré de plus de noir que les lignes, donc on le voit légèrement gris. En revanche, lorsque l'on regarde fixement une intersection, elle paraît blanche car on fait intervenir les cellules de la fovéa, zone centrale de la rétine, qui, elle, fait beaucoup moins de correction par rapport à l'environnement.



Les roues d'Akiyoshi Kitaoka, professeur de psychologie à l'université de Tokyo. L'agencement des couleurs et des formes donne l'impression d'une image mouvante



Bibliographie :

Site indispensable : pourpre.com



**Ciné-Club
de Caen
Partie
Beaux-Arts**

