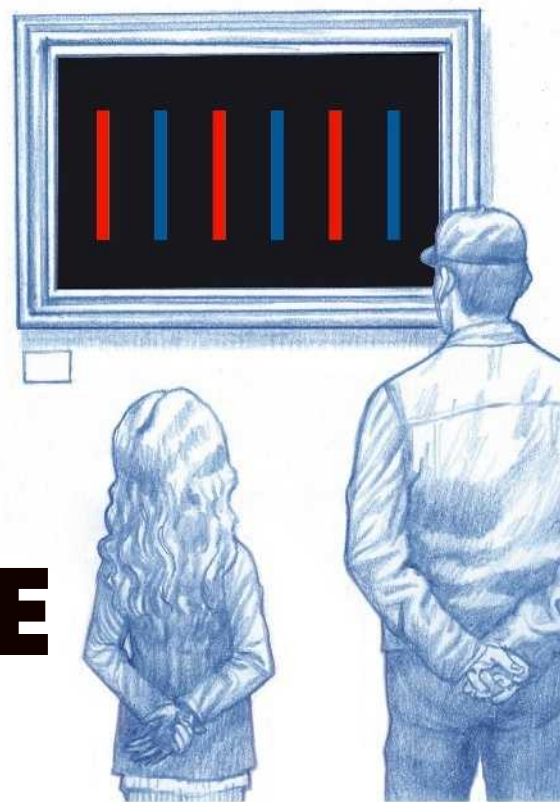


LES AUTEURS



JEAN-MICHEL COURTY et ÉDOUARD KIERLIK
professeurs de physique à Sorbonne Université, à Paris

DE LA PROFONDEUR AVEC DU ROUGE ET DU BLEU



Certaines images colorées, bien que planes, sont perçues comme ayant du relief. L'effet trouve son explication dans les aberrations chromatiques et la physiologie de l'œil humain.

Goethe l'a mentionné dans son *Traité des couleurs* de 1810: quand nous regardons certaines images composées de rouge et de bleu, les parties rouges semblent saillantes par rapport au plan de l'image, tandis que les parties bleues paraissent en creux (voir l'illustration ci-dessus). Cet effet a été utilisé comme procédé pour donner en peinture une impression de profondeur.

L'origine de l'effet est en grande partie physique et tient aux aberrations chromatiques de l'œil, semblables à celles des objectifs photographiques de mauvaise qualité: selon leur couleur, ou plus exactement leur longueur d'onde, les rayons

lumineux ne sont pas déviés de la même façon lorsqu'ils passent de l'air à l'intérieur de l'œil ou de l'objectif.

QUAND LA LUMIÈRE SE DISPERSE

Les aberrations chromatiques résultent de la dispersion de la lumière, observée par exemple lorsqu'un prisme de verre décompose un pinceau de lumière blanche. À chacune des interfaces air-verre, la composante bleue de la lumière est davantage déviée que sa composante rouge. Plus généralement, la lumière émerge du prisme en étant dispersée selon les couleurs de l'arc-en-ciel.

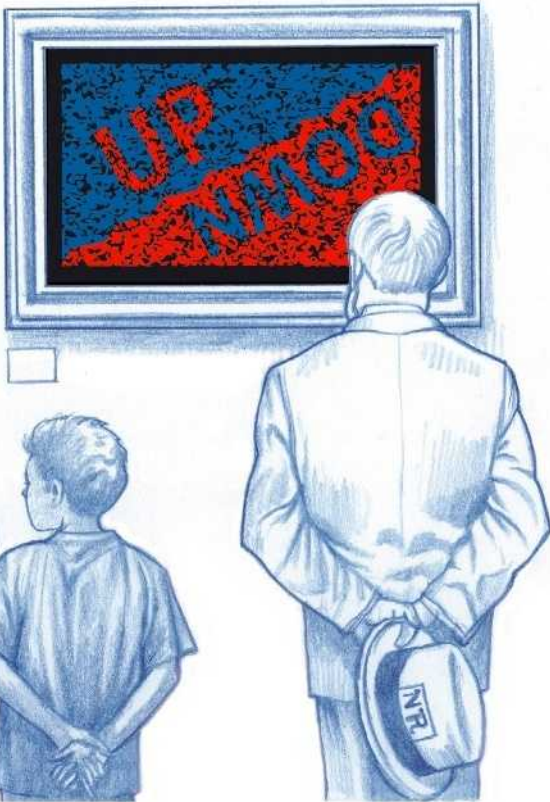
Pour comprendre ce phénomène et être quantitatif, nous avons besoin de

l'indice de réfraction de chaque milieu traversé, rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide et la vitesse de la lumière dans le milieu. Ce nombre caractérise l'intensité de l'interaction de la lumière avec le milieu et dépend de la longueur d'onde lumineuse, et c'est de lui dont dépend directement l'angle de déviation des rayons.

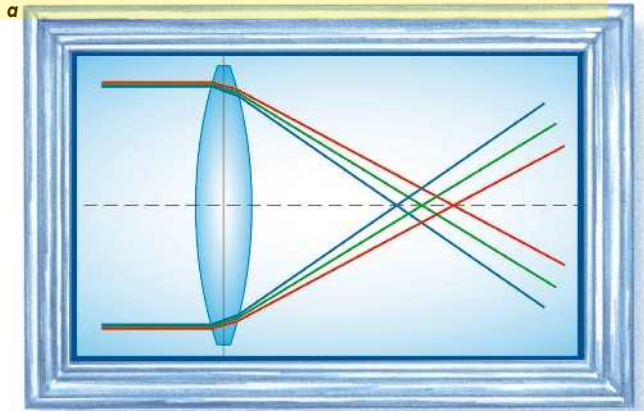
L'air, peu dense, a un indice moyen de 1,0003, proche de 1, et son caractère dispersif est en conséquence faible. Tel n'est pas le cas du verre, comme l'illustre l'expérience avec le prisme, ou, pour notre sujet, de la cornée: l'indice moyen de celle-ci est 1,37, très proche de celui de l'eau (1,33), mais il varie de 0,012 entre la lumière rouge (0,65 micromètre

ABERRATIONS CHROMATIQUES

L'indice de réfraction optique, dont dépend l'angle de déviation des rayons lumineux lorsqu'ils traversent l'interface de deux milieux, varie selon la longueur d'onde. Ainsi, lorsqu'un faisceau de lumière composite traverse une lentille convergente, les rayons se focalisent en des points plus ou moins distants selon leur longueur d'onde, donc selon leur couleur : la partie rouge de la lumière se focalise le plus loin, la partie bleue se focalise le plus près (a). Cette « aberration chromatique » de base a pour conséquence d'autres aberrations de même nature, par exemple du bleu qui, dans une image, bave sur le bord gauche d'un objet et du rouge qui bave sur son bord droit (b).



Les parties rouges des images paraissent saillantes par rapport aux parties bleues. Cet effet est dû aux aberrations chromatiques affectant les rayons lumineux quand ils entrent dans les yeux.



de longueur d'onde) et la lumière bleue (0,45 micromètre de longueur d'onde), aux deux bouts du spectre visible. Selon les lois de Descartes, avec un rayon incident à 45 degrés, on obtient un écart de 0,3 degré entre les rayons réfractés rouge et bleu.

Cet écart est du même ordre de grandeur que la dispersion dans les verres communs. Il paraît faible, mais a pourtant des conséquences pour les systèmes optiques fondés sur la réfraction. Par exemple, une lentille éclairée par un faisceau parallèle de lumière rouge et bleue focalisera la composante bleue en un point plus proche d'elle que la composante rouge (voir l'encadré ci-dessus). Cela signifie que les conditions pour former

l'image nette d'un objet bleu diffèrent de celles requises pour un objet rouge situé à la même distance.

On s'en aperçoit sur certaines photographies réalisées avec des objectifs de piètre qualité. Par exemple, si l'on a réglé l'objectif pour que la composante bleue d'un objet soit nette, alors la composante rouge sera floue et bavera sur le fond. Cet effet est bien visible lorsque la photographie présente des séparations franches entre un objet très clair et un fond sombre, ou inversement : le bord n'est pas net, mais paraît légèrement irisé.

Si l'on s'écarte du centre de l'image, ce qui correspond à des rayons lumineux d'angles d'incidence plus élevés, à l'effet de flou s'ajoute un décalage entre la partie

bleue et la partie rouge de l'image. L'irisation des bords des objets clairs s'accroît donc et on distingue un bord bleu d'un côté et rouge de l'autre !

Les aberrations chromatiques constituent un défaut que l'on peut corriger par des moyens optiques ou numériques, mais les céphalopodes (poulpes, calmars, etc.) l'ont peut-être tourné en avantage. Ces animaux n'ont qu'un seul type de cellules rétinienne et ne voient donc qu'en

Les auteurs ont notamment publié : **En avant la physique !**, une sélection de leurs chroniques (Belin, 2017).

