

RESEARCH OUTPUTS / RÉSULTATS DE RECHERCHE

La Science derrière les couleurs de nos vitraux

Mouchet, Sébastien

Publication date:
2017

Document Version
le PDF de l'éditeur

[Link to publication](#)

Citation for published version (HARVARD):
Mouchet, S 2017, *La Science derrière les couleurs de nos vitraux*.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

La Science derrière les couleurs de nos vitraux d'art

Depuis des milliers d'années, l'être humain a appris à maîtriser les techniques de production des verres colorés nécessaires à la conception de vitraux d'art qui ornent encore de nos jours de nombreux édifices. Au-delà de leur harmonie et de leur beauté, ces chefs-d'œuvre nous invitent également à comprendre les origines des couleurs qu'ils arborent.

Une condition nécessaire à la couleur est la présence de lumière. Cette dernière peut être représentée par une onde similaire aux vagues se propageant sur une surface d'eau. La lumière est une onde dite *électromagnétique*. Cela signifie que la grandeur qui oscille n'est pas une masse d'eau mais des champs électriques et magnétiques.

Lorsque de la lumière blanche visible traverse un vitrail, elle interagit avec le contenu de ce vitrail. Si des pigments sont présents dans le volume ou en surface du verre, ces molécules absorbent de façon sélective une partie de la lumière visible, donnant au vitrail sa couleur. Par exemple, la présence de certains oxydes de cuivre ou de fer confère au verre une coloration verdâtre. Des oxydes de cobalt ou des carbonates de cobalt donneront lieu à des colorations bleutées. Pour ce faire, les électrons liés à ces molécules absorbent une partie de l'énergie de la lumière qui traverse le vitrail. Ce phénomène est appelé *excitation électronique*. Ce mode de coloration est très répandu et est à l'origine des couleurs de la peau, des cheveux, des feuilles d'arbres ou de la majorité des textiles.

A côté de ce phénomène chimique, existe aussi un phénomène physique. En effet, dans de nombreux vitraux, sont également incorporées ce que l'on nomme des *nanoparticules métalliques*. Comme leur nom l'indique, ces particules sont faites de métal, par exemple, du cuivre, de l'or ou de l'argent, et sont très petites. Leurs tailles avoisinent quelques dizaines de *nanomètres*. Une façon de se rendre compte de leurs dimensions est de réaliser que si une balle de tennis avait la taille de Jupiter, ces nanoparticules auraient les dimensions de balles de tennis. De plus, comme tous métaux, elles sont des *conducteurs électriques*. Des électrons se déplacent librement dans ces matériaux. La lumière, en interagissant avec ces structures, induit des oscillations collectives de ces électrons libres aux interfaces entre les nanoparticules et le verre dans lequel ces dernières sont incrustées. Ces oscillations sont également des ondes, nommées *plasmons de surface*. La lumière blanche, en excitant la propagation de ces ondes, perd une partie de son énergie, donnant lieu à de la couleur. La coloration produite est fonction du métal composant les nanoparticules – par exemple, le cuivre, l'or et l'argent sont généralement associés respectivement aux colorations rouge, pourpre et jaune – mais également des propriétés optiques du verre, de la taille et de la forme des nanoparticules. A la différence des couleurs pigmentaires, l'intensité de ce type de colorations dépendra beaucoup plus fortement de la direction de la lumière et de l'angle sous lequel le vitrail est observé. Ceci explique aussi, en partie, les changements de couleur qu'un même vitrail présente au cours d'une journée.

Finalement, l'apparence « dépolie » de certains vitraux est due à la présence de désordre au sein du verre : ces particules, notamment, ainsi que d'infimes aspérités peuvent donner lieu à la *diffusion* de la lumière dans des directions différentes de celle de la lumière lorsqu'elle rentre dans le vitrail.

La combinaison de différents pigments et nanoparticules au sein d'un même verre multiplie les possibilités d'effets en termes de couleur. S'il a fallu attendre le début du XX^{ème} siècle pour que la science vienne expliquer l'origine plasmonique des couleurs des vitraux, les maîtres-verriers ont, quant à eux, affiné leur maîtrise de cet art depuis des millénaires.

A l'heure actuelle, de nombreuses recherches sont menées afin d'utiliser les propriétés des plasmons dans le but de développer des systèmes optiques novateurs tels que des microprocesseurs, des cellules solaires ou des capteurs chimiques et biologiques.

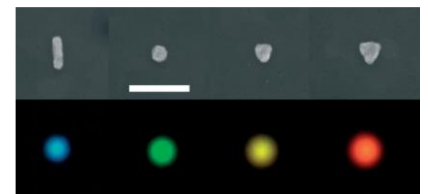
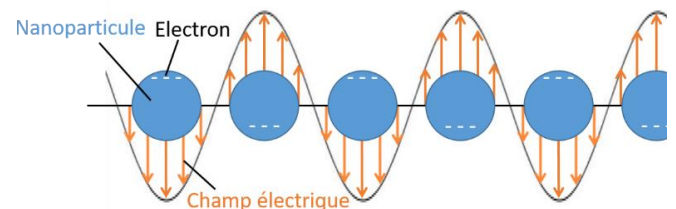
Pour en apprendre plus :

Colomban, P., *Nanoparticules et couleur, une tradition millénaire*, *Photoniques* H.S. 1, 37-41, 2015.

Stockman, M. I., *Nanoplasmonics : The physics behind the applications*, *Physics Today* 64, 39-44, 2011.



Vitrail de l'église Saint-Martin de Morialmé Tours, coupant son manteau pour le partager avec un pauvre. Avec la permission de Robert Mouchet.



Les couleurs produites par des nanoparticules sont influencées par leurs formes et leurs tailles. Dans ce cas-ci, des nanoparticules d'or de différentes formes – barre, disque et deux triangles de tailles différentes (de gauche à droite) – déposées sur un substrat de verre couvert de 20 nm d'oxyde d'indium-étain sont observées par microscopie électronique (rangée supérieure) et microscopie optique (rangée inférieure). Echelle : 300 nm. Reproduction de Murray, W.A., Barnes, W.L., *Plasmonic Materials*, *Advanced Materials* 19, 3771-3782, 2007 ; avec la permission de John Wiley and Sons.

Dr Sébastien Mouchet
Université d'Exeter, R.-U.
Université de Namur, Be
F.R.S.-FNRS