

6 juin 2025

Assemblée
Générale de
l'ASBL
CSL Liège

23 septembre 2025

Réunion de
l'Organe
d'Administration
CSL Liège

**Octobre
2025**

13 - 14 novembre
2025

Janvier - février
2025

Formations
Sécurité laser

NEWSLETTER 11 -

OLO, une couleur que l'on n'avait jamais vue... réalité ou illusion ?

[version courte d'un article disponible sur ORBI-ULiège : <https://hdl.handle.net/2268/335269>]

« **Une couleur jamais vue révélée par un faisceau LASER dans l'œil** »¹, article paru dans *le Monde – Sciences, Réalités biomédicales* du 24 avril 2025, lui-même résumé d'un article original² publié dans *Science Advances – Cognitive Neuroscience* du 18 avril 2025. Les auteurs appellent cette (super)couleur « **olo** ». Diverses revues et media ont « emboîté le pas », le plus souvent sans trop de précision ni expliquer de quoi il s'agit effectivement, juste de quoi intriguer « *Monsieur Tout-le-Monde* », voire peut-être entretenir un « certain degré de mystère » auprès du grand public ?

« **Une couleur que l'on n'avait jamais vue** », titre quelque peu racoleur ! Mais que signifie effectivement cette affirmation ? A-t-on « créé » une « nouvelle couleur » ou existait-elle et on ne l'avait jamais vue ? Autrement dit : peut-il exister des couleurs visibles que l'on n'a jamais vues, **hors du gamut humain**, hors de l'espace colorimétrique de l'œil humain³ ? Et comment a-t-on pu voir la couleur « **olo** » ... du moins cinq personnes à ce jour ?

Preliminaires⁴

Lorsqu'on aborde des « questions » de photo-colorimétrie, il importe toujours de se souvenir que **la couleur n'est pas une grandeur physique**, elle ne peut pas être représentée par un nombre suivi d'une unité. **C'est une sensation** créée par notre cerveau à partir des informations photoniques reçues par les capteurs photosensibles qui tapissent les rétines de nos yeux, les bâtonnets et les cônes. Les premiers sont principalement sensibles à la luminosité mais ne distinguent pas les couleurs, ils sont responsables de la *vision scotopique* (nocturne). Les seconds sont sensibles aux couleurs et responsables de la *vision photopique* (diurne). Il en existe trois types nommés L, M et S, ayant respectivement leurs maxima de sensibilité dans le rouge, le vert et le bleu. Notons que leurs spectres de sensibilité respectifs peuvent se superposer. Ils sont à la base du *principe de la trichromie* suspecté par Newton au 18^e, initié par Young au début du 19^e, codifié par Maxwell et diffusé par Helmholtz dès le milieu du 19^e. *Il faut trois nombres pour « quantifier » une couleur*, usuellement un terme *photométrique* exprimant la « luminosité » de l'échantillon, et deux termes de *chrominance* exprimant la teinte et ses nuances.

Dès le début du 20^e, la **CIE** (*Commission Internationale de l'Éclairage*) entreprend de « codifier » la représentation quantifiée des couleurs et propose le système **RGB-1931** : le mélange de trois couleurs fondamentales convenablement choisies (le mélange de deux ne peut pas produire la troisième), soit une radiation monochromatique rouge, une verte et une bleue, et adéquatement « dosées » peut reproduire toutes les teintes. Il est immédiatement remplacé par le système **XYZ-1931** « plus pratique à l'usage ». X, Y et Z sont des combinaisons analytiques des quantités R, G et B. Une autre approche, *plus physiologique*, consiste à mesurer les contributions d'une teinte donnée (luminosité et couleur) au niveau de chacun des trois types de cônes : c'est le système **LMS**. On le confond souvent avec le RGB et le XYZ alors qu'ils sont conceptuellement nettement différents.

Il est possible de passer de l'un à l'autre mais l'établissement de matrices de transfert peut s'avérer complexes. La CIE fournit des tables ad hoc en fonction des cas considérés.

**Laser et applications
en sciences des matériaux,
en métrologie, dans la recherche spatiale et
dans l'industrie**

Université de Mons
Bâtiment Science des Matériaux
Salle Claudine Hermann



Membre de l'EOS (European Optical Society)

c/o Centre Spatial de Liège — Parc Scientifique du Sart-Tilman
Avenue du Pré Aily — B-4031 ANGLEUR - Belgium — Tél. +32 (0)4/382 46 00
www.promoptica.be

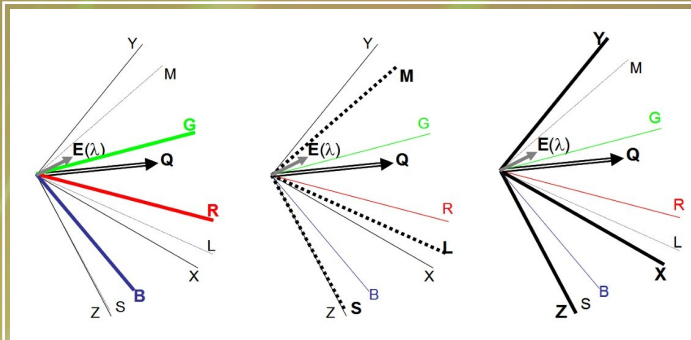


Figure 1 : Représentation de la couleur Q et d'un rayonnement monochromatique $E(\lambda)$ dans les espaces colorimétriques RGB, LMS et XYZ.

La figure est reproduite en trois exemplaires pour accentuer les trois axes de chaque espace. La représentation plane rend difficilement compte de la structure tridimensionnelle de chaque espace.

Commentaires

La lecture de l'article original révèle que le but de l'équipe est ailleurs. Les auteurs tentent de vérifier si le cerveau humain réagit de la même manière à un éclairage monochromatique (en l'occurrence vert) agissant « normalement », c'est-à-dire éclairant en même temps les trois types de cônes rétinien (L – principalement sensibles au rouge, M – au vert, et S – au bleu), et au même éclairage « spécifiquement adressé » à un seul type de cône (en l'occurrence les cônes M dont le maximum de sensibilité est situé dans le vert) ?

Cinq « patients volontaires » ont été soumis aux deux types d'éclairages délivrés par une **plate-forme** très sophistiquée, baptisée **Oz**, qu'ils ont mise au point pour permettre de sélectionner et d'éclairer (quasi-)uniquement le seul type de cônes rétinien M. Séparément, ils ont subi le même éclairage monochromatique mais adressé simultanément aux trois types de cônes. La même plate-forme permet de collecter et traiter les résultats perçus par les cobayes. Son fonctionnement est basé sur un « **ophtalmoscope à balayage** » associant l'imagerie OCT (Optical Coherence Tomography) avec l'optique adaptative (AO), enrichi de plusieurs composants de haute précision, notamment divers LASERS et autres sources pilotables.

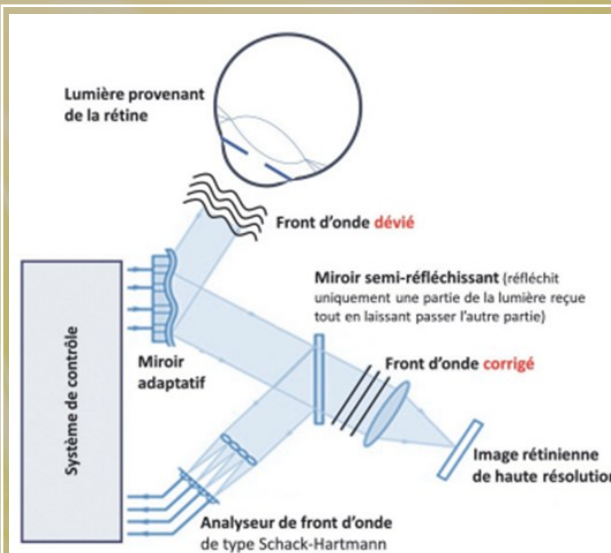


Figure 2 : Fonctionnement de l'optique adaptative couplée à un système d'imagerie rétinienne

La correction des aberrations optiques de l'œil par optique adaptative vient de l'astronomie, précisément du problème posé par la dégradation des images des corps célestes recueillies après la traversée de l'atmosphère. L'OA consiste à interposer un dispositif dynamique pour la correction de ces aberrations optiques perpétuellement changeantes ce qui augmente considérablement la résolution des images.

Couplée à une caméra infrarouge, elle permet une analyse microscopique de la rétine à l'échelle cellulaire, donnant accès à la visualisation des photorécepteurs. Par ailleurs, l'utilisation de l'optique adaptative en imagerie rétinienne a permis d'explorer les mécanismes de la perception colorée par la mosaïque trichromatique des cônes fovéaux.

<https://www.gatinel.com/wp-content/uploads/2010/01/Optique-adaptative.pdf>

Membre de l'EOS (European Optical Society)

Octobre
2025

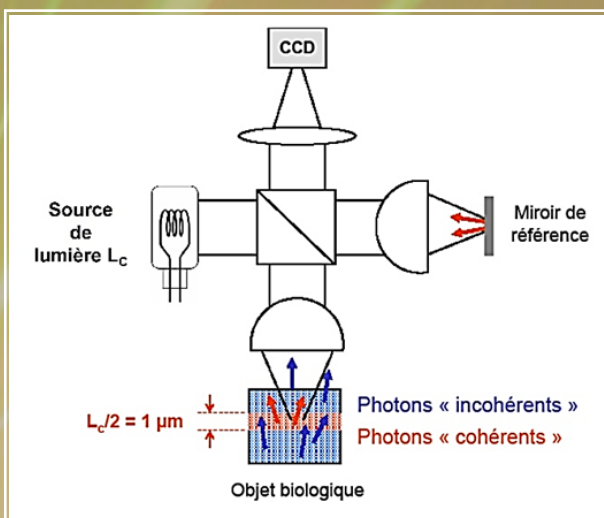


Figure 3 - OCT : schéma de principe

L'OCT fait partie des techniques de pointe permettant d'atteindre une résolution subcellulaire, elle est basée sur la discrimination par cohérence de la lumière. Elle permet d'imager un plan (sélectionné par le degré de cohérence) à l'intérieur d'un volume tridimensionnel notamment dans un milieu biologique. C'est le cas de la rétine. La faible cohérence de la source optique utilisée en configuration d'interféromètre, permet d'imager des tranches fines du matériau analysé et d'obtenir une vue de face. La profondeur d'imagerie est ajustée par le bras de référence.

<https://www.researchgate.net/publication/232175518> <https://doi.org/10.1172/JCI174951>

Les chercheurs ont déterminé les coordonnées LMS de "olo" en utilisant un protocole de color matching rigoureux combiné à une stimulation ciblée des cônes rétiens. Les **caractéristiques perceptuelles de "olo"** incluent une teinte bleu-vert, extrêmement saturée, d'une saturation jugée "au-delà de tout ce que nous connaissons" par les patients, notamment le Pr Ng de l'Université de Californie, co-auteur de l'étude.

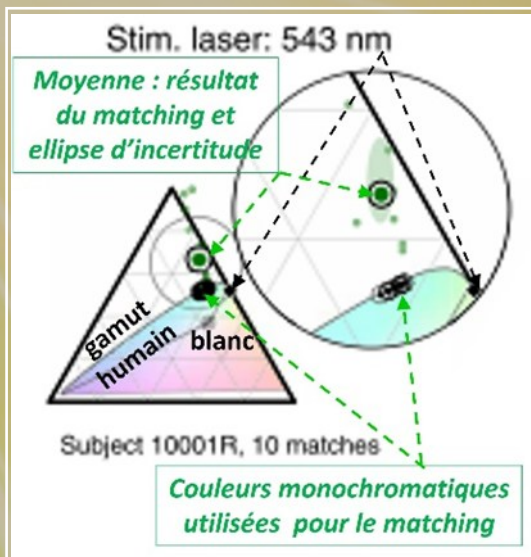


Figure 4 - ci-contre : Exemple de résultat traité

Le triangle de chromaticité LMS montre le gamut naturel de la vision humaine, la gamme du système de couleurs correspondant et son point blanc, ainsi que la « correspondance » de couleurs, pour le sujet traité, avec la longueur d'onde de stimulation indiquée (543 nm). La figure ci-contre est extraite de la référence 2.



Figure 5 - ci-dessus : Échantillon de teinte olo désaturée fourni par le Pr Ng (un des patients)

Bien que générée expérimentalement par un LASER vert à 543 nm, ce n'est pas cette longueur d'onde qui définit « olo » mais la manière dont elle est adressée uniquement à des cônes M. Les longueurs d'onde monochromatiques correspondantes, perçues, 501 à 512 nm, sont des teintes « bleu sarcelle (turquoises) » sursaturées. « Olo » est une couleur métamérique⁵, hors du gamut humain, née d'un « piratage » de la rétine et non d'une onde lumineuse naturelle. Elle reste invisible sans aide technologique ! Quand la stimulation est perturbée, par exemple en « jittant » le point de stimulation pour qu'il touche un cône voisin, différent, la couleur perçue s'effondre et « revient au vert caractéristique du LASER ». En effet, sous exposition normale, toute lumière qui active les cônes M active aussi des cônes L et/ou S car leurs spectres se chevauchent au moins partiellement.

Membre de l'EOS (European Optical Society)

c/o Centre Spatial de Liège — Parc Scientifique du Sart-Tilman
Avenue du Pré Aily — B-4031 ANGLEUR - Belgium — Tél. +32 (0)4/382 46 00
www.promoptica.be

Octobre
2025



L'évolution du principe **Oz** laisse entrevoir des perspectives époustouflantes mais aussi des défis techniques vertigineux... et énormément de questionnements. Le procédé pourrait ouvrir de nouvelles voies pour les sciences de la vision et les neurosciences auxquelles il offre une plate-forme expérimentale originale. Il permettrait d'explorer la plasticité cérébrale du système visuel humain comme l'exploration de nouvelles dimensions de la vision des couleurs, d'en améliorer la compréhension et d'être utilisé pour restaurer une perception des couleurs chez les daltoniens ou même pour créer une « vision tétrachromatique » (ajout d'un quatrième type de cône comme chez la plupart des oiseaux).

Il est évident qu'un tel sujet ne pouvait pas rester sans critiques, et elles n'ont pas tardé ! La plupart sont pertinentes mais on notera qu'à ce jour, aucune revue scientifique à comité de lecture n'a publié de réponse formelle signée sous la forme d'un article traditionnel.

In fine, considérant les résultats expérimentaux exposés dans l'article, il semble que le cerveau réagirait différemment selon le type d'éclairement reçu par la rétine, global ou sélectif. Il faudrait donc explorer le processus en multipliant les expériences du genre. Mais... « Ne fleurte-t-on pas avec la limite entre science et science-fiction » ?

Annexes

- ◇ Les appellations « **Olo** » et « **Oz** » ont des origines externes au « monde scientifique ».
- ◇ « **Olo** » est un clin d'œil à la stimulation spécifique des cônes M par la lumière verte dont les coordonnées sont (0, 1, 0) dans le système colorimétrique LMS, qui sont devenues **O**, **L**, **O** dans les échanges entre les membres de l'équipe.
- ◇ « **Oz** » fait référence au livre « *Le Magicien d'Oz* » (1901) et aux films éponymes (1939 et al.) dont l'intrigue se déroule dans la Cité d'Émeraude, capitale du pays d'Oz, baignant dans une atmosphère verte intense. Le vert devient ainsi emblématique de cet univers, représentant la magie, l'illusion et un monde au-delà de la réalité ordinaire.

Yvon Renotte, Dr Sci., enseignant-chercheur honoraire de l'Université de Liège
 Past-prof invité, co-fondateur du HOLOLAB, Dépt. AGO (Astrophysique)
y.renotte@uliege.be - <https://orbi.uliege.be/profile?uid=p041181> -
www.linkedin.com/in/yvon-renotte-54a91a13
 English version available at : <https://hdl.handle.net/2268/335269>

Références :

- [1] Marc Gozlan, *Une couleur jamais vue, révélée par un faisceau laser dans l'œil*, Le Monde – 28 avril 2025, https://www.lemonde.fr/realites-biomedicales/article/2025/04/24/une-couleur-ja-mais-vue-revelee-par-un-faisceau-laser-dans-l-il_6599685_6579630.html
- [2] James Fong, Hannah K. Doyle, Congli Wang, Alexandra E. Boehm, Sofie R. Herbeck, Vimal Prabhu Pandiyan, Brian P. Schmidt, Pavan Tiruveedhula, John E. Vanston, William S. Tuten, Ramkumar Sabe-san, Austin Roorda, Ren Ng, *Novel color via stimulation of individual photoreceptors at population scale*, Sci. Adv. **11**, eadu1052 (18 April 2025), 11 pages.
- [3] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Gamut>
- [4] Yvon Renotte, *La couleur, une question simple ?* <https://hdl.handle.net/2268/258726> ; *Il n'y a pas de couleur sans lumière . . . mail il y a couleurs . . . et couleurs*, Document pédagogique (2024), 17 pages ; PromOptica Newsletter 7, novembre 2024, 3 pages ; <https://hdl.handle.net/2268/323862>
- [5] Günter W. Wyszecki, *Evaluation of metameric colors*, J. Opt. Soc. Am., 48 (7) (1958), 451–454 ; *Correlate for brightness in terms of CIE chromaticity coordinates and luminous reflectance*, J. Opt. Soc. Am., **57** (2) (1967), 254–257 ;
https://fr.wikipedia.org/wiki/Couleur_m%C3%A9tam%C3%A8re#:~:text=Deux%20couleurs%20m%C3%A9tam%C3%A8res%20ou%20homochromes,qui%20arrive%20%C3%A0%20l'%C5%93il.

Membre de l'EOS (European Optical Society)

c/o Centre Spatial de Liège — Parc Scientifique du Sart-Tilman
 Avenue du Pré Aily — B-4031 ANGLEUR - Belgium — Tél. +32 (0)4/382 46 00
www.promoptica.be