

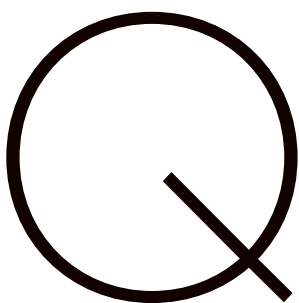
L'AUTEUR



LOÏC MANGIN
rédacteur en chef adjoint
à Pour la Science

OÙ SE CACHE LE TRIFLUOROMÉTHYLE ?

Un artiste-plasticien rend hommage à un nouveau type de réaction chimique, respectueux de l'environnement, qui aidera à préparer des composés inédits comportant un groupe trifluorométhyle, souvent intéressant en pharmacologie.



u'ont en commun l'antidépresseur Prozac, l'antipaludéen Lariam, l'anti-VIH Sustiva... ? Outre leur effet dirigé contre quelque chose, leurs principes actifs (respectivement fluoxétine, méfloquine, éfavirenz et fipronil) sont tous dotés d'un groupe chimique trifluorométhyle (CF_3). À la liste précédente, on aurait pu ajouter un autre « produit » qui partage cette particularité : une œuvre récente (voir page ci-contre) de Patrick Barrès, enseignant-chercheur au Laboratoire de recherche en audiovisuel – savoirs, praxis et poétiques en art, à l'université de Toulouse ! Où est le trifluorométhyle ?

Tout commence dans les laboratoires de Géraldine Masson, de l'Institut de chimie des substances naturelles, à l'université Paris-Saclay, et celui d'Emmanuel Magnier, de l'institut Lavoisier, à l'université de Versailles-Saint-Quentin. Avec leurs collègues, ils ont récemment mis au point une méthode de synthèse de composés trifluorométhylés, à l'aide de réactions plus respectueuses de l'environnement.

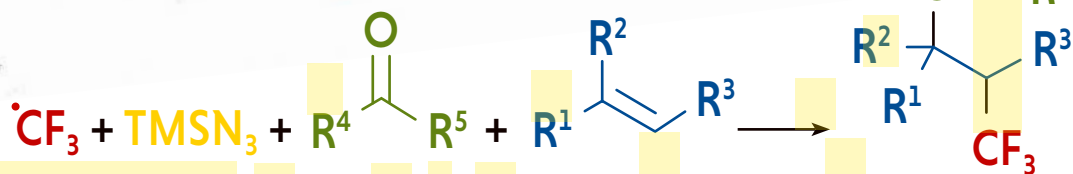
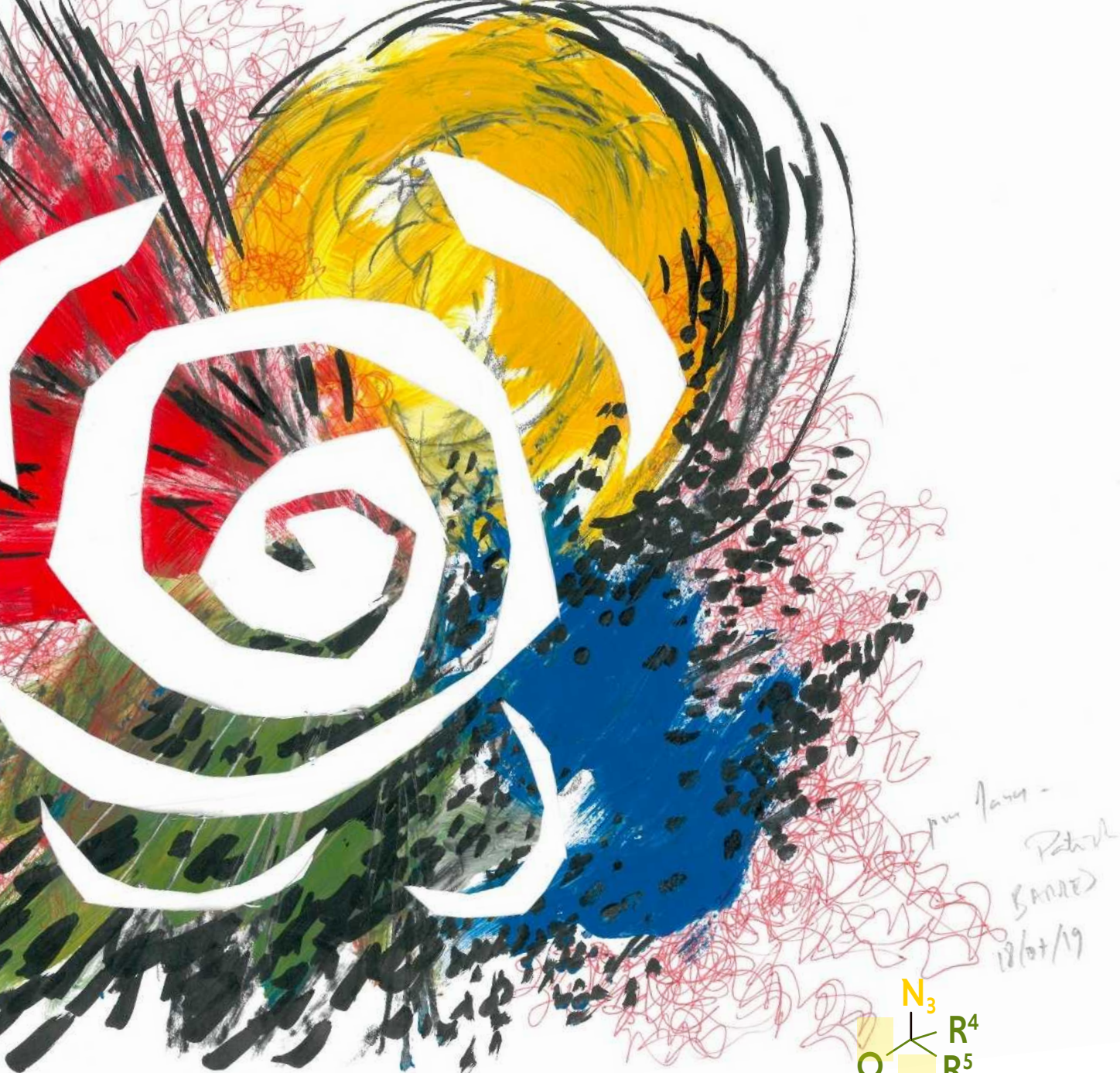
La piste suivie est celle de la photocatalyse d'oxydo-réduction dont l'un des pionniers fût, au début des années 1980, par Alain Deronzier, de l'université de Grenoble. L'idée est d'utiliser un photocatalyseur qui, éclairé, passe dans un état excité et peut alors donner ou recevoir un électron et ainsi démarrer une réaction, voire plusieurs, et dans le cas qui nous intéresse un processus dit « radicalaire » (un seul électron est engagé).

Patrick Barrès s'est emparé du résultat des chimistes et a souhaité le représenter symboliquement. De fait, les quatre zones colorées correspondent à autant de

réactifs mis en jeu : des alkènes, c'est-à-dire des molécules carbonées à double liaison (*en bleu*) ; un composé carbonylé, comportant une double liaison entre un atome de carbone et un d'oxygène (*en vert*) ; le triméthylsilyl azide $(\text{CH}_3)_3\text{SiN}_3$, noté TMSN_3 (*en jaune*) ; enfin, le réactif d'Umemoto qui apporte le groupe trifluorométhyle (*en rouge*). La spirale découpée brouille les cartes et, en apportant une dynamique à l'œuvre, renvoie à la réaction elle-même. Quelle est-elle ?

Grâce au photocatalyseur, ici le $[\text{Ru}(\text{bpy})_3(\text{PF}_6)_2]$, le rouge et le bleu s'associent, le jaune et le vert font de même, et





les deux paires interagissent enfin pour former le composé recherché (voir la formule ci-dessus). Tous les réactifs sont réunis en une seule fois, la réaction étant dépendante d'une part de la quantité de chacun et, d'autre part, de leur réactivité.

Pour optimiser le résultat, on utilise une lumière adaptée au photocatalyseur, en l'occurrence du bleu pour le ruthénium (Ru). Les conditions requises sont plutôt douces, sans chauffage, et les produits utilisés sont peu toxiques (on utilisait auparavant des réactifs à base d'antimoine, beaucoup plus nocif). Au final, la production de déchets est limitée

au maximum et le coût énergétique notablement réduit.

Revenons à l'œuvre. L'artiste précise: «L'ensemble s'articule autour d'un nœud, défini comme le sujet de la peinture et comme une métaphore de la fusion des éléments sous l'effet de la réaction photocatalysée.» Divers systèmes graphiques, comme les hachures, les taches éparpillées, l'enchevêtrement de lignes fines... ajoutent un effet vibratoire empêchant l'œil d'accommoder et que d'aucuns, chimistes en premier lieu, pourraient rapprocher des vibrations qui agitent toute molécule, notamment lors d'une réaction.

Mais on ne doit pas y voir, Patrick Barrès insiste, une représentation figurative de ce qui se passe dans les récipients des chimistes. Tout n'est qu'évocation, suggestion... une vraie (al)chimie douce qui n'a rien contre quoi que ce soit. ■

G. Levitre et al., *Org. Lett.*, vol. 21(15), pp. 6005-6010, 2019.



L'auteur a publié:
**Pollock, Turner, Van Gogh,
Vermeer et la science...**
(Belin, 2018)

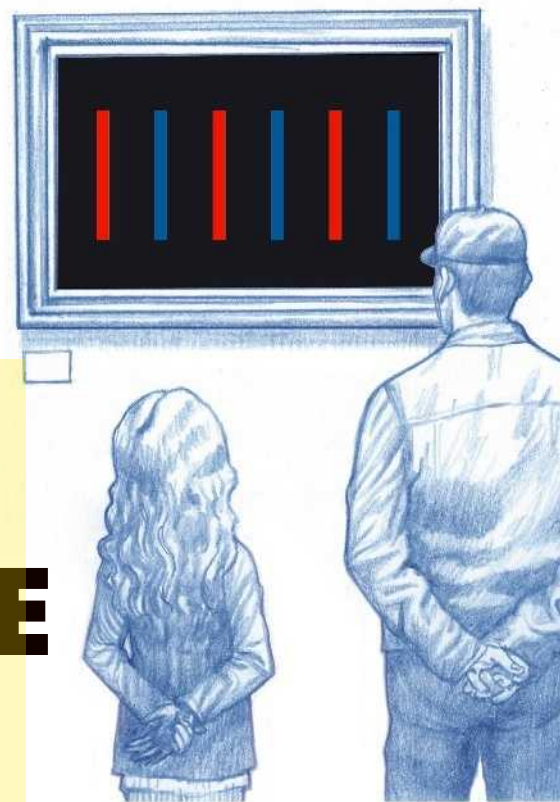
LES AUTEURS



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