

signaux sensoriels, la mémoire, le langage et d'autres processus cérébraux, tout en augmentant l'activité dans le lobe temporal antérieur droit.

Aucun participant n'a pu résoudre l'énigme avant stimulation, ni aucun des 29 sujets ayant été exposés à une stimulation simulée, sorte de placebo. Or 40 % des participants (14 sur 33) ont réussi à résoudre le problème après avoir été stimulés par tDCS. Comment une personne peut-elle subitement améliorer ses performances cognitives sous l'effet d'une simple stimulation électrique du cerveau ? Parce que ces savants « instantanés » – tout comme les « savants » congénitaux ou devenus tels après un accident – « savent des choses » de façon innée, sans les avoir jamais apprises. Ainsi, Alonzo Clemons, le sculpteur, n'avait jamais suivi de formation artistique, mais il savait instinctivement sculpter un cheval en mouvement.

L'hypothèse que ces réservoirs de capacités et de connaissances soient hérités d'une façon ou d'une autre constituerait une explication plausible. Nous ne commencerions pas notre vie avec une « ardoise » vide sur laquelle s'inscriraient ensuite les enseignements de notre éducation et des autres expériences de la vie. Plus vraisemblablement, le cerveau serait dès le début doté d'un ensemble de prédispositions aptes à traiter ce qu'il voit ainsi que les « règles » de la musique, de l'art ou des mathématiques. Les savants puiseraient dans ce savoir hérité beaucoup plus efficacement que le sujet moyen.

Comment devenir un génie ?

Le fait que ces talents puissent émerger plus tard dans la vie soulève une question passionnante : chacun de nous a-t-il la capacité de devenir un savant sans avoir à subir les affres d'une lésion cérébrale ou d'une démence ? Comment libérer nos aptitudes innées, mais cachées ?

Le moyen le plus évident serait d'utiliser la stimulation tDCS, ou une technique voisine qui s'effectue de façon répétitive.

Le syndrome du savant acquis

suggère que nous avons tous un potentiel cérébral inutilisé

■ BIBLIOGRAPHIE

D. A. Treffert et D. L. Rebedew, **The savant syndrome registry : A preliminary report**, *Wisconsin Medical Journal*, vol. 114(4), pp. 158-162, 2015 (<http://bit.ly/1Jh07vn>).

J. Padgett et M. Seaberg, **Struck by Genius : How a Brain Injury Made Me a Mathematical Marvel**, Houghton Mifflin Harcourt, 2014.

R. P. Chi et A. W. Snyder, **Brain stimulation enables the solution of an inherently difficult problem**, *Neurosci. Lett.*, vol. 515(2), pp. 121-124, 2012.

D. A. Treffert, **Islands of Genius : The Bountiful Mind of the Autistic, Acquired, and Sudden Savant**, Jessica Kingsley Publishers, 2010.

Cette sorte de « bonnet à penser » servirait d'interrupteur sur différentes régions cérébrales pour augmenter la capacité créative. La solution technique pourrait cependant ne pas être une condition préalable obligatoire. On sait que la méditation ou la pratique assidue d'une activité artistique peut accroître l'activité de notre cerveau droit, plus créatif, permettant d'explorer des aptitudes artistiques cachées.

À mesure que les chercheurs explorent le cerveau, ils pourraient mieux comprendre ce qui se passe lorsque les circuits cérébraux « s'allument » ou « s'éteignent ». De nouvelles techniques d'imagerie du cerveau pourraient se révéler utiles. Aujourd'hui, l'IRM (imagerie par résonance magnétique) de diffusion et la tractographie par IRM de diffusion permettent déjà de cartographier *in vivo*, en trois dimensions, le trajet des fibres nerveuses et leurs connexions, révélant la complexité des circuits dans le cerveau humain. Qui sait, ces techniques permettront peut-être aux chercheurs d'établir des corrélations entre l'activité cérébrale et l'apparition d'aptitudes nouvelles...

Il est évidemment très difficile d'observer le cerveau d'un individu pendant qu'il effectue une tâche créative. Essayez seulement de jouer du piano ou de sculpter dans une machine à IRM ! D'autant que tout mouvement compromet la précision de l'image. Une technique plus récente, la spectroscopie proche infrarouge ou oxymétrie cérébrale (ou NIRS, pour *near-infrared spectroscopy*), pourrait éviter ces problèmes. Elle mesure la quantité d'oxygène dans les vaisseaux sanguins qui irriguent le cerveau et traite les informations sous forme d'images. Encore plus prometteur, un casque récemment développé utilise la technique de tomographie par émission de positrons (TEP) pour suivre l'activité cérébrale d'une personne assise, debout ou en train de faire de l'exercice.

Ces études valent la peine d'être poursuivies. Le syndrome du savant acquis apporte des arguments solides suggérant que nous avons tous un potentiel cérébral inutilisé. La gageure consiste maintenant à trouver les meilleurs moyens d'exploiter nos capacités savantes intérieures – ce petit quelque chose qu'avait Rain Man – tout en conservant intact le reste de nos facultés mentales. ■

Le tapirage

l'art de personnaliser son oiseau

Serge Berthier

Plumez un perroquet vert vivant, enduisez-le d'une substance particulière... Après la repousse, vous obtenez un oiseau au plumage jaune-rouge. Telle est la recette du tapirage, une pratique amazonienne qui risque de disparaître – avec ses secrets.

L'homme ne s'est sans doute jamais autant tourné vers la nature pour y puiser son inspiration scientifique ou technique qu'aujourd'hui, où elle est en grand danger. On peut exploiter directement ses inventions, comme ces molécules, souvent d'origine végétale, qui interviennent dans nos médicaments. On peut aussi s'en inspirer pour développer de nouveaux systèmes, de nouveaux matériaux. Les nanostructures que l'on trouve chez les insectes constituent ainsi une importante source d'idées en photonique, avec des applications directes en optique.

Ces découvertes bio-inspirées, dont certaines, tel le Velcro, sont à l'origine de colossales réussites industrielles, ne doivent pas faire oublier ces peuples qui, dans les

endroits les plus sauvages et les plus reculés de la planète, vivent de et dans la nature, et ont développé des techniques que nous sommes encore loin de comprendre ou tout simplement de reproduire. Le tapirage en est une.

Mot d'origine incertaine, peut-être dérivé du créole «tapi» signifiant rouge, «tapirage» recouvre l'ensemble des processus permettant de modifier les couleurs des plumes d'oiseaux vivants, et ce de manière définitive. Autrefois répandu dans l'ensemble du bassin amazonien, le tapirage a régressé en proportion de la population amérindienne et ne semble plus guère pratiqué que par quelques peuples isolés, eux-mêmes en grand danger de disparition, dont les Enawenê-Nawê du Mato Grosso, au Brésil.

L'ESSENTIEL

- Le tapirage consiste à arracher les plumes d'un oiseau vivant, puis à l'enduire d'une mixture grâce à laquelle les plumes repoussent avec d'autres coloris.
- Cette pratique amazonienne permettait de personnaliser un oiseau, puis de confectionner des parures inhabituelles.
- Des études structurales dévoilent les effets du tapirage sur la microstructure des plumes et leurs pigments.
- Les mécanismes à l'origine de ces effets restent inconnus.

Musée du quai Branly - Claude Germain



LES PLUMES JAUNE ET ROUGE de cette parure corporelle conservée au musée du quai Branly, à Paris, sont des plumes tapirées (elles seraient vertes sur l'oiseau non tapiré). Cette coiffe date des années 1960-1970 et provient de l'ethnie Enawenê-Nawê, au Brésil.

Toutes les civilisations américaines préeuropéennes ont développé des techniques artistiques très élaborées autour de l'oiseau et de ses plumes. Elles ont produit des parures chargées d'une symbolique sociale et mystique qui a fait l'objet de nombreuses études. Les plumes tapirées y tiennent une place particulière en raison de leur rareté et de leur grande valeur ajoutée. Plusieurs centaines de ces œuvres plumaires peuvent être admirées dans les plus grands musées, notamment celui du quai Branly, à Paris.

Pourquoi les artistes modifiaient-ils la couleur de certaines plumes d'un oiseau pour leur donner celles d'autres plumes communes par ailleurs ? En fait, l'objectif premier du tapirage était la décoration, donc la personnalisation, d'oiseaux vivants. L'oiseau tapiré devenait unique, reconnaissable donc susceptible d'appropriation. L'utilisation des plumes tapirées dans des parures n'apparaît alors que comme la continuité d'une œuvre antérieure.

Un art plumaire entouré d'un halo de mystère

Le tapirage reste un art entouré d'un halo de mystère. Certains doutent encore, à tort, de sa réalité. Sa pratique, les mécanismes physicochimiques en jeu et leurs conséquences, en particulier la pérennité de l'effet coloré au cours des mues successives de l'oiseau, sont mal connus et incompris. Et les quelques rares tentatives récentes de tapirage contrôlé en laboratoire n'ont pas permis de répondre aux questions posées.

Cet article n'y répondra pas non plus, mais, plus modestement, décrira les effets du tapirage sur les plumes, à défaut d'en expliquer la genèse et les principes fondamentaux. Il s'agit des résultats d'une étude structurale que j'ai réalisée récemment et qui a été présentée lors du colloque « Étudier, préserver et présenter les plumes » organisé en 2014 par le musée du quai Branly.

Les deux plumes qui ont servi à cette étude ont été prélevées l'une sur une coiffe provenant du cabinet de curiosité du marquis de Fayolle à Versailles (probablement originaire de Guyane et datant du XVIII^e siècle), la seconde sur une parure Enawenê-Nawê de notre époque, ces deux œuvres étant conservées au musée du quai Branly.

L'AUTEUR



Serge BERTHIER est professeur de physique à l'université Paris-Diderot et chercheur à l'Institut des nanosciences de Paris (CNRS-université Pierre-et-Marie-Curie).

Couleurs pigmentaires ou structurales

Un objet paraît coloré si, lors de son interaction avec la lumière incidente, il renvoie un nombre restreint de longueurs d'onde du spectre visible. Deux types de processus peuvent être à l'œuvre :

1) L'objet peut absorber certaines longueurs d'onde en raison de la présence de pigments. Il en résulte des couleurs dites pigmentaires ou chimiques.

2) Il peut aussi disperser spatialement les longueurs d'onde par divers effets optiques (interférence, diffraction, diffusion). Les couleurs, dites alors structurales ou physiques, sont dues non plus à la nature du matériau, mais à sa microarchitecture. C'est notamment le cas pour les plumes de colibri (ci-dessous).



Que sait-on sur le tapirage ? Bien peu de choses en réalité. On en retrouve cependant de nombreuses mentions dans les récits des explorateurs. Le grand naturaliste et explorateur portugais Soares de Souza en donne une première description en 1587. Tous les voyageurs scientifiques des XVIII^e et XIX^e siècles qui parcourent l'Amazonie en font mention, comme Alexander von Humboldt et Aimé Bonpland, ce qui permet de cerner les étapes du processus.

Le premier à l'évoquer, et non des moindres, est le Britannique Alfred Wallace, codécouvreur du principe de la sélection naturelle. Dans son livre *A narrative of travels in the Amazon and Rio Negro*, publié en 1853, Wallace décrit un ornement de tête en plumes issues du « grand macao rouge » (*Ara macao*), mais, dit-il, « ces plumes ne sont pas celles que l'oiseau possède naturellement, car ces Indiens pratiquent l'art curieux de modifier la couleur de nombreux oiseaux. Ils plument ceux qu'ils souhaitent décorer et inoculent dans la blessure la sécrétion laiteuse de la peau d'une petite grenouille ou d'un crapaud. Lorsque les plumes repoussent, elles apparaissent d'un jaune-orange éclatant sans plus de traces du bleu ou vert initial. Et si l'on retire à nouveau ces plumes, les nouvelles repousseront toujours avec cette même couleur, sans avoir besoin de recommencer l'opération ». C'est la première mention de la pérennité de l'effet, mais il est clair que Wallace ne l'a pas observé lui-même.

La seconde mention digne de foi est celle de l'anthropologue d'origine suisse Alfred Métraux dans son ouvrage *La civilisation matérielle des tribus Tupi-Guarani* (1928) : « Les Tupinamba savaient modifier la couleur naturelle des plumes des oiseaux vivants ; ils plumaient une certaine espèce de perroquets verts et enduisaient leur corps "de sang de crapaud". Les nouvelles plumes qui poussaient prenaient une teinte rouge ou jaune. »

On peut par ailleurs se représenter la beauté et la perfection des œuvres vivantes réalisées grâce à quelques gravures de perruches et perroquets amazones tapirés réalisées au début du XIX^e siècle (voir les illustrations page ci-contre, en haut).

La couleur est un vecteur de communication particulièrement important chez les oiseaux. Depuis l'apparition des premiers oiseaux il y a 160 millions d'années, tous les moyens de production de couleurs et d'effets colorés ont été



LA PRATIQUE DU TAPIRAGE était répandue dans le bassin amazonien, comme l'indique la carte ci-dessus établie par l'anthropologue d'origine suisse Alfred Métraux en 1928. Quelques gravures anciennes

montrent les résultats obtenus sur les oiseaux, comme celles ci-dessus, réalisées par Jacques Barraband et tirées de l'ouvrage *L'Histoire naturelle des perroquets*, de François Le Vaillant (1801).

utilisés par les diverses espèces de ce groupe d'animaux : pigments, structures, combinaisons pigments-structure (voir les encadrés ci-contre).

Sans entrer dans le détail des pigments des oiseaux, retenons que nous pouvons en distinguer deux grandes catégories. On a d'une part des pigments exogènes, tels les caroténoïdes que les oiseaux se procurent par la nourriture. L'exemple le plus célèbre est la coloration rouge-rose des flamants roses (*Phoenicopterus roseus*) due à une algue, consommée par des crevettes, elles-mêmes mangées par les flamants. On a d'autre part des pigments endogènes, telles les mélanines synthétisées par l'organisme lui-même et qui donnent les couleurs brunes à jaunes, selon leur forme et concentration, ou encore les psittacines, un caroténoïde spécifique des aras et perroquets. Les pigments, et les mélanines en particulier, se trouvent souvent sous forme de microgranules : les mélanosomes stockés dans les barbes (voir la figure pages 44-45).

L'autre grand processus de coloration, que la nature utilise très largement, est la structuration de la matière. Cette dernière n'intervient alors non plus tant par sa nature chimique que par sa structure géométrique. Dans le modèle ondulatoire, la lumière est une entité périodique qui évolue dans l'espace avec une longueur d'onde λ . Lorsqu'une telle onde entre en contact avec un objet présentant une périodicité du même ordre de grandeur que λ , l'interaction est relativement forte. De même

Diffraction et diffusion

Diffraction et diffusion sont des termes ambigus dont la signification varie d'une situation à l'autre et d'une langue à l'autre. Lorsqu'une onde lumineuse arrive sur un objet quelconque, son cheminement est perturbé. Elle repart dans des directions différentes de la direction initiale : on dit que l'onde est diffractée.

Cette définition est universelle ; c'est après, et lorsqu'il y a plusieurs objets, que les choses se gâtent. Chacun des « objets » d'une structure (interfaces, inclusions, trous, fentes, etc.) diffracte l'onde lumineuse incidente. Un point quelconque de l'espace reçoit donc des ondes provenant de ces différentes sources. Selon la position de ce point, les distances parcourues par les diverses ondes diffèrent, et l'intensité lumineuse en ce point dépend alors des déphasages entre les ondes.

Si la structure diffractante est régulière, périodique, l'espace présente des régions bien déterminées où toutes les ondes sont en phase (intensité maximale) et d'autres où elles sont en

opposition de phase (intensité minimale). On parle en général de diffraction lorsque la structure périodique est uni- ou bidimensionnelle (par exemple un réseau de fentes parallèles), et de diffraction cristalline lorsqu'elle est tridimensionnelle (par exemple un cristal de roche avec des rayons X, ou un cristal photonique avec de la lumière visible). Le phénomène dépend

beaucoup de la position de l'observateur. Telles ondes qui s'additionnent en un point donné s'annuleront au point voisin. L'origine des phénomènes d'iridescence est là.

Lorsque, au contraire, les objets diffractants sont aléatoirement disposés, il n'y a plus aucune relation de phase entre les ondes. On parle alors de diffusion. Le phénomène reste très sensible à la longueur d'onde (les longueurs d'onde voisines de la taille des objets diffractants seront plus diffusées que les autres), mais pratiquement pas à la position de l'observateur : la diffusion ne donne pas de couleurs iridescentes.



Diffraktion de la lumière par un disque numérique.



Ciel et nuages : du bleu et du blanc dus à la diffusion.

qu'une onde acoustique fait vibrer certains objets plutôt que d'autres lorsque leurs dimensions se correspondent, la matière structurée périodiquement à l'échelle de la longueur d'onde de la lumière jouera avec elle de façon privilégiée. C'est le domaine de la photonique. Un tel objet, nommé cristal photonique, sélectionne des longueurs d'onde bien particulières, les réfléchit dans des directions déterminées qui dépendent de cette longueur d'onde, créant ainsi les effets d'iridescence.

Chez les oiseaux, les structures photoniques sont très variées. Selon les ordres, on les trouve dans les barbes – c'est le cas en particulier des Psittacidés (aras, perroquets, perruches...) qui nous intéressent ici – ou dans les barbules, comme chez les colibris, pigeons, paons... En particulier, ces derniers et les colibris présentent une architecture très ordonnée à plusieurs échelles, ce qui leur confère des couleurs vives et fortement iridescentes (voir la figure page 42).

Chez les psittacidés, les structures associées aux couleurs des barbes sont plus complexes, moins ordonnées, que les structures responsables de la couleur chez les colibris par exemple, et les pigments y jouent un rôle important. Les couleurs produites peuvent être très vives, mais sont généralement peu iridescentes.

Le cœur de la barbe est composé de cellules géantes creuses qui contiennent des microgranules de pigments, les mélanosomes. De quelques centaines de nanomètres de diamètre, ces granules, en plus de créer des couleurs pigmentaires, créent aussi des couleurs physiques par diffusion (voire par diffraction s'ils s'ordonnent régulièrement, ce qui n'est pas le cas chez les psittacidés). La barbe présente des structures photoniques différentes sur son côté dorsal et son côté ventral. Du côté dorsal, la structure est spongieuse et plus ou moins bien ordonnée; elle est à l'origine des teintes bleues des plumes ainsi que du vert, par combinaison avec un jaune pigmentaire. Du côté ventral, on a une structure multicouche très désordonnée, qui crée peu d'effets optiques.

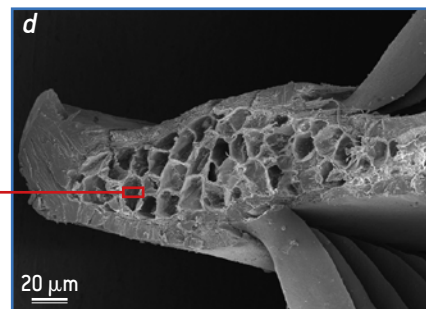
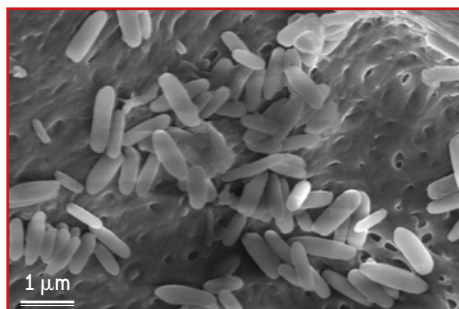
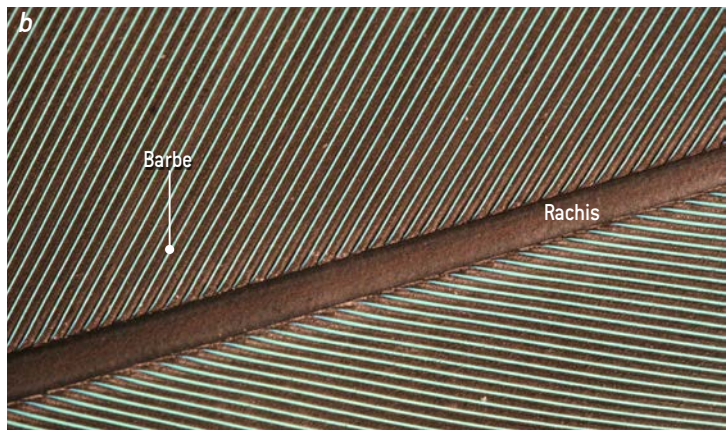
Des mixtures aux ingrédients divers

C'est sur le vert dit métamère, produit par combinaison structure-pigment, que repose le principe du tapirage. En modifiant l'une ou l'autre composante, ou les deux, on modifie la couleur résultante. Comment procèdent les Amérindiens? La démarche est simple et plus ou moins identique chez les divers acteurs. Seule la composition de la mixture varie. L'oiseau,

toujours de la famille des psittacidés, est plumé sur une large zone, ou ponctuellement comme on peut le voir sur les gravures anciennes. La peau est alors frottée avec un mélange d'extraits animaux et végétaux, ou ce mélange est introduit directement dans les cavités de la peau laissées par les plumes arrachées.

À la base de cette décoction, on retrouve systématiquement un extrait de graines de roucou broyées (*Bixa orellana*). Très riche en caroténoïdes, la graisse qui entoure les graines est principalement utilisée comme colorant corporel par les Amérindiens. Elle semble présenter une certaine toxicité, mais on lui prête des vertus médicinales. Les composants animaux sont beaucoup plus variés et dépendent des populations, de leur situation géographique et de la faune locale. Le plus répandu est la sécrétion de la peau de *Dendrobates tinctorium* ou «grenouille à tapirer», amphibien de la famille des Dendrobatidés, dont certaines espèces extrêmement toxiques sont utilisées par les Amérindiens pour empoisonner les flèches des sarbacanes.

Les autres composants dont on a observé l'utilisation sont moins répandus. Il s'agit principalement de la graisse du grand poisson-chat Pirarâra (*Phractocephalus hemiliopterus*), du caïman *Caiman crocodilus*, des œufs ou du sang des tortues *Podocnemis*





ou même de la graisse cutanée du très rare dauphin d'eau douce, le dauphin rose *Inia geoffrensis*. Difficile de trouver un point commun entre ces différents ingrédients ! À part le dendrobate, les autres animaux ne présentent pas de toxicité particulière. Les Amérindiens ne consomment pas les pirarâras, mais c'est plus en raison de la couleur noire de leur chair que d'un possible empoisonnement. Les constituants chimiques de ces extraits animaux n'ont pas été spécifiquement étudiés. Toutefois, en particulier pour les toxines des dendrobates, il est tout à fait envisageable qu'ils affectent les processus de formation des pigments ou des structures plumaires. Il

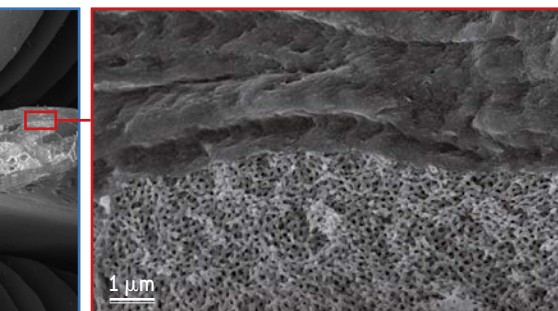
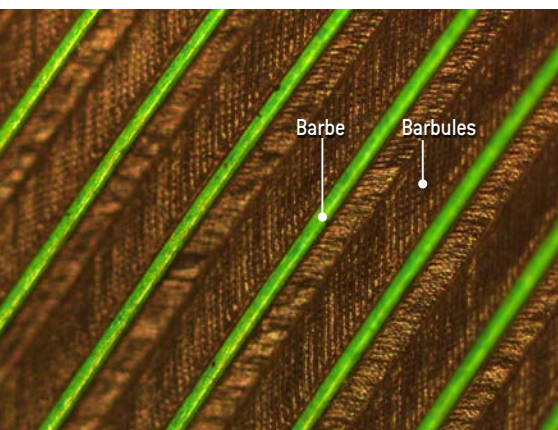
LES MIXTURES UTILISÉES pour le tapirage comportent systématiquement des extraits de graines de roucou (a) broyées. L'ingrédient d'origine animale le plus répandu est la sécrétion de la peau de *Dendrobates tinctorium* (b), membre d'une famille de grenouilles aux sécrétions plus ou moins toxiques selon les espèces.

est plus difficile d'expliquer la pérennité de l'effet au cours des mues successives, propriété qui suppose un mécanisme de nature génétique.

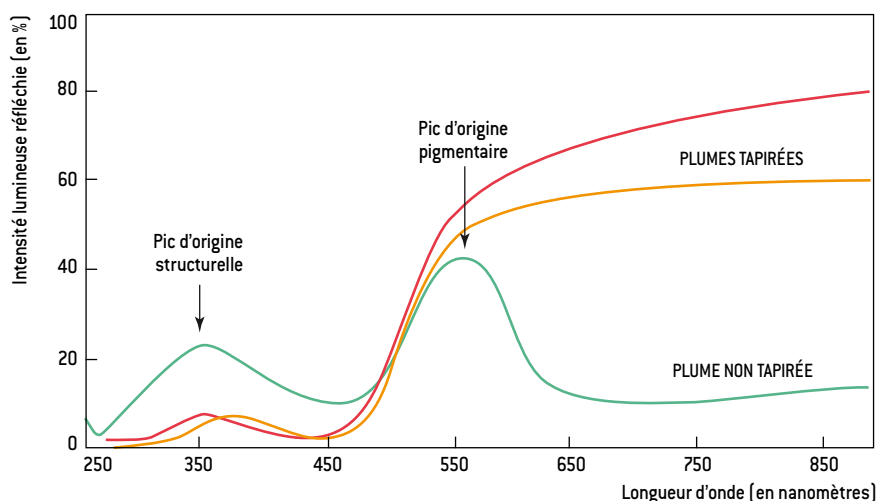
Voyons maintenant ce que sont ces effets. Les plumes tapirées fournies par le musée du quai Branly sont des rémiges secondaires d'une espèce de perroquet du genre *Amazona*, difficile à préciser en raison de la modification de ses couleurs. L'une d'elles est essentiellement jaune sur ses deux faces, avec une zone latérale vermillon sur la face dorsale (voir la photographie page 46). L'autre, plus orangée, présente encore à la base une zone bleutée, probablement d'origine structurale. Nous les avons comparées à des plumes – vertes sur leur face dorsale – identiques provenant d'un *Amazona ochrocephala*. Des mesures spectrales caractérisent les propriétés optiques et colorimétriques des plumes et des observations au microscope électronique à balayage visualisent les modifications structurales induites par le tapirage.

Des changements dans la structure des barbes

Les spectres de réflexion des plumes vertes des Psittacidés sont essentiellement composés de deux grands pics, centrés sur 575 nanomètres de longueur d'onde, dans le jaune, et 380 nanomètres, à la frontière des ultraviolets et du domaine visible (voir le graphique page 46). Des mesures en incidence variable montrent de plus que ce dernier pic se déplace légèrement vers les petites longueurs d'onde quand l'angle d'incidence de la lumière augmente, ce qui est la signature d'une origine physique de cette couleur. La position du pic jaune



LA COULEUR DES PLUMES des oiseaux de type perroquet (a) provient des barbes (b, c, d). Celles-ci comportent des cellules géantes où se concentrent des mélanosomes (d, à gauche), granules de psittacine (un pigment). Les barbes contiennent aussi des structures spongieuses (d, à droite), dont l'effet est de diffuser la lumière bleue. Dans les barbes d'une plume tapirée, les cellules géantes sont dépourvues de mélanosomes et les structures spongieuses, plus désordonnées, ont une périodicité spatiale légèrement plus grande.



LE SPECTRE DE RÉFLEXION

d'une plume non tapirée comporte deux pics. Pour la plume naturelle comme pour la plume tapirée (cliché à droite), le premier pic se déplace vers les courtes longueurs d'onde quand l'angle d'incidence de la lumière augmente (phénomène d'iridescence). Cela signe son origine structurale. Le second pic ne se déplace pas avec l'angle d'incidence, ce qui confirme son origine pigmentaire. Avec le tapirage, ce pic disparaît.

BIBLIOGRAPHIE

Brésil indien - Les arts des Amérindiens du Brésil, Réunion des Musées Nationaux, 2005.

M. Pomarède, La couleur des oiseaux, *Dossier Pour la Science* n° 27, avril-juillet 2000.

D. M. Teixeira, *Perspectivas da etno-ornitologia no Brasil: O exemplo de um estudo sobre a "tapiragem"*, *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Serie Zoologia*, vol. 8, pp. 113-121, 1992.

A. Métraux, Une découverte biologique des Indiens de l'Amérique du Sud : la décoloration artificielle des plumes sur les oiseaux vivants, *Journal de la Société des Américanistes*, tome 20, pp. 181-192, 1928 [www.persee.fr/doc/jsa_0037-9174_1928_num_20_1_3646].

est indépendante de l'angle d'incidence, ce qui indique au contraire une origine pigmentaire.

Les spectres des plumes tapirées présentent un aspect bien différent. Le pic situé dans le jaune a disparu pour laisser place à un plateau caractéristique des couleurs orangées, et le premier pic à la frontière de l'ultraviolet est considérablement réduit et décalé vers le visible. Cela indique une profonde modification de la structure photonique. Le tapirage agit donc à la fois sur la nature des pigments et sur la nanostructure des plumes. Les analyses structurales effectuées au microscope électronique à balayage le confirment.

La première constatation est la disparition totale des mélanosomes dans les cellules géantes des barbes. La seconde est moins évidente directement, mais une analyse fine de la structure photonique montre une période spatiale moyenne légèrement plus importante (ce qui explique le décalage du pic de réflexion vers les grandes longueurs d'onde) ainsi qu'une organisation moins régulière.

En 1992, Dante Teixeira et ses collègues, de l'université fédérale de Rio de Janeiro, ont tenté de tapirer des perroquets amazones en laboratoire, sans résultats vraiment concluants. Il est clair que la simple description des recettes et des techniques faites par les explorateurs et voyageurs scientifiques des siècles passés ne permettront pas de reproduire correctement le processus. Seule une étude relativement longue sur le terrain permettrait d'apprécier et de comprendre la réalité du tapirage, et de le reproduire un jour en laboratoire pour en percevoir les principes fondamentaux.



Serge Berthier

Le chemin est semé d'embûches. D'un point de vue scientifique d'abord, il ne peut s'agir que d'une démarche pluridisciplinaire faisant intervenir des domaines très éloignés et peu habitués – ou enclins – à travailler ensemble : ethnologues, artistes, chimistes, physiciens et généticiens.

Un savoir-faire en voie de disparition

La loi d'éthique sur les expérimentations animales est un autre aspect à ne pas négliger est. Les toxines des Dendrobatidés sont violentes et il est évident qu'une telle intervention occasionne des souffrances aux perroquets, par ailleurs tous protégés. En laboratoire, l'expérience ne pourrait se faire que sous anesthésie, ce qui, chez les oiseaux, est difficile (mais pas insurmontable).

L'aspect humain est beaucoup plus problématique et inquiétant. Le dernier peuple à pratiquer le tapirage semble être celui des Enawenê-Nawê. Rattaché à la famille linguistique des Arawaks, habitant en territoire indien protégé au Mato Grosso, son premier contact avec notre civilisation est très récent : 1973. On comptait alors cent trente personnes rassemblées dans un unique village. Ils seraient aujourd'hui environ cinq cents, mais une partie du territoire est menacée par la construction d'un barrage. On sait ce qu'implique un tel processus : déplacement et acculturation. L'étonnante démarche artistique qu'est le tapirage risque de disparaître à jamais avant que nous n'en ayons percé les secrets physiques, chimiques et biologiques. ■

L'ENSIC, l'ESPCI ParisTech,
Chimie ParisTech et l'ECPM
vous invitent au :

FORUM HORIZON CHIMIE

30^{ème} anniversaire !

Jeudi 4 février 2016
9h00 - 18h00

Une rencontre privilégiée avec une quarantaine d'entreprises et l'opportunité de postuler à des offres de stage et d'emploi dans des domaines allant de l'énergie à l'agro-alimentaire, en passant par la cosmétique, le secteur pharmaceutique, les sciences des matériaux et les biotechnologies.

Stands d'exposition, conférences, tables rondes, simulations d'entretiens d'embauche et corrections de CV seront mis en place afin de vous aider à approfondir votre projet professionnel et faciliter votre entrée dans le monde du travail.



> Entrée libre
Maison de la Chimie

28 bis rue Saint-Dominique
75 007 Paris
Métro Invalides

Pour plus de renseignements:
06 22 23 85 58
www.horizon-chimie.fr



Capter les mou

En amplifiant d'imperceptibles variations de couleurs d'une image à l'autre d'une séquence vidéo, on détecte des mouvements infimes. Avec des applications aussi bien en médecine qu'en ingénierie.

Les premiers microscopes, aux XVI^e et XVII^e siècles, ont transformé des lamelles de verre en apparence complètement transparentes en un univers grouillant de bactéries, de cellules, de grains de pollen et de cristaux complexes. Grâce à ces instruments, les scientifiques ont accédé à un monde invisible à l'œil nu.

À notre avis, un nouveau type de microscope est en passe de dévoiler un autre monde tout aussi nouveau et fascinant: un monde de mouvements et de variations de couleurs trop infimes pour être saisis par l'œil humain. Les pulsations sanguines qui parcourent un visage le rendent tour à tour plus rouge ou plus blanc, le vent peut

faire osciller très légèrement une grue de chantier, et la respiration d'un bébé est souvent si subtile qu'elle échappe à notre regard. Ces changements sont extrêmement petits, mais peuvent être importants. Ils révèlent notre état de santé ou des vibrations parasites d'une machine sur le point de tomber en panne. Avec nos collègues, nous avons développé un « microscope du mouvement », qui associe une caméra vidéo et un logiciel de traitement d'images approprié. Cet outil amplifie les mouvements qui animent des personnes ou des objets complètement immobiles en apparence.

Nous avons découvert notre microscope du mouvement par un heureux

hasard. Initialement, nous travaillions sur un projet visant à mesurer de minuscules changements de couleur, trop faibles pour être distingués à l'œil nu.

Notre objectif initial était d'utiliser une caméra vidéo pour mesurer le pouls d'une personne en détectant les minuscules variations de couleur dues à la circulation du sang dans son visage, rythmée par les battements du cœur. Le changement de couleur de chacun des pixels en réponse à la circulation sanguine est de seulement 0,2 % sur un cycle cardiaque. Or les capteurs des caméras ne détectent pas des valeurs exactes et ils enregistrent aussi du bruit aléatoire, dont l'amplitude est souvent