

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.