

LE GÈNE DE L'OREILLE ABSOLUE

L'oreille absolue, c'est ce don très rare qui permet d'identifier une note de musique isolée de tout contexte musical. Un chercheur américain vient de découvrir qu'il y a des familles à oreille absolue, ce qui permet de penser que ce don étrange serait commandé par un gène.

PAR JEAN-MICHEL BADER

André Prévin et Nat King Cole avaient l'oreille absolue. Pas Vladimir Horowitz ni Jessie Norman. Quand on faisait entendre aux deux premiers une note de musique isolée, sans le moindre contexte musical, ils étaient capables de la reconnaître. De dire, par exemple « c'est un "fa" ». Les autres — c'est-à-dire à peu près tout le monde — ne peuvent reconnaître une note que relativement à une autre. Ils ont l'oreille relative. Parmi ces derniers, ceux qui ont une éducation musicale, sont, certes, capables de reconnaître une note dans une quinte, une tierce, ou dans une mélodie ; certains grands chefs d'orchestre, certains grands interprètes, certains musicologues sont même capables de reconnaître la "main" qui joue, ce qui dénote une culture musicale et une sensibilité particulièrement prodigieuses, mais tous ceux-là n'en seront pas moins incapables de reconnaître une note de musique isolée de son contexte. Avec l'oreille absolue, il s'agit de tout autre chose, ceux qui ont ce don peuvent n'avoir aucune culture musicale, et être cependant capables de dire : « ce son est le même que le 23^e de la série de 50 que vous m'avez fait entendre ce matin. D'ailleurs c'était aussi le 46^e de

la série de 100 d'hier. »

S'ils ne connaissent pas le solfège, ils ne peuvent évidemment pas préciser s'il s'agit d'un "la", d'un "si bémol" ou d'un "do dièse". Mais ils sont doués du pouvoir étonnant de différencier des fréquences très proches les unes des autres, ce qu'aucune personne "normale" ne sait faire.

Un professeur américain de psychoacoustique a fait là-dessus une expérience tout à fait instructive. Il plaça devant ses élèves un oscillateur réglable en fréquence, et sur leurs oreilles un casque émettant une note. Il s'agissait, après avoir entendu la note, de la faire reproduire par l'oscillateur en réglant, au jugé, la fréquence de la note entendue. L'expérience fut édifiante : pour une note ayant une fréquence de 1 000 Hz, la plupart des élèves affichèrent des fréquences entre 985 et 1 015 Hz. Une seule élève, du premier coup, afficha 1 000,5 Hz. A la deuxième tentative, elle tomba pile : 1 000 Hz. Un an plus tard, sans hésiter, elle retrouva sur l'oscillateur la fréquence qu'elle croyait être celle de la note entendue sans savoir, bien sûr, qu'il s'agissait de 1 000 Hz.

Autre exemple étrange : le Dr Joseph Profita, aujourd'hui psychiatre à Los Angeles, découvre à l'âge de 6 ans qu'il a l'oreille absolue. Il entreprend alors des études de musique à la Julliard School of Music. Il découvre que lorsqu'il entend un accord composé de six notes, il peut reconnaître chacune de ces six notes. C'est une performance rarissime. La plupart des "oreilles absolues" peuvent distinguer trois notes qui composent un accord, et un tout petit nombre peuvent aller jusqu'à quatre. S'étant découvert ce don exceptionnel, le Dr Profita, qui était entre temps devenu musicien de jazz avant de faire ses études de médecine, s'intéressa de très près au phénomène de l'oreille absolue. Et il découvrit rapidement qu'il y avait des familles où de nombreux individus — le grand-oncle, le père, la tante, les neveux et nièces,



Musicien et psychiatre. le Dr Profita étudie l'oreille absolue.



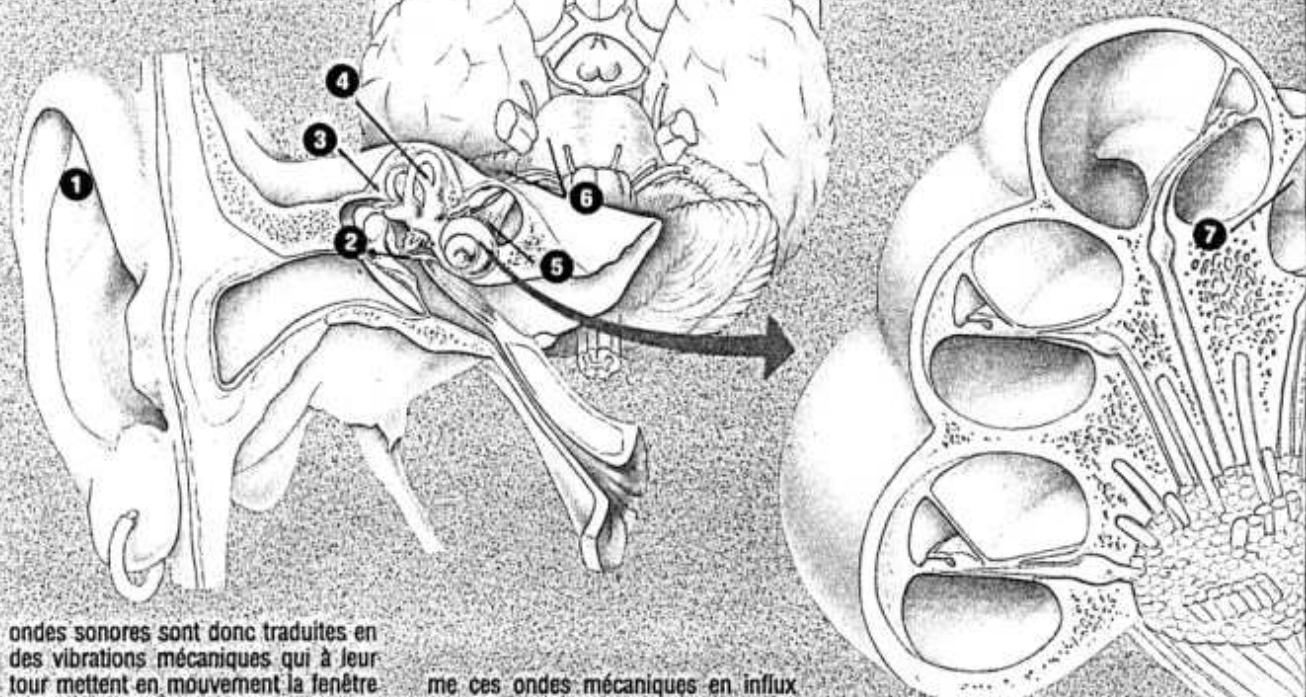
Tous les musiciens n'ont pas l'oreille absolue. Mais Nat King Cole, lui, l'avait.

DE L'OREILLE AU CERVEAU

Les ondes sonores sur des fréquences basses, moyennes et hautes, forment les harmoniques des notes de musique perçues par l'oreille et le cerveau. Elles pénètrent le pavillon (1), frappent la membrane du tympan (2), qui fait vibrer les osselets de l'oreille moyenne (3). Les

nante du son.

Il est en quelque sorte autopsié, divisé en autant de pics de fréquence qu'il y a d'ondes sinusoïdales dans le son. Et ces pics de fréquence différente sont répartis le long de la mem-



ondes sonores sont donc traduites en des vibrations mécaniques qui à leur tour mettent en mouvement la fenêtre vestibulaire (4), qui mobilise le liquide endolymphatique de la cochlée (5). C'est là que les vibrations mécaniques sont transformées en impulsions nerveuses qui cheminent dans les voies auditives (6) vers les relais cérébraux.

La cochlée (agrandie au centre) comporte une rampe hélicoïdale (7), dite vestibulaire, qui transmet les mouvements de la lymphe. Comme cette rampe osseuse est incompressible, elle déforme et déplace le canal cochléaire (8) qui contient l'organe de Corti (9) : c'est ce dernier qui transfor-

me ces ondes mécaniques en influx nerveux. Les cellules de l'organe de Corti comportent des cils (10) qui sont plus ou moins courbés par les mouvements de la lymphe, et ce sont eux qui différencient les sons.

Il y a en effet un véritable échantillonnage des sons séparés en leurs fréquences constitutives : Georg Von Békésy a montré en 1950 que, lorsqu'un son d'une fréquence donnée pénètre l'organe auditif, la membrane basilaire (11) vibre avec une amplitude maximale au point qui est en résonance mécanique avec la fréquence domi-

brane basilaire : les hautes fréquences à la base de la rampe (12a), les moyennes au milieu, les basses tout en haut (12b). Et transmis tels quels au cerveau.

Difficulté : il est impossible à une fibre nerveuse de transmettre des influx de fréquence supérieure à 1 000 hertz. Pourtant l'oreille perçoit des fréquences allant jusqu'à 20 000 hertz. Comment ces fréquences sont-elles per-

plusieurs des enfants — avaient ce "don". Il voulut donc tout naturellement savoir si cette particularité n'était pas transmise génétiquement.

Et il semble bien, en effet, que l'oreille absolue — en tout cas une des formes "familiales" de cette singulière propriété — est transmise génétiquement comme un trait dominant. Et si le gène de l'oreille absolue est plus fréquent dans certaines familles, comme c'est le cas pour certaines maladies génétiques, c'est parce qu'il se transmet de génération en génération sans mutation. C'est ce que permet de penser l'étude statistique que le Dr Profita a entreprise avec le concours d'un biologiste moléculaire de la firme Genetech de San Francisco, le Dr Drayna. Les

quelque 150 individus qu'ils ont examinés dans 19 familles à oreille absolue ont déjà ceci en commun qu'ils se sont tous très tôt rendu compte de leur très bonne acuité auditive.

A 35 de ces sujets, les deux chercheurs ont fait passer des tests de leur invention. Premier test : on fait entendre aux sujets, sur un piano accordé au "la" à 440,5 Hz (1), des notes jouées d'abord isolément, puis des triades, puis des accords complexes de plus de quatre notes avec ou sans intervalles dissonants. Les sujets ayant l'oreille absolue ont été capables de repérer et d'identifier 90 % de toutes les notes entendues, qu'elles fassent partie d'un accord ou qu'elles aient été seules. 19 parmi les 35 étaient issus de

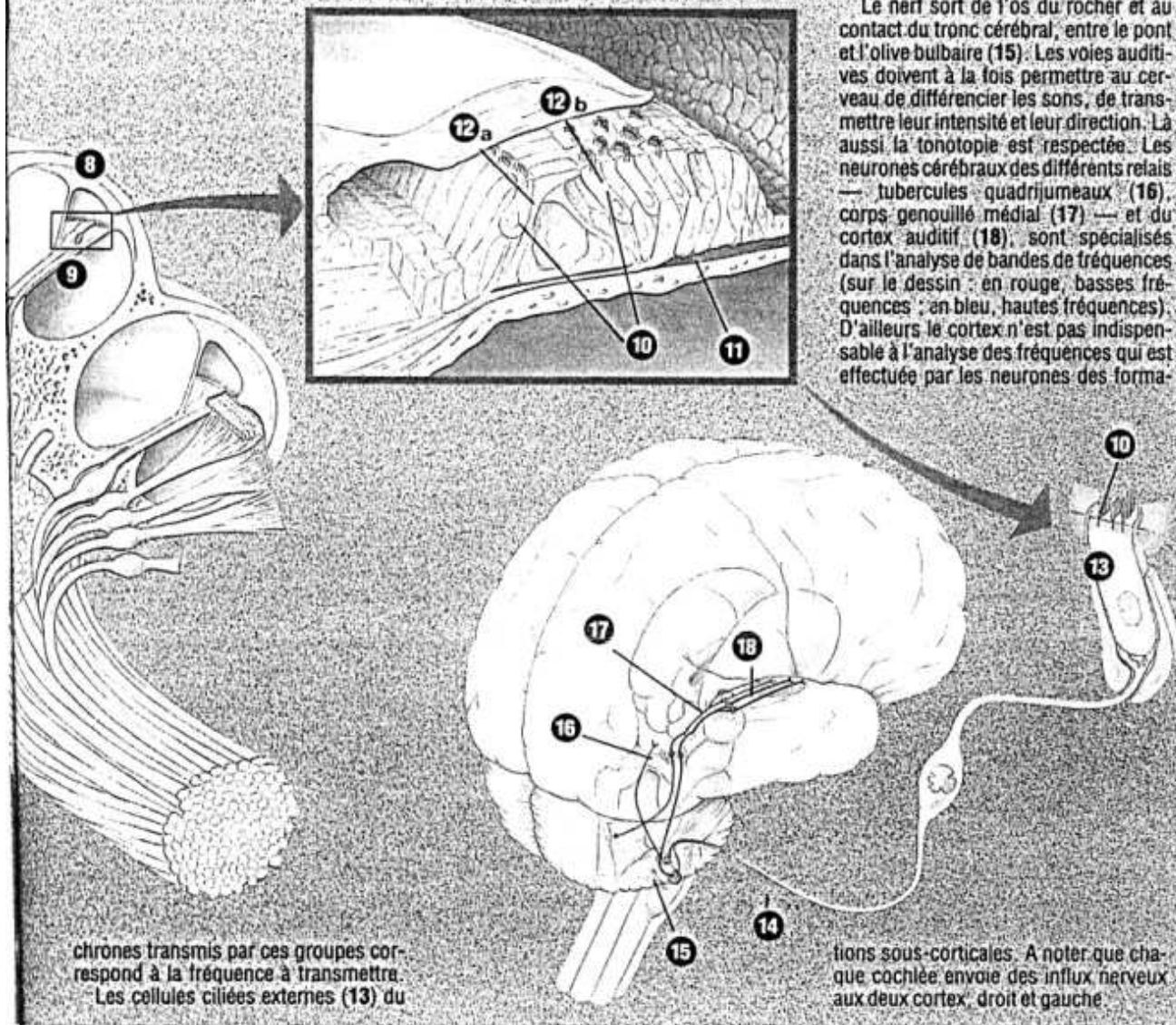
LE CHEMINEMENT DU SON

ques par le cerveau ? C'est la théorie de la volée : plusieurs groupes de fibres nerveuses doivent s'allier pour transmettre un son de fréquence donnée, chacun des groupes fonctionnant en alternance. La somme des stimuli syn-

sommet de la rampe envoient donc au cerveau, par l'intermédiaire de relais successifs, des influx nerveux correspondant aux basses fréquences. Le nerf auditif (14) respecte cette organisation tonotopique : les cellules du

sommet de la rampe sont en relation avec des neurones qui sont au milieu du nerf auditif, alors que les cellules de la base, qui véhiculent les hautes fréquences, le sont avec des neurones placés en périphérie du nerf.

Le nerf sort de l'os du rocher et au contact du tronc cérébral, entre le pont et l'olive bulbaire (15). Les voies auditives doivent à la fois permettre au cerveau de différencier les sons, de transmettre leur intensité et leur direction. Là aussi, la tonotopie est respectée. Les neurones cérébraux des différents relais — tubercules quadrijumeaux (16), corps genouillé médial (17) — et du cortex auditif (18), sont spécialisés dans l'analyse de bandes de fréquences (sur le dessin : en rouge, basses fréquences ; en bleu, hautes fréquences). D'ailleurs le cortex n'est pas indispensable à l'analyse des fréquences qui est effectuée par les neurones des forma-



chères transmis par ces groupes correspondent à la fréquence à transmettre. Les cellules ciliées externes (13) du

trunc sous-corticales. A noter que chaque cochlée envoie des influx nerveux aux deux cortex, droit et gauche

communautés musicales. Ces 35 sujets ont répondu à un questionnaire sur leur origine familiale : avaient-ils dans leurs ascendants ou descendants au premier degré, des "oreilles absolues" ? A partir de ces réponses, des généticiens ont pu calculer la probabilité statistique qu'il s'agissait bien d'un seul et unique caractère transmis verticalement comme tout autre gène dans la descendance et comme un caractère dominant selon les lois de Mendel. Rappelons qu'il existe des traits dominants et des traits récessifs : ainsi, pour que, par exemple, un individu ait les yeux bleus (caractère récessif), il faut que les deux "allèles", les deux copies du gène des yeux bleus, soient présents. Sinon, il suffit que l'un des allèles

code pour les yeux marron (caractère dominant) pour que l'individu en question ait les yeux marron.

L'oreille absolue est donc dominante, mais sa pénétrance est réduite ; c'est-à-dire que le trait ne se manifeste que pour un petit nombre des individus chez lesquels il est sûrement présent puisqu'ils appartiennent à une lignée le possédant.

Le Dr Profita a interrogé des professeurs de musique ayant éduqué de jeunes enfants depuis longtemps et en a conclu que l'incidence de ce gène doit être de un pour mille cinq cents. En tout cas, le phénomène est assez rare pour que l'on ne connaisse

(1) C'est le "la" normalisé par l'AFNOR (Association française de normalisation).

pas d'exemple de frères jumeaux, ou de mari et femme ayant l'oreille absolue et dont on pourrait établir la descendance, ce qui aurait été bien commode pour les généticiens.

La deuxième partie du test du Dr Profita qu'il a, depuis, appliqué à 400 sujets issus de 60 familles, concerne la mémoire auditive. Pour les sujets ayant l'oreille absolue, c'est une composante particulièrement importante du phénomène. On leur fait d'abord entendre une première note musicale. Puis après un silence d'une minute, une deuxième note différente de la première. Puis après un autre silence de trois minutes, on leur propose une troisième note. Ils doi-

vent alors dire si cette note a la même hauteur que la deuxième ou la première. Puis le test se complique : il comporte 6 parties avec dictées musicales de plus en plus élaborées. Le score total maximum étant de 700 points. A ce test, vous, moi et les autres ineptes musicaux aurions moins de 100 bonnes réponses. Nous ne sommes pas loin de la dysmélopie (**voir encadré ci-dessous**). La majorité des gens ayant une relativement bonne oreille fait un score compris entre 175 et 375. Quant aux "oreilles absolues", elles auront des scores supérieurs à 595, avec quelques individus ayant 700 points, le maximum !

Troisième partie du test : l'apprentissage musical,

LA DYSMÉLOPIE SERAIT AUSSI HÉRÉDITAIRE

A l'inverse de ceux qui ont l'oreille absolue, il est des personnes sourdes à la musique, qui chantent faux, et sont incapables de reconnaître un air, même très connu.

Pour les musicologues et les acousticiens, ces sujets sont dysmélodiques. Comme sont dyslexiques les sujets qui ne reconnaissent pas les phonèmes qui composent les mots, ou qui intervertissent l'ordre des lettres.

Attention, toutefois : chanter faux ne suffit pas pour être dysmélodique. Car toutes les maladies des cordes vocales, des muscles de l'appareil laryngé, des voies aériennes supérieures, du soufflet thoracique, ou des nerfs crâniens moteurs des muscles du cou, peuvent faire chanter faux, même si l'on reconnaît parfaitement les harmonies de la mélodie, sans parler de certaines surdités.

Enfin, les occidentaux sont sensibles au rythme et aux gammes de la musique... occidentale : nos mélodies enfantines ne peuvent pas être analysées et reproduites sans erreur par des Hindous ou des Africains, par exemple. Et réciproquement.

Voilà le postulat de base dont sont partis, à l'University College de Londres, un généticien, Henri Kalmus, et un linguiste, David Fry.

Pour vérifier ce qui n'était après tout qu'une hypothèse, ils ont mis au point en 1987 un test diagnostique de la dysmélopie, qui permet avec certitude de reconnaître ce handicap, d'en mesurer la gravité et, bien entendu, d'en étudier la transmission dans les familles.

Leur test a ceci d'original qu'il ne fait pas appel à la mémoire verbale, mais qu'il mesure simplement le fonctionnement de la mémoire musicale. Les deux chercheurs ont donc d'abord répertorié 26 *nursery rhymes* très populaires, que l'écrasante majorité de la

population a appris dans l'enfance. L'équivalent britannique de *Maman les petits bateaux*, *Au clair de la lune*, ou *Frère Jacques* étant *Jolly good fellow*, *Daisy*, *Daisy* ou *Good King Wenceslaus*.

Sans rien toucher au rythme de la mélodie, ils ont introduit des notes plus hautes ou plus basses en lieu et place de certaines notes de la chanson : jusqu'à 9 fausses notes par mélodie ! Ces airs devenus faux ont ensuite été joués sur un oscillographe et, enregistrés.

Ce sont ces enregistrements qu'ils ont fait entendre, parmi d'autres airs justes, aux sujets de l'étude.

Les deux chercheurs ont testé tout d'abord des adultes d'origine britannique, qui ont théoriquement gravé en mémoire ces chansonnettes apprises à la maternelle. S'ils ont une aptitude mélodique normale, ils doivent reconnaître une ou plusieurs fausses notes

dans une mélodie. Sinon, ils sont dysmélodiques.

Dans ce test, deux types d'erreurs sont possibles :

- les "fausses erreurs" : le sujet trouve une fausse note dans un air juste.
- les "vraies erreurs" : le sujet déclare juste un air dans lequel il y a une ou plusieurs fausses notes. Ce sont celles-ci qui dénotent une vraie dysmélopie.

Dans un premier temps les chercheurs ont eu bien du mal à mettre leur test au point. Inconsciemment, en effet, tout un chacun fredonne l'air connu quand il est joué ; comme les sujets étaient assis trop proches les uns des autres, certains ont "copié" de bonnes ou de mauvaises réponses dans la bouche du voisin.

D'autre part, *Gentil coquelicot* avec 6 fausses notes dans les 25 mesures du départ provoque assez souvent une franche hilarité, ce qui peut renseigner sur la présence d'erreurs dans la mélodie. Il a donc fallu chapitrer les cobayes sur ce point.

Et puis il y a les inévitables cas de sujets qui ne trouvent que des fausses notes, ou jamais de fausses notes dans les 26 airs du test. Généralement c'est le test qui n'a pas été assez bien expliqué.

Autre obstacle quand on s'adresse aux comportements : comment trouver les dysmélodies "pures", celles qui ne sont ni associées à un retard mental ni dues à plusieurs facteurs associés, mais qui sont provoquées par une unique cause, comme la mutation d'un gène ?

Il faut déterminer dans les résultats du test quel est le seuil d'erreurs vraiment pathologique. Pour cela, les deux chercheurs ont fait passer leur test à 114 musicologues hommes et femmes de la BBC : 14 d'entre eux ont

Gentil coqu'licot

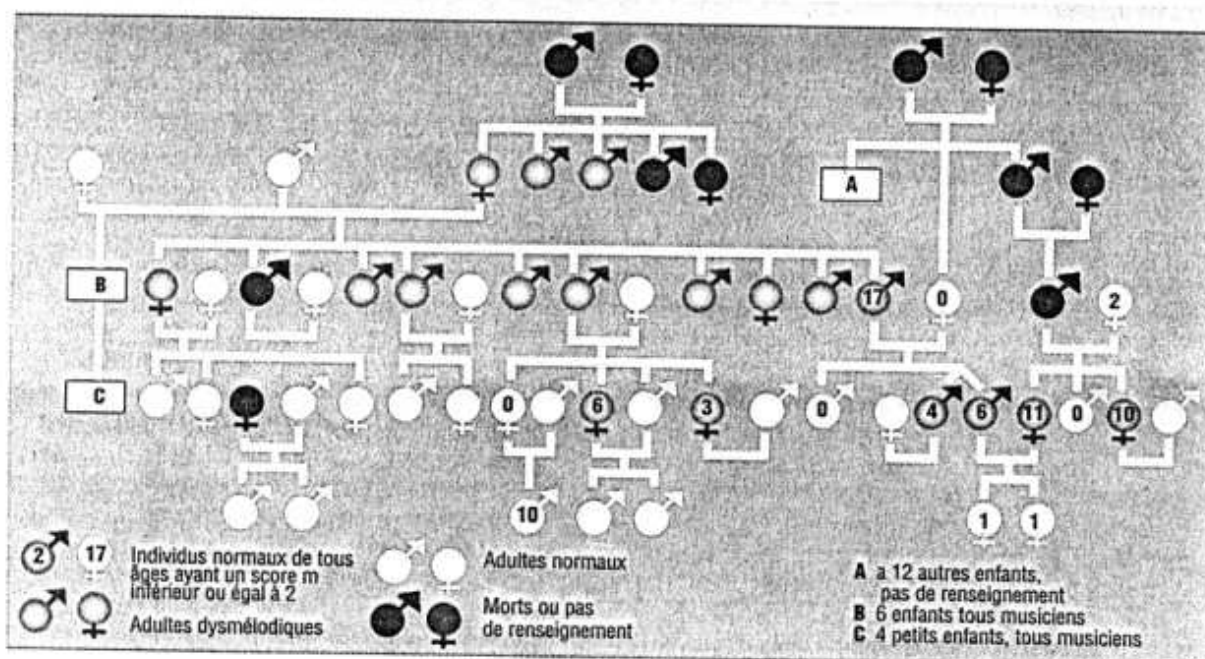


qui est beaucoup plus rapide et complet chez les individus ayant l'oreille absolue. Ils écoutent une seule fois un air, joué avec l'instrument de "leur" oreille (car nombre de ces individus n'ont l'oreille absolue que pour le piano, d'autres pour le saxophone, d'autres encore pour le violon, etc.) et ils le reproduisent sans erreur. Ils font d'ailleurs l'admiration des musiciens professionnels qui doivent, eux, travailler longtemps sur une partition pour pouvoir la jouer. De plus, ce talent existe dès le plus jeune âge : le Dr Dennis Drayna a fait connaissance d'une fillette de 3 ans qui pouvait jouer une chanson de Noël qu'elle avait entendue une seule fois sur le piano de

ses parents !

On sait que c'était le cas de Mozart qui, dès son enfance, jouait une musique entendue une seule fois. Avait-il l'oreille absolue ?

Les deux hommes espèrent trouver des familles qui ont à la fois l'oreille absolue et un autre trait génétique déjà répertorié, ce qui permettrait de localiser le gène responsable du don, si gène il y a. En effet, chez un individu, si deux gènes sont portés par le même bras du même chromosome, ces deux gènes auront toutes les chances d'être transmis ensemble à la descendance de l'individu. Leur transmission à la descendance sera même d'autant plus "liée" que leurs



fait une erreur, 2 ont fait deux erreurs, aucun n'a fait 3 erreurs. Il était donc raisonnable de penser que l'on peut considérer comme dysmélodique tout adulte ayant un score supérieur ou égal à 3 erreurs. Est donc normal tout individu ne faisant qu'une, deux ou zéro fautes. Dans ces conditions, et après avoir étudié plus de 600 sujets, Henri Kalmus et David Fry ont trouvé que la dysmélodie est finalement un handicap fréquent. 3,6 % des hommes et 4,5 % des femmes, soit 4,2 % de la population totale, sont dysmélodiques. Naturellement, et pour couper court à toute critique méthodologique, nos savants ont pris la précaution de vérifier, au moyen d'un test équivalent à celui de l'oreille absolue, que les sujets dysmélodiques n'ont également pas d'oreille. Ce qui paraît aller de soi ! Ils ont aussi vérifié que la mémoire à long terme et à court terme des

sujets testés est satisfaisante, ce qui est la moindre des choses pour se souvenir de contines apprises dans l'enfance.

Voici en tout cas ce qu'il faut retenir pour les familles : la dysmélodie se transmet d'une génération à l'autre (voir schéma ci-dessus), l'hypothèse la plus probable étant qu'il s'agit, comme l'oreille absolue, d'un seul gène non lié au sexe, et dominant : une seule copie du gène suffit pour être dysmélodique. Mais les difficultés abondent : en effet, il est très difficile de tester des enfants de moins de 15 ans, car l'apparition de la musicalité peut être très longue sans être anormale. S'il est rapporté que Mozart, dès l'âge de 3 ans, pouvait reproduire sans erreur des mélodies entendues une seule fois, tout le monde n'est pas Mozart sans pour autant être sourd musical. Il y aurait donc un risque

énorme de cataloguer dysmélodiques des enfants dont le cerveau n'exprime pas encore toutes ses potentialités. A l'inverse, si dans une famille il y a un petit frère qui ne se trompe jamais, et que son grand frère âgé de 15 ans a déjà un score supérieur à 3, on peut, dans l'hypothèse d'un gène existant de la dysmélodie, et sans risque de se tromper, affirmer qu'il porte un gène qui le rend dysmélodique.

Il reste aujourd'hui, comme pour l'oreille absolue, à trouver des familles nombreuses où de nombreux ascendants et descendants sont touchés, pour affirmer l'origine génétique et le mode de transmission de ce handicap musical. Si l'on trouve un marqueur lié à ce gène, il sera alors plus facile de trouver son emplacement chromosomique et peut-être sa séquence nucléotidique. Pour en faire quoi ? On verra quand on l'aura....

emplacements sont plus proches. Or, si l'on connaît déjà l'emplacement de l'un d'eux, on sait que l'autre n'est pas loin. Quand on aura cartographié la totalité du génome humain (2), on sera fixé.

Mais le gène, s'il existe, n'est pas tout. Il n'est que le bouton qui déclenche le mécanisme. Et ce mécanisme de l'oreille absolue, quel est-il ? Est-ce le cerveau qui est responsable de cette performance exceptionnelle ou bien est-ce l'appareil auditif ?

Le cortex cérébral auditif reçoit et intègre les informations venues de l'appareil sensoriel ; est-ce lui qui effectue le calcul de la hauteur d'une note de musique ? Pour Dennis Drayna, il doit s'agir d'un contrôle génétique du développement cérébral : « Je ne suis qu'un généticien, et les neurobiologistes vont sans doute me tomber dessus, explique-t-il, mais je suis persuadé que ces personnes à oreille absolue établissent d'autres circuits neuronaux dans leur cortex ou entre le cortex et les centres d'intégration sous-corticaux, que la moyenne des gens. »

Nous savons qu'il existe chez l'animal des exemples de mutations génétiques qui provoquent un réarrangement des cartes de neurones. Ainsi chez la mouche du vinaigre, la drosophile, il existe une mutation "7 moins" qui produit chez l'insecte adulte un œil anormal. L'œil à facettes de la mouche normale

L'oreille absolue persisterait même après l'ablation de l'aire auditive

comporte 7 types de photorécepteurs. Or, chez "7 moins", il n'y a pas de cellules n°7. On sait d'autre part que les connexions nerveuses optiques, dont la pousse normale est sous le contrôle de l'œil, s'établissent entre l'œil et le cerveau ; et les circuits, dans ce cas, se connectent sur la bonne aire cérébrale visuelle, comme on peut s'y attendre. Mais quand on fait des cartes corticales fonctionnelles des circuits des "7 moins", les axones des neurones venus de l'œil ne sont pas branchés sur les bons neurones du cortex ! Pour le Dr Drayna, ce serait un processus de ce genre qui serait à l'œuvre pour l'oreille absolue. Chez ces personnes, les connexions cérébrales ne seraient pas les mêmes dans l'aire auditive.

Un neuropsychologue américain, Robert Zatory, a

fait, sur des épileptiques, un test dont on peut tirer une hypothèse. En effet, pour calmer leurs crises incessantes, on enlève à ces malades la partie du cerveau responsable des crises, le lobe temporal. Or, dans ce lobe, se trouve également l'aire auditive. Zatory a donc fait le test classique de reconnaissance musicale, avec un oscillateur, chez ces sujets avant et après l'acte chirurgical. Résultat stupéfiant : il n'a constaté aucune différence de performance !

Réponse en forme d'explication du Dr Drayna : il y a un rapport étroit entre l'oreille absolue et la mémoire à long terme, puisque les sujets sont instantanément capables de reproduire des sons entendus une seule fois des années auparavant. Et cette mémoire à long terme est remarquablement préservée, même chez des vieillards dont le cerveau a déjà été détruit en partie par des hémorragies ou des infarctus cérébraux. Il faut donc imaginer que les circuits sont "redondants", et que de multiples régions du cerveau peuvent stocker la même information. Si l'information est détruite dans une zone, ce n'est pas grave, puisqu'elle est préservée dans d'autres. L'oreille absolue serait donc, comme d'autres fonctions supérieures, répartie dans l'ensemble du cerveau (3). Et voilà pourquoi la destruction chirurgicale d'une partie du cortex ne ferait pas disparaître cette propriété.

Quelle que soit la physiologie de ce "super-sens", la découverte d'un mécanisme génétique est lourde de signification : d'abord parce que ce serait la toute première fois qu'une fonction intervenant dans un domaine artistique, faisant théoriquement appel à de multiples connexions et intégrations cérébrales, serait commandée simplement par un unique gène. Jusqu'ici, les généticiens et les spécialistes du cerveau sont en effet persuadés que chaque fonction cérébrale est probablement sous la dépendance d'un grand nombre de gènes de structure et de régulation. Cette thèse serait démentie si l'on pouvait isoler un seul gène pour l'oreille absolue.

D'autre part, cela permettrait — et ce serait aussi la première fois — d'évaluer la transmission héréditaire de traits "intelligents" et plus seulement de protéines, d'enzymes ou de traits physiques simples comme la couleur des yeux ou la taille adulte. Troisième point, et sans doute le moins négligeable : si l'on dispose d'une sonde moléculaire pour faire le diagnostic certain de l'oreille absolue, on peut espérer aussi étudier ses mutations et voir comment elles se relient à des handicaps. Il existe, par exemple, des personnes, entre une sur deux cents et une sur trois cents, qui sont dysmélodiques. Elles ont un mal fou à apprendre la musique, elles chantent faux, et elles ne reconnaissent pas les fausses notes dans une mélodie simple comme *Au clair de la lune* ou *Maman les petits bateaux*. Si l'on trouve le gène de l'oreille absolue, puis celui de la dysmélodie, pourquoi pas celui de la dyslexie, ou de l'alexie. Une révolution pour les orthophonistes.

Jean-Michel Bader

(2) Voir *Science & Vie* n° 880

(3) Il y a une sourde lutte aujourd'hui entre les tenants de centres individualisés et ceux d'une décentralisation des fonctions cérébrales. Les premiers, disciples des neurologues du XIX^e siècle, en tiennent encore pour une sorte de phrénologie moléculaire. Ils ne palpent plus les bosses des maths sur le crâne des malades, mais croient découvrir des centres de la douleur, des centres du plaisir, des centres de l'intérêt sexuel dans des aires précises. Les seconds, plus darwiniens, pensent que l'évolution n'a pu privilégier le maintien de centres figés, en tout cas pour les fonctions supérieures, mais que des mécanismes de sélection sont à l'œuvre pour chaque individu pendant son développement, au cours duquel les stimuli extérieurs sélectionnent à l'intérieur du cerveau les circuits neuronaux qui leur plaisent. Ce qui fait de chaque personne un être unique. N'entrons pas dans cette querelle, mais disons qu'elle sous-tend des idéologies diamétralement opposées.