

Le son

Entretien avec Barbara Tillmann

« Le cerveau prédit les sons »

Propos recueillis par Philippe Pajot

Derrière l'évidence de notre expérience auditive se cache un mécanisme plus troublant : le cerveau ne se contente pas d'enregistrer les vibrations du monde, il les interprète, les prédit et, parfois, les invente. De la musique aux conversations dans le bruit, la neuroscientifique Barbara Tillmann explore cette fabrique du sonore où perception rime avec prédiction.

« Le cerveau prédit les sons »

La Recherche **Pour commencer simplement : qu'est-ce qu'un son du point de vue du cerveau ?**

Barbara Tillmann Un son, au départ, n'est qu'une vibration physique. Par exemple, une corde de guitare en mouvement met l'air en vibration, ce qui crée des ondes de compression qui se propagent. Lorsqu'elles parviennent à l'oreille, ces ondes font vibrer le tympan, puis sont transformées en signaux électriques dans la cochlée et transmises au cerveau en passant par plusieurs étapes.

Très tôt dans la chaîne de traitement, le système auditif code déjà certaines propriétés, comme la hauteur du son ou son intensité. Puis, au fil des relais neuronaux, l'information s'enrichit : organisation temporelle, localisation dans l'espace, mise en relation fonctionnelle des sons, identification. Le traitement se complexifie jusqu'au cortex auditif, en interaction avec d'autres régions cérébrales. La perception auditive est ainsi une construction progressive, qui mobilise attention, mémoire, connaissances, prédiction et raisonnement.

Pouvez-vous préciser comment fonctionne cette construction ?

Le cerveau ne se contente pas de recevoir des signaux : il les prédit, les interprète et parfois les reconstruit. Un même signal acoustique peut être perçu différemment selon le contexte. Inversement, des signaux différents peuvent être interprétés comme identiques : la perception est loin d'être une copie du réel. Les illusions auditives illustrent bien ce phénomène. Par exemple, si l'on interrompt un son continu par un court silence et qu'on le remplace par un bruit, le cerveau peut « remplir » ce trou et reconstruire une continuité du son. Quand on enlève un phonème d'un mot parlé et qu'on le remplace par un bruit, le cerveau reconstruit l'information manquante, et l'auditeur entend le signal comme un mot prononcé en totalité avec un bruit superposé. On parle de restauration phonémique : le cerveau comble les manques en fonction du contexte **(1)**. Cela signifie que l'auditeur n'entend pas seulement ce qui est présent dans le signal, mais aussi ce que le cerveau s'attend à entendre.

Cette idée de « cerveau prédictif » est-elle importante pour comprendre l'audition ?

Le cerveau fonctionne en permanence par prédictions : il anticipe ce qui va arriver et quand, que ce soit dans la musique ou dans le langage **(2)**. Dans la musique, par exemple, il prédit quelle note va suivre et à quel moment. Lorsque ces attentes sont confirmées, le traitement est facilité, c'est-à-dire plus rapide, plus correct et nécessitant moins de ressources neuronales. Dans la vie quotidienne, ce mécanisme est patent dans des situations comme une conversation dans un environnement bruyant. Le cerveau utilise non seulement des indices acoustiques (hauteur, intensité, localisation), mais aussi le contexte et ses connaissances linguistiques, pour reconstituer les mots manquants. C'est pourquoi nous comprenons assez bien une conversation dans notre langue maternelle dans un café bruyant, alors que cela devient plus difficile dans une langue étrangère : les mécanismes prédictifs fonctionnent moins bien. Si cette capacité prédictive facilite le traitement pour les événements attendus, elle le rend moins efficace pour les événements moins ou non attendus. Mais comme ils sont moins probables, ce coût ou biais est acceptable.

Vos travaux portent sur la musique. Le cerveau traite-t-il la musique différemment des autres sons ?

En plus de certaines spécificités, la musique partage des réseaux cérébraux avec d'autres fonctions, en particulier le langage. Par exemple, certaines régions du cortex frontal impliquées dans le traitement de la syntaxe linguistique participent également à l'analyse des structures musicales (la « syntaxe musicale »). Comme un langage, la musique repose sur des régularités : certaines notes ou certains accords apparaissent plus fréquemment ensemble ou sont plus probables dans un contexte donné. Le cerveau apprend ces régularités par exposition et s'en sert pour anticiper la suite, créant des attentes, des tensions et des résolutions. Même sans formation musicale, un auditeur est capable de percevoir qu'une note « ne va pas » ou qu'une phrase musicale reste inachevée.

Plus précisément ?

La musique mobilise un vaste réseau cérébral dont les régions interagissent et se synchronisent, formant une « symphonie neuronale ». Au-delà des aires auditives, elle sollicite les régions motrices - liées au rythme et aux prédictions temporelles, même sans que l'auditeur bouge -, ainsi que les circuits émotionnels, et y inclut le système de la récompense. L'écoute de la musique peut ainsi déclencher la libération de dopamine, un neurotransmetteur clé du plaisir et de la motivation. Les émotions musicales naissent en partie d'un jeu entre attentes et surprises : la musique peut confirmer, déjouer ou réorienter les prédictions de l'auditeur. Plus largement, la musique constitue un outil privilégié pour étudier le cerveau -prédiction, attention, mémoire, apprentissage et interactions sociales (3). Ces recherches éclairent non seulement le traitement de la musique, mais aussi son potentiel pour stimuler le cerveau, y compris dans des contextes pathologiques, tout au long de la vie. Elles illustrent ainsi comment des travaux de recherche fondamentale peuvent déboucher sur des applications cliniques, éducatives et sociétales.

Peut-on dire que nous sommes tous, d'une certaine manière, musiciens ?

Dans un certain sens, c'est le cas. Même sans apprentissage formel, l'auditeur développe une expertise implicite de la musique, par le simple fait d'y être exposé dans la vie de tous les jours. Un non-musicien - sans formation musicale explicite - peut être comparé à un locuteur natif : il comprend les structures, anticipe les enchaînements, détecte les anomalies, sans forcément pouvoir les expliciter. On peut ainsi dire qu'il est un « expert implicite » de la perception musicale. Cette capacité repose sur l'extraction automatique de régularités entre les événements dans l'environnement par le cerveau, un mécanisme fondamental d'apprentissage qui s'applique aussi au langage par exemple.

À l'inverse, que nous apprennent les troubles de la perception musicale ?

Étudier les troubles du traitement musical -les amusies - permet d'éclairer à la fois ces dysfonctionnements et le fonctionnement normal du cerveau. On distingue l'amusie acquise, qui survient après une lésion cérébrale, et l'amusie congénitale, qui touche environ 1,5 à 4 % de la population. Ces personnes ne présentent ni déficit auditif, ni trouble cognitif général, mais éprouvent des difficultés spécifiques à percevoir, mémoriser ou produire la musique, notamment à chanter (4). Les travaux de recherche ont mis en évidence de légères anomalies dans les cortex auditif et frontal, ainsi qu'une communication réduite entre ces régions. Ils permettent ainsi de mieux comprendre les bases neuronales de la perception musicale et d'élaborer des méthodes d'entraînement pour atténuer ces déficits. L'amusie congénitale est souvent rapprochée d'autres troubles neurodéveloppementaux, comme la dyslexie (langage) ou la prosopagnosie congénitale (reconnaissance des visages).

“ Le traitement du rythme est crucial dans le développement cognitif, moteur et social de l'enfant ”

Dès les premiers mois de vie, sommes-nous déjà sensibles aux sons ?

Oui, et même avant la naissance. Le fœtus perçoit les sons dès le cinquième mois de gestation, lorsque son système auditif devient fonctionnel. Il est alors exposé à un environnement sonore riche : battements du cœur maternel, voix, bruits extérieurs atténués. Plusieurs études montrent qu'il peut non seulement entendre, mais aussi mémoriser ces sons. Dans l'une d'elles, des femmes enceintes écoutaient régulièrement une mélodie; après la naissance, puis quatre mois plus tard, les cerveaux des bébés réagissaient à des versions modifiées de cette musique, signe qu'ils en avaient gardé une trace en mémoire (5). Par ailleurs, très tôt, les nourrissons - y compris prématurés -présentent des compétences musicales remarquables : ils distinguent hauteurs, rythmes et structures, même étrangers à leur culture. Mais, au fil du développement, ils se spécialisent en fonction de leur environnement, comme pour le langage. Avant 12 mois, un bébé différencie toutes les consonnes et voyelles; ensuite, il se concentre sur les sons qui lui sont pertinents pour la langue utilisée autour de lui. Les recherches actuelles s'intéressent particulièrement au traitement du rythme dès le début de la vie. Un déficit dans cette capacité pourrait avoir des effets en

cascade sur le développement cognitif, moteur et social. L'enjeu est donc de mieux mesurer ces compétences précoces et d'évaluer l'impact de programmes de stimulation rythmique non verbale afin d'accompagner le développement des enfants (6).

Pourquoi certaines combinaisons de sons nous paraissent-elles harmonieuses, et d'autres dissonantes ? Cette perception est-elle universelle ou apprise ?

Dans la perception des consonances et dissonances, on retrouve l'influence des propriétés acoustiques et celle de l'expérience de l'auditeur. Un son musical est une vibration composée d'une fréquence fondamentale et des harmoniques (multiples de cette fréquence). Quand deux sons sont joués ensemble, leur combinaison peut être consonante et harmonieuse ou non en fonction de la proximité des harmoniques qui les constituent. Lorsque certains harmoniques sont très proches en fréquence, ils créent des battements qui engendrent une sensation de frottement et de dissonance. Toutefois, des influences culturelles peuvent moduler ces sensations de dissonance en les rendant plaisantes et harmonieuses en fonction du contexte syntaxique et stylistique dans lesquelles elles apparaissent. Ce que nous trouvons « harmonieux » résulte finalement d'un dialogue entre les contraintes biologiques du système auditif et un apprentissage continu, qui affine au fil du temps nos attentes et nos interprétations des sons.

Si le cerveau peut apprendre, peut-il compenser une perte auditive ou un signal dégradé ?

Dans certaines limites, oui. Grâce à sa plasticité, il peut acquérir de nouvelles connaissances et les mobiliser pour reconstruire un signal incomplet ou déformé. Ainsi, même lorsque la parole est fortement altérée, nous pouvons apprendre à la comprendre. Cette capacité est particulièrement visible chez les personnes équipées d'implants cochléaires, qui doivent apprendre à interpréter des signaux très différents. Le cerveau peut également s'appuyer sur d'autres modalités, comme la vision - lecture labiale, expressions faciales - pour compléter les informations manquantes. En cas de surdité, cette plasticité va encore plus loin : certaines régions auditives peuvent être partiellement « réaffectées » et commencer à traiter des informations visuelles (7).

Dans nos sociétés urbaines, nous vivons dans des environnements de plus en plus bruyants. Quels en sont les effets sur la santé ?

Le bruit a des effets bien documentés sur l'organisme. Au-delà des atteintes auditives liées à des intensités élevées, une exposition prolongée, même à faible niveau, peut accroître le stress, perturber le sommeil, dégrader la qualité de vie et affecter des fonctions cognitives comme l'attention ou la mémoire de travail. Chez l'enfant, l'impact est particulièrement préoccupant.

Des études en milieu scolaire montrent qu'une exposition chronique au bruit -notamment celui du trafic - est associée à des retards dans l'apprentissage de la lecture. Par exemple, autour des aéroports, une corrélation a été observée entre le niveau de bruit et les performances en compréhension écrite (8). Fait notable, ces effets surviennent même sans perception consciente du bruit. Le cerveau continue de traiter les sons de fond - ventilation, trafic lointain, brouhaha -en mobilisant des ressources attentionnelles pour les filtrer, ce qui alourdit la charge cognitive. À long terme, cette exposition peut aussi altérer le traitement des sons au niveau sous-cortical et cérébral.

Au fond, que nous apprennent les neurosciences de l'audition sur notre rapport au monde ?

Elles montrent que percevoir n'est pas passif. Entendre, ce n'est pas simplement recevoir des sons, c'est les interpréter, les organiser, les prédire à partir du contexte et de l'expérience. Cela signifie que l'environnement sonore, la culture, la langue, mais aussi l'histoire personnelle, peuvent contribuer à ce que l'auditeur entend. Nous n'entendons pas seulement avec nos oreilles, mais avec notre cerveau.

(1) R. M. Warren, *Science*, 167, 392, 1970.

(2) V. N. Salimpoor *et al.*, *Trends Cogn. Sci.*, 19, 86, 2015; L. H. Arnal et A.-L. Giraud, *Trends Cogn. Sci.*, 16, 390, 2012.

(3) Robert Zatorre, *From Perception to Pleasure*, Oxford University Press, 2023; A. Fiveash *et al.*, *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 149, 105153, 2023.

(4) B. Tillmann *et al.*, *Hear. Res.*, 437, 108855, 2023; I. Peretz, *Trends Cogn. Sci.*, 20, 857, 2016.

(5) E. Partanen *et al.*, *PLOS One*, 8, e78946, 2013.

(6) B. Tillmann *et al.*, *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, doi: 10.1111/nyas.70161, 2025.

(7) L. B. Merabet et A. Pascual-Leone, *Nat. Rev. Neurosci.*, 11, 44, 2010.

(8) S. A. Stansfeld *et al.*, *The Lancet*, 365, 1942, 2005; N. Kraus et T. Nicol, *Hear. J.*, 75, 30, 2022.

BIO

1999 Doctorat en psychologie cognitive à l'université de Bourgogne, Dijon.

2001 Chargée de recherche au CNRS.

2004 Médaille de bronze du CNRS.

2010 Directrice de recherche au CNRS.

2016 Médaille d'argent du CNRS.

2011-2020 Directrice d'équipe « Cognition auditive et psychoacoustique » au Centre de recherche en neurosciences de Lyon (CNRS-Inserm-université Lyon 1-université Jean-Monnet, Saint-Étienne).

Depuis 2022 Laboratoire d'étude de l'apprentissage et du développement, (CNRS-université Bourgogne Europe).

POUR EN SAVOIR PLUS

Emmanuel Bigand et Barbara Tillmann, *La Symphonie neuronale*, Humensciences, 2020 (éditions Alpha, 2023, pour l'édition la plus récente).

Podcast de France Culture : « Les pouvoirs de la musique », par Barbara Tillmann (6 épisodes) : radiofrance.fr/franceculture/podcasts/serie-les-pouvoirs-de-la-musique

1,5 À 4 % DE LA POPULATION

1,5 À 4 % DE LA POPULATION est touchée par l'amusie congénitale, un trouble du traitement musical. Les personnes concernées éprouvent des difficultés à percevoir, mémoriser ou produire la musique, notamment à chanter.

Illustration(s) :



([https://nouveau.europresse.com/WebPages/media.aspx?](https://nouveau.europresse.com/WebPages/media.aspx?Type=image&DocName=20260618SRE722029_01.jpg&Logo=sre3_small.gif)

[Type=image&DocName=20260618SRE722029_01.jpg&Logo=sre3_small.gif](https://nouveau.europresse.com/WebPages/media.aspx?Type=image&DocName=20260618SRE722029_01.jpg&Logo=sre3_small.gif)).

BERNARD MARTINEZ

© 2026 La Recherche. Tous droits réservés.

Le présent document est protégé par les lois et conventions internationales sur le droit d'auteur et son utilisation est régie par ces lois et conventions.

news-20260618-SRE-722029