

Il fait voir les aveugles à l'aide de sons.



Il amène les sourds à entendre par le toucher.

Les recherches du Professeur Amir Amedi mettent le feu à l'imagination, au sens le plus littéral du terme.

Un artiste des sens

Propos recueillis par Dani Bar On

Voir la chaleur comme un serpent et discerner des objets derrière un rideau comme Superman. Grâce à une technologie qui mêle les différents sens, le Professeur Amir Amedi, l'un des plus éminents neuro-scientifiques d'Israël, est persuadé qu'il peut offrir à l'humanité un super-sens

Dani Bar On

« Il est possible de vous transformer en chauve-souris ou en dauphin en quelques heures »

A votre avis, laquelle de ces deux figures s'appelle « Kiki » et laquelle « Bouba » ?

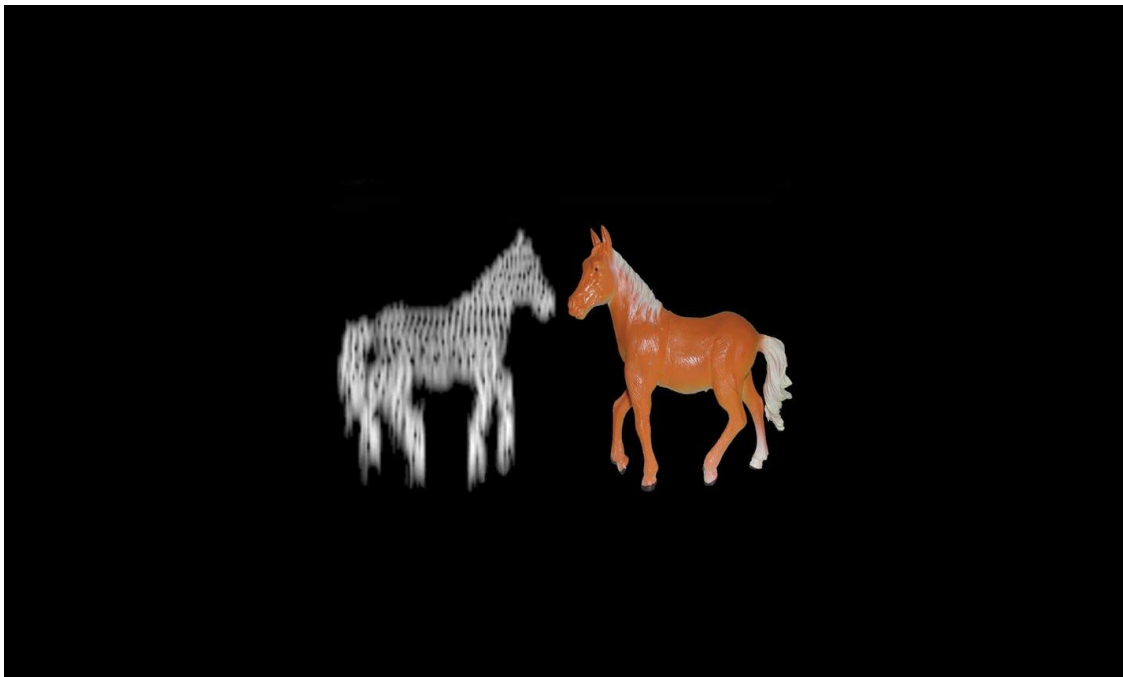
Si vous pensez que c'est celle de droite qui se nomme « Bouba » et celle de gauche « Kiki », vous n'êtes pas tout seul : telle est la réponse de près de neuf personnes sur

dix. Ce phénomène, découvert par le psychologue Wolfgang Kohler, fait l'objet de recherches depuis une centaine d'années, mais n'a pas encore été totalement élucidé. Pourquoi donc celle-ci serait-elle Bouba et l'autre Kiki ? Quel est le rapport entre la forme et le son ?

L'une des explications courantes de ce phénomène serait que lorsque l'on prononce le mot « Bouba », la bouche s'arrondit davantage que lorsque l'on dit « Kiki ». Ce qui signifie que la coordination intuitive entre forme et son découle du système de connections du cerveau entre la zone qui sent le mouvement de la bouche et de la langue et la zone visuelle qui voit les formes. Du point de vue du Professeur Amir Amedi, directeur de l'Institut Baruch Ivcher pour le Cerveau, la Cognition et la Technologie de l'École de Psychologie du Centre Interdisciplinaire d'Hertzliya, ceci est une illustration simple du phénomène bien plus complexe qu'il étudie sous tous ses aspects tout au long de sa carrière : le lien profond, mystérieux et ramifié entre les sens.

1

Amedi, l'un des chercheurs les plus en vue d'Israël, jouit d'une réputation internationale dans son domaine. Les implications de son travail dépassent l'imagination. Grâce à ses recherches, il a réussi à faire voir des aveugles par le biais de sons et à faire entendre des malentendants par le bout de leurs doigts.



Cheval (à droite) et image de cheval créée par le biais de sons

Photo : Amir Amedi /nature neuroscience

Dans son laboratoire, on étudie comment utiliser les passages secrets entre les différents sens pour réhabiliter les personnes dont le cerveau a été endommagé par un AVC ou un accident, et parallèlement, comment optimiser les facultés de gens bien-portants. Par exemple, on y développe des technologies qui permettront à des personnes qui ont du mal à se concentrer de se plonger dans une méditation profonde, et de bénéficier ainsi des avantages immenses qu'elle procure. Un jour comme les autres dans le laboratoire d'Amedi, on s'affaire à utiliser les sens existants

pour créer des sens supérieurs : voir la chaleur comme le fait un serpent, et discerner des objets derrière un rideau comme Superman en personne. Ces jours-ci, le Professeur Amedi vise un but supplémentaire, encore plus ambitieux : identifier les zones d'intersection du corps et de l'esprit dans le cerveau. La plupart de ses découvertes en la matière n'ont pas encore été publiées, et représentent à ses yeux « des pistes significatives » vers la solution de ce problème qui préoccupe l'humanité depuis la nuit des temps.

Malgré la centaine de publications sur différents sujets en neurosciences, Amedi est surtout identifié au développement du système EyeMusic de vision pour aveugles (l'Oeil Musical). Ces dernières années, le système s'est considérablement amélioré, et aujourd'hui un aveugle entraîné peut « entendre » par ce biais une image de 1.500 pixels par seconde de musique. Amedi note fièrement qu'une telle résolution permet même de reconnaître le visage d'un individu. Dans son laboratoire, il a réussi à ce que des aveugles aidés par l'Oeil Musical accomplissent des tâches complexes impliquant la reconnaissance de couleurs et de mouvement dans un espace en trois dimensions, comme prendre une pomme rouge dans une coupe de pommes vertes. L'une des raisons pour lesquelles le chercheur choisit aujourd'hui de donner pour la première fois une grande interview, c'est qu'il souhaite échapper un peu à l'image de « celui qui fait voir les aveugles par les oreilles ». L'Oeil musical est un outil important, mais pas moins que les découvertes qu'il a faites grâce à cet outil, et avant ou après lui, sur la nature du cerveau humain.

D'après la théorie d'Amedi, le cerveau est construit de façon radicalement différente de ce que nous pensions jusqu'ici, les murailles que nous avons élevées entre les cinq sens sont artificielles, beaucoup plus friables que nous ne l'imaginions, et il est donc possible d'assouplir des cerveaux qui nous semblaient complètement fossilisés.

Une étude approfondie publiée le mois dernier avec son collègue, le Docteur Bendetta Heimler, dans le *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, résume vingt années de recherche : « la plasticité cérébrale diminue bien avec l'âge, mais on peut rallumer le feu ».

2

Les recherches d'Amedi et de ses collègues sont extrêmement complexes, ramifiées et difficiles d'accès. Il y a cependant – et c'est sans doute ce qui rend son travail si attirant et merveilleux, au sens propre du terme – quelque chose d'intuitif et de simple à comprendre, car il touche directement aux sens. Chaque être humain possède des sens, et chacun sent au plus profond de lui-même, qu'ils sont interconnectés. A certains égards, Amedi et ses collègues donnent nom et forme à ce que nous ressentons tous.

Mais que Diable cette zone fabrique-t-elle ?

Amir Amedi, 47 ans, est marié à Inbal, vétérinaire et chercheuse en neurosciences, et père de deux filles de 7 et 10 ans. Il est né dans une famille de trois enfants, dont il est l'aîné, dans le quartier kurde de Jérusalem. Il a passé ses premières années avec ses parents et ses oncles dans une maison surpeuplée, que son grand-père avait construite de ses propres mains à son arrivée - à pied - en Israël du Kurdistan.

Ensuite, ils ont déménagé dans un camp de transit (« la vallée des bidonvilles », tout près du centre commercial Malkha, qui n'existait pas alors), et de là dans le quartier d'Ir Ganim, dont il se souvient avec tendresse comme "le cœur battant de la criminalité de Jérusalem à l'époque". Son père était chauffeur de bus, et sa mère, femme au foyer. L'école que fréquentait Amir était rude et violente. « J'ai une histoire drôle à vous raconter » nous dit Amedi, - ce qui laisse souvent présager d'une suite pas forcément hilarante... - lorsqu'à la fin de son service militaire il va rendre visite à ses copains du quartier, il retrouve par hasard son meilleur ami d'enfance. « On est tombé dans les bras l'un de l'autre, on a beaucoup parlé. Une semaine plus tard, j'ouvre le journal local de Jérusalem, Kol Haïr, et je vois sa photo : il venait de se faire arrêter pour avoir attaqué le fourgon postal de la boulangerie Angel. Un autre garçon qui avait grandi avec nous a reçu un coup de couteau en plein cœur dans l'épicerie du quartier. Un quartier dur, je vous dis. »

Il rend grâce à ses parents de n'avoir jamais lésiné sur les moyens quand il s'agissait de l'éducation, malgré leur précarité. Il a été sauvé par le programme « Ofek » (horizon) pour enfants précoces qui, à partir du CE2, lui a permis d'élargir ses horizons, en passant un jour par semaine au Musée des Sciences Naturelles de Rehavia (quartier chic de Jérusalem). « C'était une expérience incroyable », se souvient-il, un sourire aux lèvres. « On avait toutes sortes de cours, des maths à la peinture. C'était un véritable Luna Park de passion pure pour le savoir, dans une atmosphère très amicale ». En 5^e (début du collège en Israël), il a été reçu dans le prestigieux lycée de l'Université hébraïque de Jérusalem (alias Leyada), où, après avoir surmonté un profond choc culturel (« Ils corrigeaient mon hébreu »), il se savait sur la voie royale vers le monde universitaire.

La seule question qui se posait était de choisir ce qu'il étudierait. A un peu plus de 20 ans, Amedi, fou de saxophone, était déchiré entre l'Académie de musique et le département de Biologie de l'Université hébraïque de Jérusalem. Finalement, il a décidé de faire un double diplôme, se faufilant dans la journée entre les bâtiments de l'immense campus de l'université de Givat Ram, tout en gagnant sa vie la nuit comme officier de sécurité dans le Musée d'Israël. Pendant ses études de premier cycle il a

3

découvert les neurosciences un peu par hasard, dans le sillage d'une jeune femme qu'il draguait. Il s'est très vite épris de cette matière, et en deux semaines son projet de devenir biologiste marin a été abandonné, tout comme celui d'être saxophoniste. Il lui a suffi d'un instant de lucidité douloureuse, au Festival de Jazz d'Eilat, pour « comprendre que peu importe combien je m'entraînerais, je n'avais pas ce qu'il fallait »...



Photo : Professeur Amir Amedi, Photo de Tomer Appelbaum

La natation, la nourriture, les voyages, le sexe, il n’y a presque pas d’expérience humaine qui ne soit multi-sensorielle. Alors pourquoi étudier chaque sens séparément ? « Quand j’étais étudiant, j’essayais de penser à toutes les expériences qui comptaient pour moi dans la vie », dit Amedi, « et je n’ai réussi à en trouver aucune qui n’implique plusieurs sens à la fois »

Après sa licence, Amedi continue directement dans un programme de doctorat en calcul neural. Dès ses premiers contacts avec les neurosciences, il a senti que ce domaine souffrait de divisions artificielles entre les différents champs du savoir. Non seulement divers aspects du cerveau sont étudiés par des scientifiques venus de différentes disciplines - biologie, psychologie, médecine, linguistique – mais encore chacun des neurobiologistes, qui étudient spécifiquement l'activité des sens dans le cerveau, se focalise sur un sens différent. « J'ai constaté que les chercheurs du domaine de la vision, par exemple, ne s'intéressaient qu'au cortex visuel », dit-il. « Ils ne se rencontrent qu'entre eux lors de congrès. De même pour les chercheurs du domaine de l'ouïe : certains font des recherches sur la musique, d'autres sur la langue, mais tous ne s'occupent que de l'ouïe. Et ainsi de suite. »

Les racines de cette approche se trouvent dans les tout débuts des neurosciences, lorsque les scientifiques abordaient le contenu du crâne de la même manière qu'ils le faisaient du ventre. Après avoir compris le fonctionnement des reins, celui de l'estomac et celui du foie, ils espéraient que le cerveau serait lui aussi constitué d'espèces d'organes secondaires, chacun ayant un rôle clair et défini. Ce n'est qu'à un stade ultérieur, grâce à de nombreux scientifiques, parmi lesquels on compte Amedi, qu'il s'est avéré que les frontières que l'on avait tracées entre les différentes zones du cerveau étaient peut-être commodes pour la classification, mais qu'elles occultaient la complexité et la polyvalence que l'on n'arrêtait pas de découvrir. La natation, la

nourriture, les voyages, le sexe, il n'y a presque pas d'expérience humaine qui ne soit multi-sensorielle. Alors pourquoi étudier chaque sens séparément ? « Quand j'étais étudiant, j'essayais de penser à toutes les expériences qui comptaient pour moi dans la vie », dit Amedi, « et je n'ai réussi à en trouver aucune qui n'implique plusieurs sens à la fois »

Pour son doctorat, obtenu en 2006, Amedi a étudié une zone particulière du cortex visuel dans le cerveau. Situé à l'arrière de la tête, cette zone représente environ 30% du cortex cérébral. Les spécialistes de la vue mènent depuis des années des recherches sur cet immense territoire sinueux, où, au cours de recherches classiques et méticuleuses on a découvert, les unes après les autres, des sous-divisions

4

territoriales. Il existe une zone où l'image reçue de l'œil est représentée sur une sorte d'écran interne, pixel après pixel ; il y a une zone dédiée à l'identification faciale, une autre identifie les mouvements du corps (mais pas les visages), tandis qu'une autre est spécialisée dans l'identification de la forme des lettres. Amedi a entrepris d'étudier une certaine sous-division territoriale du cortex visuel appelé LOC (Lateral Occipital Complex), connu sous le nom de complexe occipital latéral, qui avait été découvert par son directeur de thèse, le Professeur Rafael Malach, de l'Institut Weizmann.

Le LOC identifie des objets spécifiques, comme une canette de Coca-Cola, mais est beaucoup moins actif lorsque les yeux sont requis pour identifier un objet plus abstrait (comme par exemple un tissu en soie). Amedi a voulu savoir ce qui se passait dans le cerveau quand on demande à quelqu'un d'identifier la canette, mais sans utiliser la vue. « À cette époque, je faisais des randonnées », se souvient-il. « Quand je n'avais pas de lampe de poche, je reconnaissais les objets dans la tente par le toucher. Je me disais : Et s'il y avait dans le cerveau une zone comme le LOC dans celle du sens du toucher? J'ai cherché des informations sur le sujet dans la littérature scientifique et je n'ai rien trouvé." C'était à la fin du siècle dernier, l'époque pionnière des neurosciences, on utilisait la nouvelle machine d'imagerie fonctionnelle, l'IRMf, qui peut afficher l'activité cérébrale en haute résolution et en temps réel. Amedi espérait trouver dans le cortex du toucher la zone responsable de l'identification des objets, pour pouvoir y planter un petit drapeau. En d'autres termes, localiser l'équivalent de la découverte de son directeur de thèse, mais pour un autre sens.

Amedi alla acheter dans un magasin de jouets toutes sortes d'objets qui ne contenaient pas de métal (les objets métalliques ne peuvent pas être utilisés en IRMf en raison de son puissant aimant), puis il est lui-même entré dans l'appareil d'imagerie et a commencé à toucher. Il a constaté une activité cérébrale dans la région du toucher, ce qui n'était pas particulièrement surprenant. Mais l'activité la plus intense avait lieu justement dans une sous-région particulière du LOC - c'est-à-dire dans un endroit qui n'était censé fonctionner qu'en réponse à l'activité visuelle.

« Ca m'a époustouflé », dit Amedi, « parce qu'en fait ça devenait une sorte d'énigme policière. Pourquoi cette zone s'allumait-elle, alors qu'elle était censée n'avoir aucun rapport avec le toucher ? » Il a continué à sonder la question. Entre autres tests, il a étudié ce qu'il s'y produit lorsque des sujets sont invités à identifier un objet par le son qu'il produit, par exemple un marteau par le son d'un marteau. La zone ne s'est pas allumée. Cela s'explique par le fait que le cerveau n'a pas besoin de passer par la

forme pour reconnaître quelque chose par l'ouïe. « Vous entendez des aboiements dehors, par la fenêtre », dit Amedi. « Est-ce que vous avez besoin d'imaginer la forme d'un chien pour comprendre qu'il s'agit d'un chien » ?

Par la suite, Amedi a fait appel à des aveugles de naissance pour qu'ils identifient des objets par le toucher, et cette zone particulière dans le LOC - qui entre-temps avait été baptisée LOTv « latéral occipital tactile-visuel » - s'est allumée sans aucun doute possible. « L'énigme s'est compliquée », dit-il. « Que Diabla cette zone fabrique-t-elle ? »

Cette découverte est absolument fascinante - une autre fissure dans le mur de l'approche standard, selon laquelle le cortex est divisé en zones distinctes, chacune

5

dédiée à son propre sens. « Jusqu'à ce jour, c'est ce qui est écrit dans les manuels scolaires » note Amedi. Mais par la suite, la découverte s'avèrera avoir une signification bien plus profonde. Quelques années plus tard, revenu à l'Université hébraïque après un post-doctorat à Harvard, Amedi a voulu savoir ce qui active également cette zone. C'est une question importante, car la réponse à cette question touche au cœur d'une question cruciale pour les neurosciences : la plasticité du cerveau.

Aujourd'hui, la plupart des scientifiques s'accordent à dire que durant la petite enfance le cerveau est très flexible, mais qu'ensuite, il "durcit", se verrouille, et que nombre de possibilités qui lui étaient ouvertes se referment. Dans la foulée des études des prix Nobel David Hubel et Torston Wiesel, par exemple, il est apparu clairement pourquoi, dans les premières années de la vie, il y a une période critique au cours de laquelle la région visuelle du cerveau peut être stimulée. D'où les efforts considérables que l'on déploie pour découvrir et corriger un œil paresseux chez les bébés. Dans ce cas-là, pour une raison quelconque - le strabisme, par exemple - le cerveau ne reçoit pas d'images correctes des deux yeux, et ne peut donc les intégrer pour profiter d'une vision tridimensionnelle. Dans une situation pareille, le cerveau choisit l'image reçue d'un œil et ignore l'autre. La zone de la vision dans le cerveau ne se développe donc pas comme il se doit, avec pour conséquence des dommages généralement irréversibles. Un adulte en revanche, peut avoir un œil fermé pendant un mois sans aucun préjudice.

Comme les aveugles congénitaux n'activent pas le sens de la vue dès la naissance, on s'attendrait à ce que la zone de leur vision soit atrophiée. C'est l'une des raisons pour lesquelles Amedi a été stupéfait de découvrir de l'activité dans cette zone de leur cerveau lorsqu'ils palpaient des objets. Mais on pourrait faire valoir que c'était juste un hasard. Disons que par hasard, cette région du cerveau est activée également par le toucher. Cela contredirait quelques hypothèses courantes, mais on pourrait y voir une sorte d'exception à la règle. Amedi voulait prouver que son LOTv n'avait aucun lien avec le toucher, la vue, ni tout autre sens spécifique. Il voulait s'élever à un niveau beaucoup plus abstrait et prouver que cette zone du cerveau, bien que située dans ce qu'on appelle le cortex visuel, remplit une fonction plus abstraite : la construction d'une forme tridimensionnelle, sans lien aucun avec la question du sens d'où provient la donnée sur laquelle se constitue cette forme.

« Des millions de gens dans le monde sont enclins à la synesthésie, et beaucoup d'entre eux n'ont pas la moindre idée que leur expérience diffère de celle du reste de l'humanité. Mais ils n'ont pas le contrôle sur la connexion entre les sens, c'est aléatoire et arbitraire. Ce que nous tentons de créer, c'est quelque chose d'ordonné »

La manière la plus raffinée de le prouver était de trouver une méthode qui amène un sujet à percevoir la forme tridimensionnelle d'un objet au moyen d'une technologie que ni lui, ni personne d'autre, n'aie jamais essayée auparavant. Par exemple, si vous

6

réussissiez à former quelqu'un à voir en trois dimensions par le seul biais de la musique, une compétence que l'évolution n'avait certainement pas prévue pour lui (car il n'est pas un rongeur...), et que vous voyiez ensuite que vous arrivez progressivement à allumer chez cette personne cette fameuse zone du cerveau - vous démontreriez la nature de la région que vous avez découverte, et confirmeriez du même coup l'hypothèse que le cerveau est bien plus flexible que ce que pensait la science. C'est ce qu'Amedi et son équipe ont fait.

Le prochain est un cheval

Comment voir au moyen de sons ? Dans ses recherches, Amedi a élargi et développé les travaux de ses prédécesseurs, parmi lesquels Paul Bach-y-Rita, de l'Université de Wisconsin, l'un des pères de la recherche sur la neuro-plasticité. La méthode, dans un certain sens, est simple : il s'agit de convertir la donnée appropriée à un sens endommagé en une donnée accessible à un autre sens. En termes de cyber-sécurité, on appellerait cela du hacking : utilisation d'un sens dysfonctionnel, au moyen d'une entrée dérobée en passant par un sens fonctionnel.

- C'est en fait de la synesthésie, n'est-ce pas ?

« Le mélange des sens qui se produit dans la synesthésie est spontané », explique Amedi. « C'est notre grand rêve en tant que chercheurs de la transformation sensorielle, et elle est beaucoup plus répandue que les gens ne le pensent. Il y a des millions de personnes dans le monde qui sont enclines à la synesthésie, et beaucoup d'entre elles n'ont aucune idée que leur expérience est différente de celle du reste de l'humanité (voir l'encadré). Mais - et c'est un point important- ils n'ont aucun contrôle sur la connexion, qui reste pour eux aléatoire et arbitraire. Ce que nous tentons de créer, c'est quelque chose d'ordonné, qui ne s'appliquera pas seulement à un nombre restreint et très limité de déclencheurs ». En d'autres termes, la technologie d'Amedi réussit à libérer le cheval sauvage de la synesthésie qui habite le cerveau humain, tout en lui permettant de le dompter pour l'adapter aux besoins de l'individu.

Dans le cadre de ses recherches, Amedi a formé des aveugles de naissance à représenter une image dans leur cerveau par le biais de sons. Les sons aigus représentent la partie supérieure de l'image, les sons graves la partie inférieure. Plus le son est fort dans l'oreille droite, plus il représente le côté droit de l'image, et inversement. Par exemple, une mélodie qui commence dans les aigus dans l'oreille

gauche et se termine dans les graves dans l'oreille droite, représente une ligne diagonale descendant de gauche à droite. Une mélodie qui commence dans les aigus dans l'oreille droite et se termine dans les graves dans l'oreille gauche, représente une ligne diagonale descendant de droite à gauche. Si je joue les deux mélodies à la fois, on obtiendra deux lignes diagonales qui se croisent au milieu - vous venez juste de lire la lettre X par les oreilles.

7

encadré

Les merveilles de la synesthésie

La synesthésie est considérée comme une situation où les sens se mélangent, c'est-à-dire que l'excitation d'un certain sens provoque une expérience dans un autre sens. Mais en fait, elle se passe souvent dans le même. Il existe par exemple des synesthètes qui voient la lettre A toujours rouge. Les deux expériences sont du domaine de la vue, mais la première (la lecture de la lettre A) est normale, tandis que la seconde relève de la synesthésie. D'autres, qui expérimentent la synesthésie sous sa forme connue, peuvent ressentir le goût d'une orange en entendant le nom Simon, ou bien avoir l'impression qu'on les touche en voyant quelqu'un d'autre être touché.

Dans le passé, on considérait la synesthésie comme une sorte de phénomène folklorique, peu crédible, qui caractérisait surtout des gens bizarres, ou aux tendances artistiques. Mais les recherches ont prouvé qu'elle était absolument authentique. Quelqu'un qui voit toujours la lettre A rouge, par exemple, aura du mal à la reconnaître sur un fond rouge, même si elle est écrite en noir. Le taux de synesthètes dans la population est apparemment beaucoup plus élevé que ce que l'on croyait. On l'estimait dans le passé à 0,05% seulement. Il y a quelques années, il est monté à une échelle située entre 2% et 4%. Les chercheurs aujourd'hui tendent à une estimation encore plus haute. L'une des raisons invoquées est l'immense succès des ASMR, ces petits films où l'on voit des gens gratter des micros, murmurer ou palper des surfaces sonores.

Très influencé par ces films (« J'ai ça à l'extrême, presque tous les déclencheurs provoquent en moi une sensation délicieuse qui descend de la nuque jusqu'en bas ») Amedi utilise ces derniers temps une pièce ambisonique (une pièce insonorisée et acoustique aux murs criblés de 97 haut-parleurs) afin d'approfondir sa recherche sur comment provoquer ce phénomène de manière plus effective, et comment il affecte le corps en son ensemble et le cerveau en particulier. De plus, on étudie en laboratoire des formes « douces » de synesthésie, qui elles aussi sont apparemment très courantes. Par exemple, des recherches montrent que des gens sont capables de

distinguer le son que fait de l'eau chaude que l'on verse de celui que fait de l'eau froide. Amedi et ses collègues essaient d'éclaircir la signification de ce lien et comment il se forme dans le cerveau.

8

A propos de chevaux, les murs du laboratoire d'Amedi à l'IDC d'Herzliya sont décorés d'affiches représentant deux chevaux, souvenir d'une de ses publications sur ce sujet dans l'importante revue Nature Neuroscience. À droite, on voit un cheval peint normalement, la donnée reçue par EyeMusic, et à gauche, le résultat : une sorte de cheval fantôme créé en reliant tous les points représentant les sons entendus par les sujets de l'expérience. C'est une image un peu plus vague, un peu floue sur les bords, en noir et blanc, mais sans aucun doute celle d'un cheval. Les sujets aveugles l'ont identifié sans difficulté.

Dans une série d'études publiées ces dernières années dans les meilleures revues de neurosciences, Amedi et ses collègues ont montré que lorsque l'on fait écouter des mélodies visuelles à un aveugle ou à un voyant aux yeux bandés, au début rien ne s'allume dans son cortex visuel. Ce n'est qu'après un entraînement que les zones commencent à agir conformément à la mission : si on lui joue des visages, la zone du visage agira ; si on lui joue la forme de lettres, la zone des lettres agira ; et si on lui joue des objets, c'est leur zone qui agira. « Une vingtaine d'aveugles de naissance ont été entraînés au système EyeMusic, ainsi que des dizaines, voire des centaines d'autres qui sont devenus aveugles à un âge avancé, et également des voyants qui avaient les yeux bandés », dit Amedi. « Nous avons constaté que la capacité à traduire un son en image est universelle. Nous n'avons pas eu un seul sujet, voyant ou aveugle, qui n'ait pas réussi à apprendre l'algorithme ni à traduire des sons en représentation visuelle. Peu importe que vous ayez vu dans le passé ou pas, ou que vous ayez une éducation musicale - tout le monde peut l'apprendre. Le cerveau peut être reprogrammé, vous pouvez être transformé en chauve-souris ou en dauphin en un délai de 10 à 40 heures ».

Le développement de l'appareil a été rendu possible aussi grâce à la courte carrière jazzistique passionnée du futur Professeur. « Le Jazz m'a aidé à résoudre le plus grand défi dans la transformation de la vue en ouïe - le fait que nous fassions entendre énormément de sons simultanément », dit-il. « Imaginez que vous appuyez au hasard sur plus de trois touches de piano... Réussir à ce que 15 ou 20 notes sonnent bien ensemble, c'est un défi, même pour les compositeurs, mais nous, nous n'avons pas ce privilège ». Le système joue automatiquement en fonction de l'image - et non selon telle ou telle préférence esthétique. D'où le choix du mode pentatonique pour le système. « C'est le mode qui constitue la base du jazz, du rock, du funk et de la soul », note Amedi. « Chaque combinaison de notes y sonne au minimum pas trop mal ». Sa connaissance de la musique a également permis à Amedi de mettre son

système en couleurs, en y introduisant des instruments de musique qui chacun représente une couleur différente. La trompette, par exemple joue le bleu, le violon, le jaune.

Que vivent exactement les aveugles congénitaux lorsqu'ils "voient" ainsi pour la première fois ? « Je ne sais pas ce qu'ils vivent, car ils n'ont pas la même langue que nous », répond Amedi. « Vous parlez avec eux et vous ne savez pas du tout comment poser la question », ajoute-t-il, en faisant référence aux aveugles qui se portent volontaires pour participer à ses expériences, et avec qui il entretient une relation chaleureuse tout au long de sa carrière. Il est plus facile de se renseigner sur l'expérience des personnes qui ont perdu la vue quand elles étaient adultes.

9

Amedi travaille actuellement sur un article sur quelqu'un qui a vu toute sa vie mais a complètement perdu l'usage de ses yeux il y a 20 ans. « Il rapporte que dans les premières heures de son entraînement au système, il n'a fait qu'entendre, » dit Amedi. « Mais après 20 à 30 heures d'entraînement, il a senti qu'une zone qui était en sommeil dans son cerveau pendant très longtemps était en train de se réveiller, et il a commencé à voir des images ». Amedi pense que si un aveugle de naissance utilise sa méthode pendant une longue période, disons deux ans, au fil du temps il expérimentera une vision qui ressemblera à celle d'un voyant. Dans le fantasme du savant, certes un peu difficile à réaliser, il désirerait permettre à un bébé né aveugle de s'entraîner à sa méthode régulièrement. Est-ce qu'un tel nourrisson vivrait l'expérience de la vue ? Cette question reste du domaine de la théorie pour l'instant, comme beaucoup d'autres relatives à EyeMusic. Pour l'instant, le système est destiné à rester confiné au laboratoire, car son utilisation quotidienne risque d'être dangereuse. La transformation de ce système en un appareil utilisable est un processus très complexe qui implique une réglementation compliquée. « Imaginez un aveugle qui marche dans la rue avec votre appareil et qui tombe- vous êtes mal ! Mais ça se fera un jour ou l'autre ».

La difficulté de faire d'EyeMusic un instrument pratique qui aide les gens dans le monde réel a poussé Amedi dans une autre direction, qui l'occupe en ce moment : développer une sorte de dispositif auditif qui fonctionne par la vibration des doigts. La recherche dans ce domaine est plus simple, l'entraînement des sujets observés plus court, et aucun risque que quelqu'un ne rentre par votre faute dans un poteau ou ne descende du trottoir par inadvertance. L'idée est d'optimiser la capacité auditive des malentendants par le biais du toucher. Il est courant aujourd'hui de greffer aux malentendants un implant cochléaire qui améliore la capacité auditive mais laisse à désirer dans des conditions difficiles. Amedi explique qu'une personne à qui l'on a greffé un implant auditif peut se débrouiller dans un environnement calme, mais qu'elle aura des problèmes dans la rue, surtout si son interlocuteur porte un masque chirurgical. La difficulté à comprendre ce qui se dit derrière un masque est un exemple classique, à son avis, de notre tendance à utiliser plusieurs de nos sens conjointement afin de déchiffrer un message de la manière la plus rapide et la plus précise. Selon Amedi, lorsque les lèvres de l'orateur sont dissimulées, la capacité de l'auditeur à comprendre diminue de façon spectaculaire – une baisse égale à une réduction de 10 décibels du volume de la voix du locuteur. On produit le même effet, mais en sens inverse, par la vibration des doigts. D'après les résultats d'Amedi et de

ses collègues, qu'ils publieront sous peu, après une heure de formation, la compréhension des sujets observés s'améliore à un degré comparable à une augmentation de 10 décibels.

J'ai demandé une démonstration. Le Dr Katarzyna Ciesla, de Pologne, qui fait son post-doctorat dans le laboratoire, m'a placé des écouteurs sur les oreilles et m'a fait écouter une série de phrases. Dans les écouteurs, j'ai entendu un homme dire de courtes phrases en anglais d'une voix très indistincte. La voix avait été délibérément déformée, et en arrière-plan, une femme parlait aussi, pour corser la difficulté. Je n'ai presque rien compris. Puis on m'a demandé de mettre deux doigts dans une petite boîte trouée, dans laquelle m'attendaient deux petites surfaces vibratiles. Ces

10

surfaces vibraient à la fréquence des paroles de l'homme et m'ont en fait aidé à comprendre ce que j'entendais – par mes doigts. J'ai suivi une très brève formation, bien plus courte que celle prévue dans le protocole de l'expérience, mais malgré tout, ma capacité de reconnaissance s'est améliorée de 80 %. C'était une sensation étrange : je me suis soudain senti capable d'entendre par les doigts. En fin de compte, ces expériences ne nous sont pas étrangères. Tous ceux qui comprennent immédiatement ce que l'on veut dire quand on lit une critique de restaurant qui mentionne des "saveurs claires", ou quand on entend le présentateur d'une émission musicale parler "la couleur d'une voix" sait ce dont il s'agit. Soudain, je me suis souvenu de mon légendaire professeur de musique de 4e à Haïfa, Drora Brissman, qui nous racontait comment, lorsqu'elle était étudiante, elle s'allongeait par terre en écoutant un enregistrement de la « Passion selon Saint Mathieu », afin d'écouter l'œuvre divine de Bach aussi par le corps.

Un drôle de nain aux lèvres boudeuses

Amedi est une personne difficile à interviewer, et ceci n'est pas une critique. La tentative de suivre ce qu'il dit et de déchiffrer ses articles, saturés du jargon professionnel des domaines du calcul neural et de l'anatomie cérébrale, peuvent épuiser rapidement les capacités intellectuelles d'un journaliste moyen. Son discours est rapide et se déroule par associations d'idées, il a tendance à bombarder l'auditeur de recherches qu'il a déjà écrites ou qu'il écrira bientôt, de découvertes remarquables faites par ses collègues et de développements technologiques destinés au grand public qui sont basés sur ses idées. Chacune de nos rencontres durait entre trois et quatre heures et se terminait avec un interviewer lessivé, tandis que l'interviewé paraissait frais comme s'il venait de sortir de sa douche, et prêt à passer au prochain rendez-vous de son emploi du temps surchargé. En le quittant après notre deuxième entretien, un des membres de son équipe m'a remis quatre articles qu'il avait imprimés et reliés pour moi, ainsi qu'une clé USB en contenant 76 autres, que j'aie de quoi lire avant de dormir.

L'approche d'Amedi est pluridisciplinaire et emprunte plusieurs voies à la fois, ce qui provoque parfois des collisions. Il a par exemple des études qui révèlent la capacité visuelle cachée des aveugles. D'autre part, il a fait également des recherches

montrant que certaines sections du cortex d'aveugles aujourd'hui inactives dans le cerveau ont été mobilisées dans leur petite enfance pour renforcer leurs capacités mémorielles et linguistiques. On assiste au même phénomène dans une certaine mesure chez des voyants qui se sont portés volontaires pour passer cinq jours les yeux bandés. Très récemment, il a fait une nouvelle découverte, qui n'a pas encore été publiée : le thalamus gauche, qui est une station de relai des informations visuelles au centre du cerveau, est lui aussi mobilisé par les aveugles à des fins de mémoire et de langage. Ce sont des découvertes époustouflantes, car elles aussi font voler en éclats des conceptions couramment acceptées sur la division du cortex cérébral, et même sur sa division traditionnelle en haut et bas.

11

Quel rapport y a-t-il entre les neurones du cortex visuel et la mémoire ? Qu'est-ce que le thalamus, qui se trouve tout au fond du cortex, a à voir avec les tâches linguistiques complexes, généralement attribuées au seul cortex ? « Les aveugles doivent recourir au langage et à la mémoire bien plus que nous », explique Amedi. « Quand ils "regardent" un match de football, par exemple, ils ont besoin de comprendre et de se souvenir beaucoup plus que nous. Une région du cerveau peut devenir quelque chose de complètement différent, car ce qui n'est pas utilisé sera saisi par ce qui est important ».

Un autre domaine qui occupe le professeur en ce moment implique l'utilisation de sons pour aider les personnes souffrant d'anxiété. Il a commencé à s'y intéresser quand, après s'être mis à méditer pendant un congé sabbatique, il a réalisé combien il se détendait grâce à un exercice méditatif classique : les yeux fermés, on scanne les sensations corporelles de manière systématique, des orteils à la tête. Il a commencé alors à faire entrer des gens dans un appareil IRMf - (actuellement, il utilise ceux d'autres labos, mais il aura le sien propre très bientôt dans son laboratoire) - et leur demande de procéder à un scannage interne du corps. « Nous avons vu que lorsque l'attention se concentre sur un scannage corporel systématique, il se fait dans le cerveau un très grand calme du système émotionnel ».

- Mais ce genre de méditation ne convient pas à tout le monde. Ma concentration sur mon corps, par exemple, est très éparpillée.

« C'est vrai », répond Amedi, les yeux brillants, « il y a des gens pour qui ça fonctionne moins bien. Leur esprit est aspiré par d'autres choses - la bouilloire, les tâches qu'ils ont à faire, la dispute qu'ils ont eue le matin. C'est pourquoi nous essayons de créer des moyens externes qui attireront l'œil de l'esprit au bon endroit du corps, afin de poursuivre le scannage ».

C'est l'une des fonctions d'une salle acoustique spéciale, construite dans le laboratoire d'Amedi, et qui représente un investissement de centaines de milliers de dollars. Ses murs sont recouverts de matériaux d'insonorisation, auxquels sont branchés 97 haut-parleurs d'une qualité exceptionnelle qui vous entourent de partout. Lorsque l'on s'allonge sur un lit dans cette pièce, la combinaison des sons crée l'illusion qu'ils émanent de votre corps même - de la jambe, par exemple. Lorsqu'un son émane de votre jambe, il est beaucoup plus facile de se concentrer sur ce membre.

Pour comprendre comment on fait sortir des sons de différentes parties du corps, il faut bien comprendre comment le cerveau localise un son. Amedi m'a demandé de

fermer les yeux, a cliqué des doigts d'endroits différents et m'a demandé d'identifier la direction d'où provenait le son. La raison pour laquelle je suis capable de le faire, m'explique-t-il, c'est que le cerveau peut localiser les sons en calculant la différence d'intensité et de vitesse de la donnée qui arrive de chaque oreille. C'est l'aspect tridimensionnel de l'audition, qui ressemble à celui de la vision, créé par le cerveau en combinant les images qui arrivent de chaque œil.

Une collègue de l'équipe d'Amedi fait l'expérience d'une combinaison tri-dimensionnelle de formes et de sons dans une pièce acoustique du laboratoire Photo : Yarden Israeli

12

Nous avons constaté que la capacité à traduire un son en image est universelle. Nous n'avons pas eu un seul sujet, voyant ou aveugle, qui n'ait pas réussi à apprendre l'algorithme ni à traduire des sons en représentation visuelle. Peu importe que vous ayez vu dans le passé ou pas, ou que vous ayez une éducation musicale - tout le monde peut l'apprendre

Il est évident que l'intention n'est pas de donner envie à qui que ce soit de dépenser des fortunes pour installer des pièces comme celle-ci chez eux. L'idée est de placer des microphones très sensibles dans le lobe de l'oreille, d'enregistrer les sons combinés reçus de tous les haut-parleurs de la pièce, puis de les faire écouter à tout un chacun à l'aide de simples écouteurs, hors de la pièce-laboratoire. Mes pensées se sont remises à divaguer : je me suis imaginé assis, par exemple, dans un train, et au lieu d'écouter Ofer Levi sur Spotify, j'entends mon pied-mon mollet-ma cuisse m'envoyer des tweets. Est-ce relaxant ou non ? Cela reste à voir, mais sans aucun doute cela met le feu à l'imagination.

S'il est possible d'augmenter la capacité de se concentrer, ou de permettre aux aveugles de voir le spectre lumineux visible (en utilisant des sons) - pourquoi ne pas installer dans l'Oeil musical une camera qui détecterait également la lumière infrarouge ? N'importe qui, aveugle ou non, équipé d'un tel système, serait capable de voir dans le noir par les oreilles. Et pourquoi ne pas installer un détecteur d'ultrasons pour voir à travers les murs ? Ou une caméra ultraviolette qui nous permettrait de voir le monde comme une abeille ? Quand on se met à penser à des améliorations, le ciel est la limite, si l'on écoute Amedi. « Nous voulons commencer à travailler avec les mêmes techniques d'évolution accélérée du cerveau, en utilisant technologie et formation, avec des gens comme vous et moi. Nous voulons découvrir si cela provoque le développement de nouvelles zones dans le cerveau ».

Le milieu neuroscientifique en Israël considère Amedi comme un chercheur aux acquis solides - à savoir des publications dans des revues de renom et des collaborations internationales impressionnantes. La seule critique, pleine d'affection, que j'ai entendue à son sujet de la bouche d'un collègue, est la suivante : il n'est pas toujours assez conservateur dans l'interprétation de ses conclusions. « C'est un scientifique

très créatif, provocateur et stimulant », a déclaré le collègue. « Dans de nombreux cas, il a raison. Parfois, il va un peu trop loin dans sa pensée, mais c'est ce que nous faisons tous. Chacun tombe amoureux de ses idées ». Quel bon scientifique ne pêche-t-il pas de temps en temps par enthousiasme excessif ?

L'une des assertions les plus spectaculaires d'Amedi est qu'il approcherait de la découverte de l'emplacement de la mystérieuse connexion dans le cerveau entre le corps et l'esprit. Cette hypothèse a commencé à prendre forme récemment dans le sillage d'une série de nouvelles études fascinantes visant à trouver ce que l'on appelle les "petits bonhommes" dans le cerveau : au centre du cortex cérébral, il y a une

13

longue bande qui constitue une sorte de carte des données de détection sensorielle et de mouvement qui arrivent du corps. La représentation des différentes parties du corps sur cette bande n'est pas proportionnelle. La sensation dans le dos, par exemple, est peu représentée (demandez à quelqu'un de vous toucher le dos avec un doigt et ensuite avec trois - vous ne sentirez pas la différence). D'autres parties du corps, en revanche, sont surreprésentées. Si l'on sculptait un corps humain selon ces proportions, il sortirait un drôle de nain aux lèvres boudeuses, aux mains énormes et au sexe grotesque. Ce nain continue d'apparaître dans les cauchemars de tous ceux qui l'ont étudié à l'université.

Cette bande dans le cerveau, découverte au milieu du 20^e siècle par le célèbre neurochirurgien canadien Wilder Penfield, est appelé un homunculus - un petit homme. Les recherches d'Amedi ont mis à jour - à ses dires - plus de 15 homunculi supplémentaires, dispersés de par le cerveau. C'est une découverte de plus qui nous enseigne le brouillage des frontières dans le cerveau. Il n'y a pas seulement une "zone des émotions" et une "zone de la sensation et du mouvement", mais également une dilution entre elles. Entre autres découvertes, Amedi a trouvé une carte de la représentation du corps (qui ressemble à l'homuncule) dans l'amygdale, qui est censée être le centre de la peur dans le cerveau. Selon une autre découverte, jusqu'à présent non publiée, une carte similaire existe également dans le réseau par défaut du cerveau - réseau qui comprend un certain nombre de zones - et qui fait l'objet d'une attention croissante ces dernières années. C'est la partie du cerveau qui est active lorsque nous ne nous livrons pas à une activité particulière liée au monde extérieur, comme par exemple lorsque nous sommes allongés, les yeux ouverts. C'est là qu'ont lieu la pensée, les projets, le souvenir et la rêverie éveillée. A certains égards, c'est le réseau qui représente notre monde intérieur, notre soi propre, par opposition aux parties du cerveau qui traitent de l'accomplissement de tâches relatives au monde extérieur - comme lire, écouter ou déplacer la main afin de soulever une tasse. Wikipedia (en hébreu) déclare explicitement : "Le réseau par défaut... est anatomiquement et fonctionnellement distinct des réseaux impliqués dans les fonctions de sensation". Mais Amedi pense que la sensation et le mouvement sont tous deux présents dans le réseau par défaut - ce qui prend à ses yeux une signification d'une grande importance.

« On a toujours su, tant dans le monde de l'esprit que dans la psychiatrie classique, qu'il existe un lien profond entre le corps et l'esprit », explique le professeur. « Mais personne dans le monde des neurosciences n'avait la moindre idée de l'emplacement exact de cette connexion dans le cerveau. Maintenant, nous sommes arrivés à une

série de découvertes, dont seule une petite partie a été publiée – le reste va l'être bientôt - qui nous fournissent le début d'une piste qui y mène. Chaque personne qui fait de la méditation connaît cela – nous découvrons où ça se passe en fait - quelle est son infrastructure neurale ». Amedi souligne qu'il ne comprend pas encore pleinement la signification de ses conclusions. « Ca ne s'est pas encore cristallisé en récit, » dit-il. « Nous n'avons pas de théorie complète. C'est un début de preuve scientifique, mais un début assez spectaculaire ».

14

Ces découvertes pourraient poser les fondements d'une très longue suite de recherches passionnantes. Une fois trouvée l'interface émotionnelle-corporelle dans le cerveau, on peut imaginer toutes sortes de façons de la reprogrammer afin d'aider les personnes souffrant, par exemple, de maladies psychosomatiques, du syndrome du côlon irritable aux maux de tête.

Il se peut que cette orientation de la recherche porte ses fruits, ou pas, mais il est difficile de ne pas être emporté par l'ardeur qui enflamme Amedi quand il évoque ce sujet, quand il évoque tous les autres aussi d'ailleurs.

Si vous lui fermez la porte, il passera par la fenêtre, et si vous fermez les yeux, il entrera par un autre sens.

