

Phonak Insight

Janvier 2018



Les oreilles sont les portes du cerveau

Introduction

Le monde a changé en ce qui concerne les soins auditifs ; nous sommes dans une nouvelle ère. Les avancées dans les domaines de la connaissance de la plasticité cérébrale, de la privation auditive et des périodes essentielles dans le développement du langage ont déplacé la concentration de la gestion auditive des oreilles vers le cerveau. Même s'il est important de comprendre comment l'oreille moyenne, la cochlée et le nerf auditif gèrent les signaux / vibrations auditifs, il est plus important de comprendre comment le cerveau interprète les éléments linguistiques. L'oreille est la structure qui capte le son et dirige cette information auditive au cerveau, mais c'est le cerveau qui gère le langage. *L'audition peut donc se définir comme une perception de l'information auditive par le cerveau.*

La gestion auditive est passée à un nouveau niveau : nous reconnaissons désormais le cerveau comme étant la destination finale de toutes les informations auditives. Bien que la source de la perte auditive soit presque toujours identifiable au niveau des structures de l'oreille externe, moyenne et interne, la véritable « audition », au sens de la gestion et de la construction d'un message linguistique significatif, fait appel à la participation et l'interaction actives de plusieurs zones du cerveau.

Grâce à ce document de synthèse, les audioprothésistes pédiatriques pourront se servir des connaissances scientifiques de base de la neuroplasticité et de la privation auditive, et transformer ces informations en discours expliquant la perte auditive et les bénéfices que la technologie auditive peut apporter de manière compréhensible pour les familles qui ont choisi comme résultats souhaités l'audition et le langage parlé.

L'histoire des portes du cerveau : la perte auditive n'impacte pas uniquement les oreilles

Étant donné qu'environ 95 % des enfants souffrant de perte auditive naissent dans des familles entendant et parlantes (Mitchell et Karchmer, 2004), les conversations que nous avons avec les familles à propos de la perte auditive pourraient changer dans cette nouvelle ère. Les audioprothésistes doivent commencer par relier les points entre perte auditive, privation auditive neuronale, plasticité cérébrale et développement de l'alphabétisation avec l'utilisation des technologies auditives, et expliquer la relation entre ces concepts clés aux familles.

La conversation sur la perte auditive commence avec une discussion sur le « son ». Le son est *un événement* plus qu'un nom ou un terme. Par exemple, on peut « voir papa », mais on ne peut pas « entendre papa » s'il n'est pas en train de faire quelque chose. On entend papa marcher, rire, parler, taper à l'ordinateur, cuisiner, etc. On entend papa en train de réaliser une action ou une activité, impliqué dans un événement. Un événement produit des vibrations. Ces vibrations sont captées par la « voie de l'oreille » et envoyées au cerveau comme une énergie permettant de coder et de percevoir ces informations comme des sons. Le son est un événement temporel, pas un terme spatial (Boothroyd, 2014).

Les humains sont dotés de structures sensorielles incroyables qui captent les données de l'environnement et transforment ces informations en impulsions chimioélectriques ou neuroélectriques pouvant être analysées par le cerveau. Par exemple :

- Nous sentons avec notre cerveau ; notre nez représente la voie utilisée par les stimuli olfactifs pour atteindre le cerveau, mais la perception de l'odeur se produit dans le cerveau.
- Nous voyons avec notre cerveau ; nos yeux sont l'entrée par laquelle les informations visuelles / optiques arrivent au cerveau, mais la véritable compréhension de ce que l'on voit se produit dans le cerveau.
- Nous entendons avec notre cerveau ; en effet, nos oreilles sont les portes par lesquelles les informations auditives / sons arrivent au cerveau, mais la véritable audition se produit dans le cerveau.

Par conséquent, la perte auditive est principalement un problème lié au cerveau, et non pas à l'oreille.

Pour poursuivre cette analogie dans nos conversations régulières avec les familles, la perte auditive peut être décrite comme un problème de porte. La perte auditive bloque cette porte de différentes manières et à des degrés différents, allant d'une petite gêne à une gêne complète, empêchant un signal auditif clair d'emprunter la voie auditive et d'atteindre le cerveau. L'apprentissage de la parole et de la lecture et l'acquisition de connaissances sur le monde exigent des informations auditives. Un manque d'informations claires arrivant au cerveau est un problème grave qui va interférer avec l'apprentissage de l'écoute, de la parole, de la lecture et du développement des relations sociales de l'enfant. Heureusement, nous avons un moyen de franchir la porte : les technologies auditives.

Les technologies auditives (comme les aides auditives, les implants cochléaires, les appareils à ancrage osseux et les systèmes de microphone à distance) sont conçues pour franchir la porte et permettre l'activation, la stimulation et le développement des voies neuronales auditives grâce aux informations auditives, y compris le langage parlé. *Par conséquent, le but du port de technologies auditives est de délivrer les informations auditives au cerveau en passant par la porte. Il n'existe aucune autre raison.* Les résultats au niveau du langage parlé et de l'audition de l'enfant pour leur part ne sont pas déterminés par 16 000 cellules capillaires (ou probablement beaucoup moins) ou par 30 000 fibres de nerf auditif, mais par 100 milliards de neurones dans le cerveau qui traitent 100 000 milliards d'instructions à la seconde (Kral et al., 2016). Des études montrent que pour obtenir les meilleurs résultats possibles en termes d'audition, de langage parlé et d'alphabétisation, ce problème d'oreille / de porte doit être diagnostiqué et assisté par la technologie le plus rapidement possible (Dettman et al., 2016 ; Dillon, Cowan et Ching, 2013 ; McCreery et al., 2015 ; Sininger, Grimes et Christensen, 2010).

Une fois que les technologies auditives franchissent la porte et délivrent les informations auditives au cerveau, le cerveau de l'enfant doit être stimulé et enrichi en connaissances (Hart et Risley, 1999 ; Hirsh-Pasek et al., 2015 ; Suskind, 2015). Ainsi, l'appareillage du « dispositif de porte » approprié par un audioprothésiste n'est que la première étape dans le développement du réseau neuronal et de la base de connaissances de l'enfant. L'enfant doit par la suite porter l'appareil au moins 10 heures par jour et être immergé dans un environnement familial axé sur la richesse du langage tout en étant suivi par un professionnel du langage parlé et écouté (McCreery et al., 2015). Encouragez les membres de la famille à parler à l'enfant, à lire et à chanter dans la langue familiale, pour un développement optimal du cerveau. L'essentiel, c'est que le cerveau des nourrissons et des enfants ait accès à un discours intelligible et à des informations auditives significatives le plus tôt possible afin de développer et de connecter complètement toutes les zones auditives du cerveau dans le but d'optimiser le langage parlé, les capacités d'alphabétisation et l'intelligence de l'enfant (Kral et Sharma, 2012). *L'audition est un tremplin vers la cognition.*

Développement du cerveau auditif

Les études sur le développement du cerveau auditif montrent que la stimulation sensorielle des centres auditifs du cerveau est essentielle et qu'elle influence en effet l'organisation des voies du cerveau auditif (Kral et al., 2016). Ce dialogue sur la porte / le cerveau offre aux parents et soignants des connaissances de base sur la science neuronale.

La neuroplasticité fait référence à la malléabilité du cerveau et à sa capacité à grandir, à se développer et à modifier sa structure en fonction de stimulations externes (Chermak, Bellis et Musiek, 2014 ; Kilgard, Vasquez, Engineer et Pandya, 2007). La neuroplasticité est plus grande durant les premiers trois ans et demi de la vie (Sharma, Campbell et Cardon, 2015). Plus le nourrisson est jeune, plus le cerveau a de neuroplasticité (Kral, 2013). Cette croissance rapide du cerveau du nourrisson exige une intervention rapide, comprenant généralement une amplification et/ou une implantation cochléaire ainsi qu'un programme d'intervention complet afin de promouvoir le développement des capacités auditives. Si des informations auditives claires et intactes sont reçues, c'est donc de cette façon que le cerveau sera organisé. À l'inverse, si la perte auditive non gérée filtre une partie ou la totalité des sons d'un discours avant d'atteindre les centres auditifs du cerveau, alors le cerveau sera organisé différemment et sera confronté à un

manque d'informations auditives nécessaires (Kral et al., 2016).

Les recherches scientifiques de base montrent que quand le cerveau n'a pas accès à un discours intelligible durant les premières années de la vie d'un enfant, le signal auditif significatif ne coordonne pas l'activité entre le premier et le second cortex auditif (Kral et al., 2016). De plus, la stimulation auditive au-delà de la période essentielle du développement du langage doit faire face à des liaisons fonctionnelles et des interactions désorganisées entre le premier et le second cortex auditif, ce qui complique davantage l'apprentissage auditif (Kral et Lenarz, 2015). La coupure entre le premier et le second cortex auditif présente des incidences fonctionnelles sur le développement auditif et le développement du langage parlé. Lorsque des signaux auditifs ne sont pas transmis efficacement du premier cortex auditif au second cortex auditif, ce dernier ne peut pas redistribuer le langage parlé ou d'autres sons et informations significatifs au reste du cerveau afin de créer un sens et une connaissance auditifs ; ce processus négatif est appelé « dégradation en aval ». Kral utilise ce modèle de surdité interconnecté pour expliquer les variations interindividuelles dans les résultats des implants cochléaires (Kral et al., 2016).

Privation auditive

Le cerveau est un système dynamique, auto-organisé, qui se développe en se basant sur des expériences réciproques entre activité neuronale et stimulation de l'environnement (Cardon, Campbell et Sharma, 2012). Par conséquent, des changements interviennent dans la structure du cerveau lorsque le cerveau est privé d'informations auditives. La privation auditive a des effets étendus sur le développement du cerveau, affectant la capacité à gérer les informations même au-delà du système auditif (Kral et Sharma, 2012). Si l'oreille / la porte reste fermée, la connectivité effective du cerveau est modifiée au sein du système auditif, entre les systèmes sensoriels et entre le système et les centres auditifs traitant des fonctions neurocognitives d'ordre plus général (Kral et al., 2016). Par conséquent, les restrictions dans l'expérience auditive pendant le développement peuvent affecter le fonctionnement neurocognitif bien au-delà du langage parlé.

Preuve naturelle de l'importance de l'enrichissement neuronal auditif

À la différence de nos yeux, nous ne pouvons pas « fermer » nos oreilles. Le cerveau des enfants ayant une ouïe normale

est exposé aux stimuli auditifs 24 heures tous les jours. Le cerveau des enfants souffrant d'une perte auditive a accès aux sons uniquement lorsqu'ils portent des appareils auditifs, soit bien moins que 24 heures par jour. Malheureusement, aucun de nos appareils auditifs actuels, y compris les implants cochléaires et les aides auditives, n'est conçu pour être utilisé 24 heures sur 24. Pourtant, notre cerveau est conçu naturellement pour une stimulation auditive en continu, même pendant le sommeil. Les parents rapportent souvent que leurs enfants souffrant de perte auditive demandent à porter leurs appareils auditifs pendant leur sommeil.

Une autre preuve naturelle du pouvoir de l'audition réside dans le fait que l'oreille interne est complètement développée au cinquième mois de gestation. Par conséquent, un fœtus humain se développant normalement bénéficie potentiellement de 4 mois de stimulation auditive du cerveau *in utero* (Simmons, 2003). Moon et al. (2013) ont trouvé que la perception phonétique du nourrisson peut être mesurée peu après la naissance en notant des différences de réaction à des voyelles familières par rapport à des voyelles non familières. Par conséquent, le langage ambiant comme les paroles de la mère, auxquelles est exposé le cerveau des fœtus *in utero*, affecte leur perception du langage familial au niveau phonétique.

Vers l'âge d'un an environ, ou après 16 mois d'écoute significative et interactive (y compris l'exposition auditive prénatale), un enfant ayant une ouïe normale commence à produire des mots. L'élément clé est que cette « période d'écoute » ne peut pas être évitée, et un enfant dont le cerveau a manqué des mois d'accès à des signaux auditifs doit compenser ce manque (Hirsh-Pasek et al., 2015). Le cerveau exige une grande expérience d'écoute pour s'adapter correctement au signal vocal. Ce qui importe, c'est que les nourrissons entendent également leurs propres vocalisations, créant un retour auditif essentiel à la motivation de leurs premières vocalisations (Fagan, 2014).

Entendre et écouter, est-ce la même chose ?

Il y a une distinction entre entendre et écouter. Entendre, c'est percevoir des informations auditives par le cerveau, résultant de données auditives reçues par l'oreille / la porte. En revanche, écouter, c'est prêter attention intentionnellement à des informations auditives, comme en témoigne l'activation du cortex préfrontal (Musiek, 2009).

Il faut d'abord pouvoir *entendre* afin de pouvoir apprendre à *écouter*. Lors d'une thérapie parentale ciblée sur le langage parlé et l'audition, les parents et les praticiens se concentrent

sur l'utilisation de stratégies d'intervention afin de développer et d'améliorer l'audition, le langage parlé et les compétences cognitives de l'enfant grâce à des technologies adaptées et programmées par l'audioprothésiste (Cole et Flexer, 2016 ; Dornan et al., 2010 ; Estabrooks, Maclver-Lux et Rhoades, 2016).

Afin que le cerveau d'un enfant soit à la fois un cerveau qui entend et un cerveau qui écoute, il faut entretenir l'attention et la mémoire de travail. L'entraînement doit se faire dans des conditions acoustiques favorables (Doidge, 2007). L'activité auditive approfondie crée la base neurobiologique non seulement pour les compétences du langage parlé et de l'alphabétisation, mais aussi pour les compétences cognitives et sociales adaptées à l'âge.

L'enrichissement du cerveau est une nécessité

Contrairement aux autres organes, le cerveau n'est pas complètement développé à la naissance de l'enfant ; le développement du cerveau est complètement dépendant de l'expérience environnementale (Kral et Lenarz, 2015 ; Suskind, 2015). C'est donc la raison pour laquelle, durant les trois premières années de la vie, la base de la réflexion et de l'apprentissage est construite grâce aux paroles et à l'interaction des parents (Caskey et al., 2011 ; Cole et Flexer, 2016).

Puisque l'apprentissage du langage / de l'information se fait plus facilement dans les interactions et les conversations sociales avec les personnes qui aiment le bébé, ce sont généralement les parents qui deviennent le premier professeur de leur enfant et lui enseignent la langue et les connaissances du foyer (Chen et al., 2012 ; Hirsh-Pasek et al., 2015). Ainsi, les familles sont encouragées à parler la langue qu'elles connaissent le mieux dès le début, que ce soit l'anglais, l'espagnol, le russe, le langage des signes, etc. afin que le cerveau de leur enfant acquière des connaissances (Chen et al., 2012 ; Hirsh-Pasek, et al., 2015 ; Suskind, 2015).

Lire à haute voix quotidiennement

Il faudrait lire à haute voix quotidiennement à tous les enfants, particulièrement aux enfants souffrant de perte auditive. En réalité, les études montrent que lire à haute voix est l'une des activités les plus importantes que nous pouvons faire avec nos enfants (DesJardin et al., 2017). Pourquoi ?

Robertson (2014) l'explique :

- Les livres de contes représentent le plus grand facteur d'apprentissage de vocabulaire préscolaire
- Plus de conversations parent-enfant naissent lors de la lecture à haute voix que lors de n'importe quelle autre activité
- Les enfants à qui l'on fait la lecture à voix haute acquièrent deux fois plus de mots nouveaux

Résumé

Ce document propose une aide qui explique la perte auditive et les technologies auditives de manière compréhensible pour les familles. Puisqu'environ 95 % des enfants souffrant de perte auditive sont nés dans des familles entendant et parlantes, les résultats souhaités seront probablement l'audition et la parole dans la grande majorité des familles que nous suivons. Les familles ont besoin de soutien pour comprendre ce qu'implique l'atteinte des résultats souhaités.

Vous trouverez ci-dessous des points résumés pour les professionnels et les soignants concernant cette aide :

- Les oreilles sont les portes du cerveau.
- L'audition se produit dans le cerveau parce que nous écoutons et comprenons avec notre cerveau, pas avec nos oreilles.
- Son = information auditive = connaissance
- L'audition est un tremplin vers la cognition.
- La perte auditive est souvent un problème de porte réparable.
- Les technologies auditives modernes sont conçues pour franchir les oreilles / portes et délivrer des informations auditives au cerveau.
- Les technologies auditives doivent être portées au moins 10 heures par jour.
- Une meilleure qualité et une plus grande quantité d'informations délivrées au cerveau signifient que des voies neuronales plus fortes sont développées et que plus de connaissances sont acquises.
- Ayez des conversations nombreuses et quotidiennes avec votre enfant dans la langue parlée à la maison.
- Lire à voix haute quotidiennement est l'une des manières les plus significatives pour un parent d'aider au développement du cerveau de son enfant.

Références

- Boothroyd, A. (2014). The acoustic speech signal. In J. R. Madell & C. Flexer, (Eds.), *Pediatric audiology: Diagnosis, technology, and management 2nd. ed.* (pp. 201–208). New York, NY: Thieme.
- Cardon, G., Campbell, J., & Sharma, A. (2012). Plasticity in the developing auditory cortex: Evidence from children with sensorineural hearing loss and auditory neuropathy spectrum disorder. *Journal of the American Academy of Audiology*, 23(6), 396–411(16).
- Caskey, M., Stephens, B., Tucker, R., & Vohr, B. (2011). Importance of parent talk on the development of preterm infant vocalizations. *Pediatrics*, 128(5), 910–916.
- Chen, S. H., Kennedy, M., & Zhou, Q. (2012). Parents' expression and discussion of emotion in the multilingual family: Does language matter? *Perspectives on Psychological Science*, 7(4), 365–383.
- Chermak, G. D., Bellis, J. B., & Musiek, F. E. (2014). Neurobiology, cognitive science, and intervention. In G. D. Chermak & F. E. Musiek (Eds.), *Handbook of central auditory processing disorder: Comprehensive intervention* (Vol. II, pp. 3–38). San Diego, CA: Plural Publishing, Inc.
- Cole, E. B., & Flexer, C. (2016). *Children with hearing loss: Developing listening and talking birth to six, 3rd ed.* San Diego: Plural Publishing, Inc.
- DesJardin, J. L., Stika, C.J., Eisenberg, L. S., Johnson, K. C., Hammes Ganguly, D.M., Henning, S. C., & Colson, B.G. (2017). A longitudinal investigation of the home literacy environment and shared book reading in young children with hearing loss. *Ear & Hearing*, 38(4), 441–454.
- Dettman, S. J., Dowell, R. C., Choo, D., Arnott, W., Abrahams, Y., Davis, A., Dornan, D., Leigh, J., Constantinescu, G., Cowan, R., & Briggs, R. S. (2016). Long-term communication outcomes for children receiving cochlear implants younger than 12 months: A multicenter study. *Otology and Neurotology*, 37(2), 82–95.
- Dillon, H., Cowan, R., & Ching, T.Y. (2013). Longitudinal outcomes of children with hearing impairment (LOCHI). *International Journal of Audiology*, 52, (Suppl 2: S2–3). doi: 10.3109/14992027.2013.866448.
- Doidge, N. (2007). *The BRAIN that changes itself.* London, UK: Penguin Books.
- Dornan, D., Hickson, L., Murdoch, B., Houston, T., & Constantinescu, G. (2010). Is auditory-verbal therapy effective for children with hearing loss? *The Volta Review*, 110(3), 361–387.
- Estabrooks, W., Maclver-Lux, K., & Rhoades, E. A. (2016). *Auditory-verbal therapy.* San Diego: Plural Publishing, Inc.
- Fagan, M. K. (2014). Frequency of vocalization before and after cochlear implantation: Dynamic effect of auditory feedback on infant behavior. *Journal of Experimental Child Psychology*, 126, 328–338.
- Hart, B., & Risley, T.R. (1999). *The social world of children: Learning to talk.* Baltimore: Brookes Publishing Company.
- Hirsh-Pasek, K., Adamson, L. B., Bakeman, R., Owens, M.T., Golinkoff, R. M., Pace, A., Yust, P. K. S., & Suma, K. (2015). The contribution of early communication quality to low-income children's language success. *Psychological Science*. 26(7), 1071–1083.
- Kilgard, M. P., Vazquez, J. L., Engineer, N. D., & Pandya, P. K. (2007). Experience dependent plasticity alters cortical synchronization. *Hearing Research*, 229, 171–179.
- Kral, A. (2013). Auditory critical periods: A review from system's perspective. *Neuroscience*, 247, 117–133.
- Kral, A., Kronenberger, W. G., Pisoni, D. B., & O'Donoghue, G. M. (2016). Neurocognitive factors in sensory restoration of early deafness: A connectome model. *The Lancet Neurology*, 15(6), 610–621.
- Kral, A., & Lenarz, T. (2015). How the brain learns to listen: deafness and the bionic ear. *E-Neuroforum*, 6(1), 21–28.
- Kral, A., & Sharma, A. (2012). Developmental neuroplasticity after cochlear implantation. *Trends in Neurosciences*, 35(2), 111–122.
- McCreery, R. W., Walker, E. A., Spratford, M., Bentler, R., Holte, L., Roush, P., Oleson, J., Van Buren, J., & Moeller, M. P. (2015). Longitudinal Predictors of Aided Speech Audibility in Infants and Children. *Ear & Hearing*, 36, 24S–37S.
- Mitchell, R. E., & Karchmer, M. A. (2004). Chasing the mythical ten percent: Parental hearing status of deaf and hard of hearing students in the United States. *Sign Language Studies*, 4(2), 138–163.
- Moon, C., Lagercrantz, H., & Kuhl, P. K. (2013). Language experienced *in utero* affects vowel perception after birth: A two-country study. *Acta Pædiatrica*, 102(2), 156–160.
- Musiek, F. E. (2009). The human auditory cortex: Interesting anatomical and clinical perspectives. *Audiology Today*, 21(4), 26–37.
- Robertson, L. (2014). *Literacy and deafness: Listening and spoken language, 2nd ed.* San Diego: Plural Publishing, Inc.
- Sharma, A., Campbell, J., Cardon, G. (2015). Developmental and cross-modal plasticity in deafness: Evidence from the P1 and N1 event related potentials in cochlear implanted children. *International Journal of Psychophysiology*, 95, 135–144.
- Simmons, D. D. (2003). The ear in utero: An engineering masterpiece. *Hearing Health*, 19(2), 10–14.

Sininger, Y. S., Grimes, A., & Christensen, E. (2010). Auditory development in early amplified children: Factors influencing auditory-based communication outcomes in children with hearing loss. *Ear & Hearing, 31*(2), 166–185.

Suskind, D. (2015). *Thirty million words: Building a child's brain*. New York: Penguin Random House.

Auteur



Carol Flexer, PhD, FAAA ; CCC-A ; LSL
Cert. AVT
Professeur émérite en audiologie
Université d'Akron, Akron, Ohio, États-
Unis

cflexer@uakron.edu / www.carolflexer.com

Carol Flexer obtient son doctorat en audiologie à l'Université d'État de Kent en 1982. Elle est Professeure émérite en audiologie à l'Université d'Akron et conférencière internationale en audiologie pédiatrique et éducative. Le Dr Flexer est l'auteur de plus de 155 publications, dont 14 livres. Elle a été présidente de l'Educational Audiology Association, de l'American Academy of Audiology et de l'AG Bell Academy for Listening and Spoken Language.