# BrainHearing™et pédiatrie

### RÉSUMÉ

Les enfants et les adolescents malentendants, comme leurs pairs ayant une audition normale, souhaitent apprendre, avoir des amis, comprendre qui ils sont et se sentir à leur place. Il est essentiel pour leur développement d'avoir un accès complet à la communication et à leur monde sonore.

La philosophie BrainHearing™ d'Oticon vise à offrir aux nourrissons, aux enfants et aux adolescents des aides auditives qui fournissent au cerveau les meilleures informations sonores possibles. Grâce à la technologie BrainHearing™, les aides auditives d'Oticon leur fournissent un accès complet à la scène sonore pour favoriser le développement cognitif, le développement de la parole et du langage, ainsi que le développement des relations sociales et de l'inclusion.

Oticon propose depuis longtemps la technologie BrainHearing™ aux nourrissons, aux enfants et aux adolescents. Sur la base d'études indépendantes menées par des chercheurs en audiologie pédiatrique du monde entier, nous avons pu démontrer que les aides auditives d'Oticon offrent un meilleur accès aux informations vocales, une amélioration de la compréhension de la parole dans les environnements bruyants et une réduction de l'effort d'écoute.

- 02 | Introduction
- 02 Développement du
  - cerveau chez les enfants
- O3 Périodes critiques et plasticité cérébrale
- 04 Le développement du cerveau et des enfants malentendants
- 06 La vie des enfants et des adolescents malentendants
- O6 Développement social et inclusion des enfants malentendants
- 08 La technologie Oticon et le soutien au cerveau
- 08 Conclusion
- 09 Références

### RÉDACTEURS DU NUMÉRO



**David Gordey**Directeur,
Audiologie pédiatrique & recherche
Oticon A/S



Elaine Hoi Ning Ng Chercheur Principal Centre de recherche en audiologie appliquée Oticon A/S



### Introduction

Les enfants grandissent dans un monde riche en sons, et l'accès à ces sons est très important. Notre monde sonore comprend la parole dirigée, les conversations d'autres personnes et les sons de l'environnement. Pour les enfants, cela a une fonction importante : leur apprendre à interagir avec le monde et à entrer en relation avec le monde qui les entoure. La recherche a montré que notre système auditif a des connexions très importantes avec notre cerveau. Chez les enfants, le cerveau en développement est très plastique et, pendant cette période critique, l'apport de l'environnement et l'expérience sensorielle sont cruciaux. Carol Flexer a décrit ces aspects du processus auditif comme « les oreilles étant simplement une porte et un point d'accès à notre cerveau ». La philosophie BrainHearingTM d'Oticon a été un élément clé de notre recherche et développement au cours des 10 dernières années. BrainHearing garantit que notre technologie auditive offre aux enfants et aux adolescents un accès complet au langage parlé et au son dans tous les environnements afin de favoriser leur développement cognitif, leur développement de la parole et du langage, leurs relations sociales et leur inclusion.

### Développement du cerveau chez les enfants

Le cerveau humain commence à se développer avant la naissance, continue à se développer rapidement pendant la petite enfance et se poursuit jusqu'à l'adolescence. Les expériences précoces d'un enfant sont cruciales pour la façon dont le réseau cérébral est câblé et établi (figure 1). Au cours des premiers stades, les cellules et les neurones du cerveau commencent à se développer. Les connexions entre les cellules et les neurones du cerveau, appelées synapses, sont établies. Ces processus de développement se poursuivent et atteignent leur point culminant pendant la petite enfance. Il y a une production massive de synapses pendant que la structure de base du cerveau est établie.

Après l'énorme production de synapses, le cerveau passe par une phase de réduction des synapses appelée élagage. C'est à ce moment-là que les neurones et les synapses dont le cerveau n'a pas besoin sont éliminés. La phase d'élagage élimine sélectivement les synapses en fonction de leur « activité. » Par exemple, l'expérience sensorielle précoce de l'environnement active les connexions neuronales dans les zones corticales impliquant la perception visuelle ou auditive. Comme ces connexions sont fréquemment utilisées, elles ont plus de chances de survivre dans la phase d'élagage. Les connexions qui ne sont pas utilisées ou qui ne sont pas activées par l'environnement sont éliminées. Dans cette phase d'élagage, le développement du cerveau est

principalement déterminé par l'apport de l'environnement. Façonnée par l'expérience précoce, la structure du cerveau s'affine et les connexions neuronales deviennent plus précises. Le processus d'élagage permet une certaine flexibilité, aidant le cerveau en développement à s'adapter à l'environnement spécifique. Pour les zones corticales qui sont importantes pour les fonctions sensorielles de base telles que la perception visuelle et auditive, l'élagage a lieu entre quatre et six ans (Conel, 1939). Pour les fonctions cognitives supérieures, telles que la régulation des émotions, l'élagage se poursuit jusqu'à l'adolescence (Huttenlocher & Dabholkar, 1997). Le développement du cerveau est influencé par les expériences précoces. Le fait d'avoir un accès complet à l'environnement sonore pendant la petite enfance activera de manière optimale les connexions essentielles au développement auditif dans un cerveau entendant (voir Tierney & Nelson, 2009 pour une analyse).

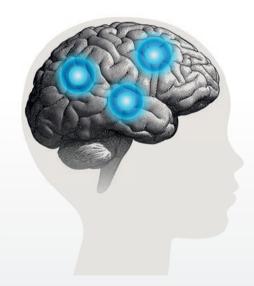


Figure 1. Le développement du cerveau au cours de la petite enfance est remarquablement rapide. L'expérience sensorielle au cours des premières années influence fortement le câblage du réseau cérébral.

### Périodes critiques et plasticité cérébrale

Le cerveau en développement est hautement plastique et une période critique fait référence à la période de développement rapide où la plasticité cérébrale est maximale. Au cours de cette période, l'apport de l'environnement et l'expérience sensorielle sont cruciaux pour le développement optimal du cerveau et de son réseau. La période critique (de 0 à 3 ans) est la plus propice à l'apprentissage de certaines compétences et capacités nouvelles, telles que le langage et la musique. Les fonctions de base, telles que les sensations et la perception, sont bien développées au cours des premières années de la vie ; d'autres fonctions et systèmes d'ordre supérieur, tels que la mémoire, la prise de décision et les émotions, continuent de se développer à l'adolescence et au début de l'âge adulte. La figure 2 illustre les périodes critiques du développement du cerveau pour différentes fonctions et capacités (voir Cisneros-Franco et al., 2020; Hensch & Bilimoria, 2012).

Si une expérience sensorielle est anormale ou absente pendant cette période, le réseau cérébral sera câblé de manière différente et représentera de préférence les informations sensorielles non privées. Cet effet est généralement irréversible après la fin de la période critique et rend difficile l'apprentissage de certaines compétences plus tard dans la vie. Par exemple, une surdité de transmission récurrente dans la petite enfance peut altérer l'accès à certains sons de la parole et la

capacité à détecter les signaux binauraux. Cela peut avoir des répercussions durables sur l'acuité perceptive auditive (Stephenson et al., 1995). Ces répercussions peuvent finalement affecter la vitesse et la qualité avec lesquelles un enfant acquiert des compétences linguistiques (Moore et al., 1991). Des recherches ont également montré que les enfants nés avec une perte auditive profonde bilatérale sont susceptibles de bénéficier davantage des implants cochléaires s'ils reçoivent le traitement avant l'âge de deux ans que ceux qui sont traités plus tard dans leur vie (Kral & Eggermont, 2007). Cela souligne l'importance d'une intervention précoce pendant cette période de plasticité cérébrale.

Le développement et la maturation du cerveau sont façonnés par des facteurs à la fois génétiques et environnementaux. La plasticité cérébrale est maximale pendant la période critique, puis diminue tout au long de la vie. Par rapport aux jeunes cerveaux en développement, les cerveaux adultes sont moins plastiques et moins favorables à l'acquisition de nouvelles capacités. Les bases des systèmes sensoriels et perceptifs sont formées et fortement influencées par les expériences vécues pendant les premières années, et elles sont essentielles au développement du langage, du comportement social et des émotions par la suite. Cela illustre la rapidité remarquable du développement cérébral pendant la petite enfance et la capacité de croissance et de changement du cerveau tout au long de la vie.

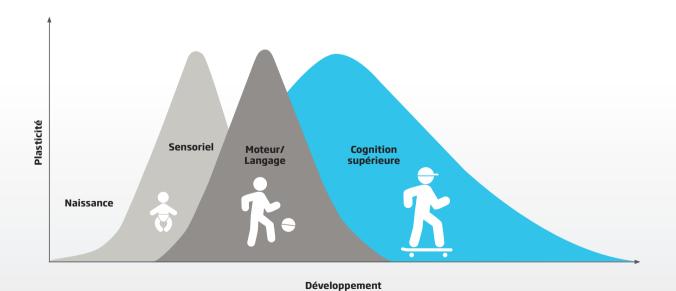


Figure 2. Périodes critiques pour le développement des systèmes sensoriels (vision et audition), du langage et des fonctions cognitives supérieures, ainsi que de nombreuses autres fonctions cérébrales.

### Le développement cérébral et les enfants malentendants

Le développement cérébral est un processus hiérarchique, pour le câblage du cerveau, les processus de niveau supérieur reposant sur une fondation de processus de niveau inférieur. Par exemple, le développement du langage dépend de manière critique du développement sensoriel et perceptif (par exemple, la discrimination des sons de la parole). Les types d'apports auditifs auxquels les nourrissons et les enfants sont exposés contribuent à façonner leur cerveau et leur comportement. Chez les enfants malentendants, les apports auditifs au cerveau en développement peuvent être sous-optimaux ou déformés en raison des déficiences du système auditif. Puisque les apports sensoriels de l'environnement et de l'expérience façonnent la maturation et le développement du cerveau, la perte auditive peut avoir l'impact suivant sur le développement du cerveau chez les enfants malentendants :

# 1. Maturation corticale et développement de systèmes sensoriels et perceptifs

Une simulation auditive insuffisante, anormale ou absente dans les premières expériences peut avoir un impact négatif sur l'établissement de connexions neuronales et le développement de la détection et de la perception auditives. Un cerveau qui se développe normalement apprend les différentes caractéristiques physiques de l'information auditive et construit des représentations des objets auditifs. Ces caractéristiques comprennent la fréquence et l'intensité, les différences binaurales de temps et d'intensité, la modulation de fréquence et la modulation d'amplitude. En outre, les capacités sensorielles et perceptives de base ainsi que le traitement spatial et l'audition binaurale se développent. Le cerveau est capable de discriminer les sons vocaux de pratiquement toutes les langues, mais avec l'expérience, il sera réglé de manière optimale sur la langue maternelle (voir Kuhl, 2004, pour une discussion). Une perte auditive peut affecter la capacité du jeune cerveau à détecter et à discriminer ces sons de la parole. Le développement du système de perception auditive étant compromis, un impact sur le développement de la parole et du langage peut se produire.

# 2. Apprentissage auditif et acquisition de la parole et du langage

Au cours de la première année de leur vie, les nourrissons apprennent à distinguer les sons spécifiques à la langue à laquelle ils sont exposés dans leur environnement. Avant l'âge de six mois, les nourrissons peuvent distinguer les sons de presque toutes les langues. Entre six et douze mois, le cerveau commence à se spécialiser dans la distinction des sons de la langue maternelle et perd la capacité de distinguer les sons des langues non maternelles (Kuhl et al, 2003). Ce rétrécissement de la

sensibilité perceptive est important car il est lié à une meilleure discrimination des sons de la langue maternelle, ce qui laisse présager de meilleures compétences linguistiques plus tard dans la vie (Kuhl, 2004). Les résultats d'une étude longitudinale ont montré qu'en moyenne, les enfants d'âge préscolaire (âgés de deux à six ans) présentant une perte auditive légère à sévère n'atteignaient pas les mêmes résultats en matière de langage qu'un groupe de pairs normo-entendants appariés en fonction de l'âge et de la situation socio-économique (Tomblin et al., 2015). En outre, les performances linguistiques des enfants d'âge préscolaire présentant une perte auditive plus sévère étaient moins bonnes que celles des enfants présentant des degrés de perte auditive plus légers. L'étude a également montré qu'une meilleure audibilité avec les appareils auditifs était associée à des taux de croissance du langage plus rapides. Les enfants d'âge préscolaire équipés d'appareils auditifs précoces avaient de meilleurs résultats en matière de langage précoce que ceux qui ont été équipés plus tard. Ces résultats montrent que la perte auditive dans la petite enfance affecte le développement du langage et qu'une mauvaise entrée sensorielle due à la perte auditive peut être corrigée par l'utilisation d'appareils auditifs.

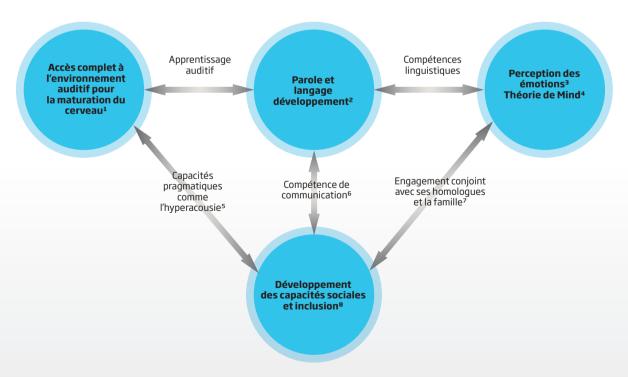
### 3. Perception et capacités des émotions

La reconnaissance vocale des émotions est importante pour le développement des compétences sociales et des connaissances linguistiques. Elle permet aux enfants d'optimiser les informations obtenues par le langage parlé et d'interagir de manière appropriée dans différents contextes sociaux. La capacité à percevoir les variations complexes de la hauteur du son dans la parole (la gamme des basses fréquences en particulier) est essentielle pour identifier la prosodie émotionnelle. Des études antérieures sur la reconnaissance des émotions vocales chez les enfants malentendants qui utilisent des technologies auditives suggèrent des déficits dans la reconnaissance des émotions vocales (par exemple, Chatterjee et al. 2015). En outre, la perte auditive chez l'enfant a été liée à un retard dans le développement de la « théorie de l'esprit », ou de l'empathie/ la compréhension et la reconnaissance des émotions (par exemple, Peterson, 2004). En outre, des exemples d'enfants d'âge préscolaire atteints de déficience auditive ont également montré des déficits dans la théorie de l'esprit (Walker et al., 2016), et la reconnaissance interindividuelle des émotions a été notée et considérée comme un facteur de réduction de l'empathie (Netten et al., 2017). L'incapacité à percevoir les émotions compromet la capacité d'une personne à communiquer efficacement. Elle peut également avoir des effets plus larges sur la qualité de vie, tels que de moins bonnes performances à l'école et au travail (voir Picou et al., 2018 pour une revue).

# 4. Développement des compétences sociales : l'importance des compétences linguistiques, communicatives et pragmatiques

Le développement des compétences linquistiques précède l'émergence des compétences sociales et le fait d'avoir des compétences sociales est important pour le développement émotionnel et comportemental. Hoffman et al (2015) ont étudié l'hypothèse selon laquelle les enfants malentendants qui ont un retard dans le développement du langage oral présenteraient également un retard dans leurs compétences sociales. L'étude a révélé que les enfants malentendants (2,5 - 5,3 ans) avaient des compétences linguistiques et sociales (compétences sociales et comportement en classe ainsi que capacités socio-émotionnelles) moins bonnes que leurs pairs normo-entendants. Cependant, les enfants qui ont reçu une amplification à un âge précoce ont montré de meilleures compétences sociales que ceux qui ont reçu une amplification plus tard. L'étude a également confirmé que les retards de langage ont des effets négatifs en cascade sur le développement des compétences sociales. Cela a également été soutenu par Constantinescu-Sharpe et al (2017), qui ont montré que les enfants ayant une perte auditive (quatre à cinq ans) et un langage parlé approprié à leur âge avaient des résultats sociaux comparables à ceux des enfants ayant une audition typique. Le développement des

compétences pragmatiques est également crucial pour les enfants ayant une perte auditive. Paastch et Toe (2014) ont noté que la capacité à surprendre une conversation à la maison et à l'école, à s'entraîner à prendre son tour dans une conversation et à savoir comment maintenir une conversation était très importante. Ils ont également déclaré que la technologie auditive doit permettre de surprendre une conversation, afin d'augmenter les possibilités d'apprentissage fortuit. La figure 3 résume le rôle important de la stimulation et de l'apport auditifs sur le développement de différentes compétences et fonctions tout au long de l'enfance. Une perte auditive peut avoir des conséquences négatives sur la croissance et la maturation de ces compétences. Étant donné que la maturation des compétences de base (compétences linguistiques et perception auditive par exemple) qui se produit au cours des premières années est essentielle pour le développement des compétences d'ordre supérieur (telles que la perception et la reconnaissance des émotions) qui viennent plus tard dans l'enfance, une intervention précoce avec une technologie auditive bien adaptée est cruciale pour les enfants atteints de perte auditive. Cela fournira un soutien optimal pour le développement du réseau cérébral et de ses compétences et fonctions associées (voir la figure 4 à la page 6).



¹Kral et al., 2000, ²Tomblin et al., 2015, ³Chatterjee et al., 2015, ⁴Nettan et al., 2017 ⁵Paatsch & Toe, 2014, ⁵Constantinescu-Sharpe et al., 2017, ¹Dirk & Rieffe, 2019, ⁵Hoffman et al., 2015

Figure 3. Le rôle important de l'audition et de la stimulation auditive dans le développement de différentes compétences et fonctions tout au long de l'enfance. Une intervention tardive ou une utilisation sous-optimale des aides auditives peut avoir un impact négatif sur le développement typique du jeune cerveau auditif.

# La vie des enfants et des adolescents malentendants

L'expérience de vie des enfants atteints de déficience auditive a considérablement changé au cours des vingt dernières années. Des appareils auditifs plus petits et plus puissants, dotés de la technologie numérique, ont donné à l'audiologiste davantage d'options pour traiter la déficience auditive. Le dépistage universel de la surdité chez le nouveau-né, associé à une technologie auditive améliorée, a réduit la privation auditive grâce à l'adaptation précoce de l'amplification et a permis d'obtenir des résultats favorables en matière de parole et de langage (Archbold & Mayer, 2012; Geers et al., 2011; Mayer & Trezek, 2017). Le monde a également beaucoup changé en ce qui concerne l'éducation des enfants atteints de déficience auditive. L'inscription des enfants malentendants dans les classes ordinaires de leurs écoles de quartier est en hausse, tandis que l'inscription dans les écoles spécialisées et les classes collectives est en baisse (Angelides & Aravi, 2006; Consortium of Research in Deaf Education [CRIDE], 2017). La législation qui oriente le mouvement vers l'inclusion sociale des enfants ayant des capacités différentes contribue également à l'augmentation de l'inscription dans les écoles ordinaires (Antia et al., 2002). Aujourd'hui, la plupart des enfants malentendants se

retrouvent dans leurs écoles de quartier, où ils interagissent avec des camarades entendants et sont éduqués par des professionnels de l'éducation auditive (Consortium of Research in Deaf Education [CRIDE], 2017). Ils passent leur journée à interagir avec leurs amis entendants, les enseignants de la classe, les directeurs, les conseillers d'orientation, les parents bénévoles et les surveillants de la cantine.

# Développement social et inclusion des enfants malentendants

Des compétences sociales développées sont extrêmement importantes pour les enfants qui commencent l'école. Il existe des preuves suggérant une relation forte entre le développement psychosocial et les performances scolaires d'un enfant. L'école est un cadre important pour l'activité sociale et les sentiments d'inclusion sont importants pour la motivation, la participation et la réussite d'un enfant (Goodenow, 1993). Les enfants qui ont connu des relations sécurisées en classe sont plus susceptibles de considérer le monde comme sûr et sont plus prêts à explorer et à apprendre (Buyse, Verschueren, Verachtert, & Damme, 2009). En outre, la recherche a montré que les enfants et les adolescents malentendants sont plus exposés aux défis sociaux. Ils sont plus susceptibles de connaître la solitude que leurs

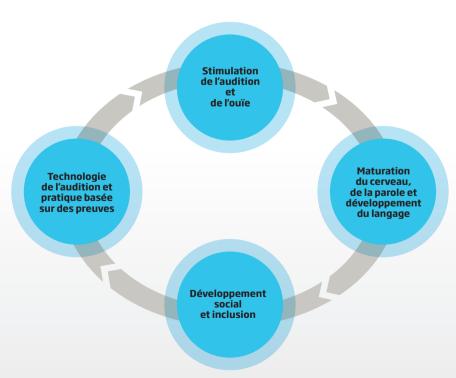
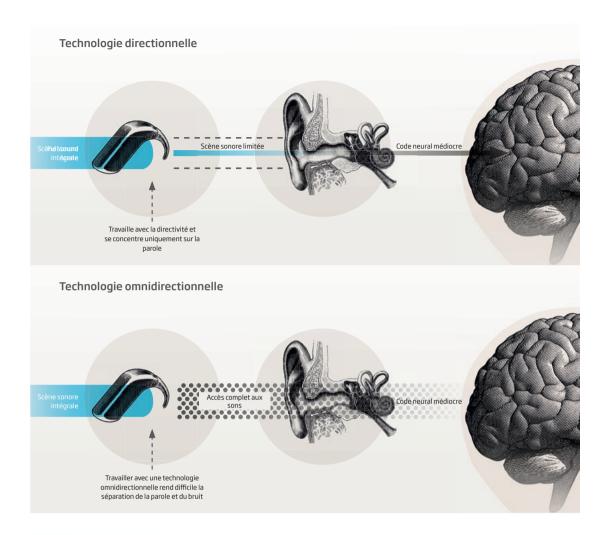


Figure 4. Une intervention précoce et une technologie auditive bien adaptée offrent les conditions optimales pour l'apprentissage et le développement.



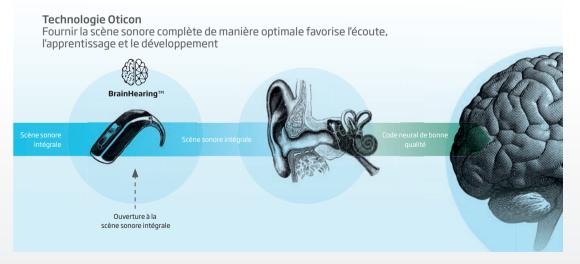


Figure 5. La technologie directionnelle conventionnelle limite la scène sonore (panneau supérieur). La technologie omnidirectionnelle ne permet pas une bonne compréhension de la parole dans le bruit (panneau du milieu). Aucune de ces stratégies n'apporte un soutien optimal au jeune cerveau. La technologie BrainHearing™ d'Oticon est conçue pour fournir un apport optimal au système auditif. C'est un élément crucial pour la maturation du cerveau et pour permettre aux enfants d'établir des relations et de réagir au monde qui les entoure (panneau inférieur).

pairs entendants et risquent de présenter des retards dans le traitement cognitif et social, une inadaptation sociale et des troubles psychologiques (Kent, 2003; Warner-Czyz et al., 2015). Si les parents, les élèves et les enseignants estiment que les compétences sociales des enfants malentendants sont importantes, les parents ont déclaré qu'il leur fallait plus de temps pour les acquérir (Gordey, 2018). Les parents ont préappris les compétences sociales, afin de mieux préparer leur enfant à l'entrée à l'école. Il s'agissait notamment de l'inscrire à des activités sportives et récréatives et de lui offrir d'autres occasions de pratiquer ses compétences sociales (Gordey, 2018). Ces résultats soulignent la nécessité pour les parents, les éducateurs et les professionnels de l'audition d'aborder le développement des compétences sociales dès le début, ce qui inclut la fourniture d'une technologie auditive avancée et bien adaptée qui permet un accès complet à l'environnement d'écoute de l'enfant. Bien que l'inclusion dans une classe générale présente de nombreux avantages sociaux et scolaires (Eriks-Brophy & Whittingham, 2013), le placement seul ne la garantit pas. Une technologie auditive qui permet un accès complet à la communication est essentielle pour soutenir le processus d'inclusion (Luckner & Ayantoye, 2013).

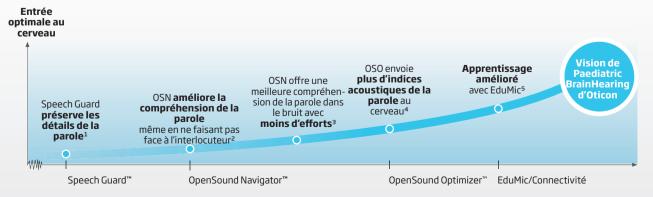
### La technologie Oticon et le soutien au cerveau

Pour les enfants malentendants, il est important de fournir un son par le biais d'une amplification qui soutiendra de manière optimale le développement du jeune cerveau en temps voulu. Comme nous l'avons vu dans cet article, les enfants doivent être exposés à l'environnement le plus tôt possible afin d'obtenir la stimulation nécessaire à la maturation du réseau cérébral. Les stratégies d'amplification conventionnelles des aides auditives, telles que la directivité, peuvent réduire l'accès aux sons et limiter l'audibilité de l'interlocuteur en dehors du faisceau du microphone. De plus, la compréhension de la parole dans le bruit à l'aide de microphones

omnidirectionnels est généralement loin d'être satisfaisante. En revanche, Oticon a conçu et mis en œuvre une technologie dans ses aides auditives pour donner aux enfants l'accès à tous les sons significatifs dans un paysage sonore riche et équilibré. En délivrant des sons avec un gain et une clarté optimaux au système auditif, les enfants bénéficieront des meilleures conditions possibles pour grandir, se développer, apprendre, vivre et s'épanouir - de la maturation du cortex auditif à la libre interaction avec leurs pairs. Voir la figure 5 (page 7) pour les comparaisons entre les stratégies d'amplification conventionnelles et la technologie Oticon.

OpenSound OptimizerTM empêche l'apparition de larsen et réduit considérablement les réductions de gain pendant la journée. Cela garantit un gain optimal et offre une meilleure qualité sonore et un accès constant à la parole. En offrant un gain plus stable de 6 dB, cette fonction fournit au cerveau jusqu'à 25% d'indices vocaux supplémentaires (estimation basée sur l'indice d'intelligibilité de la parole, ANSI S3.5, 1997, R2002). Pour améliorer encore l'accès à la parole, le système de compression adaptative à large plage dynamique, Speech GuardTM, a été conçu et éprouvé pour préserver les détails de la parole. La compression à large plage dynamique est une fonction des aides auditives destinée à améliorer la tolérance aux sons forts, et il est bien connu que la compression rapide dans les aides auditives peut affecter négativement la reconnaissance de la parole (Souza, 2002), et la perception des phonèmes à haute fréquence est probablement influencée par la forme d'amplification. Pittman et al. (2014) a montré que la stratégie de compression adaptative utilisée dans Speech Guard préserve mieux les contrastes d'intensité dans un signal vocal au profit des enfants et des adultes souffrant d'une perte auditive, par rapport à la compression traditionnelle à action lente ou rapide.

Cela a été démontré dans OpenSound NavigatorTM, présenté dans Oticon Opn PlayTM. Il dispose d'un capteur



¹Pittman et al., 2004, ²Browning et al., 2019, ³Ng et al., 2019, ⁴Speech Intelligibility Index ANSI S3.5 1997, R2002, ⁵Lewis, in preparation Figure 6. A trajectory of our BrainHearing benefits.

environnemental et permet une détection plus précise des changements dans l'environnement d'une manière qui est supérieure aux technologies traditionnelles. Cette fonctionnalité améliore considérablement la compréhension de la parole dans les environnements bruyants. Browning et al. (2019) ont démontré qu'Open-Sound Navigator améliorait la compréhension de la parole dans le bruit d'une moyenne de 4 dB SNR, lorsque les enfants faisaient face à la parole cible et lorsqu'ils faisaient face à l'opposé de la parole cible (voir également le livre blanc d'Oticon Ng, 2017). OpenSound Navigator offrait le même avantage même lorsque la source de la parole cible était désaxée. L'étude a également révélé gu'OpenSound Navigator préservait la parole non cible provenant de différentes directions. Cela a confirmé qu'OpenSound Navigator préservait l'accès aux autres locuteurs dans l'environnement et les opportunités d'apprentissage indirect. Dans une deuxième étude indépendante, les résultats ont montré qu'OpenSound Navigator a amélioré la reconnaissance de la parole dans des conditions d'écoute simples et complexes jusqu'à 5 dB de SNR de mieux que lors de l'utilisation d'un microphone omnidirectionnel (Oticon whitepaper Ng et al., 2019). En outre, ces enfants ont fourni moins d'effort lors de l'écoute de la parole dans le bruit avec OpenSound Navigator. Utiliser moins d'effort dans une tâche d'écoute peut permettre aux enfants d'allouer plus de ressources mentales sur d'autres tâches simultanées telles que l'apprentissage.

Les jeunes enfants acquièrent de nouveaux mots et des connaissances quotidiennes en interagissant avec leur famille et leurs pairs. L'apprentissage formel des enfants d'âge scolaire se déroule généralement dans des environnements éducatifs tels que des salles de classe bondées, où le niveau de bruit peut être élevé. L'acoustique de la salle n'est pas toujours optimale en raison de la réverbération et de la distance qui peuvent avoir des effets néfastes sur la compréhension de la parole. L'utilisation de systèmes de microphones déportés (RMS) peut grandement améliorer l'accès auditif à la voix de l'enseignant. La recherche a montré que le RMS à modulation numérique d'Oticon améliorait la compréhension de la parole dans les environnements acoustiques bruyants et réverbérants des enfants. (Lewis, en préparation, voir également le livre blanc d'Oticon Gordey & Rumley, 2019). En outre, EduMic a montré un bénéfice similaire à celui de la RMS

traditionnelle modulée en fréquence dans les environnements bruyants.

La philosophie BrainHearing™ d'Oticon considère l'impact de la perte auditive non seulement du point de vue de l'oreille, mais aussi du point de vue du cerveau. Le cerveau donne un sens aux sons qui sont importants pour la maturation des jeunes cerveaux et le développement des compétences cognitives et sociales. Notre technologie BrainHearing™ est soigneusement conçue pour délivrer des sons qui apportent un soutien optimal au cerveau. Nous avons démontré par des preuves scientifiques les avantages du BrainHearing™ (Figure 6 à la page 8). Cela inclut la préservation de l'intégrité des sons, l'amélioration des détails de la parole, l'amélioration de la compréhension de la parole dans le bruit, l'accès à la parole provenant de différentes directions et la réduction de l'effort d'écoute. Avec notre philosophie BrainHearing™, l'objectif est d'avoir une technologie auditive qui fournira aux enfants une entrée optimale à leur système auditif. Oticon s'efforce de donner à ces enfants une technologie auditive qui soutient les meilleures conditions possibles pour se développer, apprendre et interagir avec les personnes qu'ils rencontrent dans leur vie quotidienne.

#### Conclusion

Le développement du cerveau est un processus qui commence avant la naissance et se poursuit jusqu'à l'adolescence. La stimulation et les expériences précoces sont cruciales pour la façon dont le réseau cérébral de l'enfant sera câblé et établi. Pour les enfants malentendants, il est essentiel que leur technologie auditive soutienne ce processus. La technologie BrainHearing™ d'Oticon est unique et conçue pour les enfants malentendants d'aujourd'hui et leurs environnements d'écoute importants. Différente de la technologie traditionnelle des aides auditives, elle prend soigneusement en compte l'environnement et la manière de fournir au cerveau un accès complet à l'environnement sonore. Chez Oticon, fournir aux enfants une technologie auditive qui favorise le développement cognitif, le développement de la parole et du langage, les relations sociales et l'inclusion est au cœur de ce que nous faisons.

### Références

- 1. American National Standards Institute (1997, R2002). American National Standard: Methods for Calculation of the Speech Intelligibility Index. Acoustical Society of America.
- 2. Angelides, P., & Aravi, C. (2006). A comparative perspective on the experiences of deaf and hard of hearing individuals as students at mainstream and special schools. American Annals of the Deaf, 151(5), 476-487. https://doi.org/10.1353/aad.2007.0001
- 3. Antia, S. D., Stinson, M. S., & Gaustad, M. G. (2002). Developing membership in the education of deaf and hard-of-hearing students in inclusive settings. Journal of deaf studies and deaf education, 7(3), 214-229.
- 4. Archbold, S., & Mayer, C. (2012). Deaf education: The impact of cochlear implantation?. Deafness & Education International, 14(1), 2-15.
- 5. Browning, J. M., Buss, E., Flaherty, M., Vallier, T., & Leibold, L. J. (2019). Effects of adaptive hearing aid directionality and noise reduction on masked speech recognition for children who are hard of hearing. American journal of audiology, 28(1), 101-113.
- 6. Buyse, E., Verschueren, K., Verachtert, P., & Damme, J. V. (2009). Predicting school adjustment in early elementary school: Impact of teacher-child relationship quality and relational classroom climate. The Elementary School Journal, 110(2), 119-141.
- 7. Chatterjee, M., Zion, D. J., Deroche, M. L., Burianek, B. A., Limb, C. J., Goren, A. P., ... & Christensen, J. A. (2015). Voice emotion recognition by cochlear-implanted children and their normally-hearing peers. Hearing research, 322, 151-162.
- 8. Cisneros-Franco, J. M., Voss, P., Thomas, M. E., & de Villers-Sidani, E. (2020). Critical periods of brain development. In Handbook of Clinical Neurology (Vol. 173, pp. 75-88). Elsevier.
- 9. Conel, J.L., 1939–1967. The Postnatal Development of Human Cerebral Cortex, Vol. I–VIII. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- 10. Consortium for Research in Deaf Education (CRIDE). (2017). CRIDE report on 2017 survey on educational provision for deaf children. Retrieved from <a href="http://www.ndcs.org.uk/professional-support/national-data/cride.">http://www.ndcs.org.uk/professional-support/national-data/cride.</a> <a href="http://www.ndcs.org.uk/professional-support/national-data/cride.">httml#contentblock1</a>
- 11. Constantinescu-Sharpe, G., Phillips, R. L., Davis, A., Dornan, D., & Hogan, A. (2017). Social inclusion for children with hearing loss in listening and spoken Language early intervention: an exploratory study. BMC pediatrics, 17(1), 1-11.
- 12. Dirks, E., & Rieffe, C. (2019). Are you there for me? Joint engagement and emotional availability in parent-child interactions for toddlers with moderate hearing loss. Ear and hearing, 40(1), 18-26.
- 13. Eriks-Brophy, A., & Whittingham, J. (2013). Teachers' perceptions of the inclusion of children with hearing loss in general education settings. American annals of the deaf, 158(1), 63-97.
- 14. Geers, A. E., & Hayes, H. (2011). Reading, writing, and phonological processing skills of adolescents with 10 or more years of cochlear implant experience. Ear and hearing, 32(1), 49S.
- 15. Goodenow, C. (1993). The psychological sense of school membership among adolescents: Scale development and educational correlates. Psychology in the Schools, 30(1), 79-90.
- 16. Gordey, D. W. (2018). Teacher-Student Relatedness: The Importance of Classroom Relationships for Children with Hearing Loss.
- 17. Gordey, D. & Rumley, J. (2019). Enhanced learning with EduMic. Livre blanc Oticon.
- 18. Hensch, T. K., & Bilimoria, P. M. (2012, July). Re-opening windows: manipulating critical periods for brain development. In Cerebrum: the Dana forum on brain science (Vol. 2012). Dana Foundation.
- 19. Hoffman, M. F., Quittner, A. L., & Cejas, I. (2015). Comparisons of social competence in young children with and without hearing loss: A dynamic systems framework. Journal of deaf studies and deaf education, 20(2), 115-124.
- 20. Huttenlocher, P. R., & Dabholkar, A. S. (1997). Regional differences in synaptogenesis in human cerebral cortex. Journal of comparative Neurology, 387(2), 167-178.

- 21. Kent, B. A. (2003). Identity issues for hard-of-hearing adolescents aged 11, 13, and 15 in mainstream setting. Journal of Deaf Studies and Deaf Education, 8(3), 315-324. https://doi.org/10.1093/deafed/eng017
- 22. Kral, A., Hartmann, R., Tillein, J., Heid, S., & Klinke, R. (2001). Delayed maturation and sensitive periods in the auditory cortex. Audiology and Neurotology, 6(6), 346-362.
- 23. Kral, A., & Eggermont, J. J. (2007). What's to lose and what's to learn: development under auditory deprivation, cochlear implants and limits of cortical plasticity. Brain Research Reviews, 56(1), 259-269.
- 24. Kuhl, P. K. (2004). Early language acquisition: cracking the speech code. Nature reviews neuroscience, 5(11), 831-843.
- 25. Kuhl, P. K., Tsao, F. M., & Liu, H. M. (2003). Foreign-language experience in infancy: Effects of short-term exposure and social interaction on phonetic learning. Proceedings of the National Academy of Sciences, 100(15), 9096–9101.
- 26. Lewis, D. Manuscript in preparation.
- 27. Luckner, J. L., & Ayantoye, C. (2013). Itinerant teachers of students who are deaf or hard of hearing: Practices and preparation. Journal of deaf studies and deaf education, 18(3), 409-423.
- 28. Mayer, C., & Trezek, B. J. (2018). Literacy outcomes in deaf students with cochlear implants: Current state of the knowledge. The Journal of Deaf Studies and Deaf Education, 23(1), 1-16. Moore, D. R., Hutchings, M. E., & Meyer, S. E. (1991). Binaural masking level differences in children with a history of otitis media. Audiology, 30(2), 91-101.
- 29. Moore, D. R., Hutchings, M. E., & Meyer, S. E. (1991). Binaural masking level differences in children with a history of otitis media. Audiology, 30(2), 91-101.
- 30. Netten, A. P., Rieffe, C., Soede, W., Dirks, E., Korver, A. M., Konings, S., ... & DECIBEL Collaborative study group. (2017). Can you hear what I think? Theory of mind in young children with moderate hearing loss. Ear and hearing, 38(5), 588-597.
- 31. Ng, E. (2017). Benefits of OpenSound Navigator in children. Livre blanc Oticon.
- 32. Ng, E., Goverts, T., Kramar, S., & Zekveld, A. (2019). Improved speech understanding with less effort in children: An OpenSound Navigator™ study. Livre blanc Oticon.
- 33. Paatsch, L. E., & Toe, D. M. (2014). A comparison of pragmatic abilities of children who are deaf or hard of hearing and their hearing peers. Journal of deaf studies and deaf education, 19(1), 1-19.
- 34. Peterson, C. C. (2004). Theory-of-mind development in oral deaf children with cochlear implants or conventional hearing aids. Journal of child psychology and psychiatry, 45(6), 1096-1106.
- 35. Picou, E. M., Singh, G., Goy, H., Russo, F., Hickson, L., Oxenham, A. J., ... & Launer, S. (2018). Hearing, emotion, amplification, research, and training workshop: Current understanding of hearing loss and emotion perception and priorities for future research. Trends in hearing, 22, 2331216518803215.
- 36. Pittman, A. L., Pederson, A. J., & Rash, M. A. (2014). Effects of fast, slow, and adaptive amplitude compression on children's and adults' perception of meaningful acoustic information. Journal of the American Academy of Audiology, 25(9), 834-847.
- 37. Souza, P. E. (2002). Effects of compression on speech acoustics, intelligibility, and sound quality. Trends in amplification, 6(4), 131-165.
- 38. Stephenson, H., Higson, J., & Haggard, M. (1995). Binaural hearing in adults with histories of otitis media in childhood. Audiology, 34(3), 113-123.
- 39. Tierney, A. L., & Nelson III, C. A. (2009). Brain development and the role of experience in the early years. Zero to three, 30(2), 9.
- 40. Tomblin, J. B., Harrison, M., Ambrose, S. E., Walker, E. A., Oleson, J. J., & Moeller, M. P. (2015). Language outcomes in young children with mild to severe hearing loss. Ear and Hearing, 36(01), 76S.
- 41. Walker, E., McCreery, R., Spratford, M., & Roush, P. (2016). Children with auditory neuropathy spectrum disorder fitted with hearing aids applying the American Academy of Audiology Pediatric Amplification Guideline: Current practice and outcomes. Journal of the American Academy of Audiology, 27(03), 204-218.
- 42. Warner-Czyz, A. D., Loy, B. A., Evans, C., Wetsel, A., & Tobey, E. A. (2015). Self-esteem in children and adolescents with hearing loss. Trends in Hearing, 19. <a href="https://doi.org/10.1177/2331216515572615">https://doi.org/10.1177/2331216515572615</a>

Life-changing technology signifie
Des technologies qui changent la vie.

www.oticon.fr

