

# Réduction de l'écart entre une audition déficiente appareillée avec OSN et audition normale

Nouvelle étude sur l'impact de BrainHearing sur la compréhension de la parole et l'effort d'écoute

## RÉSUMÉ

Pour les personnes souffrant de troubles auditifs, il est connu que la compréhension de la parole dans le bruit est éprouvante. Alors que comprendre la parole dans un milieu calme peut se faire sans effort, même pour les personnes ayant une perte d'audition, la compréhension de la parole dans le bruit est bien plus épuisante à mesure que le bruit augmente. Les personnes ayant une audition normale peuvent aussi éprouver des difficultés à comprendre la parole dans le bruit, avec un effort accru à mesure que le niveau de bruit augmente.

Une étude récente a étudié l'effort d'écoute et la compréhension de la parole chez les personnes ayant une ouïe normale en utilisant la méthodologie objective de la pupillométrie. L'étude a examiné le point d'abandon pour les normo-entendants. L'abandon peut se produire lorsqu'une personne essaie de comprendre la parole, mais cela demande tellement d'efforts pour un résultat peu satisfaisant que la personne renonce (par exemple, une compréhension de la parole infructueuse). Cela peut arriver lorsque le contexte acoustique est trop difficile, par exemple.

En plus de fournir des connaissances utiles sur l'effort d'écoute pour une population normo-entendante, cette étude pourrait être utilisée à l'avenir comme référence aux recherches qui étudient l'effort d'écoute chez les personnes malentendantes.

## Introduction

Pendant de nombreuses années, l'intelligibilité de la parole a été utilisée comme référence dans la recherche audiologique pour mesurer la compréhension de la parole (Keidser, 2006). Bien que l'intelligibilité de la parole en tant que mesure donne certainement une grande quantité d'informations, elle peut ne pas fournir assez d'aspects du processus cognitif donnant du sens au discours dans la communication quotidienne. Lors de la communication dans des environnements bruyants, davantage de ressources cognitives sont engagées pour se concentrer et reconnaître la parole, ignorer le bruit, interpréter la signification et se souvenir du discours (Rönnberg et al., 2013). Dans ces situations, les personnes peuvent éprouver un effort d'écoute plus élevé en raison du besoin accru de ressources cognitives.

## Effort et motivation

D'après Mattys et al. (2012), l'effort peut dépendre de l'interaction de deux types de facteurs : ceux imposés par les exigences de la tâche et les facteurs liés à l'auditeur. Les exigences liées aux tâches peuvent être le type de bruit, tel qu'un bruit stationnaire ou un bruit de parole avec plusieurs locuteurs, ou l'environnement acoustique dans une situation donnée, par exemple si l'environnement est facile ou difficile. Un exemple d'environnement acoustique facile est lorsque la parole est plus forte que le bruit, et un environnement acoustique difficile est lorsque le bruit est plus fort que la parole. Les facteurs liés à l'auditeur peuvent être inhérents à l'état auditif de la personne, par exemple si elle a une audition normale ou une perte auditive. Dans cette perspective, il est nécessaire d'inclure le facteur de motivation. La théorie de l'intensité motivationnelle (Brehm & Self, 1989) décrit la motivation par rapport à la poursuite d'un but. La théorie explique que les personnes conservent leurs ressources en les investissant uniquement dans des tâches où l'objectif peut être poursuivi avec succès. Lorsque les conditions de travail deviennent trop difficiles, les individus vont à un moment donné « abandonner ». Autrement dit, lorsqu'une personne réalise qu'elle n'obtient pas assez de succès dans la résolution d'une tâche par rapport au nombre de ressources qu'elle investit, elle cesse d'allouer des ressources mentales pour résoudre la tâche (Pichora-Fuller et al., 2016). Nous pouvons interpréter cette situation comme le « point de basculement » ou le « point d'abandon ».

## Pupillométrie

La pupillométrie est une mesure utile et objective pour mesurer l'effort ainsi que le point d'abandon (Beatty, 1982, Zekveld et al., 2010, 2011, Wendt et al., 2017, Ohlenforst et al., 2017).

Dans cette méthode, la dilatation pupillaire est continuellement enregistrée (Kramer et al., 2013, cité dans Pichora-Fuller et al., 2016). Il a déjà été démontré que la dilatation des pupilles quantifie l'effort (veuillez consulter le livre blanc *Opn Preuves Cliniques*, Le Goff et al., 2016). La pupillométrie peut mesurer l'effort parce que la dilatation de la pupille est en partie liée aux zones du cerveau qui régissent la réponse « combat ou fuite » (McCorry, 2007). De façon synthétique, quand une personne a besoin de faire des efforts pour résoudre une tâche, le système nerveux sympathique, connu sous le nom de « système de réponses de combat ou de fuite », déclenche des changements physiologiques dans le corps tels que la dilatation pupillaire. Ainsi, lorsqu'un discours dans le bruit est présenté, la personne investit des ressources pour « combattre » le bruit, ou abandonne l'idée de traiter le discours dans le bruit.

Une étude précédente a étudié les effets de l'environnement acoustique sur la dilatation pupillaire dans un groupe ayant une déficience auditive (Ohlenforst et al., 2017). L'étude a révélé que la dilatation de la pupille change en fonction du rapport signal-sur-bruit (*signal-to-noise ratio*, SNR) dans une courbe en forme de U inversé. En d'autres termes, lorsque l'on passe d'un SNR très difficile à des SNR faciles, la dilatation de la pupille augmente jusqu'à un certain point, puis diminue de nouveau. L'étude a montré que les personnes ayant une perte auditive abandonnent l'envie de traiter la parole dans des environnements sonores à un SNR de -1 dB (Ohlenforst et al., 2017). Cela signifie que de nombreuses opportunités de socialisation sont sacrifiées, car certaines situations, comme converser dans un restaurant, ont un rapport signal sur bruit de -5 dB ou même plus médiocre. Cependant, la même étude a également constaté que l'OpenSound Navigator™ (OSN) peut faciliter le déplacement du point d'abandon vers des situations avec des SNR inférieurs, ce qui signifie que OSN permet aux personnes portant des aides auditives de participer activement à plus de situations sociales (voir le livre blanc *Repousser les limites du bruit*, Le Goff & Beck, 2017). Les résultats d'une autre étude de pupillométrie ont montré que l'OpenSound Navigator peut réduire l'effort d'écoute des personnes souffrant de perte auditive même dans des environnements où le niveau de bruit est relativement faible (voir le livre blanc *Opn Preuves Cliniques*, Le Goff et al., 2016 ; Wendt et al., 2017). Ainsi, une série d'études utilisant la pupillométrie est disponible pour démontrer que l'OSN dans les aides auditives Opn réduit significativement l'effort d'écoute, rendant la communication moins fatigante pour les malentendants, et déplace le point d'abandon pour comprendre la parole dans le bruit et participer activement à encore plus de situations sociales.

Cette preuve serait beaucoup plus facile à établir s'il existait un point de comparaison. Dans les recherches qui impliquent une perte auditive, l'audition normale est la référence la plus difficile à atteindre et donc l'idéal pour comparer les avantages de l'aide auditive.

Une étude récente a étudié l'effort d'écoute et la compréhension de la parole pour une population normo-entendante. Avec cette nouvelle étude, nous pouvons étudier le fossé entre les auditeurs normo-entendants et les auditeurs ayant une perte auditive en termes d'effort que ces deux groupes utilisent pour la compréhension de la parole dans les environnements bruyants.

## Étude de pupillométrie sur des normo-entendants

### Méthode

L'étude a impliqué 29 participants ayant une audition normale pour leur groupe d'âge dans la tranche d'âge de 50 à 77 ans (moyenne 65,7 ans). Les participants ont effectué le test auditif dans le bruit danois (HINT, Nielsen & Dau, 2011), dans lequel des phrases quotidiennes sont présentées dans le bruit. Le bruit de babillage se composait de quatre interlocuteurs concurrents (deux hommes, deux femmes), où chaque locuteur était présenté à partir d'un haut-parleur (voir la figure 1). Il était demandé aux participants d'écouter et de répéter chaque phrase, tandis qu'une caméra de suivi des yeux enregistrait continuellement la réponse de leurs pupilles. Les stimuli de parole et de bruit ont été présentés dans une configuration spatiale, qui est visualisée sur la figure 1. Pour les deux types de stimuli de bruit, les phrases ont été présentées à huit SNR différents. Les huit SNR ont été randomisés et classés par

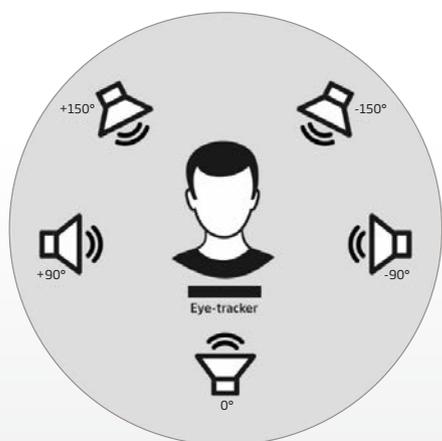


Figure 1 - Configuration spatiale, avec le discours présenté par l'avant (0°), et le bruit des haut-parleurs sur les côtés et le dos (+/- 90° et +/- 150°). Les participants étaient assis au milieu, avec une caméra de suivi des yeux devant eux qui enregistrait continuellement la dilatation de leurs pupilles. La distance entre le participant et le(s) haut-parleur(s) était de 1,2 m, et du participant à la caméra, de 60 cm.

ordre croissant de -20, -16, -12, -8, -4, 0, 4, à 8 dB SPL. Ainsi, les données sur la compréhension de la parole et l'effort d'écoute ont été obtenues simultanément sur un total de 16 conditions ; dans les résultats, seules les données du bruit de babillage seront présentées. Il y avait deux mesures de résultats dans l'expérience : la compréhension de la parole, mesurée par la reconnaissance des mots en pourcentage, et la réponse de la pupille, mesurée par la dilatation maximale des pupilles. Trois essais pratiques ont été réalisés avant l'expérience, consistant en 3x20 phrases.

### Analyse et résultats

L'analyse des données sur les pupilles est basée sur une étude de Wendt et ses collègues (2017) (voir également les livres blancs précédents, par exemple *Opn Preuves Cliniques*, Le Goff et al., 2016, et *Acouphènes et pupillométrie*, Juul Jensen, 2017). Pour chaque participant et état, la dilatation maximale de la pupille (PPD) a été calculée (voir la figure 2, qui visualise la dilatation pupillaire normalisée au fil du temps). Le traitement des données a été effectué de la manière suivante : les données ont été mesurées pour 25 essais dans chaque condition. Pour chaque condition, les trois premiers essais ont été retirés afin d'éliminer les effets de l'entraînement. Pour les essais restants, une correction de base a été effectuée en soustrayant une valeur de référence qui a été estimée par la taille moyenne des pupilles dans la seconde précédant le début de la phrase. En corrigeant à la ligne de base, les artefacts des pupilles liés à des aspects tels que la nervosité et l'excitation ont été contrôlés. De plus, les données sur les pupilles constituées de plus de 20% de clignements, de mouvements oculaires ou de données manquantes ont été exclues des analyses. Une interpolation linéaire et un filtre de lissage ont été passés au cours des essais restants, éliminant ainsi les clignements des yeux et les artefacts de haute fréquence.

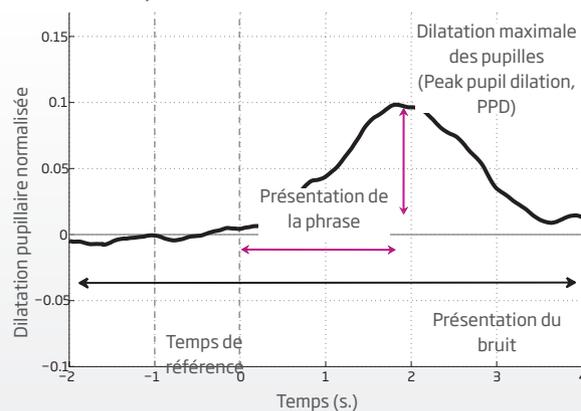


Figure 2 - Dilatation pupillaire normalisée (mm) au fil du temps (s.). Indique la ligne de base de la pupille, la dilatation maximale de la pupille et le début du temps pour la présentation du bruit et de la phrase.

La moyenne et l'écart-type de la dilatation pupillaire ont été calculés à partir de l'apparition jusqu'à la disparition du bruit. Le temps total de dilatation pupillaire était ainsi de 1 à 7 secondes, le début de la phrase étant à 3 secondes. Lorsque l'on teste la réponse de la pupille et l'intelligibilité de la parole dans différentes conditions de SNR, le résultat typique serait quelque chose comme le graphique montré dans la figure 3 (des SNR aléatoires sont choisis pour l'exemple). C'est-à-dire que le PPD en fonction du SNR se présente sous la forme d'un U inversé, avec le PPD maximum au milieu et la diminution progressive du PPD lorsque l'on améliore ou dégrade le SNR. Le PPD maximum indique l'environnement acoustique dans lequel les auditeurs mettent le plus de temps à répondre. La partie inférieure de la figure montre une mesure de l'audition typique de l'intelligibilité de la parole dans différents SNR, allant de 0% à 100%. Les formes de U inversé et de S représentées sur la figure 3 sont des formes caractéristiques de ces deux mesures. Dans la section des résultats, des points de données spécifiques de la présente étude qui offrent un intérêt particulier sont exposés.

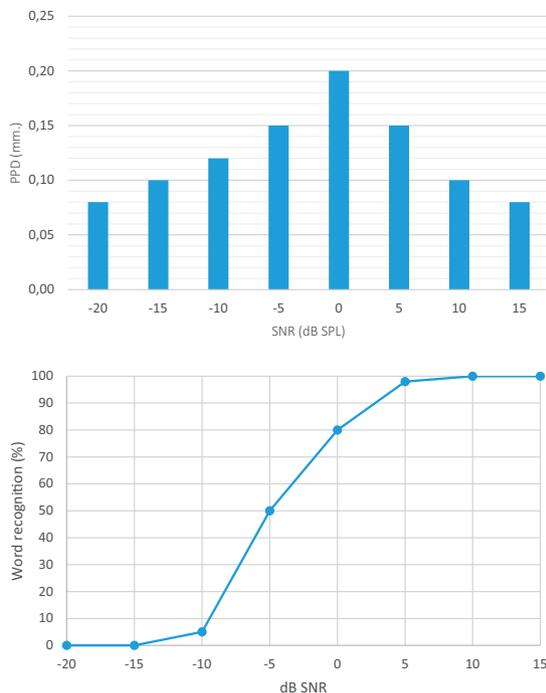


Figure 3 - Exemples de PPD (en haut) et d'intelligibilité de la parole (en bas) en fonction du SNR

Les résultats de la condition avec le bruit de babillage avec les auditeurs normo-entendants et les auditeurs malentendants de l'étude précédente sont présentés dans la figure 4. En bref, plus le PPD est élevé, plus l'effort est élevé et plus le point sur l'échelle de reconnaissance des mots est élevé, meilleure est la compréhension de la parole.

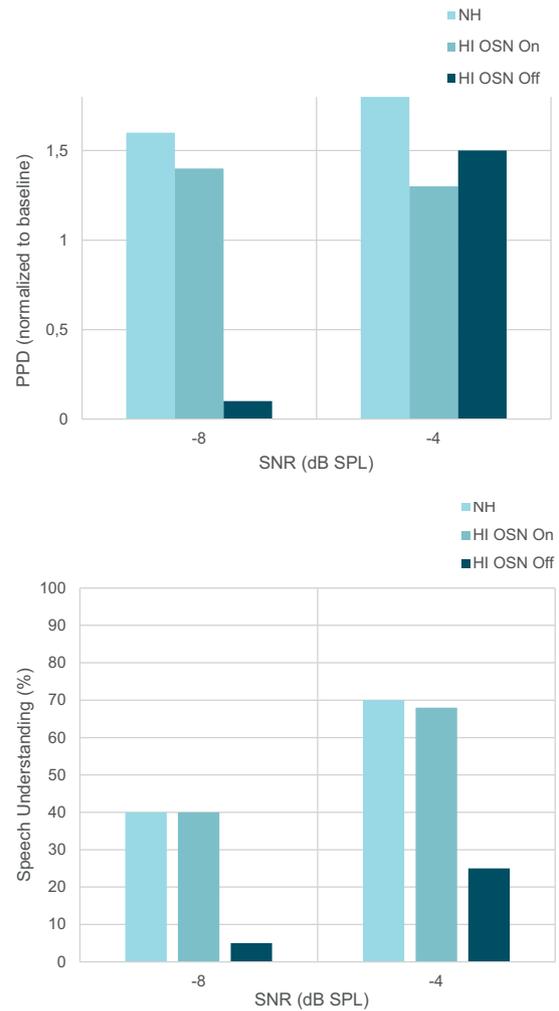


Figure 4 - Condition avec bruit de babillage. La figure du haut montre la dilatation maximale moyenne de la pupille pour -8 et -4 dB SNR. La figure du bas montre les scores moyens pour la reconnaissance des mots en pourcentage, indiquant la compréhension de la parole dans les rapports SNR de -8 et -4 dB.

Les résultats des auditeurs à audition normale montrent que la reconnaissance des mots est à 40% à -8 dB SNR, et augmente à environ 70% à -4 dB SNR. Les données de dilatation pupillaire ont montré un PPD maximal à -4 dB SNR, indiquant l'allocation maximale de l'effort par rapport aux autres conditions. Passant de -4 à -8 dB SNR (une condition acoustique plus difficile), le PPD diminue.

## Interprétation

Cette étude a examiné la compréhension de la parole et l'effort d'écoute chez les personnes ayant une audition normale. L'étude visait deux objectifs : examiner quand ces auditeurs atteignent le « point d'abandon » de l'allocation des efforts, c'est-à-dire quand les auditeurs commencent à renoncer à essayer de donner un sens au discours, et à comparer cela avec une étude similaire sur des auditeurs avec une perte auditive. Il a été constaté que les auditeurs normo-entendants dépensaient le plus d'effort autour de 70% de score de reconnaissance de mots (-4 dB SNR, où le PPD était au maximum). Après ce point, les données suggèrent que les auditeurs ont commencé à abandonner l'effort (autour de -8 dB SNR), car on a vu que le PPD commençait à diminuer avec une diminution de la reconnaissance des mots inférieure à 50%. La figure 5 montre ce que la technologie unique de l'OSN peut apporter aux auditeurs malentendants : avec OSN, la quantité d'effort allouée à une tâche est similaire à celle des auditeurs normo-entendants. Sans OSN, les auditeurs malentendants abandonnent beaucoup plus vite que les normo-entendants (pour plus de détails, voir Le Goff & Beck, 2017).

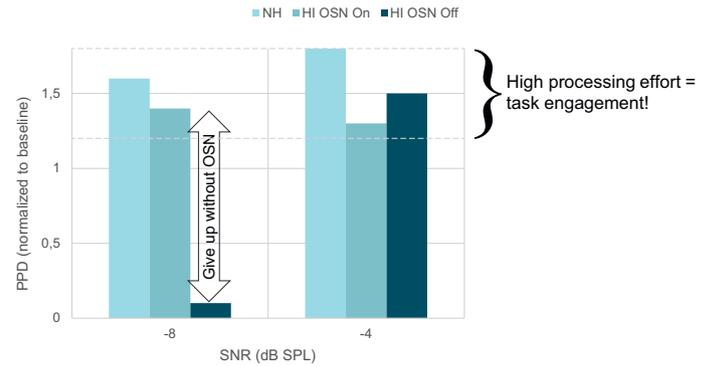


Figure 5 - Visualisation de la différence pour les auditeurs malentendants lorsque OpenSound Navigator est activé dans leurs aides auditives. Les PPD élevés indiquent un effort de traitement élevé - un signe positif de l'engagement continu aux tâches demandées.

## Effort d'écoute chez les normo-entendants par rapport aux utilisateurs d'Opn

Les résultats de cette étude à eux seuls sont intéressants, mais ils deviennent encore plus captivants par rapport aux résultats d'une étude similaire dans la même configuration mais avec des personnes ayant une perte auditive (voir le livre blanc Le Goff & Beck, 2017). En comparant les deux études, qui utilisaient une méthodologie similaire mais des populations différentes (auditeurs normo-entendants et auditeurs malentendants, assortis en termes d'âge), les preuves collectées montrent que l'abandon des personnes malentendantes avec OpenSound Navigator activé est le même point d'abandon que pour les personnes ayant une ouïe normale. Ceci est visualisé dans la figure 6.

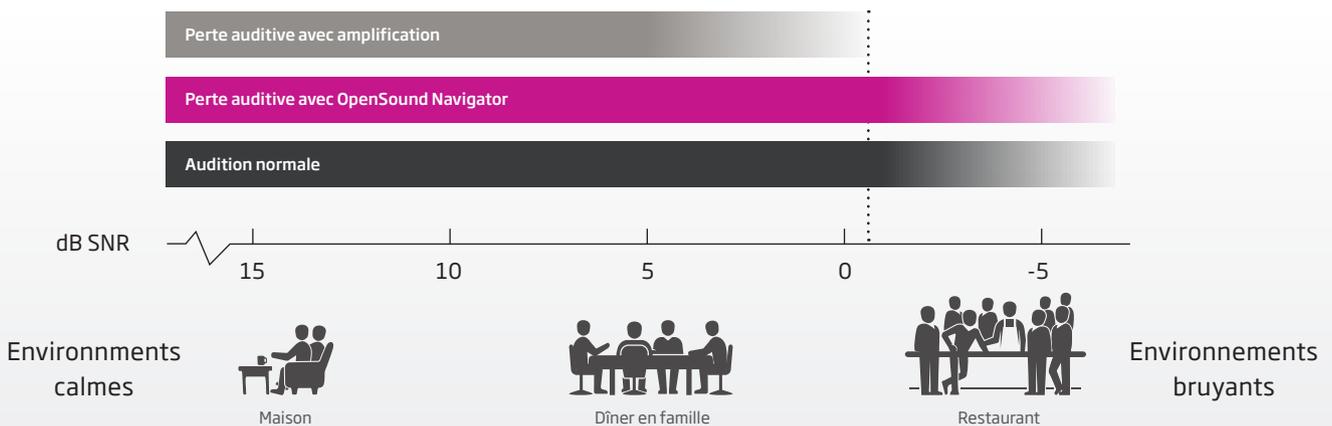


Figure 6 - Comparaison du point d'abandon des études utilisant des auditeurs ayant une perte auditive en utilisant Opn et des auditeurs normo-entendants. Les environnements qui correspondent à différents rapports signal / bruit sont visualisés.

## **Brève discussion sur la façon de combler un écart**

Sur la base des données d'audition normale, nous pouvons établir un point d'abandon d'environ -8 dB SNR. Ceci est similaire au point d'abandon observé dans l'étude avec OpenSound Navigator, comme indiqué également dans la figure 6 ci-dessus.

L'un des obstacles auxquels les personnes ayant une perte auditive sont constamment confrontées est qu'elles évitent de se trouver dans des situations sociales où l'écoute devient trop difficile - si difficile qu'elles ne sont plus disposées à investir leurs efforts pour suivre les conversations. Finalement, elles abandonnent et se retirent ainsi de ces situations, dont elles auraient pu profiter autrement. Comme mentionné précédemment, l'audition normale est la référence la plus difficile disponible, et ces deux études montrent qu'OpenSound Navigator casse les codes dans différentes situations d'écoute et permet aux utilisateurs de participer aux mêmes situations sociales que leurs pairs normo-entendants. En d'autres termes, OpenSound Navigator comble un peu plus l'écart avec l'audition normale, à la fois en termes de compréhension de la parole et en termes d'effort d'écoute. Ceci est important car il est possible pour les personnes souffrant d'une perte auditive et utilisant des aides auditives Opn d'avoir une communication active dans des situations d'écoute difficiles. Par conséquent, les audioprothésistes peuvent encourager les personnes utilisant des aides auditives Opn à explorer les situations d'écoute et les situations sociales qu'elles ont pu éviter ou abandonner par le passé.

## Références

- Aston-Jones, G., Cohen, J. D., 2005. *An integrative theory of locus coeruleus-norepinephrine function: Adaptive gain and optimal performance*. (Une théorie intégrative de la fonction locus coeruleus-noradréline : Gain adaptatif et performance optimale). *Annual Review of Neuroscience* 28, 403-450
- Beatty, J., 1982. *Task-evoked pupillary responses, processing load, and the structure of processing resources*. (Réponses pupillaires évoquées par la tâche, charge de traitement et structure des ressources de traitement). *Psychological Bulletin* 91, 276-292.
- Juul Jensen, J. 2017. *Benefits of Oticon Opn for people with hearing loss and tinnitus*. (Avantages de l'Oticon Opn pour les personnes ayant une déficience auditive et des acouphènes.) Livre blanc d'Oticon.
- Keidser, G. 2016. *Towards Ecologically Valid Protocols for the Assessment of Hearing and Hearing Devices*. (Vers des protocoles écologiquement valides pour l'évaluation de l'ouïe et des aides auditives). JAAA
- Kramer, S.E., Lorens, A., Coninx, F., et al. 2013. *Processing load during listening: The influence of task characteristic on the pupil response*. (Le traitement de la charge pendant l'écoute : l'influence de la caractéristique de la tâche sur la réponse de la pupille). *Journal of Language Processing*, 28, 426-442
- Le Goff, N., Ng, E., Wendt, D. & Lunner, T. 2016. *Preuves Cliniques Opn*. Livre blanc d'Oticon.
- Le Goff, N. & Beck, D. 2017. *Repousser les limites du bruit*. Livre blanc d'Oticon.
- Mattys, S.L., David, M.H., Bradlow, A.R. & Scott, S.K. (2012). *Speech recognition in adverse conditions : A review*. (La reconnaissance vocale dans des conditions difficiles : un examen) *Language and Cognitive Processes*. (Langue et processus cognitifs). Vol. 27, pp. 953-97
- McCorry, L.K. (2007). *Physiology of the Autonomic Nervous System*. (Physiologie du système nerveux autonome). *American Journal of Pharmaceutical Education*, Vol. 71(4)
- Nielsen, J. B., Dau, T., 2011. *The Danish hearing in noise test*. (Le test d'audition dans le bruit Danois). *International Journal of Audiology*, 50, 202-208.
- Ohlenforst, B., Wendt, D., Lunner, T., Zekveld, A.A., Naylor, G., Wang, Y., Kramer, S.E., (2017a), "Impact of SNR, masker type and noise reduction on processing effort as indicated by the pupil dilation", CHScom, Linköping
- Pichora-Fuller, M.K., Kramer, S.E., Eckert, M.A., Edwards, B., Hornsby, B.W., Humes, L.E., Lemke, U., Lunner, T., Matthen, M., Mackersie, C.L., 2016. *Hearing impairment and cognitive energy: The framework for understanding effortful listening (FUEL)* [Déficience auditive et énergie cognitive : le cadre pour comprendre l'écoute attentive (FUEL)]. *Ear and hearing* 37, 55-275.
- Rönneberg, J., Lunner, T., Zekveld, A.A., Sörqvist, P., Danielsson, H., Lyxell, B., Hahlström, Ö., Signoret, C., Stenfelt, S., Pichora-Fuller, K.M., Rudner, M., Rudner, M., 2013. *The Ease of Language Understanding (ELU) model: theoretical, empirical, and clinical advances*. [Le modèle ELU (Ease of Language Understanding): avancées théoriques, empiriques et cliniques]. *Frontiers in Systems Neuroscience* 1-17
- Wendt, D., Hietkamp, R.K. & Lunner, T. (2017). *Impact of noise and noise reduction on processing effort: A pupillometry study*. (Impact de la réduction du bruit et impact du bruit sur l'effort de traitement : étude pupillométrique). *Ear & Hearing*
- Wendt, D., Koelewijn, T., Książek, P., Kramer, S.E. & Lunner, T. *Toward a more comprehensive understanding of the impact of masker type and signal-to-noise ratio on the pupillary response while performing a speech-in-noise test*. Submitted for review.
- Zekveld, A., Kramer, S., Festen, J., 2010. *Pupil Response as an Indication of Effortful Listening: The Influence of Sentence Intelligibility*. (Réponse de la pupille en tant qu'indication d'une écoute attentive : l'influence de l'intelligibilité de la phrase). *Ear and hearing*.
- Zekveld, A. A., Kramer, S. E., Festen, J. M., 2011. *Cognitive load during speech perception in noise: The influence of age, hearing loss, and cognition on the pupil response*. (Charge cognitive pendant la perception de la parole dans le bruit : influence de l'âge, de la perte auditive et de la cognition sur la réponse de la pupille). *Ear and hearing* 32, 498-510.



[www.oticon.fr](http://www.oticon.fr)

