

# Phonak

# Field Study News

## Audiogramme et AudiogramDirect : comparaison des évaluations en clinique

L'audiométrie *in situ*, telle que Phonak AudiogramDirect, permet aux cliniciens de mesurer les seuils d'audition directement à travers les aides auditives d'un patient. Des analyses rétrospectives de 167 722 évaluations en clinique de l'audiométrie standard et d'AudiogramDirect montrent de nouvelles perspectives.

Auteur : Charlotte Vercammen / Juin 2020

### Points clés

- Les résultats ont montré que les conclusions de l'audiométrie standard et *in situ* (Phonak AudiogramDirect) étaient fortement corrélées, ce qui suggère un niveau élevé de concordance entre les méthodes.
- La différence moyenne entre les résultats des moyennes de sons purs était  $< 1$  dB HL, ce qui est négligeable d'un point de vue clinique.
- 95 % des différences entre les résultats variaient dans un intervalle de  $\pm 15$  dB HL pour les moyennes de sons purs. Cette plage de variation peut être considérée comme étant dans une plage cliniquement acceptable et est en fait attendue.
- Les résultats dépendent de la fréquence, avec une tendance vers une variation plus faible pour les

fréquences moyennes (voir l'annexe 2 pour les résultats spécifiques aux fréquences).

### Considérations concernant la pratique

- Bien que les résultats de l'audiométrie *in situ* soient fortement liés à ceux obtenus par l'audiométrie standard, des différences de résultats entre les deux sont attendues.
- L'audiométrie *in situ*, telle que Phonak AudiogramDirect, permet aux cliniciens de mesurer les seuils d'audition directement à travers les aides auditives d'un patient. Cela peut se faire pour augmenter la précision d'un appareillage, ou pour estimer les seuils d'audition lorsqu'aucun audiomètre clinique n'est disponible. Par exemple, cela serait le cas lorsqu'un patient ne peut pas se rendre au centre de soins auditifs et que le rendez-vous a lieu à distance.

## Introduction

L'audiométrie *in situ*, disponible dans le logiciel d'appareillage Phonak Target sous le nom d'AudiogramDirect, permet aux cliniciens de mesurer les seuils d'audition directement à travers les aides auditives d'un patient. Une fois les aides auditives en place (« *in situ* » ; Block, 2008), les écouteurs des aides auditives délivrent des stimuli sonores à l'oreille, tandis que le logiciel d'appareillage contrôle le niveau de stimulation (O'Brien, Keidser, Yeend, Hartley, & Dillon, 2010).

Lorsque seules des données audiométriques standard sont disponibles, les algorithmes de formule de présélection utilisent une valeur estimée de la différence entre l'oreille réelle et le coupleur (RECD) pour une aide auditive choisie afin de calculer le gain cible. En réalisant une audiométrie *in situ*, les écarts individuels par rapport à ces valeurs estimées (dus au volume résiduel du conduit auditif, à la profondeur d'insertion de l'aide auditive, à l'étanchéité du couplage acoustique, à l'évent appliqué et aux caractéristiques individuelles de l'écouteur [Block, 2008]) peuvent, en partie, être pris en compte. Cela permettra d'accroître la précision d'un appareillage, et donc d'obtenir une meilleure correspondance avec la cible.

Une autre application de l'audiométrie *in situ* est de permettre aux cliniciens d'estimer les seuils d'audition de conduction aérienne (CA) lorsqu'aucun audiomètre clinique n'est disponible (Kiessling et al., 2015). À cet égard, il est important de savoir dans quelle mesure les résultats de l'audiométrie *in situ* concordent ou s'écartent des résultats d'audiométrie standard, la référence pour le diagnostic de la perte auditive en pratique clinique (Roeser et al., 2007). À cette fin, la présente étude rétrospective a comparé les seuils d'audition de CA obtenus par Phonak AudiogramDirect et l'audiométrie standard au cours du même rendez-vous en clinique pour un vaste échantillon de 167 722 appareillages. Sur la base des données recueillies précédemment, nous avons émis l'hypothèse que les résultats d'AudiogramDirect se situaient dans une plage de tolérance de  $\pm$  10-15 dB HL par rapport aux seuils d'audition obtenus par audiométrie standard (Omisore, 2011).

## Méthodologie

Un vaste échantillon transversal de 167 722 enregistrements d'appareillage d'aides auditives Phonak Marvel a été analysé rétrospectivement. Les données ont été recueillies par le biais du logiciel Phonak Target de cliniciens du monde entier ayant participé au programme d'amélioration de Phonak

Target en activant la fonction de journalisation dans le logiciel d'appareillage.

Les données d'appareillage ont été incluses dans les analyses sur la base des critères suivants : les appareillages réalisés par le biais du logiciel Phonak Target version 6.1 ou plus récente, pour la plateforme Marvel, en utilisant la formule de présélection propriétaire Phonak Digital Adaptative, pour les patients âgés de 18 ans ou plus, lorsque l'audiométrie standard et l'audiométrie *in situ* (par AudiogramDirect) ont été réalisées au cours du même rendez-vous en clinique. Les enregistrements d'appareillage simulés (provenant du module de formation de Target) ont été exclus. Toutes les informations personnelles ont été supprimées des enregistrements d'appareillage, à l'exception de l'âge et du pays (pour les résultats descriptifs, voir l'annexe 1).

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R (R Core Team, 2020). Des analyses de corrélation de Pearson ont été utilisées pour étudier la relation potentielle entre les résultats d'audiométrie standard et les résultats d'AudiogramDirect. La méthode de Bland-Altman a été utilisée pour étudier les différences potentielles entre les deux mesures (Bland & Altman, 1986 ; Giavarina, 2015). Avec A, les résultats obtenus par la première mesure et B, les résultats obtenus par la seconde mesure, la méthode de Bland-Altman trace la moyenne des résultats appariés  $((A+B)/2$  ; axe x) en fonction de la différence des résultats appariés  $(A-B$  ; axe y). Cela permet de calculer deux paramètres : le « biais » entre les deux méthodes et les « lignes de concordance » (Bland & Altman, 1986 ; Giavarina, 2015).

Le « biais » représente la moyenne des différences entre les données appariées (Bland & Altman, 1986 ; Giavarina, 2015). À titre d'exemple, un biais hypothétique de 10 unités signifierait qu'en moyenne, les résultats de la deuxième méthode (B) seraient inférieurs de 10 unités aux résultats mesurés par la première méthode (A) ; c'est-à-dire qu'en moyenne, la deuxième méthode sous-estimerait les résultats par rapport à la première méthode. Idéalement, le biais serait de 0.

Les « lignes de concordance » représentent la zone de la courbe de Bland-Altman dans laquelle se trouvent 95 % des données sur les différences entre les deux mesures. Il faut ensuite décider si cette plage de variation se situe dans des limites cliniquement acceptables (Bland & Altman, 1986 ; Giavarina, 2015).

Les analyses ont été réalisées pour des moyennes de sons purs sur trois fréquences (500, 1 000, 2 000 Hz ; « PTA3 ») et quatre fréquences (500, 1 000, 2 000, 4 000 Hz ; « PTA4 ») ; voir la section Résultats. Les analyses ont également été réalisées pour des fréquences individuelles (250, 500, 750,

1 000, 1 500, 2 000, 3 000, 4 000, 6 000 Hz) ; voir l'annexe 2. Pour chaque analyse séparée, les valeurs manquantes ont été supprimées par paire. En d'autres termes, si un journal d'appareillage présentait des valeurs manquantes pour l'une des fréquences incluses dans la PTA3 ou la PTA4, obtenues par audiомétrie standard ou par AudiogramDirect, le journal d'appareillage n'était pas inclus dans l'analyse correspondante. Le nombre total de points de données inclus dans chaque analyse est indiqué par  $n$  dans la section Résultats.

## Résultats

Il y avait une forte corrélation positive entre la PTA3 obtenue par audiомétrie standard et AudiogramDirect, qui était statistiquement significative ( $r = 0,90$ ,  $n = 167\,219$ ,  $p < 0,0001$ , IC de 95 % [0,90, 0,90]). Il y avait également une forte corrélation positive entre la PTA4 obtenue par audiомétrie standard et AudiogramDirect, qui était statistiquement significative ( $r = 0,89$ , IC de 95 % [0,89, 0,89],  $n = 166\,796$ ,  $p < 0,0001$ ). Les nuages de points de la figure 1 représentent visuellement les résultats pour la PTA3 (panneau supérieur) et la PTA4 (panneau inférieur).

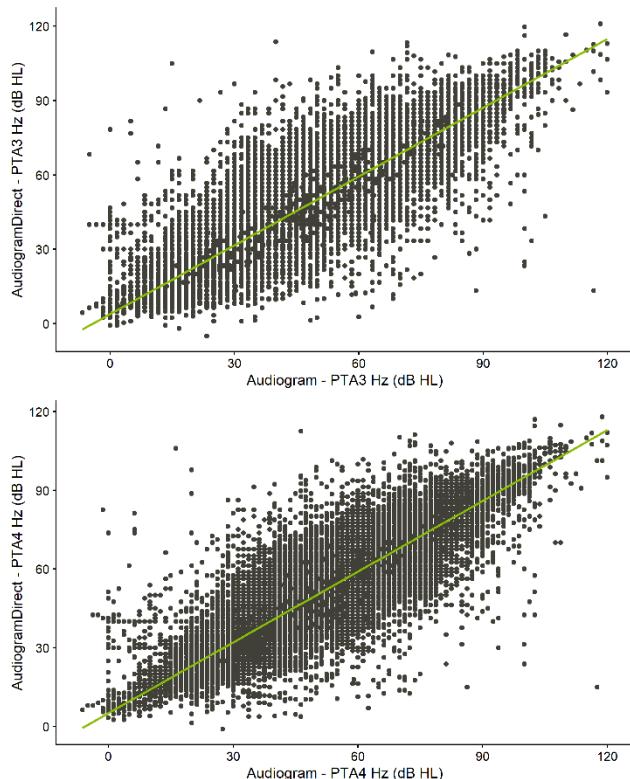


Figure 1. Nuages de points de la PTA3 (dB HL ; panneau supérieur) et de la PTA4 (dB HL ; panneau inférieur), représentent visuellement les résultats obtenus par audiомétrie standard (axe x) en fonction d'AudiogramDirect (axe y).

Les analyses de Bland-Altman (Bland & Altman, 1986 ; Giavarina, 2015) ont révélé un biais de -0,50 dB HL pour la

PTA3 ( $n = 167\,219$ , IC de 95 % [-0,53, -0,46]). Les lignes de concordance se situaient entre une limite inférieure de -14,73 dB HL (IC de 95 % [-14,79, -14,67]) et une limite supérieure de 13,74 dB HL (IC de 95 % [13,68, 13,80]). Le biais pour la PTA4 était de -0,005 dB HL ( $n = 166\,796$ , IC de 95 % [-0,04, 0,03]). Les lignes de concordance se situaient entre une limite inférieure de -13,26 dB HL (IC de 95 % [-13,31, -13,20]) et une limite supérieure de 13,25 dB HL (IC de 95 % [13,19, 13,30]).

Les points de Bland-Altman de la figure 2 résument les résultats pour la PTA3 (panneau supérieur) et la PTA4 (panneau inférieur).

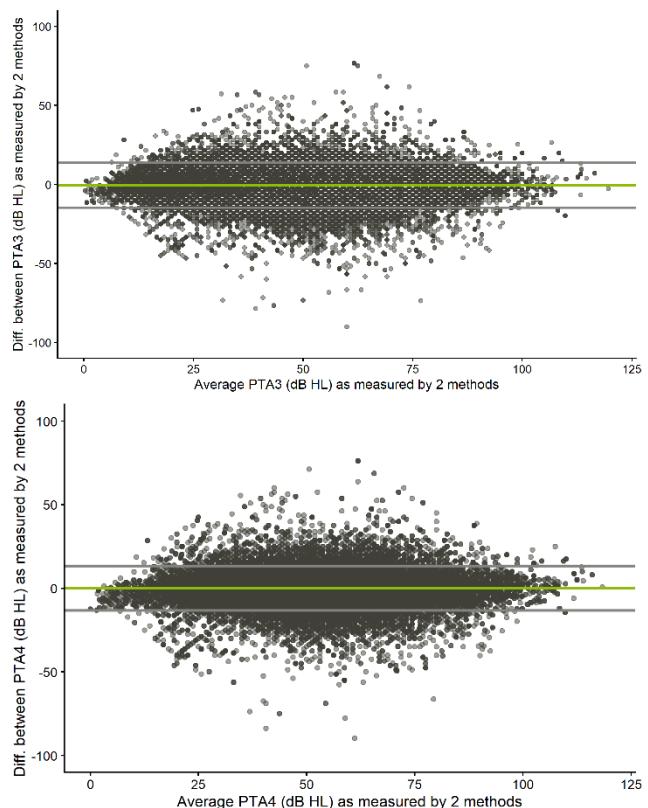


Figure 2. Points de Bland-Altman pour la PTA3 (panneau supérieur) et la PTA4 (panneau inférieur). Avec A et B représentant respectivement les seuils d'audition de CA obtenus par audiомétrie standard et AudiogramDirect, les figures affichent la moyenne des résultats appariés ( $(A+B)/2$  ; axe x) en fonction de la différence des résultats appariés ( $A-B$  ; axe y). Les lignes vertes horizontales représentent le biais et les lignes grises horizontales représentent les lignes de concordance.

## Discussion

Les résultats de ces analyses de données rétrospectives ont montré une forte corrélation entre les seuils d'audition de CA obtenus par audiомétrie standard et AudiogramDirect, tant pour la PTA3 que pour la PTA4. Les résultats ont donc montré un niveau élevé de concordance entre les deux méthodes. Les analyses de Bland-Altman ont montré que le biais entre les deux méthodes était faible, respectivement, -0,50 dB HL et -0,005 dB HL pour PTA3 et PTA4. En d'autres termes, pour un grand échantillon, la différence moyenne

entre la PTA3, respectivement la PTA4, obtenue par audiométrie standard et AudiogramDirect, était inférieure à 1 dB HL, ce qui est négligeable d'un point de vue clinique. Outre le biais, les lignes de concordance représentent les différences entre la PTA3, respectivement la PTA4, obtenues par audiométrie standard et AudiogramDirect, pour 95 % des données. Elles donnent ainsi une idée de la variation. Pour les deux moyennes, PTA3 et PTA4, les résultats actuels montrent que cette plage diminue avec  $\pm$  15 dB HL. Cette plage de variation est conforme aux données recueillies précédemment (Omisore, 2011) et est en fait attendue. En effet, alors que l'audiométrie standard et l'audiométrie in situ sont fortement liées l'une à l'autre, l'audiométrie in situ prend en compte la profondeur d'insertion de l'aide auditive, l'étanchéité du couplage acoustique dans le conduit auditif, les effets de l'évent, les caractéristiques de l'écouteur et les aides auditives choisies. L'audiométrie standard ne les prend pas en compte. Pour les deux méthodes, comme pour toutes les mesures comportementales, les variations dues à des imprécisions de perception peuvent également induire des variations, tout comme le traitement des données, par exemple en entrant manuellement les données de seuil d'audition dans le logiciel d'appareillage.

Il est important de noter que toutes les données incluses dans ces analyses rétrospectives ont été recueillies lors de visites en clinique. Par conséquent, nous ne pouvons pas généraliser les résultats à d'autres milieux, potentiellement moins isolés acoustiquement. Il est également important de noter que la mesure dans laquelle les résultats d'audiométrie in situ concordent ou s'écartent des résultats d'audiométrie standard ou s'en écartent dépend de la fréquence (Kiessling et al. 2015). Les résultats présentés dans ce document ont été analysés pour obtenir des moyennes de sons purs. Les résultats pour les fréquences individuelles peuvent être consultés dans l'annexe 2.

## Conclusion

Les résultats de la PTA3 et de la PTA4 obtenus par audiомétrie standard et par AudiogramDirect sont fortement corrélés. Pour la PTA3 et la PTA4, la différence moyenne entre les deux méthodes d'audiométrie est inférieure à 1 dB HL, ce qui est négligeable d'un point de vue clinique. Les différences entre les deux méthodes pour la PTA3 et la PTA4 varient dans un intervalle de  $\pm$  15 dB HL pour 95 % des appareillages inclus dans ces analyses de données. Cette plage de variation peut être considérée comme étant dans une plage cliniquement acceptable et est en fait attendue. La variation entre les deux méthodes pourrait s'expliquer par des imprécisions de perception lors des tests comportementaux, et des imprécisions lors du

traitement des données. La variation entre les deux méthodes pourrait également s'expliquer par des différences méthodologiques, car l'audiométrie in situ prend en compte la profondeur d'insertion de l'aide auditive, l'étanchéité du couplage acoustique dans le conduit auditif, les effets de l'évent, les caractéristiques de l'écouteur et les aides auditives choisies, alors que l'audiométrie standard ne le fait pas.

## Remerciements

Nous remercions tout particulièrement Gabe Nespoli d'avoir fourni les données.

## Références

- Bland, M. J., & Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet*, 307–310.
- Block, M. (2008). Adding Precision to the Initial Hearing Aid Fitting. *The Hearing Professional*, 57(4), 7–10.
- Giavarina, D. (2015). Understanding Bland Altman analysis. *Biochimia Medica*, 25(2), 141–151.  
<https://doi.org/10.11613/BM.2015.015>
- Kiessling, J., Leifholz, M., Unkel, S., Pons-Kühnemann, J., Jespersen, C. T., & Pedersen, J. N. (2015). A comparison of conventional and in-situ audiometry on participants with varying levels of sensorineural hearing loss. *Journal of the American Academy of Audiology*, 26(1), 68–79.  
<https://doi.org/10.3766/jaaa.26.1.8>
- O'Brien, A., Keidser, G., Yeend, I., Hartley, L., & Dillon, H. (2010). Validity and reliability of in-situ air conduction thresholds measured through hearing aids coupled to closed and open instant-fit tips. *International Journal of Audiology*, 49(12), 868–876.  
<https://doi.org/10.3109/14992027.2010.503664>
- Omisore, D. (2011). AudiogramDirect: In-situ hearing tests at their best. *Phonak Field Study News*, 1–3 juillet. Disponible sur : [www.phonakpro.fr/etudes](http://www.phonakpro.fr/etudes). Consulté le 29 avril 2020.
- R Core Team (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Roeser, R. J., Valente, M., & Hosford-Dunn, H. (2007). *Audiology diagnosis*. New York, USA: Thieme Medical Publishers Incorporated

## Annexe 1

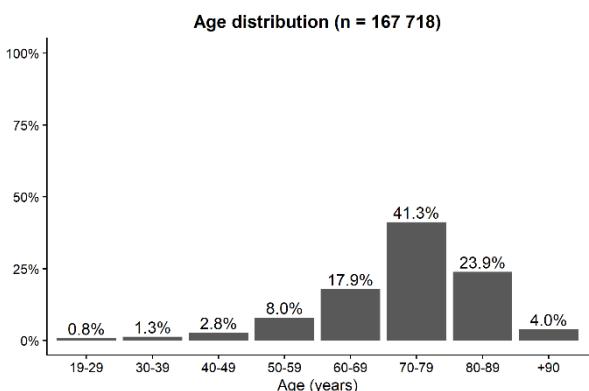


Figure 3. Répartition par âge des patients dont les fichiers enregistrements d'appareillage ont été inclus dans les analyses de données rétrospectives rapportées dans cette étude. L'échantillon complet contenait 167 722 points de données. Il manquait 4 valeurs pour l'âge.

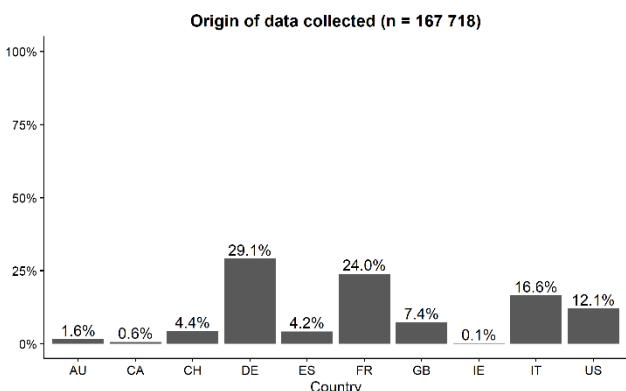


Figure 4. Répartition des pays d'où proviennent les fichiers d'enregistrement d'appareillage inclus dans les analyses de données rétrospectives. L'échantillon complet contenait 167 722 points de données. Il manquait 4 valeurs pour le pays.

## Annexe 2

Fréquence	n	r de Pearson [IC de 95 %]	Valeur p
250 Hz	159 267	0,8244 [0,8228 ; 0,8260]	< 0,0001
500 Hz	166 937	0,8651 [0,8639 ; 0,8663]	< 0,0001
750 Hz	80 349	0,8877 [0,8862 ; 0,8891]	< 0,0001
1 000 Hz	166 982	0,8944 [0,8934 ; 0,8953]	< 0,0001
1 500 Hz	93 274	0,8962 [0,8949 ; 0,8975]	< 0,0001
2 000 Hz	166 979	0,8848 [0,8838 ; 0,8858]	< 0,0001
3 000 Hz	135 983	0,8729 [0,8716 ; 0,8741]	< 0,0001
4 000 Hz	167 115	0,8621 [0,8609 ; 0,8633]	< 0,0001

6 000 Hz	135 349	0,8408 [0,8393 ; 0,8424]	< 0,0001
----------	---------	--------------------------	----------

Tableau 1. Vue d'ensemble des analyses de corrélation de Pearson spécifiques aux fréquences, examinant la relation potentielle entre les seuils d'audition de CA obtenus par audiомétrie standard et AudiogramDirect. Le tableau indique le nombre de points de données inclus par analyse (n ; colonne 2), les coefficients de corrélation de Pearson avec des intervalles de confiance de 95 % ([IC de 95 % ; colonne 3]), et les valeurs p correspondantes (colonne 4).

Fréquence	n	Biais (dB HL) [IC de 95 %]	LL (dB HL) [IC de 95 %]	UL (dB HL) [IC de 95 %]
250 Hz	159 748	-3,2823 [-3,3339 ; -3,2308]	-23,8788 [-23,9669 ; -23,7907]	17,3141 [17,2261 ; 17,4022]
500 Hz	167 460	-2,4825 [-2,5284 ; -2,4365]	-21,2945 [-21,3730 ; -21,2159]	16,3295 [16,2510 ; 16,4081]
750 Hz	80 588	-0,1009 [-0,1597 ; -0,0422]	-16,7781 [-16,8785 ; -16,6777]	16,5763 [16,4759 ; 16,6767]
1 000 Hz	167 515	-0,9928 [-1,0330 ; -0,9527]	-17,4339 [-17,5025 ; -17,3652]	15,4482 [15,3796 ; 15,5169]
1 500 Hz	93 555	0,4538 [0,4021 ; 0,5055]	-15,3580 [-15,4464 ; -15,2697]	16,2657 [16,1773 ; 16,3540]
2 000 Hz	167 433	1,9637 [1,9243 ; 2,0032]	-14,1788 [-14,2462 ; -14,1114]	18,1062 [18,0388 ; 18,1736]
3 000 Hz	136 337	1,3774 [1,3332 ; 1,4216]	-14,9329 [-15,0084 ; -14,8574]	17,6877 [17,6122 ; 17,7632]
4 000 Hz	167 116	1,4657 [1,4227 ; 1,5086]	-16,0902 [-16,1636 ; -16,0168]	19,0215 [18,9482 ; 19,0949]
6 000 Hz	135 505	4,2438 [4,1895 ; 4,2980]	-15,7174 [-15,8100 ; -15,6247]	24,2049 [24,1122 ; 24,2975]

Tableau 2. Vue d'ensemble des analyses de Bland-Altman spécifiques aux fréquences pour examiner les différences potentielles entre les seuils d'audition de CA obtenus par audiомétrie standard et AudiogramDirect. Le tableau indique le nombre de points de données inclus par analyse (n ; colonne 2), le biais entre les deux méthodes (colonne 3), ainsi que les limites inférieures (LL ; colonne 4) et supérieures (UP ; colonne 5) des lignes d'accord. Les trois derniers paramètres incluent les intervalles de confiance de 95 % ([IC de 95 %]).

## Conclusion Annexe 2

Pour les fréquences individuelles, les seuils d'audition obtenus par audiомétrie standard et AudiogramDirect sont fortement corrélés (tous les coefficients de corrélation de Pearson  $> 0,80$ ). La différence moyenne entre les deux méthodes d'audiométrie est inférieure à  $\pm 5$  dB HL pour toutes les fréquences individuelles. Les différences entre les deux méthodes se situent dans un intervalle de  $\pm 24$  dB HL pour 95 % des données, sur l'ensemble des fréquences. Il est important de noter que les résultats dépendent fortement des fréquences, avec une tendance vers une variation plus

faible pour les fréquences moyennes. Les résultats spécifiques aux fréquences révélés dans cette étude se situent dans une plage plus large ( $\pm 24$  dB HL) que la plage de  $\pm 15$  dB HL rapportée dans Omisore (2011). Cette différence pourrait potentiellement s'expliquer par des différences méthodologiques. L'étude Omisore (2011) a recruté des participants présentant des pertes auditives légères à moyennes, et un groupe tout aussi important de participants présentant des pertes auditives moyennement sévères à profondes. Le choix de l'écouteur et de l'embout a été contrôlé. Les analyses rétrospectives actuelles comprennent des fichiers journaux liés à un large éventail de pertes auditives, de choix d'écouteurs et d'embouts, et ne sont pas nécessairement des groupes équilibrés. L'ensemble de données actuel comprenait également des données tirées rétroactivement du logiciel d'appareillage Phonak Target. L'exactitude de l'enregistrement des données, par exemple lorsque les données sont saisies manuellement dans le logiciel d'appareillage, ne pouvait donc pas être contrôlée.

## Auteurs et chercheurs

### Chercheur et auteur principal



Charlotte Vercammen a obtenu un master de sciences en orthophonie et audiologie ainsi qu'un doctorat en sciences biomédicales à l'Université de Louvain (KU Leuven) en Belgique. Elle a rejoint le siège de Phonak en 2018, où elle travaille actuellement en tant que

directrice de la recherche clinique dans l'équipe d'audiologie internationale. Ses intérêts de recherche se situent dans les domaines de la science cognitive de l'audition, du vieillissement en bonne santé et des neurosciences auditives.