

Capacités attentionnelles auditives et presbyacousie

Emmanuèle Ambert-Dahan*, Peggy Gatignol**, Marie-Catherine Lombaert*, Catherine Moreau*, Didier Bouccara***, Olivier Sterkers****

* orthophonistes, centre référent implant cochléaire adulte d'Ile de France et surdité génétique de l'adulte du Pr O.Sterkers, groupe hospitalier Pitié-Salpêtrière bâtiment Paul Castaigne 50-52 bd Vincent Auriol 75013 Paris

** orthophoniste, Dr en neurosciences, service ORL du Pr G. Lamas, groupe hospitalier Pitié-Salpêtrière 50-52 bd Vincent Auriol 75013 Paris

***Docteur, Unité d'Otologie, Implants Auditifs et Chirurgie de la Base du Crâne, Hôpital Pitié-Salpêtrière, AP-HP, Paris.

**** Professeur, Unité d'Otologie, Implants Auditifs et Chirurgie de la Base du Crâne, Hôpital Pitié-Salpêtrière, AP-HP, Paris.

Auteur de correspondance :
emmanuele.ambert-dahan@psl.aphp.fr

Résumé :

L'augmentation de l'espérance de vie suscite des questions sur les liens entre vieillissement sensoriel et modification des capacités cognitives liées à l'âge. Plus particulièrement, l'attention est une fonction cognitive complexe et de première importance qui permet de traiter, organiser et acquérir des informations ayant un impact sur nos comportements. Elle intervient dans la plupart de nos conduites et activités quotidiennes, c'est pourquoi il nous a semblé utile de valider un bilan attentionnel, le LAMA (Logiciel d'Attention en Modalité Auditive), auprès d'un échantillon de sujets presbycusiques non déments. L'attention sélective, soutenue et divisée ont été évaluées auprès de 16 patients âgés de 69 ans en moyenne, en modalité auditive (sons) et auditivo-verbale (mots). De plus, une évaluation des fonctions cognitives (MMS), de la qualité de vie (ERSA) et des performances verbales (Lafon, Fournier et MMBA (Marginal Benefits from Acoustic Amplifications, X. Cormary (1992)) a été systématiquement proposée. Les résultats de cette étude indiquent que les sujets presbycusiques sont plus lents et moins précis que les sujets normo-entendants ? ce qui suggère un retentissement de la presbycusie sur les capacités attentionnelles auditives.

Mots clés : attention, surdité, évaluation, LAMA, réhabilitation auditive et cognitive.

Auditory attentional abilities and presbycusis**Summary:**

The increase of life expectancy arouses questions on the links between sensory aging and modification of age-related cognitive capacities. More particularly, attention is a complex cognitive function which allows to handle, organize and acquire information impacting our behavior. Because attention is involved in most of our acts and daily activities, we wanted to validate an attentional abilities assessment, the LAMA (Software of attention in hearing modality), with presbycusis subjects without dementia. Sixteen average 69-year-old patients were tested for selective, steady and divided attention in hearing (sounds) and auditivo-verbal conditions (words). Furthermore, an evaluation of cognitive functions (MMSE), quality of life (ERSA) and verbal performances (Lafon, Fournier and MMBA sentences) were systematically proposed. The results of this study showed that presbycusis subjects were slower and less accurate than normal hearing subjects which suggests an effect of presbycusis on auditory attentional capacities.

Key words: attention, deafness, évaluation, LAMA, auditory and cognitive rehabilitation.

----- INTRODUCTION -----

La prévalence de la presbyacousie, forme la plus fréquente de surdité de perception bilatérale progressive et symétrique chez l'adulte de plus de 50 ans, concerne 50 à 60 % des personnes âgées de plus de 60 ans et 80 à 90% des personnes au-delà de 80 ans (Hull, Kerschen, 2010). L'augmentation de l'espérance de vie et le vieillissement général de la population nous interrogent sur les liens entre sénescence physiologique et modifications des capacités cognitives liées à l'âge, notamment sur les interactions potentielles entre la baisse de l'audition due à l'âge et les capacités d'attention auditive. De récentes études mettent en évidence une association indirecte entre presbyacousie et démence (Lin et al., 2011a) tandis que d'autres montrent l'effet de l'isolement social (Kramer et al., 2002), des capacités cognitives (Tun et al., 2009) et du déclin fonctionnel général (Strawbridge et al., 2000) sur les capacités auditives. En effet, en cas de déficit auditif, intégrer l'information verbale mobilise une quantité plus importante de ressources cognitives au détriment d'autres tâches, ce que Rabbitt (1991) nomme *effortfulness hypothesis*. La presbyacousie est ainsi souvent associée à une baisse de capacités cognitives telles que l'attention (Craik, Byrd, 1982), la mémoire de travail (Hedden, Gabrieli, 2004) et la vitesse de traitement (Salthouse, 1996) et à un affaiblissement des traces mnésiques (McCoy et al., 2005 ; Surprenant, 2007). Par ailleurs, la survenue conjointe d'un double déficit, auditif et cognitif, pourrait également s'expliquer par une étiologie dégénérative commune ou la majoration de l'isolement social. Cependant, il est important de noter que les différents mécanismes mis en jeu ne sont pas exclusifs et peuvent coexister, contribuant ainsi au développement d'un déficit cognitif (Lin et al., 2011a).

L'objectif de cette étude est d'explorer particulièrement les liens entre vieillissement auditif et modification des capacités cognitives, en particulier attentionnelles. En effet, l'attention est une fonction cognitive complexe de premier ordre qui permet de traiter, organiser et acquérir des informations intervenant dans la plupart de nos conduites et activités quotidiennes en sous-tendant de nombreux aspects dont nous n'avons pas forcément conscience. Les patients et leur entourage évoquent fréquemment des difficultés attentionnelles auditives dans leur vie quotidienne (GRAP Santé, 2007) ce qui a orienté notre intérêt vers l'exploration des fonctions attentionnelles des patients presbyacousiques.

L'attention a ainsi été évaluée dans ses trois composantes (attention sélective, soutenue et divisée) en modalité auditive (sons) et auditivo-verbale (mots) avec le logiciel LAMA (Logiciel d'Attention en Modalité Auditive) chez des sujets presbyacousiques non déments (n=16). Ce test cognitif attentionnel a été normalisé auprès d'une population contrôle de 226 sujets âgés de 20 à 92 ans, répartis selon des critères de genre, d'âge et de catégorie socioprofessionnelle (Martin, Passel, 2009).

Nous formulons l'hypothèse que les patients presbyacousiques présentent un déficit cognitif plutôt *domaine spécifique*, touchant certaines compétences attentionnelles et fonctions exécutives. Des différences en termes de déficit pourraient être observées en termes de temps de réaction et de nombre d'erreurs chez les patients presbyacousiques par rapport aux sujets contrôles normo entendants avec une influence de l'âge, du niveau d'étude et du degré de surdité. De plus, les performances attentionnelles évaluées par le test LAMA pourraient être corrélées aux performances verbales évaluées avec les tests de compréhension verbale de Lafon, Fournier et MMBA. Enfin, un lien pourrait exister entre les performances au test LAMA et l'auto-évaluation de la qualité de vie par le questionnaire ERSA (Evaluation du

retentissement de la surdité chez l'adulte (Lebretonchel M, mémoire d'orthophonie (Paris VI, 2010) « Validation du questionnaire ERSA »).

----- METHODE -----

Participants

La population normo entendante (NE) au sein de cette étude est composée de 16 sujets (8 femmes et 8 hommes) âgés de 48 à 91 ans, avec une moyenne d'âge de 69 ans et une médiane à 70 ans. Le critère retenu pour ce groupe est celui défini par la norme ISO numéro 7029-2000, qui indique la diminution du seuil de perception en fonction de l'âge pour des personnes ne présentant pas de trouble auditif spécifique et n'ayant pas été exposées à des bruits excessifs. Tous étaient volontaires, francophones, ne présentaient aucun trouble cognitif (Mini Mental State / MMS (Folstein et al., 1975) dans la norme pour les patients de plus de 80 ans) ni de trouble auditif non appareillé.

Les 16 patients presbycousiques (PP), 8 hommes et 8 femmes (tableau 1), tous volontaires, ont répondu aux critères d'inclusion de notre étude :

- être âgé de 45 ans au moins
- être francophone
- présenter une surdité de type presbycousique, c'est-à-dire progressive à début insidieux, bilatérale et symétrique
- être en possession d'un audiogramme de moins d'un an
- ne pas présenter de trouble cognitif et ne pas de prendre de médicament psychotrope
- avoir un Mini Mental State (MMS) dans la norme pour les patients de plus de 80 ans.

Les patients ont été recrutés au sein du service ORL à l'hôpital Beaujon (service du Pr O. Sterkers), du service ORL à la Pitié-Salpêtrière (service du Pr G. Lamas) et dans l'entourage familial, amical et professionnel. Toutes les personnes ayant participé à l'étude ont reçu une lettre d'information et ont signé un recueil de consentement en double exemplaire. Elles ont été évaluées individuellement, soit dans le service d'ORL du Pr O. Sterkers (hôpital Beaujon, AP-HP) soit à leur domicile selon leur convenance pour une durée moyenne de 60 minutes. Toutes les passations ont eu lieu dans une pièce isolée, éloignée de sources sonores gênantes. Pour toutes les épreuves, les sujets ont été placés face à l'examineur et à environ un mètre de l'ordinateur.

	PAM	Hommes			Femmes			Total
		<20dB	20-40dB	40-70 dB	<20dB	20-40dB	40-70 dB	
48 - 59 ans	< bac				1			1
	bac - bac +3						1	1
	> bac +3	1						1
60 - 79 ans	< bac		2	1			1	4
	bac - bac +3	1	1	1		2	1	6
	> bac +3				1		1	2
> 80 ans	< bac							
	bac - bac +3			1				1
	> bac +3							
Total		2	3	3	2	2	4	16

Tableau 1. Répartition de la population de patients presbycousiques. PAM : perte auditive moyenne

Evaluation des capacités attentionnelles avec le logiciel LAMA

Les épreuves utilisées sont toutes informatisées. Elles requièrent le même mode de passation : le patient est face à l'examineur et ne voit pas l'écran, il donne sa réponse à l'examineur qui clique ensuite sur l'ordinateur afin que l'attention ne soit portée que sur les réponses et non sur la manipulation de l'outil informatique, puis le temps de réaction s'affiche à l'écran.

Les épreuves ont systématiquement été présentées dans un ordre identique avec les trois épreuves de la modalité auditive avant celles de la modalité auditivo-verbale et, auparavant les deux épreuves préliminaires non-étalonnées (jugement de rimes et dénomination auditive) qui doivent être entièrement réussies par le sujet pour que le test puisse être proposé.

La modalité auditive comporte trois sous-épreuves d'attention sélective, soutenue et divisée au cours desquelles le sujet entend des bruits (ex : miaulement, pas, train) choisis pour leur fréquence élevée à très élevée, selon la fréquence orale du mot évoqué par ces bruits et sensiblement égaux en durée (environ 2 secondes). Dans cette batterie, il y a trois durées de latence différentes entre chaque bruit (2 secondes, 4 secondes et 6 secondes), trois sortes d'items (les cibles, les distracteurs phonologiques et les distracteurs sémantiques) administrés de façon aléatoire pour éviter les phénomènes d'habituation. Avant de débiter chaque épreuve, le sujet entend la cible à détecter. L'épreuve d'attention sélective consiste à repérer une cible auditive, l'épreuve d'attention soutenue à repérer une cible auditive pendant une durée de 6 minutes et l'épreuve d'attention divisée à compter les cibles et taper sur la table quand le sujet entend les distracteurs.

La modalité auditivo-verbale comporte les mêmes trois sous-épreuves qu'en modalité auditive et avec le même type et nombre d'items, mais le sujet n'entend plus des bruits mais des substantifs. Les mots choisis sont de fréquence élevée à très élevée (<http://www.lexique.org>), tous dissyllabiques et sensiblement égaux en durée (environ 1 seconde). Par ailleurs, les items sont énoncés par une voix d'homme pour limiter les effets liés à la presbycousie avec des latences de 2,5 secondes, 5 secondes et 7,5 secondes administrées de manière aléatoire. Les temps de réaction sont pris en compte de la même façon qu'en modalité auditive.

Pour les épreuves d'attention sélective et soutenue, les résultats affichés sont le temps de réaction total en secondes, le temps de réaction moyen, le nombre total de bonnes réponses, le nombre d'erreurs sur les cibles, le nombre d'erreurs phonologiques et le nombre d'erreurs sémantiques. Les résultats de l'épreuve d'attention divisée présentent le temps de réponse total en secondes, le temps de réaction moyen, le nombre total de bonnes réponses, le temps de réaction moyen pour les bonnes réponses, le nombre d'erreurs sur les cibles, le temps moyen de réaction pour les erreurs sur cible, le nombre d'erreurs phonologiques, le temps moyen de réaction pour les erreurs phonologiques, le nombre d'erreurs sémantiques et le temps moyen de réaction pour les erreurs sémantiques.

Ce bilan a été normalisé auprès de 226 personnes normo-entendantes âgées de 20 à 92 ans, réparties selon trois critères (tableau 2) : le sexe (113 femmes, 113 hommes) ; l'âge : une distribution en 4 tranches d'âge a été retenue (20-39 ans ; 40-59 ans ; 60-79 ans ; 80 ans et plus) et enfin la catégorie socioprofessionnelle, déterminée à partir du niveau d'études : les sujets ont été regroupés selon 3 groupes (sans baccalauréat, entre BAC et BAC + 3, et au-delà de BAC + 3).

	20-39	40-59	60-79	80 et +
Inférieur au BAC	10 hommes 10 femmes	10 hommes 10 femmes	10 hommes 10 femmes	8 hommes 8 femmes
BAC à BAC +3	10 hommes 10 femmes	10 hommes 10 femmes	9 hommes 9 femmes	8 hommes 8 femmes
Supérieur à BAC +3	10 hommes 10 femmes	10 hommes 10 femmes	10 hommes 10 femmes	8 hommes 8 femmes

Tableau 2. Données démographiques de la population contrôle.

Evaluation cognitive

Le MMS (Mini Mental State), également appelé MMSE (Mini Mental State Examination) a uniquement été proposé aux patients âgés de plus de 80 ans. Créé par Folstein et al. (1975), ce test permet un dépistage et un suivi rapide des déficits cognitifs au moment de la passation du test. Le MMS est à visée d'orientation diagnostique devant une suspicion de démence et est notamment employé dans le cadre du dépistage de la démence de type Alzheimer. Il permet d'évaluer les capacités d'orientation dans le temps et dans l'espace, d'apprentissage et de transcription des informations, d'attention et de calcul, de rappel des informations et de rétention mnésique, de langage et d'identification ainsi que les praxies constructives. Pour chacune des trente questions, une réponse juste entraîne un score de 1 et une réponse fautive ou approximative, un score de 0. Le score final est noté sur 30 points et pondéré selon un étalonnage du score en fonction du niveau d'études.

Evaluation verbale

Les capacités de traitement de l'information verbale ont été évaluées avec les tests validés pour le bilan de la surdité chez l'adulte (HAS). Il s'agit tout d'abord des listes cochléaires de J.C. Lafon composées de 17 mots phonétiquement équilibrés de trois phonèmes chacun. On assimile le nombre de phonèmes par liste à 50 dans lesquelles on compte le nombre de phonèmes non perçus ou erronés. La principale fonction auditive étudiée est l'identification phonétique, l'unité d'erreur est le phonème, la suppléance mentale est d'autant plus réduite que le patient doit répéter immédiatement le mot. On utilise également les listes dissyllabiques de Fournier comportant chacune 10 mots dissyllabiques. La fonction auditive

étudiée est l'intelligibilité et l'unité d'erreur est le mot. L'influence sémantique est assez forte, facilitant la compréhension du fait de la suppléance mentale. Enfin, les patients ont été testés avec les listes de phrases MMBA qui sont l'adaptation française d'un protocole anglais *CUNY sentences*, lui-même adapté du protocole anglais *The Everyday Sentences*. Ce dernier a été adapté en français en 1992 par Xavier Cormary, orthophoniste au CHU de Purpan à Toulouse.

Evaluation de la qualité de vie avec le questionnaire ERSA (Evaluation du Retentissement de la Surdité chez l'Adulte).

Le questionnaire auto-administré ERSA (Lebredonchel, 2010) comprend quatre sous-domaines abordant la qualité de vie en général, la vie personnelle, la vie sociale et la vie professionnelle. Chaque domaine comprend cinq questions, notées de 1 à 10, soit un score global noté sur 200 pour les actifs et 150 pour les inactifs. Les questions ont été formulées pour que les patients répondent à l'instant présent, sans aucune référence à leur situation antérieure. Le questionnaire ERSA a été validé auprès de 121 patients candidats à l'implantation cochléaire et 36 patients implantés avec un délai de 6   12 mois. Les résultats ont été corrélés à ceux obtenus avec l'APHAB (Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit, Cox, Alexander (1995) : patients non encore implantés) ou le GBI (Glasgow Benefit Inventory, Robinson et al. (1996) : patients implantés) ainsi qu'aux performances du bilan orthophonique. La cohérence interne et la validité par rapport à l'APHAB et aux tests orthophoniques ont été mesurées chez 122 patients candidats à l'implantation cochléaire. La fiabilité test-retest et la sensibilité au changement par rapport au GBI et aux tests orthophoniques ont été mesurées chez 36 patients implantés avec un délai de 6   12 mois.

----- **RESULTATS** -----

Le logiciel JMP 10 a été utilisé pour réaliser les calculs statistiques. Nous avons établi des études de corrélation pour évaluer le degré de liaison entre les scores aux différentes épreuves, entre les scores aux différents modules, et entre les scores totaux des différents tests utilisés. Pour cela, l'indice ou coefficient de corrélation (r) de Beauvois-Pearson est établi pour chaque paire de données considérées. Cet indice est compris entre -1 et +1. Plus la valeur de (r) se rapproche de 1, plus la corrélation est forte ; plus elle se rapproche de 0, plus elle est faible. Si la valeur se rapproche de -1, nous parlons de corrélation négative : un score élevé dans l'une des épreuves est lié à un score faible dans l'autre. Nous avons considéré qu'il existait une corrélation si (r)  tait supérieur à 0,60 et que cette corrélation était forte si (r)  tait supérieur à 0,80.

A chaque (r) qui mesure le degré de corrélation, un risque est associé. Il s'agit de la valeur du « p » qui correspond à la probabilité de se tromper en affirmant que les résultats sont significatifs. Conventionnellement, les résultats sont considérés comme significatifs lorsque la valeur du « p » est égale ou inférieure à 0,05 (seuil minimal de significativité retenu), donc :

- si $p > 0.05$, les résultats ne sont pas significatifs
- si $p \leq 0.05$, les résultats sont significatifs
- si $p \leq 0.01$, il existe une forte significativité
- si $p \leq 0.0001$, il existe une très forte significativité.

Comparaison avec la population contrôle

Des différences dans les trois types d'attention sont observées avec un allongement des temps de réaction (TR) chez les patients presbyacousiques (PP) par rapport à la population normo-

entendante (NE) (figure 1). Le test non paramétrique de Wilcoxon permet de mettre en évidence, au sein de l'échantillon PP, des différences significatives entre les modalités ($p < .05$) à l'exception de l'écart entre attention sélective et attention divisée.

Chez les PP, comme dans la population normale, le TR moyen le plus bas est observé dans les tests d'attention soutenue. En revanche, le TR moyen le plus élevé y est constaté en attention divisée alors qu'il est observé en attention sélective dans la population normale. L'échantillon PP commet également plus d'erreurs que la population contrôle sauf en attention soutenue. Les différences intragroupes ne sont pas significatives.

La comparaison par modalité (auditive ou auditivo-verbale) met en évidence des temps de réaction (TR) significativement ($p < .01$) plus élevés dans la population presbyacousique (PP) que dans la population normo-entendante (NE). Comme chez les NE, c'est dans la modalité auditivo-verbale que l'échantillon PP est comparativement plus lent (ralentissement de 9% chez les PP et de 10% chez les NE). L'échantillon PP commet systématiquement plus d'erreurs dans chacune des deux modalités mais ces différences ne sont pas significatives.

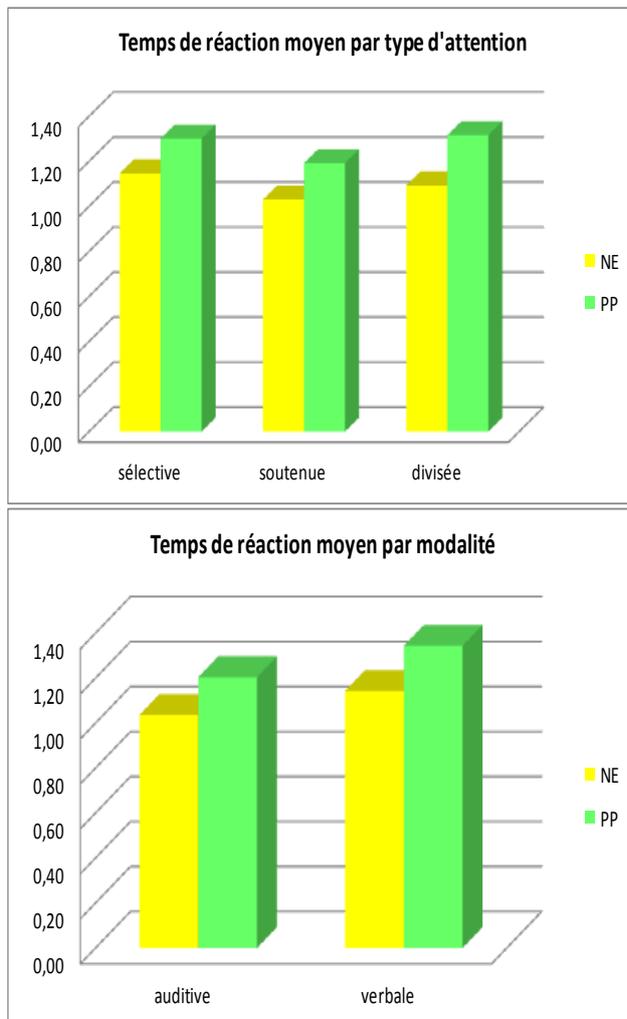


Figure 1. Temps de réaction (TR) moyens par type d'attention et par modalité.
Mean reaction time (RT) by attention type and modality.

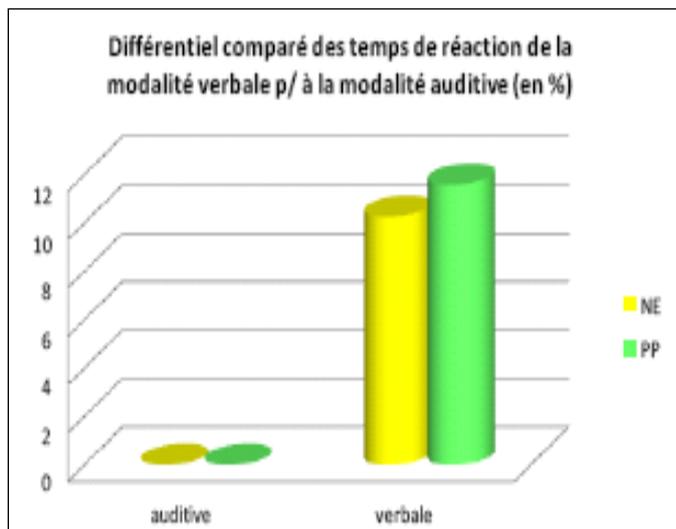
Pour déterminer si l'échantillon PP présentait le même profil attentionnel que la population NE, nous avons comparé les TR moyens en attention soutenue et divisée à ceux obtenus en attention sélective.

Par rapport aux TR moyens en attention sélective toutes modalités confondues, les TR moyens en attention soutenue sont moins élevés chez les NE et les PP (respectivement -10% et -11%) de même que les TR moyens en attention divisée qui sont moins élevés dans la population NE (-8%) mais sensiblement plus importants dans la population presbyacousique (+1%). Cependant, la différence des TR moyens en attention sélective et en attention divisée au sein de l'échantillon presbyacousique n'est pas significative ($P > .05$).

De plus, on constate, qu'en modalité auditive, les TR moyens en attention soutenue et divisée comparés aux TR moyen en attention sélective baissent de façon relativement comparable dans les deux populations (respectivement -21% et -23% en attention soutenue, et -9% et -6% en attention divisée) mais l'écart de TR entre attention sélective et attention divisée n'est pas significatif ($p > .05$). Par ailleurs, on observe que les TR augmentent de façon sensible en modalité verbale au sein de l'échantillon presbyacousique (+8% en attention soutenue et +10% en attention divisée) alors qu'ils restent stables dans la population normale. Ces différences sont significatives ($p < .05$).

Le TR en modalité auditivo-verbale est significativement plus élevé ($p < .01$) dans les deux populations et cela de façon comparable (+10% chez les NE, +12% chez les PP) par rapport à la modalité auditive.

Enfin, on constate que la différence entre modalité verbale et modalité auditive est surtout marquée en attention soutenue, tant chez les sujets presbyacousiques que dans la population normale. Les différences entre modalités verbale et non verbale sont significatives ($p < .01$) sauf en attention sélective (figure 2).



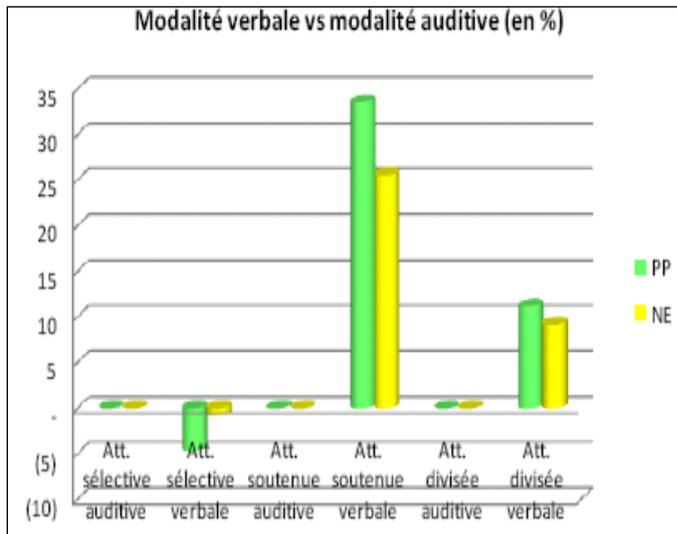


Figure 2. Différentiel comparé des temps de réaction (TR) moyens par type d'attention et par modalité.

Analyses et corrélations au sein de l'échantillon presbyacousique

Nous avons cherché à savoir s'il y avait, au sein des PP, des différences de performances significatives au LAMA liées à l'âge, au niveau scolaire, à la perte auditive moyenne, aux seuils auditifs à 500, 1000, 2000, 4000 Hz ou au score au questionnaire ERSA.

Tout d'abord, nous pouvons préciser que les corrélations, par épreuve du LAMA et en cumulé, entre les TR moyens et le nombre d'erreurs sur 30 items proposés sont négatives ce qui indique qu'une diminution du temps de traitement permet une augmentation de la précision. Elles sont faibles à moyennes, la corrélation la plus élevée est constatée en attention sélective auditivo-verbale (-0,4).

En ce qui concerne le critère d'âge, nous avons scindé les PP en deux groupes à savoir ceux entre 48-69 ans (n= 7, âge moyen 60 ans, âge médian 65 ans) et les plus de 70 ans (n=9, âge moyen 76 ans, âge médian 75 ans). Si les 48-69 ans sont légèrement plus rapides aux trois premières épreuves en modalité auditive, les 70 ans et plus ont des TR moins élevés aux quatrième et cinquième épreuves en modalité auditivo-verbale. Les TR des deux groupes sont comparables pour l'attention divisée en modalité auditivo-verbale. Au total, les patients âgés de 70 ans et plus commettent davantage d'erreurs à chaque épreuve alors que les 48-69 ans ne commettent aucune erreur dans 3 épreuves sur 6, avec un taux cumulé d'erreurs inférieur. L'analyse réalisée avec le test non paramétrique de Wilcoxon permet d'affirmer qu'aucune des différences constatées en termes de temps de réponse ou nombre d'erreurs n'est significative.

Par ailleurs, les sujets sans baccalauréat se sont montrés plus rapides dans toutes les épreuves sauf en attention divisée auditivo-verbale. En revanche, ces mêmes sujets se sont montrés moins précis, notamment dans les deux épreuves d'attention divisée avec des taux d'erreurs cumulé de 2,20 contre 1,27 pour le groupe plus diplômé. Les patients plus diplômés sont donc plus rapides et plus précis aux épreuves d'attention divisée mais ces différences ne sont pas significatives.

Nous avons également cherché à savoir s'il existait une différence significative entre les sujets ayant une perte auditive moyenne (PAM) supérieure à 40 dB et ceux ayant une PAM inférieure à 40dB. Ce seuil a été choisi car il correspond à la limite basse de la perte auditive dite «moyenne» de 40dB à 70dB. Les sujets ayant une PAM supérieure à 40dB sont plus lents dans les deux premières épreuves d'attention sélective et soutenue auditive mais sont plus rapides dans les autres épreuves. Seule la différence observée en attention divisée verbale est significative ($p < .05$). De plus, le nombre d'erreurs commises par les PP avec une PAM > 40dB est plus élevé en attention divisée auditive et auditivo-verbale mais leur score cumulé est légèrement inférieur au groupe des ≤ 40 dB (respectivement 1,64 vs 1,69) avec des différences non significatives.

Enfin, si on analyse les différences selon la perte auditive aux seuils de 0,5, 1, 2, 4 KHz, c'est principalement avec les temps de réaction en attention sélective auditive que les seuils auditifs semblent le plus corrélés. Plus les seuils sont bas, notamment à une fréquence de 2000 Hz, et plus les TR moyens constatés dans cette épreuve, qui est aussi la première en ordre de passation, sont bas. La corrélation diminue au fur et à mesure de la passation des épreuves puis s'inverse.

Analyse des résultats aux autres épreuves

La réussite au test de Lafon est corrélée de façon moyenne et négative aux seuils auditifs à 500, 1000, 2000 et 4000 Hz ainsi qu'à la PAM tandis que les corrélations entre le score au test de Lafon sans lecture labiale et les performances au LAMA sont faibles ou moyennes sauf en ce qui concerne le taux d'erreurs en attention soutenue auditivo-verbale (corrélation négative de -0,8) témoignant ainsi d'une corrélation négative mais décroissante entre le score ERSA et les résultats au LAMA.

La réussite aux tests verbaux est également corrélée de façon moyenne et négative aux seuils auditifs à 500, 1000, 2000 et 4000 Hz ainsi qu'à la PAM. Les corrélations entre le score aux tests verbaux sans lecture labiale et les performances au LAMA sont faibles ou moyennes sauf en ce qui concerne le taux d'erreurs en attention soutenue auditivo-verbale (corrélation négative de -0,9). Il existe donc des corrélations fortes entre les résultats aux tests orthophoniques et les TR/taux d'erreurs en attention soutenue auditivo-verbale.

Enfin, en ce qui concerne la corrélation entre les scores ERSA et les résultats au LAMA, c'est principalement avec le TR de la première épreuve (attention sélective auditive) que le score ERSA est le plus corrélé (0,5). Il existe donc une corrélation négative mais décroissante entre le score ERSA et les résultats au LAMA.

----- DISCUSSION -----

Dans notre étude, les patients presbycousiques, testés avec un logiciel d'évaluation des capacités attentionnelles en modalité auditive, faisaient plus d'erreurs et avaient des temps de réaction plus longs pour tous les types d'attention et dans les deux modalités (auditive et auditivo-verbale) par rapport à la population contrôle. Le ralentissement observé dans le vieillissement normal (Sieroff, Piquard, 2004) semble donc accentué dans le contexte de la presbycousie. En effet, l'altération de leurs capacités auditives rend les malentendants plus sensibles aux conditions acoustiques extérieures et aux modalités d'émission de la parole.

Toutefois, pour leur permettre de communiquer, il est indispensable de maîtriser les éléments qui influencent leurs capacités perceptives à savoir : le niveau sonore, le rapport signal/bruit, la réverbération des locaux, le spectre et le débit de parole. La réverbération est la persistance du son dans un espace clos en raison des réflexions répétées des frontières. La réverbération peut à la fois avoir des effets positifs et négatifs sur la perception de la parole en termes d'audibilité et d'intelligibilité vocale. Les effets positifs proviennent des premières réflexions et arrivent à l'auditeur après seulement quelques réflexions, à partir de 50 ms après émission du signal direct. Les effets négatifs proviennent de composants en fin de réverbération et arrivent à l'auditeur après de nombreuses réflexions, avec des retards de 100 ms ou plus (Boothroyd, 2006).

De plus, le nombre plus important d'erreurs et l'augmentation sensible du temps de réaction en attention divisée (toutes modalités confondues) chez les sujets presbycousiques pourraient également être considérés comme un marqueur du lien entre vieillissement auditif et cognitif. En effet, l'épreuve d'attention divisée qui consiste à compter un stimulus cible et à taper sur la table lors de la perception de stimuli distracteurs est une tâche de flexibilité mentale. Celle-ci nécessite un niveau important de contrôle cognitif ainsi qu'une contribution motrice qui, dans un contexte de vieillissement normal, influence négativement les performances (Bherer, 2008). Les résultats obtenus par les patients presbycousiques pourraient donc être interprétés comme un trouble de la flexibilité (Lin et al., 2011a) et témoigner d'une atteinte qui serait plutôt *domaine spécifique*, touchant certaines compétences attentionnelles et/ou exécutives en particulier.

De même, lorsque que l'on considère les temps de réaction sous l'angle de la modalité (verbale ou auditivo-verbale) tous types d'attention confondus, nous avons vu que les sujets presbycousiques étaient significativement plus lents que les normo entendants en modalité auditivo-verbale. Ces résultats vont dans le sens d'une plus grande difficulté des presbycousiques à reconnaître des mots dans un contexte linguistique neutre et a fortiori des mots isolés (Benichov et al., 2012). Ils pourraient également être expliqués par l'*effortfulness hypothesis* (McCoy et al., 2005), théorie selon laquelle la perception auditive, notamment dans le bruit (Bertoli et al., 2005), engendre un tel effort cognitif en cas de perte auditive que les ressources attentionnelles et cognitives s'épuisent rapidement et ce, particulièrement lorsqu'il s'agit d'encoder la parole.

Ces résultats mettent donc en évidence des liens entre le vieillissement auditif et l'altération des capacités cognitives et sont en lien avec ceux d'autres études révélant l'existence d'un lien entre la baisse des capacités sensorielles et, entre autres, les performances aux tests de rapidité mentale (Lindenberger, Baltes, 1994). D'autres études tendent à prouver qu'il existe un lien étroit entre presbycousie et troubles cognitifs (Kalayam et al., 1995 ; Uhlmann et al., 1989) ainsi que presbycousie et altération des capacités cognitives évaluées avec des tests verbaux (Helzner et al., 2005 ; Swenor et al., 2013) et non verbaux (Valentijn et al., 2005 ; Lindenberger, Baltes, 1994).

Cependant, ces liens entre la presbycousie et l'altération des capacités cognitives peuvent être envisagés selon des perspectives différentes. Ainsi, on pourrait émettre l'hypothèse d'une étiologie neuropathologique commune à la sénescence auditive et cognitive pouvant expliquer les résultats de notre étude mais ces mécanismes n'ont pas encore été clairement identifiés. L'existence d'un mécanisme neurobiologique comme une maladie *microvasculaire* provoquant conjointement une perte auditive et une démence représente une hypothèse bien

que l'association entre perte d'audition et facteurs de risque cardiovasculaire n'ait pas été clairement établie (Lin et al., 2011b).

Il semble plus probable que la perte d'audition liée à l'âge soit associée à la diminution des capacités cognitives pour des raisons multifactorielles et que des causes neurobiologiques interagissent avec une diminution des compétences sociales liée à la majoration de l'isolement ainsi qu'à une augmentation de la charge cognitive. Les difficultés de communication entraînées par la perte auditive conduisent à un isolement social chez nombre des malentendants et plus particulièrement chez les sujets âgés vivant déjà très souvent seuls. De récentes études ont ainsi mis en évidence des liens étroits entre réduction des interactions sociales, le déclin des facultés cognitives et la survenue d'une démence (Lin et al., 2011b). La perte auditive liée à l'âge pourrait accélérer le déclin cognitif comme le montre une récente étude (Swenor et al., 2013), réalisée auprès de 1984 sujets adultes âgés en moyenne de 77,4 ans mettant en évidence une augmentation de 24% du risque de développer un déficit cognitif. De même, cette étude a révélé une corrélation linéaire entre la sévérité du déclin cognitif, le risque de survenue de déficits cognitifs et l'importance de la perte auditive.

De plus, comme nous l'avons déjà souligné, l'impact de la perte auditive sur la charge cognitive a été évoqué dans de précédentes études (McCoy et al., 2005) évoquant l'affectation de ressources cognitives plus importantes pour le traitement de l'information verbale en cas de perception auditive déficitaire et ce, au détriment d'autres processus cognitifs tels que la mémoire de travail. Nous confirmons ainsi que les temps de latence majorés reflètent les difficultés que rencontrent les sujets presbycusiques à compenser les décalages liés aux effets négatifs de la réverbération tardive tout en préservant les effets positifs de la réverbération précoce.

Dès 1886, Cattell effectua de nombreuses expériences sur les temps de réaction qui lui semblaient être une mesure de l'efficacité neuronale. Cependant, les différences interindividuelles étaient peu prises en compte à cette époque et ce n'est qu'en 1890 qu'il publia « Mental test and measurement » et se concentra sur les mesures psycholinguistiques et psychophysiologiques. Dans son programme de 1890, on retrouve, parmi les dix tests créés, les temps de réaction auditifs et de dénomination de couleurs. Cattell a développé une mesure des différences interindividuelles, arguant qu'une réaction est uniquement réflexe et que le temps de réalisation des processus purement mentaux doit être mesuré. En effet, dans cette étude, nous confirmons que l'allongement des temps de latence est un paramètre incontournable pour évaluer d'une part la surcharge cognitive et d'autre part l'épuisement des réserves cognitives attentionnelles. La lenteur d'accès devient un indice d'un défaut d'automatisation des processus, générant un surcoût cognitif. Plus le processus est rapide, automatisé, plus il est inconscient. Le sujet n'a pas conscience qu'il effectue une série d'opérations mentales qu'il ne contrôle pas volontairement et qui mobilisent très peu de ressources mentales. Martin (2004) note que l'ordinateur permet la conception de tâches spécifiques qui facilitent la mesure et l'interprétation des temps de réaction (Lété, 2004). La psychologie cognitive, qui s'intéresse notamment au temps de latence entre la présentation du stimulus et la réponse du sujet et au degré d'automatisation des procédures, s'inscrit dans cette perspective et offre un cadre théorique à l'interprétation des temps de réaction. En effet, selon Lété (2004) «les traitements cognitifs sont consommateurs de temps» et leur «dysfonctionnement devrait se traduire par un ralentissement des processus engagés». Ces données peuvent ainsi aider le thérapeute à envisager les prochaines étapes de la thérapie et à en objectiver les progrès.

Les résultats de notre étude ont montré un lien entre le niveau d'études et les performances attentionnelles, mettant ainsi en évidence un effet positif du niveau d'études dans les deux épreuves d'attention divisée. Ces épreuves mobilisant davantage les fonctions exécutives, ces résultats pourraient refléter un lien avec la pratique d'activités intellectuellement stimulantes ce qui rejoint les résultats d'autres études suggérant l'existence d'interactions entre des marqueurs socio-économiques tels que le niveau d'éducation, la catégorie socioprofessionnelle et le statut marital, et les facteurs de risque de la presbyacousie (Cruickshanks et al., 1998).

De plus, un effet négatif de l'âge et du degré de surdité a été mis en évidence avec un nombre d'erreurs cumulées inférieur chez les sujets presbyacousiques lorsque leur perte auditive moyenne dépasse 40 dB. Les patients les plus sourds mobiliseraient ainsi des capacités de compensation plus efficaces pour les épreuves en modalité verbale que pour la reconnaissance de bruits comme cela pourrait être le cas dans la vie quotidienne pour maintenir des compétences de communication verbale. Cependant, il est plus délicat d'interpréter les données liées à l'âge car les mécanismes et les réseaux neuronaux sous-tendant les performances chez les sujets jeunes et les sujets âgés sont différents et rendent les comparaisons difficiles (Krolak-Salmon, Thomas-Anterion, 2010).

Enfin, les résultats de cette étude ont mis en évidence une corrélation négative entre les performances attentionnelles en ce qui concerne le taux d'erreurs en attention soutenue auditivo-verbale et les performances verbales, évaluées avec les tests de compréhension verbale de Lafon, Fournier et MMBA. Dans la mesure où cette épreuve est à la fois longue et chargée cognitivement (stimuli verbaux composés d'une cible et d'intrus phonologiques et sémantiques proches), ce résultat pourrait s'expliquer par la théorie de l'*effortful hypothesis* selon laquelle une perception auditive correcte malgré des entrées sensorielles dégradées ne serait possible que grâce à la consommation de ressources attentionnelles, qui pourrait avoir un effet délétère sur la précision des réponses (McCoy et al., 2005 ; Murphy et al., 2000 ; Pichora-Fuller, 2003 ; Tun et al., 2009 ; Viljanen et al., 2009).

De même, le groupe ayant le meilleur score d'auto-évaluation de la qualité de vie évaluée avec l'échelle ERSA a des TR moyens significativement moins élevés dans les deux premières épreuves d'attentions sélective et soutenue auditives tandis que cet effet disparaît pour les épreuves suivantes, plus complexes et/ou de nature verbale. Cela pourrait correspondre à l'effet positif de la complexité de la tâche sur l'efficacité du sujet déprimé rapporté par la littérature (Andrews, 2007).

Enfin, notons une limite de l'étude constituée par le fait que le sujet testé doit compter les cibles ce qui constitue une tâche venant s'ajouter à celle de reconnaissance de la cible. La tâche de perception peut ainsi être biaisée par un trouble de la mémoire de travail et/ou de l'anxiété.

Par ailleurs, il faut mentionner les difficultés rencontrées pour le recrutement des sujets presbyacousiques non appareillés dans la population des «tout-venant». Un certain nombre de sujets présentant des signes évidents de presbyacousie pouvaient sous-estimer voire nier l'atteinte et se montrer réticents pour la faire objectiver par un audiogramme. Ce « tabou du stigmate de la vieillesse » que seraient les aides auditives fait partie des facteurs pouvant expliquer le faible taux de pénétration des prothèses en France. Ainsi, bien que les moyens de

réhabilitation auditive soient aujourd'hui diversifiés et répandus, ils sont sous-utilisés à cause d'attitudes sociales qui sous-estiment l'audition et de la dimension stigmatisante des appareillages (Gates, Mills, 2005).

----- CONCLUSION -----

Cette étude sur l'évaluation des capacités attentionnelles auditives de patients presbycusiques a permis de mettre en évidence un lien entre vieillissement auditif et cognitif.

La grande majorité des fonctions mentales et comportementales implique des processus attentionnels, c'est pourquoi les effets délétères de la limitation des capacités attentionnelles sur la cognition et le comportement font de la prise en charge de ces troubles une priorité.

De son côté, la presbycusie n'est pas une pathologie bénigne puisqu'elle a des répercussions sur le système cognitif et le comportement social. Elle apparaît même comme un facteur favorisant la démence de type Alzheimer. Le vieillissement de la population et l'accroissement du bruit dans notre environnement rendent la situation d'autant plus préoccupante, c'est pourquoi la prévention et la prise en charge de la presbycusie doivent devenir un réel enjeu de santé publique. De nombreuses études ont démontré les effets bénéfiques d'un appareillage auditif au-delà de la simple amélioration perceptive. La capacité réorganisationnelle neuronale et l'influence positive d'une réhabilitation auditive sur les troubles cognitifs ont été établies (Gatehouse et al., 2003 ; Sieroff, Piquard, 2004). Cette réhabilitation passe, bien sûr, par un appareillage auditif adéquat, associé à un suivi orthophonique spécifique représentant une aide et un soutien dans l'optimisation fonctionnelle des réglages et la prise en charge des troubles cognitifs associés. Après un bilan comprenant une évaluation quantitative et qualitative des troubles auditifs et cognitifs, l'orthophoniste propose une réhabilitation auditivo-cognitive. Les techniques de réhabilitation auditive ont beaucoup évolué ces dernières années. De nouveaux outils informatisés s'adaptant au profil auditivo-cognitif du patient permettent de développer des compétences plus fines ainsi que les capacités d'attention et de mémorisation.

La prévention ainsi qu'une intervention précoce et pluridisciplinaire permettrait, à n'en pas douter, une réduction des coûts de prise en charge des conséquences sociales et cognitives de la presbycusie.

----- BIBLIOGRAPHE -----

Andrews, P.W. (2007). The functional design of depression's influence on attention: A preliminary test of alternative control-process mechanisms. *Evolutionary Psychology*, 5(3), 584-604. Consulté le 20.10.2014 de epjournal.net:
<http://www.epjournal.net/wp-content/uploads/ep05584604.pdf>

Benichov, J., Cox, L.C., Tun, P.A., Wingfield, A. (2012). Word recognition within a linguistic context: effects of age, hearing acuity, verbal ability and cognitive function. *Ear and Hearing*, 33(2), 250-256. Consulté le 20.10.2014 de PMC:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3253325/>

Bertoli, S., Smurzynski, J., Probst, R. (2005). Effects of age, age-related hearing loss, and contralateral cafeteria noise on the discrimination of small frequency changes : psychoacoustic and electrophysiological measures. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*, 6(3), 207-222. Consulté le 20.10.2014 de Springer:
<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10162-005-5029-6/>

Bherer, L. (2008). Le vieillissement de l'attention. In K. Dujardin, P. Lemaire, *Neuropsychologie du vieillissement normal et pathologique* (pp. 30-44). Paris: Masson.

Boothroyd, A. (2006). Characteristics of listening environments: benefits of binaural hearing and implications for bilateral management. *International Journal of Audiology*, 45(S1), 12-19. DOI: 10.1080/14992020600782576

Cattell, J.M. (1886). The time it takes to see and name objects. *Mind*, 11(41), 63-65.

Cox, R.M., Alexander, G.C. (1995). The abbreviated profile of hearing aid benefit. *Ear and Hearing*, 16(2), 176-186.

Craik, F.I.M., Byrd, M. (1982). *Aging and cognitive deficits: the role of attentional resources* In F.I.M. Craik, S. Trehub (Eds), *Aging and cognitive processes* (pp. 191–211). New York, NY: Plenum Press.

Cruickshanks, K.J., Wiley, T.L., Tweed, T.S., Klein, B.E., Klein, R., Mares-Perlman, J.A., Nondahl, D.M. (1998). Prevalence of hearing loss in older adults in Beaver Dam, Wisconsin. The epidemiology of hearing loss study. *American Journal of Epidemiology*, 148(9), 879-886. Consulté le 20.10.2014 de Oxford Journals:
<http://aje.oxfordjournals.org/content/148/9/879.full.pdf+html>

Folstein, M., Folstein, S., McHugh, P.R. (1975). Mini-mental state: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12, 189-198. Consulté le 20.10.2014 de University of Chicago :
http://home.uchicago.edu/~tmurray1/research/articles/printed%20and%20read/mini%20mental%20state_a%20practical%20method%20for%20grading%20the%20cognitive%20state%20of%20patients%20for%20the%20clinician.pdf

Fournier, J.E. (1949). Listes de mots bisyllabiques (Collège National d'Audioprothèse).
<http://www.college-nat-audio.fr>

GRAP Santé : Pouchain, D., Dupuy, C., San Jullian, M., Dumas, S., Vogel, M.F., Hamdaoui, J., Vergnon, L. (2007). La presbycusie est-elle un facteur de risque de démence ? Etude AcouDem. *La revue de gériatrie*, 32(6), 439-445.

Gatehouse, S., Naylor, G., Elberling, C. (2003). Benefits from hearing aids in relation to the interaction between the user and the environment. *International Journal of Audiology*, 42(S1), 77-85. Consulté le 20.10.2014 de Informa healthcare:
<http://informahealthcare.com/doi/pdf/10.3109/14992020309074627>

Gates, G.A., Mills, J.H. (2005). Presbycusis. *The Lancet*, 366(9491), 1111-1120. DOI:10.1016/S0140-6736(05)67423-5

Haute Autorité de Santé (2007). *Traitement de la surdité par pose d'implants cochléaires ou d'implants du tronc cérébral*. Saint-Denis : HAS.

Hedden, T., Gabrieli, J.D.E. (2004). Insights into the ageing mind: a view from cognitive neuroscience. *Nature Reviews, Neuroscience*, 5(2), 87-96. DOI:10.1038/nrn1323

Helzner, E.P., Cauley, J.A., Pratt, S.R., Wisniewski, S.R., Zmuda, J.M., Talbott, E.O., de Rekeneire, N., Harris, T.B., Rubin, S.M., Simonsick, E.M., Tylavsky, F.A., Newman, A.B. (2005). Race and sex differences in age-related hearing loss: the health, aging and body composition study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(12), 2119-2127. DOI: 10.1111/j.1532-5415.2005.00525.x

Hull, R.H., Kerschen, S.R. (2010). The influence of cardiovascular health on peripheral and central auditory function in adults: a research review. *American Journal of Audiology*, 19(1), 9-16. Review. DOI:10.1044/1059-0889(2010/08-0040)

Kalayam, B., Meyers, B.S., Kakuma, T., Alexopoulos, G.S., Young, R.C., Solomon, S., Shotland, R., Nambudiri, D., Goldsmith, D. (1995). Age at onset of geriatric depression and sensorineural hearing deficits. *Biological Psychiatry*, 38(10), 649-658. DOI: 10.1016/0006-3223(95)00175-1

Kramer, S.E., Kapteyn, T.S., Kuik, D.J., Deeg, D.J.H. (2002). The association of hearing impairment and chronic diseases with psychosocial health status in older age. *Journal of Aging and Health*, 14(1), 122-137. DOI: 10.1177/089826430201400107

Krolak-Salmon, P., Thomas-Anterion, C. (2010). Fonctions exécutives, attention et mémoire au cours du vieillissement. *Revue de Neuropsychologie*, 2(5), 3-6. Consulté le 20.10.2014 de CAIRN : http://www.cairn.info/zen.php?ID_ARTICLE=RNE_025_0003

Lafon J.C., (1964). *Le test phonétique et la mesure de l'audition*. Eindhoven : Editions Centrex (235p).

Lebretonchel, M. (2010). Validation du questionnaire ERSA : Evaluation du Retentissement de la Surdité chez l'Adulte. Mémoire pour l'obtention du certificat de capacité d'Orthophonie. Paris VI : Université Pierre et Marie Curie.

Lété, B. (2004). *La chronométrie mentale appliquée à l'évaluation diagnostique de la lecture*. Les actes de 3ème journée scientifique de l'école d'orthophonie de Lyon : Bilans et évaluation en orthophonie (pp. 81-83). U.C.L.B.

Lindenberger, U., Baltes, P.B. (1994). Sensory functioning and intelligence in old age: a strong connection. *Psychology and Aging*, 9(3), 339-355. Consulté le 20.10.2014 de Max Planck Institute for Human Development: http://library.mpib-berlin.mpg.de/ft/ul/UL_Sensory_1994.pdf

Lin, F.R., Ferrucci, L., Metter, E.J., An, Y., Zonderman, A.B., Resnick, S.M. (2011a). Hearing loss and cognition in the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Neuropsychology*, 25(6), 763-770. Consulté le 20.10.2014 de Researchgate : http://www.researchgate.net/publication/51466558_Hearing_loss_and_cognition_in_the_Baltimore_Longitudinal_Study_of_Aging

Lin, F.R., Thorpe, R., Gordon-Salant, S., Ferrucci, L. (2011b). Hearing loss prevalence and risk factors among older adults in the United States. *The Journals of Gerontology, Series A: Biological Sciences, Medical Sciences*, 66A(5), 582-590. Consulté le 20.10.2014 de Oxford Journals: <http://biomedgerontology.oxfordjournals.org/content/66A/5/582.full.pdf+html>

Martin, A., Passel, C. (2009). Bilan informatisé de l'attention en modalité auditive : étude de cas sur une population de traumatisés crâniens. Mémoire pour l'obtention du certificat de capacité d'Orthophonie. Paris VI : Université Pierre et Marie Curie.

Martin, R. (2004). Le temps adaptatif par ordinateur dans la mesure de l'éducation: potentialité et limite. In Dickés, P., Flieller, A. (Eds.), *Mesure et éducation : Psychologie et psychométrie*, 24(2/3), 99-116.

McCoy, S.L., Tun, P.A., Cox, L.C., Colangelo, M., Stewart, R.A., Wingfield, A. (2005). Hearing loss and perceptual effort: downstream effects on older adults' memory for speech. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, section A: Human Experimental Psychology*, 58(1), 22-33. DOI: 10.1080/02724980443000151

Murphy, D.R., Craik, F.I.M., Li, K.Z.H., Schneider, B.A. (2000). Comparing the effects of aging and background noise on short-term memory performance. *Psychology and Aging*, 15(2), 323-334. DOI: 10.1037/0882-7974.15.2.323

Pichora-Fuller, M.K. (2003). Cognitive aging and auditory information processing. *International Journal of Audiology*, 42 (S2), 26-32. DOI: 10.3109/14992020309074641

Rabbitt, P. (1991). Mild hearing loss can cause apparent memory failures which increase with age and reduce with IQ. *Acta Oto-laryngologica*, 476, 167-176. DOI: 10.3109/00016489109127274

Robinson, K., Gatehouse, S., Browning, GG. (1996). Measuring patient benefit from otorhinolaryngological surgery and therapy. *Annals of Otology, Rhinology and Laryngology*, 105(6), 415-422. DOI: 10.1177/000348949610500601

Salthouse, T.A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103(3), 403-428. DOI : 10.1037/0033-295X.103.3.403

Sieroff, E., Piquard, A. (2004). Attention et vieillissement. *Psychologie et Neuropsychiatrie du Vieillissement*, 2(4), 257-269. Consulté le 20.10.2014 de John Libbey Eurotext : http://www.jle.com/download/-pnv-265776-attention_et_vieillissement-VFQlXH8AAQEAAHQIkVUAAAAP.pdf

Strawbridge, W.J., Wallhagen, M.I, Shema, S.J., Kaplan, G.A. (2000). Negative consequences of hearing impairment in old age: a longitudinal analysis. *Gerontologist*, 40(3), 320–326. DOI: 10.1093/geront/40.3.320

Surprenant, A.M. (2007). Effects of noise on identification and serial recall of nonsense syllables in older and younger adults. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 14(2), 126–141. DOI: 10.1080/13825580701217710

Swenor, B.K., Ramulu, P.Y., Willis, J.R., Friedman, D., Lin, F.R. (2013). The prevalence of concurrent hearing and vision impairment in the United States. *JAMA Internal Medicine*, 173(4), 312-313.

Tun, P.A., McCoy, S., Wingfield, A. (2009). Aging, hearing acuity, and the attentional costs of effortful listening. *Psychology and Aging*, 24(3), 761–766. Consulté le 20.10.2014 de PMC : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2773464/>

Uhlmann, R.F., Larson, E.B., Rees, T.S., Koepsell, T.D., Duckert, L.G. (1989). Relationship of hearing impairment to dementia and cognitive dysfunction in older adults. *JAMA*, 261(13), 1916–1919. DOI:10.1001/jama.1989.03420130084028

Valentijn, S.A., van Boxtel, M.P., van Hooren, S.A., Bosma, H., Beckers, H.J., Ponds, R.W., Jolles, J. (2005). Change in sensory functioning predicts change in cognitive functioning: results from a 6-year follow-up in the Maastricht aging study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(3), 374-380. DOI: 10.1111/j.1532-5415.2005.53152.x

Viljanen, A., Kaprio, J., Pyykkö, I., Sorri, M., Pajala, S., Kauppinen, M., Koskenvuo, M., Rantanen, T. (2009). Hearing as a predictor of falls and postural balance in older female twins. *The Journals of Gerontology, Series A: Biological Sciences, Medical Sciences*, 64(2), 312-317. Consulté le 20.10.2014 de PMC : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2655032/>