



**HAL**  
open science

## **AIRTAC 2: normalisation d'une évaluation des performances chez les patients atteints de troubles auditifs centraux**

Élise del Fabro, Charlotte Desmons

► **To cite this version:**

Élise del Fabro, Charlotte Desmons. AIRTAC 2: normalisation d'une évaluation des performances chez les patients atteints de troubles auditifs centraux. Sciences cognitives. 2014. dumas-01081394

**HAL Id: dumas-01081394**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01081394>**

Submitted on 2 Nov 2015

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ACADÉMIE DE PARIS

UNIVERSITÉ PARIS VI PIERRE et MARIE CURIE

MÉMOIRE POUR LE CERTIFICAT DE CAPACITÉ  
D'ORTHOPHONISTE

AIRTAC2 : NORMALISATION D'UNE ÉVALUATION DES  
PERFORMANCES CHEZ LES PATIENTS ATTEINTS DE  
TROUBLES AUDITIFS CENTRAUX.

DIRECTEUR DE MÉMOIRE :  
Agnès WEILL-CHOUNLAMOUNTRY

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2013-2014

DEL FABRO Élise  
Née le 03 janvier 1991

DESMONS Charlotte  
Née le 28 août 1990

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier particulièrement notre maître de mémoire, Agnès Weill-Chounlamountry, pour ses précieux conseils, sa disponibilité et son investissement, tout au long de l'élaboration de notre mémoire.

Merci aux 122 personnes qui nous ont accordé de leur temps en acceptant avec enthousiasme de participer aux passations d'AIRTAC2.

Nous remercions également les deux patients qui, en acceptant de passer notre évaluation, nous ont permis d'approfondir notre étude et d'aller plus loin dans notre projet.

Un grand merci à Lydie, Martine M., Corinne C. et Pierre C., pour leur investissement dans la recherche de personnes pour notre population contrôle.

Enfin, nous remercions tout notre entourage et particulièrement Julie D. et Fanny M. pour leur soutien et leurs encouragements dans les moments de doutes.

## Engagement de non-plagiat

Nous soussignées, DEL FABRO Élise et DESMONS Charlotte, déclarons être pleinement conscientes que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes formes de support, y compris l'Internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, nous nous engageons à citer toutes les sources que nous avons utilisées pour écrire ce mémoire.

# TABLE DES MATIÈRES

<b>INTRODUCTION</b> .....	1
<b>PARTIE THÉORIQUE</b> .....	2
A. Anatomie et physiologie du système auditif central (Charlotte Desmons) .....	3
A.1. Architecture générale du système auditif central .....	3
A.2. Spécialisations hémisphériques .....	3
B. Description des troubles auditifs centraux (Elise Del Fabro).....	5
B.1. Définitions .....	5
B.1.1. La surdité corticale .....	5
B.1.2. L'hémianacousie.....	6
B.1.3. L'agnosie auditive .....	6
B.1.4. L'amusie .....	7
B.1.5. La surdité verbale .....	8
B.2. Implication des processus de bas niveaux sur les troubles auditifs centraux .....	11
B.3. Localisations lésionnelles .....	12
B.3.1. La surdité corticale .....	13
B.3.2. L'agnosie auditive .....	13
B.3.3. L'amusie .....	14
B.3.4. La surdité verbale .....	15
C. �tiologies (Elise Del Fabro) .....	16
D. �valuation des troubles auditifs centraux (Charlotte Desmons) .....	16
D.1. Examens audiologiques .....	17
D.1.1. L'audiométrie .....	17
A.1.1.1. L'audiométrie tonale .....	17
A.1.1.2. L'audiométrie vocale .....	17
D.1.2. Les potentiels évoqués auditifs .....	18
A.1.1.3. Les PEA de latence courte, ou « précoces » .....	18
A.1.1.4. Les PEA de latence moyenne, ou « semi-précoces » .....	18
A.1.1.5. Les PEA de latence longue, ou « tardifs » .....	18
A.1.1.6. Les PEA liés aux �v�nements.....	19
D.1.3. Tests d'écoute dichotique .....	19
D.2. �valuation des capacités auditives non verbales .....	20

D.2.1.	Évaluation des caractéristiques temporelles.....	20
D.2.2.	Discrimination d'intensité et de fréquence.....	20
D.2.3.	Perception des sons environnementaux et musicaux .....	21
D.3.	Évaluation des sons verbaux et bilan aphasiologique .....	21
D.3.1.	L'analyse acoustico-phonologique .....	21
D.3.2.	La décision lexicale orale .....	22
D.3.3.	Le bilan aphasiologique .....	22
D.3.4.	L'épreuve de synonymie .....	23
<b>PARTIE PRATIQUE</b>	<b>(Elise Del Fabro et Charlotte Desmons)</b> .....	<b>24</b>
A.	Hypothèses .....	25
B.	Matériel et méthodes .....	26
B.1.	Matériel .....	26
B.2.	Épreuves .....	27
B.2.1.	Identification des sons .....	28
B.2.2.	Discrimination de l'intensité, de la hauteur et de la durée .....	28
B.2.3.	Identification des phonèmes.....	30
B.2.4.	Discrimination de phonèmes vocaliques et consonantiques .....	31
B.3.	Procédure.....	32
B.3.1.	Installation du praticien et du sujet .....	32
B.3.2.	Ordre des épreuves .....	33
B.3.3.	Consignes .....	33
B.3.4.	Nature des réponses.....	34
C.	Population.....	34
C.1.	Critères d'inclusion.....	35
C.2.	Critères d'exclusion.....	35
C.3.	Variables (âge, niveau d'études, sexe).....	35
D.	Présentation des résultats.....	35
D.1.	Identification des sons .....	36
D.2.	Discrimination des sons par l'intensité .....	37
D.3.	Discrimination des sons par la hauteur.....	38
D.4.	Discrimination des sons par la durée .....	39
D.5.	Identification des phonèmes .....	40
D.6.	Discrimination de phonèmes vocaliques .....	41
D.7.	Discrimination de phonèmes consonantiques .....	42

E. Analyse des résultats .....	43
E.1. Synthèse des différents effets mis en évidence .....	43
E.2. Effet de l'âge.....	43
E.3. Effet du niveau d'études .....	45
E.4. Effet de sexe .....	47
E.5. Analyses statistiques .....	48
F. Normalisation .....	48
G. Études de cas .....	49
G.1. Monsieur E.B. ....	49
G.2. Monsieur B.R. ....	51
<b>DISCUSSION</b> .....	<b>53</b>
A. Vérification des hypothèses.....	54
B. Explication des résultats .....	55
B.1. Epreuves non verbales : .....	55
B.2. Epreuves verbales : .....	55
C. Analyse des résultats des patients présentant des éléments de surdité verbale .....	57
D. Apports et limites .....	59
D.1. Apports .....	59
D.2. Limites .....	59
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>60</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>69</b>
<b>ANNEXES</b> .....	<b>69</b>

# INTRODUCTION

Rarement isolés, les troubles auditifs centraux (TAC) sont fréquemment associés à une aphasie fluente et principalement l'aphasie de Wernicke de type 1. Dans ce cas, ils sont difficilement détectés en raison de l'intrication des déficits linguistiques de l'aphasie.

Si le bilan aphasiologique permet d'établir avec précision les difficultés du patient concernant la compréhension et l'expression du langage dans toutes ses modalités, et les dissociations existantes entre elles, il ne permet pas d'évaluer précisément les difficultés spécifiques des TAC. Il est ainsi essentiel d'utiliser une évaluation appropriée afin de procéder à l'investigation exhaustive des difficultés engendrées par le trouble auditif central.

Face au manque d'outils dans ce domaine, Catherine Tessier et Agnès Weill-Chounlamounry (orthophonistes) ont élaboré AIRTAC2, outil d'Aide Informatisée à la Rééducation des Troubles Auditifs Centraux, pour lequel nous avons réalisé une normalisation sur une population d'adultes âgés d'au moins 20 ans.

Nous rapportons tout d'abord l'état des connaissances actuelles sur les troubles auditifs centraux, ainsi que sur les outils dont disposent aujourd'hui les praticiens pour mettre en évidence de tels troubles.

Puis, nous présentons les résultats de la normalisation. Ce deuxième axe exposera le matériel et la population constituant notre échantillon, ainsi que les conclusions de notre normalisation, et enfin les résultats obtenus par deux sujets adultes présentant des TAC.



# PARTIE THÉORIQUE

## **A. Anatomie et physiologie du système auditif central (Charlotte Desmons)**

### **A.1. Architecture générale du système auditif central**

Le système auditif se compose d'un système périphérique, qui comprend l'oreille externe, l'oreille moyenne, et l'oreille interne, et d'un système central qui débute dans le tronc cérébral pour aller jusqu'au cortex auditif. Dans les troubles auditifs centraux, l'atteinte se situe au sein du système auditif central, alors que le système auditif périphérique est intègre. C'est pourquoi nous décrirons les voies auditives centrales uniquement.

On distingue les voies auditives afférentes (ou ascendantes) des voies auditives efférentes (ou descendantes). Les voies ascendantes vont de la cochlée jusqu'au cortex auditif, alors que les voies descendantes suivent le chemin inverse et ont pour rôle de moduler le message auditif ascendant, grâce à un rétrocontrôle du cortex sur les cellules ciliées de la cochlée (Simon et coll. 2009)(53).

Toutes les structures auditives centrales respectent la tonotopie cochléaire. En effet, comme dans la cochlée, ces structures sont organisées suivant les différentes fréquences des sons.

Les voies auditives ascendantes cheminent par différentes structures :

- le noyau cochléaire,
- le complexe olivaire supérieur,
- le lemnisque latéral,
- le colliculus inférieur,
- le corps géniculé médian.

Le message auditif arrive ensuite dans le cortex auditif, que l'on peut scinder en trois zones distinctes :

- le cortex auditif primaire
- le cortex auditif secondaire
- le cortex auditif associatif et le cortex temporal polymodal (Perrot 2010)(43).

### **A.2. Spécialisations hémisphériques**

Les connexions inter hémisphériques entre les cortex auditifs droit et gauche sont

assurées par des fibres commissurales du corps calleux (Bamiou et coll. 2007)(3). On distingue la commissure blanche antérieure, connectant les régions temporales antérieures de chaque hémisphère, et les voies auditives transcalleuses reliant les cortex auditifs droit et gauche. Ces connexions joueraient un rôle dans les asymétries interhémisphériques (Perrot 2010)(43). Les cortex auditifs droit et gauche réalisent tous les deux le traitement primaire du stimulus auditif, en termes de fréquence, d'intensité, et de direction du son, mais chaque cortex auditif traite plus spécifiquement certains aspects de l'analyse auditive :

- Le cortex auditif droit traite de manière préférentielle le contenu non linguistique et paralinguistique du stimulus : la voix, la prosodie, la musique (Belin et coll. 2002)(4). Il est en effet spécialisé dans le traitement spectral des stimuli auditifs et la perception de la hauteur tonale, nécessaire à la perception mélodique et à la perception de la musique (Perrot 2010)(43). Les variations spectrales recrutent les régions antérieures du gyrus temporal supérieur de manière bilatérale, avec cependant une réponse plus intense dans l'hémisphère droit ainsi qu'une activation supplémentaire postérieure dans ce même hémisphère (Zatorre et coll. 2001)(70).

- L'hémisphère gauche est dominant pour la perception de la parole : même si les premières étapes de traitement du signal concernent les cortex auditifs primaires droit et gauche, la reconnaissance des mots et des phrases s'effectue dans le gyrus temporal supérieur gauche. Le cortex auditif gauche est ainsi spécialisé dans le traitement temporel des stimuli et la discrimination phonétique, nécessaires au traitement de la parole et de la perception du langage (Perrot 2010)(43). En effet, les variations temporelles recrutent le gyrus de Heschl (aire auditive primaire) dans les deux hémisphères, mais avec une activation nettement plus intense dans l'hémisphère gauche (Zatorre et coll. 2001)(70). Cependant, l'hémisphère gauche serait spécialisé dans l'intégration des variations acoustiques rapides, telles que les transitions formantiques (Boemio et coll. 2005)(5) alors que l'hémisphère droit prendrait plutôt en charge les variations acoustiques lentes, comme les contours mélodiques des signaux (Poeppel 2001)(46).

## **B. Description des troubles auditifs centraux (Élise Del Fabro)**

### **B.1. Définitions**

Les troubles auditifs centraux (TAC) résultent d'une difficulté ou d'une incapacité à traiter et à analyser de manière correcte les sons entendus, non imputable à un trouble de la fonction perceptive de l'oreille. Ce déficit fait suite à un dysfonctionnement des zones cérébrales chargées d'analyser les informations auditives en provenance de la cochlée. Parmi ces troubles, nous distinguons depuis le XIX<sup>ème</sup> siècle trois types de syndromes différents : la surdité corticale, la surdité verbale et l'agnosie auditive (Platel et coll. 2009)(45). Viennent ensuite s'ajouter deux troubles particuliers : l'hémianacousie et l'amusie.

#### **B.1.1. La surdité corticale**

La surdité corticale est décrite en 1883 par Wernicke et Friedlander, cités par Mendez (Mendez et coll. 1988)(34), Polster et coll. (Polster et coll. 1998)(47). Elle constitue le syndrome de TAC le plus sévère, puisqu'elle se manifeste par une abolition totale de toute perception auditive, le patient agissant comme un sourd (Stefanatos et coll. 2012)(56) ; (Weill-Chounlamounry et coll. 2007)(67). L'absence de réponse à tous les stimuli auditifs quels qu'ils soient est objectivée par une audiométrie tonale nettement anormale, indiquant l'absence de réaction aux informations sonores (Buchman et coll. 1986)(6). Par ailleurs, l'audiométrie vocale est fortement altérée. Les potentiels évoqués auditifs (PEA) de moyenne latence ne sont pas toujours recueillis, et les PEA de longue latence sont rarement observables (Griffiths et coll. 1999)(21) ; (Rapin 1985)(48). De ce fait, nous notons l'échec à toutes les tâches présentées en modalité orale, alors que les épreuves en présentation visuelle sont convenablement réussies.

L'expérience de la perception des sons chez les sujets présentant une surdité corticale est décrite comme désagréable et discordante (Mendez et coll. 1988)(34). Les sujets ne différencient pas les types de sons entre eux, sont incapables de les localiser spatialement, et ont une fonction d'alerte auditive abolie.

Différents comportements ont été décrits chez les sujets présentant une surdité corticale. Certains ont l'impression d'être sourds, d'autres, au contraire entendent, mais ne comprennent pas (Platel et coll. 2009)(45). Quelques uns sont capables d'identifier le commencement et la fin des sons à condition de fournir un effort

attentionnel soutenu, bien qu'ils se comportent comme des sourds (Griffiths 2002)(20). Lorsque l'attention de certains sujets est attirée sur un son particulier, ceux-ci témoignent l'avoir déjà entendu quelques secondes auparavant (Mendez et coll. 1988)(34) ; (Earnest et coll. 1978)(14) ; (Goldstein et coll. 1975)(18). Ce phénomène, appelé « deaf hearing », est apparenté à celui du « blindsight » dans les troubles neurovisuels, et révèle la possibilité d'une reconnaissance d'un indice sensoriel, malgré la destruction du cortex auditif primaire. Ces observations ont permis d'établir l'implication de composantes attentionnelles dans les troubles auditifs centraux, et particulièrement dans la surdité corticale.

### **B.1.2. L'hémianacousie**

L'hémianacousie, rarement décrite dans la littérature, est l'impossibilité pour un seul hémisphère de traiter correctement les stimuli auditifs (Michel 1997)(37). Elle peut être la conséquence d'une rupture des fibres suite à des lésions au niveau d'un colliculus, du corps géniculé médian, ou des radiations auditives. Les lésions les plus fréquemment rencontrées sont celles affectant directement le cortex auditif. Néanmoins, comme le souligne Michel, le cortex continue de recevoir des informations via les voies inter hémisphériques et en provenance de l'hémisphère opposé. Cette voie peut se trouver inefficace lorsqu'elle a elle-même subi des lésions, ou lorsqu'elle envoie l'information à des aires déjà lésées (Michel 1997)(37).

Du fait du croisement partiel des voies auditives nerveuses ascendantes, chaque oreille est reliée aux deux hémisphères. Ainsi, le patient atteint d'hémianacousie sera capable d'entendre avec ses deux oreilles (si chaque hémisphère n'entendait qu'avec l'oreille opposée, il en résulterait une surdité unilatérale et opposée à la lésion, en cas d'hémianacousie) (Michel 1997)(37).

### **B.1.3. L'agnosie auditive**

Freud, en 1891, cité par Platel et coll. (Platel et coll. 2009)(45) a décrit le premier cas d'agnosie auditive. Elle se définit comme une incapacité à identifier un stimulus auditif pourtant perçu par le patient. Elle peut concerner les sons environnementaux, musicaux et/ou verbaux. Le fait que le patient perçoive le son implique que les voies auditives périphériques sont indemnes (Buchtel 2002)(7) ; (Kim et coll. 2009)(28). L'agnosie auditive empêche de distinguer entre eux les sons perçus. Certains sujets

attestent que l'écoute de sons leur est très désagréable, d'autres se plaignent de difficultés à localiser spatialement les sources sonores perçues (Rapin 1985)(48) ; (Chocholle et coll. 1975)(9).

La plupart du temps, le terme d'agnosie auditive sera employé lorsque le déficit porte spécifiquement sur les bruits familiers. L'audiométrie vocale peut alors apparaître préservée, puisque l'agnosie concerne uniquement le traitement des sons non verbaux. Tous les PEA sont normaux ou faiblement altérés (Palma et coll. 2012)(41). Les tâches faisant intervenir des sons verbaux sont donc correctement réalisées, tout comme les celles sur entrée visuelle. Enfin, les capacités expressives sont indemnes (Stefanatos et coll. 2012)(56).

Plusieurs auteurs regroupent le terme de surdité verbale dans les agnosies auditives (Stefanatos et coll. 2012)(56). Dans ce cas, ils parlent d'agnosie auditive verbale si l'atteinte ne concerne que les sons du langage. D'autre part, si les difficultés sont ciblées sur les sons environnementaux uniquement, ces mêmes auteurs parlent de trouble de la reconnaissance des sons environnementaux, ou d'agnosie non verbale (Buchtel 2002)(7) ; (Tanaka et coll. 2002)(62). Lorsque les difficultés d'intégration auditive se concentrent sur la musique, le terme d'amusie est généralement employé.

#### **B.1.4. L'amusie**

L'amusie est l'incapacité à reconnaître ou à analyser les sons de nature musicale (Platel et coll. 2009)(45). Elle est définie par Peretz et Hébert comme un trouble acquis de la perception et/ou de la production musicale et la perte des aptitudes musicales, suite à une lésion cérébrale (Hébert et coll. 2001)(24). L'amusie peut donc résulter d'un déficit expressif, affectant par exemple les capacités à jouer d'un instrument, ou à écrire des mélodies, ou bien d'un déficit réceptif, empêchant le sujet de percevoir, reconnaître ou mémoriser des mélodies (García-Casares et coll. 2013)(17) ; (Weill-Chounlamountry et coll. 2008)(66). Dans le cas d'un déficit perceptif, le sujet peut présenter des difficultés dans l'appréciation de la durée des sons, de leur hauteur, ou de leur timbre, rendant leur perception inharmonieuse (Nicholson et coll. 2003)(40) ; (Buchman et coll. 1986)(6).

Le traitement des sons musicaux fait intervenir aussi bien l'hémisphère droit que

l'hémisphère gauche (Stefanatos et coll. 2012)(56), et particulièrement les régions temporales supérieures. Il est donc en relation étroite avec les aires de traitement du langage, ce qui explique qu'une lésion cérébrale dans cette zone puisse perturber aussi bien l'analyse du langage que celle de la musique, rendant les cas d'amusie pure très rares (Platel et coll. 2009)(45) ; (Jones et coll. 2009)(26). En effet, les difficultés de traitement de la musique apparaissent régulièrement en association avec un trouble du traitement des sons environnementaux, voire une surdité verbale (Stefanatos et coll. 2012)(56).

On parlera donc d'amusie lorsque les difficultés concernent uniquement les sons musicaux. Dans ce cas, l'audiométrie vocale apparaît indemne (Mom et coll. 2010)(39) ; (Platel et coll. 2009)(45) ; (Buchtel 2002)(7).

#### **B.1.5. La surdité verbale**

Le terme de surdité verbale est mis en évidence par Kussmaul (1884) et Lichteim (1885), cités par Platel et coll. (Platel et coll. 2009)(45). La surdité verbale, ou agnosie auditive verbale, correspond à l'impossibilité de reconnaître les sons du langage, alors que les capacités de traitement visuel de la parole (lecture labiale) et de perception des sons non verbaux sont préservées (Phillips et coll. 1990)(44) ; (Rapin 1985)(48). Ainsi on parle de surdité verbale, puisque les troubles n'atteignent pas les capacités à traiter les sons environnementaux ou musicaux (Stefanatos et coll. 2012)(56). La surdité verbale est dite pure (SVP) lorsque les difficultés ne concernent que la compréhension du langage, et que le patient ne présente pas de trouble aphasique. Les patients atteints de SVP sont alors capables de s'exprimer par oral, compter, lire et écrire spontanément sans difficultés. En revanche, toutes les tâches verbales nécessitant une entrée auditive apparaissent échouées. Ainsi, les épreuves de répétition (quelle que soit la nature de l'item) (Mom et coll. 2010)(39) ; (Buchtel 2002)(7), de compréhension (comme la désignation), et d'écriture sous dictée (Buchtel 2002)(7) ; (Buchman et coll. 1986)(6) apparaissent chutées. L'audiométrie vocale est altérée, les PEA de courtes et de moyennes latences sont plus ou moins présents, mais les PEA tardifs sont la plupart du temps abolis (Platel et coll. 2009)(45).

Selon l'étendue, la localisation et la sévérité des lésions, les patients ne perçoivent pas tous la parole de la même manière. Certains parleront d'une incompréhension totale du

langage, apparentée à l'écoute d'une langue étrangère pour un sujet valide. D'autres percevront plutôt le langage oral comme un bruit désagréable et très confus (Szirmai et coll. 2002)(59) ; (Poeppel 2001)(46) ; (Saffran et coll. 1976)(49).

Certains sujets présentant une SVP témoignent de leur incapacité à s'entendre parler. Leur « langage interne [étant] préservé » (Rapin 1985)(48), la programmation du langage oral se révèle indemne chez ces patients. Bien qu'ils soient parfaitement conscients de l'information à faire passer, il leur est impossible de confirmer si leur message est correctement énoncé. Ce phénomène peut faire suite à un retard du feed-back auditif. Ce dernier consiste en la perception de sa propre parole, permettant une vérification en continu de la bonne utilisation des phonèmes, mots, intonations, etc. Chez un sujet contrôle, lorsque le feed-back est retardé d'environ 200 ms, sa parole s'en trouve considérablement altérée (Corey et coll. 2008)(10) ; (Rapin 1985)(48). Ce trouble du feed-back expliquerait la présence de paraphasies phonémiques au niveau du langage oral, en dépit de l'absence d'aphasie. Par ailleurs, de rares phénomènes de dysprosodie peuvent être rencontrés, caractérisés par une voix parfois monotone, d'intensité moindre, ou au contraire de forte amplitude (Ducarne et coll. 1992)(13) ; (Phillips et coll. 1990)(44) ; (Mendez et coll. 1988)(34).

La modélisation cognitive distingue différents niveaux de traitement auditif verbal organisés en « bottom up », en se référant à une architecture générale de la compréhension du message auditif (Ellis et coll. 2010)(15) (Figure 1), bien qu'elle soit aujourd'hui controversée (Lambert 1997)(30). Dans ce modèle, l'accès à un niveau de traitement nécessite l'intégrité du niveau de traitement immédiatement inférieur (Weill-Chounlamounry et coll. 2007)(67).



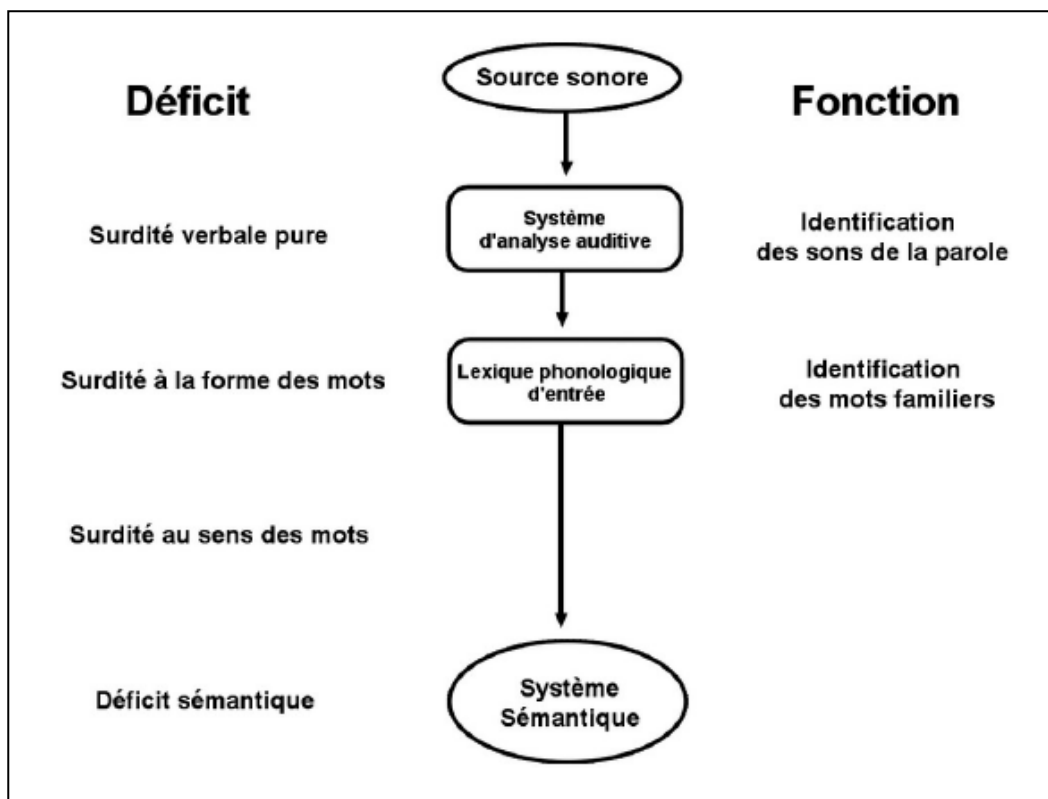


Figure 1 : Modèle cognitif de compréhension du langage parlé (Ellis et coll. 1994)

D'après ce modèle cognitif de compréhension du langage parlé d'Ellis, Franklin et Crerar (Weill-Chounlamountry et coll. 2010)(65), et selon le niveau mis en jeu par l'atteinte, plusieurs types de syndromes sont observables :

La surdité au son des mots, ou surdité verbale pure constitue une perturbation du système d'analyse auditive, premier niveau de traitement durant lequel les sons verbaux sont soumis à une analyse phonétique et phonologique permettant d'identifier les sons de la parole. De manière générale, la surdité verbale pure est révélée par une incapacité à réaliser les tâches présentées en modalité orale (répétition, écriture sous dictée...) et plus spécifiquement, les épreuves de discrimination de phonèmes et d'identification phonémiques sont chutées.

La surdité à la forme des mots : elle est définie par un déficit de l'activation de la représentation phonologique au niveau du lexique phonologique d'entrée qui permet l'identification des mots connus de la langue et stockés en mémoire à long terme. Les performances de décision lexicale en modalité orale sont échouées alors qu'elles sont préservées en modalité écrite.

La surdité au sens des mots : il s'agit d'un déficit d'accès au lexique sémantique depuis la modalité auditive. La discrimination phonémique, la répétition, ainsi que la décision lexicale sont intègres. La tâche de synonymie est échouée uniquement en modalité auditive puisque le lexique sémantique lui-même est indemne. De plus, les tâches de compréhension écrite sont réussies, témoignant de la préservation du système sémantique (Stefanatos et coll. 2012)(56).

Dans le cas d'un déficit du système sémantique, la perturbation des épreuves de jugement de synonymie est présente dans toutes les modalités. Cette perte des représentations peut être globale ou ne concerner que certaines catégories sémantiques (Platel et coll. 2009)(45) ; (Lambert 1997)(30). Ce dernier type de syndrome ne constitue pas en lui-même un trouble auditif central, mais figure plutôt dans la classification des aphasies.

## **B.2. Implication des processus de bas niveaux sur les troubles auditifs centraux**

Les troubles auditifs centraux, quels qu'ils soient, semblent présenter une altération du traitement temporel des sons (Albert et coll. 1974)(1). Plusieurs cas d'agnosies auditives et de surdités verbales pures ont permis de mettre en évidence ce type de trouble (Platel et coll. 2009)(45) ; (Rapin 1985)(48). Par ailleurs, certains auteurs ont relevé des cas d'agnosies auditives pour lesquels les patients avaient besoin d'une intensité anormalement élevée pour pouvoir détecter des sons de durée très brève (Buchtel 2002)(7) ; (Chocholle et coll. 1975)(9).

Le traitement auditif est dépendant de la résolution auditive temporelle. Ainsi, l'information sonore se déroulant dans le temps est fragmentée en fenêtres d'intégration temporelle. Elle est ensuite organisée et traitée de manière pertinente en fonction de ses caractéristiques temporelles (Poeppel 2001)(46).

Cette acuité temporelle est indispensable pour le traitement des sons verbaux. Si elle est faiblement requise pour l'identification des phonèmes vocaliques, elle apparaît très utile pour la reconnaissance des phonèmes consonantiques, souvent très brefs. En conséquence, la discrimination des phonèmes consonantiques repose sur une perception fine et précise des caractéristiques temporelles des sons verbaux (Slevc et coll. 2011)(54) ; (Lambert 1997)(30).

Dès 1974, Albert et coll. mettaient en lien les troubles de perception phonémique et les difficultés de résolution temporelle (Albert et coll. 1974)(1). Cette hypothèse est soutenue en 1990 par Phillips et coll., lesquels précisent que ce trouble concerne plutôt les stimuli dont la fenêtre temporelle est de l'ordre de millisecondes voire de dixièmes de millisecondes (Stefanatos et coll. 2012)(56) ; (Phillips et coll. 1990)(44). Récemment, les recherches associent le déficit dans le traitement des changements temporels rapides à des lésions unilatérales gauches (Slevc et coll. 2011)(54) ; (Hickok et coll. 2007)(25) ; (Boemio et coll. 2005)(5). Ainsi, les difficultés de perception des sons verbaux, et plus particulièrement des phonèmes consonantiques, relevées dans les cas de TAC, seraient étroitement liées au déficit de traitement temporel (Stefanatos et coll. 2012)(56) ; (Lambert 1997)(30).

Le trouble de l'analyse des phonèmes consonantiques affecte particulièrement la perception du point d'articulation et du voisement pour les phonèmes occlusifs (Slevc et coll. 2011)(54) ; (Mendez et coll. 1988)(34) ; (Saffran et coll. 1976)(49).

Or, les phonèmes consonantiques sont connus pour être porteurs en grande partie du message linguistique. Par conséquent, ce déficit pourrait expliquer les difficultés de compréhension orale chez les sujets atteints de TAC (Rapin 1985)(48).

Les TAC purs présentent rarement un déficit de la perception de la hauteur ou de l'intensité. Néanmoins, certains cas ont révélé des difficultés dans les tâches de discrimination de l'intensité et de la fréquence. Ces hypothèses ont récemment été soutenues par l'imagerie cérébrale (Warrier et coll. 2009)(64) ; (Schönwiesner et coll. 2005)(51).

Cette implication des processus de bas-niveau comme celui de la durée, a conduit Auerbach à décrire deux formes de surdité verbale selon que l'atteinte soit phonémique ou pré-phonémique. La surdité verbale de type 1 serait la conséquence d'une atteinte pré-phonémique en lien à un trouble de l'acuité temporelle et affecterait alors de manière préférentielle les phonèmes occlusifs brefs. La surdité verbale de type 2 coïnciderait quant à elle à un déficit plus linguistique et affecterait dès lors le point d'articulation et le voisement (Auerbach et coll. 1982)(2).

### **B.3. Localisations lésionnelles**

Les pathologies citées ci-dessus peuvent apparaître suite à des lésions des voies

auditives ascendantes (Griffiths 2002)(20) ; (Griffiths et coll. 1999)(21). Des lésions survenant au niveau du tronc cérébral ou des zones sous-corticales (Tessier et coll. 2007)(63) ; (Wirkowski et coll. 2006)(68) ; (Tanaka et coll. 2002)(62) ; (Shivashankar et coll. 2001)(52) déconnectent en partie le cortex auditif des noyaux auditifs et perturbent ainsi les processus auditifs initiaux (Tessier et coll. 2007)(63). De manière générale, Platel et coll. évoquent des lésions soit corticales, soit sous-corticales ou encore mixtes, à l'origine des agnosies auditives et des surdités corticales ou verbales (Platel et coll. 2009)(45).

### **B.3.1. La surdité corticale**

Les surdités corticales sont exceptionnelles, car chaque oreille se projette sur les deux côtés du tronc cérébral, puis sur le thalamus et enfin sur le cortex auditif des deux hémisphères (Rapin 1985)(48). Cela implique donc des localisations lésionnelles bilatérales, c'est-à-dire une « double hémianacousie », comme décrit par Michel (Michel 1997)(37). Les atteintes se retrouvent généralement dans les territoires sylviens des deux hémisphères. Souvent produites en deux temps, les lésions entraînant une surdité corticale sont donc extrêmement rares, laissant imaginer le peu d'études à ce sujet (Stefanatos et coll. 2012)(56) ; (Michel 1997)(37).

Griffiths et coll., en 1999 (Griffiths et coll. 1999)(21), regroupent les résultats de plusieurs études effectuées par différents auteurs. Ils mettent en évidence que la surdité corticale fait souvent suite à des lésions bilatérales affectant le gyrus temporal supérieur, et associées à une atteinte du gyrus de Heschl, reconnu comme l'aire auditive primaire. Les régions entourant l'insula peuvent par ailleurs être impliquées (Tanaka et coll. 1991)(61). D'autre part, certains auteurs évoquent des lésions diffuses allant du lobe frontal jusqu'au lobe pariétal (Mendez et coll. 1988)(34).

### **B.3.2. L'agnosie auditive**

Dans la plupart des cas, les lésions responsables d'agnosies auditives sont bilatérales. Le plus souvent, elles sont asymétriques et partielles, affectant le lobe temporal, et plus particulièrement le gyrus de Heschl (Suh et coll. 2012)(58) ; (Zatorre et coll. 1992)(69). Cela laisse imaginer la variété des expressions cliniques qui s'ensuivent. Certains patients pourront présenter des troubles au niveau de la perception de la parole (agnosie auditive verbale), d'autres au niveau de la perception des sons

environnementaux et/ou musicaux (Michel 1997)(37). Les travaux de Griffiths et coll., en 1999 (Griffiths et coll. 1999)(21), relèvent les points communs entre différentes études sur les localisations lésionnelles : pour une agnosie affectant les sons environnementaux et musicaux uniquement, les lésions seraient, dans la plupart des cas, unilatérales droites au niveau du lobe temporal et particulièrement sa partie antérieure. Il peut également se constituer une agnosie auditive en deux temps, ainsi formée suite à deux accidents isolés et unilatéraux survenant chacun dans un hémisphère différent. Ces cas sont extrêmement rares, et donc peu décrits dans la littérature (Buchtel 2002)(7).

### **B.3.3. L'amusie**

Il était acquis que l'amusie est la conséquence d'une lésion de l'hémisphère droit (Stewart et coll. 2006)(57). L'évolution de l'imagerie cérébrale a remis en question cette évidence car elle a pu révéler que l'amusie impliquait des lésions de l'hémisphère droit ainsi que de l'hémisphère gauche. En effet, la complexité du traitement des sons musicaux nécessite l'intervention de multiples capacités d'analyse, rendant sa localisation imprécise (García-Casares et coll. 2013)(17). Liégeois et coll. (Liégeois-Chauvel et coll. 1998)(31) ont montré que des lésions bilatérales dans la partie postérieure de T2 (aires auditives secondaires) entraînent des déficits dans le traitement des variations de fréquence alors qu'au contraire, des lésions unilatérales de la partie antérieure de T1 (aire auditive primaire) impliquent uniquement des difficultés dans le traitement de la métrique (décider s'il s'agit d'une mélodie à deux temps ou à trois temps). Ceci montre que l'atteinte des aires auditives secondaires, épargnant l'aire auditive primaire, est suffisante pour altérer les capacités de discrimination des mélodies. Griffiths et coll. (Griffiths et coll. 1999)(21) décrivent une implication parfois bilatérale, bien que plus importante dans l'hémisphère droit, du gyrus temporal supérieur, épargnant généralement l'aire auditive primaire. D'autres études plus récentes (Stewart et coll. 2006)(57) impliquent les aires temporales supérieures, temporo-pariétales, insulaires et frontales, spécialement dans l'hémisphère droit, dans les cas d'amusie acquise. Ainsi, l'amusie peut résulter de lésions cérébrales situées dans des zones non impliquées dans le traitement auditif (Särkämö et coll. 2009)(50).

### B.3.4. La surdité verbale

La plupart des cas de surdité verbale font suite à des lésions bilatérales corticales et/ou sous-corticales (Poeppel 2001)(46) ; (Phillips et coll. 1990)(44). De très rares cas ont présenté des lésions unilatérales, localisées dans l'hémisphère gauche (Metz-Lutz et coll. 1984)(36) ; (Saffran et coll. 1976)(49) ; (Denes et coll. 1975)(12). Souvent, les patients atteints de SVP présentent des lésions bilatérales localisées dans le gyrus temporal supérieur (Stefanatos et coll. 2012)(56). L'atteinte de cette zone entraînerait une altération sélective de la compréhension auditive du langage (Matsumoto et coll. 2011)(33). Takahashi, Poeppel et Hayashi et coll. recensent les différents patterns lésionnels à l'origine des cas de surdités verbales rencontrés dans la littérature : (Hayashi et coll. 2007)(22) ; (Poeppel 2001)(46) ; (Shivashankar et coll. 2001)(52) ; (Takahashi et coll. 1992)(60) ; (Buchman et coll. 1986)(6).

Trois patterns de lésions sont suggérés comme étant annonciateurs de surdité verbale : (Figure 2)

- (1) Une dysconnexion entre l'aire de Wernicke et les fibres du cortex auditif primaire gauche, et une interruption des radiations auditives droites par lésions sous-corticales de l'hémisphère droit (Palma et coll. 2012)(41).
- (2) Une isolation de l'aire de Wernicke par une lésion temporelle sous-corticale gauche et une interruption des fibres associatives du corps calleux.
- (3) Une dysconnexion entre l'aire de Wernicke et les cortex auditifs primaires bilatéraux, impliquant une lésion du corps calleux (Palma et coll. 2012)(41).

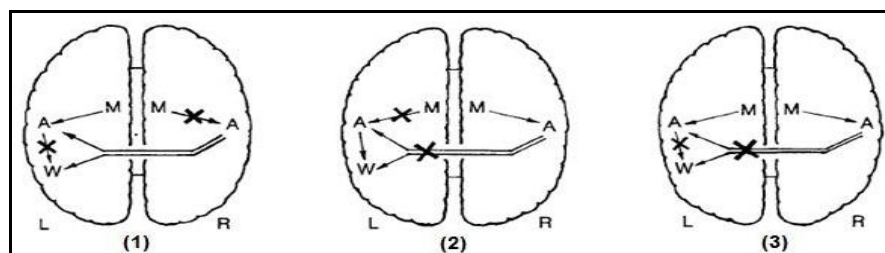


Figure 2 : patterns de lésions (Takahashi et coll. 1992)(60)

A = aire auditive ; M = corps géniculé médian ; W = aire de WERNICKE ; X = lésion ;

L = hémisphère gauche ; R = hémisphère droit

En guise de conclusion, les différents troubles exposés ci-dessus apparaissent rarement de manière isolée. Très souvent, le tableau clinique laisse supposer une intrication de plusieurs troubles auditifs centraux. Par ailleurs, la revue de la littérature porte à croire

qu'aucun consensus n'a été établi au sujet des localisations lésionnelles des troubles auditifs d'origine centrale.

### **C. Étiologies (Élise Del Fabro)**

Les cas de troubles auditifs d'origine centrale acquis sont le plus souvent dus à des accidents vasculaires cérébraux (AVC) temporaux unilatéraux par embolie d'origine cardiaque (Buchman et coll. 1986)(6). Néanmoins, les troubles auditifs d'origine cortico-sous-corticale, comme la surdité verbale pure, l'agnosie auditive ou encore la surdité corticale, demeurent très rares car ils impliquent des lésions bilatérales, et par conséquent des accidents cérébraux constitués en plusieurs fois (Platel et coll. 2009)(45).

Parmi les étiologies, nous retrouvons (Stefanatos et coll. 2012)(56) ; (Mom et coll. 2010)(39) ; (Platel et coll. 2009)(45) :

- Des infarctus cortico-sous-corticaux,
- Des traumatismes crâniens avec hématomes temporaux
- Des anévrismes rompus
- Des tumeurs cérébrales
- Des maladies infectieuses (séquelles de méningites, lésions toxoplasmiques)
- Des lésions cérébrales métastatiques d'un cancer localisé à distance (Palma et coll. 2012)(41)
- Des lésions causées par des épilepsies sévères (Stefanatos et coll. 2012)(56)
- Des atteintes iatrogènes, telles que les exérèses pratiquées dans les cas d'épilepsies pharmaco-résistantes
- L'évolution d'une presbyacousie vers un TAC, chez la personne âgée (Mom et coll. 2010)(39)
- Des pathologies dégénératives, comme la maladie d'Alzheimer, dans laquelle l'évolution induit parfois un trouble de la perception auditive d'origine centrale (Stefanatos et coll. 2012)(56).

### **D. Évaluation des troubles auditifs centraux (Charlotte Desmons)**

Autrefois méconnus, les troubles auditifs centraux étaient mal diagnostiqués. Beaucoup de ces syndromes furent alors confondus avec d'autres pathologies telles que des formes d'aphasies de type Wernicke ou transcorticales sensorielles, des démences ou troubles

cognitifs, et des surdités périphériques (Suh et coll. 2012)(58) ; (Szirmai et coll. 2002)(59). Certains auteurs ont également comparé les TAC à des aphasies dans lesquelles le « langage interne » serait préservé (Takahashi et coll. 1992)(60) ; (Rapin 1985)(48). Aujourd'hui, la recherche a permis de mettre en évidence des éléments de diagnostic différentiel pour ainsi éviter les confusions. En effet, l'expression orale et écrite est souvent préservée dans les TAC, contrairement aux aphasies de type Wernicke. De plus, la répétition apparaît chutée en cas de TAC, contrairement aux aphasies transcorticales (Buchtel 2002)(7) ; (Buchman et coll. 1986)(6). Mom et coll. estiment qu'un TAC doit être suspecté dans le cas où la plainte du patient et les résultats à l'audiométrie vocale et tonale ne concorderaient pas (Mom et coll. 2010)(39).

Les troubles auditifs centraux se présentent donc comme un ensemble de pathologies complexes qu'il convient d'évaluer de manière approfondie afin de permettre un diagnostic fiable.

## **D.1. Examens audiologiques**

### **D.1.1. L'audiométrie**

L'examen audiométrique doit être effectué en première intention lorsqu'un trouble auditif, quel qu'il soit, est suspecté.

#### *A.1.1.1. L'audiométrie tonale*

L'audiométrie tonale permet d'évaluer l'état du système auditif périphérique, en mesurant le seuil de perception auditive à différentes fréquences (Platel et coll. 2009)(45).

#### *A.1.1.2. L'audiométrie vocale*

L'audiométrie vocale permet d'évaluer la compréhension de la parole en déterminant le niveau d'intelligibilité, à travers la répétition de mots présentés à différentes intensités (Mom et coll. 2010)(39).

Ces deux examens ont leur importance puisqu'ils permettent d'entrée de jeu d'orienter le diagnostic vers un TAC lorsque les performances à l'audiométrie vocale sont nettement inférieures à ce qu'on l'on est en droit d'attendre au vu des résultats à l'audiométrie tonale (Mom et coll. 2010)(39).



### **D.1.2. Les potentiels évoqués auditifs**

Les potentiels évoqués auditifs (PEA) sont des ondes recueillies après stimulation via des électrodes placées sur le scalp. Elles permettent d'appréhender le fonctionnement du système auditif périphérique, mais aussi des voies nerveuses cheminant le long du tronc cérébral, jusqu'aux aires centrales du traitement de l'information auditive (Jutras et coll. 2010)(27) ; (Mom et coll. 2010)(39).

Trois classes d'ondes sont observées, selon la fenêtre temporelle dans laquelle elles sont recueillies :

#### *A.1.1.3. Les PEA de latence courte, ou « précoces »*

Ils sont constitués par les cinq premières ondes, et témoignent de l'activité du nerf cochléaire jusqu'au lemniscus latéral, situé dans le tronc cérébral (Mom et coll. 2010)(39) ; (Davis 1981)(11).

#### *A.1.1.4. Les PEA de latence moyenne, ou « semi-précoces »*

Ces PEA répartis en quatre ondes reflètent l'activité neuronale des voies thalamo-corticales (du thalamus jusqu'au cortex auditif) (Luo et coll. 2013)(32) ; (Mom et coll. 2010)(39). Mendez et coll. et Michel suggèrent que l'absence de l'onde Pa, normalement obtenue comme réponse de moyenne latence, est caractéristique d'une surdité corticale (Mendez et coll. 1988)(34) ; (Michel et coll. 1980)(38).

#### *A.1.1.5. Les PEA de latence longue, ou « tardifs »*

Bien que controversées, certaines études semblent situer la naissance de ces ondes dans les zones corticales (Mom et coll. 2010)(39). Les deux premières ondes rendent compte de l'activité des aires adjacentes au cortex auditif primaire. Le cortex primaire serait le générateur de la troisième onde. Enfin, la quatrième onde serait produite par plusieurs composantes corticales et sous-corticales (Jutras et coll. 2010)(27). Notons que les PEA tardifs sont souvent influencés par les capacités attentionnelles du sujet et par son état de vigilance (Stefanatos et coll. 2012)(56).

Ainsi, nous envisageons aisément qu'en fonction de chaque trouble et de sa localisation lésionnelle, le recueil des PEA peut être différent (Griffiths et coll. 1999)(21).

#### *A.1.1.6. Les PEA liés aux évènements*

Ces PEA sont des ondes particulières obtenues à l'aide du paradigme de déviance appelé « oddball paradigm ». Ce paradigme est composé de séquences sonores contenant des stimuli fréquents et des stimuli rares qui apparaissent très rarement dans les séquences proposées.

Deux ondes sont obtenues : l'onde ND et l'onde P3. L'intérêt de cette évaluation réside dans le recueil ou non de l'onde P3. Celle-ci apparaît lorsque le sujet écoute passivement la séquence de stimuli fréquents et que, soudainement, un stimulus rare apparaît. Le patient se trouve alors en situation d'écoute active du stimulus et doit réaliser une tâche comportementale en réponse à la détection de ce son.

Krishnamurti et coll. (Krishnamurti 2001)(29) mettent en évidence que la latence de l'onde P3 est plus importante chez les sujets présentant un trouble auditif central que chez des sujets témoins. Rapin et coll. relient l'absence de l'onde P3 à une éventuelle impossibilité à distinguer les deux types de sons (rares et fréquents). Les auteurs supposent ainsi une agnosie auditive en cas d'absence de recueil de l'onde (Rapin 1985)(48).

Hayashi et coll. attestent que l'onde P3 apparaît la plus pertinente pour juger de la présence d'une surdité verbale. Selon les auteurs, cette onde serait impliquée dans l'évaluation, la discrimination et la catégorisation du stimulus (Hayashi et coll. 2007)(22) ; (Hayashi et coll. 2005)(23).

L'onde P3 apparaît donc intéressante dans l'évaluation des troubles auditifs centraux, mais peu de recherches en font état. Un approfondissement de ces études serait utile à l'établissement de sa légitimité dans le bilan auditif des surdités d'origine centrale. Néanmoins, les PEA ne sont pas toujours fiables en ce qui concerne l'exploration des voies auditives centrales (Mom et coll. 2010)(39), c'est pourquoi il convient de les interpréter avec rigueur.

#### **D.1.3. Tests d'écoute dichotique**

Les études dichotiques mettent en évidence l'importance des voies interhémisphériques dans le traitement des sons de la parole. Ces connexions, plus connues sous le nom de « corps calleux », permettent de relier les aires auditives associatives des deux hémisphères.

Le test d'écoute dichotique a pour principe l'envoi simultané à chaque oreille de

deux mots différents. Lors de cette tâche, seules les voies auditives ascendantes croisées sont empruntées : on parlera d'extinction des voies directes. Le sujet témoin est capable de rappeler les deux mots présentés en simultanément. En cas d'atteinte centrale, l'une des deux oreilles apparaîtra « éteinte » (le patient ne rapportera pas le mot présenté à cette oreille), puisque les fibres croisées aboutiront à des zones sous-corticales et/ou corticales dysfonctionnelles (Mom et coll. 2010)(39). Par conséquent, l'oreille éteinte sera contralatérale à la lésion centrale (Stefanatos et coll. 2012)(56) ; (Eustache et coll. 1990)(16). Cela suppose par extension que l'atteinte soit unilatérale.

Une extinction de l'oreille gauche lors de l'écoute dichotique de mots, suppose une atteinte du lobe temporal droit, et/ou du corps calleux (Rapin 1985)(48) ; (Sparks et coll. 1970)(55). Ainsi l'information n'est pas correctement véhiculée jusqu'aux centres de traitement du langage, autrement dit dans l'hémisphère gauche (Platel et coll. 2009)(45).

## **D.2. Évaluation des capacités auditives non verbales**

### **D.2.1. Évaluation des caractéristiques temporelles**

Pour évaluer l'intégrité du traitement temporel, souvent perturbé chez les patients atteints de TAC, les épreuves les plus utilisées sont celles de fusion de clicks et de comptage de clicks (Stefanatos et coll. 2012)(56).

Dans la tâche de fusion de clicks, plusieurs sons brefs sont présentés à des intervalles variables. Le patient doit alors dire lorsqu'il entend deux sons, et lorsqu'il n'en entend plus qu'un. Cette épreuve est souvent utilisée pour objectiver les troubles auditifs centraux. En effet, les sujets atteints de TAC ont besoin de séparations beaucoup plus longues entre les sons par rapport à la norme, pour être capables de les distinguer (Slevc et coll. 2011)(54).

L'épreuve de comptage de clicks met en jeu un nombre déterminé de clicks émis pendant un laps de temps court. Le comptage de clicks permet de mettre en évidence de manière claire une caractéristique propre aux TAC : alors que les sujets témoins peuvent compter jusqu'à 9 clicks par seconde, les sujets atteints de TAC ne sont capables de dénombrer les clicks que lorsque deux stimulations au maximum sont présentées par seconde (Lambert 1997)(30).

### **D.2.2. Discrimination d'intensité et de fréquence**

Ce type de tâche consiste en l'identification de la similitude ou de la différence

entre deux sons, en termes d'intensité ou de fréquence. Il s'agit de juger si oui ou non, deux sons ont un volume identique ou la même hauteur (Stefanatos et coll. 2012)(56).

### **D.2.3. Perception des sons environnementaux et musicaux**

L'identification des sons environnementaux est testée via une banque de stimuli sonores, pour lesquels le patient doit réagir. La réponse peut être orale ou écrite. De plus, il peut être demandé au sujet de désigner sur un choix multiple d'images, celle correspondant au son perçu (Platel et coll. 2009)(45).

Outre le jugement de la hauteur, de l'intensité, et de la durée des sons, l'évaluation des sons musicaux peut proposer des tâches plus approfondies, telles que la détection d'erreurs dans des mélodies connues, l'imitation orale de mélodies perçues, ou la reproduction de rythmes (Platel et coll. 2009)(45). De nos jours, une batterie récente, la MBEA, permet d'établir le « niveau musical » du patient (Peretz et coll. 2003)(42).

## **D.3. Évaluation des sons verbaux et bilan aphasiologique**

### **D.3.1. L'analyse acoustico-phonologique**

Selon Platel et coll., il convient tout d'abord de vérifier les possibilités d'analyse phonétique (Platel et coll. 2009)(45), c'est-à-dire les capacités à reconnaître et différencier les sons constitutifs de la langue française. Ces épreuves permettent de vérifier l'intégrité du système d'analyse auditive, d'après le modèle d'Ellis, Franklin et Crerar (Ellis et coll. 2010)(15).

Plusieurs épreuves sont alors proposées (Platel et coll. 2009)(45) :

La discrimination :

« En différé » : deux syllabes type consonne-voyelle ou voyelle-consonne-voyelle sont présentées. Le patient doit alors indiquer si les deux items présentés sont identiques ou non.

« On-line » : 8 syllabes sont présentées oralement, dont une différant des autres. Le patient doit identifier cette syllabe et appuyer sur une touche.

Dans les épreuves de discrimination, il est possible de faire varier la proximité phonétique entre les deux items. Le praticien peut alors choisir de confronter deux

phonèmes consonantiques s'opposant sur plusieurs traits distinctifs (le voisement, le mode d'articulation et le point d'articulation...) ou, situation plus complexe, sur un seul trait (par exemple, le point d'articulation). Cette épreuve trouve son intérêt dans l'évaluation des TAC, puisque de tels troubles peuvent être révélés par de mauvaises performances sur des couples de phonèmes se distinguant uniquement par un seul trait distinctif (Platel et coll. 2009)(45).

L'identification :

Une syllabe est présentée oralement au patient qui doit indiquer dans un choix multiple de syllabes en présentation visuelle laquelle correspond à l'item entendu.

Par ailleurs, il est possible d'utiliser les listes cochléaires de Lafon et de Fournier en répétition, afin d'exposer d'éventuels troubles de la perception phonémique au sein des mots (Goudon et coll. 1972)(19).

A ce stade de l'évaluation, une épreuve jugeant les capacités d'analyse phonologique est proposée :

La tâche de rimes :

En présentation orale, le patient doit indiquer si deux mots riment ou non. Elle permet d'observer les habiletés en conscience phonologique des patients sans avoir à passer par le sens des mots (Lambert 1997)(30).

### **D.3.2. La décision lexicale orale**

La tâche de décision lexicale permet de tester l'intégrité du lexique phonologique d'entrée, en référence au modèle d'Ellis, Franklin et Crerar (Ellis et coll. 2010)(15).

Une liste de mots et de non-mots est présentée oralement. Le patient doit alors indiquer pour chaque item s'il s'agit d'un mot de la langue existant ou non.

### **D.3.3. Le bilan aphasiologique**

Lors d'une surdité verbale pure, le bilan d'aphasie mettra en évidence une dissociation des performances entre les tâches sur entrée auditive, qui seront échouées, et celles sur entrée visuelle, préservées (Weill-Chounlamountry et coll. 2010)(65). La compréhension orale, la répétition, et la transcription sous dictée seront donc chutées, alors que le discours spontané, la dénomination, la

compréhension écrite, la lecture à haute voix et l'expression écrite spontanée seront préservées.

#### **D.3.4. L'épreuve de synonymie**

Platel et coll., proposent une tâche de synonymie, donnant un aperçu de la qualité du système sémantique contenant les sens des mots connus (Weill-Chounlamountry et coll. 2010)(65) ; (Ellis et coll. 2010)(15). Cette épreuve consiste en la présentation orale de couples lexicaux entretenant ou non entre eux des liens de sens. Le patient doit alors indiquer si les deux items partagent une relation sémantique (par exemple, « couteau – cuiller », ou « avion – chien »).

Les auteurs proposent également d'utiliser cette épreuve de synonymie en modalité écrite. En effet, un trouble auditif central pur entraînant des difficultés uniquement dans les tâches sur présentation orale, les épreuves en lecture devraient être préservées, et il est donc indispensable de tester la modalité visuelle. Ainsi une dissociation entre les jugements de synonymie dans ces deux modalités implique une préservation du système sémantique.

# PARTIE PRATIQUE

Élise Del Fabro et Charlotte Desmons

AIRTAC2, outil élaboré par Catherine Tessier et Agnès Weill-Chounlamounry, fait suite au logiciel AIRTAC, porté sur la rééducation des troubles auditifs d'origine centrale au moyen de tâches de discrimination de sons non verbaux, ainsi que de tâches d'identification et de discrimination de phonèmes. Ce programme proposait une nouvelle forme de rééducation ciblée sur la discrimination phonémique par le biais de renforcements visuels, et utilisait une procédure d'apprentissage sans erreurs (Tessier et coll. 2007)(63). Cet outil s'est déjà montré efficace dans une étude en cas unique d'une surdité verbale chez une femme de 65 ans, chez laquelle un entraînement spécifique de discrimination de phonèmes avait permis un transfert sur des tâches de répétition et de compréhension orale, avec un bénéfice en vie quotidienne (Weill-Chounlamounry et coll. 2007)(67) ; (Tessier et coll. 2007)(63).

Compte tenu de la particularité des difficultés des sujets présentant un TAC, en termes de perception de la durée des sons et/ou de leurs caractéristiques spectrales, ainsi qu'au niveau du phonème, le bilan de l'aphasie classique, décrit précédemment, ne permet pas de cibler avec précision les capacités de traitement auditif du patient. Il est en effet nécessaire d'objectiver ses performances à des niveaux de traitement inférieurs (identification, discrimination de phonèmes, discrimination de caractéristiques spectrales et temporelles des sons non verbaux). Il n'existe pas à notre connaissance de logiciels spécifiques permettant d'évaluer les troubles auditifs centraux selon une modélisation cognitive couvrant les sons non verbaux et les performances d'intégration phonémique. Afin de permettre une rééducation complète et adaptée à chacun, il est nécessaire de fournir des éléments de bilan concrets et fiables. C'est pourquoi, l'outil AIRTAC2 présentant un premier module consacré à l'évaluation, a été mis au point. Ce programme permet ainsi de regrouper les épreuves de base en un même outil, et en une durée de passation limitée.

## **A. Hypothèses**

Nous émettons les hypothèses suivantes :

- Les capacités de traitement auditif central chutent avec l'âge.
- Le niveau d'études n'a pas d'effet significatif sur les capacités de traitement auditif central.
- Le sexe n'a pas d'effet significatif sur les capacités de traitement auditif central.



## B. Matériel et méthodes

### B.1. Matériel

AIRTAC2 est un site internet d'Aide Informatisée à la Rééducation des Troubles Auditifs Centraux, qui comprend un module d'évaluation et un module d'entraînements. Il permet aux professionnels de s'y rendre en toutes circonstances à condition de posséder le matériel nécessaire : un ordinateur et une connexion internet fiable. Les données ne sont accessibles qu'au moyen d'une connexion à son propre compte, et sont ainsi gardées confidentielles au moyen d'un mot de passe. Il est donc indispensable de se connecter à son compte avec ses identifiants personnels.

AIRTAC2 est simple d'utilisation et ne préconise pas de formation particulière. Après connexion, trois grandes icônes apparaissent : *les documents*, rassemblant le mode opératoire du site et un rappel sur les troubles auditifs centraux, *les patients*, regroupant les fiches des patients indiquant une brève anamnèse et l'accès aux différentes évaluations ou entraînements dont ils ont pu bénéficier, et enfin *les paramètres généraux*, permettant de régler les différentes paramètres des entraînements, tels que les choix des valeurs pour l'intensité, la fréquence et la durée des sons non verbaux, les latences de réponses possibles, l'intervalle de temps entre deux stimuli, entre autres.

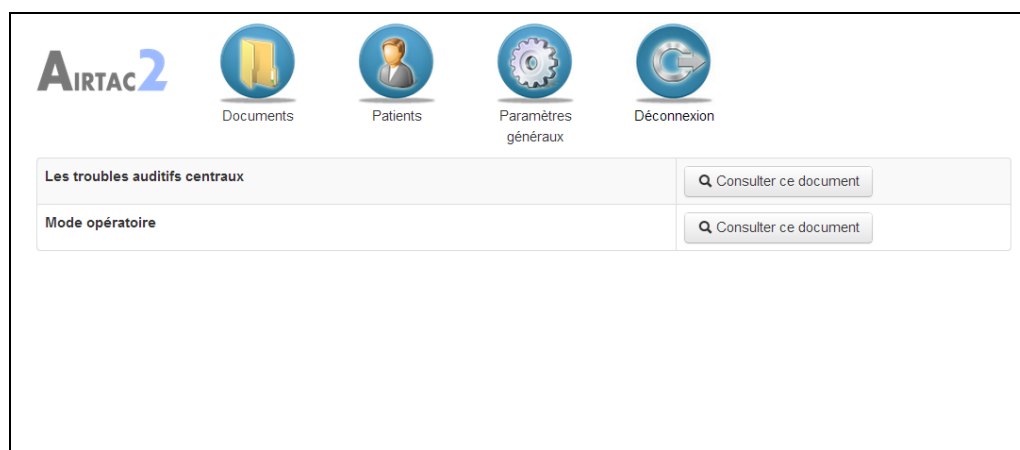


Figure 3 : Aperçu de l'onglet "Documents".

Nom	Âge	Dernier bilan	Actions
ALAIN MARTIN	60 ans 08 mois	03/01/2014	Modifier Supprimer
ANDRÉE LEBLANC	23 ans 03 mois	24/09/2013	Modifier Supprimer
BERNARD BOUTIER	-44 ans 01 mois	26/03/2014	Modifier Supprimer
BRUNO ROY	0 ans 02 mois	26/03/2014	Modifier Supprimer
CHRISTOPHE BOUTIER	-58 ans 09 mois	04/04/2014	Modifier Supprimer
CHRISTOPHE BOUTIER	-59 ans 04 mois	03/04/2014	Modifier Supprimer
CHRISTOPHE ROY	38 ans 03 mois	27/02/2014	Modifier Supprimer
CHRISTOPHE BOUTIER	-50 ans 11 mois	03/04/2014	Modifier Supprimer
CHRISTOPHE BOUTIER	65 ans 05 mois	03/04/2014	Modifier Supprimer
CHRISTOPHE BOUTIER	65 ans 10 mois	20/02/2014	Modifier Supprimer
CHRISTOPHE BOUTIER	34 ans 11 mois	03/04/2014	Modifier Supprimer

Figure 4 : Aperçu de l'onglet « Patients ».

**Paramètres**

Minimum avant un son :  ms

Maximum avant un son :  ms

Entre 2 sons ou phonèmes :  ms

Pour donner la réponse :  ms

Du clignotement :  ms

Du retard de clignotement :  ms

[Sauvegarder les modifications](#)

Figure 5 : Aperçu de l'onglet « Paramètres généraux ».

## B.2. Épreuves

Sept épreuves sont disponibles dans le module « évaluation », pour une durée totale d'environ 35 à 45 minutes :

### B.2.1. Identification des sons

Elle consiste en la détection de sons non verbaux. Le sujet est averti qu'il va entendre des sons, mais n'est pas informé du moment de leur émission. C'est à lui de donner une réponse lorsqu'il les perçoit. Ces différents sons respectent le champ des capacités auditives perceptives de la zone conversationnelle de manière générale. Onze items sont répartis selon une configuration s'inspirant du schéma de Wegel. Il est par ailleurs possible de moduler l'intensité de ces sons si le sujet ne les perçoit pas, de sorte qu'en fin d'épreuve, la répartition des items reproduise le schéma des capacités perceptives du patient. Cette épreuve permet d'avoir un aperçu du champ auditif du patient, en particulier dans la zone indispensable à la bonne compréhension du langage.

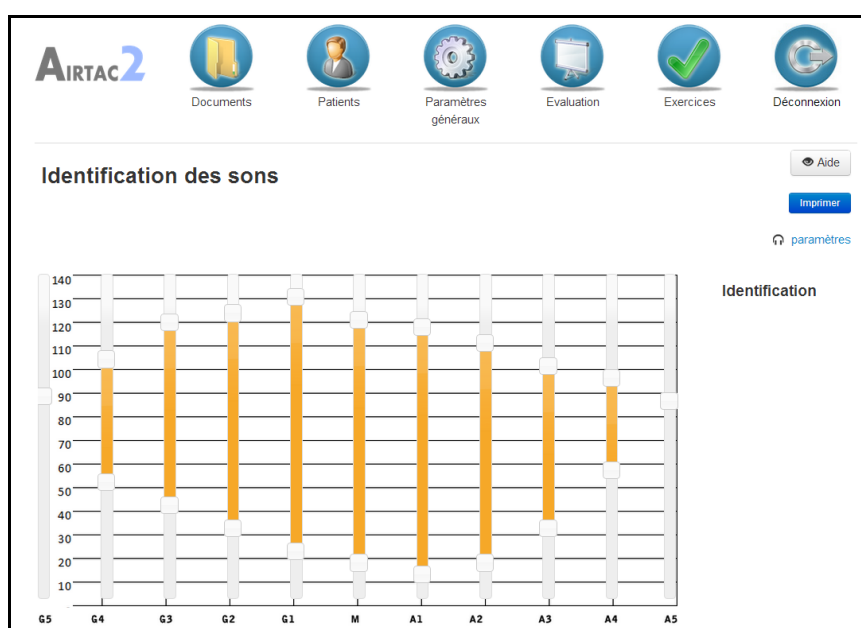


Figure 6 : Aperçu de l'épreuve d'identification des sons.

### B.2.2. Discrimination de l'intensité, de la hauteur et de la durée

Trois tableaux différents permettent de tester successivement les capacités discriminatives des patients en termes d'intensité, de fréquence et de durée des sons. Systématiquement, deux sons sont présentés au sujet. Les deux premières colonnes indiquent les deux items cibles, et les quatre suivantes, l'ordre dans lequel sont proposés les sons (1→1 ; 2→2 ; 1→2 ; 2→1) (Figure 7). Toutes les épreuves de discrimination seront présentées de la sorte. Le sujet devra donner une réponse type « pareil / différent » à l'émission de chaque couple sonore. Il suffira pour le praticien de cliquer sur chaque case du tableau pour émettre le son, puis de cliquer sur « juste »

ou « faux » selon la réponse donnée.

Ces épreuves permettent de tester les capacités de discrimination des caractéristiques spectrales et temporelles des sons, préalablement indispensables au bon traitement de la parole.

Son 1	Son 2	1 → 1	2 → 2	1 → 2	2 → 1
G4 50 db	G4 103 db				
G3 40 db	G3 119 db				
G2 30 db	G2 123 db				
G1 20 db	G1 130 db				
M 15 db	M 120 db				
A1 10 db	A1 117 db				

Figure 7 : Aperçu du fonctionnement des épreuves : étape 1.

Son 1	Son 2	1 → 1	2 → 2	1 → 2	2 → 1
G4 50 db	G4 103 db	+			
G3 40 db	G3 119 db				
G2 30 db	G2 123 db				
G1 20 db	G1 130 db				
M 15 db	M 120 db				
A1 10 db	A1 117 db				

Figure 8 : Aperçu du fonctionnement des épreuves : étape 2.

The screenshot shows the AIRTAC 2 software interface. At the top, there is a navigation bar with icons for Documents, Patients, Paramètres généraux, Evaluation, Exercices, and Déconnexion. Below this, the title 'Discrimination' is displayed. To the right of the title are buttons for 'Aide', 'Imprimer', and 'paramètres'. The main content is a table with the following data:

Son 1	Son 2	1 → 1	2 → 2	1 → 2	2 → 1
G4 50 db	G4 103 db	-	+	+	+
G3 40 db	G3 119 db		+	+	+
G2 30 db	G2 123 db		+	+	-
G1 20 db	G1 130 db		+	+	+
M 15 db	M 120 db		+	+	+
A1 10 db	A1 117 db		+	+	+

Figure 9 : Aperçu du fonctionnement des épreuves : étape 3.

### B.2.3. Identification des phonèmes

Cette épreuve présente au sujet 9 phonèmes vocaliques et 16 phonèmes consonantiques. Ces derniers sont associés à la voyelle « a », afin de faciliter la reconnaissance des phonèmes occlusifs de courte durée. C'est la seule épreuve pour laquelle le sujet pourra regarder l'écran. Il devra écouter les sons verbaux proposés et cliquer lui-même sur la cible (ou montrer la cible, si le sujet n'est pas familier de l'informatique). Cette épreuve permet de tester les capacités perceptives du sujet à un plus haut niveau, car elle fait intervenir l'identification des traits caractéristiques des sons du langage.

Il est important de noter que nous avons systématiquement augmenté le temps maximal pour donner la réponse à 9000 ms, car cette épreuve n'a pas pour objectif de mesurer la rapidité de la réponse. Cet aménagement est accessible dans les paramètres généraux, en modifiant la valeur du temps, définie par l'item « pour donner la réponse ».

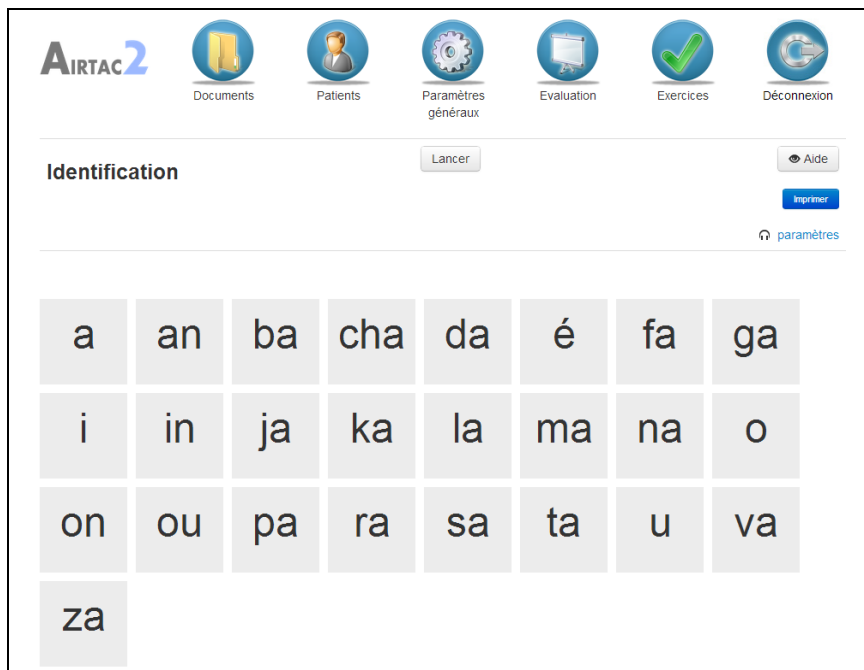


Figure 10 : Aperçu de l'épreuve d'identification des phonèmes.

#### **B.2.4. Discrimination de phonèmes vocaliques et consonantiques**

Deux épreuves sont proposées : la discrimination des phonèmes vocaliques d'une part (Figure 11), et des phonèmes consonantiques d'autre part (Figure 12). Elles se composent de 16 phonèmes consonantiques et de 9 phonèmes vocaliques, sur les 37 phonèmes constitutifs de la langue française.

Les paires testées dans ces deux épreuves reprennent les erreurs souvent rencontrées lors de surdités verbales. Elles permettent donc de confronter deux stimuli qui sont susceptibles d'être confondus. Le principe est le même que lors des épreuves de discrimination citées précédemment. Ces épreuves font intervenir l'identification isolée des sons verbaux tout en évaluant les capacités de perception phonémique du sujet. Ces tâches permettent effectivement de juger la stabilité et la qualité des représentations phonologiques des patients en opposant des phonèmes ne se différenciant parfois que par un seul trait distinctif.

The screenshot shows the AIRTAC2 interface for a phoneme discrimination test. At the top, there is a navigation bar with icons for Documents, Patients, Paramètres généraux, Evaluation, Exercices, and Déconnexion. Below the navigation bar, the title 'Discrimination phonèmes vocaliques' is displayed. To the right of the title are buttons for 'Aide', 'Imprimer', and 'paramètres'. The main content is a table with 6 columns and 7 rows. The columns are labeled 'Son 1', 'Son 2', '1 → 1', '2 → 2', '1 → 2', and '2 → 1'. The rows contain the following pairs of phonemes: (a, i), (a, o), (a, é), (a, u), (o, ou), and (é, i).

Son 1	Son 2	1 → 1	2 → 2	1 → 2	2 → 1
a	i				
a	o				
a	é				
a	u				
o	ou				
é	i				

Figure 11 : Aperçu de l'épreuve de discrimination de phonèmes vocaliques.

The screenshot shows the AIRTAC2 interface for a consonant discrimination test. At the top, there is a navigation bar with icons for Documents, Patients, Paramètres généraux, Evaluation, Exercices, and Déconnexion. Below the navigation bar, the title 'Discrimination phonèmes consonantiques' is displayed. To the right of the title are buttons for 'Aide', 'Imprimer', and 'paramètres'. The main content is a table with 6 columns and 7 rows. The columns are labeled 'Son 1', 'Son 2', '1 → 1', '2 → 2', '1 → 2', and '2 → 1'. The rows contain the following pairs of phonemes: (ba, pa), (da, ta), (fa, va), (ga, ka), (ja, cha), and (za, sa).

Son 1	Son 2	1 → 1	2 → 2	1 → 2	2 → 1
ba	pa				
da	ta				
fa	va				
ga	ka				
ja	cha				
za	sa				

Figure 12 : Aperçu de l'épreuve de discrimination de phonèmes consonantiques.

### B.3. Procédure

#### B.3.1. Installation du praticien et du sujet

Nous avons effectué la normalisation du test sur un ordinateur portable. Le principe était pour nous de mettre en place une situation d'évaluation classique avec peu de moyens technologiques, puisque le but de cette évaluation est d'être accessible via un matériel basique, et dans un bureau quelconque. Lors de la passation de l'évaluation AIRTAC2, nous étions systématiquement positionnées de façon à ce que les sujets ne

voient pas l'écran de l'ordinateur. Les sujets étaient donc faces à nous. Cette position a été maintenue pour tous les sujets et tout au long de la passation, excepté pour l'épreuve d'identification phonémique, pour laquelle la personne doit être face à l'écran afin d'identifier les phonèmes proposés. De plus, dans la mesure du possible, nous avons veillé systématiquement à choisir un lieu calme pour procéder à la passation.

### **B.3.2. Ordre des épreuves**

Lors des premières passations, nous avons observé que la longueur de la tâche de discrimination des phonèmes consonantiques, composée de 72 items et figurant en fin de test, causait des difficultés de concentration chez les sujets, même les plus jeunes. Des erreurs d'attention apparaissaient fréquemment, et certains sujets nous faisaient part de leurs difficultés à se concentrer lors de cette épreuve. Cette évaluation ne testant pas la fatigabilité des sujets, ni leurs performances attentionnelles, nous avons choisi de modifier l'ordre des épreuves afin de ne pas biaiser les résultats. Ainsi, nous avons respecté l'ordre intégral de l'évaluation d'AIRTAC2, excepté pour la tâche de discrimination des phonèmes consonantiques, que nous avons déplacée en deuxième position, c'est-à-dire après l'épreuve d'identification des sons.

### **B.3.3. Consignes**

Nous avons établi des consignes que nous avons respectées pour toutes les passations. Néanmoins, en cas d'incompréhension par le sujet, nous avons étayé la consigne en apportant des explications voire des exemples oraux donnés par nos soins. Les consignes choisies étaient les suivantes :

#### L'identification des sons :

« Des sons vont être émis, et vous devrez dire quand vous les entendez. »

Après cette épreuve et pour la suite du test, nous informions systématiquement le sujet:

Qu'il devait toujours donner une réponse, même s'il n'était pas sûr de lui

Qu'un seul essai serait proposé, et qu'aucune répétition des items n'était possible.

#### La discrimination de phonèmes consonantiques :

« Vous allez entendre à chaque fois deux syllabes, il faudra dire si elles sont pareilles ou pas. »



#### La discrimination des sons par l'intensité :

« Vous allez à chaque fois entendre deux sons l'un après l'autre, il faudra dire s'ils ont le même volume ou pas. »

#### La discrimination des sons par la hauteur :

« Même principe, mais il faudra dire si les deux sons ont la même hauteur ou pas, c'est-à-dire la même note. »

#### La discrimination des sons par la durée :

« Même épreuve, cette fois il faudra dire si les deux sons ont la même durée. »

#### L'identification des phonèmes :

« Vous allez entendre les syllabes qui sont devant vous. Vous devrez cliquer (ou montrer selon les possibilités du sujet) sur la syllabe que vous entendez. Lorsque vous aurez cliqué sur la syllabe, la suivante sera émise automatiquement. Quand vous êtes prêt, cliquez sur “lancer”. »

#### La discrimination de phonèmes vocaliques :

« Vous allez entendre à chaque fois deux voyelles, il faudra dire si elles sont pareilles ou pas. »

### **B.3.4. Nature des réponses**

A l'exception de l'épreuve d'identification des phonèmes, toutes les réponses données par le sujet sont orales.

Pour la première épreuve d'identification de sons, le sujet doit dire lorsqu'il entend une stimulation sonore. Nous lui demandions de nous dire « oui », « j'entends » ou « là », dès qu'il percevait un son.

Pour toutes les épreuves de discrimination, les réponses devaient signaler la différence ou la similitude entre les deux items. Les réponses que nous propositions étaient « pareil/pas pareil », ou « pareil/différent » ou encore « oui » (pour pareil) et « non » (pour différent).

Enfin, pour l'épreuve d'identification des phonèmes, le sujet doit cliquer lui-même sur l'item cible, ou alors montrer la syllabe, afin que le praticien aille cliquer sur le son désigné, dans les cas où les sujets ne seraient pas familiers de l'outil informatique.

## **C. Population**

Pour l'étalonnage d'AIRTAC2, nous avons sollicité la participation de 122 sujets contrôles. Ces sujets ont été recrutés dans notre entourage, via des petites annonces, par le bouche-à-

oreille, ou dans une maison de retraite pour une partie des sujets les plus âgés.

### **C.1. Critères d'inclusion**

Deux critères d'inclusion ont été retenus :

- Être âgé d'au moins 20 ans,
- Être francophone,
- Être lecteur.

### **C.2. Critères d'exclusion**

Nous avons retenu les critères d'exclusion suivants :

- Présence d'un déficit auditif périphérique diagnostiqué,
- D'une lésion cérébrale acquise d'origine vasculaire ou tumorale,
- D'une démence dégénérative diagnostiquée.

### **C.3. Variables (âge, niveau d'études, sexe)**

Les 122 sujets contrôles ont été répartis selon trois variables :

- l'âge :
  - 38 sujets **entre 20 et 39 ans** ;
  - 46 sujets **entre 40 et 59 ans** ;
  - 38 sujets âgés de **60 ans et plus**,
- le niveau d'études (NE) :
  - 40 sujets ayant un niveau d'études **inférieur au baccalauréat (BAC) (NE 1)** ;
  - 44 sujets ayant un niveau d'études **compris entre BAC et BAC +3 (NE 2)** ;
  - 38 sujets ayant un niveau d'études **supérieur au BAC +3 (NE 3)**,
- le sexe : 66 **femmes** et 56 **hommes**.

## **D. Présentation des résultats**

Nous avons recueilli, pour chaque épreuve, le nombre de réponses justes à chaque item. Le score maximal est de 122, lorsque tous les sujets contrôles ont donné la réponse attendue.

## D.1. Identification des sons

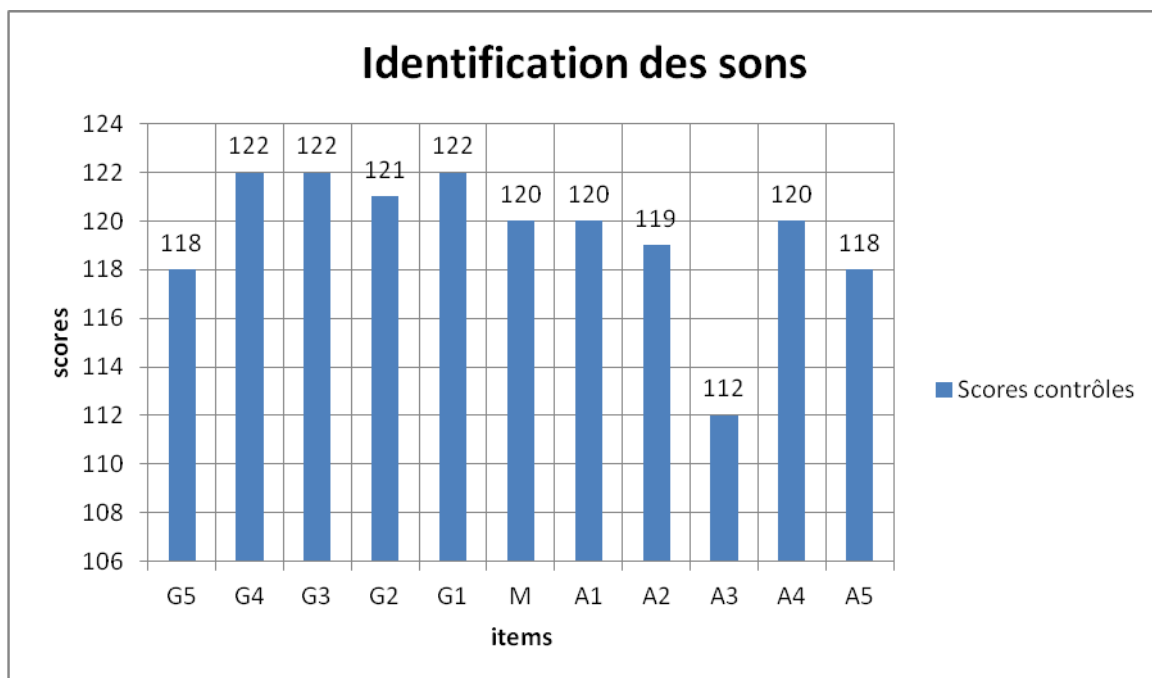


Figure 13 : Synthèse des résultats des sujets contrôles à l'épreuve d'identification des sons.

De manière générale, les items chutés correspondent aux sons situés dans les fréquences aiguës. La plupart des sujets contrôles entre 20 et 59 ans étaient capables d'entendre tous les sons proposés. Les erreurs ont été relevées essentiellement dans la tranche d'âge 60 ans et plus.

## D.2. Discrimination des sons par l'intensité

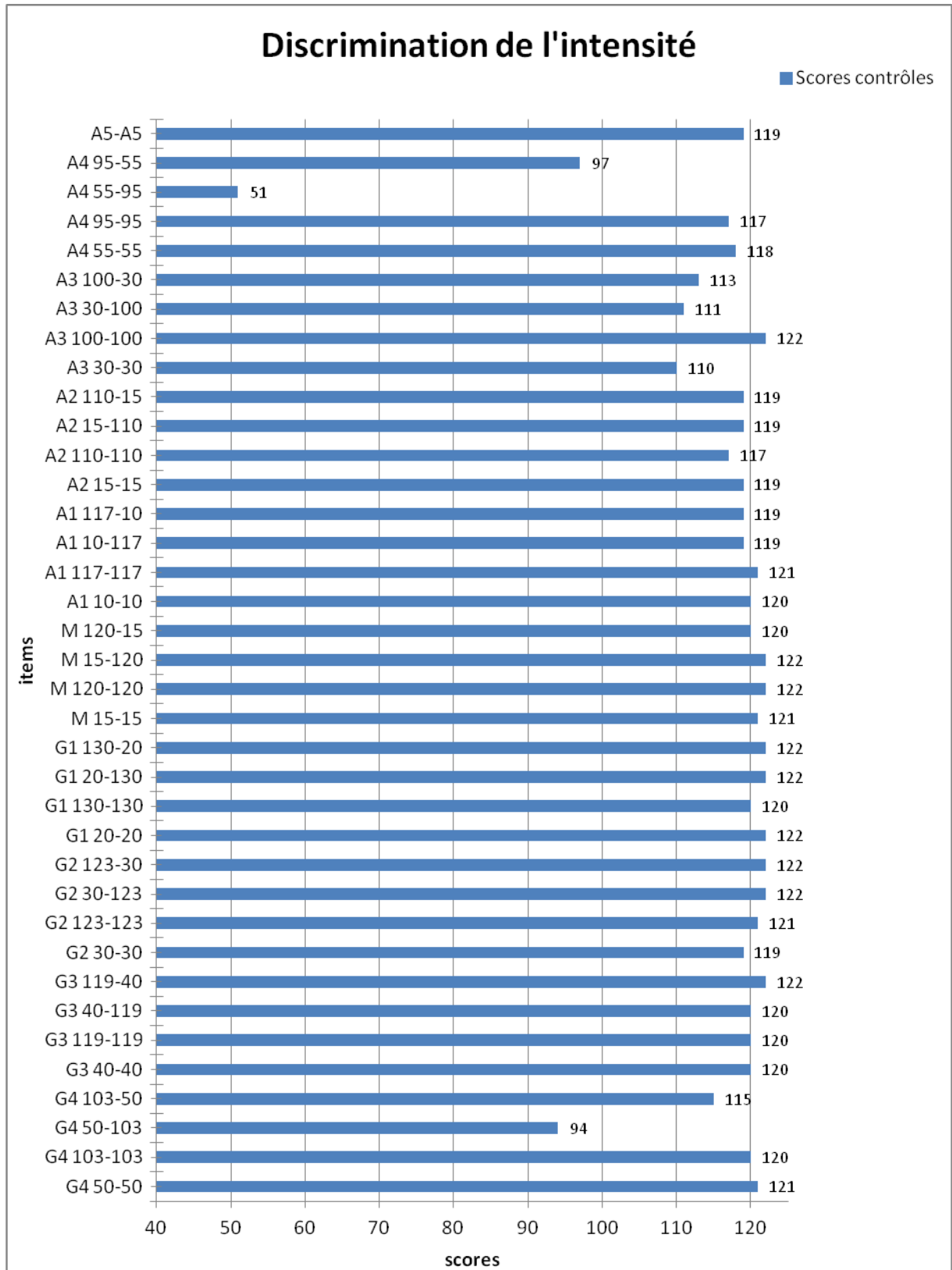


Figure 14 : Synthèse des résultats des sujets contrôles à l'épreuve de discrimination des sons par l'intensité.

Les items A4 55-95 et A4 95-55 ont été échoués respectivement par 58,2% et 20,5%

des sujets. De même, l’item G4 50-103 est l’un des moins réussis, avec 23% d’erreurs chez les sujets contrôles, alors que pour les autres items, le pourcentage d’échec oscille entre 0% et 9,8%.

### D.3. Discrimination des sons par la hauteur

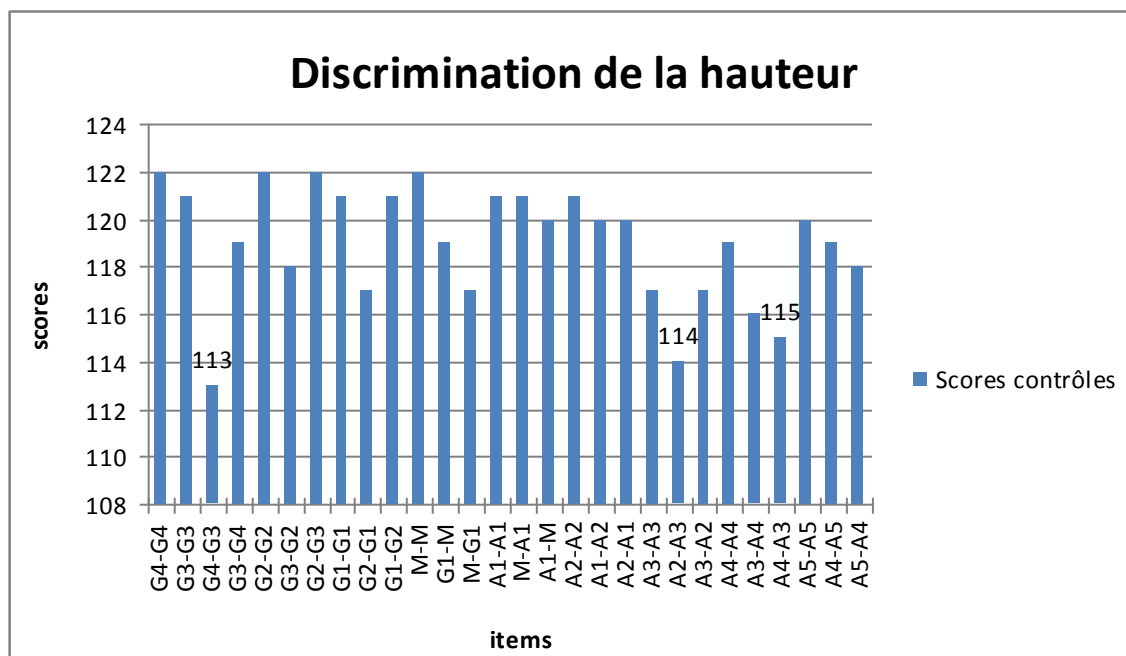


Figure 15 : Synthèse des résultats des sujets contrôles à l’épreuve de discrimination des sons par la hauteur.

Tous les items ont été globalement réussis par l’ensemble de la population, malgré un taux supérieur à 5% d’échec pour G4-G3 (7,4% d’erreurs), A2-A3 (6,6% d’erreurs) et A4-A3 (5,7% d’erreurs).

#### D.4. Discrimination des sons par la durée

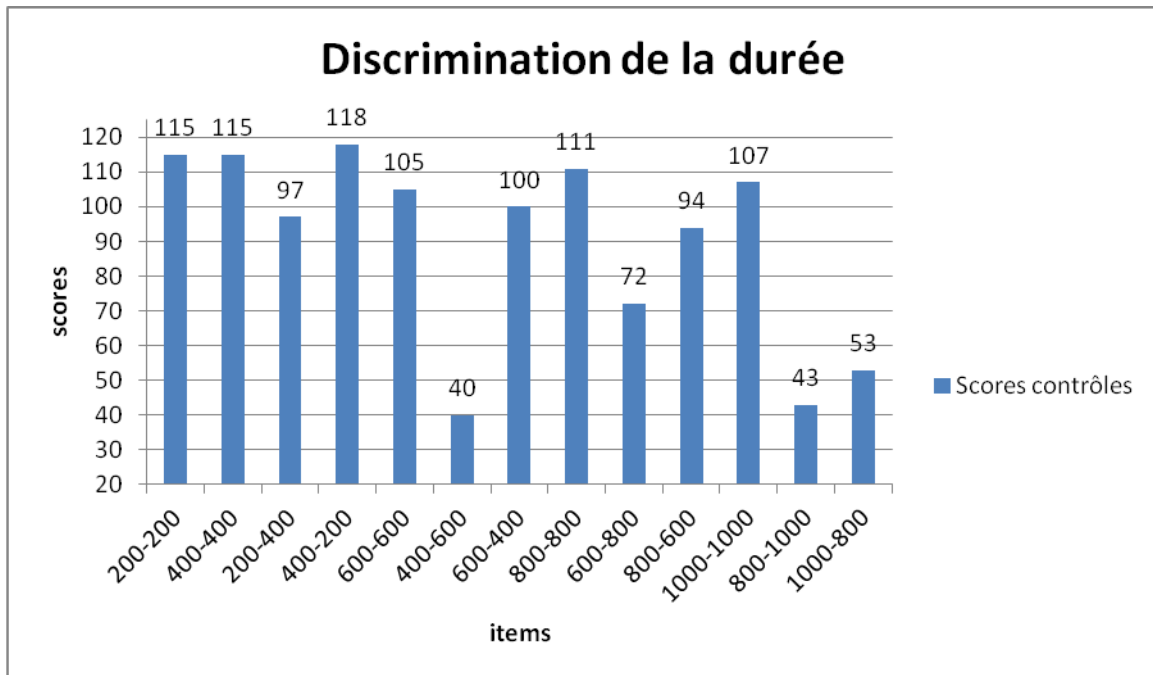


Figure 16 : Synthèse des résultats des sujets contrôles à l'épreuve de discrimination des sons par la durée.

La discrimination de la durée est l'épreuve pour laquelle les résultats sont les plus faibles. Le taux d'erreurs le plus important est obtenu à l'item 400-600, avec un échec relevé pour 67,2% de la population contrôle.

## D.5. Identification des phonèmes

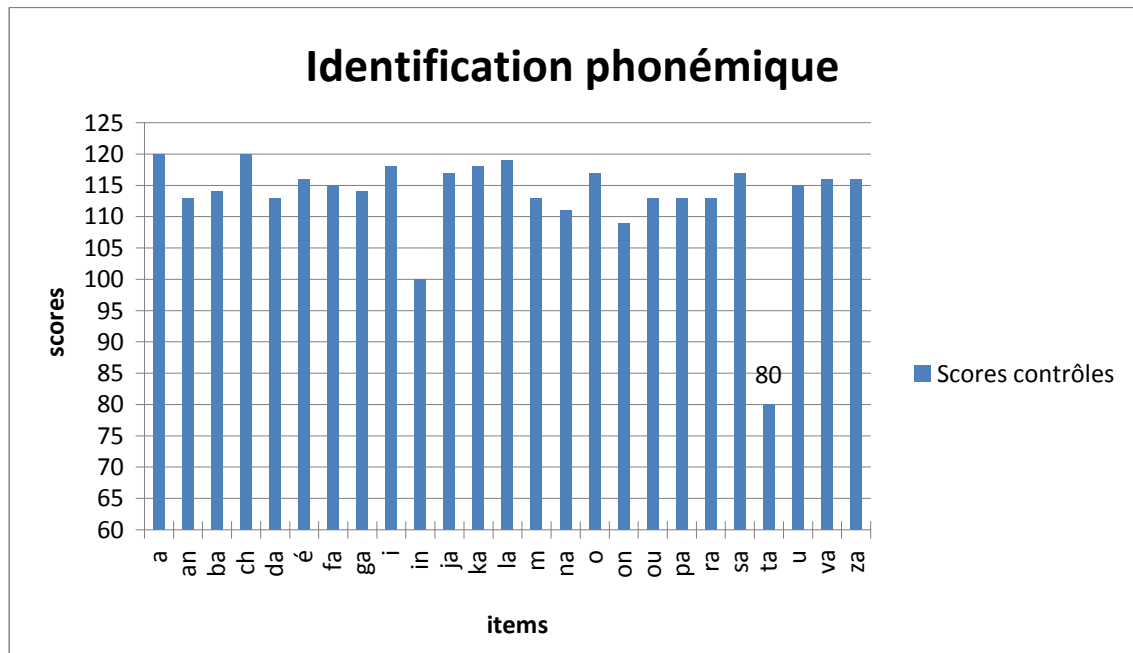


Figure 17 : Synthèse des résultats des sujets contrôles à l'épreuve d'identification de phonèmes.

L'identification de phonèmes est globalement réussie. Deux items ressortent, pour lesquels le taux d'erreurs est plus important : les items /ta/ (34,4% d'erreurs) et /in/ (18% d'erreurs).

## D.6. Discrimination de phonèmes vocaliques

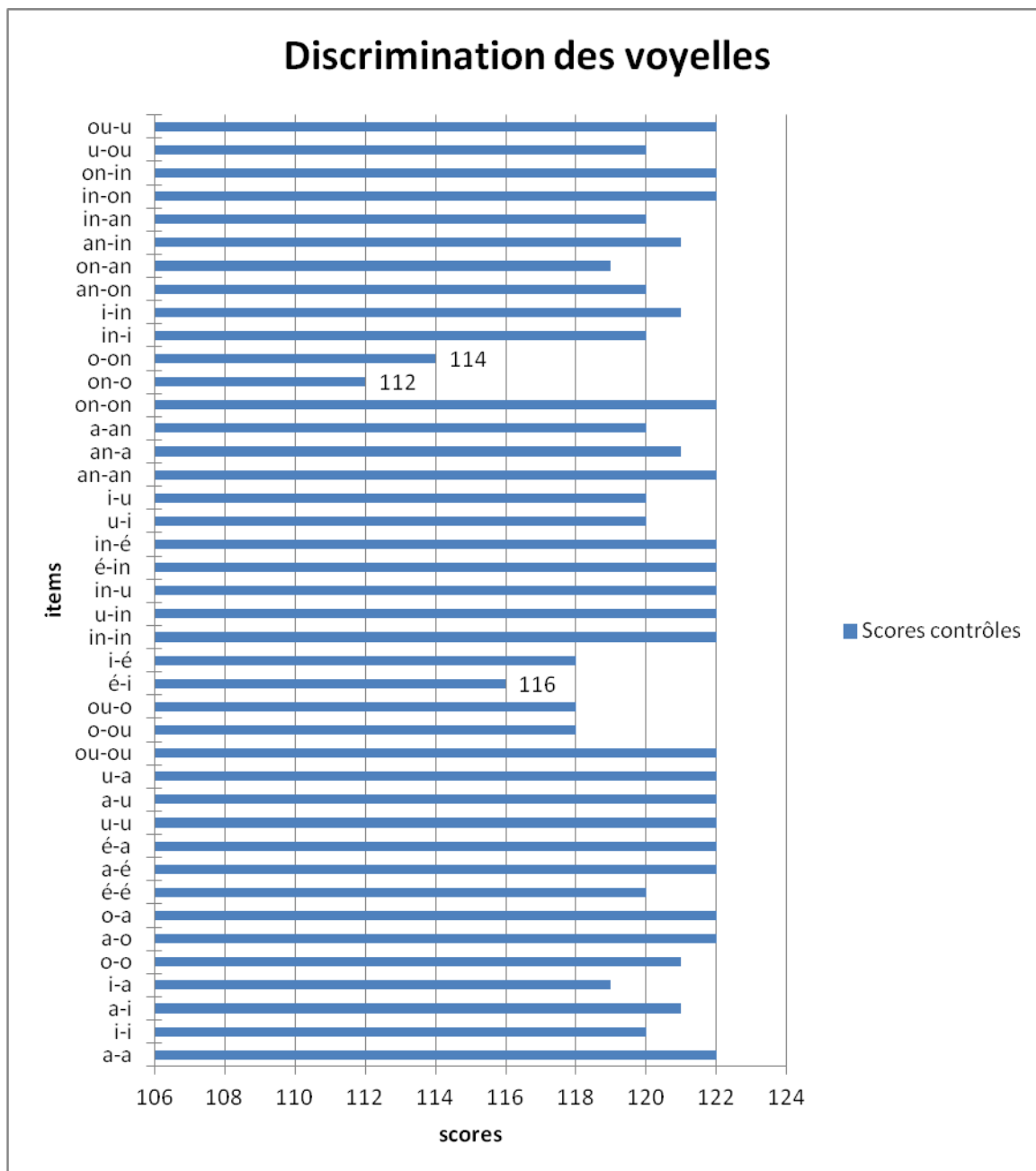


Figure 18 : Synthèse des résultats des sujets contrôles à l'épreuve de discrimination de phonèmes vocaliques.

De manière globale, la discrimination des phonèmes vocaliques est réussie pour la majorité des items, avec des pourcentages de réussite compris entre 95% et 100%, hormis pour les items o-on et on-o. Ces derniers donnent lieu à des erreurs dans 8,2% des cas pour la paire on-o, et 6,6% des cas pour la paire o-on.



## D.7. Discrimination de phonèmes consonantiques

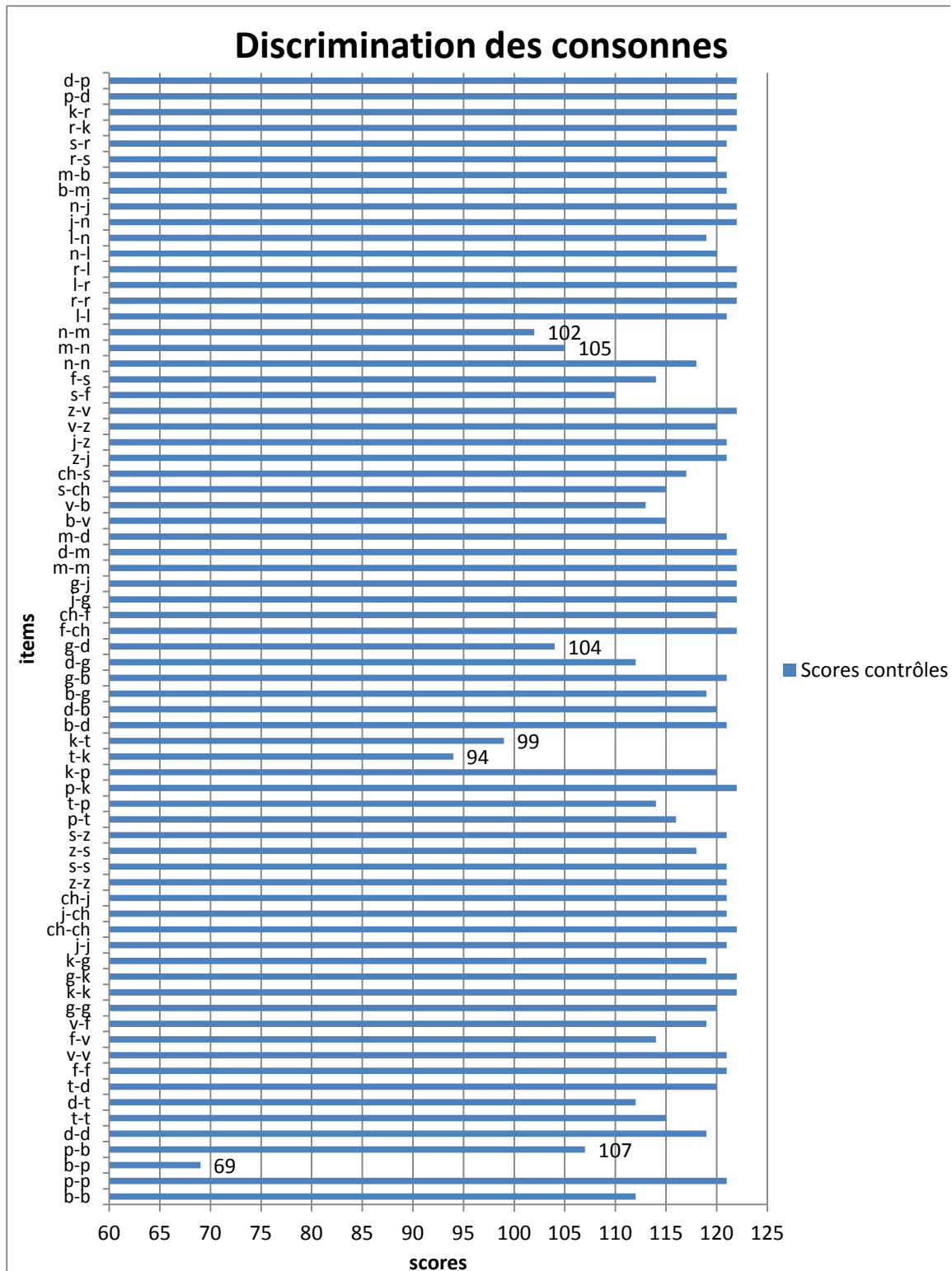


Figure 19 : Synthèse des résultats des sujets contrôles à l'épreuve de discrimination de phonèmes consonantiques.

L'item ba-pa est le plus échoué, avec 43,4% d'erreurs chez les sujets. Par ailleurs, l'item ta-ka est échoué par 23% de la population contrôlée.

## E. Analyse des résultats

### E.1. Synthèse des différents effets mis en évidence

Le tableau 1 permet d'avoir une vue d'ensemble de la significativité de l'effet des différentes variables, à savoir l'âge, le niveau d'études (NE) et le sexe, sur les performances aux différentes épreuves qui composent AIRTAC2.

La variable « sexe » a été étudiée via le test statistique du T de Student. Les variables « NE » et « âge » ont été traitées au moyen du test ANOVA.

Nous avons fait figurer dans le tableau les résultats significatifs ( $p < 0,05$ ) en gris. NS (non significatif) ( $p > 0,05$ ) signifie que l'effet de la variable sur les performances n'est pas significatif.

	Sexe	NE	Age
Identification des sons	NS	NS	p < 0,001*
Discrimination de l'intensité	NS	p < 0,001*	p < 0,001*
Discrimination de la hauteur	NS	p = 0,004*	p = 0,018*
Discrimination de la durée	p = 0,046*	NS	NS
Identification des phonèmes	NS	p = 0,001*	p < 0,001*
Discrimination de phonèmes vocaliques	NS	p = 0,009*	p < 0,001*
Discrimination de phonèmes consonantiques	NS	p = 0,018*	p < 0,001*

Tableau 1 : Tableau récapitulatif de la significativité des effets.

### E.2. Effet de l'âge

L'effet d'âge est significatif pour 6 des 7 épreuves qui composent AIRTAC2, à savoir les épreuves d'identification des sons ( $p < 0,01$ ), de discrimination de l'intensité ( $p < 0,01$ ), de la hauteur ( $p = 0,02$ ), d'identification des phonèmes ( $p < 0,01$ ), de

discrimination de phonèmes vocaliques ( $p = 0,01$ ) et consonantiques ( $p < 0,01$ ).

	Moyenne 20 - 39 ans	Moyenne 40 - 59 ans	Moyenne > 60 ans	Valeur de p
Identification des sons (/11)	11	10,98	10,29	$p < 0,001^*$
Discrimination de l'intensité (/37)	36,26	35,57	33,79	$p < 0,001^*$
Discrimination de la hauteur (/28)	27,6	27,57	26,68	$p = 0,018^*$
Discrimination de la durée (/13)	10,08	9,52	9,18	$p = 0,056$
Identification des phonèmes (/25)	24,55	23,98	20,89	$p < 0,001^*$
Discrimination de phonèmes vocaliques (/41)	40,79	40,96	39,55	$p < 0,001^*$
Discrimination de phonèmes consonantiques (/72)	71,18	70,04	66,29	$p < 0,001^*$

Tableau 2 : Tableau récapitulatif de la significativité de l'effet de l'âge.

Un effet d'âge est systématiquement trouvé entre les catégories les plus jeunes (les classes d'âge 20-39 ans et 40-59 ans), et la catégorie regroupant les sujets plus âgés (de plus de 60 ans). En effet, la classe d'âge des plus de 60 ans obtient des résultats significativement plus faibles que les deux autres catégories.

	Valeur de p		
	20-39 vs 40-59	20-39 vs > 60	40-59 vs > 60
Identification des sons (/11)	p = 0,993	p = 0,002*	p = 0,002*
Discrimination de l'intensité (/37)	p = 0,357	p < 0,001*	p = 0,002*
Discrimination de la hauteur (/28)	p = 0,992	p = 0,036*	p = 0,035*
Identification des phonèmes (/25)	p = 0,628	p < 0,001*	p < 0,001*
Discrimination de phonèmes vocaliques (/41)	p = 0,9	p = 0,007*	p = 0,001*
Discrimination de phonèmes consonantiques (/72)	p = 0,199	p < 0,001*	p < 0,001*

Tableau 3 : Comparaison des moyennes entre les différents groupes (tranches d'âge).

### E.3. Effet du niveau d'études

Un effet du niveau d'études a été mis en évidence concernant les épreuves de discrimination de l'intensité ( $p < 0,01$ ), de la hauteur ( $p < 0,01$ ), d'identification des phonèmes ( $p < 0,01$ ), ainsi que de discrimination de phonèmes vocaliques ( $p < 0,01$ ) et consonantiques ( $p = 0,02$ ) (Tableau 4).

	Moyenne NE 1	Moyenne NE 2	Moyenne NE 3	Valeur de p
Identification des sons (/11)	10,5	10,98	10,81	p = 0,066
Discrimination de l'intensité (/37)	34	35,91	35,74	p < 0,001*
Discrimination de la hauteur (/28)	26,65	27,82	27,39	p = 0,004*
Discrimination de la durée (/13)	9,18	9,86	9,71	p = 0,139
Identification des phonèmes (/25)	21,7	24,05	23,79	p = 0,001*
Discrimination de phonèmes vocaliques (/41)	39,75	40,86	40,76	p = 0,009*
Discrimination de phonèmes consonantiques (/72)	67,9	69,84	69,92	p = 0,018*

Tableau 4 : Tableau récapitulatif de la significativité de l'effet du niveau d'études.

Le tableau 5 reprend les épreuves pour lesquelles un effet significatif du niveau d'études a été trouvé et permet de voir plus précisément entre quelles catégories de niveau d'études l'effet est significatif.

On peut observer que les performances du groupe NE 1 sont significativement plus faibles que les performances des groupes NE 2 et NE 3. Cependant, la significativité de l'effet du niveau d'études ne nous semble pas pertinente, pour les raisons que nous allons exposer dans la discussion (voir Discussion : A. Vérification des hypothèses).

	Valeur de p		
	NE 1 vs NE 2	NE 1 vs NE 3	NE 2 vs NE 3
Discrimination de l'intensité	p = 0,001*	p = 0,005*	p = 0,943
Discrimination de la hauteur	p = 0,003*	p = 0,098	p = 0,449
Identification des phonèmes	p = 0,002*	p = 0,009*	p = 0,925
Discrimination de phonèmes vocaliques	p = 0,014*	p = 0,036*	p = 0,965
Discrimination de phonèmes consonantiques	p = 0,034*	p = 0,035*	p = 0,994

Tableau 5 : Comparaison des moyennes entre les différents groupes (NE).

#### E.4. Effet de sexe

Un effet de sexe a été mis en évidence pour l'épreuve de discrimination de la durée ( $p < 0,05$ ) (Tableau 6).

	Moyenne femmes	Moyenne hommes	Valeur de p
Identification des sons (/11)	10,77	10,16	p = 0,978
Discrimination de l'intensité (/37)	35,33	35,11	p = 0,635
Discrimination de la hauteur (/28)	27,15	27,48	p = 0,258
Discrimination de la durée (/13)	9,32	9,91	p = 0,046*
Identification des phonèmes (/25)	23,45	22,89	p = 0,345
Discrimination de phonèmes vocaliques (/41)	40,5	40,43	p = 0,83
Discrimination de phonèmes consonantiques (/72)	69,59	68,8	p = 0,244

Tableau 6 : Tableau récapitulatif de la significativité de l'effet de sexe.

## **E.5. Analyses statistiques**

Ci-après, ce qu'ont mis en évidence les analyses statistiques plus détaillées :

- Pour l'identification des sons, les sons aigus sont significativement moins bien identifiés que les sons graves ( $p < 0,01$ ).
- Pour la discrimination de la durée, les durées courtes sont significativement mieux discriminées que les durées longues ( $p < 0,01$ ). D'autre part, les résultats sont significativement meilleurs lorsque le son court est présenté avant le son long ( $p < 0,01$ ).
- Une corrélation est retrouvée entre les durées courtes et la discrimination ( $p = 0,03$ ) et l'identification ( $p = 0,01$ ) des phonèmes consonantiques occlusifs. Aucune corrélation n'a été retrouvée entre les durées longues et les phonèmes occlusifs ( $p > 0,05$ ), ni entre la durée en général et la discrimination ou l'identification des phonèmes fricatifs ( $p > 0,05$ ).
- Les phonèmes fricatifs sont significativement mieux discriminés ( $p < 0,01$ ) et identifiés ( $p < 0,01$ ) que les phonèmes occlusifs.
- Les phonèmes se distinguant par un unique trait distinctif sont significativement moins bien discriminés que ceux s'opposant par plusieurs traits distinctifs ( $p < 0,01$ ).
- Les phonèmes consonantiques sourds sont significativement mieux identifiés que les phonèmes consonantiques sonores ( $p < 0,01$ ).
- L'épreuve d'identification des sons est corrélée aux épreuves de discrimination des sons par l'intensité ( $p = 0,03$ ) et par la hauteur ( $p < 0,01$ ).
- Aucune différence significative n'est observée entre la discrimination des phonèmes consonantiques se distinguant uniquement par le trait de voisement et ceux se distinguant uniquement par le point d'articulation.
- Les voyelles orales sont significativement mieux identifiées que voyelles nasales ( $p < 0,01$ ).

## **F. Normalisation**

Pour établir la normalisation d'AIRTAC2, nous avons retenu uniquement le critère pertinent, celui de l'âge.

		20 – 39 ans	40 – 59 ans	> 60 ans
Identification des sons (/11)	Moyenne	11	10,98	10,29
	Écart-type	0	0,15	1,61
Discrimination de sons par l'intensité (/37)	Moyenne	36,26	35,57	33,79
	Écart-type	0,76	0,98	3,93
Discrimination de sons par la hauteur (/28)	Moyenne	27,6	27,57	26,68
	Écart-type	1,48	1,28	2,01
Discrimination de sons par la durée (/13)	Moyenne	10,08	9,52	9,18
	Écart-type	1,53	1,66	1,67
Identification de phonèmes (/25)	Moyenne	24,55	23,98	20,9
	Écart-type	0,72	1,48	4,78
Discrimination de phonèmes vocaliques (/41)	Moyenne	40,79	40,96	39,56
	Écart-type	0,53	0,21	3,07
Discrimination de phonèmes consonantiques (/72)	Moyenne	71,18	70,04	66,29
	Écart-type	0,87	1,8	4,95

Tableau 7: Moyenne et écart-type pour chaque épreuve en fonction de l'âge.

## G. Études de cas

Nous avons entrepris la passation d'AIRTAC2 sur deux sujets adultes présentant des TAC (voir Annexe III, figure 1).

### G.1. Monsieur E.B.

E.B., 48 ans, de niveau BAC + 5 (NE 3) a été victime un accident ischémique du



territoire sylvien gauche le 16/11/2011. Le bilan d'aphasie, réalisé en janvier 2012, révélait une aphasie de Wernicke de type 1 sévère.

Le langage spontané était fluent, et contenait de nombreuses déviations phonémiques et néologismes, dont le patient était conscient. Le langage automatique apparaissait également perturbé. Sur le plan de l'expression orale, en situation dirigée, on retrouvait des déviations phonémiques et des néologismes en répétition ainsi qu'en lecture. La compréhension orale et la compréhension écrite étaient perturbées, et révélaient un déficit sémantique, syntaxique, ainsi qu'un effet de longueur. Néanmoins, la compréhension orale contextuelle demeurait relativement préservée. L'expression écrite présentait les mêmes perturbations qu'à l'oral : on relevait de nombreuses déviations graphémiques.

De plus, E.B. présentait des troubles associés : un syndrome dysexécutif et un possible élément de conduction. Par la suite, le patient a présenté des éléments de surdité verbale, qui n'avaient pu être objectivés lors du bilan initial, tant les troubles aphasiques étaient massifs.

Nous avons donc procédé à l'évaluation des difficultés d'E.B. avec l'outil AIRTAC2 afin de comparer ses performances à celles des sujets contrôles appariés en âge (voir le détail des épreuves en Annexe D).

Le tableau 8 regroupe les scores d'E.B.   chaque épreuve, ainsi que les écarts-types (E.T.) le situant par rapport à la norme. Il présente des performances hors normes pour les tâches d'identification de phonèmes et de discrimination des phonèmes consonantiques.

�preuves non verbales	Scores	E.T.	�preuves verbales	Scores	E.T.
Identification des sons	11/11	+ 0,13	Identification des phonèmes	9/25	- 10,1
Discrimination de l'intensité	37/37	+ 1,46	Discrimination des phonèmes vocaliques	41/41	+ 0,21
Discrimination de la hauteur	28/28	+ 0,34	Discrimination des phonèmes consonantiques	66/72	- 2,24
Discrimination de la durée	9/13	- 0,31			

Tableau 8: Scores et écarts-types d'E.B. pour chacune des épreuves d'AIRTAC2.

## G.2. Monsieur B.R.

B.R., 59 ans, de niveau BAC+5 (NE 3), a été victime d'un second accident vasculaire cérébral (infarctus sylvien gauche) en 2011 alors qu'il en avait déjà présenté un en 2007, responsable d'une aphasie de conduction qui avait bien récupéré.

Le langage oral spontané se caractérise par une fluence normale et un discours informatif alors que la parole montre une voix s'approchant de la voix des personnes sourdes, caractérisée par un ton monotone et une intensité faible et inégale. Le recours au langage écrit est nécessaire pour que B.R. comprenne les consignes du bilan ou les informations qui lui sont données. Les résultats au Bilan Informatisé d'Aphasie (BIA) montrent qu'en compréhension, il existe une nette dissociation entre les épreuves proposées sur entrée auditive, très chutées, et celles sur entrée visuelle, parfaitement réussies (Tableau 9). Les modes de transposition sont de même très dissociés, puisque la répétition est totalement échouée, alors que la lecture de mots et de phrases est intègre.

Ces dissociations entre les afférences auditives et visuelles sont en faveur d'une surdité verbale pure. En outre, B.R. se plaint d'une amusie en décrivant la musique comme étant « plate » et non plaisante, alors que le traitement auditif des sons environnementaux semble normal.

	�preuves	Scores	E.T.
Entrée auditive	Désignation d'images	2,5/22	-5
	Désignation de mots écrits	3,5/8	-5
Entrée visuelle	Appariements sémantiques	12/12	moyenne
	Lecture de phrases	8/8	moyenne
	Appariements mots écrits / images	8/8	moyenne

Tableau 9: Résultats de B.R. aux épreuves du BIA.

Le tableau 10 rassemble les résultats ainsi que les écarts-types de B.R. aux épreuves d'AIRTAC2 (voir le détail des épreuves en Annexe II). Suite à la passation, il obtient des résultats dans la norme pour toutes les épreuves non verbales, alors que les performances sont pathologiques pour les épreuves verbales.

Épreuves non verbales	Scores	E.T.	Épreuves verbales	Scores	E.T.
Identification des sons	11/11	+ 0,13	Identification des phonèmes	5/25	- 12,82
Discrimination de l'intensité	36/37	+ 1,03	Discrimination des phonèmes vocaliques	31/41	- 47,43
Discrimination de la hauteur	26/28	- 1,23	Discrimination des phonèmes consonantiques	48/72	- 12,24
Discrimination de la durée	10/13	+ 0,29			

Tableau 10 : Scores et écarts-types de B.R. pour chacune des épreuves d'AIRTAC2.

# DISCUSSION

Nous avons mené une étude en vue de la normalisation du logiciel AIRTAC2 pour l'évaluation des performances chez les patients atteints de troubles auditifs centraux. L'effet de l'âge s'est révélé être la variable la plus significative parmi celles que nous avons étudiées (l'âge, le niveau d'études, et le sexe) car la significativité de cet effet s'est révélée pour six des sept épreuves d'AIRTAC2. Les variables de niveau d'études et de sexe ont pour certains subtests révélé un score significatif de manière plus disparate vraisemblablement expliqué par la petite taille de notre échantillon de sujets contrôles.

### **A. Vérification des hypothèses**

- Les capacités de traitement auditif central chutent avec l'âge.  
Cette hypothèse est validée, car l'effet d'âge est le plus significatif. Il concerne les sons non verbaux comme les sons verbaux, à l'exception de l'épreuve de discrimination des sons par la durée. Il est tout à fait normal d'obtenir un tel effet sur les performances, car avec l'âge, l'acuité auditive périphérique se dégrade. Or, le traitement auditif central est dépendant de la qualité des informations sonores en provenance de la cochlée.
  
- Le niveau d'études n'a pas d'effet significatif sur les capacités de traitement auditif central.  
Même si l'analyse des résultats a mis en évidence un effet significatif du niveau d'études, celui-ci s'avère non pertinent en raison du biais de la composition de notre échantillon. Le groupe NE 1 est constitué pour moitié de sujets ayant 60 ans et plus (voir Annexe IV, Tableau 1). Or, c'est dans cette tranche d'âge qu'est relevé le plus grand taux d'erreurs (voir E.2. Effet de l'âge, Tableaux 2 et 3). En revanche, les groupes NE 2 et NE 3 sont composés de sujets majoritairement plus jeunes (entre 20 et 59 ans). L'effet retrouvé ici est donc lié au déséquilibre des classes d'âges par rapport au niveau d'études.
  
- Le sexe n'a pas d'effet significatif sur les capacités de traitement auditif central.  
Seule l'épreuve de discrimination de la durée sur les sept proposées révèle un effet de sexe légèrement significatif ( $p = 0,046$ ). Nous ne pouvons expliquer cet effet. Il est probable que sur un échantillon plus étendu, nous ne constaterions pas cette significativité.

## **B. Explication des résultats**

### **B.1. Épreuves non verbales :**

Avec l'âge, la baisse de l'acuité auditive concerne en priorité les fréquences aiguës, ce qui concorde avec les résultats à l'épreuve d'identification des sons. En effet, les sons aigus sont significativement moins bien identifiés que les sons graves ( $p = 0,02$ ) auquel s'ajoute un effet d'âge à partir de 60 ans, notamment pour l'identification des sons aigus ( $p < 0,01$ ) mais pas des sons graves ( $p = 0,1$ ) (voir Annexe IV, Tableau 2). Par ailleurs, bien souvent, aux épreuves d'intensité et de fréquence, les erreurs concordent avec les résultats obtenus à l'épreuve d'identification des sons. En effet, cette dernière est corrélée avec la discrimination de l'intensité ( $p = 0,03$ ), et encore plus avec la discrimination de la hauteur ( $p < 0,01$ ). Les sons non perçus à l'identification des sons ne l'étaient pas non plus pour les épreuves d'intensité et de fréquence, et les erreurs relevées sont donc dues, pour la plupart, au fait que le sujet ne pouvait entendre les items sonores proposés.

De manière générale, la discrimination des sons par la durée est l'épreuve mettant en évidence les résultats les plus faibles, pour autant aucun effet d'âge n'a été retrouvé. Néanmoins les capacités de discrimination par la durée chutent avec l'augmentation de la longueur des items, bien que la différence de longueur entre les sons d'une même paire soit toujours fixée à 200 ms : les sons courts sont significativement mieux discriminés que les sons longs ( $p < 0,01$ ). De plus, les performances sont meilleures lorsque le son le plus court est présenté avant le plus long ( $p < 0,01$ ). Ces phénomènes sont probablement le résultat d'une « fatigue auditive » que certains auteurs définissent comme « la diminution passagère de sensibilité de la fonction de l'audition sous l'influence d'une excitation sonore » (Causse et coll. 1942)(8). Causse et coll. parlent « d'adaptation auditive » afin d'éviter de la confondre avec les effets d'un traumatisme sonore. Selon eux, la fatigue auditive est directement influencée par les variables d'intensité et de durée du son.

### **B.2. Épreuves verbales :**

Avec l'âge, les phonèmes phonologiquement proches sont moins bien discriminés, et particulièrement ceux qui ne se distinguent que par un unique trait distinctif. Concernant la discrimination des phonèmes consonantiques, les paires les plus chutées (plus de 10% d'échec) comportent deux phonèmes qui ne s'opposent que par un seul trait distinctif. Ainsi, les items pa-ba (trait de voisement), ta-ka, ka-ta, ga-da, ma-na, et

na-ma (point d'articulation), sont de manière significative moins réussis à partir de l'âge de 60 ans ( $p < 0,05$ ). Les capacités de discrimination pour la paire ba-pa sont quant à elles significativement moins bonnes dès l'âge de 40 ans ( $p < 0,01$ ). De manière générale, dans cette épreuve, les paires se dissociant par un unique trait distinctif sont moins bien discriminées que celles qui se dissocient par plusieurs traits ( $p < 0,01$ ).

D'autre part, il existe des difficultés d'identification intra-phonèmes :

- Les phonèmes occlusifs sont moins bien perçus que les phonèmes fricatifs ( $p < 0,01$ ) dans les épreuves d'identification et de discrimination des phonèmes consonantiques. Il existe une corrélation entre les épreuves de discrimination et d'identification des phonèmes occlusifs et la discrimination des durées brèves (entre 200 et 600 ms) ( $p = 0,03$ ), qui n'est pas retrouvée avec celle des durées plus longues (entre 600 et 1 000 ms) ( $p = 0,9$ ) révélant alors un effet de durée pour les phonèmes occlusifs. En revanche, la discrimination des phonèmes fricatifs n'est corrélée ni avec la discrimination des durées courtes ( $p = 0,79$ ), ni avec celle des durées longues ( $p = 0,67$ ) (voir Annexe IV, Tableau 3). Cette analyse vient conforter que les phonèmes occlusifs, du fait de leur brièveté, sont plus difficiles à identifier et discriminer que les phonèmes fricatifs (Lambert 1997)(30).
- La perception du point d'articulation semble plus difficile que celle du trait de voisement. Dans l'épreuve d'identification des phonèmes, l'item /ta/ n'a été correctement identifié qu'à 64,8%. Il a systématiquement été confondu avec le phonème [k]. Cette difficulté d'identification se retrouve dans l'épreuve de discrimination des phonèmes consonantiques dans laquelle les paires ta-ka et ka-ta (respectivement 23% et 18,9% d'échecs), opposées uniquement par le point d'articulation, sont très fortement échouées. Les données de la littérature montrent en effet qu'il est plus difficile de discriminer deux phonèmes ne se distinguant que par le point d'articulation, que deux phonèmes ne se distinguant que par le trait de voisement (Lambert 1997)(30). En dépit de cela, l'analyse que nous avons réalisée opposant les phonèmes ne variant que par un point d'articulation à ceux ne variant que par le trait de sonorité au sein de l'épreuve de discrimination des phonèmes consonantique n'a révélé aucune significativité. En revanche, dans l'épreuve d'identification de phonèmes, l'analyse a montré que les phonèmes consonantiques sourds étaient plus difficilement identifiés ( $p < 0,01$ ) que les phonèmes

consonantiques voisés attestant que le trait de voisement était le plus facilement perçu.

### **C. Analyse des résultats des patients présentant des éléments de surdité verbale**

Nous avons par la suite proposé l'évaluation à deux sujets adultes présentant des TAC.

E.B., 48 ans, présente des résultats hors normes pour les épreuves d'identification (-10.1 E.T.) et de discrimination de phonèmes consonantiques (-2.24 E.T.). De manière générale, les erreurs d'E.B. concernent préférentiellement les phonèmes opposés par un unique trait distinctif lors de l'épreuve de discrimination de phonèmes consonantiques, alors que les phonèmes opposés par plusieurs traits distinctifs sont mieux réussis ce qui corrobore les résultats des études précédentes (Metz-Lutz 1997)(35) Les erreurs portent plutôt sur les phonèmes occlusifs que les phonèmes fricatifs. La discrimination des phonèmes vocaliques est réussie. Les résultats d'E.B. concordent donc avec la littérature, puisque les études font état de difficultés plus importantes lorsqu'il s'agit de discriminer des phonèmes occlusifs, par rapport aux phonèmes fricatifs ou aux phonèmes vocaliques (Lambert 1997)(30). Par ailleurs les difficultés concernent préférentiellement les phonèmes se distinguant uniquement par le point d'articulation (ma-na ; na-ma ; pa-ta). Les études évoquent effectivement une difficulté concernant plutôt la perception du point d'articulation que le trait de voisement (Lambert 1997)(30).

D'autre part, les performances à l'identification de phonèmes sont très chutées, s'expliquant par le fait que E.B. présente aussi des éléments d'alexie susceptibles de gêner l'identification des graphèmes. Mais alors, cela n'expliquerait pas entièrement les difficultés retrouvées à l'épreuve de discrimination des phonèmes consonantiques. En effet, excepté pour le phonème [t], tous les phonèmes constituant les paires échouées à la discrimination le sont également à l'identification. D'après la littérature, les patients aphasiques auraient plus de difficultés à identifier les phonèmes qu'à les discriminer : leur aptitude à utiliser les catégories phonémiques en vue d'un traitement de plus haut niveau serait moins efficace (Metz-Lutz 1997)(35). Toutefois au regard des résultats péjoratifs pour l'identification des phonèmes, il n'est pas possible de déterminer la cause réelle de cet échec en raison de l'intrication de troubles (alexie et surdité verbale). Le score hors normes à l'épreuve d'identification de phonèmes ne pourrait pas être uniquement imputé à une conséquence de l'alexie, de même qu'à une moins bonne perception des traits distinctifs liée à la surdité verbale, voire à l'aphasie.



Enfin, bien que la surdité verbale puisse être associée à une altération du traitement temporel des sons (Stefanatos et coll. 2012)(56) ; (Slevc et coll. 2011)(54) ; (Platel et coll. 2009)(45), nous ne retrouvons pas chez E.B. de telles particularités. En effet, l'épreuve de discrimination des sons par la durée met en évidence des résultats compris dans la norme. E.B. ayant bénéficié d'une rééducation de son aphasie et de la surdité verbale associée, nous supposons que ces résultats sont le bénéfice de la thérapie entreprise depuis l'année 2011. En référence avec les deux formes sémiologiques proposées par Auerbach (1982), E.B. pourrait présenter une surdité verbale de type 2 dans laquelle les difficultés d'intégration phonémique concernent les points d'articulation ainsi que les traits de voisement, en lien avec la présence possible d'une aphasie de Wernicke conjointe, ce qui est le cas pour E.B. (Auerbach et coll. 1982)(2).

B.R., 59 ans, présente des résultats hors normes pour toutes les épreuves impliquant les sons verbaux : l'identification phonémique (-12,82 E.T.), ainsi que la discrimination des phonèmes consonantiques (-12,24 E.T.) et vocaliques (-47,43 E.T.). Pour l'épreuve de discrimination des phonèmes consonantiques, comme pour E.B., les erreurs portent majoritairement sur les paires de phonèmes se différenciant par un seul trait distinctif (14 erreurs), plutôt que les paires opposées par plusieurs traits distinctifs (7 erreurs), en accord avec la littérature (Metz-Lutz 1997)(35). Les phonèmes fricatifs ont tendance à être mieux discriminés que les phonèmes occlusifs, comme ce qui est décrit dans la littérature (Lambert 1997)(30) ; (Slevc et coll. 2011)(54). La discrimination des phonèmes vocaliques met en évidence des difficultés plus importantes pour distinguer les voyelles nasales, représentant 6 des 10 erreurs à cette épreuve.

L'épreuve d'identification des phonèmes est particulièrement échouée car seuls 5 items sur 25 sont réussis. L'identification des phonèmes est par conséquent plus difficile que la discrimination des phonèmes. Par ailleurs, nous notons que les phonèmes consonantiques sont confondus entre eux, et il en est de même pour les phonèmes vocaliques, à l'exception du phonème [in], confondu avec le phonème [d]. Comme pour la discrimination, les erreurs impliquent très souvent des confusions concernant le point d'articulation (par exemple, pour l'item /ba/, B.R. identifie /da/).

Là encore, les performances en discrimination de la durée sont dans la norme, allant dans le sens de différents types de surdité verbale comme l'a souligné Auerbach

(1982) (Auerbach et coll. 1982)(2). B.R. présenterait donc une surdité verbale de type 2 comme E.B. Par ailleurs, les difficultés de la surdité verbale n'affectent pas seulement la compréhension du langage parlé, mais aussi la voix de B.R. Ne pouvant plus utiliser avec efficacité son feed-back auditif pour la modulation des caractéristiques sonores de la voix, il présente une dysprosodie typique des sujets sourds acquis après une cérébrolésion (Ducarne et coll. 1992)(13) ; (Phillips et coll. 1990)(44) ; (Mendez et coll. 1988)(34)

## **D. Apports et limites**

### **D.1. Apports**

À travers la normalisation d'AIRTAC2, nous contribuons à la mise à disposition des professionnels d'un outil normé pour l'évaluation des troubles auditifs centraux. Ce logiciel est simple d'utilisation et bénéficie d'un accès rapide via une connexion internet. Les praticiens peuvent consulter leurs fiches patients et procéder à la passation d'AIRTAC2 depuis plusieurs ordinateurs.

### **D.2. Limites**

Notre échantillon aurait mérité d'être plus grand, l'effet de sexe n'aurait alors probablement pas été retrouvé. Enfin, la répartition des sujets selon les niveaux d'études et en fonction des tranches d'âge s'est révélée peu homogène, c'est pourquoi nous avons obtenu un effet significatif non pertinent du niveau d'études pour certaines épreuves.

Malheureusement, nous n'avons pas pu étudier le cas de sujets présentant une surdité verbale avec un déficit impliquant les structures de bas niveau comme l'ont décrit Platel (2009) et Slevc (2011) en raison de la rareté du déficit (Platel et coll. 2009)(45) ; (Slevc et coll. 2011)(54). Cela nous aurait permis d'étudier les perturbations phonémiques versus les perturbations de la durée et de montrer les différences linguistiques rencontrées dans les deux types de surdités verbales.

## CONCLUSION

Notre travail a permis de normaliser l'évaluation des troubles auditifs centraux, AIRTAC2, élaborée par Catherine Tessier et Agnès Weill-Chounlamouny. Cette évaluation constitue un nouvel outil permettant d'observer avec finesse les difficultés des patients atteints de TAC, tant sur des supports verbaux que non verbaux.

Notre échantillon de 122 sujets adultes était composé d'hommes et de femmes âgés de 20 ans à plus de 80 ans, répartis selon leur âge, leur niveau d'études, et leur sexe. L'effet de l'âge s'est révélé être la variable la plus significative parmi celles que nous avons étudiées (l'âge, le niveau d'études, et le sexe).

Enfin, nous avons proposé AIRTAC2 à deux sujets cérébrolésés présentant des troubles auditifs centraux. Les résultats ont mis en évidence des difficultés patentes localisées préférentiellement sur les épreuves faisant intervenir les sons verbaux (identification de phonèmes, discrimination de phonèmes vocaliques et consonantiques). Cette étude auprès des deux sujets cérébrolésés a ainsi permis de réaliser un préalable à la validation de l'outil AIRTAC2. En conséquence, il serait intéressant de procéder à la passation d'AIRTAC2 auprès d'un plus grand nombre de sujets afin de valider l'outil, ainsi que sur une population de sujets aphasiques, afin de comparer leurs performances selon le type d'aphasie (fluente ou non fluente), mais aussi de les confronter avec celles des sujets présentant une surdité verbale pure. Il serait enfin pertinent de comparer les différents TAC, et ainsi d'établir des profils communs à chaque type de TAC.

# BIBLIOGRAPHIE

- (1) Albert, M.L. et Bear, D., 1974. Time to understand. A case study of word deafness with reference to the role of time in auditory comprehension. *Brain: a journal of neurology*, 97(2), p.373–384.
- (2) Auerbach, S.H., Allard T, Naeser M, Alexander M.P et Albert M.L, 1982. Pure word deafness. Analysis of a case with bilateral lesions and a defect at the prephonemic level. cités par Weill-Chounlamountry, A., Tessier, C. et Pradat-Diehl, P., 2007. Pour une rééducation de la surdité verbale. In *Aphasie et aphasiques*, p.193.
- (3) Bamiou, D.-E., Sisodiya, S., Musiek, F.E. et Luxon, M.L., 2007. The role of the interhemispheric pathway in hearing. *Brain Research Reviews*, 56(1), p.170–182.
- (4) Belin, P., Zatorre, R.J. et Ahad, P., 2002. Human temporal-lobe response to vocal sounds. *Cognitive Brain Research*, 13(1), p.17–26.
- (5) Boemio, A., Fromm, S., Braun, A. et Poeppel, D., 2005. Hierarchical and asymmetric temporal sensitivity in human auditory cortices. *Nature neuroscience*, 8(3), p.389–395.
- (6) Buchman, A.S., Garron, D.C., Trost-Cardamone, J.E., Wichter, M.D. et Schwartz, M., 1986. Word deafness: one hundred years later. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, 49(5), p.489–499.
- (7) Buchtel, H.A., 2002. Auditory Agnosia. In V. S. Ramachandran, éd. *Encyclopedia of the Human Brain*. p. 285–287.
- (8) Causse, R. et Chavasse, P., 1942. IX Études sur la fatigue auditive. *L'année psychologique.*, 43-44, p.265–298.
- (9) Chocholle, R., Chedru, F., Botte, M.C., Chain, F. et Lhermitte, F., 1975. Etude psychoacoustique d'un cas de « surdité corticale ». *Neuropsychologia*, 13(2), p.163–172.
- (10) Corey, D.M. et Cuddapah, V.A., 2008. Delayed auditory feedback effects during reading and conversation tasks: Gender differences in fluent adults. *Journal of Fluency Disorders*, 33(4), p.291–305.

- (11) Davis, H., 1981. Auditory evoked potentials as a method for assessing hearing impairment. *Trends in Neurosciences*, 4, p.126–128.
- (12) Denes, G. et Semenza, C., 1975. Auditory Modality-Specific Anomia: Evidence from a Case of Pure Word Deafness. *Cortex*, 11(4), p.401–411.
- (13) Ducarne, B. et Tessier, C., 1992. Etude longitudinale et rééducation de la perception acoustique auditive d'un cas de surdité centrale. *Glossa*, (30), p.10–17.
- (14) Earnest, M., Monroe, P. et Yarnell, P., 1978. Cortical deafness; demonstration of the pathologic anatomy by CT scan. *Journal of Computed Tomography*, 2(3), p.271.
- (15) Ellis, A., Franklin, S. et Crerar, A., 2010. Cognitive neuropsychology and the remediation of disorders of spoken language. In *Quand le cerveau trompe l'oreille : De la surdité centrale à l'amusie*.
- (16) Eustache, F., Lechevalier, B., Viader, F. et Lambert, J., 1990. Identification and discrimination disorders in auditory perception: a report on two cases. *Neuropsychologia*, 28(3), p.257–270.
- (17) García-Casares, N., Berthier Torres, M.L., Froudish Walsh, S. et González-Santos, P., 2013. Model of music cognition and amusia. *Neurología*, 28(3), p.179–186.
- (18) Goldstein, M.N., Brown, M. et Hollander, J., 1975. Auditory agnosia and cortical deafness: Analysis of a case with three-year followup. *Brain and Language*, 2, p.324–332.
- (19) Goudon, M. et coll., 1972. *Le test phonétique théorie et pratique*. Broché.
- (20) Griffiths, T.D., 2002. Central auditory processing disorders. *Current opinion in neurology*, 15(1), p.31–3.
- (21) Griffiths, T.D., Flees, A. et Green, G.G.R., 1999. Disorders of human complex sound processing. *Neurocase*, 5(5), p.365–378.
- (22) Hayashi, K. et Hayashi, R., 2007. Pure word deafness due to left subcortical lesion: Neurophysiological studies of two patients. *Clinical Neurophysiology*, 118(4), p.863–868.

- (23) Hayashi, R., Matsuzawa, Y., Kubo, K. et Kobayashi, T., 2005. Effects of simulated high altitude on event-related potential (P300) and auditory brain-stem responses. *Clinical neurophysiology: official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 116(6), p.1471–1476.
- (24) Hébert, S. et Peretz, I., 2001. Are text and tune of familiar songs separable by brain damage? *Brain and Cognition*, 46(1–2), p.169–175.
- (25) Hickok, G. et Poeppel, D., 2007. The cortical organization of speech processing. *Nature Reviews Neuroscience*, 8(5), p.393–402.
- (26) Jones, J.L., Luckerb, J., Zalewska, C., Brewera, C. et Drayna, D., 2009. Phonological processing in adults with deficits in musical pitch recognition. *Journal of Communication Disorders*, 42(3), p.226–234.
- (27) Jutras, B., Koravand, A. et Leroux, T., 2010. Les potentiels évoqués auditifs et le trouble de traitement auditif. *Les Cahiers de l'Audition*, 23(6), p.37–43.
- (28) Kim, M.-J., Hyeon-Ae, J., Kyoung-Min, L., Young-Don, S., Young-Bo, K. et Zang-Hee, C., 2009. Neuroimaging features in a case of developmental central auditory processing disorder. *Journal of the Neurological Sciences*, 277(1–2), p.176–180.
- (29) Krishnamurti, S., 2001. P300 Auditory Event-Related Potentials in Binaural and Competing Noise Conditions in Adults With Central Auditory Processing Disorders. *Contemporary Issues in Communication Science and Disorders*, 28, p.40–47.
- (30) Lambert, J., 1997. Troubles de la perception du langage parlé : approche cognitive et orientations thérapeutiques. In *Perception auditive et compréhension du langage : état initial, état stable et pathologies*. p. 151–166.
- (31) Liégeois-Chauvel, C., Peretz, I., Babai, M., Laguitton, V. et Chauvel, P., 1998. Contribution of different cortical areas in the temporal lobes to music processing. *Brain*, 121(10), p.1853–1867.
- (32) Luo, J.J., Khurana, D.S. et Kothare, S.V., 2013. Brainstem auditory evoked potentials and middle latency auditory evoked potentials in young children. *Journal of*

*clinical neuroscience: official journal of the Neurosurgical Society of Australasia*, 20(3), p.383–388.

- (33) Matsumoto, R. et coll., 2011. Left anterior temporal cortex actively engages in speech perception: A direct cortical stimulation study. *Neuropsychologia*, 49(5), p.1350–1354.
- (34) Mendez, M.F. et Geehan, G.R., Jr, 1988. Cortical auditory disorders: clinical and psychoacoustic features. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, 51(1), p.1–9.
- (35) Metz-Lutz, 1997. La perception phonémique dans l'aphasie. In *Perception auditive et compréhension du langage: Etat initial, Etat stable et pathologies*. p. 167–178.
- (36) Metz-Lutz, M.-N. et Dahl, E., 1984. Analysis of word comprehension in a case of pure word deafness. *Brain and Language*, 23(1), p.13–25.
- (37) Michel, 1997. Les Troubles Centraux de l'Audition. In *Perception Auditive et Compréhension du Langage*. Neuropsychologie.
- (38) Michel, F., Peronnet, F. et Schott, B., 1980. A case of cortical deafness: Clinical and electrophysiological data. *Brain and Language*, 10(2), p.367–377.
- (39) Mom, T., Avan, P. et Gilain, L., 2010. Atteintes centrales de l'audition. *EMC - Oto-rhino-laryngologie*, 5(1), p.1–14.
- (40) Nicholson, K.G., Baum, S., Kilgour, A., Koh, C.K., Munhall, K.G. et Cuddy, L.L., 2003. Impaired processing of prosodic and musical patterns after right hemisphere damage. *Brain and Cognition*, 52(3), p.382–389.
- (41) Palma, J.-A., Lamet, I., Riverol, M. et Martínez-Lage, P., 2012. Paraneoplastic encephalitis presenting as pure word deafness in a patient with small cell lung cancer. *Journal of Neurology*, 259(12), p.2755–2757.
- (42) Peretz, I., Champod, A.S. et Hyde, K., 2003. Varieties of musical disorders. The Montreal Battery of Evaluation of Amusia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999, p.58–75.



- (43) Perrot, X., 2010. Anatomie et physiologie du système nerveux auditif central. *Les Cahiers de l'Audition*, 23(6), p.5-16.
- (44) Phillips, D.P. et Farmer, M.E., 1990. Acquired word deafness, and the temporal grain of sound representation in the primary auditory cortex. *Behavioural Brain Research*, 40(2), p.85-94.
- (45) Platel, H., Lechevalier, B., Lambert, J. et Eustache, F., 2009. Agnosies auditives et syndromes voisins : étude clinique, cognitive et psychopathologique. *EMC - Neurologie*, 6(3), p.1-11.
- (46) Poeppel, D., 2001. Pure word deafness and the bilateral processing of the speech code. *Cognitive Science*, 25(5), p.679-693.
- (47) Polster, M.R. et Rose, S.B., 1998. Disorders of Auditory Processing: Evidence for Modularity in Audition. *Cortex*, 34(1), p.47-65.
- (48) Rapin, I., 1985. Cortical deafness, auditory agnosia and word deafness : how distinct are they ? *Human Communication Canada*, 9(4), p.29-37.
- (49) Saffran, E.M., Marin, O.S.M. et Yeni-Komshian, G.H., 1976. An analysis of speech perception in word deafness. *Brain and Language*, 3(2), p.209-228.
- (50) Särkämö, T., Tervaniemi, M., Soinila, S., Autti, T., Silvennoinen, H.M., Laine, M. et Hietanen, M., 2009. Cognitive deficits associated with acquired amusia after stroke: a neuropsychological follow-up study. *Neuropsychologia*, 47(12), p.2642-2651.
- (51) Schönwiesner, M., Rübsem, R. et von Cramon, D.Y., 2005. Hemispheric asymmetry for spectral and temporal processing in the human antero-lateral auditory belt cortex. *The European journal of neuroscience*, 22(6), p.1521-1528.
- (52) Shivashankar, N., Shashikala, H.R., Nagaraja, D., Jayakumar, P.B. et Ratnavalli, E., 2001. Pure word deafness in two patients with subcortical lesions. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 103(4), p.201-205.
- (53) Simon, É., Perrot, X. et Mertens, P., 2009. Anatomie fonctionnelle du nerf cochléaire et du système auditif central. *Neurochirurgie*, 55(2), p.120-126.

- (54) Slevc, L.R., Martin, R.C., Hamilton, A.C. et Joanisse, M.F., 2011. Speech perception, rapid temporal processing, and the left hemisphere: A case study of unilateral pure word deafness. *Neuropsychologia*, 49(2), p.216–230.
- (55) Sparks, R., Goodglass, H. et Nickel, B., 1970. Ipsilateral Versus Contralateral Extinction in Dichotic Listening Resulting from Hemisphere Lesions. *Cortex*, 6(3), p.249–260.
- (56) Stefanatos, G.A. et DeMarco, A.T., 2012. Central Auditory Processing Disorders. *Encyclopedia of Human Behavior, 2nd edition*, p.441–453.
- (57) Stewart, L., von Kriegstein, K., Warren, J.D. Et Griffiths, T.D., 2006. Music and the brain: disorders of musical listening. *Brain*, 129(10), p.2533–2553.
- (58) Suh, H., Shin, Y.I, Kim, S.Y., Kim, S.H., Chang, J.H., Shin, Y.B. et Ko, H.Y., 2012. A case of generalized auditory agnosia with unilateral subcortical brain lesion. *Annals of rehabilitation medicine*, 36(6), p.866–870.
- (59) Szirmai, I., Farsang, M. et Csüri, M., 2002. Cortical auditory disorder caused by bilateral strategic cerebral bleedings. Analysis of two cases. *Brain and language*, 85(2), p.159–165.
- (60) Takahashi, N., Kawamura, M., Shinotou, H., Hirayama, K., Kaga, K. et Shindo, M., 1992. Pure Word Deafness due to Left Hemisphere Damage. *Cortex*, 28(2), p.295–303.
- (61) Tanaka, Y., Kamo, T., Yoshida, M. et Yamador, A., 1991. « So-called » cortical deafness. Clinical, neurophysiological and radiological observations. *Brain: a journal of neurology*, 114 ( Pt 6), p.2385–2401.
- (62) Tanaka, Y., Nakano, I. et Obayashi, T., 2002. Environmental Sound Recognition after Unilateral Subcortical Lesions. *Cortex*, 38(1), p.69–76.
- (63) Tessier, C., Weill-Chounlamoutry, A., Michelot, N. et Pradat-Diehl, P., 2007. Rehabilitation of word deafness due to auditory analysis disorder. *Brain injury: [BI]*, 21(11), p.1165–1174.

- (64) Warrier, C., Wong, P., Penhume, V., Zatorre, R., Parrish, T., Abrams, D. et Kraus, N., 2009. Relating structure to function: Heschl's gyrus and acoustic processing. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 29(1), p.61-69.
- (65) Weill-Chounlamountry, A., Tessier, C., Soyez-Gayout, L. et Pradat-Diehl, P., 2010. Quand le cerveau trompe l'oreille : De la surdité centrale à l'amusie. *Entretiens de Bichat*, p.30-35.
- (66) Weill-Chounlamountry, A., Soyez-Gayout, L., Tessier, C. et Pradat-Diehl, P., 2008. Vers une rééducation cognitive de l'amusie. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique*, 51(5), p.332-341.
- (67) Weill-Chounlamountry, A., Tessier, C. et Pradat-Diehl, P., 2007. Pour une rééducation de la surdité verbale. In *Aphasie et aphasiques*. p. 191-205.
- (68) Wirkowski, E., Echausse, N., Overby, CC., Ortiz, O. et Radler, L., 2006. I can hear you yet cannot comprehend: A case of pure word deafness. *The Journal of Emergency Medicine*, 30(1), p.53-55.
- (69) Zatorre, R.J., Evans, A.C., Meyer, E. et Gjedde, A., 1992. Lateralization of phonetic and pitch discrimination in speech processing. *Science*, 256(5058), p.846-849.
- (70) Zatorre, R.J. et Belin, P., 2001. Spectral and Temporal Processing in Human Auditory Cortex. *Cerebral Cortex*, 11(10), p.946-953.

# ANNEXES

ANNEXE I : Résultats d'E.B.

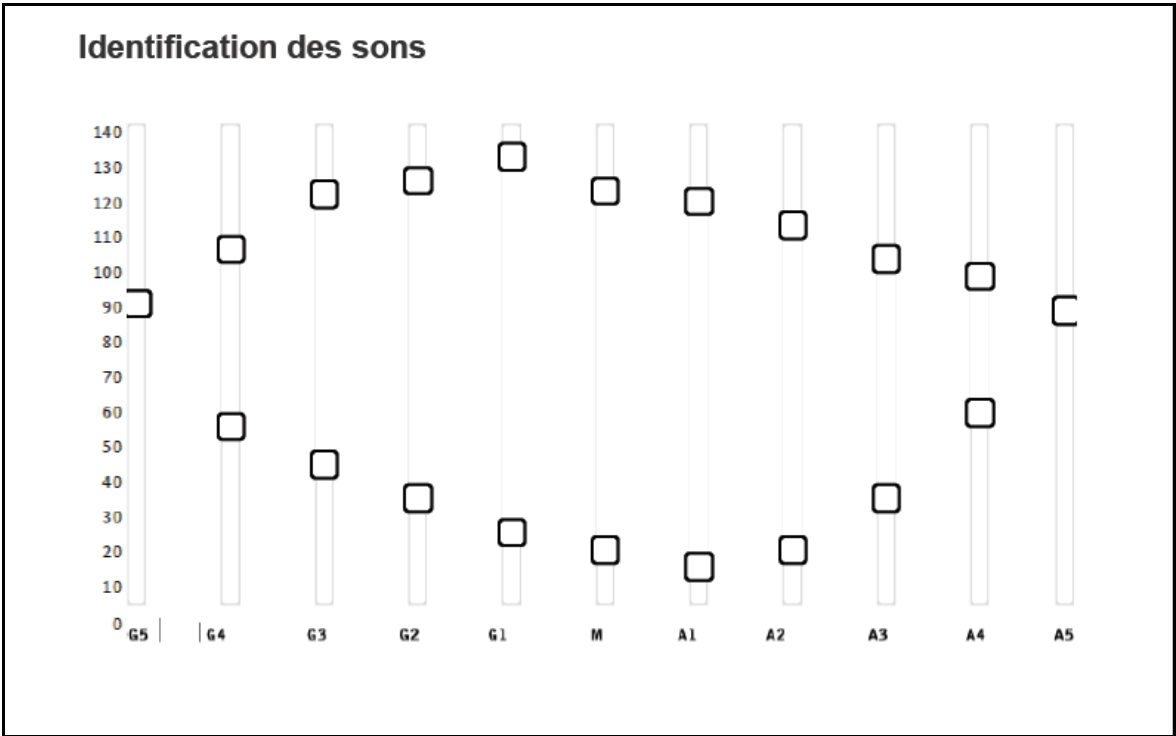


Figure 1 : résultats d'E.B. à l'épreuve d'identification de sons.

### Discrimination par l'intensité

Son 1	Son 2	1 1	2 2	1 2	2 1
G4 50 db	G4 103 db	+	+	+	+
G3 40 db	G3 119 db	+	+	+	+
G2 30 db	G2 123 db	+	+	+	+
G1 20 db	G1 130 db	+	+	+	+
M 15 db	M 120 db	+	+	+	+
A1 10 db	A1 117 db	+	+	+	+
A2 15 db	A2 110 db	+	+	+	+
A3 30 db	A3 100 db	+	+	+	+
A4 55 db	A4 95 db	+	+	+	+
A5	A5	+	+	+	+

Figure 2 : résultats d'E.B. à l'épreuve de discrimination de sons par l'intensité.

### Discrimination par la hauteur

Son 1	Son 2	1 1	2 2	1 2	2 1
G4	G3	+	+	+	+
G3	G2		+	+	+
G2	G1		+	+	+
G1	M		+	+	+
M	A1		+	+	+
A1	A2		+	+	+
A2	A3		+	+	+
A3	A4		+	+	+
A4	A5		+	+	+

Figure 3 : résultats d'E.B. à l'épreuve de discrimination de sons par la hauteur.

### Discrimination par la durée

Son 1	Son 2	1 1	2 2	1 2	2 1
200 ms	400 ms	+	+	+	+
400 ms	600 ms	-	+	-	+
600 ms	800 ms	+	-	+	+
800 ms	1000 ms	-	+	+	+

Figure 4 : résultats d'E.B. à l'épreuve de discrimination de sons par la durée.



Identification							
a	an	ba	cha	da	é	fa	ga
+	+	-	+	-	+	-	-
i	in	ja	ka	la	ma	na	o
+	-	-	-	+	-	+	+
on	ou	pa	ra	sa	ta	u	va
-	-	-	-	-	+	-	-
za							
-							

Figure 5 : résultats d'E.B. à l'épreuve d'identification de phonèmes.

### Discrimination phonèmes vocaliques

Son 1	Son 2	1 1	2 2	1 2	2 1
a	i	+	+	+	+
a	o			+	+
a	é		+	+	+
a	u		+	+	+
o	ou		+	+	+
é	i			+	+
u	in		+	+	+
é	in			+	+
u	i			+	+
an	a	+	+	+	+
on	o	+	+	+	+
in	i				+
an	on			+	+
an	in			+	+
in	on			+	+
u	ou			+	+

Figure 6 : résultats d'E.B. à l'épreuve de discrimination de phonèmes vocaliques.

### Discrimination phonèmes consonantiques

Son 1	Son 2	1 1	2 2	1 2	2 1
ba	pa	+	+	+	-
da	ta	+	+	+	+
fa	va	+	+	+	+
ga	ka	+	+	+	+
ja	cha	+	+	+	+
za	sa	+	+	+	+
pa	ta			-	+
pa	ka			+	+
ta	ka			+	+
ba	da			+	+
ba	ga			+	+
da	ga			+	+
fa	cha			+	+
ja	ga			+	+
da	ma		+	+	+
ba	va			-	-
sa	cha			+	+
za	ja			+	+
va	za			+	+
sa	fa			+	+
ma	na		+	-	-
la	ra	+	+	+	+
na	la			+	+
ja	na			+	+

Figure 7 : résultats d'E.B. à l'épreuve de discrimination de phonèmes consonantiques.

**Discrimination phonèmes consonantiques (suite)**

ba	ma			+	+
la	na			+	+
ra	sa			+	+
ra	ka			+	+
pa	da			+	+

Figure 8 : résultats d'E.B. à l'épreuve de discrimination de phonèmes consonantiques (suite).

ANNEXE II : résultats de B.R.

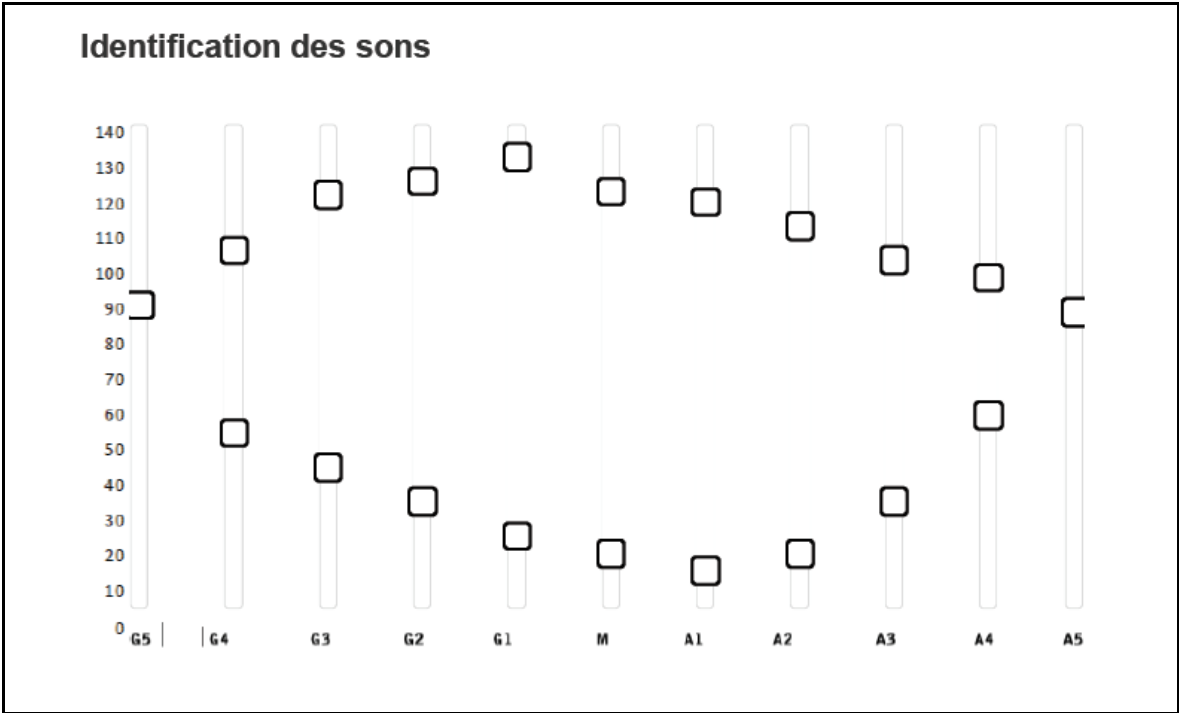


Figure 1 : résultats de B.R. à l'épreuve d'identification de sons.

### Discrimination par l'intensité

Son 1	Son 2	1 1	2 2	1 2	2 1
G4 50 db	G4 103 db	+	+	+	+
G3 40 db	G3 119 db	+	+	+	+
G2 30 db	G2 123 db	+	+	+	+
G1 20 db	G1 130 db	+	+	+	+
M 15 db	M 120 db	+	+	+	+
A1 10 db	A1 117 db	+	+	+	+
A2 15 db	A2 110 db	+	+	+	+
A3 30 db	A3 100 db	+	+	+	+
A4 55 db	A4 95 db	+	+	-	+
A5	A5	+			

Figure 2 : résultats de B.R. à l'épreuve de discrimination de sons par l'intensité.

### Discrimination par la hauteur

Son 1	Son 2	1 1	2 2	1 2	2 1
G4	G3	+	+	-	+
G3	G2		+	+	+
G2	G1		+	+	+
G1	M		+	-	+
M	A1		+	+	+
A1	A2		+	+	+
A2	A3		+	+	+
A3	A4		+	+	+
A4	A5		+	+	+

Figure 3 : résultats de B.R. à l'épreuve de discrimination de sons par la hauteur.

### Discrimination par la durée

Son 1	Son 2	1 1	2 2	1 2	2 1
200 ms	400 ms	+	+	+	+
400 ms	600 ms	+	+	-	+
600 ms	800 ms		+	+	-
800 ms	1000 ms		+	+	-

Figure 4 : résultats de B.R. à l'épreuve de discrimination de sons par la durée.



Identification							
a	an	ba	cha	da	é	fa	ga
+	-	-	+	-	-	-	-
i	in	ja	ka	la	ma	na	o
+	-	-	-	-	-	-	-
on	ou	pa	ra	sa	ta	u	va
-	-	-	+	+	-	-	-
za							
-							

Figure 5 : résultats de B.R. à l'épreuve d'identification de phonèmes.

### Discrimination phonèmes vocaliques

Son 1	Son 2	1 1	2 2	1 2	2 1
a	i	-	+	+	+
a	o		+	+	+
a	é		-	+	+
a	u		+	+	+
o	ou		+	+	-
é	i			+	-
u	in		+	+	+
é	in			+	+
u	i			+	+
an	a	+		-	-
on	o	+		-	-
in	i			+	+
an	on			-	-
an	on			-	-
an	in			+	+
in	on			+	+
u	ou			+	+

Figure 6 : résultats de B.R. à l'épreuve de discrimination de phonèmes vocaliques.

### Discrimination phonèmes consonantiques

Son 1	Son 2	1 1	2 2	1 2	2 1
ba	pa	+	+	-	+
da	ta	+	+	-	+
fa	va	-	+	+	+
ga	ka	-	+	+	-
ja	cha	+	+	+	+
za	sa	+	-	-	+
pa	ta			-	-
pa	ka			+	+
ta	ka			-	+
ba	da			-	-
ba	ga			+	+
da	ga			+	-
fa	cha			+	+
ja	ga			+	+
da	ma		+	+	+
ba	va			-	+
sa	cha			-	+
za	ja			+	-
va	za			+	+
sa	fa			+	-
ma	na		+	+	-
la	ra	+	+	+	+
na	la			-	-
ja	na			-	+

Figure 7 : résultats de B.R. à l'épreuve de discrimination de phonèmes consonantiques.

**Discrimination phonèmes consonantiques (suite)**

ba	ma			-	+
la	na				
ra	sa			+	+
ra	ka			-	+
pa	da			+	-

Figure 8 : résultats de B.R. à l'épreuve de discrimination de phonèmes consonantiques (suite).

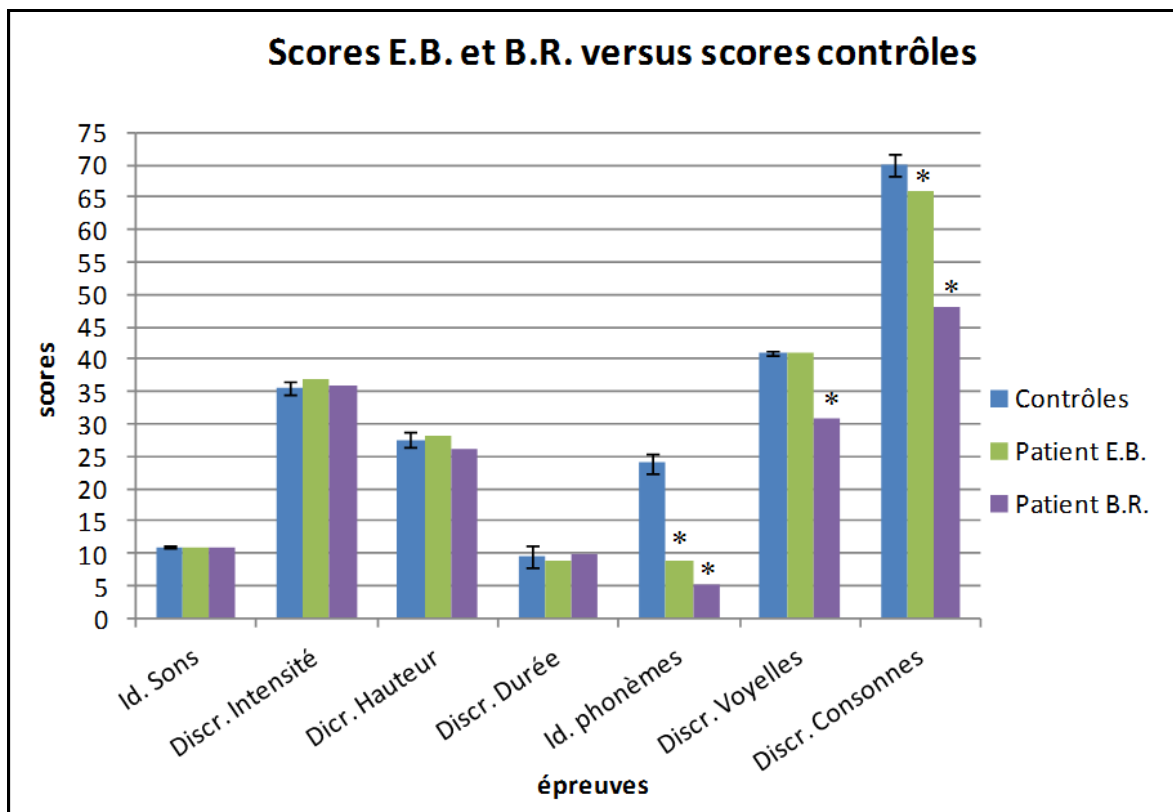


Figure 1 : Comparaison des scores d'E.B. et B.R. avec ceux des sujets contrôles.

## ANNEXE IV

	NE 1	NE 2	NE 3
20 – 39 ans	7 sujets	15 sujets	16 sujets
40 – 59 ans	13 sujets	17 sujets	16 sujets
> 60 ans	20 sujets	12 sujets	6 sujets

Tableau 1 : répartition des sujets selon les tranches d'âge et en fonction du NE.

	20-39 ans	40-59 ans	> 60 ans	Valeur de p
Moyenne pour les sons aigus	5	5	4,43	p < 0,001*
Comparaison entre les tranches d'âge pour les sons aigus	Valeur de p			
	20-39 vs 40-59	20-39 vs > 60	40-59 vs > 60	
	p = 1	p < 0,001*	p < 0,001*	

Tableau 2 : comparaison des résultats entre les tranches d'âge pour les sons aigus de l'épreuve d'identification des sons.

	Discrimination de durées courtes (de 200 à 600 ms)	Discrimination de durées longues (de 600 à 1000 ms)
Discrimination de phonèmes occlusifs	p = 0,026*	p = 0,091
Discrimination de phonèmes fricatifs	p = 0,79	p = 0,67
Identification de phonèmes occlusifs	p = 0,013*	p = 0,881
Identification de phonèmes fricatifs	p = 0,165	p = 0,963

Tableau 3 : Corrélations entre discrimination ou identification de phonèmes occlusifs ou fricatifs et discrimination des durées.

## **AIRTAC2 : NORMALISATION D'UNE ÉVALUATION DES PERFORMANCES CHEZ LES PATIENTS ATTEINTS DE TROUBLES AUDITIFS CENTRAUX.**

### **RESUME**

Les troubles auditifs centraux (TAC) sont définis par une atteinte des capacités de traitement des sons en provenance de la cochlée, suite à une lésion cérébrale. Ils sont un obstacle à la communication orale constituant ainsi un véritable handicap au quotidien. AIRTAC2 est un site internet ([airtac.orthoedition.com](http://airtac.orthoedition.com)) qui constitue un nouvel outil palliant le manque d'instruments orthophoniques et permettant l'évaluation et la rééducation des TAC après une cérébrolésion. Nous avons réalisé la normalisation d'AIRTAC2. Notre échantillon était composé de 122 sujets contrôles de 20 à plus de 80 ans, répartis selon leur âge, leur sexe et leur niveau d'études. En accord avec la littérature, il est apparu que seul le critère de l'âge était le plus significatif. Nous avons proposé AIRTAC2 à deux sujets adultes présentant des TAC, afin de comparer leurs résultats à ceux des sujets témoins.

**Mots-clés** : troubles auditifs centraux - surdité verbale - évaluation - normalisation - adulte

### **ABSTRACT**

Central auditory processing disorders (CAPD) affect auditory after brain injury. They interfere with oral communication and explain why CAPD constitute a real handicap in daily life. AIRTAC2 is a website ([airtac.orthoedition.com](http://airtac.orthoedition.com)). This new tool overcomes the lack of speech therapy tools for assessment and rehabilitation of TAC after brain injury. The 122 participants in our study were men and women aged between 20 and more than 80. In accordance with the literature, the effect of age was the most significant. We finally assessed two word-deaf patients to enable us to compare their results with those of the controls.

**Key-words:** central auditory disorders - word deafness - evaluation - standardization - adult.

87 pages.

70 références bibliographiques.