



**HAL**  
open science

# Évolution des performances cognitives des sujets implantés cochléaires évaluée par les tests MoCA et Codex

Lucie Marot, Shirley Routier

► **To cite this version:**

Lucie Marot, Shirley Routier. Évolution des performances cognitives des sujets implantés cochléaires évaluée par les tests MoCA et Codex. Sciences cognitives. 2015. dumas-01212881

**HAL Id: dumas-01212881**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01212881>**

Submitted on 3 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.

ACADEMIE DE PARIS  
UNIVERSITE PARIS VI PIERRE ET MARIE CURIE  
MEMOIRE POUR LE CERTIFICAT DE CAPACITE D'ORTHOPHONISTE

EVOLUTION DES PERFORMANCES  
COGNITIVES DES SUJETS IMPLANTES  
COCHLEAIRES EVALUEE PAR LES TESTS  
MOCA ET CODEX

Directrice de mémoire  
**Madame Emmanuèle AMBERT-DAHAN**

Année Universitaire 2014-2015

**MAROT Lucie**  
Née le 22/05/1991

**ROUTIER Shirley**  
Née le 01/03/1991

## REMERCIEMENTS

Nous remercions le Professeur Olivier Sterkers ainsi que toute l'équipe du centre référent d'implantation de l'Unité "Otologie, Implants Auditifs et Chirurgie de la Base du Crâne" de nous avoir accueillies dans le service durant cette année.

Nous tenons à remercier tout particulièrement Madame Emmanuèle Ambert-Dahan, pour nous avoir guidées dans la réalisation de ce projet en tant que directrice de mémoire mais également en tant que maître de stage tout au long de l'année.

Un grand merci à Madame Evelyne Ferrary pour ses précieux conseils, sa disponibilité et son engagement répété qui nous ont permis de mener à bien le traitement de nos données.

Nous remercions Mesdames Stéphanie Borel, Marion de Bergh, Amélie Liagre-Cailles et Martine Smadja, orthophonistes, pour leur bienveillance, leurs réponses à nos questions et leurs efforts pour coordonner les bilans cognitifs et auditifs.

Merci à tous les patients qui se sont portés volontaires pour participer à notre étude.

Merci à Madame Emilie Ernst d'avoir accepté spontanément d'être le rapporteur de notre mémoire.

Enfin, nous ne remercierons jamais assez nos familles pour leur soutien, leur implication et leurs encouragements. Merci.

## ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je soussignée Lucie MAROT, déclare être pleinement consciente 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, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

Je soussignée Shirley ROUTIER, déclare être pleinement consciente 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, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.



## TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	1
PARTIE THEORIQUE.....	2
<b>CHAPITRE I : SURDITE ET TRAITEMENT COGNITIF CHEZ LE PATIENT PRESENTANT UNE SURDITE NEUROSENSORIELLE EVOLUTIVE POST-LINGUALE (L.MAROT).</b> ....	3
<b>I.1] Définition de la surdité neurosensorielle évolutive</b> .....	3
I.1.1. Etiologies .....	3
I.1.2. Manifestations.....	3
<i>I.1.2.a. Distorsions de fréquence</i> .....	3
<i>I.1.2.b. Distorsions dans la perception de l'intensité</i> .....	4
<i>I.1.2.c. Distorsions dans le codage du temps</i> .....	4
<b>I.2] Surdité et cerveau</b> .....	5
I.2.1. Plasticité cérébrale du cortex auditif.....	5
<i>I.2.1.a. Définition et rôle de la plasticité cérébrale</i> .....	5
<i>I.2.1.b. Description des phénomènes plastiques dans le cortex auditif</i> .....	6
I.2.2. Plasticité et surdité neurosensorielle évolutive .....	6
<i>I.2.2.a. Activité neuronale</i> .....	6
<i>I.2.2.b. Surdité et atrophie corticale</i> .....	7
<b>I.3] Surdité et sphère cognitive</b> .....	7
I.3.1. Traitement de la parole .....	8
I.3.2. Fonctions cognitives .....	8
I.3.3. Sujets âgés, cognition et surdité.....	9
<b>I.4] Perspectives de l'implantation cochléaire</b> .....	9
I.4.1. Candidats à l'implantation cochléaire.....	9
I.4.2. Données prédictives quant aux résultats à l'implantation cochléaire .....	10
<b>CHAPITRE II : EVOLUTION POST-IMPLANTATION : REHABILITATION DE LA SURDITE ET NOUVELLE ORGANISATION CEREBRALE (S.ROUTIER)</b> .....	12
<b>II.1] Réhabilitation auditive avec l'implant cochléaire</b> .....	12
II.1.1. Implantation cochléaire et réglages .....	12
II.1.2. Rééducation orthophonique .....	12
<b>II.2] Résultats et données actuelles sur les performances de l'implant cochléaire</b> .....	13
<b>II.3] Réorganisation corticale post-implantation en cas de surdité neurosensorielle évolutive</b> .....	15
II.3.1. La réhabilitation de l'aire auditive.....	16
II.3.2. La réorganisation intermodale .....	17
II.3.3. Une nouvelle « carte » cérébrale .....	18
II.3.4. Les bénéfices limités de l'implantation cochléaire.....	18
<b>II.4] Implant cochléaire et fonctions cognitives</b> .....	19
II.4.1. Traitement de la parole .....	19
II.4.2. Vitesse de traitement .....	19
II.4.3. Fonctions cognitives.....	20
PARTIE PRATIQUE (L. MAROT & S.ROUTIER).....	23
<b>III] MATERIEL ET METHODE</b> .....	24
III.1. Description de la population d'étude .....	24
III.2. Tests utilisés .....	26
<i>III.2.1. Tests auditifs</i> .....	26
<i>III.2.2. Tests cognitifs : Codex et MoCA</i> .....	26
<i>III.2.3. Questionnaire sur la rééducation orthophonique concernant les fonctions cognitives</i> .....	30
III.3. Traitement des données.....	30
<b>IV] RESULTATS DES TEST COGNITIFS ET AUDITIFS AVANT ET APRES     IMPLANTATION</b> .....	31
IV.1. Répartition des sujets suivant leur résultat au test cognitif du MoCA.....	31
IV.2. Evolution des performances cognitives après l'implantation cochléaire.....	31
<i>IV.2.1. Evolution des résultats au Codex</i> .....	31
<i>IV.2.2. Evolution des résultats au MoCA</i> .....	32
<i>IV.2.3. Evolution des performances cognitives de 10 sujets testés à 6 mois et 12 mois</i> .....	33
<i>IV.2.4. Evolution des subtests du MoCA</i> .....	34
IV.3. Relation entre les résultats cognitifs des tests Codex et MoCA .....	36
<i>IV.3.1. Relation entre le MoCA et le Codex pour les résultats à 6 mois</i> .....	36
<i>IV.3.2. Relation entre le MoCA et le Codex pour les résultats à 12 mois</i> .....	36
IV.4. Corrélation entre le MoCA et les variables : âge et durée de surdité profonde .....	37

IV.4.1. <i>Corrélation entre les scores au MoCA et l'âge</i> .....	37
IV.4.2. <i>Corrélation entre les scores aux MoCA et la durée de surdité profonde</i> .....	38
IV.5. <i>Corrélation entre l'évolution des performances cognitives et auditives</i> .....	39
IV.5.1. <i>Corrélation entre les scores au MoCA et le test perceptif : Lafon</i> .....	40
IV.5.2. <i>Corrélation entre les scores au MoCA et le test perceptif MBAA</i> .....	41
<b>V] DISCUSSION</b> .....	42
V.1. Hypothèse 1 : Evolution des performances cognitives .....	42
V.1.1. <i>Evolution des performances aux tests Codex et MoCA</i> .....	42
V.1.2. <i>Subtests du MoCA</i> .....	43
V.2. Hypothèse 2 : Relation des résultats obtenus au Codex et au MoCA .....	44
V.3. Hypothèse 3 : Etudes des variables du MoCA .....	45
V.3.1. <i>Corrélation avec l'âge</i> .....	46
V.3.2. <i>Corrélation avec la durée de surdité profonde</i> .....	46
V.4. Hypothèse 4 : Relation entre les performances auditives et les scores au MoCA .....	47
V.5. Critique de l'étude .....	47
CONCLUSION .....	49
BIBLIOGRAPHIE .....	51
ANNEXES .....	55
CD-ROM : Diaporama des tests Codex et MoCA et feuilles de passation	

## TABLEAUX

Tableau I : Répartition de la population d'étude.....	25
Tableau II : Epreuves du Codex.....	27
Tableau III : Epreuves du MoCA.....	29
Tableau IV : Répartition des épreuves.....	34
Tableau V : Récapitulatif des résultats.....	35
Tableau VI : Performances auditives des 24 sujets en période pré-implantation cochléaire.....	39
Tableau VII : Performances auditives des 24 sujets suivant leur score au MoCA en période pré-implantation cochléaire et leur date d'évaluation (6 et 12 mois).....	39

## TABLE DES FIGURES

Figure 1. Résultats des sujets au Codex en pré-implantation et en post-implantation cochléaire .....	31
Figure 2. Résultats des sujets au MoCA en pré-implantation et en post-implantation cochléaire.....	32
Figure 3. Résultats de 10 sujets au MoCA en pré-implantation et en post-implantation cochléaire, testés à 6 mois et 12 mois .....	33
Figure 4. Résultats au MoCA du groupe « pré-implantation cochléaire supérieur ou égal à 26 », en pré-implantation et en post-implantation cochléaire .....	34
Figure 5. Résultats au MoCA du groupe « pré-implantation cochléaire inférieur à 26 », en pré-implantation et en post-implantation cochléaire.....	35
Figure 6. Relation entre les tests MoCA et Codex des sujets testés à 6 mois après l'implantation cochléaire .....	36
Figure 7. Relation entre les tests MoCA et Codex des sujets testés à 12 mois après l'implantation cochléaire .....	37
Figure 8. Corrélation entre les résultats au MoCA et l'âge des sujets, avant l'implantation cochléaire .....	37
Figure 9. Corrélation entre les résultats au MoCA et l'âge des sujets, après l'implantation cochléaire.....	38
Figure 10. Corrélation entre les résultats au MoCA et la durée de surdité profonde de la cohorte. ....	39
Figure 11. Corrélation entre les pourcentages de compréhension au test Lafon et des résultats au MoCA des sujets testés (n=22), après l'implantation cochléaire .....	40
Figure 12. Corrélation entre les pourcentages de compréhension au test MBAA et les résultats au MoCA des sujets testés (n=20), après l'implantation cochléaire.....	41

## ANNEXES

Annexe A. Lettre d'information et lettre de consentement.....	56
Annexe B. Tableau de présentation de la population d'étude et tableaux des performances aux tests auditifs et cognitifs.....	5
7	
Annexe C. Relation (Codex & MoCA) et corrélation (MoCA et tests perceptifs. ....	60
Annexe D. Test Codex : arbre de décision et feuilles de passation .....	62
Annexe E. Test MoCA Feuille de passations et d'instructions.....	63
Annexe F. Tests perceptifs.....	66
Annexe G. Lettre et questionnaire envoyés aux orthophonistes .....	67
Annexe H. Tableaux recoupant les informations de la prise en charge orthophonique avec les résultats au MoCA	
de 9	
sujets.....	68

## INTRODUCTION

De nombreuses études réalisées ces dernières années au moyen de l'imagerie fonctionnelle ont mis en évidence des spécificités corticales chez les sujets atteints de surdité pré-linguale, mais aussi post-linguale. Ces réorganisations corticales liées à la surdité se mettraient en place progressivement et pourraient accélérer le déclin cognitif chez le sujet âgé. Dans cette optique, le Centre Référent d'implantation cochléaire de la Pitié-Salpêtrière utilise le Codex (Cognitive disorders examination, Belmin et coll, 2006) [6] et le MoCA (Montreal Cognitive Assessment, Nasreddine, 2004) [37] lors du bilan pré-implantation afin de détecter les déficits cognitifs chez les candidats à l'implantation cochléaire.

Aujourd'hui, la question de la réversibilité du processus de déclin cognitif se pose. Dans le cadre de la prévention de la dépendance chez le sujet âgé, les études concernant l'impact de la réhabilitation auditive sur l'évolution des facultés cognitives chez le sujet sourd après sa réhabilitation auditive sont actuellement au centre des travaux de recherche. L'objectif de cette étude est le suivi longitudinal des patients testés avec le Codex et le MoCA avant leur implantation. Il s'agit de déterminer si ces tests sont assez sensibles pour percevoir les changements cognitifs chez les patients après leur implantation cochléaire. Le MoCA explore un plus grand nombre de fonctions cognitives. Il pourrait en cela constituer un test de repérage des déficits cognitifs chez les patients présentant une surdité post-linguale évolutive, avant et après leur implantation cochléaire. Ainsi le second objectif de cette étude est de poursuivre la recherche des outils les plus performants pour optimiser la prise en charge du sujet sourd dans sa globalité. Cette approche est d'autant plus nécessaire que chez le sujet âgé, l'incidence des troubles cognitifs augmente avec la détérioration de l'audition [29]. Enfin, comme cela avait été réalisé avant l'implantation (Lallau et Sellem, 2014) [3], nous souhaiterions rechercher dans quelle mesure, des facteurs tels que l'âge du sujet ou la durée de surdité avant l'implantation, pourraient expliquer l'évolution des habilités cognitives des sujets sourds après leur implantation.

## PARTIE THEORIQUE

## CHAPITRE I

### SURDITE ET TRAITEMENT COGNITIF CHEZ LE PATIENT PRESENTANT UNE SURDITE NEUROSENSORIELLE EVOLUTIVE POST LINGUALE

#### I.I. Définition de la surdité neurosensorielle évolutive

##### I.1.1. Etiologies

La surdité neurosensorielle évolutive (aussi appelée surdité de perception), est une perte auditive liée à une atteinte de l'oreille interne. Elle correspond à un dysfonctionnement de la cochlée par lésion des cellules ciliées, mais peut aussi concerner les régions auditives corticales. Les étiologies sont nombreuses, les plus fréquentes étant la dégénérescence liée à l'âge, le traumatisme sonore, la transmission génétique, la maladie de Ménière, l'otospongiose, le neurinome de l'acoustique, les médicaments ototoxiques et l'atteinte par maladie auto-immune. Dans de nombreux cas, la cause reste inconnue.

##### I.1.2. Manifestations

La surdité neurosensorielle évolutive entraîne non seulement une baisse des seuils de perception auditive mais aussi des distorsions dans le codage de la fréquence, de l'intensité et du temps lors du traitement des sons qui sont préjudiciables à la compréhension de la parole.

###### *I.1.2.a. Distorsions de fréquence*

Parmi les distorsions de fréquence les plus fréquentes, on a pu identifier la diplacousie binaurale dysharmonique, la dégradation de la sélectivité fréquentielle et l'effet de masque. La diplacousie binaurale dysharmonique consiste en une disparité de codage du son par les deux oreilles : les deux oreilles vont coder des fréquences différentes à partir d'un même son perçu. Cela peut générer des confusions phonétiques car les formants seront déplacés. Un /i/ pourra ainsi être perçu /y/.

La dégradation de la sélectivité fréquentielle peut être définie par la perte de la perception fine des différences entre les sons : un sujet normo-entendant peut analyser 300 notes de parole différentes, alors qu'un sujet malentendant léger en analyse 150 à 180, un sujet sourd moyen 120 à 100, un sujet sourd sévère de 35 à 70, un sujet sourd profond moins de 15. Il est admis qu'il faut un minimum de 50 notes pour comprendre la parole, ce qui explique les difficultés croissantes rencontrées par les personnes perdant leur audition. L'effet de masque est un phénomène de « recouvrement » d'un son faible par un son plus



fort sur une fréquence différente, qui empêche de percevoir le son faible. Les traits fins tels que les transitions formantiques sont masqués par le bruit environnant, d'intensité supérieure. Ainsi les sujets sourds sont-ils mis particulièrement en difficulté dans le bruit.

#### *1.1.2.b. Distorsions dans la perception de l'intensité*

Le recrutement et la distance par rapport à la source sonore sont deux phénomènes affectant la perception de l'intensité par le sujet sourd.

Le terme de « recrutement » désigne le décalage entre l'élévation subjective de la sonie et l'augmentation réelle de celle-ci. Le sujet atteint de surdité neurosensorielle perçoit les sons plus forts qu'ils ne le sont réellement. Cet écart s'agrandit à mesure que l'intensité réelle du signal augmente. Ainsi les sons forts deviennent-ils douloureux à l'oreille du sujet sourd. On observe une réduction de sa dynamique, c'est à dire l'écart entre le seuil de perception et le seuil de douleur. Cela contraint l'audioprothésiste à ne pas trop augmenter l'intensité des sons captés par la prothèse.

La distance joue elle aussi un rôle dans la perception de l'intensité. En effet, chez le sujet atteint de surdité neurosensorielle, elle altère inégalement la perception de l'intensité des sons en fonction de leur fréquence. A un mètre de distance de la source sonore, le sujet sourd va percevoir une intensité moindre de 3 dB dans les graves et de 6 dB dans les aigus. Cette altération inégale est encore au désavantage de l'intégration de la parole car les traits phonétiques les plus fins (les transitions formantiques et les consonnes) sont également les plus aigus et se retrouvent masqués par les fréquences graves.

#### *1.1.2.c. Distorsions dans le codage du temps*

Chez le sujet atteint de surdité endocochléaire, la disparition des cellules ciliées va entraîner un déficit dans la sélectivité fréquentielle créant un effet de résonance qui peut nuire à l'intégration de certaines successions de phonèmes. Par exemple lors d'une suite de phonèmes de type : voisé-non voisé-voisé tel /apa/, le caractère voisé du /a/ peut perdurer suffisamment longtemps dans la cochlée pour influencer le /p/ qui sera alors perçu /b/ (son équivalent voisé).

Ces difficultés perdurent même lorsque le sujet est appareillé. Dans les premiers temps de la surdité, une prothèse auditive est proposée. Lorsqu'elle ne suffit plus à discriminer la parole, il est alors envisagé de recourir à l'implant cochléaire.

## **I.2. Surdité et cerveau**

### **I.2.1. Plasticité cérébrale du cortex auditif**

#### *I.2.1.a. Définition et rôle de la plasticité cérébrale*

Le terme de plasticité cérébrale désigne la capacité du système nerveux central à évoluer à l'aide de modifications synaptiques et de nouvelles connexions entre les circuits neuronaux. Cela permet au cerveau de se réorganiser fonctionnellement dans le temps, en fonction de l'histoire du sujet (expériences sensorielles, apprentissages, traumatisme, etc.) Cette plasticité existe dans tout le cortex, bien qu'elle survienne plus rapidement dans les aires primaires sensorielles que dans les aires plurimodales supérieures [44]. De plus l'importance des transformations plastiques varie également selon le système, et chacun possède sa propre période critique de développement. Ainsi le cortex auditif est adaptatif par nature. Il va être façonné par nos expériences et apprentissages, et cela tout au long de la vie, même si les effets les plus flagrants de cette adaptation s'observent lors du développement dans l'enfance [10].

La plasticité joue un rôle dans la construction corticale : lors du développement, des études ont montré que l'entraînement musical précoce permet une plus grande représentation des sons riches en harmoniques dans le cortex auditif. C'est donc l'expérience de l'écoute des sons qui nous entraîne à les analyser de plus en plus finement. L'environnement sonore et phonétique a donc une forte influence sur le développement du langage et a fortiori sur l'organisation corticale du langage [42]. A l'inverse, dans le cas d'une altération de l'audition, celle-ci va entraîner une moindre qualité de l'intégration des stimuli auditifs transmis au cerveau ce qui aura des conséquences sur l'organisation du cortex auditif et sur les facultés cognitives qui sont supportées par cette partie du cerveau, tels la discrimination des sons, le traitement de la parole, l'attention auditive... Dans le cas d'une privation sensorielle précoce, la détérioration de l'intégration des stimuli auditifs est telle qu'à seuil d'audition égal, on attend de moins bonnes performances chez les sujets présentant une surdité précoce que chez le sujet ayant subi une perte sensitive après la période critique de développement [43]. Chez les sujets appareillés, à seuil d'audition égal, on attend donc de meilleurs résultats chez le sujet sourd post-lingual que chez le sujet ayant subi une privation sensorielle précoce, c'est-à-dire pré ou péri linguale. Enfin, la plasticité peut également avoir des effets positifs, comme le développement de stratégies de compensation permettant de pallier le handicap. Ainsi, il est fréquent que les sujets sourds développent une perception visuelle et audiovisuelle efficace de la parole grâce à l'apprentissage spontané de la lecture labiale.

### *1.2.1.b. Description des phénomènes plastiques dans le cortex auditif*

La plasticité cérébrale du cortex auditif est sous-tendue par deux phénomènes : la plasticité intra-modale et la plasticité inter-modale. La première désigne la variation des dimensions d'une aire corticale. Cette variation intervient toujours aux dépens d'une autre aire corticale, le plus souvent celle dévolue au traitement des informations sensorielles détériorées. Elle est due au caractère constant du volume cérébral, qui ne permet donc pas aux aires corticales de s'étendre sans empiéter sur d'autres territoires ; il se produit alors une compétitivité spatiale.

La plasticité intermodale désigne, quant à elle, le recrutement de certaines zones initialement dévolues au traitement sensoriel lésé lors d'autres activités cognitives. Grâce à l'imagerie cérébrale fonctionnelle il a ainsi pu être observé que lors de la présentation de visages dynamiques, les sujets atteints de surdité acquise activaient de manière plus importante des régions classiquement attribuées à l'intégration auditive de la parole (le gyrus temporal et le sillon temporal supérieurs gauches) par rapport à leurs homologues entendants [26]. De plus, cette plasticité apparaît de manière précoce, dès quatre mois, après la survenue de la surdité.

## **1.2.2. Plasticité et surdité neurosensorielle évolutive**

### *1.2.2.a. Activité neuronale*

Chez le sujet sourd, la plasticité cérébrale a été mise en évidence par plusieurs études. En 2001, Lee et coll. [25] ont étudié la consommation de glucose dans le cortex chez le patient sourd post-lingual et chez le sujet entendant en condition de repos (yeux clos, dans un environnement calme). Les consommations de glucose ont été comparées, en partant du postulat que plus la région corticale nécessite un apport important, plus les neurones y sont actifs. Les résultats montrent que chez le patient sourd post-lingual, la consommation en glucose des régions auditives est moindre par rapport à celle des sujets entendants. Ainsi cela met en évidence une activité neuronale moindre dans le cortex auditif chez le sujet sourd. De plus, l'expérience s'est aussi intéressée à l'effet de la durée de la période de surdité sur l'activité corticale dans ces mêmes régions.

Les données permettent d'établir qu'il y a une mise en place de la plasticité cérébrale au cours du temps dans les aires auditives corticales chez le sujet sourd post-lingual. Ainsi tout au long de la surdité, les régions corticales dédiées au traitement auditif vont être réaffectées à des tâches visuelles, ce qui pourra par la suite influencer les résultats de l'implant cochléaire. Cette plasticité existe aussi dans le cas de surdités unilatérales. Une étude a démontré qu'à l'inverse du sujet entendant chez qui l'activation du cortex auditif

est majoritairement controlatérale par rapport à la provenance de la source sonore, en cas de surdité neurosensorielle acquise unilatérale, il y a une activation corticale bilatérale, et cela de quelque côté que provienne la source sonore [21]. Ainsi la plasticité corticale intervient même en cas de privation partielle de l'audition, dans un contexte où le cerveau reçoit encore épisodiquement des stimuli auditifs intègres transmis par l'oreille saine.

#### *1.2.2.b. Surdité et atrophie corticale*

Un autre aspect de l'évolution corticale, suite à la surdité, est la réduction du volume cortical. Cette idée est supportée par deux études récentes : en 2014, une étude de Lin a démontré grâce à l'IRM fonctionnelle que chez le sujet âgé la perte auditive menait à l'accélération du déclin du volume cortical global avec une perte plus importante dans les régions temporales droites [28]. En 2011, Peelle et coll. [38] se sont intéressés à cette corrélation sous un angle fonctionnel : leur étude a prouvé que le degré de perte auditive était un facteur prédictif du recrutement neuronal au niveau des gyri temporaux, du thalamus et du tronc cérébral lors d'une tâche de compréhension de phrase en modalité auditive. Ainsi même une perte modérée conduirait à une moindre activation neuronale et à une perte de matière grise dans le cortex auditif primaire. Ces difficultés pourraient être mises en évidence cliniquement par une baisse des performances dans le traitement des informations langagières de haut niveau. Les résultats de ces deux études tendent à prouver l'existence d'une détérioration des aires corticales dédiées au traitement des stimuli auditifs et plaident en faveur d'une réhabilitation auditive précoce.

### **1.3. Surdité et sphère cognitive**

Nous avons déjà évoqué le lien entre la surdité post-linguale et les réorganisations corticales. Mais il s'agit de savoir si ces réorganisations spécifiques pourraient avoir une influence sur les capacités cognitives plus globales. Dans une récente étude, Lin et coll. [28] ont étudié les performances cognitives des sujets sourds en proposant des tests cognitifs à 347 patients atteints de surdité à divers degrés. Ils en ont conclu que la surdité était significativement associée à des performances inférieures pour les tâches concernant la mémoire (testée avec le rappel libre) et les fonctions exécutives (testées avec le TMT et le STROOP). Ils ont estimé qu'une perte de 25 dB correspond à des scores obtenus par des patients contrôles âgés de 6,8 années suppl ementaires. Nous allons étudier l'hypothèse d'un impact de la surdité post-linguale sur chacune des fonctions cognitives.

### **I.3.1. Traitement de la parole**

Le traitement de la parole est une des fonctions cognitives les plus complexes. De nombreux modèles neuropsychologiques ont été élaborés pour tenter d'en appréhender le fonctionnement. Nous nous intéresserons en particulier aux fonctions susceptibles d'être altérées par la surdité. Tout d'abord, même confrontés à un signal délivré à une intensité confortable, la réverbération du son représente une gêne chez les sujets sourds pour l'intégration de la parole [17]. La détérioration de la qualité acoustique du signal est donc l'un des éléments pouvant altérer les capacités de traitement de la parole ; en particulier chez le sujet sourd qui reçoit déjà un signal dégradé par une altération de la sélectivité fréquentielle et temporelle. De plus, la surcharge cognitive créée par la complexité syntaxique du message verbal peut avoir un impact négatif sur la compréhension du message chez les sujets âgés présentant une perte d'audition associée [51].

Un dernier aspect affectant les capacités d'intégration de la parole est la stratégie observée par le sujet. En effet, face au déficit d'informations auditives généré par la surdité, certains sujets développent des suppléances et apprennent à se servir du contexte phonologique ou sémantique pour reconstruire le message. Ainsi à intensité confortable et égale, les sujets sourds sont mieux capables de restituer les phrases que les mots isolés [54].

### **I.3.2. Fonctions cognitives**

Chez le sujet sourd, le traitement exécutif au niveau attentionnel et mnésique peut être altéré par les difficultés d'intégration et de traitement du langage oral. Cette spécificité a été décrite par le concept d'« effort-fullness hypothesis » selon lequel le coût cognitif du traitement du langage est tellement important qu'il ne peut s'opérer qu'au détriment des autres fonctions cognitives. Ainsi, le sujet sourd affectera la majeure partie de ses ressources au traitement du signal, limitant ainsi les capacités d'encodage mnésique [54].

Sur le plan clinique, cela se manifeste par une dissociation dans la répétition de mots présentés oralement ou à l'écrit, les mots présentés visuellement étant mieux rappelés. Dans une étude de P. Rabbit menée en 1991, les performances des sujets sourds sont significativement moins bonnes que celles de leurs homologues sains lors de la répétition en modalité orale, alors que les deux groupes obtiennent des résultats égaux en modalité visuelle [41]. De plus, l'impact de l'âge sur les performances a été mis en évidence avec des différences significatives selon les groupes. La population contrôle et la population atteinte de surdité ont chacune été subdivisées en trois groupes selon l'âge des sujets (50 à 59 ans, 60 à 69 ans, 70 à 79 ans). Chez la population contrôle, les sujets les plus âgés rappellent moins bien les mots que les sujets plus jeunes, quelle que soit la modalité. A

l'inverse les sujets sourds les plus âgés présentent toujours une dissociation dans leurs performances de rappel de mots en faveur des mots présentés visuellement, malgré la baisse globale des résultats.

### **I.3.3. Sujet âgé, cognition et surdité**

Le lien entre surdité et cognition est particulièrement visible chez le sujet âgé, et cela à double titre : premièrement, la surdité est reconnue comme un mode d'entrée vers les pathologies neuro-dégénératives, dans lesquelles les fonctions cognitives sont atteintes. Cette corrélation est due à plusieurs facteurs : tout d'abord, l'isolement social créé par la surdité, mais aussi la perte de sensation auditive en provenance de l'environnement. De surcroît, plus la surdité est sévère, plus grand est le risque de développer une démence. Toutefois il reste aujourd'hui à déterminer si la surdité est un facteur de risque de démence ou s'il s'agit d'un des premiers signes du tableau clinique de pathologie neurodégénérative [34]. De plus, la moindre efficacité des fonctions cognitives chez le sujet âgé constitue un handicap dans le traitement de la parole. En effet, avec le déclin cognitif lié à l'âge et pouvant être renforcé par la surdité, le sujet dispose de moins de ressources à allouer à la mémoire de travail auditivo-verbale et à l'intégration de la parole. Il est alors possible d'observer un déficit dans le traitement de phrases complexes ce qui pourra entraîner une diminution des capacités de compréhension de la parole [52]. De la même manière, les difficultés attentionnelles vont majorer les difficultés d'intégration de la parole dans le bruit. Cela peut être mis en lien avec le coût cognitif généré par les situations d'attention divisée chez le sujet âgé sourd, significativement plus élevé que chez le sujet âgé normo-entendant [54].

## **I.4. Perspectives de l'implantation cochléaire**

### **I.4.1. Candidats à l'implantation cochléaire**

Les indications d'implantation cochléaire ont été décrites par la Haute Autorité de Santé. Chez l'adulte elle ne fixe pas de limite d'âge supérieure à l'implantation, tant que le patient est exempt de troubles neurocognitifs.

A l'issue du bilan pré-implant, une équipe pluridisciplinaire constituée d'un médecin ORL, d'un orthophoniste, d'un radiologue, d'un anesthésiste et d'un psychologue se concertent pour déterminer si le patient est éligible à la procédure. Ce bilan est constitué de :

- Un entretien psychologique ;
- Une audiométrie tonale et vocale dans le calme ;

- Des potentiels évoqués auditifs avec recherche de seuil ;
- Une évaluation du gain prothétique, en audiométrie tonale et en audiométrie vocale avec des listes de mots monosyllabiques et mots dissyllabiques adaptées en langue française (mots/phrases) en liste ouverte sans lecture labiale.
- Un bilan radiologique complet, comprenant un scanner osseux des rochers et une IRM cérébrale ainsi que des rochers permettant de voir les voies auditives périphériques.

En ce qui concerne les performances d'intégration de la parole, la Haute Autorité de la Santé est favorable à l'implantation lorsque la discrimination est "inférieure ou égale à 50%, lors de la réalisation de tests d'audiométrie vocale, avec la liste cochléaire de Fournier (ou équivalent)" [16]. Les tests sont pratiqués à 60 dB, en champ libre. Le patient porte des prothèses adaptées mais ne peut pas avoir recours à la lecture labiale. Si le patient présente des fluctuations d'audition, il est considéré candidat si les périodes de baisses auditives représentent un handicap à la communication.

#### **I.4.2. Données prédictives quant aux résultats à l'implantation cochléaire**

Malgré les procédures d'évaluation et d'opération standardisées, il existe une importante variabilité inter-individuelle dans les performances d'intégration de la parole obtenue après l'implantation. Grâce à de récentes études et à l'utilisation de l'imagerie cérébrale, il a été possible d'identifier quels schémas corticaux présentés par les candidats juste avant implantation sont plus ou moins favorables au développement de bonnes capacités d'intégration de la parole [14].

Des facteurs cognitifs sont également à prendre en compte. Alors que la mesure du QI n'est pas un bon prédicteur, la qualité de la mémoire de travail semble être relativement corrélée au bénéfice post-implantation [1]. En effet une bonne mémoire de travail audio-verbale et la conservation de bonnes capacités de traitement phonologique permettent de préserver la spécialisation hémisphérique, ce qui est facteur de bons résultats post-implant. Ces données indiquent qu'une rééducation des fonctions cognitives avant l'implantation pourrait être envisagée à l'avenir.

Enfin, grâce à une étude multicentrique, les facteurs influençant la qualité de la réhabilitation auditive avec l'implant cochléaire chez le sujet âgé ont été déterminés. Selon celle-ci, on peut classer par ordre décroissant leur effet négatif sur le résultat de l'implantation : la durée de la surdité, l'âge d'implantation (après 75 ans, le déclin cognitif réduit le bénéfice post implant) et certaines étiologies de surdité (neuropathie auditive, schwannome, fracture du temporale). A l'inverse, les éléments permettant de réduire

l'installation de la plasticité corticale avant l'implantation, tels que la conservation de l'audition controlatérale et le port de prothèses auditives bilatérales aussi longtemps que possible, sont prédicteurs d'un meilleur bénéfice [24].



## CHAPITRE II

### EVOLUTION POST-IMPLANTATION : REHABILITATION DE LA SURDITE ET NOUVELLE ORGANISATION CEREBRALE

#### II.1. Réhabilitation auditive avec l'implant cochléaire

##### II.1.1. Implantations cochléaire et réglages

L'implant cochléaire est destiné à la réhabilitation de l'audition en cas de surdité neurosensorielle sévère à profonde, congénitale ou acquise. Cette technologie est proposée lorsque les prothèses auditives ne permettent plus une compréhension fonctionnelle de la parole. Le principe de l'implant est de stimuler électriquement le nerf auditif grâce aux électrodes insérées dans la rampe tympanique de la cochlée [30]. L'implant cochléaire est composé de deux parties : le processeur externe et la partie implantée, elle-même constituée du récepteur et du faisceau d'électrodes. L'implant transforme les informations acoustiques de l'environnement en impulsions électriques.

L'indication d'implantation cochléaire est posée par l'équipe pluridisciplinaire, au terme d'un bilan pré-implantation réalisé au sein d'un centre r f rent. Le patient reçoit des explications sur le principe de l'implant cochléaire, le déroulement de l'intervention chirurgicale ainsi que le suivi post-implantation (réglages et r ducation).

L'activation de l'implant cochléaire intervient dans un délai de trois semaines, puis environ une dizaine de réglages est effectuée durant la première année : un par mois les six premiers mois, puis un tous les trois mois. L'implantation cochléaire demande un suivi régulier durant la première année car cela correspond à la période cruciale d'apprentissage auditif. Après cette première année, les réglages sont réalisés tous les ans. En parallèle, une r ducation orthophonique est prescrite au patient, afin de stimuler le développement de stratégies visant à décoder et discriminer les nouveaux sons entendus pour favoriser le développement des capacités d'intégration de la parole avec l'implant cochléaire [7].

##### II.1.2. R ducation orthophonique

L'implant cochléaire permet de développer des capacités de perception des informations verbales mais la r ducation est indispensable pour optimiser l'intégration du message verbal. Si le bénéfice de l'implant cochléaire pour la compréhension de la parole en milieu calme est reconnu, certaines situations représentent un enjeu difficile comme pour l'écoute dans le bruit ou de la musique [46]. Une r ducation spécifique permet alors d'améliorer les performances auditives des patients implantés [50].

La Haute Autorité de Santé préconise, dans son rapport de 2007, une rééducation orthophonique dans la prise en charge globale de l'implant cochléaire [16].

La rééducation a donc pour objectif d'optimiser le traitement, au niveau analytique et global, des sons verbaux avec l'implant cochléaire selon une approche auditivo-cognitive.

A l'aide d'une évaluation adaptée, l'orthophoniste devra proposer un protocole de rééducation spécifique, en fonction des capacités et des performances de chaque patient. [7]

La rééducation peut débiter avant l'implantation cochléaire. En effet, une rééducation de la lecture labiale peut être prescrite afin de stimuler ou de développer des stratégies de compensation en modalité audio-visuelle, si celle-ci ne s'est pas spontanément développée de manière fonctionnelle. Cette rééducation permet le décodage en exploitant des indices visuels : les unités phonologiques. La perception des phonèmes par la lecture labiale permet de compléter l'information auditive et est une aide supplémentaire pour décoder le message auditif, notamment dans les environnements bruyants [2] [46]. Cette rééducation peut se poursuivre si le patient obtient de faibles performances auditives avec l'implant cochléaire.

Après l'implantation cochléaire, la rééducation orthophonique va permettre d'améliorer la perception des éléments suprasegmentaux de la parole comme la discrimination des contours mélodiques ; et aussi de solliciter la participation des suppléances mentales afin d'intégrer le message verbal en s'aidant du contexte. Enfin, il s'agira également de travailler la compréhension de la parole dans des situations d'écoute complexe comme dans le bruit ou avec le téléphone [50].

Les habilités cognitives, telles que les capacités d'anticipation par la déduction et le contexte, l'attention audio-visuelle et l'analyse sémantique, sont essentielles pour le traitement du message verbal [11]. Les fonctions exécutives entraînées lors de la rééducation sont le contrôle cognitif et la flexibilité mentale ; la mémoire à court terme, la mémoire sensorielle et la mémoire sémantique. D'autres types de mémoire sont également stimulés comme la mémoire épisodique, procédurale et à long-terme [46].

Ainsi la rééducation tend à restaurer les capacités auditives et cognitives nécessaires pour le traitement du message verbal en s'appuyant sur les capacités de plasticité cérébrale de notre cerveau.

## **II.2. Résultats et données actuelles sur les performances de l'implant cochléaire**

Les données actuelles démontrent que les performances de l'implant cochléaire chez l'adulte ne dépendent ni de l'âge, ni de l'étiologie, et ni de la catégorie socio-

professionnelle. De plus, le côté de l'implantation ne semble pas non plus influencer les résultats [9]. Cependant une longue période de privation auditive peut quant à elle influencer les performances du sujet implanté. Il existe une corrélation entre le bénéfice auditif lié à l'implant cochléaire et la durée de la perte auditive. En effet, suivant la durée de privation auditive, la perte neuronale périphérique et des connexions nerveuses peut être plus ou moins importante. Lorsque la dégradation de ces connexions est trop importante, les informations délivrées par l'implant cochléaire ne pourront être traitées de manière performante. Par ailleurs, le respect de l'utilisation optimale de l'implant cochléaire et les stratégies de traitement du signal ont également un impact sur les résultats [39].

L'efficacité de l'implant cochléaire est évaluée à l'aide de tests d'intelligibilité de la parole ainsi que d'échelles de communication et de qualité de vie. Les résultats de ces tests dépendent d'un langage oral fonctionnel ainsi que de capacités cognitives mobilisables [9]. Des études ont démontré qu'il existe une courbe d'apprentissage durant la période du 3<sup>ème</sup> mois au 8<sup>ème</sup>-10<sup>ème</sup> mois [39]. Au moment de l'activation, la détection seule des bruits environnants est possible dans certains cas, tandis que la compréhension de la parole est immédiatement possible dans d'autres cas [9]. Au cours de la réhabilitation, pour certains patients ayant de bonnes performances avec l'implant cochléaire, il leur est désormais possible de regarder la télévision, d'utiliser le téléphone, voire d'écouter la radio. L'écoute peut alors être facilitée par l'utilisation d'accessoires : comme un matériel HF, une boucle magnétique, ou le Bluetooth. Les performances s'améliorent au cours de la réhabilitation auditive grâce à une prise en charge efficace et spécifique ainsi qu'à l'amélioration technologique de l'implant. Ainsi, des nouvelles stratégies du traitement du signal sont développées afin d'optimiser la perception de la parole dans le bruit et pour l'écoute de la musique : elles concernent le traitement de l'enveloppe du signal et l'analyse des structures fines. Certains fabricants comme la société MED-EL ont déjà développé ces stratégies.

Dans ce contexte, les indications d'implantation cochléaire se sont élargies au fil du temps. Dorénavant il est possible d'implanter une personne ayant une surdité sévère en prenant en compte l'altération de ses capacités de communication. L'implantation bilatérale est également proposée de manière plus fréquente car elle permet de meilleures performances dans les situations de communication complexes, telles que les milieux bruyants, et favorise la localisation spatiale. Cette localisation est importante car elle permet de localiser la source sonore émettrice, et ainsi de mieux discriminer les sons en présence de sources sonores concurrentes, comme lors d'une conversation en groupe dans un environnement bruyant ou dans une situation de cocktail party [55].

### **II.3. Réorganisation corticale post-implantation en cas de surdité neurosensorielle évolutive**

Comme nous l'avons souligné précédemment, les résultats actuels de l'implant cochléaire sont liés à plusieurs facteurs. Tout d'abord sur le plan de l'avancée technologique : les stratégies de signal se sont affinées avec notamment le codage de la structure fine. De plus, des programmes spécifiques d'entraînement auditif et cognitif sont proposés au cours de la rééducation permettant d'apprendre à décoder ces nouveaux stimuli en s'appuyant sur les possibilités de plasticité cérébrale. Cette plasticité cérébrale permet de potentialiser l'utilisation de certaines régions du cerveau de nouveaux stimulées par l'implant cochléaire [39]. Contrairement à ce que nous pourrions penser, le cerveau mature conserve des capacités de plasticité cérébrale. Cette plasticité est possible grâce à des changements de modalité d'entrée des informations et dans le cas de l'implant cochléaire, cela est dû aux changements d'afférence du signal auditif. Cette plasticité entraîne une réorganisation cérébrale qui induit une réactivation des zones auditives traitant le langage, permettant ainsi une meilleure perception de la parole. Cette activation des aires auditives augmente progressivement et parallèlement à l'utilisation de l'implant cochléaire et est également liée aux capacités d'intégration des informations verbales avec celui-ci [12] [20].

Chez le sujet âgé également, la plasticité cérébrale permet une réorganisation des aires auditives, ainsi les résultats aux tests de compréhension de la parole ne sont pas significativement différents chez le sujet âgé et chez le sujet plus jeune. Cependant le côté de l'oreille implantée pourrait avoir un effet sur les performances d'intégration de la parole chez le sujet âgé, alors que cela est sans effet chez le sujet jeune. Ceci suggère que la baisse des connexions synaptiques dans les aires auditives et la diminution de la plasticité cérébrale surviennent lors du vieillissement dit « normal » [4] [47]. Ce phénomène s'amplifie en cas d'un vieillissement « pathologique ». Ainsi, une implantation du côté droit permettrait de meilleurs résultats. Le lobe temporal gauche est prédominant dans le traitement du langage et comporte les aires spécialisées de la parole : l'aire de Broca et l'aire de Wernicke. Ces zones seraient mieux stimulées grâce à une implantation droite du fait de la spécialisation hémisphérique et de la latéralisation. Cependant, la décision de poser un implant cochléaire du côté droit est soumise à certaines conditions. Cela implique que les facteurs influençant le côté de l'implantation (préservation du lobe temporal, durée de la surdité et les performances auditives aux tests en préopératoire) soient similaires entre les deux oreilles [8].

### **II.3.1. La réhabilitation de l'aire auditive**

Des études ont démontré que les progrès les plus significatifs lors de la restauration auditive se font durant le premier mois post-implantation.

Une étude de Petersen et coll. (2013) [39] a étudié la nouvelle carte cérébrale après implantation cochléaire à trois instants T : 14 jours, 3 mois et 6 mois après l'activation. Ces trois séquences réalisées par l'examen en tomographie par émissions de positons (TEP), ont été proposées à 50 patients présentant une surdité post-linguale, dans des conditions d'écoute de parole naturelle et de parole dans le bruit. Leurs performances ont été comparées aux performances de sujets implantés présentant une surdité pré-linguale et de sujets normo-entendants. Les résultats chez les sujets post-linguaux jeunes ont mis en évidence une activation du gyrus temporal supérieur gauche, ainsi qu'une activation de l'aire de Broca, au cours du temps ; ce qui n'est pas le cas chez les sujets pré-linguaux. En effet, leur cerveau n'ayant pas reçu d'informations auditives, la réorganisation cérébrale n'est pas similaire à celle des sujets présentant une surdité post-linguale.

Cette étude permet de démontrer le rôle de l'aire de Broca dans la perception de la parole, lorsque celle-ci a été stimulée avant la perte auditive. L'activation de cette aire est négativement corrélée avec la durée de privation auditive : plus la durée est longue, moins l'aire de Broca sera active après l'activation de l'implant cochléaire. Mais elle est également positivement corrélée à une réhabilitation auditive efficace, permettant le développement de capacités de compréhension de la parole. En effet, plus l'aire de Broca est stimulée après l'activation de l'implant cochléaire, plus la restauration de la compréhension auditive sera importante [39].

Ces données sont en lien avec celle de l'étude de Coez et coll. (2008) [9] réalisée auprès de trois groupes de 6 sujets adultes : le groupe contrôle et deux groupes de patients implantés présentant une surdité post-linguale. Les patients implantés ont été répartis suivant leur performances de reconnaissance de mots aux listes de Lafon: ceux ayant plus de 80% de reconnaissance et ceux ayant des performances comprises entre 80% et 20%. Dans cette étude, la TEP (tomographie par émissions de positons) a été utilisée afin d'être mesurée dans trois modalités : au repos, lors d'écoute passive de la voix humaine et lors de stimuli non vocaux. Les résultats ont montré une activation des régions temporales supérieures bilatérales lors de la présentation des stimuli non vocaux, dans le silence et ce pour tous les groupes. Néanmoins les deux groupes de patients implantés présentent une réduction significative de l'activité cérébrale lors des stimulations. La présentation des stimuli vocaux provoque des activations bilatérales de l'aire auditive temporale sur le sillon temporal supérieur pour le groupe d'implantés cochléaires ayant de bonnes performances,

ce qui est également le cas chez le groupe contrôle. Cette stimulation n'a pas été détectée pour le groupe ayant de moins bonnes performances, seules des stimulations unilatérales du cortex gauche sur le milieu du sillon temporal supérieur ont été observées. En conclusion, les bonnes performances d'intelligibilité chez les patients implantés cochléaires pourraient être liées au taux d'activation de l'aire auditive temporale. Plus cette aire est activée après l'implantation cochléaire, meilleurs sont les résultats auditifs chez les patients implantés [9].

Une autre étude en TEP, de Strelnikov et coll. (2009) [52], a comparé l'activation cérébrale dans les aires auditives, de patients sourds implantés à des patients normo-entendants dans une condition de repos, c'est-à-dire sans aucune stimulation auditive et visuelle. Les résultats ont révélé des changements de débit sanguin cortical dans le cortex auditif, le cortex visuel, la zone de Broca et dans le cortex temporal postérieur dès l'activation de l'implant cochléaire. Ces aires auditives sont impliquées dans la compréhension de la parole.

### **II.3.2. La réorganisation intermodale**

Du fait de la privation auditive, les modalités visuelles et audio-visuelles deviennent prépondérantes pour le traitement de la parole, l'audition seule ne permettant plus une bonne compréhension. Ainsi une réorganisation cérébrale intermodale s'organise en raison de ces changements d'afférence des informations langagières [27].

Mais lors de la réhabilitation auditive, la plasticité cérébrale joue de nouveau un rôle dans le traitement du langage. L'implant cochléaire apporte de nouvelles informations auditives et langagières qui induisent un nouveau traitement de la parole. Une nouvelle réorganisation intermodale se met alors en place. La visualisation de la parole et le traitement des informations visuelles verbales demeurent aussi forts voire s'améliorent après l'implantation cochléaire. Une étude de Rouger et coll. (2012) [46] parle d'un « modèle inversé » de la neuro-plasticité après l'implantation cochléaire. Avant l'implantation, la lecture labiale active le cortex temporal droit qui est normalement consacrée aux traitements des stimuli vocaux. A l'inverse, l'aire de Broca, qui est peu activée avant l'implantation lors de la lecture labiale (activation retrouvée chez les sujets normo-entendants) l'est de nouveau et progressivement après l'activation de l'implant cochléaire. Les activités anormales dans les régions antérieures du cortex temporal droit diminuent après l'implantation et tendent à avoir un niveau d'activité semblable à celui des sujets normo-entendants. Cette étude a démontré qu'après implantation cochléaire, le traitement de la parole n'est pas qu'auditif, il est également visuel et audio-visuel. Cet

apport de la modalité audio-visuelle va permettre la réactivation progressive de la boucle visuo-audio-motrice de l'aire de Broca, à travers la lecture labiale, qui permettra de faciliter la discrimination phonologique fine. La réorganisation permet une intégration audio-visuelle de la parole plus fonctionnelle après l'implantation cochléaire [45].

### **II.3.3. Une nouvelle « carte » cérébrale**

Lors de la réorganisation cérébrale suite à l'implantation cochléaire, nous remarquons une activation plus significative du gyrus temporal supérieur et moyen, de manière bilatérale, de l'aire de Broca et de son hémisphère droit homologue : l'aire motrice supplémentaire ; et du gyrus cingulaire antérieur. De plus, des activations du cortex frontal ont été mises en évidence. Le cortex frontal, associé aux aires langagières dont l'aire de Broca permet un meilleur décodage des distorsions produites par l'implant cochléaire. [20] [30] [39] [45] [27].

Les résultats de ces différentes études montrent que les deux hémisphères sont impliqués dans la perception de la parole chez des sujets post-linguaux implantés, ayant une bonne réhabilitation auditive. De plus le côté de l'implant cochléaire n'influence pas les résultats, chez le sujet jeune, car les stimulations corticales ne diffèrent pas suivant le côté de l'implantation [39].

### **II.3.4. Les bénéfices limités de l'implantation cochléaire**

Certains patients implantés ont des résultats peu satisfaisants avec des capacités d'intégration des informations verbales limitées. Il semblerait que ces faibles performances puissent être attribuées à une mauvaise intégration de l'information au niveau central ou à des capacités de plasticité cérébrale réduites [23]. Cette plasticité pourrait être déficitaire pour la réorganisation des aires cérébrales malgré des nouvelles entrées sensorielles (entrée auditive, traitement de la parole audio-visuelle).

Par ailleurs les capacités en lecture labiale pourraient également être un indicateur des performances verbales avec l'implant cochléaire. Les patients ayant de faibles performances en lecture labiale avant l'implantation cochléaire auraient des résultats moins satisfaisants après l'activation. En effet, un traitement audio-visuel ne s'est pas mis en place chez ces patients et malgré l'implant cochléaire qui apporte de nouvelles informations auditives, la réorganisation intermodale semble plus faible [9].

Pour finir, une longue période de privation auditive aurait un impact sur les résultats en post-implantation [22].

## **II.4. Implant cochléaire et fonctions cognitives**

### **II.4.1. Traitement de la parole**

La réhabilitation de l'audition avec l'implant cochléaire entraîne une modification progressive des fonctions auditives qui se traduit par des changements adaptatifs dans le traitement de la parole. Ces modifications permettent aux sujets implantés une restauration progressive de leurs capacités de compréhension de la parole [46] [15]. Les patients implantés réapprennent à décoder les sons grâce à l'implant cochléaire, en formant de nouvelles associations entre les sons et leurs sources. Cependant le codage des fréquences n'est pas assez précis pour permettre une discrimination parfaite des sons et la perception seule d'un signal de parole relativement dégradé est insuffisante. Ainsi la lecture labiale permet un traitement audiovisuel de la parole, facilitant la compréhension, en donnant accès à des informations discriminantes sur les phonèmes perçus. Elle permet de compléter le signal, délivré par l'implant cochléaire, déficitaire en information spectro-temporelle [15]. De plus le recours à la lecture labiale est prépondérant dans les environnements bruyants. Cette modalité audio-visuelle est liée à la réorganisation cérébrale intermodale observée chez ces patients [46] [15].

Pour le sujet âgé, les auteurs d'une étude menée en 2013 [19], suggèrent que la dégradation de leurs capacités cognitives, due à l'âge, peut affecter leurs facultés de traitement d'un message verbal. En effet, l'écoute d'un signal auditif dégradé par l'implant cochléaire, même en milieu calme, est une tâche complexe nécessitant des capacités perceptives ainsi que des capacités cognitives intègres. Dans le cas où ces capacités seraient atteintes, cela pourrait entraîner un épuisement des ressources cognitives lors du traitement de la parole. Cela rejoint le concept d'« effort fullness hypothesis » selon lequel le coût cognitif du traitement du langage est si conséquent qu'il ne peut se réaliser sans nuire au traitement des autres fonctions cognitives [54].

### **II.4.2. Vitesse de traitement**

Une étude de Henkin et coll. (2014) [18] a comparé le traitement cognitif d'adultes âgés sourds post-linguaux implantés (>60 ans) à ceux d'un groupe de normo-entendants d'âge équivalent (65-83 ans). Les performances des sujets ont été comparées au moyen une tâche de type « stroop » incluant deux stimuli : congruents et non-congruents. Les stimuli congruents consistent en l'écoute du mot « père » produit par un homme, et le mot « mère » produit par une femme, tous deux en hébreu. Les stimuli non congruents consistent en l'écoute des mêmes mots produits par le locuteur inverse. La tâche des sujets est d'identifier le sexe du locuteur, en appuyant sur l'un des deux boutons : homme ou



femme. Les temps de réponses ont été mesurés à l'aide de potentiels évoqués auditifs.

Au niveau de la réception du message auditif, les sujets âgés implantés réagissent de la même manière à l'effet de stroop que les sujets normo-entendants. Ils ont les mêmes temps de réaction et performances, car ils ont un traitement sensoriel du message auditif similaire. Ceci est justifié par des temps de latence et des amplitudes de l'onde N1 similaires à ceux des sujets normo-entendants. L'onde N1 reflète l'activité des régions sensorielles du cortex cérébral. Ces performances soulignent le gain de l'implant cochléaire et mettent en évidence une activation corticale semblable aux sujets normo-entendants. Les sujets âgés implantés ont pu identifier correctement le sexe de l'interlocuteur, le signal n'ayant pas été dégradé par l'implant cochléaire.

Pour ce qui est des temps de réaction à la tâche proposée, les sujets âgés implantés présentent un traitement perceptif plus long et moins efficace que les sujets normo-entendants contrôles, avec la présence d'un temps de latence et d'une réduction de l'onde P3 (à la sortie du noyau cochléaire). Des résultats similaires quant à la vitesse de réaction de l'onde P3 ont été trouvés chez des sujets implantés plus jeunes (en comparaison avec des normo-entendants d'âge semblable). Lors de tâches demandant un traitement acoustico-phonétique, sémantique et des exigences cognitives, les temps de latence de l'onde P3 sont allongés et l'onde a une amplitude plus réduite. Cette onde s'allonge également lorsque le sujet doit inhiber des stimuli non congruents, comme lors de tâches demandant une forte charge cognitive telles que le stroop. Les ressources attentionnelles se retrouvent limitées et elles résistent au contrôle inhibiteur des stimuli non congruents.

Ainsi, en comparant les différents temps de latence de l'onde N1 et de l'onde P3, les sujets âgés implantés ont des temps de traitement de l'information plus longs que les normo-entendants, comme c'est le cas sur des tâches plus complexes et plus coûteuses d'un point de vue cognitif.

Ces données rendent compte de la charge cognitivo-perceptive que peut représenter le traitement d'informations verbales chez le sujet implanté cochléaire.

#### **II.4.3. Fonctions cognitives**

Dans une récente étude (2013), Holden et coll. [19] se sont interrogés sur les performances cognitives des patients implantés cochléaires.

Une série de tests neuropsychologiques a été proposée aux patients avant leur implantation. La cohorte est composée de 114 patients sourds post-linguaux, ayant une moyenne d'âge de 57,4 ans. Cette batterie de tests neuropsychologiques comporte des mesures de la mémoire à court terme et de la mémoire de travail ; du langage, du raisonnement, des

fonctions exécutives et de la compréhension verbale.

Les résultats de cette étude ne relèvent pas de différences significatives entre les sujets sourds avant leur implantation cochléaire et les contrôles normo-entendants, ce qui suggère que seule une longue période de surdité pourrait avoir une incidence sur le déclin cognitif.

Après l'implantation, les habilités cognitives varient significativement entre les sujets les plus jeunes et les plus âgés de cette étude. Ainsi l'âge et l'expérience avec l'implant cochléaire sont fortement corrélés avec les capacités cognitives. Les résultats montrent que la majorité des patients implantés de plus de 65 ans ont des performances cognitives plus faibles que celles de sujets plus jeunes. L'âge aurait donc un impact sur le système auditif périphérique et central. [13]. Schneider et coll. (2010) [48] évoquent ainsi l'idée que c'est dans des tâches d'écoute complexe, comme l'écoute dans le bruit, que la baisse des capacités cognitives du sujet âgé (diminution de la mémoire de travail, déficit attentionnel et vitesse de traitement plus faible) peut influencer de manière significative la compréhension de la parole.

Malgré ces résultats, les patients implantés bénéficient le plus souvent d'une amélioration de leurs capacités de communication et de leur qualité de vie avec une participation plus active à des activités sociales. Ces situations de communication pourront à leur tour stimuler leurs habilités cognitives et prévenir d'un éventuel déclin cognitif.

Dans le Centre Référent d'implantologie et de chirurgie de la base du crâne du Pr Sterkers à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière, une étude préliminaire a été menée par Lallau et Sellem, (2014) [3] afin de valider une procédure d'évaluation rapide et pertinente des capacités cognitives des adultes devenus sourds, candidats à l'implantation cochléaire. Dans leur étude, Lallau et Sellem (2014) ont testé les patients avec le Codex et le MoCA. Le MoCA leur est apparu pertinent, car ce test est composé d'items similaires au Codex : il est donc comparable au Codex. Le choix du MoCA, composé d'items (subtests) supplémentaires et plus variés que le Codex, est basé sur le fait qu'il permet d'évaluer davantage de fonctions cognitives et permettant ainsi une évaluation plus approfondie des fonctions exécutives.

Ainsi notre étude a pour objectif de comparer les résultats des sujets de cette étude (n=24) avant et après leur implantation cochléaire. Il s'agira alors de sélectionner le test le plus adapté pour le repérage des fonctions cognitives dégradées chez les patients sourds.

Hypothèse 1a : Nous formulons l'hypothèse qu'une amélioration des scores au test MoCa et Codex pourrait être observée après l'implantation cochléaire chez les patients ayant

présenté des scores déficitaires lors de l'évaluation pré-implant (Lallau et Sellem, 2014) [3].

Hypothèse 1b : Dans leur étude, Lallau et Sellem [3] ont mis en évidence des scores moindres aux subtests testant la mémoire épisodique (épreuve des 5 mots) et les fonctions exécutives (horloge, TMT, cube, catégorisation) par rapport aux autres subtests. Nous pensons que les performances aux subtests concernant la mémoire épisodique et les fonctions exécutives ne seront plus déficitaires après l'implantation cochléaire.

Hypothèse 2 : Dans leur étude, Lallau et Sellem (2014) [3] ont montré qu'avant l'implantation les résultats au Codex et au MoCA étaient corrélés. Nous pensons qu'après l'implantation cochléaire la relation entre les résultats obtenus au MoCA et au Codex sera préservée.

Hypothèse 3 : Nous pensons qu'il existe une corrélation entre les résultats au test MoCA après l'implantation cochléaire et certaines variables chez nos sujets :

Hypothèse 3a : Dans leur étude portant sur le sujet âgé implanté cochléaire, Mosnier et al. (2015) [36] ont mis en évidence une amélioration des fonctions cognitives, secondairement à l'amélioration de l'intelligibilité. Nous pensons que les sujets âgés présenteront une amélioration de leurs scores aux tests cognitifs MoCA et Codex, malgré une limitation de la plasticité cérébrale liée à l'âge chez ces sujets.

Hypothèse 3b: La durée de surdité est l'un des facteurs principaux pouvant avoir un effet sur le bénéfice auditif post-implantation. Nous formulons l'hypothèse que la durée de surdité pourrait avoir un impact négatif sur les performances obtenues au MoCA après l'implantation.

Hypothèse 4 : Dans leur étude, Tun et coll en 2009 [54] ont démontré que le coût cognitif du traitement du langage est si important, qu'il se produit au détriment des autres fonctions cognitives. Ainsi nous supposons qu'après la réhabilitation auditive, le patient bénéficiant d'un traitement perceptif du langage moins coûteux grâce à l'implant cochléaire, pourrait également bénéficier d'un allègement de la charge cognitive, ce qui se traduirait par une amélioration des scores obtenus lors des tests cognitifs. Ainsi il pourrait exister une corrélation entre les performances auditives et le score au MoCA chez les sujets implantés cochléaires.

## PARTIE PRATIQUE

### **III. MATÉRIEL ET MÉTHODE**

#### **III.1. Description de la population d'étude**

##### *Origine de la cohorte*

Les sujets qui ont été testés dans cette étude sont tous suivis dans le centre référent d'implantation de l'Unité "Otologie, Implants Auditifs et Chirurgie de la Base du Crâne", du Pr. O. Sterkers, au sein du Groupe Hospitalier Pitié-Salpêtrière, AP-HP (anciennement à l'hôpital Beaujon, Clichy, AP-HP).

Tous les participants de l'étude ont reçu une lettre d'information et ont signé une lettre de consentement en double exemplaire [Annexe A].

##### *Critères d'inclusion et d'exclusion de notre population d'étude*

Les participants, tous volontaires, ont répondu aux critères d'inclusion de notre étude, soit :

- Etre âgé de plus de 18 ans ;
- Etre francophone ;
- Présenter une surdité neurosensorielle évolutive post-linguale sévère à profonde ;
- Ne pas présenter d'antécédents de troubles neurologiques ou psychiatriques ;
- Ne pas avoir de déficit visuel ;
- Avoir passé une première fois les tests Codex et MoCA avant l'activation de l'implant cochléaire ;
- Ne pas avoir été soumis aux tests Codex et MoCA ou à leurs composantes depuis 6 mois au moins ;

##### *Répartition de la population d'étude*

La population d'étude a été répartie selon le tableau suivant :

Tableau I. Répartition de la population d'étude [Annexe B]

	Nombre de patients
Sexe	
Femmes	10
Hommes	14
Âge lors de l'implantation	63 ± 3,49 [23-90]
Femmes	62 ± 6,03 [23-83]
Hommes	65 ± 4,11 [24-90]
Niveau socio-culturel *	
inférieur ou égal à 12 ans d'études :	16 (66%)
NSC 0	6 (25%)
NSC 1	10 (42%)
supérieur à 12 ans d'études :	8 (33%)
NSC 2	6 (25%)
NSC 3	2 (8%)
Durée de surdité lors de l'implantation	6,01 ± 1,47 [0,2-25]
Appareillage avant implantation	
2 aides auditives	11 (46%)
1 aide auditive	11 (46%)
aucune aide auditive	2 (8%)
Appareillage après l'implantation	
2 implants cochléaires	3 (12%)
1 implant et 1 prothèse controlatérale	19 (80%)
1 implant	2 (8%)
Délai post implantation au moment des tests cognitifs	6 (30%)
6 mois	18 (70%)
12 mois (dont 10 ont également été testés à 6 mois.	
Résultats cognitifs avant l'implantation	
Codex	
pathologique	5
non pathologique	19
MoCA	
pathologique	11
non pathologique	13
Résultats cognitifs après l'implantation	
Codex	
pathologique	1
non pathologique	23
MoCA	
pathologique	5
non pathologique	19

\* Concernant le niveau d'étude : Les patients ont été répartis en quatre niveaux d'étude selon la durée de leur scolarité, en s'appuyant sur le fait qu'au test MoCA, un point supplémentaire est attribué aux patients dont la scolarité est inférieure à 12 ans.

## **III.2. Tests utilisés**

### *III.2.1. Tests auditifs*

#### *Listes dissyllabiques de Fournier [5] [Annexe F]*

Les listes de Fournier mesurent les capacités d'intégration de la parole au moyen de mots dissyllabiques que le patient doit répéter. L'unité d'erreur est le mot. Ceux-ci peuvent être présentés avec ou sans lecture labiale. Toutefois, il est à noter que ces listes sont de difficulté inégale et ne sont pas phonétiquement équilibrées : la proportion des différents phonèmes n'est pas identique d'une liste à l'autre et n'est pas non plus celle de la langue française parlée. C'est pourquoi d'autres tests sont utilisés pour évaluer les capacités d'intégration auditive avec l'implant.

#### *Listes cochléaires de Lafon [5] [Annexe F]*

J.C. Lafon a réalisé un test de mesure des distorsions cochléaires. Ce test est composé de vingt listes phonétiquement équilibrées de 17 mots composés de trois phonèmes chacun.

Il permet d'évaluer les capacités d'identification phonétique, avec comme unité d'erreur le phonème. Deux listes sont proposées pour chaque modalité (implant seul ou condition binaurale, avec ou sans lecture labiale) ce qui permet d'obtenir le pourcentage de mots et de phonèmes reconnus.

#### *Listes de phrases MBAA [5] [Annexe F]*

Au cours de cette épreuve, il est demandé au patient de répéter des phrases présentées dans le silence (avec ou sans lecture labiale) ou dans le bruit grâce à un enregistrement, avec un rapport signal/bruit égal à 10 ou à 5 dB. Chaque série est composée de quinze phrases de longueur variable. Au total, les séries comptabilisent environ 100 mots chacune. Cette épreuve fait particulièrement appel aux suppléances mentales, car le sujet va parfois pouvoir reconstituer la phrase entendue partiellement grâce au sens de ce qu'il a perçu. Cela fait donc de la MBAA un test "écologique", c'est-à-dire au plus près des conditions de la vie quotidienne. Lors de la cotation, on notera quel pourcentage de phrases entières a pu être répété, mais également quel pourcentage de mots. Grâce à ces deux résultats on pourra déterminer si le patient peut avoir recours à ses suppléances mentales avec efficacité.

### *III.2.2. Tests cognitifs : Codex et MoCA*

#### *Méthode de présentation des tests cognitifs*

Les consignes et le contenu des tests ont été présentés à l'écrit via un diaporama. Lorsque

les épreuves le nécessitaient, nous avons choisi d'imiter le déroulement de la parole en faisant apparaître et disparaître progressivement les mots ou les chiffres à l'écran afin de simuler au plus près la dynamique d'une présentation auditive. Chaque patient a été testé individuellement dans un bureau calme. Les tests ont duré approximativement 25 minutes. Les tests ont été dans la majorité des cas proposés avant le bilan auditif afin d'éviter l'effet de fatigabilité. Conformément aux procédures appliquées lors du test pré-implantation, le Codex a toujours été proposé avant le MoCA. Cependant, afin de respecter le délai prescrit entre la présentation des 5 mots et leur rappel, nous avons parfois interverti l'ordre de certaines épreuves du MoCA.

#### *Description des tests cognitifs utilisés*

Le Codex et le MoCA sont des tests de « screening », c'est-à-dire qu'ils permettent de repérer en un temps minimal s'il y a atteinte ou non d'une ou plusieurs fonctions cognitives. Le Codex (Belmin et al, 2006) [6] évalue essentiellement les capacités mnésiques, exécutives, attentionnelles et de visuo-construction alors que le MoCA (Nasreddine, 2004) [37] a un champ d'évaluation plus large (fonctions mnésiques, exécutives et attentionnelles, calcul, visuo-construction, langage...). Ils ont initialement été conçus dans le but de permettre de dépister les démences ou d'identifier les sujets risquant de développer ce type de pathologie.

#### *Codex : Cognitive disorders examination [Annexe D]*

Le test Codex, validé en 2006, est disponible gratuitement sur internet à l'adresse [www.testcodex.org](http://www.testcodex.org). Il a été normalisé auprès de 323 sujets de 6 centres de consultations mémoire.

*Tableau II. Epreuves du Codex*

Epreuves	Consignes	Fonctions cognitives testées
<u>Encodage des 3 mots</u>	Mémoriser 3 mots présentés visuellement (ils apparaissent successivement à l'écran pendant 2 secondes chacun).	Mémoire épisodique
<u>Horloge simplifiée</u>	Inscrire les chiffres à l'intérieur du cercle comme s'il s'agissait du cadran d'une montre puis dessiner les aiguilles pour représenter 14h25.	Fonctions exécutives et praxies visuo-constructrices.
<u>Rappel des 3 mots</u>	Restituer les 3 mots présentés précédemment.	Rappel de la trace mnésique



Ensuite on applique l'arbre de décision du Codex pour connaître le score du patient. On considérera le test achevé si les précédentes tâches sont toutes les deux réussies (le Codex est alors dit « normal » et le patient est considéré comme appartenant à la catégorie A soit « à très peu de chance de développer une démence ») ou toutes deux échouées (Codex « anormal », le patient appartient alors à la catégorie D « à très forte probabilité de développer une démence »). En revanche, si l'une des deux tâches est anormale, le test va se poursuivre avec une épreuve d'orientation spatiale. On proposera 5 questions d'orientation temporo-spatiale. Chaque bonne réponse vaut 1 point. Si le total est égal à 4 ou 5, le Codex est considéré normal, le patient se situe dans la catégorie B soit « à faible chance de développer une démence ». Si le total est inférieur ou égal à 3, le Codex est anormal, le patient appartient alors à la catégorie D soit « à probabilité élevée de développer une démence ».

En conclusion, on retiendra les catégories A et B comme non pathologiques et C et D comme pathologiques.

#### *MoCA : Montreal Cognitive Assessment [Annexe E]*

La dernière version du test MoCA, validée en 2004, est diffusée gratuitement sur internet à l'adresse [www.mocatest.org](http://www.mocatest.org). Le MoCA a été normalisé auprès de 277 sujets répartis selon leur degré d'atteinte cognitive :

- 90 sujets normo-contrôles ayant obtenu un score moyen supérieur ou égal à 26 points (test normal)
- 94 patients présentant un déclin cognitif léger ayant obtenu un score moyen inférieur à 26 points (test anormal)
- 93 patients présentant une démence de type Alzheimer, ayant obtenu un score inférieur à 26 points (test anormal)

Tableau III. Epreuves du MoCA :

Epreuves	Consignes	Fonctions cognitives testées
<i>Epreuves visuo-spatiales et exécutives (sur papier)</i>		
* TMT (1 point)	Réaliser un tracé continu en alternant un chiffre et une lettre, tout en respectant l'ordre chronologique et l'ordre alphabétique.	Alternance conceptuelle et flexibilité.
* Cube (1 point)	Copier le dessin du cube présenté le plus précisément possible.	Traitement visuo-spatial
* horloge (3 points)	Dessiner une horloge en plaçant tous les chiffres et en indiquant l'heure à 11h10.	Représentation visuo-spatiale et conceptuelle
Dénomination (3 points)	Dénommer chacun des animaux, de la gauche vers la droite.	Accès au lexique interne et au lexique phonologique de sortie
Rappel différé (5 points)	Rappeler les 5 mots présentés 5 minutes plus tôt	Mémoire épisodique
<i>Alerte et MDT :</i>		
*Empan endroit (1 point)	Répéter l'ensemble des 5 chiffres présentés successivement sur le diaporama.	Boucle phonologique
*Empan envers (1 point)	Répéter l'ensemble des 3 chiffres présentés successivement, dans l'ordre inverse d'apparition.	Mémoire de travail
*Concentration (1 point)	Frapper dans ses mains lorsque la lettre A apparaît à l'écran.	Attention sélective
*Calcul sérié (3 points)	Compter à rebours de 7 en 7 à partir de 100.	Calcul et mise à jour en mémoire de travail
<i>Langage</i>		
*Répétition de phrases (2 points)	Répéter les phrases apparues par morceaux à l'écran.	Boucle phonologique
*Fluidité verbale (1 point)	Enoncer autant de mots que possible (sauf noms propres) commençant par la lettre F en 1 minute.	Accès au lexique et fonctions exécutives
Abstraction (2 points)	Rechercher la similitude entre 2 items présentés.	Sur-classement sémantique
Orientation (6 points)	Enoncer la date complète du jour, et le lieu où l'on se trouve.	Repérage spatio-temporel

En conclusion, le nombre de point maximum est de 30. Lorsque le sujet obtient un score qui est supérieur ou égal à 26, on considère le score au MoCA comme normal ; lorsque le score est inférieur à 26, le score au MoCA est considéré comme étant pathologique.

### *III.2.3. Questionnaire sur la rééducation orthophonique, concernant les fonctions cognitives. [Annexe G].*

Un questionnaire sur la rééducation cognitive a été envoyé aux orthophonistes prenant en charge les patients implantés dans le service (via internet ou la voie postale), afin de prendre connaissance des domaines cognitifs rééduqués. Le questionnaire comporte neuf questions, concernant la date du début de la prise en charge, son intensité, quel(s) domaine(s) cognitifs ont été travaillé(s), ainsi que deux dernières questions portant sur le travail de la boucle audio-phonologique, et sur l'environnement sonores lors des exercices (dans le silence, bruit, etc.). Les trois domaines cognitifs visés par ce questionnaire sont ceux généralement concernés par la reeducation auditivo-cognitive des adultes présentant une surdité évolutive : l'attention, les fonctions exécutives ainsi que le travail des suppléances mentales [3]. Des précisions dans ces domaines ont été demandées, tel que le type d'attention travaillé.

A la suite de ce questionnaire, un tableau a été créé pour chaque patient, dont l'orthophoniste nous avait retourné la réponse, afin de recouper les domaines cognitifs travaillés en rééducation avec les scores de certains subtests du MoCA (avant et après l'implantation cochléaire). L'objectif étant d'étudier s'il y a une corrélation ou non entre la rééducation orthophonique d'un domaine cognitif et l'amélioration des scores d'un subtest.

### **III.3. Traitement des données**

Les statistiques descriptives (pourcentages, moyennes, médianes et écart-types), ainsi que l'analyse statistique comparative ont été effectuées au moyen du logiciel Excel et du logiciel JMP pro.

Nous avons comparé les résultats des effectifs à l'aide du test pairé, ainsi que du test fisher.

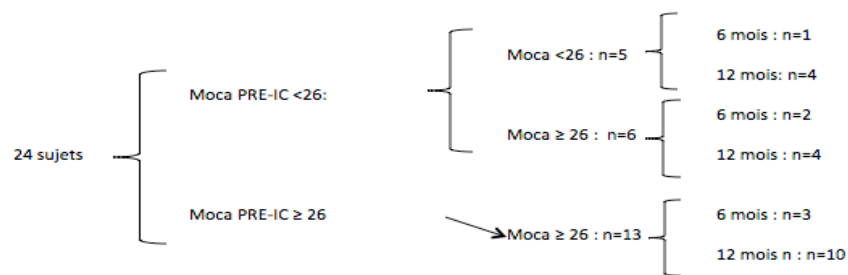
La corrélation de Spearman a été utilisée pour quantifier le lien entre deux variables dans un petit effectif.

## IV] RESULTATS DES TESTS COGNITIFS ET AUDITIFS AVANT ET APRES L'IMPLANTATION

### IV.1. Répartition des sujets suivant leur résultat au test cognitif du MoCA

Lors de l'analyse des résultats, les sujets ont été répartis en deux groupes : ceux ayant un score inférieur à 26, score dit « pathologique » et ceux ayant un score supérieur ou égal à 26, score dit « normal » ; en fonction de leurs résultats au score du MoCA, après l'implantation cochléaire.

Ces patients ont ensuite été testés avec un délai de 6 mois (n=6), à 12 mois (n=8) et à 6 mois et 12 mois (n=10). Pour ces derniers patients, seuls les résultats à 12 mois sont pris en compte selon la répartition donnée ci-dessous.



### IV.2. Evolution des performances cognitives après l'implantation cochléaire

#### IV.2.1. Evolution des résultats au Codex

Avant l'implantation cochléaire, 5 patients avaient un score pathologique (D), 4 d'entre eux ont un score B 12 mois après l'implantation, mettant en évidence une amélioration au test du Codex après l'implantation cochléaire. Cette amélioration n'est pas significative en terme de répartition de la population (test de Fisher,  $P > 0,20$ ) (figure 1).

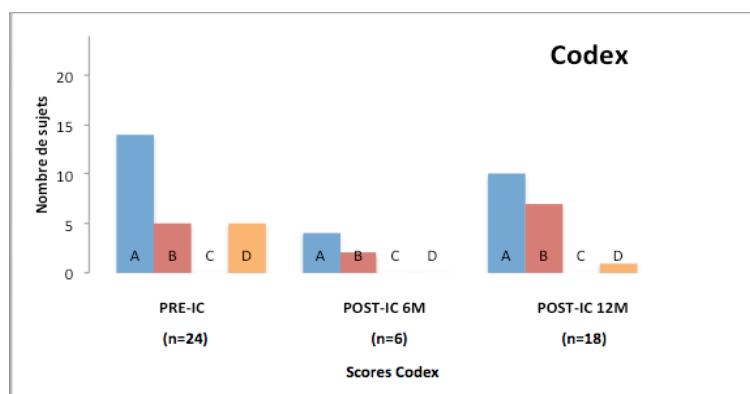


Figure 1. Résultats des sujets au test Codex en pré-implantation (PRE-IC) et en post-implantation cochléaire : à 6 mois (POST-IC 6M) et 12 mois (POST-IC 12M). A-B-C-D correspondent aux 4 catégories du Codex (voir paragraphe III.2.2 Codex).

#### IV.2.2. Evolution des résultats au MoCA

Les patients ayant un score au test MoCA normal avant l'implantation obtiennent un score normal en post-implant que ce soit à 6 mois (variation de  $+1,0 \pm 0,99$ ,  $n=3$ ) ou à 12 mois (variation de  $+0,7 \pm 0,55$ ,  $n=10$ ).

Le test païré a permis de mettre en évidence une amélioration significative des scores à 6 mois (variation de  $+3,7 \pm 0,87$ ,  $n=3$ ,  $p < 0,02$ , test païré) et à 12 mois (variation de  $+3,0 \pm 1,06$ ,  $n=8$ ,  $p < 0,01$  test païré) pour les patients ayant obtenu un score pathologique au MoCA avant l'implantation cochléaire.

Il faut noter cependant que si l'on fait, comme pour le Codex, une étude de répartition de population entre normal et pathologique, avant et après l'implantation, le test de Fisher ne permet pas de mettre en évidence de différence significative, ( $p > 0,30$ ).

Il est à noter que sur les 11 sujets, 6 ne sont plus pathologiques après l'implantation cochléaire. Sur les 5 restants pathologiques, leur score au MoCA s'est amélioré en moyenne de 2,4 points  $\pm 1,24$ .

La plus forte progression à ce test est de 6 points. Deux sujets ayant obtenu un score au test MoCA inférieur à 26 avant l'implantation ont une amélioration de 6 point, l'un n'est plus considéré pathologique après l'implantation cochléaire, alors que l'autre obtient un score pathologique 6 mois après l'implantation cochléaire.

Pour certains sujets, il existe une dégradation des performances. La plus importante étant une perte de 3 points chez un sujet étant dans le groupe non pathologique avant l'implantation cochléaire, obtenue lors de l'évaluation à 6 mois. Mais le sujet est resté non pathologique (figure 2).

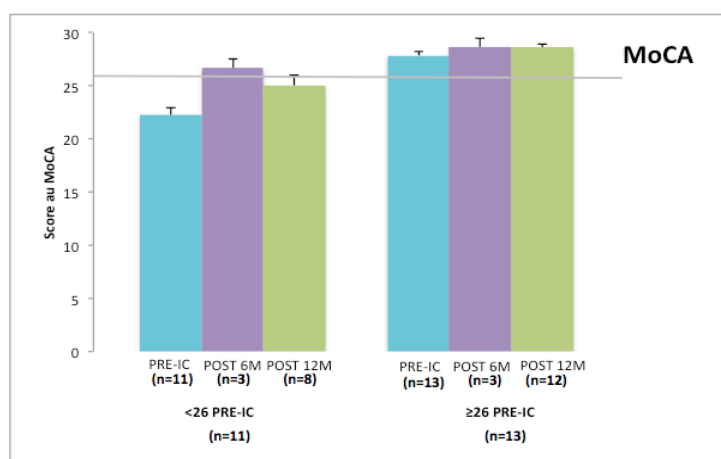


Figure 2. Résultats des sujets ( $n=24$ ) au test MoCA en pré-implantation (PRE-IC) et en post-implantation cochléaire : à 6 mois (POST-IC 6M) et 12 mois (POST-IC 12M). Les patients sont répartis selon leur score normal ( $\geq 26$ ) ou pathologique ( $< 26$ ) en pré-implantation. La ligne à 26 représente le seuil du score pathologique au MoCA. Les valeurs

sont des moyennes  $\pm$  ESM, les n sont indiqués entre parenthèses.

Ainsi le MoCA permet de mettre en évidence une amélioration des scores lors des tests en post-implantation cochléaire, à 6 et 12 mois, pour les sujets ayant obtenu un résultat inférieur à 26, c'est-à-dire pathologique, lors de l'évaluation en période pré-implantatoire.

#### IV.2.3 Evolution des performances cognitives de 10 sujets testés à 6 mois et 12 mois.

Les patients ayant obtenu un score au test MoCA normal en pré-implant conservent un résultat normal en post-implant que ce soit à 6 mois (variation de  $-1,0 \pm 0,63$ ,  $n=10$ ) et à 12 mois (variation de  $+0 \pm 0,31$ ,  $n=10$ ). Les patients ayant un score au test MoCA pathologique en pré-implant ne s'améliorent pas à 6 mois (variation de  $+1,0 \pm 1,22$ ,  $n=10$ ) mais à 12 mois (variation de  $+4,0 \pm 1,13$ ,  $n=10$ ,  $p>0,02$  test pairé).

Chez les sujets ayant obtenu un score non pathologique au MoCA avant l'implantation cochléaire ( $n=5$ ), ils n'ont pas de modification de leurs performances cognitives après l'implantation cochléaire, que ce soit à 6 mois ou à 12 mois.

Pour les sujets ayant obtenu un score pathologique au MoCA avant l'implantation cochléaire ( $n=5$ ), ils n'ont pas eu d'amélioration de leurs performances après l'implantation cochléaire à 6 mois, mais ont amélioré leur moyenne de résultats à 12 mois. Cependant, si l'on considère le critère normal/pathologique, 4 d'entre eux sont devenus normaux sur ces 5 sujets.

Les deux groupes ont eu une baisse de leur score lors de l'évaluation à 6 mois.

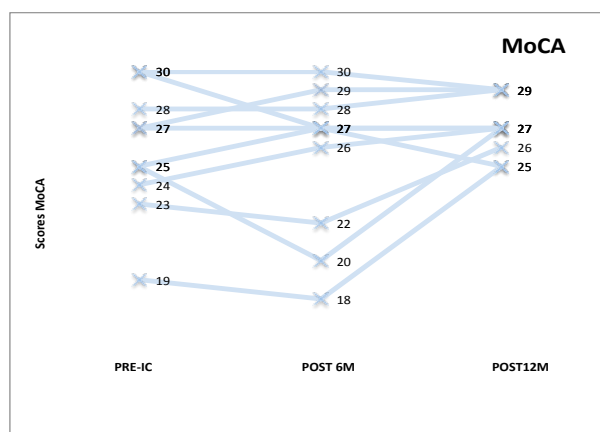


Figure 3. Résultats de 10 sujets au test MoCA, en pré-implantation (PRE-IC) et post-implantation cochléaire testés à 6 mois (POST-IC 6M) et 12 mois (POST-IC 12M).

Ainsi le MoCA permet de mettre en évidence une amélioration des scores lors des tests en

post-implantation cochléaire, à 12 mois, pour les sujets ayant obtenu un résultat inférieur à 26 lors de l'évaluation en période pré-implantatoire.

#### IV.2.4 Evolution des subtests du MoCA

Pour définir les épreuves améliorées après l'implantation cochléaire, nous avons classé les épreuves en deux catégories : celles « chutées » ou « réussies » avant l'implantation cochléaire. Les épreuves dites « chutées » sont celles échouées par moins de 20 sujets et les épreuves dites « réussies » sont celles réussies par plus de 20 sujets.

Tableau IV. Répartition des épreuves :

< 20 sujets ont chuté le test	> 20 sujets ont réussi le test
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visuo-spatiales/exécutif (TMT, cube, horloge)</li> <li>- Mémoire</li> <li>- Langage (Fluence phonémique, syntaxe)</li> <li>- Abstraction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dénomination</li> <li>- Attention et Mémoire de travail (Alerte tonique, empan endroit/envers, soustraction)</li> <li>- Orientation</li> </ul>

#### Comparaison des subtests du groupe $\geq 26$ lors du bilan pré-implantatoire.

Ces sujets ont obtenu le score maximal dès le bilan pré-implantatoire, la marge de progression est donc limitée après l'implantation, c'est pourquoi nous n'avons pas étudié l'évolution des épreuves « chutées » et « réussies » avant l'implantation cochléaire (figure 4).

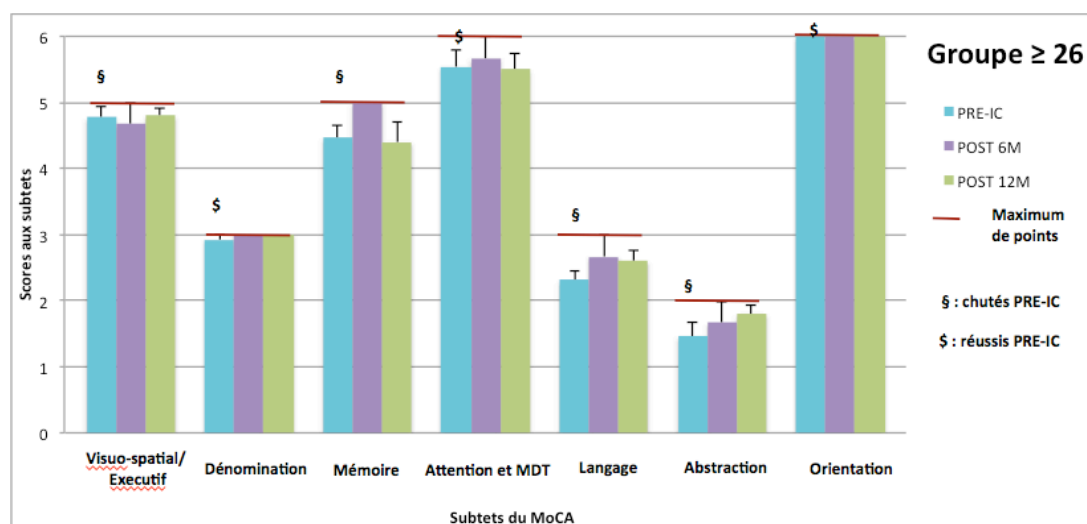


Figure 4. Résultats au MoCA du groupe Pré-IC  $\geq 26$  en pré-implant ( $n=13$ ) et à 6 mois ( $n=3$ ) et 12 mois ( $n=10$ ). L'axe des abscisses représente les 13 subtests du MoCA. La ligne rouge définit la note maximale à chaque subtest, ceux-ci n'ayant pas la même cotation.

### Comparaison des subtests du groupe <26 lors du bilan pré-implantatoire.

Pour ce groupe, nous avons comparé l'évolution des scores des subtests en post-implantation, par rapport à l'évaluation en pré-implantation, des épreuves « chutées » (avant l'implantation cochléaire). Nous avons ainsi calculé pour les deux temps d'évaluation, le pourcentage de sujets ayant obtenu 80 % du score maximal. Pour confirmer qu'il existe une évolution des résultats, nous avons retenu une amélioration de 30% comme étant significative. Nous n'avons pas réalisé cette comparaison pour les épreuves « réussies » car elles sont restées stables après l'implantation cochléaire, elles ne sont pas discriminantes.

Tableau V. Récapitulatif des résultats

	% de patients ayant réussi 80% de l'épreuve PRE-IC	% de patients ayant réussi 80% de l'épreuve POST-IC
Visuo-spatial/exécutif	9	54
Mémoire	36	81
Langage	36	36
Abstraction	9	27

Deux domaines ont fait l'objet d'une amélioration après l'implantation cochléaire : le domaine « visuo-spatial/exécutif » dont les score augmentent de 45 %, et le domaine « mémoire » qui augmente de 45% également (figure 5).

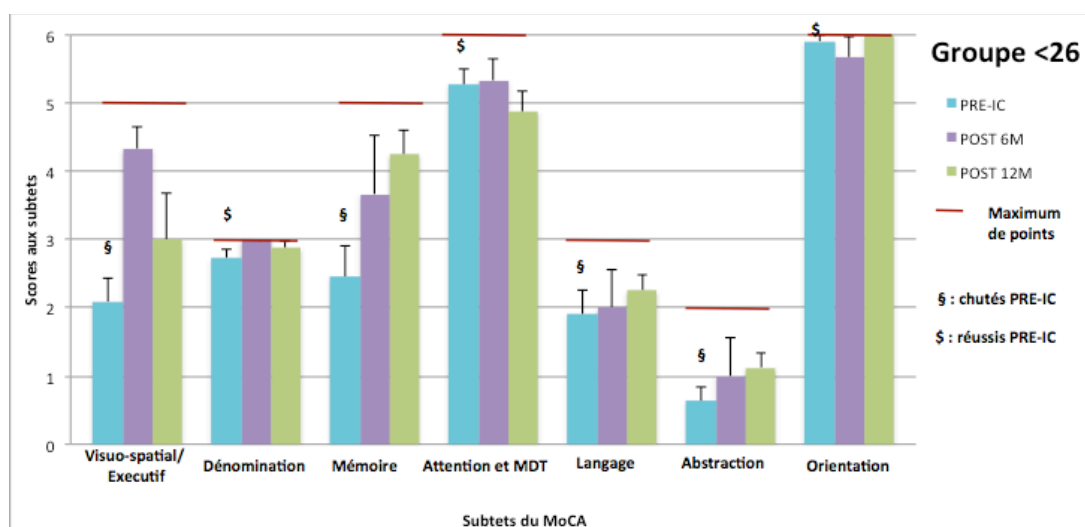


Figure 5. Résultats au MoCA du groupe Pré-IC <26 en pré-implant (n=11) à 6 (n=3) et 12 mois (n=8). La ligne rouge définit la note maximale à chaque subtest, ceux-ci n'ayant pas la même cotation.

Ainsi les sujets du groupe ayant obtenu un score inférieur à 26 lors du bilan pré-implantatoire



ont une amélioration de leurs scores dans deux domaines du MoCA : les domaines « visuo-spatial/exécutif » et « mémoire ».

### IV.3. Relation entre les résultats cognitifs des tests Codex et MoCA

#### IV.3.1. Relation entre le MoCA et le Codex pour les résultats à 6 mois.

L'ensemble des sujets obtient une note dans la catégorie A ou B à 6 mois après l'implantation cochléaire. Les sujets ayant obtenu une note dans la catégorie A au Codex (n=4), ont obtenu un score supérieur ou égal à 26 au MoCA. Parmi les sujets ayant obtenu une note dans la catégorie B au Codex (n=2), l'un des sujets a obtenu un score non pathologique au MoCA, l'autre ayant obtenu un score pathologique à ce même test (figure 6).

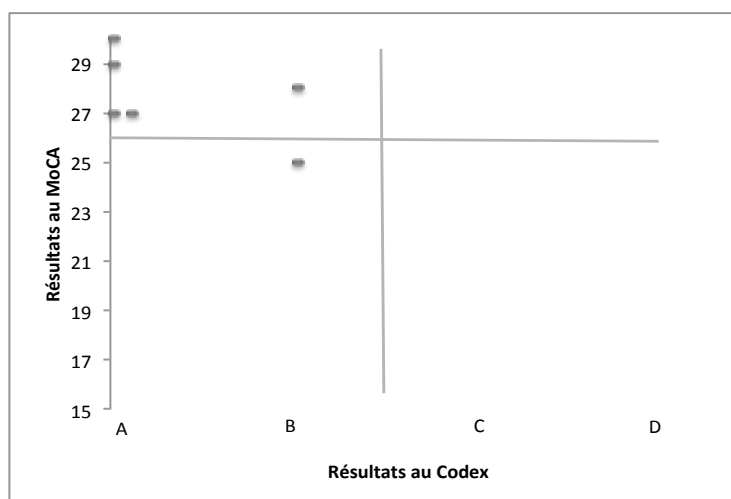


Figure 6. Relation entre les tests MoCA et Codex des sujets testés à 6 mois après l'implantation cochléaire (n=6). La ligne horizontale à 26 représente le seuil du score pathologique au MoCA, la ligne verticale celle du Codex.

Ainsi il existe une relation entre un score non pathologique au MoCA et non pathologique au Codex pour les sujets testés à 6 mois après leur implantation cochléaire.

#### IV.3.2. Relation entre le MoCA et Codex pour les résultats à 12 mois.

La majorité des sujets obtient un score dans la catégorie A ou B, 12 mois après l'implantation cochléaire. Tous les sujets ayant obtenu une note dans la catégorie A au Codex (n=11), ont obtenu un score supérieur ou égal à 26 au MoCA. Pour les sujets ayant obtenu une note dans la catégorie B au Codex (n=7), 4 ont obtenu un score non pathologique au MoCA et 3 ont obtenu un score pathologique à ce même test. Seulement



b) Après l'implantation cochléaire.

Le test de Spearman ( $Rho = -0,4$ ,  $p > 0,5$ ) n'a pas permis de mettre en évidence une corrélation significative entre l'âge des patients et les résultats au MoCA après l'implantation cochléaire (figure 9).

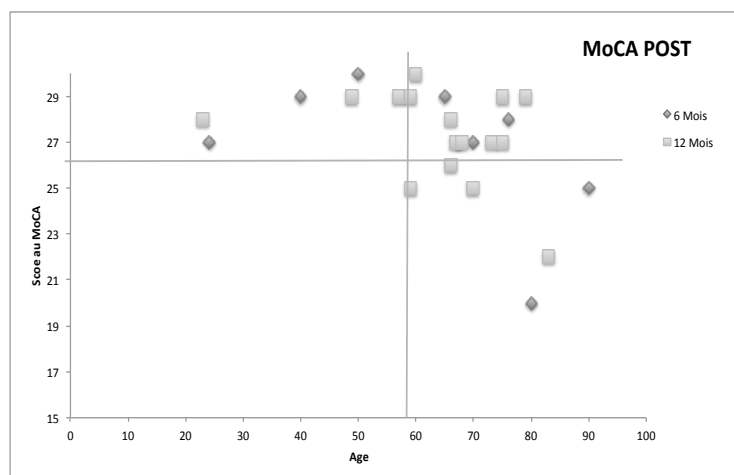


Figure 9. Corrélation entre les résultats au MoCA et l'âge des sujets ( $n=24$ ), après l'implantation cochléaire, pour les sujets testés à 6 mois ( $n=6$ , losange) et à 12 mois ( $n=18$ , carrés). L'étendue de l'âge est de 23 à 90 ans, la médiane est à 66 ans.

Lors du bilan pré-implantation, les sujets ayant un âge inférieur à la médiane (66 ans) ( $n=12$ ) ont obtenu des scores supérieurs ou égaux à 26 ( $n=11 : \geq 26$ ,  $n=1 : < 26$ ). Après l'implantation cochléaire, la proportion des scores de ces sujets est restée égale.

Les sujets ayant un âge supérieur à la médiane ( $n=12$ ) ont obtenu majoritairement des scores pathologiques au MoCA avant l'implantation cochléaire. Parmi ces 12 patients, 4 ont toujours un score pathologique après l'implant cochléaire, tandis que 8 obtiennent un score non pathologique entre 6 mois et 12 mois après l'intervention.

Ainsi les scores du MoCA ne diffèrent pas après l'implantation cochléaire pour les sujets dont l'âge est inférieur à la médiane. Cependant, les sujets âgés se sont améliorés au test du MoCA (en inversant la proportion des scores au MoCA).

#### IV.4.2. Corrélation entre les scores au MoCA et de la durée de surdité profonde

Pour les 12 sujets ayant une durée de surdité profonde inférieure à 3 ans, 6 ont obtenu un score pathologique au MoCA, avant l'implantation cochléaire [Annexe C], et 3 en post-implantation. Les patients ayant une durée de surdité profonde supérieure à 3 ans ( $n=12$ ), 5 ont un score pathologique avant l'implantation et 2 en post-implantation (figure 10). Le test de Spearman ( $Rho = 0,05$ ,  $p > 0,5$ ) n'a pas permis de mettre en évidence une

corrélation significative entre la durée de surdité et les résultats au MoCA après l'implantation cochléaire (figure 9).

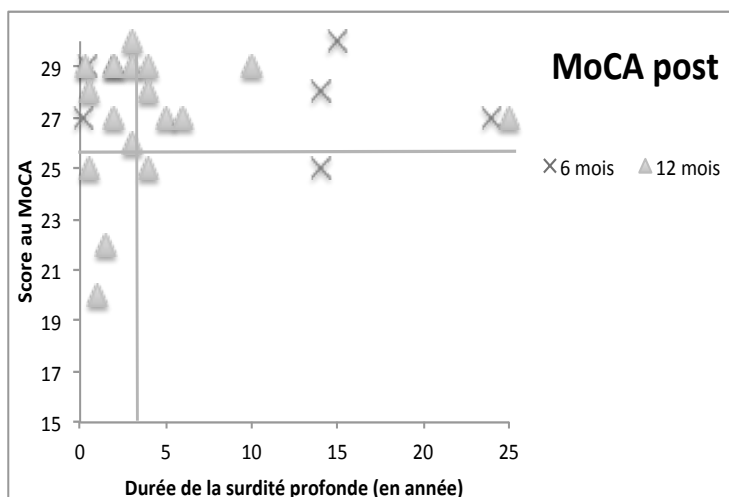


Figure 10. Corrélation entre les résultats au MoCA et la durée de surdité profonde de la cohorte (n=24), après l'implantation cochléaire, pour les sujets testés à 6 mois (n=6) et à 12 mois (n=18). La ligne à 26 représente le seuil du score pathologique au MoCA. La durée de surdité profonde varie de 0,2 à 25 ans, la médiane est à 3 ans (représentée par la ligne horizontale).

Ainsi il n'existe pas de corrélation entre la durée de surdité profonde et le score au MoCA pour notre étude.

#### IV.5. Corrélation entre l'évolution des performances cognitives et auditives

Tableau VI. Performances auditives des 24 sujets en période pré-implantation cochléaire. [Annexe C]

Tableau VII. Performances auditives des 24 sujets suivant leurs scores au MoCA en pré-implantation et leur date d'évaluation (6 mois et 12 mois).

Les valeurs sont des moyennes  $\pm$  ESM, les extrêmes sont entre crochets, suivi de la médiane.

	Fournier	MBAA silence	Lafon	MBAA bruit
Groupe MoCA pré $\geq 26$ / post $\geq 26$				
6 mois (n=3)	100 $\pm$ 0[100]100	100 $\pm$ 0[100]100	73 $\pm$ 8[65-88]65	86 $\pm$ 4[80-86]86
12 mois (n=10)	87 $\pm$ 4(9)[70-100]90	78 $\pm$ 12(9)[0-100]100	61 $\pm$ 6(9)[32-88]65	65 $\pm$ 14(8)[0-100]80
Groupe MoCA Pré <26 / post $\geq 26$				
6 mois (n=2)	80-100	93-100	32-71	27-87
12 mois (n=4)	90 $\pm$ 10(3)[70-00]100	90 $\pm$ 6(3)[80-100]92	62 $\pm$ 16(3)[41-94]50	64 $\pm$ 12(3)[40-80]73
Groupe MoCA Pré <26/ post <26				
6 mois (n=1)	100	100	59	33
12 mois (=4)	95 $\pm$ 3[90-100]95	91 $\pm$ 6(3)[80-100]93	70 $\pm$ 16[29-100]76	57 $\pm$ 18(3)[33-90]47

#### IV.5.1. Corrélation entre les scores au MoCA et le test perceptif Lafon.

Le test de Spearman ( $Rho = 0,5$ ,  $p > 0,5$ ) n'a pas permis de mettre en évidence une corrélation significative entre le pourcentage de compréhension au test Lafon et les résultats au MoCA après l'implantation cochléaire (figure 11). Aucune corrélation n'est également retrouvée avant l'implantation cochléaire sur ces mêmes tests [Annexe C].

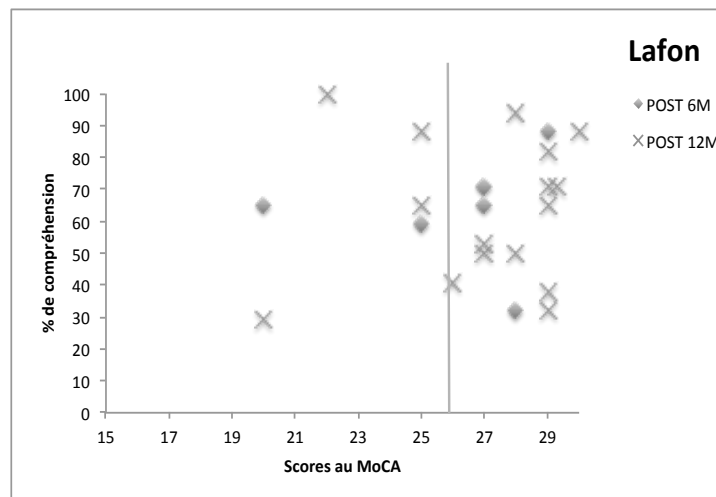


Figure 11. Corrélation entre les pourcentages de compréhension au test Lafon et des résultats au MoCA des sujets testés ( $n=22$ ), après l'implantation cochléaire, pour les sujets testés à 6 mois ( $n=6$ ) et à 12 mois ( $n=16$ ). La ligne à 26 représente le seuil du score pathologique au MoCA.

#### IV.5.2. Corrélation entre les scores au MoCA et le test perceptif MBAA.

Le test de Spearman ( $Rho = 0,3$ ,  $p > 0,5$ ) n'a pas permis de mettre en évidence une corrélation significative entre le pourcentage de compréhension au test MBAA et les résultats au MoCA après l'implantation cochléaire (figure 12). Aucune corrélation n'est également retrouvée avant l'implantation cochléaire sur ces mêmes tests [Annexe C].

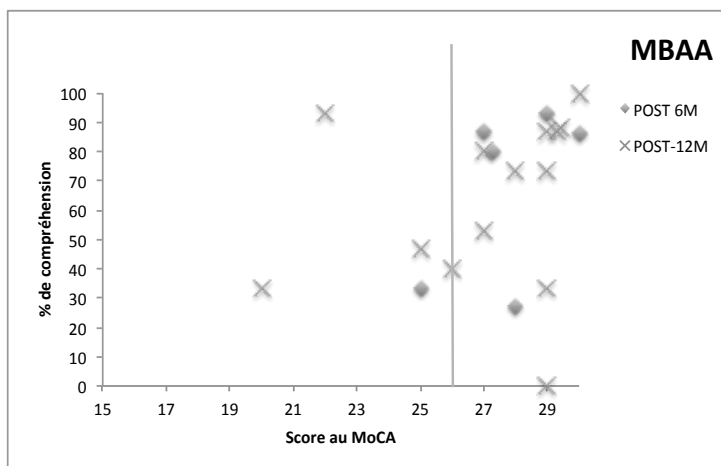


Figure 12. Corrélation entre les pourcentages de compréhension au test MBAA et les résultats au MoCA des sujets testés ( $n=20$ ), après l'implantation cochléaire, pour les sujets testés à 6 mois ( $n=6$ ) et à 12 mois ( $n=14$ ). La ligne à 26 représente le seuil du score pathologique au MoCA.

Ainsi le pourcentage de compréhension auditive et les scores au MoCA ne sont pas corrélés.

## V. DISCUSSION

### Validation/ Invalidation des hypothèses en confrontation avec les données de la littérature

#### V.1. Hypothèse 1: Evolution des performances cognitives.

##### *V.1.1. Evolution des performances aux tests Codex et MoCA.*

Actuellement, peu d'articles de la littérature scientifique traitent de la récupération cognitive liée à la réhabilitation auditive. Dans un article de 2007, Petitot et coll [40] évoquent une facilitation des processus mnésiques et en particulier de la mémoire épisodique visuelle après la réhabilitation audio-prothétique, aussi bien chez le sujet sain que chez le sujet atteint de la maladie d'Alzheimer. Dans un récent article publié par Mosnier et coll. (2015) [35] et traitant de la récupération cognitive post implantation chez les sujets âgés, 81% des sujets ayant obtenus les résultats les plus bas aux tests cognitifs avant l'implantation ont connu une amélioration significative de leurs résultats après leur implantation cochléaire. A l'inverse, dans le sous-groupe des sujets ayant présenté de bonnes performances cognitives avant l'implantation, 25% d'entre eux connaissent un léger déclin de leurs capacités après l'implantation cochléaire. Dans notre étude, seuls les sujets ayant un score pathologique préalablement à l'implantation cochléaire ont connu une amélioration significative de leurs scores au MoCA après l'implantation. Nous supposons que cela est dû à un "effet plafond" car 1/3 de la population non pathologique a obtenu le score maximal avant leur implantation. Seul un des patients de l'étude a connu une baisse de ses résultats après l'implantation. Bien qu'il ait perdu 3 points, il est resté dans la catégorie "non pathologique".

Dans leur étude, Petitot et coll. [40] soulignent que l'amélioration des processus cognitifs apparaît 6 mois après le début du port de la prothèse. Dans leur publication, Mosnier et coll. [35], montre que l'amélioration globale des performances s'opère au cours de la deuxième moitié de la première année après l'implantation. Les données que nous avons recueillies concordent avec celles obtenues par le Mosnier et coll. Cette différence pourrait s'expliquer par le temps d'adaptation nécessaire afin de traiter les informations perçues au moyen de l'implant.

Une étude de Petersen et coll. (2013) [39] a montré que grâce à l'imagerie fonctionnelle l'existence d'un délai d'adaptation nécessaire à la perception de la parole avec l'implant cochléaire. Quinze patients ont passé un PET scan durant lequel ils écoutaient de la parole à différents délais après l'activation des électrodes (15 jours, 3 mois et 6 mois

après l'activation des électrodes). Cette technique permet de mesurer en trois dimensions une activité métabolique ou moléculaire d'un organe grâce aux émissions produites par les positons issus d'un produit radioactif injecté au préalable. L'imagerie a ainsi mis en évidence une activation de plus en plus importante de l'aire de Broca au fil du temps. Cette activation est corrélée avec l'amélioration des capacités d'intégration de la parole. Ainsi plusieurs mois sont nécessaires à la réorganisation des structures corticales aptes à traiter au mieux les stimuli perçus avec l'implant. Ce délai d'adaptation peut expliquer le délai nécessaire à l'amélioration des habilités cognitives.

En conclusion, nos résultats confirment l'hypothèse selon laquelle les sujets ayant obtenu un score pathologique avant l'implantation ont connu une amélioration significative de leurs performances cognitives testées avec le MoCA après l'implantation cochléaire.

#### *V.1.2. Subtests du MoCA*

Dans leur article, Mosnier et coll. (2015) [35] ont établi que certains subtests cognitifs s'améliorent significativement après l'implantation cochléaire. Tandis que nous n'avons pas retrouvé de différence significative entre les scores obtenus aux subtests du MoCA avant et après l'implantation cochléaire, la comparaison des moyennes de ces scores nous a permis de déterminer que certains subtests sont mieux réussis après l'implantation cochléaire que d'autres. Bien que les épreuves proposées dans l'étude de Mosnier et coll. ne soient pas exactement les mêmes que celles que nous avons utilisées, il a été possible de les apparier à certains des subtests du MoCA car tous ces items font appel aux mêmes capacités cognitives. Les données de notre étude sont en accord avec celles de l'étude citée : les subtests s'étant le plus améliorés après l'implantation sont ceux liés aux fonctions exécutives (flexibilité, inhibition, mémoire épisodique, représentation visuelle).

Nous avons créé un questionnaire [Annexe G] afin de prendre connaissance des axes de rééducation proposés par les orthophonistes pour la rééducation auditivo-cognitive des patients sourds implantés cochléaires. Un effet significatif de la rééducation est démontré sur les performances auditives et cognitives [54].

Sur les vingt-quatre orthophonistes, neuf ont répondu à notre questionnaire. Nous avons créé une grille visant à recouper les réponses des orthophonistes, avec certains subtests du MoCA lorsque cela fut possible [Annexe H]. Les tableaux obtenus ne permettent pas d'établir des relations entre les subtests et les axes rééduqués. Il faudrait créer un



questionnaire plus spécifique afin de corrélérer au mieux ces deux données, et homogénéiser le contenu de l'entraînement proposé aux patients implantés afin de pouvoir comparer les résultats aux différents subtests.

Nous pouvons cependant préciser que sur les neuf orthophonistes, sept ont travaillé les fonctions exécutives, les suppléances mentales, ainsi que l'attention ; neuf ont travaillé l'attention et cinq ont travaillé la boucle audio-phonologique. Pour l'avenir il pourrait être envisagé d'affiner le questionnaire, afin d'établir un véritable lien entre les subtests du MoCA et les axes de rééducation. Cette grille pourra également permettre une visualisation simple des axes travaillés et des scores obtenus pour les orthophonistes du milieu hospitalier et du milieu libéral afin de coordonner un suivi dans le cadre d'un réseau de soin, pour le patient.

En ce qui concerne le délai nécessaire à l'amélioration des performances à ces subtests, les données recueillies par Mosnier et coll. [35] et les nôtres concordent également : l'amélioration est visible dès 6 mois après l'implantation. Dans notre échantillon, l'épreuve de rappel continue à s'améliorer par la suite.

Une étude de Schumann et coll (2015) [49] souligne l'impact à long terme de la rééducation. Dans le protocole mis en place lors de cette étude, il était proposé à des sujets implantés de réaliser via ordinateur des sessions d'entraînement à la discrimination des phonèmes dans le bruit. Les sessions étaient au nombre de deux par semaine, durant trois semaines. Les capacités de discrimination de phonèmes dans le bruit des sujets étaient testées avant le début du protocole, juste après la fin de celui-ci puis encore 6 mois plus tard. Chez les sujets participant au protocole, les scores obtenus juste après la fin du protocole étaient significativement meilleurs que chez les sujets contrôles. L'amélioration des performances des participants se poursuivait après la fin du protocole. La rééducation est donc un des facteurs potentialisant l'amélioration des capacités des patients et ce, dès sa mise en place. Cette rééducation a des effets prolongés dans le temps.

Comme nous l'avions suggéré, les subtests concernant les fonctions exécutives et mnésiques sont ceux qui s'améliorent après l'implantation ce qui peut s'expliquer par la sollicitation de ces fonctions au cours de la rééducation auditivo-cognitive.

## **V.2. Hypothèse 2 : Relation des résultats obtenus au Codex et au MoCA**

Dans leur étude, Lallau et Sellem (2014) ont montré qu'avant l'implantation cochléaire, le MoCA est plus discriminant que le Codex [3].

Après l'implantation et selon nos données, il existe une correspondance parfaite entre les résultats obtenus au Codex et au MoCA pour les patients classés en catégorie A et D au Codex : les sujets de catégorie A (à très faibles chances de développer une démence) ont tous obtenu un score supérieur à 26 au MoCA, et les sujets de catégorie D (à très forte chance de développer une démence) ont obtenu un score inférieur à 26 au MoCA. En ce qui concerne les patients classés en catégorie B au Codex (à faibles chances de développer une démence), les scores au MoCA sont plus hétérogènes. La moitié des sujets a eu un score pathologique au MoCA et l'autre moitié, un score non pathologique. Pour la catégorie C, aussi bien avant qu'après l'implantation, aucun sujet n'y a été classé en catégorie C (à faible chance de développer une démence). En effet, l'épreuve d'orientation temporelle destinée à déterminer si les patients sont en catégorie B ou C a été réussie par tous les patients, elle est donc trop peu discriminante. Dans l'étude de Lallau et Sellem (2014) [3], il a été montré que cette épreuve était à l'origine de la différence de classification entre le Codex et le MoCA et explique que le MoCA est plus discriminant que le Codex avant l'implantation. Ainsi le Codex semble être un test moins sensible que le MoCA pour évaluer l'évolution des performances cognitives après l'implantation.

Conformément à notre hypothèse, les résultats au Codex et au MoCA sont corrélés après l'implantation cochléaire.

### **V.3. Hypothèse 3 : Etudes des variables du MoCA**

#### *V.3.1. Corrélation avec l'âge.*

Dans l'étude de Mosnier et coll [35], la moyenne d'âge des sujets était de 72 ans, le sujet le plus jeune avait 65 ans et le plus âgé 85 ans. Dans le sous-groupe des sujets avec les scores cognitifs les plus bas avant l'implantation, 81% des sujets obtiennent une amélioration de leurs performances cognitives après leur implantation et ce, quel que soit leur âge.

D'après les données de notre étude, les sujets âgés (plus de 66 ans, N=12) ont bénéficié d'une amélioration significative de leurs scores cognitifs après l'implantation cochléaire. La répartition autour du seuil de pathologie des sujets âgés a également évolué après l'implantation : avant l'implantation,  $\frac{2}{3}$  (N=8) des sujets âgés de notre étude ont obtenu un score pathologique au MoCA. Après l'implantation cochléaire, ils ne sont plus qu' $\frac{1}{3}$  (N=4). De nouveau, nous avons pu observer un effet de délai en lien avec l'expérience avec l'implant cochléaire dans l'amélioration des performances cognitives. Parmi les 8 sujets âgés ayant obtenu un score pathologique après l'implantation, un seul a passé le seuil de pathologie 6 mois après son implantation cochléaire. Dans la mesure où 2 des 4 sujets,

ayant gardé des scores pathologiques après l'implantation, n'ont pu être testés que 6 mois après l'activation de leurs électrodes, il est possible que la proportion des sujets âgés devenus non pathologiques après l'implantation cochléaire soit plus importante que nous n'avons pu le montrer.

En ce qui concerne l'effet de l'âge du sujet sur les performances cognitives, aucun lien n'a pu être établi dans l'étude de Mosnier et coll [35]. Avant l'implantation, la moyenne d'âge des sujets au sein des sous-groupes "bonnes performances cognitives" et "faibles performances cognitives" était similaire. Après l'implantation, le pourcentage de sujets n'ayant pas connu d'amélioration de leurs résultats est le même chez le sous-groupe "65-74 ans" et le sous-groupe "plus de 75 ans".

Nos données sont donc en lien avec celles de Mosnier et coll [35], les tests réalisés ne nous ont pas permis de mettre en évidence une corrélation entre l'âge du sujet et les performances cognitives évaluées avec le MoCA, aussi bien avant qu'après l'implantation

En conclusion, il n'existe pas de corrélation entre l'âge du sujet et ses résultats au MoCA après l'implantation cochléaire.

### *V.3.2. Corrélation avec la durée de surdité profonde*

Bien que Lazard et coll. (2012) [22] aient défini la durée de surdité comme un des facteurs pouvant limiter le bénéfice que le patient pourra tirer de son implant [23], les travaux menés par Moon et coll. (2013) [33] tendent à prouver que les sujets ayant une surdité ancienne tirent également un bon bénéfice de leur implant. Dans son étude, les capacités d'intégration de la parole ont été testées chez 81 patients atteints de surdité post-linguale avant leur implantation et 12 mois après l'activation de leurs électrodes. Ces patients ont été répartis en deux groupes selon leur durée de surdité. La durée de surdité avant l'implantation s'étendait jusqu'à 30 ans. Les deux groupes de patients ont obtenu de bonnes performances d'intégration de la parole. Il n'existait pas de différence significative entre les scores obtenus par le sous-groupe des sujets avec une courte durée de surdité et le sous-groupe de sujets avec une longue durée de surdité.

En ce qui concerne les aptitudes cognitives, les résultats de notre étude ne mettent en évidence aucune différence significative entre les scores obtenus au MoCA par les sujets situés sous la médiane de durée de surdité et ceux situés au-dessus de cette médiane.

Avant l'implantation cochléaire, aucune relation entre la durée de surdité et les résultats au MoCA n'a été identifiée.

L'hypothèse 3b n'est donc pas vérifiée, selon nos données il n'existe pas de lien entre la durée de surdité profonde et le score obtenu au MoCA après l'implantation.

#### **V.4. Hypothèse 4 : Relation entre les performances auditives et les scores au MoCA**

Dans son étude de 2003, Lunner [31] a étudié les fonctions cognitives et les capacités de discrimination de la parole chez 72 sujets portant une prothèse auditive pour la première fois. Pour cela, il a proposé des tests d'intégration de la parole dans le bruit et de mémoire de travail. En étudiant les données obtenues, il a ainsi pu établir une corrélation stricte entre les capacités d'intégration de la parole et les habilités cognitives.

Les résultats obtenus auprès de l'ensemble de la cohorte de notre étude ne montrent pas de corrélation entre la qualité de discrimination de la parole et le score au MoCA. Toutefois, ces données semblent en adéquation avec celles obtenues par Mosnier et coll. (2015) [35]. Dans son étude, les résultats ne montrent aucune différence significative entre les performances auditives des 17 patients ayant les capacités cognitives les plus faibles et celles des 64 patients ayant obtenus les meilleurs résultats aux tests cognitifs. Il semblerait donc que contrairement à la réhabilitation avec une prothèse auditive conventionnelle, on ne puisse établir de corrélation entre les performances auditives et cognitives au cours de la réhabilitation avec l'implant cochléaire.

Contrairement à ce que nous avons suggéré, nous n'avons pas pu observer de relation entre les performances d'intégration de la parole après l'implantation et le score obtenu au MoCA.

#### **V.5. Critique de l'étude**

##### *Biais méthodologiques :*

Ce mémoire étant la continuité du mémoire intitulé « Tests cognitifs de dépistage Codex et MoCA chez l'adulte présentant une surdité évolutive » réalisé en 2013-2014 par Marlène Lallau et Audrey Selem [3], nous avons repris les résultats qu'elles ont obtenus l'an dernier. Ainsi l'étude compte en tout 4 examinateurs différents ayant fait passer les tests.

De plus, bien que nous ayons fait en sorte de proposer les tests cognitifs avant les autres rendez-vous du patient, l'emploi du temps du patient et des cliniciens nous a contraintes parfois à réaliser la passation en fin de journée, causant un possible effet de fatigabilité.

Enfin, l'anxiété de performances des sujets est un facteur non négligeable. En effet, les patients ne sont pas avertis qu'ils vont passer un test cognitif lors du bilan orthophonique.

Cela peut générer un état d'anxiété qui peut avoir une influence sur les performances des sujets.

*Biais statistiques :*

D'autre part, les tests ont toujours été effectués dans le même ordre – le Codex puis le MoCA – alors qu'en termes de probabilité, il faudrait choisir de manière aléatoire l'ordre de passation des tests. Il serait possible qu'il y ait eu un effet de recrutement attentionnel, car des patients ont pu obtenir un score pathologique à l'épreuve de rappel des 3 mots au Codex alors qu'ils ont pu répéter 3 mots ou plus au MoCA.

Notre population n'a pas bénéficié d'un égal accès à la rééducation orthophonique. Cette rééducation, si elle a eu lieu, a pu varier en nombre et en fréquence de séances, ainsi que sur les approches pratiquées (approche purement auditive ou auditivo-cognitive).

*Limites liées aux tests :*

Les tests Codex et MoCA ont été conçus afin de repérer un risque de démence et ne sont pas suffisamment sensibles pour évaluer des sujets ne présentant pas de symptômes liés à un déficit cognitif.

*Pour l'avenir :*

Les populations ont été re-testées à courte échéance après leur implantation, il pourrait être intéressant d'avoir un suivi longitudinal de leur évolution.

Les tests n'ont pas été chronométrés, or selon Henkin et coll [18] les sujets sourds auraient une vitesse de traitement plus lente que les normo-entendants. Ainsi chronométrer le temps de passation des épreuves et les comparer à ceux d'une population contrôle normo-entendante pourrait permettre d'affiner l'analyse des résultats obtenus. Enfin, les documents transmis aux orthophonistes de ville pourront être améliorés avec le temps et les échanges entre les orthophonistes du réseau de soin ville-hôpital.

## CONCLUSION

Dans leur article datant de février 2015, Miller et coll. [32] rappellent que la prévalence de la surdité et des troubles cognitifs augmente avec l'âge. Ils font également le constat qu'il existe encore très peu de données se rapportant à l'évolution des performances cognitives chez le sujet âgé atteint de surdité post linguale évolutive après la réhabilitation auditive, alors que cela pourrait être une piste intéressante pour proposer une prise en charge du sujet âgé dans sa globalité. L'objectif notre étude est de déterminer quel test pourrait être l'outil le plus adapté pour effectuer le suivi longitudinal des performances cognitives des patients avant et après l'implantation cochléaire. Il s'agit également de rechercher des facteurs prédictifs pouvant avoir un impact sur l'évolution des compétences cognitives après l'implantation. A ce sujet, aucun facteur tels que l'âge ou la durée de surdité n'a pu être identifié. En ce qui concerne les tests, nous avons pu établir que le MoCA semble être un outil de suivi longitudinal intéressant chez les sujets ayant obtenu un score pathologique avant leur implantation cochléaire. Les fonctions cognitives testées sont plus nombreuses que dans le Codex. Cela fait du MoCA un test de repérage intéressant, qui pourrait s'inscrire dans une démarche de dépistage des fragilités du sujet âgé, au même titre que les troubles auditifs, visuels ou de l'équilibre dans le domaine sensoriel.

Cette approche a été développée dans le géronto-pôle de Toulouse, qui propose aux sujets de plus de 65 ans d'être reçus par une équipe pluridisciplinaire au sein de leur consultation d'hospitalisation de jour (HDJ) " fragilités" [53]. Cette évaluation multidimensionnelle permet de définir un projet de soin et de prévention personnalisé. Cette approche pousse à envisager l'évaluation et la prise en charge du sujet âgé sous un nouvel angle. On pourrait alors imaginer la démarche clinique suivante avant l'implantation cochléaire : le Codex serait proposé en première intention. Si le sujet échoue à l'une des deux épreuves, ou les deux épreuves du Codex

et qu'il réussisse ou non l'épreuve d'orientation ; on lui ferait alors passer un MoCA afin de déterminer quelles fonctions cognitives semblent atteintes. Ces informations pourraient alors être transmises aux orthophonistes exerçant en libéral qui se chargeront de la rééducation auditivo-cognitive du patient. Nous avons élaboré une grille [annexe H] recensant les différentes épreuves du MoCA et les grandes lignes de la rééducation orthophonique des fonctions cognitives : ce tableau pourra être joint au bilan orthophonique de surdité afin de constituer un "état des lieux" cognitif et proposer à l'orthophoniste des pistes de rééducation avant l'implantation cochléaire. Ces données

seraient ensuite complétées par une évaluation neuropsychologique complète.

Ce tableau pourrait également être utilisé après l'implantation cochléaire : l'orthophoniste de ville en charge de la rééducation post-implantation indiquerait les fonctions cognitives ayant fait l'objet d'un entraînement spécifique, ce qui permettra à l'orthophoniste du centre référent de regarder l'effet produit sur les subtests du MoCA faisant spécifiquement intervenir cette fonction cognitive.

En conclusion, l'utilisation du MoCA s'inscrirait dans une démarche quantitative et surtout qualitative qui viserait à développer une procédure de repérage des déficits cognitifs et ainsi d'optimiser la prise en charge multidimensionnelle des patients implantés. Cette démarche s'inscrirait alors dans une perspective de d'élargissement et de renforcement du partenariat entre les orthophonistes du réseau de soins ville-hôpital pour la prise en charge des patients présentant des déficits cognitifs et sensoriels.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] AKEROYD, M. A. (2008). Are individual differences in speech reception related to individual differences in cognitive ability? A survey of twenty experimental studies with normal and hearing-impaired adults. *International Journal of Audiology*, 47(s2), S53-S71.
- [2] AMBERT-DAHAN, E. (2011). Optimisation du mode de réhabilitation des surdités sévères et profondes de l'adulte : de nouveaux outils pour une réhabilitation auditive optimale | *Les Entretiens de Bichat*. Paris, 2011
- [3] AMBERT-DAHAN, E., SELLEM, A., LALLAU, M., STERKERS, O., MOSNIER, I., FERRARY, E. (2014). Tests cognitifs de screening Codex et MoCA chez l'adulte présentant une surdité progressive. *Annales françaises d'Oto-rhino-laryngologie et de Pathologie Cervico-faciale*, 121e Congrès 2014, 11-13 octobre, Paris - Palais des Congrès, 131(4, Supplement), A12.
- [4] ANDERSON, S., KRAUS, N. (2013). Auditory Training: Evidence for Neural Plasticity in Older Adults. *Perspectives on Hearing and Hearing Disorders. Research and Research Diagnostics*, 17, 37-57.
- [5] Audiométrie fondamentale. (2006). *Société française d'audiologie*, 11, 9-16.
- [6] BELMIN, J., PARIEL-MADJLESSI, S., SURUN, P., BENTOT, C., FETEANU, D., LEFEBVRE DES NOETTES, V., ONEN, F., DRUNAT, O., TRIVALLE, C., CHASSAGNE, P., GOLMARD J.L. (2007). The cognitive disorders examination (Codex) is a reliable 3-minute test for detection of dementia in the elderly (validation study on 323 subjects). *La Presse Médicale*, 36(9, Part 1), 1183-1190.
- [7] BOUCCARA, D., MOSNIER, I., BERNARDESCHI, D., FERRARY, E., STERKERS, O. (2012). Implants cochléaires chez l'adulte. *La Revue de Médecine Interne*, 33(3), 143-149.
- [8] BUDENZ, C. L., COSETTI, M. K., COELHO, D. H., BIRENBAUM, B., BABB, J., WALTZMAN, S. B., ROEHM, P. C. (2011). The Effects of Cochlear Implantation on Speech Perception in Older Adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 59(3), 446-453.
- [9] COEZ, A., ZILBOVICIUS, M., FERRARY, E., BOUCCARA, D., MOSNIER, I., AMBERT-DAHAN, E., BIZAGUET, E., SYROTA, A., SAMSON, Y., STEKERS, O. (2008). Cochlear Implant Benefits in Deafness Rehabilitation: PET Study of Temporal Voice Activations. *Journal of Nuclear Medicine*, 49(1), 60-67.
- [10] DAHMEN, J.C., KING, A. J. (2007). Learning to hear: plasticity of auditory cortical processing. *Current Opinion in Neurobiology, Sensory systems*, 17(4), 456-464.
- [11] DUMONT, A. (1997). *Implantations cochléaires : Guide pratique d'évaluation et de rééducation*. Paris : L'Ortho-Edition, 138 p.
- [12] FALLON, J. B., IRVINE, D.R.F., SHEPHERD, R. K. (2008). Cochlear implants and brain plasticity. *Hearing Research, The Auditory Brain - A Tribute to Dexter R.F. Irvine*, 238(1-2), 110-117.
- [13] GATES, G. A., FEENEY, M. P., MILLS, D. (2008). Cross-Sectional Age-Changes of Hearing in the Elderly: *Ear and Hearing*, 29(6), 865-874.
- [14] GIRAUD, A.-L., LEE, H.-J. (2007). Predicting cochlear implant outcome from brain organisation in the deaf. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 25(3), 381-390.



- [15] GIRAUD, A. L., PRICE, C. J., GRAHAM, J. M., TRUY, E., FRACKOWIAK, R. S. (2001). Cross-modal plasticity underpins language recovery after cochlear implantation. *Neuron*, 30(3), 657-663.
- [16] HAS. (2007). *TRAITEMENT DE LA SURDITE PAR POSE D'IMPLANTS COCHLEAIRES OU D'IMPLANTS DU TRONC CEREBRAL*.
- [17] Helfer, K. S., Wilber, L.A. (1990). Hearing Loss, Aging, and Speech Perception in Reverberation and Noise. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 33(1), 149.
- [18] HENKIN, Y., YAAR-SOFFER, Y., STEINBERG, M., MUCHNIK, C. (2014). Neural correlates of auditory-cognitive processing in older adult cochlear implant recipients. *Audiology & Neuro-Otology*, 10.
- [19] HOLDEN, L. K., FINLEY, C. C., FIRSZT, J. B., HOLDEN, T. A., BRENNER, C., POTTS, L. G., GOTTER, B. D., VANDERHOOF, S. S., MISPAGEL, K., HEYDEBRAND, G., SKINNER, M. W. (2013). Factors Affecting Open-Set Word Recognition in Adults with Cochlear Implants. *Ear and hearing*, 34(3), 342-360.
- [20] HONJO, I. (2000). Brain Function of Cochlear Implant Users. In C. S. Kim, S. O. Chang, D. Lim (Éd.), *Advances in Oto-Rhino-Laryngology* (Vol. 57, p. 42-44). Basel: KARGER.
- [21] JI, H., HUANG, Z., YANG, M., FENG, X., MENG, L. (2010). [Functional MRI study of auditory cortical responses in normal subjects and unilateral sensorineural hearing loss subjects]. *Journal of Clinical Otorhinolaryngology, Head, and Neck Surgery*, 24(22), 1018-1022.
- [22] LAZARD, D. S., GIRAUD, A.-L., GNANSIA, D., MEYER, B., STERKERS, O. (2012a). Comprendre le cerveau sourd, implications dans la réhabilitation par implant cochléaire. *Annales françaises d'Oto-rhino-laryngologie et de Pathologie Cervico-faciale*, 129(2), 122-128.
- [23] LAZARD, D. S., GIRAUD, A.-L., GNANSIA, D., MEYER, B., STERKERS, O. (2012b). Understanding the deafened brain: Implications for cochlear implant rehabilitation. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*, 129(2), 98-103.
- [24] LAZARD, D. S., INNES-BROWN, H., BARONE, P. (2014). Adaptation of the communicative brain to post-lingual deafness. Evidence from functional imaging. *Hearing Research, Human Auditory NeuroImaging*, 307, 136-143.
- [25] LEE, D. S., LEE, J. S., OH, S. H., KIM, S.-K., KIM, J.-W., CHUNG, J.-K., LEE, M. C., KIM, C. S. (2001). Deafness: Cross-modal plasticity and cochlear implants. *Nature*, 409(6817), 149-150.
- [26] LEE, H.-J., GIRAUD, A.-L., KANG, E., OH, S.-H., KANG, H., KIM, C.-S., LEE, D. S. (2007). Cortical Activity at Rest Predicts Cochlear Implantation Outcome. *Cerebral Cortex*, 17(4), 909-917.
- [27] LEE, J. S., LEE, D. S., OH, S. H., KIM, C. S., KIM, J.-W., HWANG, C. H., KOO, J., KANG, E., CHUNG, J. K., LEE, M. C. (2003). PET Evidence of Neuroplasticity in Adult Auditory Cortex of Postlingual Deafness. *Journal of Nuclear Medicine*, 44(9), 1435-1439.
- [28] LIN, F. R., FERRUCCI, L., AN, Y., GOH, J. O., DOSHI, J., METTER, E. J., DAVATZIKOS, C., KRAUT, M. A., RESNICK, S. M. (2014). Association of hearing impairment with brain volume changes in older adults. *NeuroImage*, 90, 84-92.

- [29] LIN, F. R., FERRUCCI, L., JEFFREY, E., AN, Y., ZONDERMAN, A. B., RESNICK, S. M. (2011). Hearing loss and cognition in the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Neuropsychology*, 25(6), 763-770.
- [30] LUKASZEWICZ-MOSZYŃSKA, Z., LACHOWSKA, M., NIEMCZYK, K. (2014). Auditory cortical activation and plasticity after cochlear implantation measured by PET using fluorodeoxyglucose. *Functional Neurology*, 29(2), 121-125.
- [31] LUNNER, T. (2003). Cognitive function in relation to hearing aid use. *International Journal of Audiology*, 42 Suppl 1, S49-58.
- [32] MILLER, G., MILLER, C., MARRONE, N., HOWE, C., FAIN, M., JACOB, A. (2015). The impact of cochlear implantation on cognition in older adults: a systematic review of clinical evidence. *BMC Geriatrics*, 15(1), 16.
- [33] MOON, I. S., PARK, S., KIM, H.-N., LEE, W.-S., KIM, S. H., KIM, J.-H., CHOI, J. Y. (2013). Is there a deafness duration limit for cochlear implants in post-lingual deaf adults? *Acta Oto-laryngologica*, 134(2), 173-180.
- [34] MOSNIER, I., AMBERT-DAHAN, E., SMADJA, M., FERRARY, E., BOUCCARA, D., BOZORG-GRAYELI, A., STERKERS, O. (2006). Performances et complications de l'implant cochléaire chez 134 patients adultes implantés depuis 1990. *Annales d'Otolaryngologie et de Chirurgie Cervico-faciale*, 123(2), 71-78.
- [35] MOSNIER I, BEBEAR J, MARX M, FRAYSSE, B., TRUY, E., LINA-GRANADE, G., MONDAIN, M., STERKERS-ARTIERES, F., BORDURE, P., GODEY, B., MEYER, B., FRACHET, B., PONCET, C., BOUCCARA, D., STEKERS, O. (2015). Improvement of cognitive function after cochlear implantation in elderly patients. *JAMA Otolaryngology-Head & Neck Surgery*.
- [36] MOSNIER, I., BEBEAR, J.-P., MARX, M., FRAYSSE, B., TRUY, E., LINA-GRANADE, G., MONDAIN, M., STERKERS-ARTIERES, F., BORDURE, P., GODEY, B., MEYER, B., FRACHET, B., PONCET, C., BOUCCARA, D., STEKERS, O. (2015). Predictive Factors of Cochlear Implant Outcomes in the Elderly. *Audiology and Neurotology*, 19(1), 15-20.
- [37] NASREDDINE, Z. S., PHILLIPS, N. A., BÉDIRIAN, V., CHARBONNEAU, S., WHITEHEAD, V., COLLIN, I., CUMMINGS, J. L., CHERTKOW, H. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: A Brief Screening Tool For Mild Cognitive Impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(4), 695-699.
- [38] PEELLE, J. E., TROIANI, V., GROSSMAN, M., WINGFIELD, A. (2011). Hearing Loss in Older Adults Affects Neural Systems Supporting Speech Comprehension. *The Journal of Neuroscience*, 31(35), 12638-12643.
- [39] PETERSEN, B., GJEDDE, A., WALLENTIN, M., VUUST, P. (2013). Cortical Plasticity after Cochlear Implantation. *Neural Plasticity*, 2013, e318521.
- [40] PETITOT, C., PERROT, X., COLLET, L., & BONNEFOY, M. (2007). Maladie d'Alzheimer, troubles de l'audition et appareillage auditif: une revue des données actuelles. *Psychologie & NeuroPsychiatrie du vieillissement*, 5(2), 121-125.
- [41] RABBITT, P. (1991). Mild hearing loss can cause apparent memory failures which increase with age and reduce with IQ. *Acta Oto-laryngologica*, 111(s476), 167-176.

- [42] RAUSCHECKER, J. P. (1999). Auditory cortical plasticity: a comparison with other sensory systems. *Trends in Neurosciences*, 22(2), 74-80.
- [43] RIESER, J. J. (2008). *Blindness and Brain Plasticity in Navigation and Object Perception*. Taylor & Francis.
- [44] ROUGER, J., FRAYSSE, B., DEGUINE, O., BARONE, P. (2008). McGurk effects in cochlear-implanted deaf subjects. *Brain Research*, 1188, 87-99.
- [45] ROUGER, J., LAGLEYRE, S., DÉMONET, J.-F., FRAYSSE, B., DEGUINE, O., & BARONE, P. (2012). Evolution of crossmodal reorganization of the voice area in cochlear-implanted deaf patients. *Human Brain Mapping*, 33(8), 1929-1940.
- [46] ROUGER, J., LAGLEYRE, S., FRAYSSE, B., DENEVE, S., DEGUINE, O., BARONE, P. (2007). Evidence that cochlear-implanted deaf patients are better multisensory integrators. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(17), 7295-7300.
- [47] SCHENK, F., LEUBA, G., BULA, C. (2004). *Du vieillissement cérébral à la maladie d'Alzheimer: autour de la notion de plasticité*. Paris : De Boeck Supérieur, 356 p.
- [48] SCHNEIDER, B. A., PICHORA-FULLER, K., DANEMAN, M. (2010). Effects of Senescent Changes in Audition and Cognition on Spoken Language Comprehension. In S. Gordon-Salant, R. D. Frisina, A. N. Popper, R. R. Fay (Éd.), *The Aging Auditory System*, Springer Handbook of Auditory Research (p. 167-210). Springer New York.
- [49] SCHUMANN, A., SERMAN, M., GEFELLER, O., HOPPE, U. (2015). Computer-based auditory phoneme discrimination training improves speech recognition in noise in experienced adult cochlear implant listeners. *International Journal of Audiology*, 54(3), 190-198.
- [50] SOLNITSA, I., KOBOSKO, I., PANKOVSKA, A., SKARZHIN'SKIĀ, P. K., ZDOGA, M., SKARZHIN'SKIĀ, K. (2014). [The effectiveness of the auditory training of the subjects presenting with partial deafness following cochlear implantation as reported by the patients and speech therapists]. *Vestnik Otorinolaringologii*, (4), 25-30.
- [51] STEWART, R., & WINGFIELD, A. (2009). Hearing Loss and Cognitive Effort in Older Adults' Report Accuracy for Verbal Materials. *Journal of the American Academy of Audiology*, 20(2), 147-154.
- [52] STRELNIKOV, K., ROUGER, J., DEMONET, J.-F., LAGLEYRE, S., FRAYSSE, B., DEGUINE, O., BARONE, P. (2009). Does Brain Activity at Rest Reflect Adaptive Strategies? Evidence from Speech Processing after Cochlear Implantation. *Cerebral Cortex*, bhp183.
- [53] TAVASSOLI, N., SOTO, M., KERIMEL, J. DE, PEDRA, M., NOURHASHEMI, F., VELLAS, B. (2014). Repérer la fragilité et prévenir la dépendance lourde : exemple de l'expérience menée en Midi-Pyrénées. *Les cahiers de l'année gérontologique*, 6(3), 130-136.
- [54] TUN, P. A., MCCOY, S., WINGFIELD, A. (2009). Aging, hearing acuity, and the attentional costs of effortful listening. *Psychology and Aging*, 24(3), 761-766.
- [55] WILSON, B. S., DORMAN, M. F. (2008). Cochlear implants: A remarkable past and a brilliant future. *Hearing Research*, Frontiers of auditory prosthesis research: Implications for clinical practice, 42(1-2), 3-21.

## ANNEXES

# Annexe A

Lettre d'information et lettre de consentement.

## FORMULAIRE DE CONSENTEMENT DESTINE AUX SUJETS ATTEINTS DE SURDITE POST-LINGUALE

Je soussigné(e) (Nom, Prénom) \_\_\_\_\_, certifie avoir pris connaissance du document d'information relatif à cette étude intitulée « Validation du test cognitif MoCA (Montreal Cognitive Assessment) chez les adultes sourds post-linguaux après implantation cochléaire ».

J'accepte de participer à cette recherche dans le cadre d'un mémoire de fin d'études en orthophonie en vue de l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste. J'ai eu suffisamment de temps pour réfléchir à ma participation à cette recherche et j'ai obtenu les réponses à mes questions. J'ai bien compris les contraintes qui seront les miennes durant ma participation à cette étude et je les accepte.

J'ai bien été informé(e) que ma participation à cette étude consistera en une seule séance de tests en modalités auditive et visuelle, que cette séance aura lieu le même jour que le bilan post-implant et qu'elle durera environ dix minutes. Je peux à tout moment demander des informations complémentaires à Mmes MAROT Lucie et ROUTIER Shirley (\_\_\_\_\_). Je déclare sur l'honneur être affilié(e) à un régime de sécurité sociale ou bénéficiaire d'un tel régime et ne pas être sous surveillance de la justice.

J'accepte également que l'ensemble de mon dossier médical soit consulté par les personnes habilitées dans le cadre de cette recherche, dans le respect de la confidentialité, que les données enregistrées à l'occasion de cette recherche puissent faire l'objet d'un traitement informatique par le promoteur ou pour son compte. J'ai bien noté que le droit d'accès et de rectification pour le moment s'exerce à tout moment auprès du médecin investigateur en application de la loi "Informatique et Libertés" du 6 Janvier 1978, modifiée par les lois n° 64-543 du 1er juillet 1964, n° 2002-303 du 4 mars 2002 et n° 2004-801 du 6 août 2004.

Je pourrais, si je la souhaite, être tenu(e) informé(e) des résultats globaux de cette recherche et de ses perspectives.

Je suis parfaitement conscient(e) que je peux à tout moment retirer mon consentement à participer à cette recherche, et cela que les raisons soient sans encourir aucune responsabilité ni aucun préjudice. Le fait de ne pas participer à cette recherche ne portera pas atteinte à mes relations ni avec le Service Otologie, Implantologie et Chirurgie de la base du crâne du professeur O. STERKERS, Centre Référent Implant Cochléaire Adulte d'Île de France et Sorbonne Université, Groupe Hospitalier Pitié-Salpêtrière, ni avec l'IC.

J'ai reçu un exemplaire signé de ce consentement

Fait à \_\_\_\_\_, le \_\_\_\_\_

Personne donnant son consentement : NOM, Prénom : \_\_\_\_\_

Investigateur : NOM, Prénom : \_\_\_\_\_

Date : \_\_\_\_\_

Date : \_\_\_\_\_

Signature : \_\_\_\_\_

Signature : \_\_\_\_\_

Ce document est établi en deux exemplaires originaux : un exemplaire est remis à la personne, un autre est conservé par l'investigateur.

Veuillez, Monsieur,

Vous êtes suivi(e) par les orthophonistes du Service Otologie, Implantologie et Chirurgie de la base du crâne du professeur O. STERKERS, Centre Référent Implant Cochléaire Adulte d'Île de France et Sorbonne Université, Groupe Hospitalier Pitié-Salpêtrière, ou par l'IFIC (Institut Francilien d'Implantation Cochléaire).

Pour améliorer votre prise en charge et envisager de nouvelles pistes pour la réhabilitation auditive, des études sont régulièrement menées dans le service.

Nous menons actuellement une recherche afin de mieux comprendre le lien entre les capacités cognitives et les surdités neurosensorielles acquises.

Pour cela, nous recherchons des patients qui accepteraient de participer à un protocole d'évaluation.

Ce protocole dure moins de trente minutes et s'adresse à tous les patients lors du bilan de post-implantation cochléaire.

Il s'agit essentiellement de répondre à des questions à partir d'un test des fonctions cognitives, le MoCA (Montreal Cognitive Assessment).

Si vous acceptez de participer à cette étude, le test vous sera proposé le jour du bilan de post-implantation cochléaire.

Si vous souhaitez avoir des informations supplémentaires, vous pouvez nous contacter par mail :

Nous vous remercions pour l'attention que vous porterez à cette étude et votre éventuelle participation.

Cordialement,

MAROT Lucie et ROUTIER Shirley

Étudiantes en orthophonie, dans le cadre d'un mémoire de fin d'études, En vue de l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste.

## Annexe B

Tableau de présentation de la population d'étude.

P\_6M et P\_12M correspondent aux deux temps de l'évaluation : à 6 mois et à 12 mois.

Patients	Age	Sexe	Date IC	Activation	P_6M	P_12M	Appareils	Durée de
								surdité
								profonde
1	80	2	17/12/13	02/01/14	22/10/14		IC : D, PA : G	1
2	70	1	30/01/14	28/02/14	01/09/14	09/02/15	2 IC	0,5
3	83	2	08/03/13	10/04/14		01/10/14	IC : G, PA : D	1,5
4	70	2	18/11/14	10/12/14	11/03/15		IC : D, PA : G	24
5	76	1	06/01/14	05/02/14	29/09/14		IC : D, PA : G	14
6	90	1	12/11/13	06/12/13	11/09/14		IC : D, PA : G	14
7	66	1	11/02/14	03/03/14	24/09/14	11/02/15	IC D	3
8	67	1	25/03/14	16/04/14		25/03/15	IC G,	2
9	75	1	29/04/14	26/05/14	19/11/14	15/04/15	IC : G, PA : D	6
10	59	1	04/02/14	26/02/14	11/09/14	11/02/14	IC : G, PA : D	4
11	66	2	13/01/14	12/02/14		08/01/15	IC D, PA G	0,5
12	40	2	28/02/14	28/04/14		02/02/15	IC : G, PA : D	0,3
13	23	2	11/02/14	06/03/14		13/03/15	IC : D; PA : G	4
14	57	1	12/11/13	01/12/13		24/09/14	IC : G, PA : D	3
15	73	1	12/05/14	02/06/14	01/12/14	11/03/03	IC : G; PA : D	25
16	50	2	21/10/14	15/11/14	11/04/15		IC : D; PA : G	15
17	24	1	05/04/14	23/04/14	03/10/14		IC : D, PA : G	0,2
18	59	1	19/11/13	09/12/13	15/07/14	02/02/15	IC : D, PA : G	2
19	79	2	15/10/13	10/11/14	29/07/14	03/12/14	IC : G, PA : D	2
20	49	1	17/12/13	02/01/14		17/09/14	IC : G, PA : D	4
21	65	2	29/04/14	19/05/14	23/10/14		2 IC	0,4
22	68	1	14/01/14	13/02/14	04/09/14	06/02/15	2 IC	5
23	60	2	22/10/13	16/11/13		10/03/15	IC : G, PA : D	3
24	75	1	29/01/14	25/02/14	21/07/14	19/01/15	IC : D, PA : G	10

Tableau de présentation des performances verbales obtenues aux différents tests du bilan orthophonique.

Les patients ont tous été testés avec leurs deux appareils auditifs, et sans lecture labiale.

Patients	Bruit MBAA			Fournier sans LL			Silence MBAA sans LL			Lafon sans LL		
	Pré-IC	P_6M	P_12M	Pré-IC	P_6M	P_12M	Pré-IC	P_6M	P_12M	Pré-IC	P_6M	P_12M
1	0		33	40		90	0		80	0		29
2	0	40	47	0	100	100	7	100	100	12	71	65
3	67		93	90		100	73		93	53		100
4	80	87		90	100		100	100		71	71	
5	21	27		50	80		80	93		29	32	
6	0	33		0	100		0	100		12	59	
7	60	27	40	70	70	70	67	67	80	41	44	41
8	80	47	80	10	90	100	27	80	92	18	32	50
9	0	13		0	70		0	73		0	37	
10	47	80		60	80	90	100	93		35	79	88
11	100		73	100		100	100		100	65		94
12	0		0	0		70	15		0	0		38
13	0		NT (OPA)	80		100	87		100	23		50
14	0		87	30		90	13		100	6		71
15	66	93		60	90		100	100		80	70	
16	0	86		40	100		33	100		23	65	
17	60	80		70	100		87	100		60	65	
18	0	87	87	60	90	100	80	87	93	41	82	82
19	27		87	90		90	60		100	41		65
20	80		73	80		100	100		100	44		71
21	0	93		0	100		0	100		0	88	
22	0	33	53	0	30	70	0	47	60	0	24	53
23	97		100	100		90	100		100	82		88
24	0	60	33	80	90	70	46	80	53	35	88	32

Tableau de présentation des résultats obtenus aux tests cognitifs MoCA et Codex :

Total du MoCA, point de scolarité et épreuves des fonctions exécutives. Les résultats des patients correspondent à leur évaluation pré-implantatoire (PRE-IC), à leur évaluation à 6 mois (P\_6M) et à 12 mois (P\_12M).

Patients	Total MoCa			Point scolarité	TMT			Cube			Horloge		
	Pré-IC	P_6M	P_12M		Pré-IC	P_6M	P_12M	Pré-IC	P_6M	P_12M	Pré-IC	P_6M	P_12M
1	18		20	1	1		1	0		0		1	
2	19	18	25	1	0	0	0	0	0	1	0	1	
3	20		22	1	0		0	0		0	2	1	
4	23	27		1	1	1		0	0		2	3	
5	23	28		1	0	1		1	1		2	3	
6	23	25		1	0	1		0	0		2	3	
7	23	22	26	1	0	1	1	0	1	1	2	2	
8	24	26	27	1	0	0	0	1	1	1	3	3	
9	25	20	27	1	1	0	1	1	0	0	1	2	
10	25	27	25	1	0	0	0	1	1	1	1	2	
11	22		28		0		1	1		1	0	3	
12	26		29	1	1		1	1		1	3	3	
13	26		28		1		1	1		0	3	3	
14	27		29	1	1		1	0		1	3	3	
15	27	27	27	1	0	0	0	1	1	1	2	3	
16	27	30		1	1	1		1	1		3	3	
17	27	27			1	1		1	0		3	3	
18	27	29	29		1	1	1	1	1	1	3	3	
19	28	28	29		1	1	1	1	1	1	3	3	
20	28		29		1		1	1		1	3	3	
21	29	29			1	1		1	1		3	3	
22	30	27	27	1	1	1	1	1	1	1	3	3	
23	30		30		1		1	1		1	3	3	
24	30	30	29	1	1	1	1	1	1	1	3	3	

Epreuves de dénomination, rappel libre et alerte et mémoire de travail.

Patients	Dénomination			Rappel Libre			Empan endroit			Empan envers			Alerte tonique			Soustraction		
	Pré-IC	P_6M	P_12M	Pré-IC	P_6M	P_12M	Pré-IC	P_6M	P_12M	Pré-IC	P_6M	P_12M	Pré-IC	P_6M	P_12M	Pré-IC	P_6M	P_12M
1	3		3	2		2	1		0	1		1	1		1	1		1
2	3	3	3	1	0	4	1	0	0	1	1	1	1	1	1	2	3	3
3	2		2	4		5	0		0	1		1	1		1	3		3
4	3	3		2	5		1	1		1	1		0	1	3	3		
5	3	3		1	4		1	1		1	1		1	1	3	2		
6	3	3		1	2		1	1		1	0		1	1	3	3		
7	2	2	3	5	4	5	1	0	0	1	1	0	1	1	3	1	3	
8	3	3	3	2	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	
9	2	3	3	1	1	4	1	1	0	1	1	1	1	1	3	3	3	
10	3	3	3	4	5	5	0	1	1	0	1	1	1	1	3	3	3	
11	3		3	4		5	1		0	1		1	1	1	2		2	
12	2		3	5		5		1		1		1	1	1	0		1	
13	3		3	4		5	1		1	1		1	1	1	1		2	
14	3		3	5		4	1		1	1		1	1	1	3		3	
15	3	3	3	4	4	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	
16	3	3		5	5		0	1		1	1		1	1	3	3		
17	3	3		3	5		1	1		1	1		1	1	3	3		
18	3	3	3	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	
19	3	3	3	4	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	
20	3		3	4		5	1		1	1		1	1	1	3		3	
21	3	3		5	5		1	1		1	1		1	1	3	2		
22	3	3	3	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	1	
23	3		3	5		5	1		1	1		1	1	1	3		3	
24	3	3	3	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	



Epreuves de langage, abstraction et orientation temporo-spatiale.

Patients	Syntaxe			Fluence Phonémique			Catégorisation			Orientation S-T		
	Pré-IC	P_6M	P_12M	Pré-IC	P_6M	P_12M	Pré-IC	P_6M	P_12M	Pré-IC	P_6M	P_12M
1	0		1	1		1	0		0	5		6
2	2	2	2	1	0	1	0	0	1	6	6	6
3	0		1	0		0	0		1	6		6
4	2	2		1	0		0	0		6	6	
5	2	1		0	0		1	2		6	6	
6	2	2		1	1		1	1		6	5	
7	0	1	1	0	0	1	1	1	1	6	6	6
8	2	1	2	0	0	0	0	2	1	6	6	6
9	2	2	2	1	0	1	2	0	2	6	6	6
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6
11	2		2	0		1	1		2	6		6
12	2		2	1		1	1		2	6		6
13	1		1	1		1	2		2	6		6
14	1		1	1		1	0		2	6		6
15	2	2	2	1	1	1	1	1	2	6	6	6
16	2	2		0	1		1	2		6	6	
17	2	2		0	0		2	1		6	6	
18	2	2	2	0	0	0	0	2	2	6	6	6
19	1	2	2	1	1	1	2	2	2	6	6	6
20	2		2	0		1	2		1	6		6
21	2	2		0	1		2	2		6	6	
22	2	2	2	1	1	1	2	1	2	6	6	6
23	2		2	1		1	2		2	6		6
24	2	2	2	0	1	0	2	2	1	6	6	6

Tableau du Codex :

Patients	CODEX			Horloge			Mots			Questions T-S		
	Pré-IC	P_6M	P_12M	Pré-IC	P_6M	P_12M	Pré-IC	P_6M	P_12M	Pré-IC	P_6M	P_12M
1	1		1	0		0	0		0			5
2	1	1	2	0	0	0	0	0	1			
3	1		2	0		0	0		1			5
4	3	3		1	1		1	1				
5	2	2		1	0		0	1		4	4	
6	1	2		0	1		0	0			4	
7	2	2	2	1	1	0	0	0	1	4	5	5
8	3	2	3	1	0	1	1	1	1			
9	1	1	2	1	0	1	0	0	0		5	5
10	2	2	2	0	0	0	1	1	1	5	5	5
11	2		2	0		1	1		0	5		
12	3		3	1		1	1		1			
13	3		3	1		1	1		1			
14	3		3	1		1	1		1			
15	2		3	1		1	0		1	4		
16	3	3		1	1		1	1				
17	3	3		1	1		1	1			5	
18	3	3	3	1	1	1	1	1	1			
19	3	2	3	1	1	1	1	0	1		5	
20	3		3	1		1	1		1			
21	3	3		1	1		1	1				
22	3	3	2	1	1	1	1	1	0			
23	3		3	1		1	1		1			
24	3	3	3	1	1	1	1	1	1			





Corrélation entre les performances auditives au test Lafon et les scores au MoCA en pré-implantation cochléaire :

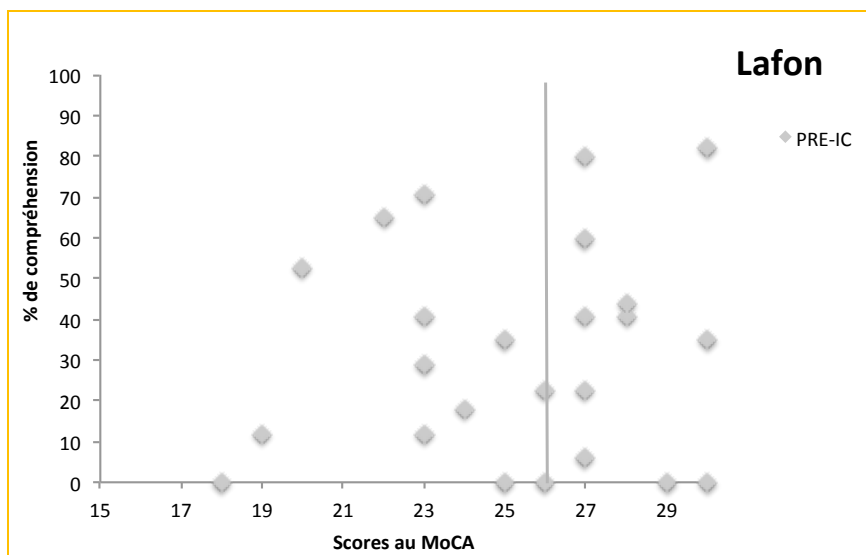


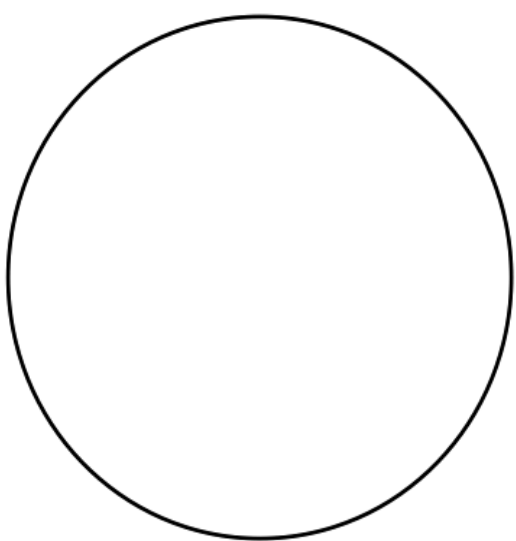
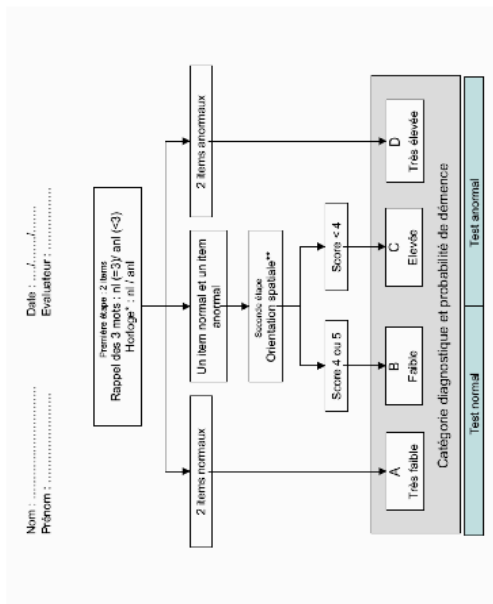
Tableau V. Performances auditives des 24 sujets en période pré-implantation cochléaire.

	Fourrier	MBAA silence	Lafon	MBAA bruit
n=24	50 ± 7 [0-100] 60	53 ± 8 [0-100] 63	32 ± 6 [0-82] 32	32 ± 8 [0-100] 10

# Annexe D

Test Codex : Arbre de décision et feuille de passation.

## Evaluation cognitive ultra-rapide par le test CODEX Page à imprimer pour les dossiers médicaux



### Cotation du test CODEX

- 1. Cotation du test de l'horloge :**  
 Les nombres sont-ils tous présents ? Oui-Non  
 Sont-ils correctement placés ? Oui-Non  
 Y a-t-il une petite et une grande aiguille ? Oui-Non  
 Leurs directions sont-elles convenables ? Oui-Non  
**4 OUI = horloge normale**  
**sinon anormale**
- 2. Cotation du rappel des 3 mots**  
 Les 3 mots sont bien rappelés = **Rappel des 3 mots normal**
- 3. Utilisez l'arbre de décision pour savoir si la seconde étape est nécessaire**  
 Horloge et 3 mots normaux = CODEX normal (Catégorie diagnostique A)  
 Horloge et 3 mots anormaux = CODEX anormal (Catégorie diagnostique D)  
 Autres cas = faire la seconde étape
- 4. Cotation de la seconde étape :**  
 Comptez 1 point par bonne réponse  
 Somme = 4 ou 5 : = CODEX normal (Catégorie diagnostique B)  
 Somme = 0, 1, 2 ou 3 = CODEX anormal (Catégorie diagnostique C)

NOM : .....  
 PRENOM : .....  
 Heure demandée : .....

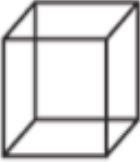




Date : .....  
 Evalueur : .....

Le test CODEX a été mis au point par le Pr. Beilmin et son équipe à l'hôpital Charles Foix, Ivry-sur-Seine  
 Information sur le test sur le site [www.testcodex.org](http://www.testcodex.org)  
 Références : Presse Med 2007; 36:1183-90 ; Revue de Gériatrie 2007; 32:627-31.

Le test CODEX a été mis au point par le Pr. Beilmin et son équipe à l'hôpital Charles Foix, Ivry-sur-Seine  
 Information sur le test sur le site [www.testcodex.org](http://www.testcodex.org)  
 Références : Presse Med 2007; 36:1183-90; Revue de Gériatrie 2007; 32:627-31.

## Annexe E

Test MoCA : feuille de passation.

MONTREAL COGNITIVE ASSESSMENT (MOCA) Version 7.1 FRANÇAIS		NOM :		Date de naissance :		
		Scolarité :		DATE :		
		Sexe :				
<b>VISUOSPATIAL / EXÉCUTIF</b>		 Copier le cube		Dessiner HORLOGE (11 h 10 min) (3 points)		
		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
[ ]		[ ]		[ ] [ ] [ ]		
		Contour		Chiffres Alguilles		
				___/5		
<b>DÉNOMINATION</b>						
						
[ ]		[ ]		[ ]		
				___/3		
<b>MÉMOIRE</b>						
Lire la liste de mots, le patient doit répéter. Faire 2 essais même si le 1er essai est réussi. Faire un rappel 5 min après.		VISAGE	VELOURS	ÉGLISE	MARGUERITE	ROUGE
1 <sup>er</sup> essai						
2 <sup>ème</sup> essai						
		Pas de point				
<b>ATTENTION</b>						
Lire la série de chiffres (1 chiffre/ sec.).		Le patient doit la répéter. [ ] 2 1 8 5 4				
		Le patient doit la répéter à l'envers. [ ] 7 4 2				
		___/2				
Lire la série de lettres. Le patient doit taper de la main à chaque lettre A. Pos de point si 2 erreurs		[ ] FBACMNAAJKLBAFAKDEAAAJAMOF AAB				
		___/1				
Soustraire série de 7 à partir de 100.		[ ] 93	[ ] 86	[ ] 79	[ ] 72	[ ] 65
		___/3				
		4 ou 5 soustractions correctes : 3 pts, 2 ou 3 correctes : 2 pts, 1 correcte : 1 pt, 0 correcte : 0 pt				
<b>LANGAGE</b>						
Répéter : Le colibri a déposé ses œufs sur le sable. [ ]		L'argument de l'avocat les a convaincus. [ ]				
		___/2				
Fluidité de langage. Nommer un maximum de mots commençant par la lettre «F» en 1 min		[ ] _____ (N ≥ 11 mots)				
		___/1				
<b>ABSTRACTION</b>						
Similitude entre ex : banane - orange = fruit [ ]		train - bicyclette [ ]		montre - règle		
		___/2				
<b>RAPPEL</b>						
Doit se souvenir des mots SANS INDICES		VISAGE	VELOURS	ÉGLISE	MARGUERITE	ROUGE
		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Optionnel		Indice de catégorie		Points pour rappel SANS INDICES seulement		
		Indice choix multiples				
<b>ORIENTATION</b>						
[ ] Date		[ ] Mois		[ ] Année		
		[ ] Jour		[ ] Endroit		
				[ ] Ville		
		___/6				
© Z.Nasreddine MD		www.mocatest.org		Normal ≥ 26 / 30		
Administré par : _____				TOTAL ___/30		
				Ajouter 1 point si scolarité ≤ 12 ans		

**Montreal Cognitive Assessment (MoCA)**

**Instructions pour l'administration et la cotation**

Le Montreal cognitive assessment (MoCA) a été conçu pour l'évaluation des dysfonctions cognitives légères. Il évalue les fonctions suivantes : l'attention, la concentration, les fonctions exécutives, la mémoire, le langage, les capacités visuoconstructives, les capacités d'abstraction, le calcul et l'orientation. Le temps d'exécution est de dix minutes approximativement. Le nombre de points maximum est de 30; un score de 26 et plus est considéré normal.

**1. Alternance conceptuelle :**

Administration : L'examinateur donne les instructions suivantes, en indiquant l'endroit approprié sur la feuille : « Je veux que vous tracez une ligne en alternant d'un chiffre à une lettre, tout en respectant l'ordre chronologique et l'ordre de l'alphabet. Commencez ici (indiquez le 1) et tracez la ligne vers la lettre A, ensuite vers le 2, etc. Terminez ici » (indiquez le E).

Cotation : Un point est alloué si le sujet réussit la séquence suivante :  
1 – A – 2 – B – 3 – C – 4 – D – 5 – E

N'allouez aucun point si une erreur n'est pas immédiatement corrigée par le sujet.

**2. Capacités visuoconstructives (Cube) :**

Administration : L'examinateur donne les instructions suivantes, indiquant cube : « Je veux que vous copiez ce dessin le plus précisément possible ».

Cotation : Un point est alloué si le dessin est correctement réalisé.

- Le dessin doit être tridimensionnel
- Toutes les arêtes sont présentes
- Il n'y a pas d'arête supplémentaire
- Les arêtes sont relativement parallèles et de même longueur approximative (les prismes rectangulaires sont acceptables)

Le point n'est pas alloué si les critères ci-dessus ne sont pas respectés.

**3. Capacités visuoconstructives (Horloge) :**

Administration : Indiquant l'espace approprié, l'examinateur donne les instructions suivantes : « Maintenez le veux que vous dessinez une horloge en plaçant tous les chiffres et indiquant l'heure à 11h10 ».

Cotation : Un point est alloué pour chacun des trois critères suivants.

- Contour (1 pt.) : Le contour doit être un cercle avec peu de déformation. (e.g. déformation mineure de la fermeture du cercle)
- Chiffres (1 pt.) : Tous les chiffres doivent être présents sans aucun chiffre en surplus; les chiffres doivent être dans le bon ordre et bien positionnés ; les chiffres Romains sont acceptés ainsi que les chiffres inscrits à l'extérieur du contour.
- Aiguilles (1 pt.) : Les deux aiguilles doivent indiquer la bonne heure ; l'aiguille de l'heure doit être clairement plus petite que l'aiguille des minutes. La jonction des aiguilles doit être proche du centre de l'horloge.
- Un point n'est pas alloué si les critères ci-dessus ne sont pas respectés.

**4. Dénomination :**

Administration : L'examinateur demande au sujet de nommer le nom de chacun des animaux, de la gauche vers la droite.  
Cotation : Un point est alloué pour la dénomination exacte de chacun des dessins : (1) lion (2) rhinocéros ou rhino (3) chameau ou dromadaire.

**5. Mémoire :**

Administration : L'examinateur lit une liste de 5 mots à un rythme de 1 par seconde, après avoir donné les instructions suivantes : « Ceci est un test de mémoire. Je vais vous lire une liste de mots que vous aurez à retenir. Écoutez attentivement et quand j'aurai terminé, je veux que vous me redissiez le plus de mots possible dont vous pouvez vous rappeler, dans l'ordre que vous voulez ». L'examinateur lit la liste de mots une première fois et identifie par un crochet (✓), dans l'espace réservé à cet effet, chacun des mots énoncés par le sujet. Lorsque le sujet a terminé (s'est souvenu de tous les mots), ou s'il ne peut se rappeler davantage de mots, l'examinateur relit la liste de mots après avoir donné les instructions suivantes : « Maintenant je vais lire la même liste de mots une seconde fois. Essayez de vous rappeler du plus grand nombre de mots possible, y compris ceux que vous avez énoncés la première fois ». L'examinateur identifie par un crochet, dans l'espace réservé à cet effet, chacun des mots énoncés au deuxième essai. À la fin du deuxième essai, l'examinateur informe le sujet qu'il devra retenir ces mots car il aura à les redire à la fin du test.

Cotation : Aucun point n'est alloué pour le rappel immédiat après le premier et le deuxième essai.

**6. Attention :**

Empan numérique : Administration : L'examinateur lit une séquence de 5 chiffres à un rythme de 1 par seconde, après avoir donné les instructions suivantes : « Je vais vous dire une série de chiffres, et lorsque j'aurai terminé, je veux que vous répétiez ces chiffres dans le même ordre que je vous les ai présentés ».

Empan numérique inversé : Administration : L'examinateur lit ensuite une séquence de 3 chiffres à un rythme de 1 par seconde, après avoir donné les instructions suivantes : « Je vais vous dire une série de chiffres, et lorsque j'aurai terminé, je veux que vous répétiez ces chiffres dans l'ordre inverse que je vous les ai présentés ».

Cotation : Un point est alloué pour chacune des séquences correctement répétées (N.B. : la séquence exacte de l'empan à rebours est 2-4-7).

Concentration : Administration : L'examinateur lit une série de lettres à un rythme de 1 par seconde, après avoir donné les instructions suivantes : « Je vais vous lire une série de lettres. Chaque fois que je dirai la lettre A, vous devrez taper de la main une fois. Lorsque je dirai une lettre différente du A, vous ne taperez pas de la main ».

Cotation : Aucun point n'est alloué s'il y a plus d'une erreur (e.g. tape sur une mauvaise lettre ou omet de taper sur une lettre A).

Calcul sérié : Administration : L'examinateur donne les instructions suivantes : « Maintenez je veux que vous calculiez 100 - 7, et ensuite, continuez de soustraire 7 de votre réponse, jusqu'à ce que je vous dise d'arrêter ». L'examinateur peut répéter les instructions une deuxième fois si nécessaire.

## 10. Rappel différé

Administration : L'examinateur donne les instructions suivantes : «*Je vous ai lu une série de mots plus tôt dont je vous ai demandé de vous rappeler. Maintenant, dites-moi tous les mots dont vous vous rappelez*»

L'examinateur identifie les mots correctement énoncés sans indice, par un crochet (✓) dans l'espace réservé à cet effet.

Cotation : Un point est alloué pour chacun des mots **rappelés spontanément, sans indice**.

### Optionnel:

Pour les mots dont le sujet ne se rappelle pas spontanément, l'examinateur fournit un indice catégoriel (sémantique). Ensuite, pour les mots dont le sujet ne se rappelle pas malgré l'indice sémantique, l'examinateur fournit un choix de réponses et le sujet doit alors identifier le mot approprié. Les indices pour chacun des mots sont présentés ci-bas:

VISAGE :	indice catégoriel : partie du corps	choix de réponses : nez, visage, main
VELOURS :	indice catégoriel : tissu	choix de réponses : denim, coton, velour
ÉGLISE :	indice catégoriel : bâtiment	choix de réponses : église, école, hôpital
MARGUERITE :	indice catégoriel : fleur	choix de réponses : rose, marguerite, tulipe
ROUGE :	indice catégoriel : couleur	choix de réponses : rouge, bleu, vert

Cotation : **Pas de points pour les mots rappelés avec indice**. Identifier par un crochet (✓) dans l'espace approprié les mots qui ont été énoncés suite à un indice (catégoriel ou choix de réponse). L'apport d'indices fournit des informations cliniques sur la nature des difficultés mnésiques. Pour les difficultés de récupération de l'information, la performance peut être améliorée par les indices. Dans le cas de difficultés d'encodage, les indices n'améliorent pas la performance.

## 11. Orientation :

Administration : L'examinateur donne les instructions suivantes : «*Dites-moi quelle date sommes-nous aujourd'hui*» ? Si le sujet fournit une réponse incomplète, l'examinateur dit : «*Dites-moi l'année, le mois, la date, et le jour exact*». Ensuite, l'examinateur demande : «*Maintenant, dites-moi comment s'appelle l'endroit où nous sommes présentement et dans quelle ville est-ce*» ?

Cotation : Un point est alloué pour chacune des réponses exactement énoncées. Le sujet doit dire la date exacte et l'endroit exact (hôpital, clinique, bureau, etc.). Aucun point n'est alloué si le sujet se trompe d'une seule journée pour la date et le jour.

### TOTAL:

Additionnez tous les points accumulés dans l'espace droit de la feuille, pour un maximum de 30 points. Ajouter un point si la scolarité du sujet est de 12 ans ou moins (si le MoCA est plus petit que 30). Un score égal ou supérieur à 26 est considéré normal.

Cotation : Cet item est coté sur 3 points. N'allouer aucun point si aucune soustraction n'est correcte. 1 point pour 1 soustraction correcte. 2 points pour 2 ou 3 soustractions correctes. 3 points pour 4 ou 5 soustractions correctes. Chaque soustraction est évaluée individuellement. Si le sujet fait une erreur de soustraction mais par la suite soustrait correctement le chiffre 7 mais à partir du chiffre erroné, les points sont alloués lorsque la soustraction du chiffre 7 est correcte, e.g. 100 - 7 = 92 - 85 = 78 - 71 = 64. Le "92" est incorrect mais tous les chiffres subséquents sont corrects. Donc il s'agit de 4 soustractions correctes, le score est de 3 points.

## 7. Répétition de phrases :

Administration : L'examinateur donne les instructions suivantes : «*Maintenant, je vais vous lire une phrase et je veux que vous la répétiez après moi* : «*Le colibri a déposé ses œufs sur le sable*». Ensuite, l'examinateur dit : «*Maintenant je vais vous lire une seconde phrase et vous allez la répéter après moi* : *L'argument de l'avocat les a convaincus*».

Cotation : Un point est alloué pour chaque phrase correctement répétée. La répétition doit être exacte. L'examinateur sera vigilant pour les erreurs d'omission, de substitution et d'addition.

## 8. Fluidité verbale :

Administration : L'examinateur donne les instructions suivantes : «*Je veux que vous me disiez le plus de mots possible qui débutent par une lettre de l'alphabet que je vais vous dire. Vous pouvez dire n'importe quelle sorte de mot, sauf les noms propres, des chiffres, les conjugaisons de verbe (e.g. mangé, mangérons, mangez) et les mots de même famille (e.g. pomme, pommette, pommier). Je vais vous dire d'arrêter après une minute. Êtes-vous prêt ? Maintenant, dites le plus de mots possible qui commencent par la lettre F*».

Cotation : Un point est alloué si le sujet énonce 11 mots et plus en une minute.

## 9. Similitudes :

Administration : L'examinateur demande au sujet de donner le point commun entre deux items présentés, en illustrant par l'exemple suivant : «*En quoi une orange et une banane sont-elles semblables*» ? Si le sujet fournit une réponse concrète, l'examinateur demande à une seule autre reprise : «*Donnez-moi une autre raison pour laquelle une orange et une banane se ressemblent*». Si le sujet ne donne pas la bonne réponse, dites : «*oui, et elles sont toutes les deux des fruits*». Ne pas donner d'autres instructions ou explications.

Après l'épreuve d'essai, l'examinateur demande : «*Maintenant, dites-moi en quoi un train et une bicyclette se ressemblent*». Ensuite, l'examinateur demande : «*Maintenant, dites-moi en quoi une montre et une règle se ressemblent*». Ne pas donner d'instruction ou d'indice supplémentaire.

Cotation : Un point est alloué pour chacune des deux dernières paires correctement réussies. Les réponses suivantes sont acceptées : pour train-bicyclette : moyens de transport, moyens de locomotion, pour voyager, règle-montre / instruments de mesure, pour mesurer. Les réponses **non** acceptables : pour train-bicyclette : ils ont des roues, ils roulent ; et pour règle-montre : ils ont des chiffres.

## Annexe F

Liste de Lafon :

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
soie	année	ride	bile	rôde	abbé	balle	bille	brin	bol	bois
ride	gîte	foc	dore	fente	sud	soude	doute	faille	rade	dard
bulle	mole	agis	sage	tige	fausse	mur	laine	sauge	touffe	faute
avant	suc	vague	gaine	grain	joute	nef	longe	langue	gêne	amas
grain	lange	cran	fil	cave	dogue	change	gave	sotte	raide	gîte
tronc	teinte	lobe	cru	bulle	acquis	gage	seul	molle	étang	ganse
dard	coude	mieux	boule	somme	ville	trou	ami	drap	route	cahot
faïne	bois	natte	cale	mène	mare	malle	tasse	mille	mise	père
mille	doute	col	bonne	preux	noce	tonne	chêne	naine	année	mine
craie	crin	buée	rive	bord	appas	peur	pré	pire	pile	tronc
masse	natte	fort	sol	souille	route	rampe	sur	tank	sort	passé
ânon	touffe	soupe	tempe	oser	cil	puce	crin	pur	masse	tord
pris	paille	tonte	fauve	site	fête	cor	vol	suer	fève	élan
saupe	rive	vèle	phase	bouée	veule	vite	front	rêve	pince	voix
chatte	tard	nage	mule	sauve	chaise	rance	ruse	vase	bac	pèse
sève	cil	souche	chatte	chance	bêche	mouche	louche	mèche	blanche	bûche
rased	voûte	rogne	règne	gagne	souille	filie	bagne	teigne	saigne	paille

Liste de Fournier :

Le coupon	Le reflet	Le sapin	Le cadet	Le crayon
Le marché	Le croquis	Le corset	Le bidon	Le château
Le doyen	Le moineau	Le charbon	Le jur <sup>y</sup>	Le fusain
Le torrent	Le dégoût	Le serment	Le sursaut	Le délit
Le festin	Le projet	Le radeau	Le rentier	Le glouton
Le cliché	Le chausson	Le valet	Le flacon	Le baudet
Le drapeau	Le reçu	Le cousin	Le bourreau	Le dévot
Le juron	Le déchet	Le foyer	Le piment	Le combat
Le pari	Le fragment	Le pardon	Le béton	Le pro fit
Le sujet	Le renom	Le hibou	Le lingot	Le cerveau

Liste de phrases MBAA :

### MMBA Liste 1

1. Il y a du monde aujourd'hui.
2. Bonjour, comment ça va ?
3. On va chez le médecin ce soir.
4. Ma voiture est encore en panne.
5. Quelle heure est-il ?
6. Je m'intéresse à cette histoire.
7. J'ai mis un poulet au four.
8. Les enfants se sont encore disputés ce soir.
9. Il faut payer les factures avant la fin du mois.
10. J'ai perdu les clefs du garage.
11. La voiture roulait beaucoup trop vite.
12. Il y a un bon film à la télévision.
13. Tu joues encore au foot ?
14. Il faut que tu achètes du sel et du poivre.
15. Cette maison est beaucoup trop chère.

## Annexe G

Lettre d'information envoyée aux orthophonistes

Bonjour Madame xx,

Nous vous recontactons au sujet de votre patient M. xx qui est également suivi dans le service d'implantologie de la Pitié-Salpêtrière.

Nous sommes deux étudiantes en quatrième année d'orthophonie à l'école de Paris. Dans le cadre de notre mémoire de fin d'étude, nous menons une recherche afin d'évaluer l'impact de la réhabilitation auditive, avec l'implant cochléaire, sur les capacités cognitives.

Ainsi nous aimerions vous proposer un petit QCM afin d'être renseignées sur la prise en charge sur le plan cognitif que vous proposez à vos patients. Ce QCM comprend 10 questions. Si vous le souhaitez nous vous ferons un retour de nos résultats

Vous trouverez joint à cette lettre le questionnaire à remplir, ainsi qu'une enveloppe pré-remplie et pré-timbree afin de nous le retourner.

Nous sommes conscientes du temps que nous vous demandons d'accorder à notre demande et nous vous en remercions. Nous vous présentons nos sincères salutations,

Cordialement,

Shirley Routier et Lucie Marot



Questionnaire à remplir par les orthophonistes :

### Questionnaire prise en charge cognitive

Dans le cadre de notre mémoire de fin d'étude, nous menons une recherche afin d'évaluer l'impact de la réhabilitation auditive (avec l'implant cochléaire) sur les capacités cognitives.

**\*Obligatoire**

Nom et Prénom du patient \*

Date du début de la prise en charge \*

Intensité de la prise en charge \*

: 1 fois par semaine

: 2 fois par semaine

: Autre :

Axes de la rééducation : \*

- Auditif

- Cognitif

- Lecture labiale

- Autre :

Dans le domaine cognitif :

- Travail des fonctions exécutives

- Travail des suppléances mentales

- Travail de l'attention

- Autre :

Dans le domaine des fonctions exécutives

- Flexibilité

- Inhibition

- Mise à jour

- Autre :

Dans le domaine des suppléances mentales

- Travail de l'aide contextuelle

- Travail d'anticipation : logique/déduction

- Autre :

Dans le domaine attentionnel :

- Attention focalisée

- Attention sélective

- Attention soutenue

- Attention divisée

- Autre :

Rééducation dans le bruit

- Bruit de fond stationnaire

- Bruit de fond type "cocktail party"

- Voix concurrente

- Musique

- Autre :

Travail de la boucle phonologique

- oui

- non

- Autre :



## Annexe H

Tableaux recoupant les informations de la prise en charge orthophonique avec les résultats au MoCA de 9 sujets.

Sujets pathologiques en pré-implantation cochléaire, pathologiques en post-implantation :

<b>Patient 3 : Testé à 12 mois</b> Score : MoCA Pré-implantation : 20 Post-implantation : 22	Delai d'activation	24 mois	<b>Axes de la PEC :</b>	Cognitif	X
	Durée de la PEC	Avant IC : 6M ; après IC : 17M et toujours suivi		Auditif	X
	Intensité de la PEC	2 fois / semaine		Lecture labiale	X
	Rééducation au moment du bilan	non			

Domaines cognitifs	Fonctions cognitives travaillées	Réponse orthophoniste	Epreuves MoCA	Pré	Post
Fonctions exécutives	Flexibilité	X	TMT	0	0
	Inhibition	X			
	Mise à jour				
Suppléance mentale	Aide contextuelle	X	MBAA Abstraction	NT*	93
	Logique/déduction	X			
Attention	Sélective	X	Alerte tonique Empan Endroit	1 0	1 0
	Focalisée	X			
	Soutenue	X			
	Divisée	X			
Bruit	Bruit de fond stationnaire		MBAA bruit	NT*	93
	Bruit de fond cocktail party	X			
	Voix concurrente	X			
	Musique	X			
Boucle phonologique			Syntaxe	0	1

\* NT : non testé

Sujets pathologiques en pré-implantation cochléaire, non pathologiques en post-implantation :

<b>Patient 9 : Testé à 6 mois et 12 mois</b> Score : MoCA Pré-implantation : 25 Post-implantation : 6M* : 20 ; 12M* : 27	Delai d'activation	11 mois	<b>Axes de la PEC :</b>	Cognitif	X
	Durée de la PEC	A 6M : 7 mois ; A 12 M : Pause		Auditif	X
	Intensité de la PEC	2 fois / semaine		Lecture labiale	
	Rééducation au moment du bilan	A 6M : oui ; A 12 M : non			

Domaines cognitifs	Fonctions cognitives travaillées	Réponse orthophoniste	Epreuves MoCA	Pré	Post
Fonctions exécutives	Flexibilité	X	TMT	0	6M : 0 ; 12M : 1
	Inhibition	X			
	Mise à jour				
Suppléance mentale	Aide contextuelle	X	MBAA	0	6M : 73 ; 12M NT*
	Logique/déduction	X			
Attention	Sélective	X	Alerte tonique Empan endroit	1 1	6M : 1 ; 12M : 1 6M : 1 ; 12M : 1
	Focalisée	X			
	Soutenue				
	Divisée				
Bruit	Bruit de fond stationnaire		MBAA bruit	0	6M : 13 ; 12M : NT
	Bruit de fond cocktail party	X			
	Voix concurrente				
	Musique	X			
Boucle phonologique			Répétition phrases	2	6M : 2 ; 12 M

6M\* : évaluation à 6 mois

12M\* : évaluation à 12 mois

NT\* : non testé

Patient 8 : Testé à 6 mois et 12 mois  
 Score : MoCA  
 Pré-implantation : 24  
 Post-implantation : 6M\* : 26 ; 12M\* : 27

Delai d'activation	12 mois
Durée de la PEC	12 mois et toujours suivi
Intensité de la PEC	1 fois / semaine
Rééducation au moment du bilan	oui

Axes de la PEC :

Cognitif	X
Auditif	X
Lecture labiale	

Domaines cognitifs	Fonctions cognitives travaillées	Réponse orthophoniste	Epreuves MoCa	Pré	Post
Fonctions exécutives	Flexibilité Inhibition Mise à jour		TMT	0	6M : 0 ; 12M : 0
Suppléance mentale	Aide contextuelle Logique/déduction	X	MBAA	27	6M : 80 ; 12M : 92
Attention	Sélective Focalisée Soutenue Divisée		Alerte tonique Empan Endroit	1 1	6M : 1 ; 12M : 1 6M : 1 ; 12M : 1
Bruit	Bruit de fond stationnaire Bruit de fond cocktail party Voix concurrente Musique	X X X	MBAA bruit	80	6M : 47 ; 12M : 80
Boucle phonologique		X	Répétition phrases	2	6M : 1 ; 12M : 2

6M\* : évaluation à 6 mois

12M\* : évaluation à 12 mois

Sujet 11 : Testé à 12 mois  
 Score : MoCA  
 Pré-implantation : 22  
 Post-implantation : 28

Delai d'activation	19 mois
Durée de la PEC	19 mois et toujours suivi
Intensité de la PEC	1 fois / semaine
Rééducation au moment du bilan	oui

Axes de la PEC :

Cognitif	X
Auditif	X
Lecture labiale	

Domaines cognitifs	Fonctions cognitives travaillées	Réponse orthophoniste	Epreuves MoCa	Pré	Post
Fonctions exécutives	Flexibilité Inhibition Mise à jour	X X X	TMT	0	1
Suppléance mentale	Aide contextuelle Logique/déduction	X X	MBAA	100	100
Attention	Sélective Focalisée Soutenue Divisée	X X X X	Alerte tonique Empan Endroit	1 1	1 1
Bruit	Bruit de fond stationnaire Bruit de fond cocktail party Voix concurrente Musique	X X X X	MBAA bruit	0	87
Boucle phonologique		X	Répétition phrases	1	1

## Sujets non pathologiques en pré-implantation cochléaire, non pathologiques en post-implantation

Patient 21 : Testé à 6 mois  
 Score : MoCA  
 Pré-implantation : 29  
 Post-implantation : 29

Delai d'activation	11 mois
Durée de la PEC	12 mois et toujours suivi
Intensité de la PEC	2 fois / semaine
Rééducation au moment du bilan	oui

Axes de la PEC

Cognitif	X
Auditif	X
Lecture labiale	X

Domaines cognitifs	Fonctions cognitives travaillées	Réponse orthophoniste	Epreuves MoCa	Pré	Post
Fonctions exécutives	Flexibilité Inhibition Mise à jour Autre : Mémoire de travail	X X X	TMT Empan envers	1 1	1 1
Suppléance mentale	Aide contextuelle Logique/déduction		MBAA		93
Attention	Sélective Focalisée Soutenue Divisée	X X X	Alerte tonique Empan Endroit	1 1	1 1
Bruit	Bruit de fond stationnaire Bruit de fond cocktail party Voix concurrente Musique	X X X X	MBAA bruit		100
Boucle phonologique			Répétition phrases	2	2

Patient 24 : Testé à 6 mois  
 Score : MoCA  
 Pré-implantation : 30  
 Post-implantation : 6M\* : 30 ; 12M : 29

Delai d'activation	14 mois
Durée de la PEC	14 mois et toujours suivi
Intensité de la PEC	2 fois / semaine
Rééducation au moment du bilan	oui

Axes de la PEC :	
Cognitif	X
Auditif	X
Lecture labiale	

Domaines cognitifs	Fonctions cognitives travaillées	Réponse orthophoniste	Epreuves MoCa	Pré	Post
Fonctions exécutives	Flexibilité	X	TMT	1	6M : 1 ; 12M : 1
	Inhibition	X			
	Mise à jour	X			
Suppléance mentale	Aide contextuelle	X	MBAA	NT*	6M : 80 ; 12M : 53
	Logique/déduction	X			
Attention	Sélective	X	Alerte tonique Empan Endroit	1	6M : 1 ; 12M : 1
	Focalisée	X		1	6M : 1 ; 12M : 1
	Soutenue	X			
	Divisée				
Bruit	Bruit de fond stationnaire		MBAA bruit	NT*	6M : 60 ; 12M : 33
	Bruit de fond cocktail party				
	Voix concurrente	X			
	Musique	X			
Boucle phonologique			Répétition phrases	2	6M : 2 ; 12M : 2

6M\* : évaluation à 6 mois  
 12M\* : évaluation à 12 mois  
 NT\* : non testé

Patient 22 : Testé à 6 mois et 12 mois  
 Score : MoCA  
 Pré-implantation : 30  
 Post-implantation : 6M\* : 27 ; 12M : 27

Delai d'activation	14 mois
Durée de la PEC	15 mois et toujours suivi
Intensité de la PEC	2 fois / semaine
Rééducation au moment du bilan	oui

Axes de la PEC :	
Cognitif	X
Auditif	X
Lecture labiale	X

Domaines cognitifs	Fonctions cognitives travaillées	Réponse orthophoniste	Epreuves MoCa	Pré	Post
Fonctions exécutives	Flexibilité	X	TMT	1	6M : 1 ; 12M : 1
	Inhibition				
	Mise à jour				
Suppléance mentale	Aide contextuelle		MBAA	NT*	6M : 47 ; 12M : 60
	Logique/déduction	X			
Attention	Sélective		Alerte tonique Empan Endroit	1	6M : 1 ; 12M : 1
	Focalisée			1	6M : 1 ; 12M : 1
	Soutenue				
	Divisée				
Bruit	Bruit de fond stationnaire		MBAA bruit	NT*	6M : 33 ; 12M : 53
	Bruit de fond cocktail party	X			
	Voix concurrente				
	Musique				
Boucle phonologique		X	Répétition phrases	2	6M : 2 ; 12M : 2

6M\* : évaluation à 6 mois  
 12M\* : évaluation à 12 mois

Patient 18 : Testé à 6 mois et 12 mois  
 Score : MoCA  
 Pré-implantation : 27  
 Post-implantation : 6M\* : 25 ; 12M : 27

Delai d'activation	15 mois
Durée de la PEC	14 mois et toujours suivi
Intensité de la PEC	1 fois / semaine
Rééducation au moment du bilan	oui

Axes de la PEC :	
Cognitif	X
Auditif	X
Lecture labiale	X

Domaines cognitifs	Fonctions cognitives travaillées	Réponse orthophoniste	Epreuves MoCa	Pré	Post
Fonctions exécutives	Flexibilité	X	TMT	0	6M : 0 ; 12M : 0
	Inhibition				
	Mise à jour				
Suppléance mentale	Aide contextuelle		MBAA	47	6M : 8 ; 12M : NT*
	Logique/déduction				
Attention	Sélective	X	Alerte tonique Empan Endroit	1	6M : 1 ; 12M : 1
	Focalisée	X		0	6M : 1 ; 12M : 1
	Soutenue	X			
	Divisée	X			
Bruit	Bruit de fond stationnaire		MBAA bruit	100	6M : 93 ; 12M : NT
	Bruit de fond cocktail party	X			
	Voix concurrente				
	Musique				
Boucle phonologique		X	Répétition phrases	1	6M : 1 ; 12M : 1

6M\* : évaluation à 6 mois  
 12M\* : évaluation à 12 mois  
 NT\* : non testé

Patient 14 : Testé à 12 mois  
 Score : MoCA  
 Pré-implantation : 27  
 Post-implantation : 29

Delai d'activation	17 mois
Durée de la PEC	15 mois-toujours suivi
Intensité de la PEC	1 fois / semaine
Rééducation au moment du bilan	oui

Axes de la PEC :

Cognitif	X
Auditif	
Lecture labiale	

Domaines cognitifs	Fonctions cognitives travaillées	Réponse orthophoniste	Epreuves MoCa	Pré	Post
Fonctions exécutives	Flexibilité Inhibition Mise à jour		TMT	1	1
Suppléance mentale	Aide contextuelle Logique/déduction	X	MBAA	13	100
Attention	Sélective Focalisée Soutenue Divisée	X X	Alerte tonique Empan Endroit	1 1	1 1
Bruit	Bruit de fond stationnaire Bruit de fond cocktail party Voix concurrente Musique	X X	MBAA bruit	0	87
Boucle phonologique		X	Répétition phrases	1	1