# Stratégies visuelles de compréhension du langage via l'eye-tracking chez les adultes devenus sourds candidats à l'implant cochléaire

Marie Azria, Jessica Matias

▶ **To cite this version:**

Marie Azria, Jessica Matias. Stratégies visuelles de compréhension du langage via l'eye-tracking chez les adultes devenus sourds candidats à l'implant cochléaire. Sciences cognitives. 2015. dumas-01211761

**HAL Id: dumas-01211761**

**https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01211761**

Submitted on 26 Oct 2015

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

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

ACADÉMIE DE PARIS

UNIVERSITÉ PARIS IV PIERRE ET MARIE CURIE

**MÉMOIRE POUR LE CERTIFICAT DE CAPACITÉ D'ORTHOPHONISTE**

# STRATÉGIES VISUELLES DE COMPRÉHENSION DU LANGAGE VIA L'EYE-TRACKING CHEZ LES ADULTES DEVENUS SOURDS CANDIDATS À L'IMPLANT COCHLÉAIRE

Sous la direction de **Madame Emilie ERNST**

Orthophoniste, Docteur en psychologie cognitive

HÔPITAL ROTHSCHILD – Service du Dr C. PONCET-WALLET

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2014-2015

**Marie AZRIA**

Née le 04/09/1991

**Jessica MATIAS**

Née le 22/05/1991

**REMERCIEMENTS**

Nous tenons à remercier sincèrement et chaleureusement pour leur aide précieuse :

Notre maître de mémoire, Madame Emilie ERNST, orthophoniste et docteur en psychologie cognitive, pour tout ce qu'elle nous a appris, pour son implication, sa grande disponibilité, son soutien pendant toute cette année.

Les professionnels du CRIC de l'hôpital ROTHSCHILD :

Le Professeur Brunot Frachet sans le soutien duquel ce projet n'aurait pas pu voir le jour.

Les Docteurs Christine Poncet-Wallet, Laurence Blexmann et Yves Ormezzano.

Le Docteur Jean Vasseur qui a donné beaucoup de son temps lors de la réalisation des audiogrammes.

Mesdames Mathilde Lavrut, Céline Lux et Emilie Vormès, orthophonistes pour leur aide, leur accueil et les nombreuses choses qu'elles nous ont apprises.

Mesdames Céline Gros et Adeline Gros, secrétaires de l'équipe d'implantation cochléaire, pour leur patience, leur efficacité et leur soutien.

Monsieur Vincent Péan, ingénieur biomédical, pour son indispensable participation

Madame Martine Smadja, directrice de l'Institut Francilien des Implantés Cochléaires (IFIC) et Madame Emilie Thiévenaz secrétaire de l'IFIC.

Monsieur Wael Khazen, chef de projet clinique, pour ses corrections et ses conseils.

Madame Claudine Tonnevy, infirmière, pour son dynamisme, son efficacité et sa bonne humeur.

Les nombreux sujets qui ont donné gracieusement de leur temps afin que notre projet aboutisse.

Tous nos maîtres de stage qui nous ont presque tout appris durant ces quatre années de formation.

Tous les patients qui ont croisé et croiseront notre chemin et qui enrichissent et enrichiront nos connaissances.

Et bien sûr à tous nos proches pour nous avoir soutenues et encouragées.

**ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT**

Je soussignée, Marie AZRIA, être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes formes de supports, 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, Jessica MATIAS, être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes formes de supports, 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**..... ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.

**PARTIE THEORIQUE** ..... **5**

**I] Surdité** ..... **5**
**A- Définition et conséquences de la surdité** ..... **5**
**B- Classification des surdités en fonction du degré de perte et conséquences** ..... **6**
**C- Principales étiologies des surdités** ..... **7**
**D- Aides auditives** ..... **8**

**II] Lecture labiale** ..... **11**
**A- Définitions** ..... **11**
**B- Grands principes** ..... **12**
**C- Conditions favorisant la LL, liées à la situation, au labiolecteur, à son locuteur** ..... **13**
**D- Limites de la LL, liées aux spécificités du système linguistique** ..... **15**
**E- Activation corticale durant la LL** ..... **17**
**F- Méthodes de développement** ..... **17**

**III] Stratégies visuelles** ..... **18**
**A- Chez le normo-entendant** ..... **18**
**B- Stratégies visuelles chez le déficient auditif** ..... **20**

**IV] Eye-tracking**..... **22**
**A- Définition** ..... **22**
**B- Différents systèmes** ..... **22**
**C- Le système d'eye-tracking que nous avons choisi** ..... **23**
**D- Différents domaines d'utilisation de l'eye-tracking** ..... **23**
**E- Intérêt de l'eye-tracking en orthophonie** ..... **24**

**V] Perception en deux dimensions et en trois dimensions**..... **25**

**PARTIE PRATIQUE** ..... **26**

**I] Problématique et hypothèse** ..... **26**
**A- Problématique et hypothèses** ..... **26**
**B- Hypothèses** ..... **26**

**II] Méthodologie**..... **28**
**A- Choix de la population** ..... **28**

**B- Description de la population** 29

**C- Matériel** 32

**III] Passation** 37

**A- Démarche préalable** 37

**B- Conditions de passation** 37

**C- Déroulement de la passation** 38

**IV] Analyse des résultats** 39

**A- Résultats obtenus aux tests orthophoniques** 39

**B- Données obtenues grâce à l'eye-tracking** 44

**DISCUSSION** 58

**I] Validation / infirmation des hypothèses de travail et confrontation aux données de la littérature.** 58

**II] Limites de l'étude** 60

**A- Limites liées à nos échantillons de population** 60

**B- Limites liées à l'eye-tracking** 60

**C- Effet d'apprentissage de la lecture labiale** 61

**III] Perspectives** 61

**CONCLUSION** 62

**TABLE DES TABLEAUX**

**Tableau 1** : Tableau des principales étiologies des surdités ..... 8
**Tableau 2** : Sujets appariés ..... 30
**Tableau 3** : Aires d'intérêt (AOI) en fonction des vidéos ..... 36
**Tableau 4** : Comparaison des scores obtenus aux épreuves CV et VCV en 3D et 2D dans les deux populations ..... 39
**Tableau 5** : Performances moyennes en lecture labiale (2D) selon les épreuves ..... 39
**Tableau 6** : Performances moyennes en modalité AV versus LL chez les sujets en pré-IC ..... 40
**Tableau 7** : Performances moyennes en LL seule, audition seule et en modalité AV chez les sujets en pré-IC ..... 41
**Tableau 8** : Performances moyennes pour chaque sujet en pré-IC en LL seule et en modalité audiovisuelle en lien avec leurs restes auditifs ..... 41
**Tableau 9** : Scores globaux en LL en fonction du niveau de dépression et de l'âge ..... 42
**Tableau 10** : Lien entre la dépression et les scores globaux obtenus en LL seule ..... 42
**Tableau 11** : Lien entre la dépression et les scores globaux obtenus en AV ..... 42
**Tableau 12:** Lien entre l'activité professionnelle et la performance en lecture labiale ..... 43
**Tableau 13**: Lien entre l'activité professionnelle et la performance en modalité AV ..... 43
**Tableau 14** : Niveau de dépression et âge ..... 43
**Tableau 15** : Performances de LL par rapport à la durée de surdité chez les pré-IC ..... 44
**Tableau 16** : Stratégies visuelles concernant la vidéo « Dialogue cabane » ..... 45
**Tableau 17** : Stratégies visuelles concernant la vidéo « Discours de Sarkozy » ..... 45
**Tableau 18** : Stratégies visuelles concernant la vidéo « Café » ..... 46
**Tableau 19** : Stratégies visuelles concernant la vidéo « Dialogue cabane », sujets déficients auditifs ..... 46
**Tableau 20** : Stratégies visuelles concernant la vidéo "Dialogue cabane", sujets normo-entendants ..... 47
**Tableau 21** : Stratégies visuelles concernant la vidéo « Discours de Sarkozy », sujets déficients auditifs ..... 47
**Tableau 22** : Stratégies visuelles concernant la vidéo "Discours Sarkozy", sujets normo-entendants ..... 48
**Tableau 23** : Stratégies visuelles concernant la vidéo « Café », sujets déficients auditifs. 48
**Tableau 24** : Stratégies visuelles concernant la vidéo "Café", sujets normo-entendants ... 49
**Tableau 25** : Nombre de visites des NE par épreuve en modalité AV et LL seule ..... 50
**Tableau 26** : Tableau récapitulatif du nombre de visites pour chaque AOI pour chaque épreuve dans les deux modalités (AV et LL) ..... 50
**Tableau 27** : Tableau récapitulatif du taux de fixation pour chaque AOI pour chaque épreuve dans les deux modalités (AV et LL) ..... 51
**Tableau 28** : Taux de fixations cumulées et du nombre de visites cumulées par AOI pour toutes les épreuves confondues dans les deux modalités ..... 51
**Tableau 29** : Tableau récapitulatif des taux de fixations cumulées pour toutes les épreuves confondues par AOI en LL ..... 52
**Tableau 30** : Tableau des taux de fixations cumulées par AOI pour toutes les épreuves confondues en modalité audiovisuelle ..... 52
**Tableau 31** : Tableau de ratios de durée de fixations pour l'AOI bouche par épreuve en LL ..... 53
**Tableau 32** : Ratios de durée de fixations pour l'AOI bouche par épreuve en modalité AV ..... 53
**Tableau 33** : Tableau du nombre de fixations moyen pour toutes les épreuves confondues et toutes les AOI en lecture labiale ..... 54

**Tableau 34** : Tableau récapitulatif du nombre de fixations cumulées par AOI pour toutes les épreuves confondues en LL ..... 54
**Tableau 35** : Nombre de fixations cumulées par AOI pour toutes les épreuves confondues en modalité audiovisuelle ..... 55
**Tableau 36** : Tableau du nombre de fixations pour l'AOI cou en LL pour les VCV ..... 55
**Tableau 37** : Tableau du nombre de fixations pour l'AOI bouche en LL pour les mots ... 56
**Tableau 38** : Nombre de fixations cumulées des zones visages pour toutes les épreuves confondues en lecture labiale ..... 56

## TABLE DES FIGURES

**Figure 1** : Répartition des personnes atteintes de surdité en fonction de l'âge ..... 2
**Figure 2** : Eye-tracking de Matchic Labs ..... 20
**Figure 3** : Photographies représentant l'eye-tracking et la tablette ..... 38
**Figure 4** : AOI des vidéos « tests orthophoniques »..... 50

**INDEX**

AOI : aires d'intérêt (*area of interest*)

AV : audiovisuel

BDI : échelle de Beck (*Beck Depression Inventory*)

CSP : catégorie socio-professionnelle

CV : consonne-voyelle

IC : implant cochléaire

LL : lecture labiale

NE : normo-entendant

VCV : voyelle-consonne-voyelle

2D : deux dimensions

3D : trois dimensions

# INTRODUCTION

La déficience auditive est un handicap majeur qui est invisible. Elle a de nombreuses conséquences sur la vie des personnes qui en sont atteintes. Comme toute privation sensorielle, la surdité entraîne une réorganisation structurelle du cerveau grâce au phénomène de plasticité cérébrale. Les aires corticales habituellement dédiées à l'audition sont réattribuées à d'autres fonctions et en particulier à la vue.

La perception de la parole est un processus audiovisuel. Les informations auditives et visuelles sont utilisées en complémentarité pour permettre un accès à la compréhension du langage. Que nous soyons entendant ou déficient auditif, nous sommes tous labiolecteurs. Cependant, en cas de perte auditive, les sujets ont tendance à davantage regarder le visage et notamment les lèvres de leurs interlocuteurs que les autres. Cette tendance se retrouve, dans certaines situations, chez les sujets normo-entendants notamment lorsque l'environnement sonore est bruyant. Dans les deux cas, le but est de pallier la dégradation de l'information auditive.

Notre étude porte sur les stratégies visuelles employées dans un acte de communication et de réception de la parole. Grâce au système d'eye-tracking, nous souhaitons analyser les stratégies visuelles d'adultes devenus sourds en attente d'implantation cochléaire en les comparant à celles d'adultes normo-entendants. Leurs stratégies visuelles sont-elles identiques? Nous comparerons les stratégies visuelles quand le sujet est passif (visionnage de courtes séquences vidéos) et dans deux situations de test où il est actif (répétition de syllabes et de mots et réponse à des questions). Les tests seront passés en lecture labiale seule et en modalité audiovisuelle.
D'autre part, notre étude visera à comparer les scores obtenus aux tests orthophoniques en deux dimensions (orthophoniste filmée) et en trois dimensions (face-à-face).

Après un bref rappel sur les surdités et leurs causes, nous évoquerons les différents types d'aides auditives et notamment l'implant cochléaire, puis nous étudierons la lecture labiale dans ses grandes lignes. Nous nous intéresserons ensuite à la technologie de l'eye-tracking ainsi qu'aux données de la littérature portant sur les stratégies visuelles utilisées par les normo-entendants et les déficients auditifs. Nous présenterons la démarche qui a nous a menées à établir notre protocole pour arriver à l'étude réalisée.

# PARTIE THEORIQUE

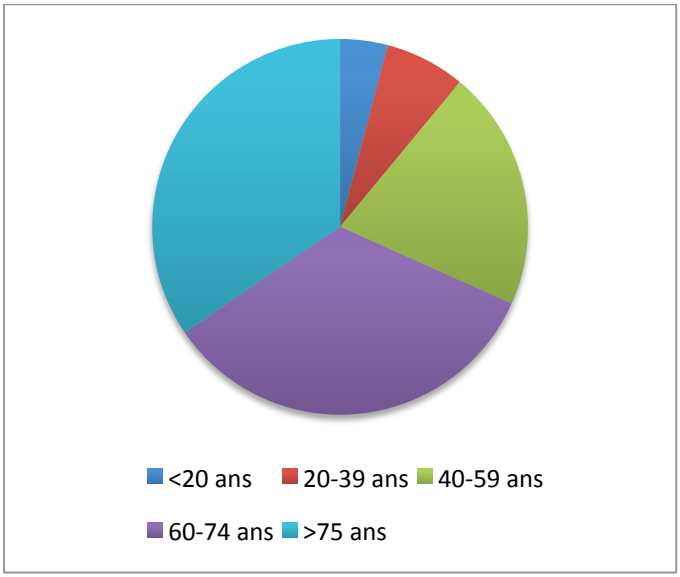
## I] Surdité

(Rédigée par M. Azria et J. Matias)

Le nombre de personnes malentendantes en France est estimé à 7,6 millions de personnes. La surdité est donc la première cause de handicap, loin devant le handicap moteur (2,3 millions), visuel (1,7 millions) ou intellectuel (0,7 millions).

La surdité ne touche pas exclusivement les personnes âgées. 31,7% des personnes qui en souffrent ont moins de 60 ans (Frachet, B. et coll., 2014a) **[6]**.

**Figure 1 :** Répartition des personnes atteintes de surdité en fonction de l'âge




### A- Définition et conséquences de la surdité

La surdité est une privation sensorielle, partielle ou totale, qui a de multiples conséquences dans le quotidien de la personne qui en souffre.

Les surdités peuvent être classées selon le type de structures atteintes :

- Surdité de transmission avec atteinte de l'oreille externe (conduit auditif et/ou pavillon) ou de l'oreille moyenne (tympan et/ou osselets).
- Surdité de perception avec atteinte de l'oreille interne : cochlée ou atteinte des voies nerveuses auditives.
- Surdité mixte : combine une surdité de perception et une surdité de transmission.

## B- Classification des surdités en fonction du degré de perte et conséquences

Les conséquences de la surdité varient notamment selon le degré de perte auditive. Une perte totale ou partielle de l'ouïe place la personne en situation de handicap. Parmi les nombreux impacts de la surdité, la communication est entravée. Le sujet déficient auditif se trouve en difficulté pour comprendre. Cela entraîne une modification des relations sociales.

Le BIAP (Bureau International d'Audio-Phonologie) a établi une classification des surdités selon le degré de perte auditive. *« Cette Classification BIAP permet d'apprécier une surdité et ses conséquences, d'obtenir les aides sociales, d'orienter vers des modes de réhabilitation plus efficaces (implant cochléaire versus prothèse conventionnelle) »* (Dumont, A., 2008b) **[22]**. La perte moyenne est calculée à partir de la perte en audiométrie tonale aux fréquences 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz et 4000 Hz. Toute audition située entre 0 et 20 dB de perte est considérée comme normale (ou subnormale).

### 1) Déficience auditive légère

Les caractéristiques : **l**a perte tonale est comprise entre 21 et 40 dB. Dans la surdité légère, la parole à voix normale (60 dB) est perçue mais la voix basse l'est difficilement. La plupart des sons sont perçus. Le pourcentage de reconnaissance du langage est de 95%. Il n'y a pas de handicap majeur ni de modification de la communication.

### 2) Déficience auditive moyenne

La perte tonale est comprise entre 41 dB et 70 dB. La parole est perçue si l'on élève la voix. La compréhension est plus aisée avec l'aide de la lecture labiale. Seulement certains bruits sont perçus. Le pourcentage de reconnaissance du langage est compris entre 50 et 95%. La communication avec l'autre est possible mais cela nécessite un niveau de concentration important.
Il existe deux degrés de déficience auditive moyenne. Le 1$^{er}$ degré comprend une perte auditive entre 41 et 55 dB et le 2$^{ème}$ degré comprend une perte auditive entre 56 et 70 dB.

### 3) Déficience auditive sévère

La perte tonale est comprise entre 71 et 90 dB. La voix forte près de l'oreille ainsi que les bruits forts sont perçus. Le pourcentage de reconnaissance du langage est inférieur

à 50 dB. La communication est difficile sans aide. Certains éléments acoustiques ne sont pas perçus.
Il existe deux degrés de déficience auditive sévère. Le 1er degré comprend une perte auditive entre 71 et 80 dB et le 2ème degré comprend une perte auditive entre 81 et 90 dB.

#### 4) Déficience auditive profonde

La perte tonale est comprise entre 91 et 119 dB. La parole, même en voix forte, n'est pas perçue. Seuls les bruits très puissants sont perçus, en particulier les vibrations. Le pourcentage de reconnaissance du langage est inférieur à 10%. La communication n'est pas possible sans aide. La compréhension du langage est entravée.
Il existe trois degrés de perte auditive. Le 1er degré comprend une perte auditive entre 91 et 100 dB. Le 2ème degré comprend une perte auditive entre 101 et 110 dB. Enfin, le 3ème degré correspond à une perte auditive entre 111 et 119 dB.

#### 5) Déficience auditive totale ou cophose

La perte moyenne est de 120 dB. L'oreille ne perçoit plus rien. Le pourcentage de reconnaissance du langage est de 0%. L'entrave à la communication est maximale.

Pour améliorer les capacités auditives du sujet et la perception de la parole, il est possible de mettre en place des aides. Ce peut être une aide auditive et/ou l'apprentissage de la lecture labiale. Cela permettra de diminuer le retentissement de la surdité en vie quotidienne.

### C- Principales étiologies des surdités

(Ayache, D. et coll., 2009) **[3]**, (Remacle, M. et coll., 2005) **[53]**, (Grosbois, J. et coll., 2004) **[30]**.

**Tableau 1** : Tableau des principales étiologies des surdités

| Atteinte de l'oreille externe = surdité transmissionnelle | Atteinte de l'oreille moyenne = surdité transmissionnelle | Atteinte de l'oreille interne = surdité de perception | Atteinte des voies centrales = surdité de perception |
|---|---|---|---|
| ➔Pathologies du conduit auditif externe :<br>→Malformations (aplasie, oreilles décollées)<br>→Traumatismes<br>→Tumeurs<br>→Infections<br><br>➔Pathologies du conduit auditif externe :<br>→Malformations (aplasie)<br>→Infections (otites externes)<br>→Tumeurs<br>→Traumatismes<br>→Sténoses (bouchon de cérumen, corps étranger) | ➔Pathologies inflammatoires et infectieuses:<br>→Otites moyennes aiguës<br>→Otites moyennes chroniques : otite cholestéomateuse, otite séromuqueuse<br><br>➔Traumatismes (fractures du rocher, barotraumatisme, blast auriculaire agent externe pénétrant<br><br>➔Tumeurs<br><br>➔Otospongiose<br><br>➔Malformation (atrophie tympan, osselets…)<br><br>➔Ankylose stapédo-vestibulaire | ➔Endocochléaire :<br>→Presbyacousie<br>→Traumatismes (traumatisme sonore, commotion labyrinthique)<br>→Toxiques<br>→Infections<br>→Surdités brusques<br>→Surdité fluctuante<br>→Maladie de Ménière<br>→Tumeurs<br>→Fistules périlymphatiques<br>→Surdités génétiques<br>→Surdités auto-immunes<br>→Malformation<br><br>➔Rétrocochléaire :<br>→Neurinome de l'acoustique<br>→Tumeur de la base du crâne<br>→Infections<br>→Toxiques<br>→Tumeurs de l'angle | ➔Atteinte des voies auditives<br>→Tumeur<br>→Cause vasculaire<br>→Inflammation<br>→Démyélinisation<br><br>➔Trouble de la compréhension orale |

### D- Aides auditives

Les aides auditives permettent de compenser une déficience auditive. Elles peuvent être de deux types : prothèses auditives ou implants. Nous décrirons succinctement les principaux types d'aides auditives (Morgon, A., 1998) **[46]**.

#### 1. Prothèses auditives

La prothèse a pour rôle d'amplifier le son provenant de l'environnement. Elle vise également à corriger les distorsions en traitant le signal de parole. Il s'agit d'un dispositif actif utilisant de l'énergie provenant d'une source extérieure (pile ou batterie) destiné à

corriger la surdité. La prothèse auditive est nécessaire à partir du moment où la surdité constitue une gêne sociale pour le sujet.
Il existe deux grandes familles de prothèses auditives conventionnelles.

### a. Prothèse contour ou contour d'oreille

Un mini boîtier contient les différents composants du système : un microphone, un amplificateur, un écouteur et des piles. Le son extérieur est capté par le microphone. Il est ensuite amplifié. L'onde acoustique chemine vers le conduit auditif du sujet grâce un tube reliant l'écouteur à l'embout. L'embout est placé dans le conduit auditif externe. Cet appareil prend place derrière l'oreille.
Il existe différents types de contour d'oreille : le contour d'oreille à embout ouvert ou open fit qui n'occlut pas l'oreille et laisse passer l'air. Cela convient aux pertes auditives légères à moyennes et prédominant sur les fréquences aiguës. L'embout n'est pas nécessairement fait sur mesure. Puis, le contour d'oreille à embout fermé ou BTE qui est relié au conduit auditif par un embout moulé sur mesure à l'oreille du sujet. Il ferme le conduit. Enfin, le contour d'oreille à embout déporté : la différence avec le contour d'oreille à embout classique est que le corps de l'aide auditive, placé derrière l'oreille, contient seulement le microphone et l'amplificateur. Un fil fin conduit le signal de l'amplificateur vers l'écouteur. Ce dernier est situé au niveau du tympan. Cela permet de diffuser le son à proximité de l'oreille moyenne.

### b. Prothèse intra-auriculaire

Tous les composants sont contenus dans l'embout placé dans le conduit. Ce système est destiné aux pertes auditives légères à sévères. Il en existe deux types : les prothèses intra-canal qui sont les plus petites, elles se situent à l'intérieur du canal auditif. Les prothèses intra-conque d'autre part qui s'insèrent dans la conque.
Toutes ces prothèses sont composées de trois parties principales : un microphone qui capte les sons de l'environnement, un amplificateur qui amplifie les informations acoustiques et un écouteur qui transmet l'information amplifiée au plus près du tympan. Le son suit donc le trajet habituel et ce sont les restes auditifs qui sont amplifiés.
Quand le bénéfice d'une prothèse auditive n'est pas suffisant, un implant peut être proposé au patient.

## 2. Les implants

Il existe plusieurs types d'implants : les implants cochléaires, les implants d'oreille moyenne, les implants du tronc cérébral et les systèmes CROS et BICROS. Nous ne retiendrons que les implants cochléaires car c'est le seul type d'implant porté par les sujets de notre cohorte.

Les implants cochléaires (noté désormais IC).

La première expérimentation humaine d'implantation cochléaire a eu lieu en 1957 chez un adulte devenu sourd, par Djourno et Eyries (Djourno, A., et coll., 1957) **[19]**. *« La conception* […] *des prothèses cochléaires implantées, créant une sensation acoustique à partir d'une stimulation électrique et d'un contexte neurochirurgical adapté, a bouleversé le traitement des surdités profondes »* (Dumont, A., 2004a) **[21]**. Ce dispositif est réservé aux personnes déficientes auditives ne tirant pas profit d'un appareil auditif conventionnel. L'IC supplée l'organe de Corti défaillant en stimulant le nerf auditif. L'IC nécessite donc un fonctionnement du nerf auditif proche de la normale. L'information transmise n'est pas amplifiée. Elle est transformée en impulsions électriques qui vont stimuler les fibres nerveuses. L'IC est indiqué dans le cas de surdités neurosensorielles sévères à profondes bilatérales. La pose de l'IC est envisagée après l'échec d'un essai prothétique.
D'après la Haute Autorité de Santé, l'IC est indiqué lorsque la discrimination de mots de deux syllabes est inférieure ou égale à 50% lors de la réalisation des tests d'audiométrie vocale. Les tests doivent être pratiqués à 60 dB, en champ libre, avec des prothèses adaptées (Haute autorité de santé, 2012) **[32]**.

Les sujets atteints de surdité bilatérale ont très souvent un IC et une prothèse auditive controlatérale. L'implantation peut être unilatérale ou bilatérale. L'implantation peut être bilatérale dans le cas de :

- Méningites avec ossification.
- Fractures bilatérales du rocher.
- Toute autre cause de surdité risquant de s'accompagner d'une ossification cochléaire bilatérale.
- Cécité associée.
- Perte du bénéfice de la prothèse auditive controlatérale.
- Activité professionnelle.
- Risque de perte d'autonomie.

Il existe actuellement quatre marques d'implants cochléaires :

- Advanced Bionics (société américaine).
- Cochlear (société australienne).
- Med-El (société autrichienne).
- Neurelec (société française).

L'IC est composé d'une part d'une partie interne implantée chirurgicalement. Elle est constituée d'un récepteur et d'un stimulateur placés sous la peau qui envoie les impulsions électriques au porte-électrodes implanté dans la cochlée. Elle est également constituée d'un porte-électrodes qui, par contact, stimule les fibres nerveuses du nerf auditif. Le porte-électrodes se situe dans la cochlée et il comporte douze à vingt-deux électrodes selon les modèles. Chacune des électrodes code pour une bande fréquentielle. D'autre part, l'IC présente une partie externe amovible qui est le processeur vocal. Elle est constituée d'un ou plusieurs microphones qui captent l'environnement sonore, d'un processeur qui analyse les informations sonores reçues et détermine les impulsions électriques à envoyer à la cochlée et d'une antenne qui, par induction électromagnétique, fournit l'énergie nécessaire au fonctionnement de la partie interne et transmet les impulsions (Pelloux, M., 2013) **[47].**

Les étapes de la transmission du son sont les suivantes (Frachet, B. et coll., 2014b) **[7]**:

Le son est tout d'abord capté par le microphone. Il est ensuite traité par le processeur vocal qui les convertit en impulsions électriques. Celles-ci sont envoyées à l'antenne qui les transmet au récepteur situé sous le cuir chevelu. Après avoir été décodé, le signal est envoyé sous forme d'impulsions électriques vers les électrodes. Les électrodes stimulent les fibres nerveuses sans utiliser les cellules ciliées endommagées. Le nerf auditif stimulé envoie les impulsions électriques au cerveau. Elles sont alors interprétées comme des sons.

## II] Lecture labiale

(Rédigée par J. Matias)

### A- Définitions

La LL **(**notée désormais LL**)** est « *un procédé permettant de comprendre ce que dit une autre personne en tenant compte d'indications visuelles telles que les mouvements des*

*muscles faciaux, des lèvres, des mains et du corps en général* » (Unesco, 1983).
D'après le dictionnaire orthophonique, la LL est la « *perception visuelle du langage oral à l'aide de la reconnaissance des mouvements articulatoires du locuteur* » (Brin-Henry, F. et coll., 2004) **[12]**.
Pour Istria, c'est une activité qui consiste à « *percevoir ce qui peut être vu, interpréter ce que l'on a perçu et compléter ce qui n'a pas été vu* ». Cette définition énumère les trois traitements complémentaires de la LL permettant d'accéder au sens. Cela illustre la complexité de cette tâche (Istria, M. et coll., 1997) **[37]**.

### B- Grands principes

La perception de la parole n'est pas seulement auditive, elle est aussi visuelle. Les traits visuels porteurs de sens sont présents dans différentes parties du visage. L'identification des mots se fait sur la partie basse du visage alors que l'identification des intonations est beaucoup plus large. Le terme de LL est donc réducteur car les lèvres ne sont pas la seule zone qui y contribue. D'autres zones du visage ainsi que tout le reste du corps, notamment la gestuelle, y participent (Calbour, C. et coll., 2002) **[13]**.
Des mouvements articulatoires sont visibles tels que :

- Déplacement haut/bas de la mâchoire.
- Etirement des lèvres.
- Ouverture/fermeture des lèvres.
- Elévation simultanée des lèvres.
- Déplacement avant/arrière de la mâchoire.
- Déplacement de la pomme d'Adam.

Néanmoins par commodité, dans la suite de ce mémoire, nous préférerons la terminologie « lecture labiale » à « lecture labiofaciale ».

Les normo-entendants lisent sur les lèvres sans en avoir conscience : l'oreille capte les signaux de la parole, notamment le voisement et l'aspect temporel. Les mouvements des lèvres aident à préciser la perception de la parole, notamment du lieu articulatoire.
Chacun se rend compte de l'importance de la LL dans le bruit. La parole paraît alors plus intelligible quand le sujet regarde le locuteur.
Les informations visuelles n'apportent pas les mêmes bénéfices chez tout le monde.
L'efficacité de la LL dépend de multiples facteurs.

### C- Conditions favorisant la LL, liées à la situation, au labiolecteur, à son locuteur

La LL dépend de plusieurs facteurs (Freund, N., 2011) **[26] :**

- La situation :

Le locuteur doit avoir le visage éclairé. L'éclairage conditionne la visibilité. Ce dernier doit faire face au lecteur puisque la visibilité est fonction de l'orientation du locuteur par rapport au lecteur. Le maximum de renseignements est donné par une bouche vue de trois quarts et les yeux à la hauteur de la commissure. De plus, la distance doit être optimale entre le lecteur et le locuteur (1,5 mètres). La distance a des effets sur la qualité de la communication. Plus l'auditeur est loin de l'interlocuteur et plus il aura des difficultés à le comprendre. De plus, les performances de reconnaissance de la parole sont meilleures quand le locuteur est immobile et en face de l'auditeur plutôt que quand il se déplace.
Un environnement sonore bruyant nuira à la perception d'une bonne LL, du fait de difficultés de concentration prévisibles.

- Le labiolecteur :

Selon J. Garric, un bon labiolecteur doit avoir une bonne vue : les difficultés visuelles seront un frein à la LL (Garric, J., 2011) **[27]**. L'acuité visuelle est importante pour déterminer les formes et les durées des mouvements des lèvres. De plus, le lecteur doit être rapide pour percevoir ces formes et ces durées.

Une bonne connaissance de la langue est nécessaire. Plus le niveau linguistique, métalinguistique et de suppléance mentale est élevé, plus le sujet pourra se référer à des connaissances solides pour confirmer et compléter les informations manquantes.

En ce qui concerne la durée de la surdité, les auteurs sont en désaccord. Pour certains, il n'existe pas de corrélation positive entre les capacités de LL et la durée de la surdité ou encore l'âge de la perte (Landry, S., et coll., 2012) **[40]**. D'autres concluent à l'inverse que les personnes déficientes auditives depuis la naissance ou celles qui le sont devenues progressivement ont pris l'habitude de lire sur les lèvres. Pour un sujet qui perd l'audition brusquement, lire sur les lèvres s'avère très difficile. Par ailleurs, plus la perte auditive est importante et plus le sujet s'aide de la LL pour comprendre (Bernstein, L.E., et

coll, 2001) **[5]**.

L'âge du sujet labiolecteur pourrait avoir une influence. La LL est une capacité précoce puisqu'on l'observe chez le nourrisson dès la naissance. En effet, le nourrisson suit des yeux et fixe son regard sur le visage de son interlocuteur. En outre, les enfants s'appuient de façon inconsciente sur les images labiales lors de l'apprentissage d'une langue (Cousin-Boschetti, S. et coll., 2008) **[16]**. Sommers et coll. ont montré que les sujets jeunes jusqu'à 50 ans étaient des labiolecteurs plus habiles que les personnes plus âgées. Les capacités cognitives notamment les possibilités d'anticipation et flexibilité jouent un rôle dans la compréhension du labiolecteur (Sommers, M.S., et coll., 2005) **[58]**. La LL déclinerait donc à partir de 50 ans même si la vision reste intègre. Cela serait dû à un déficit de l'aspect temporel (Helfer, K.S. et coll., 2009)**[34]**. Il est nécessaire d'être rapide pour accéder à la compréhension par la LL. On sait qu'une lenteur des procédés sensorimoteurs et perceptifs s'instle progressivement avec l'âge. Lors d'une conversation, la parole est rapide, les phonèmes sont courts du fait du phénomène de coarticulation et les pauses ne sont pas nombreuses. S'ajoutent également les difficultés liées au bruit. Or, selon Helfer et coll, les personnes âgées s'appuient sur la vision, pour compléter l'information auditive lacunaire, et sur l'articulation. Une parole bien articulée, lente, où tous les phonèmes sont énoncés correctement est plus facile à comprendre. Parfois, certains se plaignent de ne pas comprendre la parole lorsque les situations d'écoute sont défavorables. Cette baisse de capacité à comprendre la parole lors de mauvaises conditions ne serait donc pas liée au degré de perte auditive liée à l'âge mais au déficit temporel. Malgré le déclin des performances en LL, les personnes âgées utilisent les mêmes mécanismes que les jeunes pour percevoir la parole visuellement.

Les performances en LL seraient également corrélées avec la mémoire de travail (Sommers, M.S. et coll., 2005) **[58]**. La baisse des performances en LL pourrait être liée au déclin de cette fonction avec l'âge.

De bonnes conditions physiques et attentionnelles sont ainsi nécessaires: la LL constitue une activité cognitive complexe et nécessite un effort mental constant. Il existe une corrélation entre les capacités en mémoire et en attention visuelle et les performances en lecture labiale (Lavrut, M. et coll., 2013) **[42]**. Il en est de même pour les conditions psychologiques. Comme dans toute activité, la motivation est un facteur qui conditionne les performances.

Les sujets ayant des troubles interactionnels peuvent être en difficulté pour regarder leur interlocuteur. Enfin, les troubles associés tels que les troubles neurovisuels, les dépressions sévères, les troubles neurologiques nuisent fortement à l'efficacité du labiolecteur.

- Le locuteur :

Certaines particularités physiques telles que la barbe, des malformations ou paralysies faciales, des lèvres minces peuvent entraver la perception de l'image articulatoire. De plus, des éléments distracteurs comme par exemple la gestuelle, des bijoux ou encore la présence de distracteurs en arrière-plan empêcheront le labiolecteur d'être tout à fait disponible pour cette activité complexe.

Le sujet qui s'exprime doit adapter le débit de sa parole. Par ailleurs, le locuteur doit faire attention à l'intonation qui modifie les mouvements articulatoires et peut nuire à l'identification de certains phonèmes.

Enfin, une bonne perception implique une prononciation et une diction exacte de la part du locuteur. L'accent du locuteur ou du lecteur s'il est différent de celui du locuteur peut donc compliquer la perception.

### D- Limites de la LL, liées aux spécificités du système linguistique

La LL constitue une tâche perceptive complexe car il n'existe pas de correspondance directe entre les mouvements de la bouche et les sons de parole. Cette activité requiert une mobilisation attentionnelle, notamment visuelle, importante. De plus, cela nécessite des compétences mnésiques à long terme (connaissance linguistique et sémantique permettant la suppléance mentale) et à court terme (rétention et association des informations permettant la reconnaissance des mots)**.** Le signal est parfois ambigu, voire lacunaire. Le sujet doit alors mettre à profit ses aptitudes de suppléance mentale pour pouvoir accéder au sens. La suppléance mentale « *consiste à deviner ce qu'on n'a pas réussi à comprendre immédiatement grâce à différents indices pouvant appartenir au domaine du non-verbal* […] *comme à celui du verbal* » (Brin-Henry, F. et coll., 2004) **[12]**. La LL ne permet pas de « lire » tous les éléments de la parole. En effet, elle présente de nombreuses limites. La parole est comme un flux continu, très rapide et lacunaire (Borel, S., 2013) **[11]**. Lorsque le sujet lit sur les lèvres, il est confronté à ces caractéristiques.

Il existe des variations liées à la langue française, certaines consonnes sont invisibles : comme les sons [k], [g], [R] gutturaux qui ont une articulation postérieure sans participation des lèvres. D'autres consonnes sont peu visibles : toutes celles qui mobilisent la langue à l'intérieur de la cavité buccale, sans mobiliser obligatoirement les lèvres. C'est le cas notamment des consonnes apicodentales [t, d, n, ɲ] et rétroalvéolaires [s, z, l].

La coarticulation est une limite : les images articulatoires se déforment les unes au contact des autres. Un même phonème n'aura donc pas la même image labiale en fonction du contexte environnant. Les images labiales sont donc instables.
La LL peut être difficile à cause des sosies labiaux : il s'agit de consonnes ayant la même image labiale comme les paires minimales sourdes/sonores ou orales/nasales. Pour cette raison, A. Dumont utilise le terme de « visème ». Il s'agit de phonèmes dont l'articulation visible procède du même geste facial.

Pour les 36 phonèmes de notre langue, il existe plusieurs images labiales regroupant les phonèmes consonnes (Garric, J., 2011) **[27]** :

- les occlusives bilabiales [p, b, m]
- les constrictives labiodentales [f, v]
- les constrictives apico-dentales [t, d, n, s, z]
- les constrictives post-alvéolaires [ʃ, ʒ, ɲ]
- les constrictives dorso-vélaires [k, g, ŋ]
- la constrictive dorso-uvulaire [ʀ]
- la latérale liquide [l]

Les voyelles ont été établies selon un axe vertical représentant le degré d'aperture :

- les voyelles fermées [i, y, u]
- les voyelles semi-fermées [e, ø, o]
- les voyelles semi-ouvertes [ɛ, œ, ɔ]
- la voyelle ouverte [a]

Et selon un axe horizontal représentant le degré d'arrondissement :

- les voyelles arrondies : [y, u, ø, o, œ, ɔ]
- les voyelles non arrondies : [i, e, ɛ, a]

J.Garric (2011) traite les voyelles nasales [ɑ̃, ɛ̃, ɔ̃] séparément des voyelles orales.

Pour y voir les subtilités, il faut notamment regarder les mouvements du menton, distinguer l'énergie articulatoire afin de différencier la durée. Les restes auditifs et la suppléance mentale fournissent des aides efficaces pour pallier ces similitudes.

### E- Activation corticale durant la LL

Le traitement de la LL active des régions cérébrales spécifiques. Les normo-entendants et les déficients auditifs n'activent pas ces régions de la même façon. Grâce à l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle, Calvert et coll. a observé une activation de la région temporale supérieure gauche (aire de la voix humaine) chez les normo-entendants pendant la LL silencieuse (Calvert, G.A. et coll., 1997) **[14]**. Durant la LL silencieuse du langage ou de pseudo-langage, le sujet normo-entendant active le cortex auditif. Ce n'est pas le cas quand il s'agit de mouvements non linguistiques. L'activation du cortex auditif primaire pendant la LL laisse penser que les informations visuelles influencent la perception auditive avant même que les sons de la parole ne soient discriminés en tant que phonèmes (Calbour, C. et coll., 2002) **[13]**.

Chez les sujets déficients auditifs, il a noté une activation de la région temporale de façon bilatérale. Les sites d'activation sont donc plus dispersés chez les sujets déficients auditifs (Cousin-Boschetti, S. et coll., 2008) **[16]**.

### F- Méthodes de développement

Différentes méthodes existent pour développer la lecture sur les lèvres. L'efficacité de l'apprentissage de la LL, qui fait partie de la nomenclature des orthophonistes, a montré son efficacité (Bajeux, A., 2006) **[4]**. La première d'entre elles *Lecture labiale à l'usage des sourds de naissance, des sourds acquis et durs d'oreille* a été publiée en 1949 (Fournier J.E. et coll., 1949) **[25]**.

Les méthodes peuvent être :

- Analytiques : comme celle de J. Garric (2011) : ce type de méthode « consiste en premier lieu à analyser les caractéristiques articulatoires de chaque phonème puis à les combiner pour reconnaître des syllabes, les mots puis les phrases ». Chaque phonème fait l'objet d'un apprentissage en modalité visuelle et il est dans un deuxième temps injecté dans une syllabe puis dans un mot. Il sera ensuite intégré à l'intérieur de

phrases. Cette méthode permet de développer progressivement les capacités d'attention visuelle (Garric, J., 2011) **[27]**.

- Globales : comme celle de J. Olivaux, c'est une immersion directe dans la compréhension de mots et de phrases.
- Mixtes : globales et analytiques de Fournier et al. (1949) **[25]**, Haroutunian ou encore d'Istria et al. (1997) : Il s'agit de percevoir visuellement les éléments visibles de la parole mais de développer également la suppléance mentale afin de percevoir les informations manquantes (Istria, M. et coll., 1997) **[37].**

### III] Stratégies visuelles

(Rédigée par M. Azria)

#### A- Chez le normo-entendant

Pendant de nombreuses années, la perception de la parole a été considérée comme un processus purement auditif.

Nous savons aujourd'hui que la perception de la parole est multisensorielle. Il s'agit plus spécifiquement d'un processus audiovisuel. En effet, les informations présentes sur le visage de l'interlocuteur lors de la parole influencent sa perception. Cela a été très clairement mis en évidence par l'effet Mc Gurk (McGurk, H. et coll., 1976) **[44]**. Dans cette expérience, les informations acoustiques et auditives fournissent des signaux différents: le sujet entend [ba], les mouvements articulatoires correspondent à la syllabe [ga]. Quand on demande au sujet de répéter la syllabe, il produit /da/. Cela atteste de la perception audio-visuelle de la parole puisque la réponse correspond à une fusion des informations visuelles et auditives.

Un autre effet va dans le même sens que l'effet Mc Gurk. Il s'agit de l'effet du ventriloque Par cet effet, il a été démontré qu'il était possible de tromper notre perception de la position de la source sonore réelle. En effet, lorsqu'un ventriloque fait parler sa marionnette, le son de la voix de la marionnette que manipule le ventriloque semble provenir de la marionnette elle-même. Une autre illustration de cet effet a lieu lorsque nous regardons la télévision et que nous avons l'impression que les voix viennent des lèvres des acteurs et non des hauts-parleurs (Alais, D. et coll., 2004) **[1]**. Les interactions entre l'information visuelle et l'information auditive sont donc suffisamment fortes pour induire cette illusion perturbant la localisation spatiale (Pick, H., Warren D, et Hay JC, 1969) **[49]**.

L'effet Mc Gurk est robuste, presque irrépressible, car il existe même quand le sujet a connaissance du phénomène. La perception audiovisuelle de la parole est inconsciente (Plass, J., et coll., 2014) **[50]**. Cet effet existe également dans les mots (Dekle, D.J., et coll., 1992) **[18]** et dans les phrases. L'importance de l'information visuelle dans l'effet Mc Gurk augmente quand le signal est dégradé, quand le contenu sémantique de la phrase est complexe ou encore dans un environnement sonore bruyant. Cependant, même si la perception audiovisuelle est naturelle, le sujet normo-entendant (noté désormais NE) est capable de comprendre le langage lorsqu'il n'a pas accès aux mouvements des lèvres (conversation téléphonique).

L'effet Mc Gurk est présent dès 5 mois de vie. Il est moins important que chez l'adulte et augmente avec l'âge (Rosenblum, L.D., et coll., 1997) **[55]**. On ne sait pas si cet effet précoce est lié à une aptitude innée ou au bain de langage dans lequel l'enfant est plongé durant ses 5 premiers mois de vie. L'explication la plus probable est qu'il existe une prédisposition à la naissance et qu'elle se développe en fonction de l'apprentissage et de l'expérience sensorielle (Radeau, M. et coll., 2003) **[52]**. De plus, le développement des capacités de production du langage chez le nourrisson repose sur des mécanismes de perception audiovisuelle du langage et ce quelle que soit la langue (Lewkowicz, D.J. et coll., 2012) **[43]**.
Il faut noter que le vieillissement entraîne des modifications des stratégies visuelles. Les personnes âgées sont beaucoup plus influencées par les informations visuelles. Cela se manifeste même dans le cadre d'une audition normale (Sekiyama, K., et coll., 2014) **[57]**.

La distribution des informations visuelles se fait sur de larges zones du visage et non uniquement au niveau de la zone péri-orale. Il existe deux cibles principales : les yeux et la bouche. Les sujets ont tendance à regarder plus l'œil droit (Vatikiotis-Bateson, E., et coll., 1998)**[60]**. Par contre, le pourcentage de fixation d'une zone dépend de la tâche présentée (Deggouj, N., 2005) **[17]**. Effectivement, lors d'un monologue, par exemple, les sujets regardent majoritairement les yeux. Il en est de même lors de l'analyse de la prosodie. Au contraire, lors de tâches en lecture labiale seule, les yeux sont davantage fixés. Dans une situation d'écoute difficile, c'est la bouche qui est plus regardée.

La perception audiovisuelle du langage varie selon les langues et les cultures. Les Japonais, par exemple, regardent moins les yeux que les Anglais. Cela semble lié à deux principales causes. D'une part, pour des raisons culturelles, il est impoli pour un japonais

de fixer les yeux de quelqu'un. D'autre part, le système phonétique japonais fournit peu de corrélats visuels saillants (Vatikiotis-Bateson, E. et coll., 1998) **[60]**.

L'intégration audiovisuelle du langage demande une bonne connaissance de la langue et ne peut exister en début d'apprentissage d'une langue étrangère (Deggouj, N., 2005) **[17]**.

La perception bimodale de la parole implique des aires bilatérales (Radeau, M. et coll., 2003) **[52]**. Le rôle de l'hémisphère droit consisterait à présenter l'information visuelle aux aires corticales gauches afin de l'intégrer à la parole auditive. L'information visuelle serait renvoyée au niveau du cortex auditif dont elle modulerait l'activité.

Nous stockons un modèle audiovisuel de chaque personne dans notre cerveau. Lorsque nous observons une personne parler, nous améliorons la reconnaissance de sa parole et de son identité. Le cerveau peut donc simuler une personne qui parle même si nous ne pouvons pas la voir (Blank, H., et coll., 2011) **[10]**. Il est plus facile de lire sur les lèvres d'une personne avec qui l'on a l'habitude de communiquer qu'une personne étrangère. Au fil des conversations, le sujet se familiarise avec les mouvements du visage de son interlocuteur (Lander, K. et coll., 2008) **[39]**.
En fonction de la position du visage (de face ou de profil), les stratégies visuelles de compréhension du langage diffèrent (Bindemann, M., et coll., 2009) **[9]**. Quelle que soit l'orientation du visage, les sujets fixent initialement la zone centrale. Cela est lié à l'effet de centre de gravité : les sujets sont attirés par le centre géométrique. Ces régions ne sont pas les mêmes en fonction de la position du visage : il s'agit de l'œil droit dans les vues de profil et de la région des yeux et du nez pour les visage présentés de face.

Ainsi, la perception de la parole est audiovisuelle chez le normo-entendant. Le traitement visuel de la parole ne se limite pas à la LL. Mais qu'en est-il chez le déficient auditif ?

### B- Stratégies visuelles chez le déficient auditif

Une déficience dans les processus de perception auditive modifie la perception auditive du langage. On sait qu'une privation sensorielle entraîne un phénomène de compensation par un autre organe. Cela renvoie à la notion de plasticité cérébrale que le Pr Avan définit comme « *la capacité des circuits neuraux à se câbler et se recâbler en*

*fonction de l'expérience »* (Avan, P., 2005) **[2]**. Chez la personne déficiente auditive, on note une réattribution des aires engagées dans le traitement de l'audition à celui de traitement d'informations visuelles périphériques : la présentation d'un stimulus visuel active chez le sourd le cortex auditif (Rettenbach, R., et coll., 1999) **[54]**. Chez les sujets implantés, il existe une activation du cortex visuel primaire en réponse à des stimuli auditifs. Cela témoigne d'une réorganisation cross-modale (Giraud, A.L., et coll., 2001) **[27],** (Giraud, A.L., et coll., 2012)**[29]**, (Finney, E.M., et coll., 2001)**[24]**. Les bénéfices limités d'un implant cochléaire seraient liés à l'indisponibilité des structures corticales normalement responsable du traitement auditif (Doucet, M.E., et coll., 2006) **[20]**.

Chez le déficient auditif, la perception visuelle est renforcée alors que les NE équilibrent les informations visuelles et auditives. Les déficients auditifs utilisent de façon plus importante la LL que les NE et cela plusieurs années après l'implantation cochléaire. Ce phénomène est peut-être lié aux capacités développées durant la période de privation auditive pour pallier la perte auditive. Lorsque les informations auditives et visuelles sont incompatibles (effet Mc Gurk), les sujets implantés cochléaires se basent sur l'information visuelle même longtemps après l'implantation (Rouger. J, et coll., 2008) **[56]**.

Chez les déficients auditifs non appareillés, c'est l'information visuelle qui est majoritairement utilisée. Les déficients auditifs comme les NE basent leur perception sur la modalité la plus fiable (Huyse, A., et coll., 2013) **[35]**. La durée de privation auditive affecte les processus de perception multimodale de la parole. La privation auditive, même temporaire, a des conséquences (Landry, S. et coll., 2012) **[40]**. Cela est vérifié même si cette privation intervient après la naissance voire à l'âge adulte.

Enfin, le vieillissement modifie le comportement de perception de la parole des sujets déficients auditifs comme des sujets NE (Sommers, M.S., et coll., 2005) **[58]**.
Les sujets implantés cochléaires jeunes comme âgés ont la même capacité de reconnaissance de la parole mais les performances en lecture labiale sont plus faibles chez les implantés âgés. L'information visuelles est traitée de manière différente dans ces deux populations (Hay-McCutcheon, et coll., 2005) **[33]**. Les NE âgés s'appuient davantage sur l'information auditive.

Ainsi, la littérature nous indique qu'il existe des différences dans le traitement et la perception du langage en condition audiovisuelle : les NE ont une stratégie audiovisuelle.

Ils utilisent donc les informations auditives et visuelles en complémentarité. Les déficients auditifs bénéficiant d'un système d'aide auditive utilisent davantage les informations visuelles même plusieurs années après la réhabilitation auditive. Quant aux sujets déficients auditifs non appareillés, ils utilisent l'information visuelle exclusivement.

## IV] Eye-tracking

(Rédigée par M. Azria et J. Matias)

### A- Définition

« Eye-tracking » (« gaze tracking » ou « oculomètre ») signifie littéralement « suivi du regard ». Il s'agit d'un dispositif permettant de suivre le parcours de l'œil et de connaître la localisation du regard face à un stimulus visuel. Il enregistre et analyse les mouvements oculaires. Cela permet de savoir ce que regarde le sujet et de connaître le parcours de son regard. Ainsi, on peut définir les préférences, les priorités de l'observateur et les temps de fixation d'une aire d'intérêt qui correspondent au temps de traitement du cerveau. L'eye-tracking comprend un dispositif d'enregistrement (l'eye-tracker) et un système d'analyse des données enregistrées qui se fait grâce à l'outil informatique.

### B- Différents systèmes

Il existe deux formes d'eye-tracker. Il peut être fixe : il s'agit alors d'un écran muni de caméras infra-rouges. Elles sont placées sur l'écran de la tablette ou du smartphone. L'eye-tracker peut également être embarqué ou mobile : il s'agit alors de lunettes ou de casques comportant des capteurs. Le dispositif est muni d'un double système de lentilles qui enregistrent le champ visuel et le parcours fovéal.

Il existe trois méthodes d'eye-tracking :

- La méthode par traitement d'images : une caméra filme le visage de l'utilisateur. Un logiciel spécifique identifie les mouvements des yeux.
- La méthode par réflexion cornéenne : les yeux de l'utilisateur sont éclairés par des sources de lumière infra-rouge. On filme avec une caméra infra-rouge. Il existe deux types de reflets de la lumière sur l'œil : des reflets fixes liés à la réflexion des rayons infra-rouges sur la pupille ou des reflets mobiles liés à la réflexion des rayons infra-rouges sur la cornée.

La position de l'œil correspond à la position résultant de ces deux reflets.

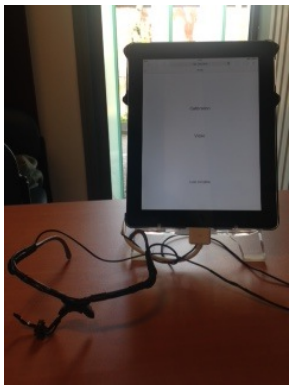
a. La méthode utilisant des lentilles magnétiques : le sujet porte des lentilles magnétiques. Chaque mouvement de l'œil engendre des modifications du champ magnétique extérieur. Ces fluctuations sont relevées par des capteurs de part et d'autre de l'œil.

### C- Le système d'eye-tracking que nous avons choisi

Notre système a été conçu par l'entreprise Matchic labs. L'oculomètre que nous avons utilisé est composé d'un eye-tracker embarqué. Il s'agit de lunettes présentant une caméra infra-rouge. La caméra se situe sous le champ visuel droit du sujet. La monture des lunettes est très légère pour ne pas être un élément perturbateur. Elle peut être portée par-dessus des lunettes de correction. De plus, il comprend quatre émetteurs de lumière infra-rouge situés de part et d'autre de la tablette. La méthode de ce système est donc celle de la réflexion cornéenne.

Nous avons choisi d'utiliser une tablette (type iPad 2) afin que sur les vidéos (LL), les visages soient quasiment en taille réelle, permettant la comparaison entre la 2D et la 3D. En outre, la tablette est mobile ce qui permet d'adapter la distance de confort visuel de chaque sujet. Nous avons utilisé un support pour que les sujets n'aient pas besoin de tenir la tablette pendant toute la durée du test ce qui aurait risqué d'engendrer une fatigue et une diminution attentionnelle.

**Figure 2** : Eye-tracking de Matchic Labs



### D- Différents domaines d'utilisation de l'eye-tracking

C'est au XIX$^{ème}$ siècle que l'intérêt pour l'étude des mouvements des yeux a commencé. En 1879, Louis Emile Javal, ophtalmologiste français, a observé que la lecture

ne consistait pas en un balayage uniforme du texte mais qu'il y avait des courts arrêts et des mouvements oculaires rapides. Au XIX$^{ème}$ siècle, Edmund Burke Huey a construit le premier système d'eye-tracking.

Les zones regardées n'ont rien d'aléatoire et correspondent à des zones d'intérêts fixées par le cerveau. Cela permet de connaître la stratégie de prise d'informations d'un observateur. Les mouvements du regard sont inconscients et reflètent les processus cognitifs mis en action dans un contexte réel.

L'utilisation de ce système est aujourd'hui diversifiée dans plusieurs domaines.
Il est beaucoup utilisé pour analyser le comportement des consommateurs en marketing notamment pour rentre les publicités ou les emballages plus attractifs. De même, les webmasters s'en servent pour moduler au mieux les interfaces des sites.
En médecine, l'eye-tracking peut être, par exemple, utilisé en ophtalmologie lors de chirurgies laser des yeux. Il permet de sécuriser l'opération en suivant les mouvements des yeux même infimes. La recherche médicale l'utilise également dans le domaine de la psychiatrie, beaucoup d'études ont été menées pour observer les stratégies visuelles des schizophrènes et des autistes. L'eye-tracking peut aussi être utilisé pour la communication des personnes handicapées dans le cas de locked-in syndrome. Le mouvement des yeux permet alors de communiquer un message. En psychologie cognitive, de nombreuses expériences ont été menées pour connaître les stratégies de lecture.
L'eye-tracking se développe et se perfectionne grâce à de nombreuses recherches. Il pourrait par exemple être utilisé à l'avenir pour détecter le manque de vigilance d'un conducteur automobile et le pallier.

### E- Intérêt de l'eye-tracking en orthophonie

De nombreuses recherches portent sur l'étude des mouvements oculaires des dyslexiques. Par exemple, une étude a montré que les sujets dyslexiques ont des stratégies visuelles de compréhension d'un texte écrit tout autres que celles des sujets tout-venants.(Kim, S., et coll., 2014)**[38]**.
Un autre domaine de recherche utilisant fréquemment l'oculométrie est l'autisme. Lors des épreuves d'identification des émotions, les sujets autistes regardent plus la bouche que les yeux. En outre, ils portent leur regard sur des éléments qui ne sont pas essentiels (Irwin, J.R. et coll., 2014) **[36]**.

Dans une étude auprès de sujets adultes tout-venants, il a été démontré que, selon le niveau de complexité de la phrase, le traitement visuel de l'image illustrant la phrase entendue était différent (Wendt, D., et coll., 2014)**[62]**.

### V] Perception en deux dimensions et en trois dimensions

(Rédigée par M. Azria et J. Matias)

Il existe peu de littérature portant sur la comparaison de la modalité deux dimensions (2D) et de la modalité trois dimensions (3D).

Concernant la reconnaissance de visages en 3D par l'homme, plusieurs théories existent. D'après Biederman et coll., le cerveau de l'homme construit un modèle en 3D des visages à partir d'une image en 2D perçue par l'œil (Biederman,. I et coll., 1993)**[8]**. Poggio et al. avancent une théorie tout à fait autre : ce sont les représentations en 2D des visages qui sont utilisées pour reconnaître une personne (Poggio, T. et coll., 1990) **[51]**.

Chelnokova et coll. pensent que les images en 3D constituent un élément fondamental pour le développement (Chelnokova, O. et coll., 2011) **[15]**. Les informations volumétriques jouent un rôle prépondérant pour que le sujet construise ses propres représentations internes. Les images en 2D et 3D sont traitées différemment : en 3D, les sujets fixent beaucoup plus le nez et les joues qui fournissent des informations sur les caractéristiques volumétriques du visage. Dans la modalité en 2D, ils regardent plus les yeux qu'en 3D (Vishwanath, D. et coll., 2004)**[61]**.

Chez les sujets NE, les indices visuels pour la LL sont meilleurs en 3D qu'en 2D (Sudman, J.A., et coll., 1971) **[59]**. En effet, la situation en 3D est plus naturelle que celle en 2D.

Notre revue de littérature, nous a permis de comparer les spécificités des stratégies visuelles des normo-entendants et des sujets candidats à l'implant cochléaire. De plus, la perception visuelle en deux dimensions et en trois dimensions n'est pas la même.

Dans la partie pratique, nous nous demandons si les stratégies visuelles de nos deux groupes de sujets sont les mêmes en situation de tests et en situation plus écologique. Nous comparerons les scores obtenus aux épreuves orthophoniques en deux et en trois dimensions.

# PARTIE PRATIQUE

## I] Problématique et hypothèse

### A- Problématique et hypothèses

Nous nous interrogeons sur les stratégies visuelles de compréhension du langage des adultes. Plus particulièrement nous nous demandons quelles sont celles qui sont utilisées pour extraire les informations langagières pertinentes dans des situations écologiques? Ces stratégies visuelles sont-elles les mêmes chez l'adulte normo-entendant que chez l'adulte présentant une déficience auditive suffisamment importante pour qu'elle nécessite la mise en place d'un IC? Regardent-ils les mêmes zones sur le visage de leur interlocuteur ou les mêmes zones lors de visionnage de courtes vidéos (visage, sous-titrage, éléments de décor)?

D'autre part, la possibilité d'utiliser des logiciels informatiques en rééducation orthophonique est de plus en plus étudiée pour les patients adultes porteurs d'un implant cochléaire, en complément ou en remplacement des séances de rééducation et des bilans annuels obligatoires. L'orthophonie classique n'est en effet pas toujours possible, pour diverses raisons : pénurie d'orthophonistes libéraux, saturation des centres hospitaliers implanteurs, éloignement géographique des patients, etc. Il convient ainsi de comprendre quelles différences ce type d'approche qui fait notamment passer de la 3D à la 2D pourrait entraîner par rapport au suivi traditionnel. Les performances en terme d'intelligibilité de la parole sont-elles comparables?

### B- Hypothèses

- Hypothèse 1 relative aux différences entre les modalités 2D et 3D

D'après la pré-étude réalisée par A. Petithomme qui montre que les performances des sujets sont meilleures face à une orthophoniste réelle qu'avec un dispositif vidéo (Petithomme, A., 2012) **[48]**, nous émettons l'hypothèse que les performances en LL avec une orthophoniste réelle sont meilleures qu'avec un dispositif vidéo. L'aspect relationnel est souvent un facteur de motivation pour le patient. Au-delà de cela, on fait l'hypothèse que les mouvements des organes bucco-phonateurs ne sont pas aussi perceptibles en 2D qu'en 3D.

- Hypothèse 2 relative aux capacités auditives des sujets

a. Les sujets déficients auditifs candidats à l'implantation cochléaire sont de meilleurs labiolecteurs que les sujets NE.
b. Plus la surdité est ancienne, meilleures sont les performances en lecture labiale.
c. Les sujets NE comme les sujets candidats à l'implant cochléaire, qui ont encore la plupart du temps quelques restes auditifs du fait des indications actuelles de l'IC, ont de meilleures performances pour comprendre la parole en modalité audio-visuelle qu'en modalité visuelle seule.

- Hypothèse 3 relative aux stratégies visuelles

a. D'après la pré-étude réalisée par A. Petithomme qui montre que les sujets regardent beaucoup la bouche (Petithomme, A., 2012) **[48]**, nous émettons l'hypothèse que, dans les deux populations, les aires d'intérêts sont essentiellement les yeux et la bouche.
b. Dans la pré-étude réalisée par A. Petithomme, le comportement visuel des sujets en situation écologique n'avait pas été étudié. Nous émettons l'hypothèse qu'en situation écologique, les sujets déficients auditifs n'ont pas les mêmes stratégies visuelles que les sujets NE. Ils ne regardent pas les mêmes zones. En effet, les sujets NE perçoivent auditivement quasiment toutes les informations dans des conditions optimales et peuvent libérer de l'attention. Ils s'intéressent aux locuteurs, à leur visage (yeux et lèvres) et à leur gestuelle mais également aux éléments du décor. Les sujets NE peuvent libérer des ressources attentionnelles pour s'intéresser au décor. Les temps de fixation dans les zones « hors visage » seront plus longs que pour les sujets déficients auditifs.
c. Les aires d'intérêts des personnes déficientes auditives sont essentiellement les lèvres, les yeux et les sous-titres.
d. Le temps de fixation de la bouche est plus long chez les personnes déficientes auditives que chez les personnes NE en modalité audiovisuelle.

On attend donc que les stratégies visuelles diffèrent dans les deux populations étudiées tant qualitativement que quantitativement.

- Hypothèse 4 relative à la présence d'une dépression chez les sujets testés

Les scores sont moins bons pour les sujets candidats à l'IC présentant un score élevé au BDI (échelle de dépression).

## II] Méthodologie

### A- Choix de la population

#### 1) Critères d'inclusion

Sont concernés par cette étude, des adultes hommes et femmes, de plus de 18 ans et de langue maternelle française, NE et déficients auditifs candidats à l'IC.

Groupe de NE : groupe contrôle

- Sujet ≥ 18 ans.
- Sujet de langue maternelle française.
- Sujet donnant son accord pour participer au protocole.
- Sujet présentant une audition bilatérale normale pour son âge selon les critères du BIAP.

Groupe de candidats à l'IC

- Sujet ≥ 18 ans.
- Sujet de langue maternelle française.
- Sujet donnant son accord pour participer au protocole.
- Sujet candidat à l'IC.
- Sujet présentant une surdité acquise.

#### 2) Critères d'exclusion

Groupe de candidats à l'IC

- Sujet de langue maternelle non française.
- Sujet atteint de dépression sévère (BDI>19).
- Sujet non-voyant.
- Sujet présentant un trouble visuel ou une correction visuelle rendant impossible l'utilisation de l'eye-tracker (verres de lunettes trop épais, nystagmus, etc.).
- Sujet bénéficiant d'une mesure de protection légale.
- Sujet présentant des troubles neuro-phasiques.

Groupe de NE : groupe contrôle

- Sujet de langue maternelle non française.
- Sujet atteint de dépression sévère (BDI>19).
- Sujet non-voyant.

- Sujet présentant un trouble visuel ou une correction visuelle rendant impossible l'utilisation de l'eye-tracker (verres de lunettes trop épais, nystagmus, etc.).
- Sujet bénéficiant d'une mesure de protection légale.
- Sujet présentant des troubles neuro-phasiques.
- Sujet présentant une audition inférieure aux courbes de références d'audition normale pour son âge selon les critères du BIAP.

Ces personnes ont été recrutées parmi nos proches, le personnel de l'hôpital et l'entourage des patients.

Ces informations sont renseignées par les dossiers médicaux des patients et/ou par un entretien préalable à la session de test.

### B- Description de la population

Nous avons sélectionné 123 sujets âgés de 18 à 82 ans dont 18 sujets candidats à l'IC. Sur les cent vingt-trois sujets, trois sujets n'ont pas pu être inclus car ils sont partis en début d'épreuve après avoir rempli le questionnaire de la BDI. La moyenne d'âge est de 49 ans (M=49,22 ; ET= 18,13). La population comprend 33 hommes et 69 femmes de niveau socioculturel hétérogène. Nous avons donc beaucoup plus de données pour les sujets normo-entendants que pour les sujets déficients auditifs. Pour observer des corrélations statistiques plus puissantes nous avons choisi d'écarter des sujets normo-entendants. C'est pourquoi, nous avons apparié les 18 sujets candidats à l'IC à 18 sujets NE en sexe, âge, score à la BDI et en CSP.

Dans le tableau ci-dessous, les « sujets a » sont les sujets en pré-IC et les « sujets b » sont les sujets contrôles.

**Tableau 2 :** Sujets appariés

| | Sexe | Âge | BDI | CSP |
|---|---|---|---|---|
| Sujet 1a | H | 59 | Absence | 4 |
| Sujet 1b | H | 56 | Absence | 5 |
| Sujet 2a | F | 72 | Légère | 7 |
| Sujet 2b | F | 74 | Légère | 7 |
| Sujet 3a | H | 40 | Moyenne | 2 |
| Sujet 3b | H | 47 | Légère | 4 |
| Sujet 4a | H | 64 | Moyenne | 7 |
| Sujet 4b | H | 61 | Moyenne | 7 |
| Sujet 5a | F | 37 | Légère | 5 |
| Sujet 5b | F | 43 | Légère | 5 |
| Sujet 6a | H | 70 | Absence | 7 |
| Sujet 6b | F | 70 | Absence | 7 |
| Sujet 7a | F | 61 | Absence | 3 |
| Sujet 7b | F | 58 | Absence | 3 |
| Sujet 8a | F | 63 | Légère | 7 |
| Sujet 8b | F | 65 | Légère | 7 |
| Sujet 9a | H | 52 | Absence | 4 |
| Sujet 9b | H | 56 | Absence | 3 |
| Sujet 10a | H | 26 | Légère | 4 |
| Sujet 10b | H | 26 | Absence | 8 |
| Sujet 11a | F | 71 | Légère | 7 |
| Sujet 11b | H | 79 | Légère | 7 |
| Sujet 12a | H | 81 | Absence | 7 |
| Sujet 12b | F | 79 | Absence | 7 |
| Sujet 13a | F | 76 | Absence | 7 |
| Sujet 13b | F | 77 | Absence | 7 |
| Sujet 14a | F | 46 | Absence | 8 |
| Sujet 14b | F | 50 | Absence | 8 |
| Sujet 15a | F | 50 | Absence | 5 |
| Sujet 15b | F | 43 | Absence | 5 |
| Sujet 16a | F | 75 | Légère | 7 |
| Sujet 16b | F | 78 | Légère | 7 |
| Sujet 17a | H | 68 | Légère | 7 |
| Sujet 17b | H | 82 | Légère | 2 |
| Sujet 18a | F | 68 | Absence | 7 |
| Sujet 18b | F | 66 | Absence | 7 |

Groupe de candidats à l'IC

Nous avons recruté 18 personnes âgées de 26 à 82 ans (moyenne = 61,06 ans E.T. =16,28) dans le service du Dr Poncet-Wallet. On compte 10 femmes (55,56%) et 8 hommes (44,44%). Ces sujets sont tous candidats à l'IC.

Nous procédons à un découpage d'âge en quatre groupes : les étudiants (18-25 ans), les actifs (26-64 ans), les jeunes retraités (65-79 ans) et les retraités âgés (supérieur à 80 ans). Parmi eux, aucun n'est étudiant, 10 sont actifs, 6 sont des retraités jeunes et 2 sont des retraités âgés.

Les sujets proviennent des catégories socio-professionnelles suivantes :

- Artisans, commerçants : 1 sujet (5,56%).
- Cadres et professions intellectuelles supérieures : 1 sujet (5,56%).
- Professions intermédiaires : 3 sujets (16,67%).
- Employés : 2 sujets (11,11%).

- Retraités : 10 sujets (55,56%).
- Sans activité : 1 sujet (5,56%).

Concernant la latéralité, 17 sujets se déclarent droitiers (94,44%) et 1 gaucher (5,56%).

Au questionnaire de dépression, le score moyen est de 3,44 ce qui correspond à une absence de dépression (cf. paragraphe ci-dessous) :

- 9 sujets ne présentent pas de dépression (50%).
- 7 sujets présentent une dépression légère (38,89%).
- 2 sujets présentent une dépression moyenne (11,11%).
- Aucun sujet ne présente de dépression sévère.

Parmi ces personnes, 9 (50%) d'entre elles présentent une pathologie visuelle (ex : astigmatisme, myopie ect.).

Les causes de la surdité sont :

- Maladie de Ménière : 3 sujets (16,67 %).
- Traumatisme (oreille droite) et surdité congénitale (oreille gauche) : 1 sujet (5,56 %).
- Traumatisme : 1 sujet (5,56 %).
- Congénitale non génétique: 1 sujet (5,56 %).
- Génétique : 2 sujets (11,11 %).
- Otite chronique : 2 sujets (11,11 %).
- Idiopathique : 2 sujets (11,11 %).
- Médicaments ototoxiques : 2 sujets (11,11 %).
- Otospongiose : 1 sujet (5,56 %).
- Choc émotionnel : 1 sujet (5,56 %).
- Presbyacousie: 1 sujet (5,56 %).

Concernant les aides auditives, 4 sujets n'en portent pas, 5 sujets portent une aide auditive unilatérale, 7 sujets portent une aide auditive bilatérale et 2 sujets ont un IC seul.

Groupe des sujets contrôles

Des sujets NE ont également participé à notre étude à titre de comparaison. Cette population contrôle est constituée de 18 sujets donc 12 femmes (66,67 %) et 6 hommes (33,33%) âgés de 26 à 79 ans (moyenne = 60,94 ans - E.T. = 14,94 ans).

Nous procédons à un découpage d'âge en quatre groupes : les étudiants (18-25 ans), les actifs (26-64 ans), les jeunes retraités (65-79 ans) et les retraités âgés (supérieur à 80 ans). Parmi eux, aucun n'est étudiant, 9 sont actifs, 9 sont des retraités jeunes et aucun n'est retraité âgé.

Les sujets proviennent des catégories socio-professionnelles suivantes :

- Artisans, commerçants : 1 (5,56%).
- Cadres et professions intellectuelles supérieures : 1 sujet (5,56%).
- Professions intermédiaires : 2 sujets (11,11%).
- Employés : 3 sujets (16,67%).
- Retraités : 9 sujets (50%).
- Sans activité : 2 sujets (11,11%).

Concernant la latéralité, 17 sujets se déclarent droitiers (94,44%) et 1 gaucher (5,56%).

Au questionnaire de dépression, le score moyen est de 2,72 ce qui correspond à une absence de dépression :

- 10sujets ne présentent pas de dépression (55,56%).
- 7 sujets présentent une dépression légère (38,89%).
- 1 sujet présente une dépression moyenne (5,56%).
- Aucun sujet ne présente de dépression sévère.

Parmi ces personnes, 13 (72,22%) d'entre elles présentent une pathologie visuelle (ex : presbytie, myopie ect.).

### C- Matériel

Pour tester la qualité de l'intelligibilité de la parole présentée en 2D face à un écran ou en 3D face à une orthophoniste, nous avons constitué :

- Des listes de syllabes de type CV.
- Des listes de syllabes de type VCV.
- Des listes à partir des listes de mots de Lafon.
- Des listes de phrases interrogatives.

Les deux premières listes seront présentées dans deux conditions :

- Les listes seront énoncées par un examinateur en face-à-face en champ libre
- Les listes précédemment enregistrées par le même examinateur seront visionnées au moyen d'une vidéo.

Les quatre types de listes seront passés deux conditions : LL seule et Audition et LL (modalité audiovisuelle). Les sujets doivent répéter les syllabes et les mots et répondre aux questions.

D'autre part, pour analyser les stratégies visuelles des sujets, lors des passations des tests en 2D sur écran, les mouvements visuels des sujets seront recueillis au moyen de la

technologie d'eye-tracking. De plus, les sujets visionneront de courtes vidéos sur ce même écran, de façon passive.

Comme décrit ci-dessus en partie théorique, le système utilisé comprend des lunettes eye-tracker, une tablette iPad 2 équipée de 4 capteurs, posée sur son support et connectée via une carte wifi dédiée à un ordinateur enregistrant les données recueillies par le système d'eye-tracking. Les données sont traitées en externe par la société Matchic Labs.

**Enregistrement des vidéos**

Chaque enregistrement vidéo correspond à une liste de syllabes, de mots ou de phrases.

**Conditions d'enregistrement**

- Utilisation d'un fond bleu derrière la personne enregistrée.
- Caméra sur un trépied.
- La personne se place à un mètre de la caméra et est filmée en gros plan de manière à ce que tout le visage soit visible.
- Le visage est bien éclairé. Il n'y a pas de zone d'ombres sur le visage.
- Toutes les vidéos sont enregistrées strictement dans les mêmes conditions pour éviter tout biais.

Nous avons suivi les instructions suivantes lors de l'enregistrement :

- Rester immobile.
- Fixer toujours le regard au même endroit.
- Laisser un intervalle de 4 secondes entre chaque mot ou syllabe et 10 secondes entre chaque question pour que le sujet testé ait le temps de les répéter.
- Le locuteur ne porte pas de boucle d'oreille ou autres éléments qui pourraient attirer le regard du sujet.
- Les cheveux sont attachés et le visage est dégagé.

**1) BDI**

*Beck Depression Inventory* est un auto-questionnaire à choix multiple, de type échelle de *Likert* (de 0 à 3), de 13 questions. S'il ne remplace en aucun cas un entretien et le diagnostic d'un psychiatre ou d'un psychologue, il permet une mesure subjective de la sévérité de la dépression. Ses questions concernent l'évolution de l'état dans lequel se trouve le sujet durant les dernières semaines. Le score obtenu peut varier de 0 à 39 :

- 0 à 3 : pas de dépression.

- 4 à 7 : dépression légère.
- 8 à 15 : dépression d'intensité moyenne à modérée.
- 16 et plus : dépression sévère.

La consigne pour remplir cette échelle, de même que l'échelle elle-même, sont présentées de façon écrite.

### 2) Listes

#### a. Listes cochléaires de Lafon

Nous avons réorganisé deux listes à partir des mots des listes cochléaires de Lafon. Il s'agit à l'origine de 20 listes de 17 mots de 3 phonèmes chacun. Le nombre de phonèmes total par liste est de 51. Nous les avons retravaillées pour qu'elles contiennent des mots de moyenne fréquence. Chaque phonème de la langue française y est représenté au moins une fois. Pour sélectionner les mots de moyenne fréquence, nous nous sommes référées au site www.lexique.org.

Nous avons choisi des mots de moyenne fréquence, comme par exemple le mot « bonne ». D'une part, pour les mots de haute fréquence (ex : « bonne »), les sujets s'appuieraient majoritairement sur des mécanismes de suppléance mentale. En effet, ils pourraient déduire le mot sans avoir perçu tous les phonèmes grâce à ce mécanisme.

D'autre part, les mots de basse fréquence (ex : « mainte ») désavantageraient les sujets car leur utilisation au quotidien est plutôt rare. De ce fait, ils se rapprochent de pseudo-mots.

Cependant, étant tributaires de la langue française et afin que tous les phonèmes soient représentés, nous avons été contraintes d'utiliser :

- Dans la liste 1 (voir annexes) deux mots de haute fréquence (« peur » et « voix ») et un mot de basse fréquence (« veule »).
- Dans la liste 2 (voir annexes) un mot de haute fréquence (« seul ») et un mot de basse fréquence (« preux »).

Concernant la cotation, nous avons comptabilisé le nombre de phonèmes correctement perçus et non le nombre de phonèmes échoués. La durée de passation de chaque liste de mots est d'environ une minute et trente secondes.

Nous calculons deux scores pour ces mots un score de phonèmes correctement répétés sur 51 et un score de mots correctement répétés sur 17. Nous calculons de ces données le pourcentage de reconnaissance des phonèmes et des mots.

#### b. Listes de syllabes de type CV

Nous avons constitué 20 listes de syllabes de type CV. Nous avons utilisé le phonème [b] comme consonne fixe dans toutes les listes. Les 13 voyelles sont présentées dans chaque liste (ex : [ba], [bu], etc.). Ces syllabes ont été classées de manière aléatoire grâce à l'outil informatique. Nous testons la perception des voyelles au travers d'une épreuve de répétition de ces syllabes. Chaque sujet passe 3 listes de syllabes, soit un total de 39 données. La durée de passation de chaque liste de syllabe de type CV est de 3 minutes par liste. Nous obtenons un score de reconnaissance sur 39 que nous ramenons en pourcentage de reconnaissance des voyelles.

### c. Listes de syllabes de type VCV

Nous avons constitué 20 listes de syllabes de type VCV. Nous avons pris le phonème [a] comme voyelle fixe. Les 17 consonnes du français ont été représentées dans chaque liste (ex : [apa], [aga], etc.). Ces listes ont également été crées de façon aléatoire. Nous testons cette fois-ci la perception des consonnes, toujours au travers d'une épreuve de répétition. Chaque sujet passe 3 listes de syllabes, soit un total de 51 données. La durée de passation de chaque liste de syllabe de type VCV est de 4 minutes environ. Nous obtenons un score de reconnaissance sur 51 que nous ramenons en pourcentage de reconnaissance des consonnes.

Dans les épreuves de répétition de consonnes et de voyelles nous avons choisi de présenter chaque phonème 3 fois. En effet, on ne peut pas tirer de conclusion sur les matrices d'erreurs à partir d'une seule (Miller, G.A. et coll., 1955) **[45]**. La durée de passation de chaque liste de syllabe de type VCV est de 4 minutes environ.

### d. Listes de phrases interrogatives

Nous avons créé huit listes de 10 phrases interrogatives. Les questions posées sont simples et relativement courtes. Elles peuvent porter sur les goûts des sujets, leur vie quotidienne ou la culture générale (ex : ajouter deux phrases). Le but est de créer une situation écologique où le sujet est dans une dynamique de question/réponse. La durée de passation de chaque liste de questions est de 1 minute et trente secondes.

Nous obtenons un score sur 10. Si la réponse n'est pas correcte mais qu'elle est cohérente (ex : « quelle est la capitale de l'Italie? - Milan ») ou si le sujet répète la question sans en connaître la réponse (ex : « Qui a peint la Joconde? ») nous accordons le point. Nous calculons le pourcentage de compréhension des phrases.

## 3) Vidéos

Nous avons sélectionné de courts extraits de vidéos présentant différentes situations de communication :

- « Café » : cette vidéo de trente secondes présente un locuteur centré et de face. Le locuteur est plus éloigné de la caméra ce qui permet de le voir presque en entier. Son visage, ses mimiques et sa bouche sont bien visibles. Il accompagne ses paroles de gestes. L'arrière-plan est neutre, sans décor particulier. De temps en temps, des syntagmes apparaissent sur l'écran pour souligner les éléments importants du discours.
- « Discours N. Sarkozy » : cette vidéo de trente secondes présente un discours politique. Le locuteur est centré et de face. Son visage, ses mimiques et sa bouche sont bien visibles. Ses paroles sont soutenues par sa gestuelle. Son discours est sous-titré et traduit en langue des signes française. L'arrière-plan est fixe.
- « Dialogue cabane » : cette vidéo de trente secondes présente deux personnes dialoguant. Elles conversent sur un sujet de la vie courante. Leur visage, leurs mimiques et leur bouche sont bien visibles. Elles accompagnent leurs paroles de gestes. Cette fois-ci l'arrière-plan est neutre, sans décor. Les sujets sont présentés de ¾ face.

Nous avons défini des aires d'intérêt différentes en fonction des vidéos :

**Tableau 3** : Aires d'intérêt (AOI) en fonction des vidéos

| Vidéos | AOI | |
|---|---|---|
| | Zone visage | Zone hors visage |
| Vidéo dialogue cabane | Zone visage | Zone inscription t-shirt (pour l'homme), zone corps |
| Vidéo dialogue N. Sarkozy | Zone visage | Zone corps, zone texte, zone drapeau, zone signeur LSF |
| Vidéo café | Zone visage | Zone corps, zone texte, zone logo |
| Vidéos tests orthophoniques | Zone yeux, zone bouche, zone cou. Visage droit et visage gauche. | |

Nous avons analysé :

- Le nombre de fixation en pourcentage pour chaque AOI pour chaque vidéo : (nombre de fixations de chaque AOI x 100) / nombre total de fixations de l'écran). Cela reflète le nombre de fixations dans une AOI en particulier.
- Le nombre de fixation cumulé : moyenne des taux de fixation par AOI.
- Le taux de fixation en pourcentage pour chaque AOI pour chaque vidéo : (temps de fixation de chaque AOI x 100) / temps total de la vidéo. Cela correspond au temps

passé à regarder une zone. Les temps des vidéos étant différentes, nous avons choisi de les mettre en pourcentages.

- Le taux de fixation cumulée : moyenne des durées de fixation par AOI.
- Le nombre de visites dans chaque AOI pour chaque vidéo. Cela correspond au nombre de fois que le sujet visite une zone.
- Le nombre de visites cumulées : moyenne des nombres de visites par AOI

## III] Passation

### A- Démarche préalable

Les sujets ont été contactés au moyen d'une lettre explicative (« lettre d'explication » voir annexes) et signent une lettre de consentement.

Le jour du test, les personnes du groupe contrôle passent un audiogramme tonal dans le service. L'audiogramme tonal de chaque oreille est réalisé en champ libre dans le silence sur les fréquences : 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hertz. L'objectif est de vérifier que la personne présente bien une audition bilatérale normale pour son âge selon les critères du BIAP. Pour les sujets candidats à l'IC, nous consultons l'audiogramme tonal oreilles nues dans leur dossier afin de déterminer leur degré de perte auditive, ainsi que les scores obtenus en pré-IC lors du bilan orthophonique afin de déterminer leur niveau d'intelligibilité de la parole en audition seule, lecture labiale seule et audiovision.

### B- Conditions de passation

Les tests sont réalisés à l'hôpital Rothschild, toujours dans la même salle pour que les conditions soient identiques pour tous les sujets testés. La salle utilisée répond aux contraintes d'éclairage de l'eye-tracking : éclairage néon qui ne provoque pas de parasites nuisibles au système, volets fermés. Elle est, de plus, bien isolée (panneaux anti-bruits) pour éviter les réverbérations et les bruits parasites qui seraient nuisibles à la validité des tests. L'environnement est calme.

Durant la passation, l'examinateur et le sujet sont face-à-face, de part et d'autre du bureau. Ils sont séparés d'une distance d'environ 1,5 mètres, soit la distance idéale pour la LL. La pièce et le visage de l'examinateur sont correctement éclairés. Dans les deux modalités (2D et 3D), c'est le même examinateur qui énonce les éléments.

**Figure 3** : Photographies représentant l'eye-tracking et la tablette

### C- Déroulement de la passation

Avant de commencer la passation, l'examinateur s'entretient avec le sujet. Cela lui permet de lui expliquer le déroulement des tests et les consignes et de se familiariser avec son visage et son articulation. Il s'assure que les consignes ont bien été comprises. Un seul examinateur est retenu par sujet pour les différentes modalités. Nous voulons ainsi éviter tout biais lié à une différence d'articulation, de morphologie du visage, de mouvements faciaux, de mimiques propres à chacun.

Les consignes sont écrites (cf annexes) pour s'assurer d'une compréhension optimale.

La moitié des sujets passe les tests en 2D en premier (groupe A). L'autre moitié passe d'abord les épreuves en 3D (groupe B). Cela permet de limiter les biais lier aux phénomènes d'apprentissage.

En modalité tablette, avant de débuter, le sujet regarde une vidéo sur laquelle un point rouge se déplace. Cela permet une calibration individuelle du système. La consigne sera alors de suivre le point rouge sans bouger la tête.

Pour éviter toute lassitude ou baisse des capacités attentionnelles, nous alternons les tests où le sujet regarde les vidéos (en modalité active ou passive) et celles où le sujet répète ou répond. Au cours des différentes épreuves, nous notons les réponses du patient.

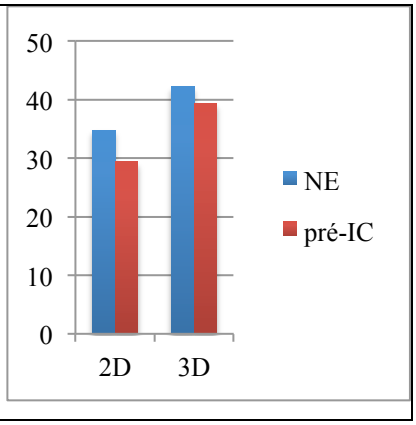
## IV] Analyse des résultats

### A- Résultats obtenus aux tests orthophoniques

#### 1) Scores en lecture labiale seule : Trois dimensions versus deux dimensions

**Tableau 4** : Comparaison des scores obtenus aux épreuves CV et VCV en 3D et 2D dans les deux populations

| n=18 pour chacun des deux groupes | | Sujets normo-entendants | | Sujets candidats à l'IC | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 3D | 2D | 3D | 2D |
| VCV | Moyenne | 36,38% | 32,13% | 33,44% | 27,67% |
| | Ecart-type | 0,7 | 0,11 | 0,11 | 0,12 |
| CV | Moyenne | 48,01% | 37,29% | 45,15% | 31,05% |
| | Ecart-type | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,15 |
| **TOTAL** | Moyenne | 42,19% | 34,71% | 39,30% | 29,36% |
| | Ecart-type | 0,10 | 0,08 | 0,13 | 0,14 |



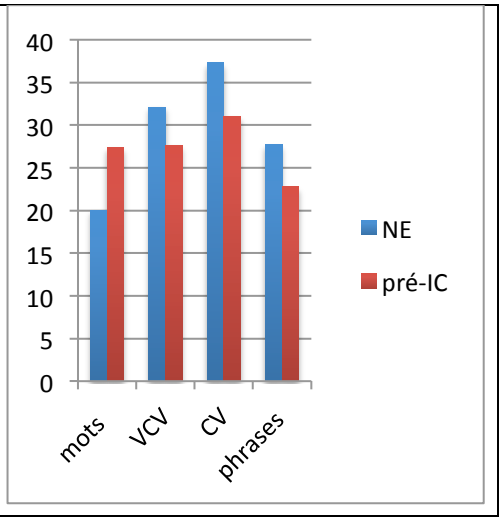

Les NE et les sujets candidats à l'IC ont de meilleures capacités de reconnaissance des phonèmes en modalité 3D. Cela est valable pour les voyelles et les consonnes. Les résultats obtenus lors de la pré-étude réalisée par A. Petithomme sont donc confirmés.

**L'hypothèse 1 est donc validée.**

#### 2) Performances en lecture labiale : NE versus sujets en pré-IC

**Tableau 5** : Performances moyennes en lecture labiale (2D) selon les épreuves

| n=18 pour chacun des deux groupes | | Sujets normo-entendants | Sujets en pré-IC |
|---|---|---|---|
| Mots | Moyenne | 20,04% de phonèmes et 2,29% de mots | 27,34% de phonèmes et 4,90% de mots |
| | Ecart-type | 0,10 pour les phonèmes et 0,04 pour les mots | 0,14 pour les phonèmes et 0,08 pour les mots |
| VCV | Moyenne | 32,13% | 27,67% |
| | Ecart-type | 0,06 | 0,12 |
| CV | Moyenne | 37,29% | 31,05% |
| | Ecart-type | 0,10 | 0,15 |
| Phrases | Moyenne | 27,78% | 22,78% |
| | Ecart-type | 0,14 | 0,18 |
| **TOTAL** | Moyenne | 23,91% | 22,75% |
| | Ecart-type | 0,14 | 0,10 |




Les sujets normo-entendants n'ont jamais eu recours à l'apprentissage de la lecture labiale avant de venir passer les tests. Concernant les sujets candidats à l'implantation

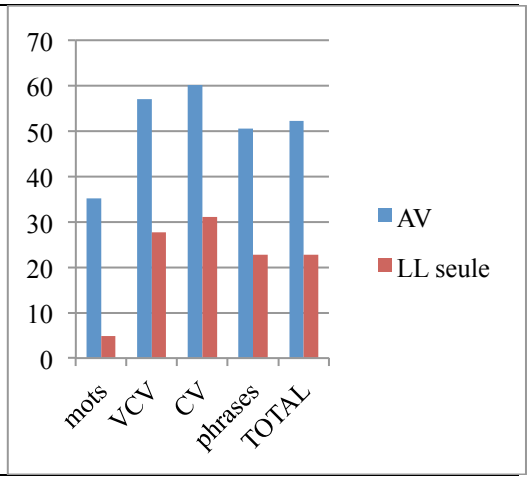
cochléaire, seuls trois d'entre eux ont été suivis en orthophonie pour apprendre à lire sur les lèvres. Néanmoins, leurs scores n'ont pas été plus élevés par rapport aux autres sujets.
L'épreuve la mieux réussie par les deux groupes de population est l'épreuve de syllabes de type CV. Les voyelles sont donc mieux identifiées que les consonnes, les mots et les phrases. Dans le tableau précédent (tableau 4), on retrouve les mêmes données pour les épreuves en 3D. Les voyelles sont mieux reconnues que les consonnes, pour les NE (48.01% vs 36.38%) comme pour les pré-IC (45.15% vs 33.44%). D'après les tableaux 4 et 5, les NE semblent meilleurs pour lire sur les lèvres que les sujets déficients auditifs, que ce soit en 2D ou en 3D. Néanmoins, les scores entre les deux groupes sont très proches et il est donc difficile de tirer une conclusion.

**L'hypothèse 2a n'est pas validée.**

### 3) Modalité visuelle versus audiovisuelle chez les sujets en pré-IC

**Tableau 6** : Performances moyennes en modalité AV versus LL chez les sujets en pré-IC

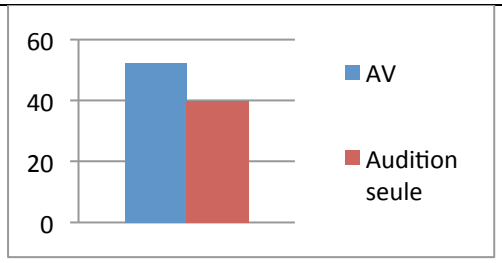
| n=18 | | Audiovision | Lecture labiale seule |
|---|---|---|---|
| Mots | Moyenne | 58,17% de phonèmes et 35,62% de mots | 27,34% de phonèmes et 4,90% de mots |
| | Ecart-type | Phonèmes : 0,27 Mots : 0,31 | Phonèmes : 0,14 Mots : 0,08 |
| VCV | Moyenne | 57,08% | 27,67% |
| | Ecart-type | 0,23 | 0,12 |
| CV | Moyenne | 60,11% | 31,05% |
| | Ecart-type | 0,16 | 0,15 |
| Phrases | Moyenne | 50,56% | 22,78% |
| | Ecart-type | 0,38 | 0,18 |
| **TOTAL** | Moyenne | 52,31% | 22,75% |
| | Ecart-type | 0,19 | 0,10 |

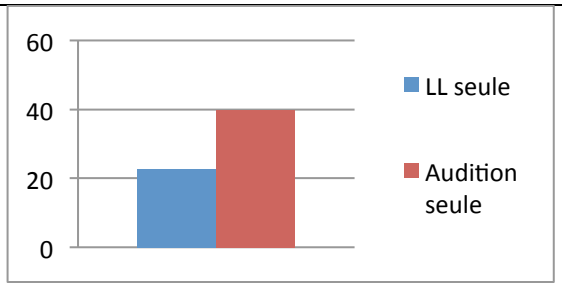


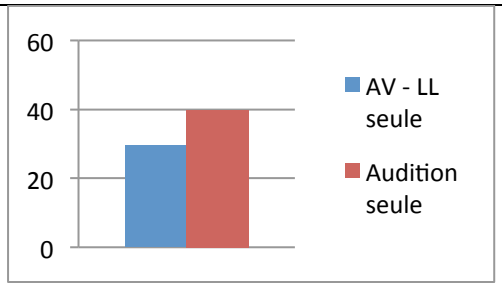

La compréhension de la parole est nettement meilleure en modalité audiovisuelle quelle que soit l'épreuve. De plus, les syllabes de type CV sont le mieux perçues dans les deux modalités. Ainsi, chez les sujets candidats à l'implant cochléaire, l'information auditive vient compléter l'information visuelle de la lecture labiale.

**Tableau 7 :** Performances moyennes en LL seule, audition seule et en modalité AV chez les sujets en pré-IC

| AV | LL seule | Audition seule |
|---|---|---|
| 52,31% | 22,75% | 39,80% |




Nous pouvons observer que les sujets en pré-IC obtiennent de meilleurs scores aux tests orthophoniques en modalité audiovisuelle qu'en modalité auditive seule ou encore en modalité visuelle seule.

**Tableau 8 :** Performances moyennes pour chaque sujet en pré-IC en LL seule et en modalité audiovisuelle en lien avec leurs restes auditifs

| Sujets | LL seule | AV | PAM OD | PAM OG |
|---|---|---|---|---|
| Sujet 1 | 2,35% | 19,85% | 101 | 111 |
| Sujet 2 | 24,55% | 79,22% | 58 | 78 |
| Sujet 3 | 23,59% | 45,49% | 120 | 79 |
| Sujet 4 | 13,15% | 17,80% | 95 | 120 |
| Sujet 5 | 13,79% | 13,54% | 86 | 89 |
| Sujet 6 | 36,92% | 86,24% | 66 | 101 |
| Sujet 7 | 21,66% | 40,00% | 120 | 93 |
| Sujet 8 | 32,38% | 95,90% | 48 | 120 |
| Sujet 9 | 29,42% | 58,44% | 105 | 79 |
| Sujet 10 | 26,56% | 37,16% | 119 | 88 |
| Sujet 11 | 23,20% | 63,53% | 120 | 120 |
| Sujet 12 | 49,44% | 72,69% | 120 | 114 |
| Sujet 13 | 8,37% | 28,61% | 113 | 104 |
| Sujet 14 | 30,28% | 90,23% | 85 | 74 |
| Sujet 15 | 16,34% | 57,87% | 99 | 59 |
| Sujet 16 | 9,47% | 49,62% | 66 | 110 |
| Sujet 17 | 14,58% | 41,52% | 69 | 84 |
| Sujet 18 | 33,42% | 43,85% | 113 | 100 |

On observe que tous les sujets en pré-IC améliorent leurs scores aux tests orthophoniques en modalité audiovisuelle par rapport à la modalité visuelle seule (sauf

un sujet pour lequel les scores sont quasiment identiques). De plus, les sujets en pré-IC qui ont les meilleurs scores en modalité audiovisuelle sont ceux qui ont les meilleurs restes auditifs ou qui sont déjà implantés (sujets 11 et 12).

**L'hypothèse 2c est donc validée.**

### 4) Influence de la dépression, de l'âge et de l'activité professionnelle sur les résultats en lecture labiale

**Tableau 9** : Scores globaux en LL en fonction du niveau de dépression et de l'âge

| Dépression | NE actifs n=9 | NE retraités n=9 | Pré-IC actifs n=10 | Pré-IC retraités n=8 |
|---|---|---|---|---|
| Absence | 31,76% | 31,49% | 32,32% | 34,05% |
| Légère | 26,94% | 24,67% | 35,38% | 14,93% |
| Moyenne | | 30,55% | 17,34% | |

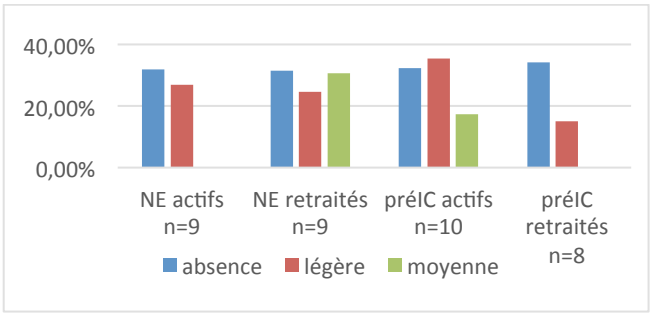



**Tableau 10** : Lien entre la dépression et les scores globaux obtenus en LL seule

| Dépression | NE n=18 | Pré-IC n=18 |
|---|---|---|
| Absence | 31,63% | 33,47% |
| Légère | 25,81% | 21,74% |
| Moyenne | 30,55% | 17,34% |

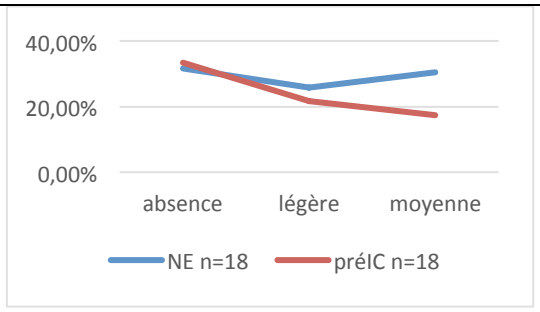
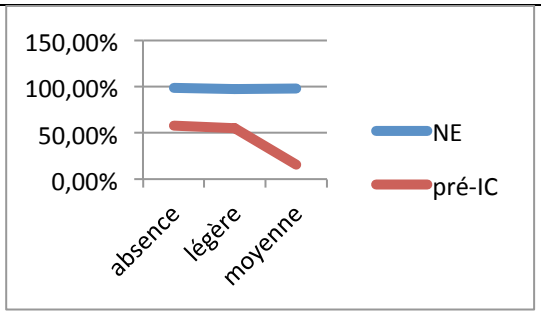



**Tableau 11** : Lien entre la dépression et les scores globaux obtenus en AV

| Dépression | NE n=18 | pré-IC n=18 |
|---|---|---|
| Absence | 98,91% | 58,19% |
| Légère | 97,52% | 55,21% |
| Moyenne | 98,46% | 15,67% |




La présence d'une dépression ne semble pas influencer les scores obtenus dans les deux modalités (LL et AV) chez les sujets normo-entendants. En revanche, la présence

d'une dépression semble influencer les scores dans les deux modalités chez les sujets candidats à l'IC.

**L'hypothèse 4a est donc validée.**

**Tableau 12:** Lien entre l'activité professionnelle et la performance en lecture labiale

| | NE n=18 | Pré-IC n=18 |
|---|---|---|
| Actifs | 29,35% | 28,34% |
| Retraités | 28,90% | 24,48% |

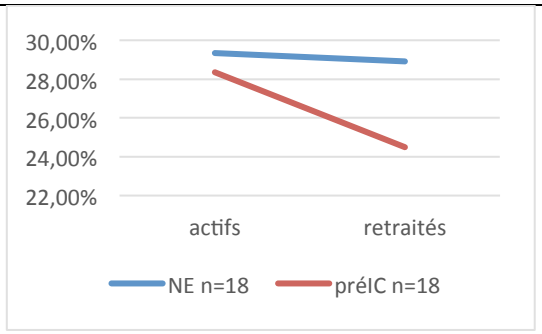
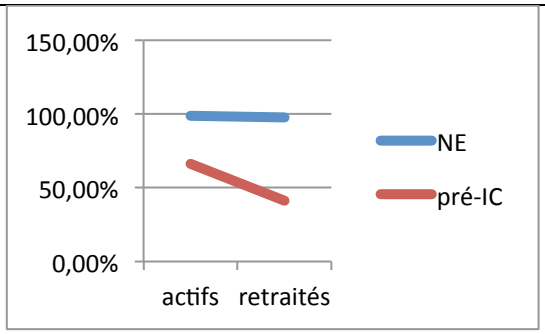



**Tableau 13**: Lien entre l'activité professionnelle et la performance en modalité AV

| | NE n=18 | Pré-IC n=18 |
|---|---|---|
| Actifs | 98,96% | 66,14% |
| Retraités | 97,73% | 41,24% |

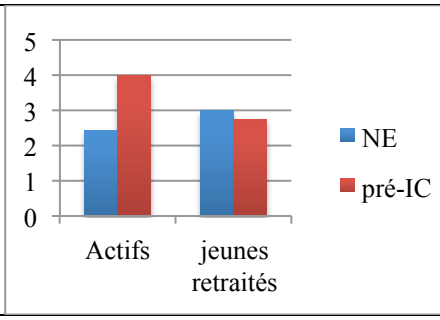



Les scores dans les deux modalités (LL et AV) restent stables chez les NE qu'ils soient actifs ou retraités. En revanche, chez les sujets en préIC, les scores sont plus faibles chez les personnes retraitées que chez les personnes en activité professionnelles.

### 5) Dépression et âge

**Tableau 14** : Niveau de dépression et âge

| | NE n=18 | Pré-IC n=18 |
|---|---|---|
| Actifs | 2,44 | 4 |
| Retraités | 3 | 2,25 |

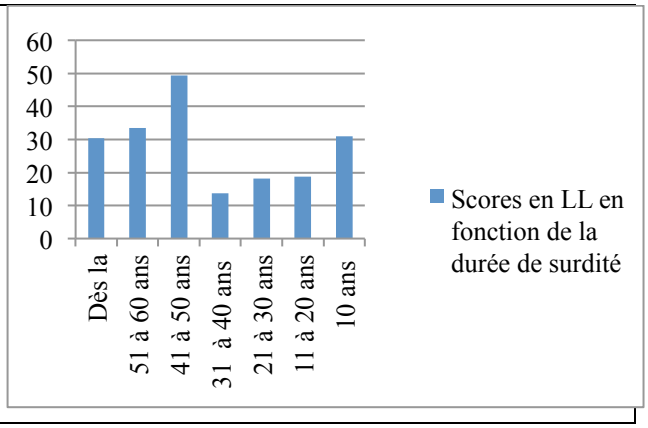


Nous avons voulu vérifier que le niveau de dépression était proportionnel à l'âge. Dans les deux groupes, le niveau de dépression n'augmente pas à l'âge.

### 6) Durée de surdité et performance en lecture labiale

**Tableau 15** : Performances de LL par rapport à la durée de surdité chez les pré-IC

| n=18<br>Durée de surdité (en années) | Nombre de sujets concernés | Suivi pour apprentissage de LL | Moyenne des scores en LL (%) |
|---|---|---|---|
| Dès la naissance | 1 | 0 | 30,28 |
| 51 à 60 | 1 | 0 | 33,42 |
| 41 à 50 | 1 | 1 | 49,44 |
| 31 à 40 | 1 | 0 | 13,79 |
| 21 à 30 | 6 | 2 | 18,11 |
| 11 à 20 | 6 | 0 | 18,67 |
| 10 ans | 2 | 0 | 30,90 |




On remarque que les sujets présentant plus de 40 ans de surdité obtiennent de meilleurs scores que les sujets ayant une surdité moins ancienne (37.71% vs 20.37%). Mais cela ne représente que 3 sujets.

En divisant notre cohorte en 2 groupes équivalents, on observe que les 10 sujets ayant plus de 20 ans de privation auditive obtiennent un score moyen en LL de 29.01% contre 24.78% pour les 8 sujets ayant moins de 20 ans de privation auditive.

Vu le faible effectif de notre groupe, **il est donc bien difficile de conclure sur l'effet de la durée de surdité sur les performances en lecture labiale.**

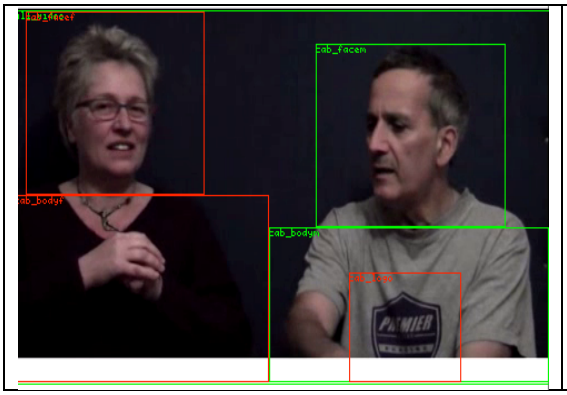
## B- Données obtenues grâce à l'eye-tracking

Pour certains sujets ou certaines épreuves, les données concernant les stratégies visuelles n'ont pas pu être traitées. Cela était lié à divers soucis techniques tels que des calibrations de mauvaise qualité ou encore des mouvements du sujet durant la passation. C'est pourquoi, le nombre de données n'est pas toujours identique.

### 1) Vidéos écologiques

#### a. Stratégies visuelles du groupe des sujets normo-entendants

**Tableau 16** : Stratégies visuelles concernant la vidéo « Dialogue cabane »

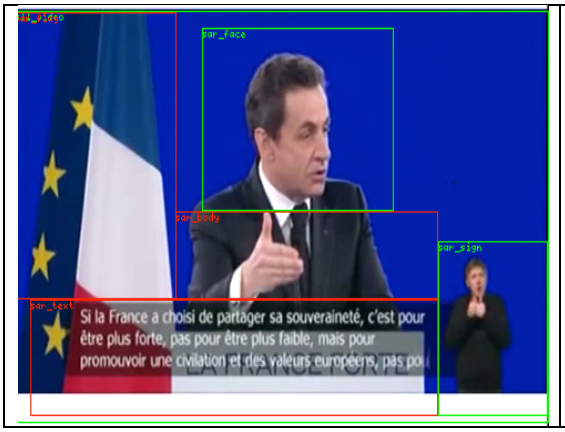


| n=75 | Taux de fixation | Nombre de fixations |
|---|---|---|
| Ecran total | 89,82% | 100,00 |
| Vidéo | 88,83% | 97,38 |
| Corps féminin | 5,41% | 8,74 |
| Corps masculin | 1,25% | 2,47 |
| Visage féminin | 45,10% | 41,11 |
| Visage masculin | 33,02% | 36,24 |
| Logo | 1,12% | 2,04 |

L'ordre d'importance des aires est identique en ce qui concerne le taux et le nombre de fixations, à savoir Visage féminin > Visage masculin > Corps féminin > Corps masculin > Logo du T-shirt de l'homme.

Ainsi les zones les plus fixées et dont le taux de fixation est le plus long sont les visages. Le visage féminin obtient plus d'attention que le visage masculin. En effet, dans la vidéo, la femme parle beaucoup plus et est plus expressive que l'homme. Les corps ainsi que le logo ne sont quasiment pas regardés. Néanmoins, le corps de la femme est plus regardé que celui de l'homme. Cela est logique car elle utilise de la gestuelle pour accompagner sa parole, ce qui n'est pas le cas de l'homme.

**Tableau 17** : Stratégies visuelles concernant la vidéo « Discours de Sarkozy »




| n=84 | Taux de fixation | Nombre de fixations |
|---|---|---|
| Ecran total | 84,60% | 100,00 |
| Vidéo | 2,58% | 96,13 |
| Corps | 6,81% | 11,67 |
| Visage | 43,84% | 36,52 |
| Drapeau | 1,39% | 2,96 |
| Personne signant | 7,68% | 6,45 |
| Texte | 21,40% | 35,81 |

L'ordre des aires est identique concernant le taux et le nombre de fixations, à savoir Visage > Texte > Corps > Personne signant > Drapeau.

Le visage est la zone la plus fixée et la plus longtemps fixée. La zone du texte de sous-titres obtient le plus d'attention après la zone du visage. Les zones du corps, de la personne signant et du drapeau ne sont quasiment pas regardées. Concernant le taux de fixation, le

visage est la zone qui est fixée le plus longtemps. La personne signant est fixée plus longtemps mais moins de fois que le corps de Sarkozy.

**Tableau 18** : Stratégies visuelles concernant la vidéo « Café »

| n=85 | Taux de fixation | Nombre de fixations |
|---|---|---|
| Ecran total | 85,91% | 100,00 |
| Vidéo | 84,16% | 95,34 |
| Corps | 4,65% | 8,84 |
| Visage | 64,89% | 50,93 |
| Logo | 2,66% | 5,72 |
| Texte | 10,9% | 27,81 |

L'ordre des aires est identique en ce qui concerne le taux et le nombre de fixations, à savoir Visage > Texte > Corps > Logo.
Ainsi la zone qui est la plus regardée et la plus longtemps est le visage. La zone du texte de titres est nettement moins fixée que celle du visage. Enfin, les zones du corps ainsi que du logo ne sont quasiment pas regardées.

En conclusion, pour le groupe des NE, la zone la plus fixée et dont les fixations sont les plus longues, est le visage. Nous constatons également que les sujets NE fixent le texte en seconde position pour les sous-titres ou les titres. Ils ne regardent quasiment pas les petits détails des vidéos comme une personne parlant en langue des signes en bas de l'écran ou encore les logos pouvant être présents à différents endroits de la vidéo.

### b. Comparaison des stratégies visuelles des normo-entendants et des déficients auditifs

Comme pour les résultats des scores orthophoniques, nous avons apparié les sujets sexe, âge, score à la BDI et en CSP.

**Tableau 19** : Stratégies visuelles concernant la vidéo « Dialogue cabane », sujets déficients auditifs

| n=12 | Taux de fixation | Nombre de fixations |
|---|---|---|
| Ecran | 89,37% | 100,00 |
| Vidéo | 86,70% | 94,27 |
| Corps féminin | 8,16% | 9,77 |
| Corps masculin | 3,10% | 2,66 |
| Visage féminin | 45,64% | 40,43 |
| Visage masculin | 23,93% | 28,57 |
| Logo | 1,70% | 2,66 |

L'ordre des aires est identique en ce qui concerne le taux et le nombre de fixations, à savoir Visage féminin > Visage masculin > Corps féminin > Corps masculin > logo.

Ainsi, les zones les plus fixées et dont le taux de fixation est le plus long sont les visages. Le visage féminin obtient plus d'attention que le visage masculin. Les corps ainsi que le logo ne sont quasiment pas regardés. Néanmoins, le corps de la femme est plus regardé que celui de l'homme. Le logo est regardé autant de fois mais moins longtemps que le corps de l'homme.

**Tableau 20:** Stratégies visuelles concernant la vidéo "Dialogue cabane", sujets normo-entendants

| n=14 | Taux de fixation | Nombre de fixations |
|---|---|---|
| Ecran total | 88,69% | 100,00 |
| Vidéo | 87,87% | 98,43 |
| Corps féminin | 6,16% | 11,44 |
| Corps masculin | 1,37% | 1,97 |
| Visage féminin | 42,96% | 41,90 |
| Visage masculin | 32,28% | 32,07 |
| Logo | 1,80% | 2,16 |

L'ordre des aires est presque identique en ce qui concerne le taux et le nombre de fixations, à savoir Visage féminin > Visage masculin > Corps féminin > Logo (en dernière position pour le nombre de visites) > Corps masculin.

Ainsi les zones les plus fixées et dont le taux de fixation est le plus long sont les visages. Le visage féminin obtient plus d'attention que le visage masculin. Les corps ainsi que le logo ne sont quasiment pas regardés. Le corps de la femme est plus regardé que celui de l'homme. De plus, le logo est regardé plus de fois et plus longtemps que le corps de l'homme.

**Tableau 21** : Stratégies visuelles concernant la vidéo « Discours de Sarkozy », sujets déficients auditifs

| n=13 | Taux de fixation | Nombre de fixations |
|---|---|---|
| Ecran | 93,13% | 100,00 |
| Vidéo | 90,61% | 95,31 |
| Corps | 14,18% | 13,85 |
| Visage | 35,97% | 26,86 |
| Drapeau | 1,85% | 3,15 |
| Personne signant | 0,85% | 1,22 |
| Texte | 36,87% | 49,12 |

L'ordre des aires est identique concernant le taux et le nombre de fixations, à savoir Texte > Visage > Corps > Drapeau > Personne signant.
La zone la plus fixée et dont le taux de fixation est le plus long est la zone des sous-titres. Le visage est nettement moins regardé, il en est de même pour le corps de Sarkozy. Les zones du drapeau et de la personne signant ne sont quasiment pas regardées. Néanmoins, le drapeau a suscité plus d'attention que la personne signant en bas à droite de l'écran.

**Tableau 22** : Stratégies visuelles concernant la vidéo "Discours Sarkozy", sujets normo-entendants

| n=16 | Taux de fixation | Nombre de fixations |
|---|---|---|
| Ecran total | 83,43% | 100,00 |
| Vidéo | 78,92% | 97,09 |
| Corps | 6,04% | 11,09 |
| Visage | 47,56% | 44,29 |
| Drapeau | 1,83% | 3,29 |
| Personne signant | 5,21% | 5,69 |
| Texte | 16,78% | 30,59 |

L'ordre des aires est identique concernant le taux et le nombre des fixations, à savoir Visage > Texte > Corps > Personne signant > Drapeau.
Le visage est la zone la plus fixée et la plus longtemps fixée. La zone du texte de sous-titres obtient le plus d'attention après la zone du visage. Les zones du corps, de la personne signant et du drapeau ne sont quasiment pas regardées.

**Tableau 23** : Stratégies visuelles concernant la vidéo « Café », sujets déficients auditifs

| n=13 | Taux de fixation | Nombre de fixations |
|---|---|---|
| Ecran total | 91,15% | 100,00 |
| Vidéo | 88,75% | 95,67 |
| Corps | 3,25% | 7,88 |
| Visage | 68,78% | 49,2 |
| Logo | 2,76% | 4,99 |
| Texte | 11,6% | 29,89 |

L'ordre des aires est identique en ce qui concerne le taux et le nombre de fixations, à savoir Visage > Texte > Corps > Logo.
La zone la plus fixée et dont le taux de fixation est le plus long est le visage. Les titres qui apparaissent de temps en temps à l'écran sont nettement moins regardés. Les zones du corps et du logo ne sont quasiment pas regardées.

**Tableau 24** : Stratégies visuelles concernant la vidéo "Café", sujets normo-entendants

| n=15 | Taux de fixation | Nombre de fixations |
|---|---|---|
| Ecran total | 86,92% | 100,00 |
| Vidéo | 85,34% | 97,48 |
| Corps | 1,49% | 5,19 |
| Visage | 66,13% | 53,72 |
| Logo | 3,19% | 5,34 |
| Texte | 13,61% | 31,94 |

L'ordre des aires est identique en ce qui concerne le taux et le nombre des fixations, à savoir Visage > Texte > Logo > Corps.

La zone la plus fixée et dont le taux de fixation est le plus long est le visage. Les titres qui apparaissent de temps en temps à l'écran sont nettement moins regardés. Les zones du corps et du logo ne sont quasiment pas regardées. Néanmoins, le logo est fixée plus de fois et plus longtemps que le corps.

En conclusion, les sujets candidats à l'implant cochléaire regardent les visages dans toutes les vidéos. Lorsque la vidéo comporte des sous-titres, ils s'en servent pour améliorer leur compréhension. Par contre, lorsqu'il y a une traduction LSF, ils l'ignorent. Les éléments du décor sont également ignorés. Quand la vidéo présente des titres, ils ne sont regardés qu'une fois.

La zone la plus regardée par les sujets NE est le visage et surtout lorsqu'il est expressif. Les sujets NE fixent le texte en seconde position, que ce soit pour les sous-titres ou les titres. De manière générale, le corps n'est pas très regardé mais suscite plus d'intérêt lorsqu'il y a de la gestuelle. De plus, les NE peuvent s'intéresser plus et plus longtemps à des détails comme les logos pouvant être présents à différents endroits de la vidéo.

Les NE n'ont donc pas les mêmes stratégies visuelles que les sujets candidats à l'implantation cochléaire. En effet, les NE regardent le visage dans toutes les situations alors que les sujets en pré-implant regardent les sous-titres en priorité. Les stratégies visuelles des sujets en pré-IC dépendent donc des vidéos. Sans sous-titres, ils regardent le visage, tout comme les NE. De plus, les sujets contrôles s'intéressent aux détails et notamment aux logos, ce qui n'est pas le cas des sujets en pré-IC. Les fixations des sujets candidats à l'implantation cochléaire sont plus longues mais moins nombreuses que celles des sujets contrôles. En outre, le nombre de fixations pour les sujets en pré-IC est plus élevé que pour les sujets NE.

**L'hypothèse 3b est ainsi validée.**

Par ailleurs, le logo et la personne signant sont regardés plus longtemps par les NE que par les déficients auditifs alors que cela ne contribue pas à la compréhension du contenu de la vidéo. Les sujets candidats à l'implantation cochléaire sont, quant à eux, plus attirés par la gestuelle et les mimiques ainsi que par les sous-titres. La gestuelle ainsi que les sous-titres permettent de mieux comprendre le contenu de la vidéo.

**L'hypothèse 3e est validée.**

### 2) Vidéo des tests orthophoniques

**Figure 4**: AOI des vidéos « tests orthophoniques »

#### a. Stratégies visuelles du groupe des sujets normo-entendants

Comme nous l'avons précédemment expliqué, les données enregistrées au moyen de l'eye-tracking n'ont pas toujours pu être analysées. C'est pourquoi, le nombre de sujets dans cette partie de l'analyse des données est moins important.

**Tableau 25** : Nombre de visites des NE par épreuve en modalité AV et LL seule

| | Lecture labiale | Audition + LL |
|---|---|---|
| Mots | n=80 | n=80 |
| VCV | n=84 | n=82 |
| CV | n=80 | n=80 |
| Phrases | n=72 | n=75 |

**Tableau 26:** Tableau récapitulatif du nombre de visites pour chaque AOI pour chaque épreuve dans les deux modalités (AV et LL)

| | Mots | | | | VCV | | | | CV | | | | Phrases | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | LL | | AV | | LL | | AV | | LL | | AV | | LL | | AV | |
| AOI | M | ET | M | ET | M | ET | M | ET | M | ET | M | ET | M | ET | M | ET |
| Visage | 4,32 | 4,21 | 5,45 | 4,62 | 11,49 | 13,31 | 15,79 | 18,04 | 7,17 | 8,28 | 12,53 | 10,59 | 5,45 | 4,11 | 8,92 | 6,95 |
| Visage droit | 13,65 | 9,75 | 20,75 | 11,52 | 38,62 | 28,79 | 61,50 | 36,59 | 27,50 | 23,95 | 50,24 | 30,39 | 20,84 | 10,7 | 29,69 | 16,85 |
| Visage gauche | 12,72 | 9,81 | 19,56 | 11,78 | 35,98 | 29,84 | 58,91 | 36,91 | 25,99 | 24,44 | 47,63 | 31,15 | 19,71 | 11,5 | 28,94 | 18,07 |
| Yeux | 10,57 | 10,47 | 17,80 | 12,17 | 26,47 | 28,84 | 48,98 | 36,98 | 20,29 | 23,01 | 38,97 | 27,76 | 14,22 | 11,51 | 27,29 | 15,49 |
| Bouche | 15,99 | 11,17 | 21,32 | 12,42 | 41,83 | 32,68 | 58,98 | 36,52 | 30,04 | 25,17 | 46,74 | 27,98 | 24,48 | 13,13 | 28,66 | 15,49 |
| Cou | 1,58 | 2,90 | 1,95 | 2,55 | 4,35 | 6,85 | 5,09 | 9,26 | 3,27 | 5,51 | 4 | 6,76 | 1,73 | 2,26 | 2,72 | 3,27 |

Nous n'avons pas présenté les données de nombre de fixations car elles vont dans le même sens que celles du nombre de visites.

Le nombre de visites est moins important dans les épreuves de mots et de phrases qui présentent un contenu sémantique que lors des répétitions de syllabes. Grâce à la suppléance mentale, il est possible de compléter les informations manquantes lorsqu'on lit sur les lèvres des éléments présentant un contenu sémantique. Pour l'identification des phonèmes, ce processus ne rentre pas en jeu, le sujet s'appuie davantage sur les images labiales.

**Tableau 27** : Tableau récapitulatif du taux de fixation pour chaque AOI pour chaque épreuve dans les deux modalités (AV et LL)

| | Mots | | | | VCV | | | | CV | | | | Phrases | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | LL | | AV | | LL | | AV | | LL | | AV | | LL | | AV | |
| AOI | M | ET | M | ET | M | ET | M | ET | M | ET | M | ET | M | ET | M | ET |
| Visage | 87,17 % | 12,44 | 87,35% | 10,57 | 87,30% | 14,81 | 86,81% | 13,01 | 89,12% | 13,38 | 85,25% | 13,29 | 85,19% | 11,32 | 78,19% | 14,51 |
| Visage droit | 56,81 % | 29,54 | 54,04% | 25,00 | 59,06% | 28,13 | 51,03% | 25,97 | 51,08% | 31,52 | 52,42% | 22,40 | 51,93% | 26,05 | 45,63% | 22,52 |
| Visage gauche | 31,24 % | 28,56 | 33,31% | 23,09 | 29,19% | 26,48 | 35,77% | 25,06 | 40,22% | 32,61 | 32,81% | 21,24 | 33,26% | 25,32 | 32,56% | 21,17 |
| Bouche | 71,57 % | 21,47 | 59,14% | 23,32 | 76,32% | 19,75 | 56,18% | 24,77 | 76,24% | 19,38 | 54,62% | 24,83 | 66,51% | 17,42 | 38,77% | 23,69 |
| Yeux | 9,14% | 11,26 | 20,98% | 19,04 | 7,40% | 10,49 | 21,27% | 20,94 | 8,63% | 14,82 | 21,75% | 20,37 | 8,85% | 9,30 | 30,55% | 22,80 |
| Cou | 0,69% | 1,58 | 0,87% | 1,38 | 1,52% | 8,07 | 0,8% | 1,81 | 0,63% | 1,26 | 0,81% | 2,22 | 0,48% | 0 ,69 | 1,16% | 2,22 |

Dans les deux modalités, l'ordre d'importance du taux de fixation des AOI est le même dans toutes les épreuves : Bouche > Yeux > Cou. Le visage droit est fixé plus longtemps que le visage gauche.

Dans les deux modalités, les sujets normo-entendants fixent plus longtemps l'AOI bouche lors des épreuves de répétition de mots que lors des répétitions de phrases. Lors des épreuves de phrases, la zone yeux est donc plus regardée que lors des épreuves de mots. La zone cou est très peu regardée et ce quel que soit le type d'épreuve. Il n'existe pas de différence palpable entre le temps de fixation de la zone bouche lors des autres épreuves.

**Tableau 28** : Taux de fixations cumulées et du nombre de visites cumulées par AOI pour toutes les épreuves confondues dans les deux modalités

| | Temps de fixation cumulés | | Nombre de visites cumulés | |
|---|---|---|---|---|
| | LL | AV | LL | AV |
| Visage | 90,41% | 88,99% | 7,22 | 10,74 |
| Visage droit | 56,58% | 43,40% | 25,52 | 40,85 |
| Visage gauche | 33,83% | 45,60% | 23,94 | 39,02 |
| Yeux | 8,27% | 11,71% | 18,17 | 33,45 |
| Bouche | 75,69% | 70,96% | 28,44 | 39,18 |
| Cou | 1,17% | 1,29% | 2,79 | 3,45 |

On observe que le nombre de visites est beaucoup plus important en modalité audiovisuelle. Cela est notable pour toutes les AOI. Chez les sujets normo-entendants, on observe globalement le même ordre de préférences des AOI dans les deux modalités :
Il existe une nette préférence pour le visage droit. A l'intérieur du visage, la bouche est nettement plus fixée que les yeux. Néanmoins, cet écart diminue en modalité audio-visuelle. Les sujets regardent moins la zone bouche et plus la zone des yeux. La zone cou n'est regardée que de façon très infime.

### b. Stratégies visuelles des groupes de sujets appariés

- Temps de fixations

**Tableau 29 :** Tableau récapitulatif des taux de fixations cumulées pour toutes les épreuves confondues par AOI en LL

| n=24 | Sujets contrôles | | Sujets pré-IC | |
|---|---|---|---|---|
| | Moyenne | Ecart-type | Moyenne | Ecart-type |
| Yeux | 6,53% | 7,56% | 9,54% | 13,05% |
| Bouche | 76,53% | 13,98% | 74,43% | 20 ,15% |
| Cou | 0,61% | 1,37% | 1,12% | 2,14% |

Il n'existe pas de différence significative des rapports de taux de fixation concernant la bouche, les yeux et le cou entre les sujets contrôles et les sujets candidats à l'IC (test Wilcoxon apparié à p=0,05 ; p=0,994). **Les temps de fixations des deux groupes de sujets sont donc globalement similaires.**

**Tableau 30** : Tableau des taux de fixations cumulées par AOI pour toutes les épreuves confondues en modalité audiovisuelle

| n=18 | Sujets contrôles | | Sujets pré-IC | |
|---|---|---|---|---|
| | Moyenne | Ecart-type | Moyenne | Ecart-type |
| Yeux | 12,6% | 15,1% | 10,6% | 9,0% |
| Bouche | 69,9% | 20,1% | 63,3% | 20,7% |
| Cou | 1,5% | 2,8% | 1,7% | 3,7% |

En modalité audiovisuelle, il existe une différence significative du ratio de durée de fixation entre yeux, bouche et cou pour les sujets contrôles ($p<0.0001$) et pour les sujets candidats à l'implant cochléaire ($p<0.0001$) avec le test de Friedman.
Le ratio de durée de fixation de la bouche tend à être supérieur à ceux respectifs des yeux et du cou pour les sujets contrôles et pour les déficients auditifs. **La zone fixée le plus longtemps par les deux groupes de sujets est donc la bouche en modalité audiovisuelle.**

De plus, la bouche (p=0.154) est fixée plus longtemps par les sujets déficients auditifs que par les normo-entendants en modalité audiovisuelle (test statistique non paramétrique de Wilcoxon apparié à p=0.05).

**Tableau 31** : Tableau de ratios de durée de fixations pour l'AOI bouche par épreuve en LL

| n=18 | Sujets contrôles | | Sujets pré-IC | |
|---|---|---|---|---|
| | Moyenne | Ecart-type | Moyenne | Ecart-type |
| Ratio duration VCV | 83,1% | 10,7% | 81,6% | 15,9% |
| Ratio duration CV | 81,5% | 12,8% | 69,9% | 24,8% |
| Ratio duration mots | 73,6% | 17,0% | 79,4% | 23,5% |
| Ratio duration phrases | 72,5% | 13,0% | 68,0% | 18,7% |

En modalité visuelle, pour les sujets en pré-IC, il existe une différence significative du ratio de durée de fixation entre les épreuves de syllabes VCV et CV, de mots et de phrases (p=0.017) avec le test de Friedman (données appariées). De plus, avec le test Post-hoc 2 à 2, on observe des différences significatives entre les épreuves de syllabes CV et de phrases d'une part et les épreuves de syllabes VCV et de phrases d'autre part p=0.006). **Ainsi, le ratio de durée de fixation de la bouche pour les phrases tend à être inférieur à ceux respectifs des VCV, CV et mots pour les déficients auditifs.**

Pour les normo-entendants, il existe une différence significative du ratio de durée de fixation entre les épreuves de syllabes VCV et CV, de mots et de phrases (p<0.0001) avec le test de Friedman (données appariées). De plus, avec le test Post-hoc 2 à 2, on observe des différences significatives entre les épreuves de syllabes VCV et de phrases d'une part et les épreuves de mots et de phrases d'autre part (p=0.001). **Ainsi, le ratio de durée de fixation de la bouche pour les phrases tend à être inférieur à ceux respectifs des VCV et des mots (et dans une moindre mesure à ceux des CV) pour les normo-entendants.** Cela s'explique de nouveau par le processus de suppléance mentale.

**Tableau 32** : Ratios de durée de fixations pour l'AOI bouche par épreuve en modalité AV

| n=18 | Sujets contrôles | | Sujets pré-IC | |
|---|---|---|---|---|
| | Moyenne | Ecart-type | Moyenne | Ecart-type |
| Ratio duration VCV | 72,3% | 18,8% | 73,1% | 18,9% |
| Ratio duration CV | 63,6% | 21,1% | 74,8% | 26,3% |
| Ratio duration mots | 76 ,3% | 11,6% | 72,3% | 15,2% |
| Ratio duration phrases | 48,3% | 16,0% | 56,0% | 21,24% |

En modalité audiovisuelle, pour les sujets candidats à l'IC, il n'existe pas de différence significative du ratio de durée de fixation entre les épreuves de syllabes VCV et CV, de mots et de phrases (p=0.017) avec le test de Friedman (données appariées). Néanmoins, avec le test Post-hoc 2 à 2, on note une différence significative entre les

épreuves de syllabes CV et de phrases d'une  part et les épreuves de syllabes VCV et de phrases d'autre part (p=0.006). **Le ratio de durée de fixation de la bouche pour les phrases tend à être inférieur à ceux respectifs des VCV, CV et mots pour les sujets candidats à l'IC.**

Pour les sujets NE, il existe une différence significative du ratio de durée de fixation entre les épreuves de syllabes VCV et CV, de mots et de phrases (p<0.0001) avec le test de Friedman (données appariées). De plus, avec le test Post-hoc 2 à 2, on observe une différence significative entre les épreuves de syllabes VCV et de phrases d'une part et les épreuves de mots et de phrases d'autre part (p=0.001). **Ainsi, le ratio de durée de fixation de la bouche pour les phrases tend à être inférieur à ceux respectifs des VCV et mots (et dans une moindre mesure à ceux des CV) pour les sujets normo-entendants.**

- Nombre de fixations

**Tableau 33** : Tableau du nombre de fixations moyen pour toutes les épreuves confondues et toutes les AOI en lecture labiale

| n=24 | Moyenne | Ecart-type |
|---|---|---|
| Sujets contrôles | 36,27 | 51,49 |
| Sujets pré-IC | 47,82 | 70,22 |

On note une différence significative du nombre de fixations chez les sujets contrôles et chez les sujets candidats à l'IC (p=0,003) (Test de Wilcoxon sur données appariées à p=0.05). **Le nombre de fixations des sujets déficients auditifs tend à être supérieur à celui des patients NE**. En outre, si l'on analyse indépendamment le nombre de fixations pour chaque épreuve, on note également que le nombre de fixations des sujets contrôles est plus faible en distribution et en moyenne. Il existe donc une variabilité plus grande pour les sujets déficients auditifs et surtout lors des épreuves de mots.

**Tableau 34** : Tableau  récapitulatif du nombre de fixations cumulées par AOI pour toutes les épreuves confondues en LL

| n=24 | Sujets contrôles | | Sujets pré-IC | |
|---|---|---|---|---|
| | Moyenne | Ecart-type | Moyenne | Ecart-type |
| Yeux | 25,6 | 33,6 | 25,9 | 31,1 |
| Bouche | 80,5 | 60,3 | 111,9 | 86,3 |
| Cou | 2,7 | 6,8 | 5,6 | 9,4 |

Il existe une différence significative du nombre de fixations entre les yeux, la bouche et le cou pour les sujets normo-entendants (p<0,0001) ainsi que pour sujets candidats à l'IC (p<0,0001) avec le test de Friedman (données appariées). **Le nombre de**

**fixations de la bouche tend donc à être respectivement supérieur à ceux des yeux et du cou**. Cela est valable pour les sujets contrôles ainsi que pour les sujets déficients auditifs. On observe ce phénomène dans toutes les épreuves traitées séparément.

**La bouche est donc la zone la plus fixée par les deux groupes de sujets.**

**Tableau 35 :** Nombre de fixations cumulées par AOI pour toutes les épreuves confondues en modalité audiovisuelle

| n=13 | Sujets contrôles | | Sujets pré-IC | |
|---|---|---|---|---|
| | Moyenne | Ecart-type | Moyenne | Ecart-type |
| Yeux | 35,2 | 31,9 | 43,6 | 61,7 |
| Bouche | 82,6 | 49,3 | 115,7 | 75,3 |
| Cou | 7,0 | 17,0 | 6,6 | 9,9 |

On observe une différence significative du nombre de fixations entre les yeux, la bouche et le cou pour les sujets contrôles ($p<0.0001$) ainsi que pour les sujets candidats à l'IC ($p<0.0001$) avec le test de Friedman (données appariées). **Le nombre de fixations de la bouche tend globalement à être supérieur à ceux respectifs des yeux et du cou pour les 2 groupes**. Cela est valable si l'on considère chaque épreuve indépendamment. De plus, le nombre de fixations de la bouche (AOI bouche : significatif p=0,001) des sujets déficients auditifs tend à être supérieur à celui des sujets contrôles au test statistique non paramétrique de Wilcoxon (apparié à p=0.05).

Lorsque nous analysons plus précisément chaque épreuve séparément, le test statistique non paramétrique de Wilcoxon (apparié à p=0.05) nous permet d'observer que le nombre de fixations de la bouche des sujets déficients auditifs tend à être supérieur à celui des sujets normo-entendants pour les épreuves de CV et de mots (CV : p=0,023 et mots : p=0,067). Cette différence n'existe pas pour les autres épreuves et les autres AOI.

**Tableau 36** : Tableau du nombre de fixations pour l'AOI cou en LL pour les VCV

| n=24 | Sujets contrôles | | Sujets pré-IC | |
|---|---|---|---|---|
| | Moyenne | Ecart-type | Moyenne | Ecart-type |
| Cou | 2,4 | 4,6 | 9,3 | 13,4 |

Lors des épreuves VCV, on observe que la zone cou est significativement plus fixée par les sujets déficients auditifs. (Test statistique non paramétrique de Wilcoxon apparié à p=0.05 ; p=0,033).

**Tableau 37** : Tableau du nombre de fixations pour l'AOI bouche en LL pour les mots

| n=24 | Sujets contrôles | | Sujets pré-IC | |
|---|---|---|---|---|
| | Moyenne | Ecart-type | Moyenne | Ecart-type |
| Bouche | 33,1 | 15,3 | 75,8 | 85,0 |

Lors des épreuves de mots, on note une différence significative du nombre de fixation de la bouche entre les deux groupes (test statistique non paramétrique de Wilcoxon apparié à p=0.05 ; p= 0.032). **La bouche est plus fixée par les sujets déficients auditifs que par les sujets normo-entendants.**

En outre, si l'on compare le nombre de fixations pour l'AOI yeux des patients et des sujets contrôles (test statistique non paramétrique de Wilcoxon apparié à p=0.05), on observe qu'il n'existe pas de différence significative (p=0,383). En revanche, pour les AOI bouche (p=0,013) et cou (p= 0,035), cela est significatif.

**Le nombre de fixations de la bouche et du cou est donc plus important chez les sujets candidats à l'IC que chez les sujets nomo-entendants dans les épreuves de mots**.

Si l'on analyse le nombre de fixations pour chaque épreuve, on observe qu'il n'existe pas de tendance significative du nombre de fixations des sujets déficients auditifs à être supérieurs ou inférieur aux sujets NE. Néanmoins, dans les épreuves de mots, le nombre de fixations des sujets déficients auditifs tend à être supérieur à celui des sujets NE.

**Tableau 38** : Nombre de fixations cumulées des zones visages pour toutes les épreuves confondues en lecture labiale

| n=24 | Sujets contrôles | | Sujets pré-IC | |
|---|---|---|---|---|
| | Moyenne | Ecart-type | Moyenne | Ecart-type |
| Visage | 119,9 | 91,8 | 153,0 | 101,2 |
| Visage gauche | 47,7 | 46,2 | 56,7 | 52,1 |
| Visage droit | 72,1 | 71,5 | 96,3 | 66,0 |

On ne note pas de différence significative mais une forte tendance du nombre de fixations entre le côté gauche du visage et le côté droit pour les sujets contrôles (p=0,062). Au contraire, on note une différence significative pour patients (p=0,001, Test de Wilcoxon pour données appariées). Les sujets contrôles fixent autant le côté droit que le côté gauche du visage. **Les sujets déficients auditifs, quant à eux, fixent plus le côté droit du visage.** De plus, en comparant le nombre de fixations du côté droit du visage des deux groupes (test statistique non paramétrique de Wilcoxon apparié à p=0.05), on note une différence significative (p=0,028). Le côté droit du visage est donc plus fixé par les sujets déficients auditifs que par les sujets NE. Cela n'est pas le cas pour le côté gauche du

visage (p=0,601). **Le côté droit du visage est donc plus fixé par les sujets candidats à l'IC que par les sujets NE.**

Les sujets candidats à l'IC font globalement plus de fixations que les sujets contrôles. Le côté droit du visage est plus fixé par les sujets candidats à l'IC que par les sujets NE. Concernant les temps de fixations, le nombre de fixations et le nombre de visites, les deux groupes de sujets ont le même ordre de préférence : la bouche et les yeux. Le cou est peu regardé.

**L'hypothèse 3a est donc validée.**

La bouche est fixée plus longtemps par les sujets déficients auditifs que par les sujets NE en modalité audiovisuelle.

**L'hypothèse 3d est donc validée**

# DISCUSSION

## I] Validation / infirmation des hypothèses de travail et confrontation aux données de la littérature.

En confrontant les résultats de l'étude à nos hypothèses de travail, nous pouvons en déduire les éléments suivants :

Les scores obtenus en lecture labiale face à une orthophoniste réelle sont meilleurs que ceux obtenus face à la même orthophoniste filmée. Cela est valable pour les deux groupes de sujets. Visionner une vidéo de plusieurs minutes sur tablette entraîne une fatigue visuelle et une diminution attentionnelle. Ces éléments correspondent à l'impression des participants qui ont trouvé la vidéo plus longue que la même épreuve présentée en face-à-face. De plus, ils ont eu l'impression de mieux percevoir les mouvements linguaux en 3D qu'en 2D. Même si nous avions constitué des vidéos où nous étions les plus naturelles possibles, la dynamique et le lien qui existent avec l'orthophoniste réelle ne peuvent pas être les mêmes que face à une machine. Ces résultats confirment plusieurs études qui démontrent que les NE sont meilleurs en lecture labiale en 2D qu'en 3D (Sudman, J.A., et coll., 1971) [59], (Petithomme, A., 2012) [48].

**L'hypothèse 1 est donc validée.**

Les performances en LL des sujets déficients auditifs ne sont pas meilleures que celles des sujets normo-entendants. Parmi les sujets déficients auditifs, très peu ont bénéficié d'une rééducation orthophonique visant à l'apprentissage de la lecture labiale.

**L'hypothèse 2a n'est pas validée.**

Étant donnés les faibles effectifs que nous avons pour l'analyse de l'effet de la durée de surdité sur les performances en LL, il est difficile d'en tirer une conclusion.

**Nous ne pouvons donc ni infirmer ni valider l'hypothèse 2b.**

D'une façon générale, nous utilisons tous l'information visuelle en complémentarité de l'information auditive. Les sujets déficients auditifs utilisent plus l'information visuelle qu'auditive. Cependant, les données entendues par le sujet déficient auditif viennent compléter les informations recueillies en lecture labiale. En effet, les performances des sujets candidats à l'IC sont meilleures en modalité audio-visuelle qu'en

lecture labiale seule. Cela n'est pas conforme à l'impression des sujets en pré-implant qui ont affirmé ne rien comprendre. La perception audiovisuelle de la parole est inconsciente (Plass, J. et al., 2014) [50].

**L'hypothèse 2c est donc validée.**

Grâce aux données recueillies au moyen de l'eye-tracking, nous avons pu étudier les stratégies visuelles des participants. Nous avons constaté que les AOI les plus fixées par les deux populations étaient la bouche et les yeux quelle que soit la modalité. Cela confirme les résultats obtenus dans l'étude d'A. Petithomme (Petithomme, A., 2012) [48]. Dans cette étude, il a été montré, que contrairement à ce qui été supposé, les sujets normo-entendants regardent moins les yeux que la bouche et ce dans les deux modalités (LL et AV). Le cou n'est presque pas regardé.

**L'hypothèse 3a est donc validée.**

Nous avons étudié les stratégies visuelles de compréhension au moyen de courtes vidéos portant sur des sujets divers. Les patients ont été testés en situation passive comme s'ils regardaient la télévision. Nous avons alors remarqué que les sujets NE et déficients auditifs n'ont pas les mêmes stratégies. Même si la zone principale d'intérêt est le visage dans les deux populations, nous remarquons que les sujets NE peuvent se permettre de regarder des détails qui n'ont pas d'impact sur la compréhension du contenu de la vidéo tels que les logos. Les sujets déficients auditifs passent, quant à eux, davantage de temps à regarder les aspects non verbaux tels que les mimiques et la gestuelle. Ces éléments leur permettent d'accéder à une meilleure compréhension que l'information auditive seule.

**L'hypothèse 3b est donc validée.**

Les personnes déficientes auditives observent, quant à elles, plus les sous-titres que les sujets contrôles. Ils tentent par ce biais de compléter l'information auditive lacunaire. Les sujets contrôles, eux, comprennent le contenu de la vidéo en se fiant à l'information auditive et n'ont pas besoin des sous-titres pour comprendre. Cependant, nous ne pouvons pas assurer que dans les vidéos écologiques les sujets déficients auditifs fixent principalement les yeux et la bouche. En effet, la petite taille de la vidéo, n'a pas permis de définir plusieurs AOI sur le visage des personnes. Ce que nous pouvons néanmoins affirmer, c'est que les sujets déficients auditifs, regardent davantage la bouche et les yeux. Le traducteur LSF n'est regardé ni par les sujets déficients auditifs ni par les sujets NE.

**L'hypothèse 3c est donc partiellement vérifiée.**

Lors des épreuves orthophoniques, l'AOI la plus longtemps regardée par les deux groupes de population est la bouche dans les deux modalités. Néanmoins, les sujets candidats à l'IC regardent plus longtemps la zone bouche en modalité audiovisuelle que les NE.

**L'hypothèse 3d est donc validée.**

Au préalable de la passation, tous les participants ont rempli le questionnaire BDI. Ce questionnaire à choix multiples vise à mettre en évidence une éventuelle dépression. En comparant les scores obtenus à la BDI et les performances en lecture labiale, nous avons pu établir que plus le score de dépression est élevé plus les performances en lecture labiale sont faible.

**L'hypothèse 4 est donc validée.**

Nous n'avons pas mis en évidence de corrélation entre le niveau de dépression et l'âge. Dans nos deux groupes de sujets, le niveau de dépression n'augmente pas avec l'âge.

## II] Limites de l'étude

### A- Limites liées à nos échantillons de population

Nous avons constitué pour cette étude le plus large échantillon de sujets possible pour le groupe des NE afin de pouvoir procéder à un appariement avec les sujets candidats à l'implantation cochléaire. Nous n'avons pu intégrer que 18 sujets candidats à l'implantation cochléaire. Nous aurions espéré pouvoir intégrer plus de sujets pour pouvoir tirer des conclusions sur un échantillon plus important. Nous avons recruté les patients déficients auditifs dans le service du Dr Poncet-Wallet. Nous étions donc dépendantes des demandes d'implantation cochléaires. Il a parfois été difficile d'apparier précisément les sujets en âge surtout pour la tranche des plus de 80 ans ainsi qu'en catégorie socio-professionnelle. Dans notre groupe de sujets contrôles, les sujets les plus âgés avaient 79 ans alors que pour les sujets déficients auditifs le plus âgé avait 82 ans.

### B- Limites liées à l'eye-tracking

Les données que nous avons pu recueillir au moyen de l'eye-tracking ont été moins précises que nous l'attendions. En effet, l'idéal aurait été d'avoir des AOI supplémentaires.

Notamment, nous souhaitions avoir des zones pour les yeux, le nez et la bouche concernant les vidéos écologiques. Or, seul le visage entier a pu être analysé car la taille des vidéos était trop petite et les sujets bougent légèrement, rendant impossible la constitution d'AOI fiables sur la durée de la vidéo. De même, pour les vidéos de mots, de syllabes et de phrases, il aurait été intéressant d'avoir une zone pour le nez.

Par ailleurs, nous avons rencontré des difficultés liées à l'enregistrement des données. Cela a concerné les sujets ayant des troubles visuels (strabisme) et des corrections visuelles (verres trop épais), des sujets qui plissaient les yeux en se concentrant sur l'exercice ou encore ceux qui ont beaucoup cligné des yeux. Il a été difficile pour les participants de maintenir une position droite face à la tablette sans bouger pendant 55 minutes. Pour ces sujets, le problème a concerné la calibration de l'eye-tracking et il a donc était impossible d'enregistrer les mouvements oculaires. Beaucoup de données recueillies n'ont donc pas pu être traitées.

### C- Effet d'apprentissage de la lecture labiale

Nous avons remarqué un effet d'apprentissage concernant les listes de syllabes de type CV et VCV en partie lié à la familiarisation avec nos mouvements articulatoires. Les participants nous ont également fait part de leurs ressentis : ils avaient l'impression de progresser au cours de la passation. Cet effet a été contrebalancé par le fait que la moitié des sujets a passé d'abord la 3D et l'autre moitié d'abord la 2D.

## III] Perspectives

Il serait pertinent, dans une recherche future, de s'intéresser à l'évolution des stratégies visuelles des sujets candidats à l'implantation cochléaire après leur implantation. Il serait intéressant d'étudier l'évolution des stratégies de compréhension du langage et de voir si ces stratégies se rapprochent du comportement des NE. De plus, exploiter les matrices de confusion des phonèmes chez les sujets candidats à l'IC ainsi que chez les sujets normo-entendants permettrait de savoir, d'une part, si les confusions phonétiques sont les mêmes entre la 2D et la 3D. D'autre part, nous pourrions savoir s'il existe des différences de confusions phonétiques entre les NE et les déficients auditifs.

# CONCLUSION

Notre étude a visé à étudier, au moyen de la technologie de l'eye-tracking, les stratégies de compréhension du langage des sujets normo-entendants et des candidats à l'implantation cochléaire.

Nous avons observé que les scores aux épreuves orthophoniques sont meilleurs avec l'orthophoniste réelle (3D) que face à une vidéo (2D). La passation avec une orthophoniste réelle est plus vivante que face à une machine. Cela met en évidence l'aspect motivationnel qui contribue aux bonnes performances aux tests. Comparer les confusions phonétiques entre la 2D et la 3D permettrait de connaître les différences de perception entre ces deux modalités. Ainsi, nous pourrions savoir si seul l'aspect motivationnel rentre en jeu ou s'il existe de réelles différences de perception des phonèmes. Il pourrait être également envisagé de comparer les confusions phonétiques des sujets déficients auditifs et des normo-entendants.

Nous avons pu établir que les performances en lecture labiale sont liées à de multiples facteurs, notamment au niveau de dépression. Plus un sujet est déprimé, plus ses scores en lecture labiale sont faibles. Les sujets déficients auditifs utilisent les informations visuelles pour tenter de pallier leurs capacités auditives défaillantes. L'information auditive, même lacunaire, leur permet d'accéder à une meilleure compréhension qu'en lecture labiale seule. En comparant les scores en lecture labiale des deux populations, nous avons démontré des compétences similaires entre les sujets normo-entendants et les déficients auditifs.

L'analyse des résultats obtenus via l'eye-tracking a permis de démontrer que les stratégies visuelles de compréhension du langage sont différentes dans les deux groupes de population lors des tests orthophoniques. Les participants regardent surtout la bouche, un peu moins les yeux et presque pas le cou. La compréhension du langage est donc pour tous un processus audiovisuel et donc multi-sensoriel. Le visage droit est plus fixé que le visage gauche. Il existe des différences entre les deux groupes portant sur le nombre de fixations qui est plus important chez les sujets déficients auditifs que chez les NE. La durée de fixations de la bouche en modalité audiovisuelle est plus longue chez les sujets candidats à l'IC que chez les NE. De plus, les différences de comportements visuels des deux groupes varient en fonction du type d'épreuve. Lors des épreuves de phrases, la durée de fixation de la bouche est inférieure à celle observée lors des autres épreuves pour les deux groupes de population dans les deux modalités.

De plus, lors du visionnage de vidéos où les participants étaient passifs, les comportements visuels sont également différents. La zone la plus fixée pour les normo-entendants est le

visage alors que pour les sujets déficients auditifs, il s'agit des sous-titres. Les sujets déficients auditifs, à la recherche d'informations permettant de compléter l'audition lacunaire, regardent plus les AOI vecteurs de sens (sous-titrages, mimiques, gestuelle). Les sujets contrôles, quant à eux, fixent plus que les sujets candidats à l'implant cochléaire les zones ne contribuant pas à la compréhension de la vidéo.

Il serait intéressant d'étudier l'évolution des stratégies visuelles de compréhension du langage à différentes périodes après l'implantation (3 mois, 6 mois) pour voir si ces stratégies deviennent les mêmes que celles des normo-entendants.

# BIBLIOGRAPHIE


**[1]** Alais, D., et Burr, D. (2004). The ventriloquist effect results from near-optimal bimodal integration. *Current Biology*, *14*, 257–262.

**[2]** Avan, P. (2005). Conséquence de la déficience auditive et réhabilitation. *Connaissances des surdités,* (12), 11–14.

**[3]** Ayache, D., et Bonfils, P. (2009). *ORL.* (5ème édition). Paris: Med-line éditions.

**[4]** Bajeux, A. (2006). *Mesure des effets de l'apprentissage de la lecture labiale chez des adultes devenus sourds: étude comparative*. Mémoire pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste de l'Université de Paris.

**[5]** Bernstein L.E., Auer E.T., Tucker P.E. (2001). Enhanced speechreading in deaf adults: can short-term training/practice close the gap for hearing adults?. *Journal of speech language and hearing research*, 44(1):5-18.

**[6]** Bettencourt Meyers, F., et Frachet, B. (2014a). *Ne faites plus la sourde oreille!* (IFIC).

**[7]** Bettencourt Meyers, F., et Frachet, B. (2014b). *Ensemble prêtons l'oreille* (IFIC).

**[8]** Biederman. I, et Gerhardstein, PC. (1993). Recognizing depth-rotated objects: evidence and conditions for three-dimensional viewpoint invariance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *19*(6), 1162-1182

**[9]** Bindemann, M., Scheepers, C., et Burton, A.M. (2009). Viewpoint and center of gravity affect eye movements to human faces. *Journal of vision*, *9*(2), 1–16.

**[10]** Blank, H., Anwander, A., et Von Kriegstein, K. (2011). Direct structural connections between voice- and face-recognition areas. *Journal of cognitive neuroscience*, *31*(36), 12906–12915.

**[11]** Borel, S. (2013). *Surdité et santé mentale : Communiquer au coeur du soin*. 257–262. Cahiers de Saint-Anne (Broché).

**[12]** Brin-Henry, F., Courrier, C., Lederlé, E., et al. (2004). *Dictionnaire d'orthophonie.* Isbergues: Ortho édition.

**[13]** Calbour C., et Dumont A. (2002). *Voir la parole: lecture labiale, perception audiovisuelle de la parole.* Paris: Masson.

**[14]** Calvert, G.A., Bullmore, E.T., Brammer, M.J. et al. (1997). Activation of auditory cortex during silent lipreading, *276*(5312), 593–596.

**[15]** Chelnokova, O., et Laeng, B. (2011). Three-dimensional information in face recognition: an eye-tracking study. *Journal of vision*, *11*(13):27.

**[16]** Cousin-Boschetti, S., et De Laubier, E. (2008). *Lecture labiale et audiovision avant et après implantation cochléaire chez des adultes devenus sourds*. Mémoire pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste de l'Université de Paris.

**[17]** Deggouj, N. (2005). L'intégration audio-visuelle. *Connaissances des surdités,* (11), 6–8.

**[18]** Dekle, D.J., Fowler, C.A., et Funnell, M.G. (1992). Audiovisual integration in perception of real words. *International journal of audiology*, *51*(4), 355–362.

**[19]** Djourno, A., Eyries, Ch., et Vallancien, B. (1957). Premiers essais d'exicitation électrique du nerf auditif chez l'homme par micro-appareils inclus à demeure. Bull. Académie nationale de Médecine, Paris.

**[20]** Doucet, M.E., Bergeron, F., Lassonde, M., et al. (2006). Cross-modal reorganization and speech perception in cochlear implant users. *Brain*, 129(Pt12), 3376-83.

**[21]** Dumont, A. (2004). Orthophonie et implant cochléaire: une rencontre en forme de défis. *Rééducation orthophonique*, 217, 9-12.

**[22]** Dumont, A. (2008). *Orthophonie et surdité: communiquer, comprendre, parler.* Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson.

**[23]** Feld, J.E., et Sommers, M.S. (2009). Lipreading, processing speed, and working memory in younger and older adults. *Journal of speech, language, and hearing research,* 52(6), 1555-1565.

**[24]** Finney, E.M., Fine, I., et Dobkins, K.R. (2001). Visual stimuli activate auditory cortex in the deaf. *Nature Neuroscience*, *4*(12), 1171–1173.

**[25]** Fournier J.E., Saussus R., et Herman N. (1949). *Cours complet de lecture labiale : à l'usage des sourds de naissance, des sourds acquis et des durs d'oreille.* Paris : N. Maloine ; Bruxelles : Vanderlinden ; Montréal : Wilson et Lafleur ; Lausanne : F. Rouge.

**[26]** Freund, N. (2011). *Labiokids: Développement d'un matériel d'entraînement à la lecture labiale pour enfants sourds âgés de huit à douze ans*. Mémoire présenté dans le cadre de l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste de l'Université de Nancy.

**[27]** Garric, J. (2011). *Lecture labiale et conservation de la parole - Pédagogie et méthode.* Les Essarts-le-Roi: éditions du Fox.

**[28]** Giraud, A.L., Price, C.J., Graham, J.M., et al. (2001). Cross-Modal Plasticity Underpins Language Recovery after Cochlear Implantation. *Neuron*, *30*(3), 657–664.

**[29]** Giraud, A.L., Gnansia, D., Lazard, D. S. (2012). Understanding the deafened brain: implications for cochlear implant rehabilitation. *European annals of otorhinolaryngology, head and neck diseases*, *129*(2), 98-103.

**[30]** Grosbois, J., et Le Pellec, M. (2004). *Surdités, Acouphènes et troubles de l'audition.* (Vol. Tome1: Maladies et traitements). Québec: Option Santé.

**[31]** Haroutunian, D. *Manuel pratique de lecture labiale.* (2007). (2ème édition). Marseille: Solal.

**[32]** Haute autorité de santé. (2012). Rapport: Traitement de la surdité par implants cochléaires ou du tronc cérébral

**[33]** Hay-McCutcheon, M.J., Pisoni, D.B., et Kirk, K.l. (2005). Audiovisual speech perception in elderly cochlear implant recipients. *Laryngoscope*, *115*(10), 1887–1894.

**[34]** Helfer, K.S., et Vargo, M. (2009). Speech recognition and temporal processing in middle-aged women. *J Am Acad Audiol.*, *20*(4), 264–271.

**[35]** Huyse, A., Berthommier, F., et Leybaert, J. (2013). Degradation of labial information modifies audiovisual speech perception in cochlear-implanted children. *Ear Hear*, *34*(1), 110–121.

**[36]** Irwin, J.R., et Brancazio L. (2014). Seeing to hear? Patterns of gaze to speaking faces in children with autism spectrum disorders. *Frontiers in Psychology*, 5: 397

**[37]** Istria, M., Nicolas-Jeantoux, C., et Tamboise, J. (1982). *Manuel de lecture labiale. Exercices d'entraînement.* Paris: Masson

**[38]** Kim, S., Lombardino, L.J., Cowles, W., et al. (2014). Investigating graph comprehension in students with dyslexia: an eye tracking study. *Research in Developmental Disabilities*, *35*(7), 1609–1622.

**[39]** Lander, K., et Davies, R. (2008). Does face familiarity influence speechreadability ? *Q J Exp Psychol*, *61*(7), 961–967.

**[40]** Landry, S., Bacon, B.A., Leybaert, J., et al. (2012). Audiovisual segregation in cochlear implant users. *PLoS One*, *7*(3), 1–7.

**[41]** Landry, S.P., Guillemot, J.P., et Champoux, F. (2013). Temporary deafness can impair multisensory integration: a study of cochlear-implant users. *Psychological Science*, 24(7), 1260-1268.

**[42]** Lavrut, M., et Noiret, A. (2013). *Facteurs prédictifs pour l'acquisition d'une lecture labiale fonctionnelle chez l'adulte sourd.* Mémoire pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste de l'Université de Paris.

**[43]** Lewkowicz, D.J., et Hansen-Tift, A.M. (2012). Infants deploy selective attention to the mouth of a talking face when learning speech. *Psychological and Cognitive Sciences*, *109*(5), 1431–1436.

**[44]** McGurk, H., et MacDonald, J. (1976). Hearing lips and seeing voices. *Nature*, *264*(5588), 746 – 748.

**[45]** Miller, G.A., et Nicely, P.E. (1955). An analysis of perceptual confusions among some English consonants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *27*(2), 338.

**[46]** Morgon, A. (1998). *Suppléance instrumentale de la surdité.* (Vol. Tome 2: les aides auditives). Paris: Société française d'oto-rhino-laryngologie et de pathologie cervico-faciale., pages ?

**[47]** Pelloux, M. (2013, Avril). L'implant cochléaire. *6 millions de malentendants,* (9), 8–13,

**[48]** Petithomme, A. (2012). *Etude preliminaire utilisant l'eye-tracking pour l'evaluation orthophonique des adultes implantes cochleaires.* Mémoire pour l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste de l'Université de Paris.

**[49]** Pick, H., Warren D, et Hay JC. (1969). Sensory conflict in judgments of spatial direction. *Perception and psychophysics*, *6*(4), 203–205.

**[50]** Plass, J., Guzman-Martinez, E., Ortega, L., et al. (2014). Lip reading without awareness. *25*(9), 1833–1857.

**[51]** Poggio, T., et Edelman, S. (1990). A network that learns to recognize three-dimensional objects. *Nature*, *343*(6255), 263-266.

**[52]** Radeau, M., et Colin, C. (2003). Les illusions McGurk dans la parole : 25 ans de recherches. *103*(103-3), 497-542.

**[53]** Remacle, M., et Dulguerov, P. (2005). *Précis d'audiophonologie et de déglutition.* (Vol. Tome 1: l'oreille et les voies de l'audition). Marseille: Solal.

**[54]** Rettenbach, R., Diller, G., et Sireteanu, R. (1999). Do Deaf People See Better? *Journal of cognitive neuroscience*, *10*(11), 1–15.

**[55]** Rosenblum, L.D., Schmuckler, M.A., et Johnson, J.A. (1997). The McGurk Effect in Infants. *Perception & Psychophysics*, *59*(3), 347–357.

**[56]** Rouger. J, Fraysse, B., Deguine O, et al. (2008). McGurk effects in cochlear-implanted deaf subjects. *Brain Res*, 87–99.

**[57]** Sekiyama, K., Soshi, T., et Sakamoto, S. (2014). Enhanced audiovisual integration with aging in speech perception: a heightened McGurk effect in older adults. *Frontiers in Psycho*logy, 5: 323.

**[58]** Sommers, M.S., Tye-Murray, N., et Spehar, B. (2005). Auditory-visual speech perception and auditory-visual enhancement in normal hearing younger and older adults. *Ear Hear*, *26*(3), 263–275.

**[59]** Sudman, J.A., et Berger, K.W. (1971). Two-dimension vs. three-dimension viewing in

speechreading. *Journal of communication disorders*, 4(3), 195–198.

**[60]** Vatikiotis-Bateson, E., Eigsti, I.M., Yano, S., et al. (1998). Eye movement of perceivers during audiovisual speech perception. *Perception and psychophysics*, *60*(6), 926–940.

**[61]** Vishwanath, D., et Kowler, E. (2004). Saccadic localization in the presence of cues to three-dimensional shape. *Journal of vision*, *4*(6), 445–458.

**[62]** Wendt, D., Brand, T., et Kollmeier, B. (2014). An eye tracking paradigm for analysing the processing time of sentences with different linguistic complexity. *PLoS One.*, *9*(6), 1–26.

**ANNEXES**

**Annexes A** : Lettre de consentement

**Annexes B** : Échelle BDI

**Annexes C** : Plan de passation

**Annexes D** : Consignes écrites

**Annexes E** : Exemples de listes utilisées lors des tests

**Annexes F** : Tableau de fréquence des mots et des phonèmes utilisés pour les listes

**Annexes G** : Courbes de l'audition en fonction de l'âge

**Annexes A**

**LETTRE DE CONSENTEMENT**

Madame, Monsieur,

Actuellement étudiantes en dernière année d'Orthophonie à l'Universitaire Pierre et Marie Curie (Paris VI), nous réalisons notre mémoire de fin d'études sur la différence de nature des indices visuels utilisés par des adultes normo-entendants et déficients auditifs lors de la compréhension de la parole soit en face-à-face soit sur un écran tablette.

Ce projet de recherche est encadré par Madame Emilie ERNST, Orthophoniste au sein du centre référent d'implants cochléaire du Professeur FRACHET à l'Hôpital ROTHSCHILD, Paris 12ème.

L'objectif principal de ce projet de recherche est de déterminer quels sont les indices visuels utilisés par les sujets lors du visionnage de courtes vidéos (sur tablette).
L'objectif secondaire de ce protocole est de déterminer, grâce à des épreuves de répétitions, si les personnes testées font les mêmes erreurs face à une orthophoniste « réelle » que face à une orthophoniste filmée.

Concrètement, dans un premier temps, vous devrez répéter des mots et des syllabes tels que vous aviez sans doute déjà pu le faire au cours de bilan d'orthophonie. Dans un second temps, vous visionnerez de courtes vidéos sur tablettes. Vous serez alors équipés de lunettes qui nous permettront d'enregistrer le mouvement de vos yeux. La passation durera environ 55 minutes. Cela sera réalisé au cours d'une seule séance.

Votre dossier médical restera confidentiel. Les résultats de notre étude seront analysés anonymement. Nous pourrons, si vous en faites la demande, vous informer des conclusions tirées de ce protocole. Votre participation à cette recherche est entièrement libre et volontaire. Votre décision n'entraînera aucun préjudice sur la qualité des soins et des traitements que vous êtes en droit d'attendre.

À tout moment, vous pourrez vous retirer de la recherche, sans justification. Cela n'aura pas de conséquence sur la suite de votre traitement ni sur la qualité des soins qui vous seront apportés. A l'issue de ce retrait, vous pourrez être suivi par la même équipe médicale.

Nous vous remercions de vous engager à accorder du temps et de l'énergie pour mener à bien notre projet en signant ce formulaire de consentement et en acceptant de réaliser ce protocole de recherche.

Pour plus d'informations sur cette étude, vous pouvez nous contacter via le secrétariat du CRIC : 0140193661 implant.cochléaire@rth-aphp.fr

Informé(e) du contenu et des modalités du protocole de recherche, j'accepte de participer à cette étude portant sur la comparaison des patterns d'erreurs phonétiques entre deux modalités (deux et trois dimensions).

J'accepte que mes résultats soient traités de façon anonyme et apparaissent dans le mémoire de Certificat de Capacité en Orthophonie susmentionné.

□ Je souhaite être informé des résultats à l'adresse mail suivant :

Fait à ….. Le….

Signature.

**Annexes B**

**ÉCHELLE DE BECK** (BDI : Beck Depression Inventory)

**A**

0 Je ne me sens pas triste

1 Je me sens cafardeux ou triste

2 Je me sens tout le temps cafardeux ou triste et je n'arrive pas à en sortir

3 Je suis si triste et si malheureux que je ne peux pas le supporter

**B**

0 Je ne suis pas particulièrement découragé ni pessimiste au sujet de l'avenir

1 J'ai un sentiment de découragement au sujet de l'avenir

2 Pour mon avenir, je n'ai aucun motif d'espérer

3 Je sens qu'il n'y a aucun espoir pour mon avenir et que la situation ne peut s'améliorer

**C**

0 Je n'ai aucun sentiment d'échec de ma vie

1 J'ai l'impression que j'ai échoué dans ma vie plus que la plupart des gens

2 Quand je regarde ma vie passée, tout ce que j'y découvre n'est qu'échecs

3 J'ai un sentiment d'échec complet dans toute ma vie personnelle (dans mes relations avec mes parents, mon mari, ma femme, mes enfants)

**D**

0 Je ne me sens pas particulièrement insatisfait

1 Je ne sais pas profiter agréablement des circonstances

2 Je ne tire plus aucune satisfaction de quoi que ce soit

3 Je suis mécontent de tout

**E**

0 Je ne me sens pas coupable

1 Je me sens mauvais ou indigne une bonne partie du temps

2 Je me sens coupable

3 Je me juge très mauvais et j'ai l'impression que je ne vaux rien

**F**

0 Je ne suis pas déçu par moi-même

1 Je suis déçu par moi-même

2 Je me dégoûte moi-même

3 Je me hais

**G**

0 Je ne pense pas à me faire du mal

1 Je pense que la mort me libérerait

2 J'ai des plans précis pour me suicider

3 Si je le pouvais, je me tuerais

**H**

0 Je n'ai pas perdu l'intérêt pour les autres gens

1 Maintenant, je m'intéresse moins aux autres gens qu'autrefois

2 J'ai perdu tout l'intérêt que je portais aux autres gens et j'ai peu de sentiments pour eux

3 J'ai perdu tout intérêt pour les autres et ils m'indiffèrent totalement

**I**

0 Je suis capable de me décider aussi facilement que de coutume

1 J'essaie de ne pas avoir à prendre de décision

2 J'ai de grandes difficultés à prendre des décisions

3 Je ne suis plus capable de prendre la moindre décision

**J**

0 Je n'ai pas le sentiment d'être plus laid qu'avant

1 J'ai peur de paraître vieux ou disgracieux

2 J'ai l'impression qu'il y a un changement permanent dans mon apparence physique qui me fait paraître disgracieux

3 J'ai l'impression d'être laid et repoussant

**K**

0 Je travaille aussi facilement qu'auparavant

1 Il me faut faire un effort supplémentaire pour commencer à faire quelque chose

2 Il faut que je fasse un très grand effort pour faire quoi que ce soit

3 Je suis incapable de faire le moindre travail

**L**

0 Je ne suis pas plus fatigué que d'habitude

1 Je suis fatigué plus facilement que d'habitude

2 Faire quoi que ce soit me fatigue

3 Je suis incapable de faire le moindre travail

**M**

0 Mon appétit est toujours aussi bon

1 Mon appétit n'est pas aussi bon que d'habitude

2 Mon appétit est beaucoup moins bon maintenant

3 Je n'ai plus du tout d'appétit

Résultats :

Le score varie de 0 à 39.

0 à 3 : pas de dépression

4 à 7 : dépression légère

8 à 15 : dépression d'intensité moyenne à modérée

16 et plus : dépression sévère

Références : Dépression et syndromes anxio-dépressifs : J.D.Guelfi et Coll, Ardix Médical. Evaluation clinique et psychométrique des états dépressifs : J.Cottraux, Collection Scientifique Survector, 1985.

**Annexes C**

**PLAN DE PASSATION**

*La moitié des sujets a commencé par la modalité 2D (groupe A). L'autre moitié a commencé par la modalité 3D (groupe B).*

**Groupe A**

I) Modalité 2D

1. Calibration de l'eye-trackeur
2. Réglage du volume sonore de la tablette à un niveau confortable pour le sujet
3. Visionnage de la vidéo « arthrose »
4. Visionnage de la liste de mots de Lafon en lecture labiale seule
5. Calibration de l'eye-trackeur
6. Visionnage de la liste de syllabes VCV en lecture labiale seule
7. Visionnage de la vidéo « dialogue cabane »
8. Calibration de l'eye-trackeur
9. Visionnage de la liste de syllabes CV en lecture labiale seule
10. Visionnage de la liste de phrases interrogatives en lecture labiale seule
11. Visionnage de la vidéo « discours J. Chirac »
12. Calibration de l'eye-trackeur
13. Visionnage de la liste de mots de Lafon en lecture labiale et audition
14. Visionnage de la liste de syllabes VCV en lecture labiale et audition
15. Calibration de l'eye-trackeur
16. Visionnage de la vidéo « discours N. Sarkozy »
17. Visionnage de la liste de syllabes CV en lecture labiale et audition
18. Calibration de l'eye-trackeur
19. Visionnage de la liste de phrases interrogatives en lecture labiale et audition
20. Visionnage de la vidéo « café »

II) Modalité 3D

1. Liste de syllabes VCV face à face en lecture labiale seule
2. Liste de syllabes CV face à face en lecture labiale seule

**Groupe B**

I) Modalité 3D

1. Liste de syllabes VCV face à face en lecture labiale seule
2. Liste de syllabes CV face à face en lecture labiale seule

II) Modalité 2D

1. Calibration de l'eye-trackeur
2. Réglage du volume sonore de la tablette à un niveau confortable pour le sujet
3. Visionnage de la vidéo « arthrose »
4. Visionnage de la liste de mots de Lafon en lecture labiale seule
5. Calibration de l'eye-trackeur
6. Visionnage de la liste de syllabes VCV en lecture labiale seule
7. Visionnage de la vidéo « dialogue cabane »
8. Calibration de l'eye-trackeur
9. Visionnage de la liste de syllabes CV en lecture labiale seule
10. Visionnage de la liste de phrases interrogatives en lecture labiale seule
11. Visionnage de la vidéo « discours J. Chirac »
12. Calibration de l'eye-trackeur
13. Visionnage de la liste de mots de Lafon en lecture labiale et audition
14. Visionnage de la liste de syllabes VCV en lecture labiale et audition
15. Calibration de l'eye-trackeur
16. Visionnage de la vidéo « discours N. Sarkozy »
17. Visionnage de la liste de syllabes CV en lecture labiale et audition
18. Calibration de l'eye-trackeur
19. Visionnage de la liste de phrases interrogatives en lecture labiale et audition
20. Visionnage de la vidéo « café »

**Annexes D**

**CONSIGNES ÉCRITES**

**BDI**

Ce questionnaire comporte 13 séries de quatre propositions. Pour chaque série, lisez les quatre propositions, puis choisissez celle qui décrit le mieux votre état actuel de ces deux dernières semaines. Entourez le numéro qui correspond

Modalité : Face-à-face

Lecture labiale seule

1. **Présentation de consigne « syllabes type CV »**

Je vais vous dire **une série de syllabes de 2 sons dont le premier est un « b ».** Vous devrez les répéter après moi, en répétant tout ce que vous avez compris.
Attention, vous n'entendrez pas ma voix et vous devrez **lire sur mes lèvres** pour reconnaître les syllabes.
**Chaque syllabe ne sera prononcée qu'une seule fois** et vous aurez environ 5 secondes pour la répéter. Vous devrez choisir parmi les syllabes suivantes (toutes les syllabes possibles sont inscrites). Chaque syllabe sera prononcée plusieurs fois.

2. **Présentation de consigne « syllabes type VCV »**

Je vais vous dire **une série de syllabes de 3 sons dont le premier et le dernier est un « a ».** Vous devrez les répéter après moi, en répétant tout ce que vous avez compris.
Attention, vous n'entendrez pas ma voix et vous devrez **lire sur mes lèvres** pour reconnaître les syllabes.
**Chaque syllabe ne sera prononcée qu'une seule fois** et vous aurez environ 5 secondes pour la répéter. Vous devrez choisir parmi les syllabes suivantes (toutes les syllabes possibles sont inscrites). Chaque syllabe sera prononcée plusieurs fois.

Modalité: Tablette

1. **Présentation**

Je viens de vous équiper de lunettes avec une caméra qui enregistre le mouvement de votre œil. **Merci de ne pas y toucher car elles sont fragiles**. Installez-vous **confortablement**. Merci de ne pas interrompre le test **pendant** une vidéo.

2. **Calibration de l'eye-trackeur**

Merci de **regarder le point qui se déplace** sur l'écran. Déplacez **seulement vos yeux**. Ne bougez **pas toute la tête**.

3. **Visionnage des vidéos arthrose, dialogue cabane, discours J. Chirac, discours N. Sarkozy et café**

Merci de regarder cette vidéo de 30 secondes.

Lecture labiale seule

1. **Présentation de consigne « mots de Lafon »**

Je vais vous dire une série de **mots** que vous devrez répéter après moi.
Vous devrez répéter tout ce que vous avez compris, même si vous ne reconnaissez que des petits sons et pas le mot exact.
Attention, **vous n'entendrez pas ma voix** et vous devrez lire sur mes lèvres pour reconnaître les syllabes.
**Je ne peux pas répéter** et vous aurez environ 5 secondes pour dire ce que vous avez compris.

2. **Présentation de consigne « syllabes type CV »**

Je vais vous dire **une série de syllabes de 2 sons dont le premier est un « b ».**
Vous devrez les répéter après moi, en répétant tout ce que vous avez compris.
Attention, **vous n'entendrez pas ma voix** et vous devrez lire sur mes lèvres pour reconnaître les syllabes.
**Je ne peux pas répéter** et vous aurez environ 5 secondes pour dire ce que vous avez compris.

3. **Présentation de consigne « syllabes type VCV »**

Je vais vous dire **une série de syllabes de 3 sons dont le premier et le dernier est un « a ».** Vous devrez les répéter après moi, en répétant tout ce que vous avez compris.
Attention, **vous n'entendrez pas ma voix** et vous devrez lire sur mes lèvres pour reconnaître les syllabes.
**Je ne peux pas répéter** et vous aurez environ 5 secondes pour dire ce que vous avez compris.

4. **Présentation de consigne « phrases interrogatives »**

Je vais vous poser **une série de questions** et vous devrez me répondre par rapport à votre expérience, vos goûts… par une réponse courte.
Ex : Question : **Quel est votre nom ?**

Réponse : **……**

Attention, vous n'entendrez pas ma voix et vous devrez **lire sur mes lèvres** pour comprendre les questions.

**Je ne peux pas répéter** et vous aurez environ 25 secondes pour répondre après chaque question.

Lecture labiale + audition

1. **Présentation de consigne « mots de Lafon »**

Je vais vous dire une série de **mots** que vous devrez répéter après moi.

Vous devrez répéter tout ce que vous avez compris, même si vous ne reconnaissez que des petits sons et pas le mot exact.

Vous entendrez ma voix.

**Je ne peux pas répéter** et vous aurez environ 5 secondes pour dire ce que vous avez compris.

2. **Présentation de consigne « syllabes type CV »**

Je vais vous dire **une série de syllabes de 2 sons dont le premier est un « b ».**

Vous devrez les répéter après moi, en répétant tout ce que vous avez compris.

Vous entendrez ma voix.

**Je ne peux pas répéter** et vous aurez environ 5 secondes pour dire ce que vous avez compris.

3. **Présentation de consigne « syllabes type VCV »**

Je vais vous dire **une série de syllabes de 3 sons dont le premier et le dernier est un « a ».** Vous devrez les répéter après moi, en répétant tout ce que vous avez compris.

Vous entendrez ma voix.

**Je ne peux pas répéter** et vous aurez environ 5 secondes pour dire ce que vous avez compris.

4. **Présentation de consigne « phrases interrogatives »**

Je vais vous poser **une série de questions** et vous devrez me répondre par rapport à votre expérience, vos goûts… par une réponse courte.

Ex : Question : **Quel est votre nom ?**

Réponse : **……**

Vous allez entendre ma voix.

**Je ne peux pas répéter** et vous aurez environ 25 secondes pour répondre après chaque question.

**Annexes E**

**LISTES DE MOTS UTILISÉES LORS DES TESTS**

Établissement de listes de mots à partir des listes cochléaires de Lafon.

| **Mots Liste 1** | **Nombre de phonèmes correctement répétés** | **Nombre de mots correctement répétés** | **Énoncé produit par le patient** |
|---|---|---|---|
| Buée [bɥe] | /3 | | |
| Croc [kro] | /3 | | |
| Dalle [dal] | /3 | | |
| Faille [faj] | /3 | | |
| Grain [grɛ̃] | /3 | | |
| Longe [lɔ̃ʒ] | /3 | | |
| Louche [luʃ] | /3 | | |
| Molle [mɔl] | /3 | | |
| Pente [pɑ̃t] | /3 | | |
| Peur [pœr] | /3 | | |
| Tôle [tol] | /3 | | |
| Rogne [rɔɲ] | /3 | | |
| Ruse [ryz] | /3 | | |
| Saine [sɛn] | /3 | | |
| Tige [tiʒ] | /3 | | |
| Veule [vøl] | /3 | | |
| Voix [vwa] | /3 | | |
| | /51<br>% | /17<br>% | |

| **Mots Liste 2** | **Nombre de phonèmes correctement répétés** | **Nombre de mots correctement répétés** | **Énoncé produit par le patient** |
|---|---|---|---|
| Bouée [bwe] | /3 | | |
| Brin [brɛ̃] | /3 | | |
| Cor [kɔr] | /3 | | |
| Fauve [fov] | /3 | | |
| Gave [gav] | /3 | | |
| Mouche [muʃ] | /3 | | |
| Nage [naʒ] | /3 | | |
| Nier [nje] | /3 | | |
| Preux [prø] | /3 | | |
| Puce [pys] | /3 | | |
| Ride [rid] | /3 | | |
| Saigne [sɛɲ] | /3 | | |
| Seul [sœl] | /3 | | |
| Suer [sɥe] | /3 | | |
| Tempe [tɑ̃p] | /3 | | |
| Tronc [trɔ̃] | /3 | | |
| Vase [vaz] | /3 | | |
| | /51 % | /17 % | |

**EXEMPLE DE LISTE DE TYPE VCV**

| Syllabes VCV Listes 6-3-9 | Nombre de consonnes correctement produits | Énoncés produits par le sujet | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| apa | /1 | | aɲa | /1 | |
| asa | /1 | | aka | /1 | |
| ava | /1 | | aza | /1 | |
| aʁa | /1 | | aga | /1 | |
| ala | /1 | | ana | /1 | |
| aka | /1 | | aba | /1 | |
| afa | /1 | | ava | /1 | |
| ada | /1 | | apa | /1 | |
| aba | /1 | | aza | /1 | |
| ama | /1 | | aʃa | /1 | |
| aʃa | /1 | | aʁa | /1 | |
| aga | /1 | | aka | /1 | |
| aɲa | /1 | | asa | /1 | |
| ata | /1 | | ata | /1 | |
| aza | /1 | | aɲa | /1 | |
| ana | /1 | | afa | /1 | |
| aʒa | /1 | | ala | /1 | |
| aʁa | /1 | | aʒa | /1 | |
| aba | /1 | | ada | /1 | |
| ada | /1 | | ama | /1 | |
| ata | /1 | | | /51 % | |
| afa | /1 | | | | |
| apa | /1 | | | | |
| aʒa | /1 | | | | |
| ama | /1 | | | | |
| ana | /1 | | | | |
| ala | /1 | | | | |
| ava | /1 | | | | |
| aga | /1 | | | | |
| asa | /1 | | | | |
| aʃa | /1 | | | | |

**EXEMPLE DE LISTE DE TYPE CV**

| Syllabes CV Listes 8-1-5 | Nombres de voyelles correctement produits | Énoncé produit par le sujet | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| bi | /1 | | be | /1 | |
| bɛ̃ | /1 | | bɛ | /1 | |
| bu | /1 | | bœ | /1 | |
| bœ | /1 | | bu | /1 | |
| bɑ̃ | /1 | | bø | /1 | |
| bɛ | /1 | | bo | /1 | |
| ba | /1 | | bɛ̃ | /1 | |
| bo | /1 | | bi | /1 | |
| by | /1 | | bɑ̃ | /1 | |
| be | /1 | | bɔ̃ | /1 | |
| bɔ̃ | /1 | | | /39 % | |
| bɔ | /1 | | | | |
| bø | /1 | | | | |
| bo | /1 | | | | |
| bœ | /1 | | | | |
| by | /1 | | | | |
| bɔ | /1 | | | | |
| bɛ | /1 | | | | |
| bø | /1 | | | | |
| bu | /1 | | | | |
| bɛ̃ | /1 | | | | |
| bɑ̃ | /1 | | | | |
| be | /1 | | | | |
| ba | /1 | | | | |
| bɔ̃ | /1 | | | | |
| bi | /1 | | | | |
| bɔ | /1 | | | | |
| by | /1 | | | | |
| ba | /1 | | | | |

**EXEMPLE DE LISTE DE PHRASES INTERROGATIVES**

| LL 1 | REPONSE APPROPRIEE | REPONSE NON APPROPRIEE |
|---|---|---|
| Question 1 : bonjour, comment ça va ? | ☐ | ☐ |
| Question 2 : quelle est votre couleur préférée ? | ☐ | ☐ |
| Question 3 : quel jour sommes-nous ? | ☐ | ☐ |
| Question 4 : comment s'appelle notre président ? | ☐ | ☐ |
| Question 5 : combien avez-vous de frère(s) et sœurs(s) ? | ☐ | ☐ |
| Question 6 : quel âge avez-vous ? | ☐ | ☐ |
| Question 7 : quel est votre animal préféré ? | ☐ | ☐ |
| Question 8 : dans quel pays vivons-nous ? | ☐ | ☐ |
| Question 9 : quelle est votre date de naissance ? | ☐ | ☐ |
| Question 10 : quelle est la capitale de l'Espagne ? | ☐ | ☐ |
| Total | | |

**Annexes F**

**TABLEAU DE FRÉQUENCE DES MOTS DE LA LISTE 1**

Source des fréquences *: www.lexique.org*

| mots | catégorie grammaticale | transcription phonétique | fréqlemfilm2 | freqlemlivre | freqfilm2 | freqlivre |
|---|---|---|---|---|---|---|
| buée | NOM | [bɥe] | 0,32 | 13,51 | 0,32 | 13,11 |
| croc | NOM | [kro] | 3,19 | 7,84 | 0,66 | 1,15 |
| dalle | NOM+ VER | [dal] | 14,62 | 33,18 | 13,54 | 14,73 |
| faille | NOM + VER | [faj] | 6,55 | 11,55 | 5,68 | 9,39 |
| grain | NOM | [grɛ̃] | 14,32 | 35,95 | 10,74 | 24,26 |
| longe | NOM + VER | [lõʒ] | 3,09 | 35,68 | 0,63 | 7,23 |
| louche | ADJ + NOM + VER | [luʃ] | 12,03 | 19,52 | 8,78 | 10,48 |
| molle | ADJ | [mɔl] | 5,37 | 34,53 | 3,92 | 22,7 |
| pente | NOM | [pɑ̃t] | 4,82 | 49,66 | 4,46 | 39,19 |
| peur | NOM | [pœr] | 557,21 | 311,69 | 551,83 | 307,23 |
| tôle | NOM | [tol] | 3.58 | 15.41 | 3.29 | 12.50 |
| rogne | VER+ NOM | [rɔɲ] | 4,07 | 5,4 | 3,75 | 2,43 |
| ruse | NOM + VER | [ryz] | 13,1 | 24,59 | 0,29 | 13,72 |
| saine | ADJ | [sɛn] | 26,63 | 18,65 | 6,97 | 6,15 |
| tige | NOM | [tiʒ] | 3,73 | 22,16 | 2,39 | 11,15 |
| veule | ADJ | [vøl] | 0,18 | 1,76 | 0,16 | 1,42 |
| voix | NOM | [vwa] | 130,83 | 612,7 | 130,83 | 612,7 |

**TABLEAU DE FREQUENCE DES PHONÈMES DE LA LISTE 1**

| voyelles | fréquence | consonnes | fréquence | semi-voyelles | fréquence |
|---|---|---|---|---|---|
| [i] | 1 | [p] | 2 | [ɥ] | 1 |
| [y] | 1 | [b] | 1 | [j] | 1 |
| [u] | 1 | [m] | 1 | [w] | 1 |
| [e] | 1 | [t] | 3 | | |
| [ɛ] | 1 | [d] | 1 | | |
| [ø] | 1 | [n] | 1 | | |
| [œ] | 1 | [k] | 1 | | |
| [ɛ̃] | 1 | [g] | 1 | | |
| [o] | 2 | [f] | 1 | | |
| [ɔ] | 2 | [v] | 2 | | |
| [ɔ̃] | 1 | [s] | 1 | | |
| [a] | 3 | [z] | 1 | | |
| [ɑ̃] | 1 | [ʃ] | 1 | | |
| | | [ʒ] | 2 | | |
| | | [l] | 6 | | |
| | | [ʁ] | 5 | | |
| | | [ɲ] | 1 | | |

**TABLEAU DE FRÉQUENCE DES MOTS DE LA LISTE 2**

Source des fréquences *: www.lexique.org*

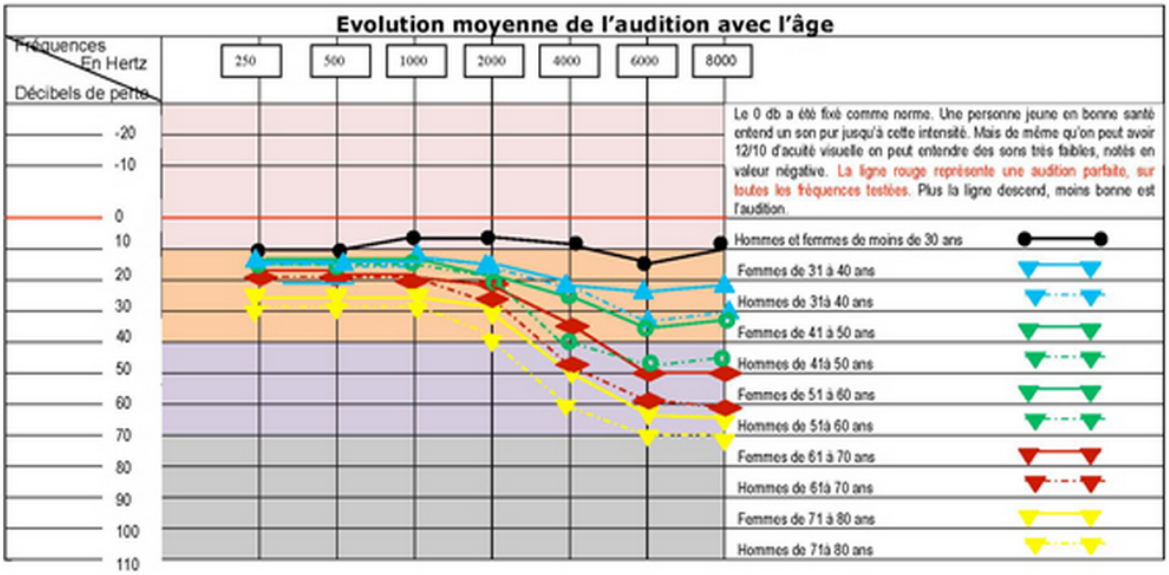
| mots | catégorie grammaticale | transcription phonétique | fréqlemfilm2 | freqlemlivre | freqfilm2 | freqlivre |
|---|---|---|---|---|---|---|
| bouée | NOM | [bwe] | 2,04 | 5,47 | 1,3 | 4,59 |
| brin | NOM | [brɛ̃] | 5.38 | 19.26 | 4.95 | 13.99 |
| cor | NOM | [kɔr] | 3,35 | 3,92 | 2,57 | 2,36 |
| fauve | ADJ+NOM | [fov] | 4,22 | 24,53 | 1,49 | 14,8 |
| gave | NOM + VER | [gav] | 4.20 | 9.86 | 1.23 | 1.42 |
| mouche | NOM + VER | [muʃ] | 27.2 | 53.44 | 16.26 | 19.8 |
| nage | NOM+ VER | [naʒ] | 35,78 | 31,96 | 10,41 | 8,58 |
| nier | VER | [nje] | 24.86 | 23.58 | 7.76 | 10.68 |
| preux | ADJ+ NOM | [prø] | 1,52 | 1,28 | 1,52 | 1,28 |
| puce | ADJ+ NOM | [pys] | 28,84 | 13,44 | 23,34 | 4,59 |
| ride | NOM + VER | [rid] | 6.26 | 28.25 | 1.86 | 3.65 |
| saigne | VER | [sɛɲ] | 34.86 | 21.82 | 14.30 | 5.34 |
| seul | ADJ+ NOM | [soel] | 993,9 | 999,34 | 521,96 | 521,96 |
| suer | VER | [sɥe] | 7.28 | 10.34 | 2.72 | 2.77 |
| tempe | NOM | [tɑ̃p] | 3.38 | 29.46 | 2.23 | 9.66 |
| tronc | NOM | [trɔ̃] | 5,81 | 36,62 | 4,84 | 20,74 |
| vase | NOM | [vaz] | 10,74 | 32,97 | 9,83 | 26,76 |

**TABLEAU DE FRÉQUENCE DES PHONÈMES DE LA LISTE 2**

| voyelles | fréquence | consonnes | fréquence | semi-voyelles | fréquence |
|---|---|---|---|---|---|
| [i] | 1 | [p] | 3 | [ɥ] | 1 |
| [y] | 1 | [b] | 2 | [j] | 1 |
| [u] | 1 | [m] | 1 | [w] | 1 |
| [e] | 3 | [t] | 2 | | |
| [ɛ] | 1 | [d] | 1 | | |
| [ø] | 1 | [n] | 2 | | |
| [œ] | 1 | [k] | 1 | | |
| [ɛ̃] | 1 | [g] | 1 | | |
| [o] | 1 | [f] | 1 | | |
| [ɔ] | 1 | [v] | 3 | | |
| [ɔ̃] | 1 | [s] | 4 | | |
| [a] | 3 | [z] | 1 | | |
| [ɑ̃] | 1 | [ʃ] | 1 | | |
| | | [ʒ] | 1 | | |
| | | [l] | 1 | | |
| | | [ʁ] | 5 | | |
| | | [ɲ] | 1 | | |

**Annexes G**

**COURBE D'AUDITION EN FONCTION DE L'ÂGE**




Ces courbes représentent les audiogrammes moyens d'hommes et de femmes de 18 à 80 ans et montrent le vieillissement normal de l'audition.

Il existe plusieurs méthodes de calcul de la perte auditive. La plus courante est de faire la moyenne des pertes sur les fréquences 500, 1000, 2000, 4000HZ.

On définit ainsi une audition normale (en rose) une surdité légère (en orange) une surdité sévère (en violet) et une surdité profonde (en gris).

Les hommes deviennent presbyacousiques en moyenne avec 10 ans « d'avance » sur les femmes.

http://www.francepresbyacousie.org/la-perte-aud

# STRATEGIES VISUELLES DE COMPREHENSION DU LANGAGE VIA L'EYE-TRACKING CHEZ LES ADULTES SOURDS AVANT IMPLANTATION COCHLEAIRE


## Résumé

Cette étude s'intéresse aux stratégies visuelles impliquées chez des adultes devenus sourds candidats à l'implant cochléaire, lors de tâches de compréhension du langage oral, que ce soit lors de tests orthophoniques présentés en face-à-face ou sur écran ou de visionnage de courtes vidéos. 18 sujets en pré-implant sont comparés à 102 sujets contrôles normo-entendants. L'enregistrement de leurs mouvements oculaires via l'eye-tracking montre que les stratégies visuelles et les performances en lecture labiale diffèrent entre les deux groupes.



Mots clés : surdité, implant cochléaire, lecture labiale, eye-tracking, stratégies visuelles



## Abstract

The purpose of this study is to identify visual strategies of deafened adults candidates for cochlear implantation during tasks of oral comprehension. We use short videos and speech and language evaluations, which are submitted in two conditions: face-to-face and on a screen.18 candidates for cochlear implantation are compared to 102 normal hearing subjects. Their gazes are recorded with the eye-tracking technology. It appears that visual strategies and lipreading skills differ between the two groups.



Keywords: deafness, cochlear implant, lipreading, eye-tracking, visual strategies.


**Nombre de pages du mémoire** : 60 + 21 pages d'annexes

**Nombre de références bibliographiques** : 62