



**Université Toulouse III – Paul Sabatier**  
**Faculté de Médecine – Toulouse Rangueil**  
**Enseignement des techniques de réadaptation**

Mémoire présenté en vue de l'obtention du  
Certificat de Capacité d'Orthophoniste

**Ajout d'un eye-tracker à une batterie d'évaluation de la  
compréhension orale, la Brief Evaluation of Receptive Aphasia  
(BERA), chez des patients en état de conscience minimale et  
émergeant de cet état**

- Adaptation et Etude de faisabilité -

Lucie MAZUÉ

Sous la direction de

Mélanie MULERO, orthophoniste en MAS et en SSR pédiatrique et chargée d'enseignement au  
CFUO de Toulouse

Didier SCHWAB, maître de conférence en informatique à l'université Grenoble- Alpes et membre  
de l'équipe GETALP au Laboratoire informatique de Grenoble

Membres du jury :

Mme Sophie POURTANEL

Dr. Stein SILVA

• Juin 2022 •

## Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à ce projet et sans qui ce mémoire n'aurait pas vu le jour.

Merci Mélanie pour m'avoir accompagnée sur près de deux ans, dans les stages comme dans la recherche. Merci pour ta confiance, tes encouragements et ton énergie à toute épreuve, pour la maîtrise de stage et l'orthophoniste que tu es, pour tes idées débordantes et inspirantes qui donnent envie de te suivre dans tant de projets ! Tu m'impressionneras toujours.

Merci Didier d'avoir accepté de faire partie de l'aventure. Sans toi, nous n'aurions pas pu faire grand-chose ! Merci pour ta bienveillance, ton écoute et tes conseils avisés.

Un grand merci à Jordan, qui n'est pas inscrit dans l'équipe du mémoire, mais qui en fait partie. Et merci Anaïs pour tous les conseils partagés depuis ton île de Beauté.

Merci Charlène pour ton aide précieuse et pour toute ta bienveillance. Toi qui as voulu faire bouger les choses, j'espère que tes projets aboutiront, mais je n'en doute pas !

Merci à tous les professionnels qui ont accepté de participer à ce mémoire, merci pour l'intérêt que vous avez porté à cette étude, pour votre investissement, votre patience et pour tous nos échanges. J'espère que ce mémoire vous aura apporté ne serait-ce qu'un peu dans votre clinique. Je remercie également les patients qui ont participé à ce projet, et tout particulièrement certains résidents de la MAS qui n'apparaissent pas dans ce mémoire, mais qui ont pourtant participé à faire naître ce projet.

Je vous remercie Laurelle et Marie d'avoir accepté de m'accompagner, même si cela n'a pas abouti. J'espère ne pas vous avoir découragées de suivre des étudiants, car vous êtes de super encadrantes !

Merci à tous mes maîtres de stage pour m'avoir transmis votre passion pour ce métier et m'avoir aidée à prendre confiance en moi.

Merci aux Nez qui se reconnaîtront. Merci pour ces cinq années à vos côtés, pour nos moments de rires, de pleurs, de musique sans oublier nos repas au QG Rue Elvire. Merci pour vos sourires, vos encouragements, votre confiance, pour m'avoir soutenue malgré mon stress habituel ... Un chapitre qui se termine et une deuxième aventure qui nous attend !

Un immense merci à mes parents pour m'avoir offert les meilleures conditions pour étudier et faire le métier que j'ai choisi. Merci à toute ma famille pour m'avoir toujours soutenue, encouragée et écoutée parler d'orthophonie alors que vous n'en pouviez plus !

Un grand grand grand merci tout particulier à mon papa. Parce que sans toi ce mémoire ne serait pas ce qu'il est... Merci pour toutes tes idées et les heures passées à relire mes énièmes versions. Merci de m'avoir poussée toujours plus loin. Tu voulais une demi-page de remerciements, je ne pourrai te donner que quatre lignes, mais quelles lignes !

Et enfin, merci à Jason de m'avoir supportée chaque jour, je sais que je n'ai pas toujours été facile. Tu as choisi une passionnée, que veux-tu. Merci d'avoir toujours cru en moi, de m'avoir redonné le moral à coup de tablettes de chocolat et de pancakes. Tu croyais peut-être que j'allais arrêter de t'embêter avec la neuro, la phono et la déglu, mais tu sais, ça ne fait que commencer...

# Sommaire

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>CADRE THEORIQUE</b> .....	<b>2</b>
<b>I. Définition et diagnostic des états de conscience altérée (ECA)</b> .....	<b>2</b>
A Définition de la conscience : un concept complexe .....	2
1. Définitions .....	2
2. Bases cérébrales de la conscience.....	2
B Les états de conscience altérée et leur évolution.....	3
1. Définition de l'état de conscience altérée.....	3
2. Les stades d'éveil de coma .....	4
3. Evolution des ECA : pronostic et questions éthiques .....	5
C Evaluation de l'état de conscience et ses limites .....	6
1. L'évaluation paraclinique directe .....	6
2. L'évaluation indirecte comportementale privilégiée .....	6
3. Recommandations actuelles .....	7
4. Les limites de l'évaluation comportementale .....	7
<b>II. Langage et état de conscience altérée</b> .....	<b>9</b>
A Profil langagier des ECA.....	9
1. Des capacités d'expression limitées .....	9
2. Des capacités de compréhension résiduelles.....	10
B Outils d'évaluation de la compréhension orale chez les ECA .....	11
1. Les modèles cognitifs de la compréhension orale .....	11
2. Outils d'évaluation de la compréhension orale chez les ECA .....	13
3. Les évaluations comportementales de la compréhension orale .....	13
<b>III. De nouvelles perspectives d'évaluation : capacités visuelles et eye-tracker</b> .....	<b>15</b>
A Capacités visuelles et état de conscience .....	15
1. Mouvements oculaires chez le sujet sain.....	15
2. Troubles visuels et neurovisuels chez les ECA.....	16
3. L'importance des compétences visuelles dans les ECA.....	16
4. Evaluation des capacités visuelles dans le diagnostic d'état de conscience .....	17
B Utilisation de l'eye-tracker dans les ECA.....	18
1. Description du dispositif d'eye-tracking.....	18
2. Utilisation de l'eye-tracker en orthophonie .....	19
3. Utilisation de l'eye-tracker dans le cadre des ECA .....	20
<b>PROBLEMATIQUE</b> .....	<b>22</b>

<b>HYPOTHESE PRINCIPALE : la Faisabilité.....</b>	<b>23</b>
<b>HYPOTHESES OPERATIONNELLES .....</b>	<b>23</b>
<b>METHODE .....</b>	<b>24</b>
<b>I. Population .....</b>	<b>24</b>
A Méthode de consensus par panel d'experts .....	24
B Sélection des experts.....	24
1. Critères de sélection.....	24
2. Recrutement des experts .....	25
<b>II. Matériel : Elaboration du protocole d'évaluation de la BERA-ET .....</b>	<b>25</b>
A Matériel de référence .....	26
1. Composition de la BERA .....	26
2. Procédure d'après Aubinet (2021) .....	27
3. Cotation .....	27
B Elaboration du cahier des charges : Critères de faisabilité .....	27
C Mise en œuvre du cahier des charges.....	29
1. Protocole d'évaluation de la BERA-ET .....	29
2. Cahier de passation / Feuilles de passation .....	30
3. Tableau récapitulatif des eye-trackers.....	30
4. Fiche synthèse du Tobii eye 5.....	30
5. Logiciel de la BERA-ET.....	30
D Déroulement de l'évaluation.....	32
E Vers un prototype final.....	33
<b>III. Procédure : Faisabilité du protocole.....</b>	<b>33</b>
A Consigne donnée aux experts .....	33
B Elaboration du questionnaire à soumettre à un jury d'experts .....	33
1. Critères de faisabilité.....	33
2. Elaboration et organisation du questionnaire .....	34
C Pré-validation du questionnaire.....	34
D Administration du questionnaire .....	34
E Modifications et adaptations au cours de l'administration du questionnaire.....	35
F Analyse des résultats : critères de validation des hypothèses.....	35
G Modifications éventuelles de la BERA-ET : Prise en compte des retours du panel d'expert	35
<b>RESULTATS.....</b>	<b>36</b>
<b>I. Caractéristiques de la population d'experts .....</b>	<b>36</b>
<b>II. Analyse des réponses .....</b>	<b>37</b>
<b>III. Hypothèse 2 : Critères de contenu .....</b>	<b>37</b>

1.	Sous-hypothèse 1 : Clarté.....	37
2.	Sous-hypothèse 2 : Pertinence.....	38
3.	Sous-hypothèse 3 : Utilité .....	39
<b>IV.</b>	<b>Hypothèse 3 : Critères de forme.....</b>	<b>40</b>
1.	Sous-hypothèse 1 : Accessibilité temporelle.....	40
2.	Sous-hypothèse 2 : Manipulation.....	41
3.	Sous-hypothèse 3 : Adaptabilité .....	41
4.	Sous-hypothèse 4 : Limitation des distracteurs .....	42
5.	Sous-hypothèse 5 : Evaluation objective des fixations visuelles.....	43
6.	Sous-hypothèse 6 : Facteur humain.....	44
7.	Sous-hypothèse 7 : Répétabilité des mesures .....	44
<b>V.</b>	<b>Analyse des résultats selon le profil des professionnels .....</b>	<b>45</b>
<b>VI.</b>	<b>Synthèse des résultats.....</b>	<b>45</b>
<b>DISCUSSION .....</b>		<b>50</b>
<b>I.</b>	<b>Discussion de la faisabilité .....</b>	<b>50</b>
A	Validation des critères de faisabilité .....	50
1.	Hypothèse 2 : Validation de contenu .....	50
2.	Hypothèse 3 : Validation du format .....	52
B	Des besoins théoriques et cliniques marqués.....	55
C	Une adaptation informatique complex.....	56
D	Un test difficile à standardiser .....	56
E	Le besoin d'une évaluation plus écologique et fonctionnelle.....	57
F	Une remise en question de la BERA .....	57
<b>II.</b>	<b>Limites et biais .....</b>	<b>58</b>
A	Biais méthodologiques .....	58
1.	Biais concernant le format du questionnaire .....	58
2.	Biais de sélection .....	58
3.	Défaut de conception méthodologique .....	59
B	Limites de la méthode par consensus avec interrogation d'un panel d'experts .....	60
C	Limites pratiques .....	60
1.	Des contraintes temporelles .....	60
2.	Un prototype peu testé sur le terrain .....	60
3.	Des problèmes techniques nombreux .....	61
D	Un manque d'études préalables .....	61
<b>III.</b>	<b>Perspectives de l'étude.....</b>	<b>61</b>
A	Perspectives d'évolution de l'outil .....	61

1. Modifications du cahier de passation .....	62
2. Modifications du protocole .....	62
3. Modifications du tableau des eye-trackers .....	62
4. Modifications du logiciel .....	62
B Perspectives de recherche .....	63
1. Etudes préalables à la finalisation de la BERA-ET.....	63
2. Poursuite de l'étude de faisabilité.....	64
C Perspectives cliniques : quelles perspectives pour la prise en soins orthophonique ? .....	65
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>66</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>67</b>
<b>TABLE DES ANNEXES.....</b>	<b>84</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>85</b>
<b>RESUME .....</b>	<b>167</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>168</b>

# Table des illustrations

## I. Tableaux

Tableau 1 : Exemple de cotation de la BERA par complexité des items .....	27
---	----

## II. Figures

Figure 1 : Eveil et contenu de conscience selon les différents états de conscience, extrait de "Brain in coma, vegetative state and related disorders" (Cassol et al., 2018).....	3
Figure 2 : Hypothèse du processus "classique" de récupération de la conscience après une période de coma, en parallèle des processus de récupération du langage, selon Aubinet, Chatelle et al. (2021)	11
Figure 3 : Modèle de la compréhension orale de mots selon Patterson et Shewell (1987), et Caramazza et Hillis (Caramazza & Hillis, 1990). En orange, les systèmes impliqués dans les épreuves de désignation d'un mot entendu.....	12
Figure 4 : Adaptation du modèle de compréhension de phrases de Saffran et al. (1992), d'après Monetta et al. (2019) .....	13
Figure 5 : Fonctionnement d'un dispositif d'eye-tracking posé sur ordinateur (adapté à partir de Bitbrain, 2020).....	19
Figure 6 : Design de l'étude .....	24
Figure 7 : Répartition des items de la BERA (adapté de Aubinet, 2021).....	26
Figure 8 : Procédure de la BERA d'après Aubinet (2021) .....	27
Figure 9 : Comparaison des procédures de la BERA (en haut) et de la BERA-ET (en bas).....	32
Figure 10 : Etapes de la procédure de la BERA-ET proposée aux professionnels .....	33
Figure 11 : Répartition en pourcentages du type d'évaluation de la compréhension orale réalisée chez les patients en ECA par le jury d'experts.....	36
Figure 12 : Répartition en pourcentage du niveau de connaissance et d'utilisation de l'eye-tracker par les experts .....	36
Figure 13 : Distribution des scores obtenus aux questions sur le critère de clarté .....	38
Figure 14 : Distribution des scores obtenus aux questions sur le critère de pertinence.....	39
Figure 15 : Distribution des scores obtenus aux questions sur le critère d'utilité.....	39
Figure 16 : Distribution des scores obtenus aux questions sur le critère d'accessibilité temporelle ...	40
Figure 17 : Réponses aux questions concernant le critère de manipulation .....	41
Figure 18 : Distribution des scores obtenus aux questions sur le critère d'adaptabilité.....	42
Figure 19 : Distribution des scores obtenus aux questions sur le critère de limitation des distracteurs .....	42
Figure 20 : Distribution des scores obtenus aux questions sur le critère d'objectivité .....	43
Figure 21 : Distribution des scores obtenus aux questions sur le critère du facteur humain .....	44
Figure 22 : Distribution des scores obtenus aux questions sur le critère de répétabilité des mesures	44
Figure 23 : Comparaison par sous-hypothèse des scores obtenus selon le degré de familiarité des professionnels dans l'utilisation d'un eye-tracker .....	47
Figure 24 : Comparaison par sous-hypothèse des scores obtenus selon le niveau de manipulation des professionnels .....	49
Figure 25 : Schématisation des perspectives de recherche de la BERA-ET. En rouge les études préalables ; en jaune les phases de faisabilité et de pilotage ; en vert l'objectif final du projet, vers la poursuite de validation de la BERA-ET .....	65

## **Abréviations**

BELIS : Batterie d'Evaluation du Locked-in syndrome

BERA : Brief Evaluation of Receptive Aphasia

BERA-ET : Brief Evaluation of Receptive Aphasia avec ajout d'un Eye-Tracker

CAA : Communication Alternative et Augmentée

CAVE : Cognitive Assessment by Visual Election

CRS-R : Coma Recovery Scale-Revised

ECA : état de conscience altérée

ECM : état de conscience minimale

ECM\* : état de conscience minimale Star

EECM : émergence de l'état de conscience minimale

EEG : Electroencéphalogramme

EQCNES : Evaluation qualitative de la compréhension des notions et énoncés simples

ET : Eye-tracker

EVC : Etat végétatif Chronique

EPR : Etat pauci-relationnel

FOUR : Full Outline of UnResponsiveness

IRM : Imagerie par Résonance Magnétique

IRMf : Imagerie par Résonance Magnétique Fonctionnelle cérébrale

LIS : Locked-In Syndrom

MAS : Maison d'accueil spécialisée

MoCa : Montreal Cognitive Assessment

SECONDS : Simplified Evaluation of CONsciousness Disorders

SENR : Syndrome d'état d'éveil non répondant

SMART : Sensory Modality Assesement and Rehabilitation Technique

TEP : Tomographie par Emission de Positons

UCL/ULg : Examen Long du Langage

WHIM : Wessex Head Injury Matrix

WNSSP : Western Neuro Sensory Stimulation Profile



## INTRODUCTION

Ce mémoire a vu le jour lors d'un stage en Maison D'accueil Spécialisée (MAS) accueillant des personnes en état de conscience altérée (ECA). Ces personnes ont subi une lésion cérébrale sévère et, suite à une période de coma, se retrouvent dans des états intermédiaires de conscience qui peuvent perdurer (Jourdan et al., 2018). Lors de ce stage, force fût de constater la complexité d'évaluation de ces patients et le peu d'outils à la disposition des orthophonistes. En effet, afin de compléter le diagnostic d'état de conscience, les orthophonistes évaluent les capacités langagières et communicationnelles de leurs patients (Roberts & Greenwood, 2019). Or, du fait des troubles sensoriels, moteurs et cognitifs, leur évaluation ne permet pas toujours de rendre compte de leurs capacités résiduelles. Les soignants se retrouvent en grande difficulté face à des patients dans l'impossibilité de répondre à leurs questions (Boissel, 2018). De fait, comme les cliniciens et leurs proches, nous nous sommes interrogés : ***Que comprennent-ils de nos paroles ?***

En vue de répondre à cette interrogation, nos recherches ont révélé la présence d'une compréhension résiduelle chez certains ECA, qu'il est donc nécessaire d'évaluer (Aubinet et al., 2022). Cependant, les outils disponibles pour rendre compte de leurs capacités langagières sont limités. Les praticiens utilisent des bilans non adaptés à cette population ou tentent d'en créer par eux-mêmes. Toutefois, un test spécifique à l'évaluation de la compréhension orale chez les ECA a récemment vu le jour : la Brief Evaluation of Receptive Aphasia (BERA) (Aubinet et al., 2021). Cet outil explore les capacités phonologiques, sémantiques et morphosyntaxiques en s'appuyant sur la fixation visuelle d'une cible parmi deux images. Néanmoins, estimer les capacités visuelles d'un individu en tant que simple observateur est une tâche complexe et subjective (Wannez, 2018). Il est de fait difficile d'obtenir un test fiable.

Or, nous avons expérimenté en stage un outil prometteur pour détecter les mouvements oculaires et les utiliser comme canal de communication : l'eye tracker. Cet outil transportable est facilement accessible et interprétable par l'ensemble de l'équipe soignante (Ting et al., 2014). Les études sur son utilisation en ECA sont peu nombreuses, mais très encourageantes, remettant parfois en cause le diagnostic d'état de conscience posé (Lech et al., 2019).

Nous nous sommes alors interrogés sur la pertinence de l'eye-tracker dans l'évaluation de la compréhension orale des patients en ECA afin d'améliorer la sensibilité et la fiabilité de la BERA. Ce mémoire devra s'inscrire dans un projet à long terme ayant pour but de comparer la BERA avec et sans eye-tracker pour évaluer l'apport d'un tel dispositif dans l'évaluation de ces patients.

Pour ce faire, l'objectif premier de notre étude est l'adaptation de la BERA en version informatisée, avec ajout d'un dispositif d'eye-tracking. Le second objectif est de vérifier la faisabilité de la mise en place de cet outil en pratique clinique courante. En premier lieu, nous présenterons les appuis théoriques justifiant l'élaboration de ce projet, puis la problématique, les hypothèses et la méthodologie envisagée pour y répondre. Dans un second temps, nous exposerons les données obtenues et nous discuterons des résultats et limites de notre étude.

# CADRE THEORIQUE

## I. Définition et diagnostic des états de conscience altérée (ECA)

### A Définition de la conscience : un concept complexe

#### 1. Définitions

Définir et mesurer la conscience constituent un réel défi pour lequel il n'y a à ce jour aucun consensus et aucune exactitude. Nombre de disciplines ont tenté de la définir, de la philosophie à la médecine en passant par la psychologie et la théologie (Zeman, 2005). En neurosciences, deux critères émergent pour qualifier la conscience (Laureys, 2006a; Royal College of Physicians, 2020) :

- **L'état d'éveil / vigilance** : Cet état se caractérise par une ouverture des yeux spontanée ou suite à une stimulation avec présence d'une activité motrice.
- **Le contenu de la conscience/ perception consciente** : Nous ne sommes pas simplement conscients, mais toujours conscients *de quelque chose*. Le contenu de conscience correspond à la perception consciente de soi et de l'environnement. Il relève de « toute expérience subjective qu'une personne peut avoir » (Jourdan et al., 2018; Laureys, 2015). C'est un phénomène réflexif faisant appel à des pensées et perceptions propres à chacun (Laureys, 2015). Nous distinguons :

- *La conscience de soi, de notre monde intérieur (perception interne)* (Laureys, 2007, 2015; Zeman, 2005) : cette petite voix intérieure, toutes nos pensées, notre imagerie mentale, l'ensemble des éléments se rapportant à notre mémoire autobiographique, mais également la proprioception comme conscience de son propre corps et donc de soi. Lors d'un exercice de pleine conscience, de méditation ou d'hypnose, notre attention se focalise sur ce monde intérieur et nous mettons à distance les perceptions extérieures.
- *La conscience du monde extérieur (perception externe et conscience de l'environnement)* : toutes les informations perçues par nos sens qui permettent de prendre conscience du monde environnant. Elle est quantifiée par la réponse à une commande (ex : Serrer la main) et la présence de comportements moteurs non réflexes comme la poursuite visuelle d'un objet (Aubinet, Cassol, et al., 2021).

Il existe différents états de conscience en l'absence de toute altération, tels que l'état d'éveil, le sommeil profond ou encore le sommeil paradoxal. Au sein même de la journée, vigilance et perception consciente varient, et sont corrélées positivement. A l'exception du sommeil paradoxal, la présence d'une dissociation entre ces deux composantes relève du domaine pathologique (Jourdan et al., 2018).

#### 2. Bases cérébrales de la conscience

D'après Laureys (2015), les scientifiques ont pendant un temps pensé que la conscience était liée à un fonctionnement cérébral global avec une modification de l'activité métabolique sur l'ensemble du cerveau selon le degré de conscience des patients. Cependant, des études plus récentes ont mis en lumière un réseau spécifique de la conscience, menant à penser que près de deux-tiers du cerveau interviendraient peu dans la conscience de soi et du monde extérieur (Laureys, 2005, 2007, 2015; Vanhaudenhuyse et al., 2011).

##### 2.1. Tronc cérébral et thalamus

Le tronc cérébral et ses connexions avec le thalamus et le cortex par des mécanismes sous-corticaux soutiennent l'état d'éveil et maintiennent un niveau de vigilance. Des lésions au niveau du tronc cérébral peuvent entraîner un état de coma (CEN, 2016; Dehaene, 2014).

## 2.2. Le cortex cérébral

La perception consciente relève d'une activation thalamo-corticale avec la mise en jeu de réseaux neuronaux largement distribués. Deux réseaux spécifiques se distinguent (Buckner et al., 2008; Laureys et al., 1999; Laureys, 2005, 2007; Vanhaudenhuyse et al., 2011) :

- *Le réseau de la conscience du monde extérieur* au sein du cortex associatif frontopariétal latéral ;
- *Le réseau de la conscience du monde intérieur / réseau interne* regroupant différentes régions du cortex associatif frontopariétal interne, le cortex cingulaire antérieur, le précunéus ainsi que certaines zones à la jonction temporo-pariétale.

La conscience ferait appel à une connectivité longue distance entre les cortex fronto-pariétal, cingulaire et les aires associatives en lien avec le thalamus (Sitt et al., 2014; Dehaene et al., 2006). Plus le patient a un haut niveau de conscience et plus les échanges d'informations longue distance entre les régions cérébrales seraient nombreux et complexes.

Suite à un traumatisme, une atteinte vasculaire, infectieuse, métabolique ou toxique, une lésion cérébrale sévère peut survenir et plonger une personne dans une période de coma. Après plusieurs semaines, certains évolueront vers la mort cérébrale, d'autres se réveilleront et retrouveront rapidement une activité consciente. Enfin, un certain nombre de patients évolueront plus lentement vers des états intermédiaires appelés « Etats de conscience altérée » (ECA) (Jourdan et al., 2018; Laureys, 2015; NHS, 2018; Royal College of Physicians, 2020).

## B Les états de conscience altérée et leur évolution

### 1. Définition de l'état de conscience altérée

Un ECA se caractérise par une perturbation de la perception de soi et de l'environnement, après période de coma et suite à une lésion cérébrale sévère (Annen et al., 2020). Eveil et contenu de conscience sont absents ou fortement perturbés (Jourdan et al., 2018). Au niveau cérébral, les patients présentent un dysfonctionnement des connexions longue distance entre les régions frontales et pariétales, ainsi qu'une déconnexion entre certains noyaux thalamiques et le cortex frontal (Laureys, 2005). Ces personnes peuvent montrer une réponse de base dans les aires de la conscience, mais une connexion limitée entre ces aires et les autres régions cérébrales (Laureys, 2015; Sitt et al., 2014).

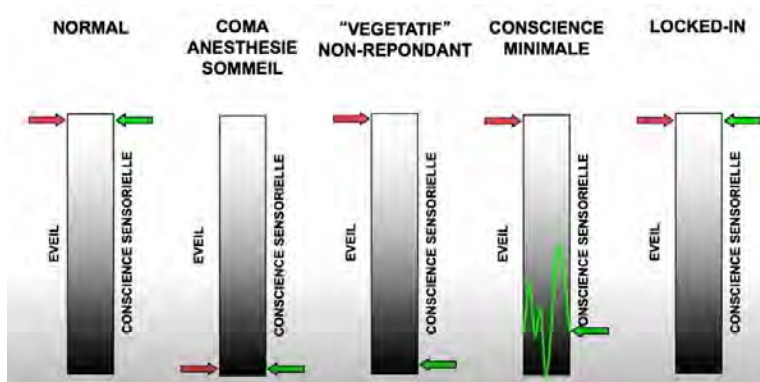


Figure 1 : Eveil et contenu de conscience selon les différents états de conscience, extrait de "Brain in coma, vegetative state and related disorders" (Cassol et al., 2018)

Plusieurs ECA sont définis dans la littérature selon le niveau d'éveil et de perception consciente, présentés en Figure 1 (Giacino et al., 2002; Royal College of Physicians, 2020). Nous retrouvons le coma, l'état végétatif ou syndrome d'éveil non répondant, l'état de conscience minimale et l'émergence de l'état de conscience minimale; le syndrome d'enfermement ou «Locked-In Syndrom» constituant une entité clinique à part.

## **2. Les stades d'éveil de coma**

### **2.1. Le syndrome d'éveil non répondant**

Le syndrome d'éveil non-répondant (SENR), anciennement appelé « état végétatif » est défini comme un état d'éveil sans conscience de soi ou de l'environnement (Jennett & Plum, 1972; Multi-Society Task Force, 1994). Le terme « végétatif » renvoie à « la préservation du fonctionnement du système nerveux végétatif ». On retrouve en effet chez ces patients un maintien plus ou moins important du cycle veille-sommeil, de la thermorégulation et des capacités respiratoires et digestives. Jugée péjorative et non adaptée à la situation de ces patients, cette terminologie a été revue en 2010 par la European Task Force on Disorders of Consciousness proposant le terme de « syndrome d'éveil non-répondant » qui reprend les signes cliniques observés chez ces patients de manière neutre et objective (Laureys et al., 2010). Les signes cliniques majeurs sont résumés en Annexe 1.

### **2.2. L'état de conscience minimale**

Le terme « état de conscience minimale » (ECM), ou « état pauci-relationnel » qualifie les patients éveillés présentant des signes comportementaux de conscience limités mais clairement identifiables, traduisant le fonctionnement partiel de certains processus cognitifs (Giacino et al., 2002). Ces comportements sont inconstants, fluctuants, mais reproductibles et orientés vers un but, indiquant une certaine conscience de soi et de l'environnement. Cependant, une communication fonctionnelle ne peut être établie (Inserm, 2017; Royal College of Physicians, 2020). Depuis 2011, l'ECM a été divisé en deux sous-catégories selon la complexité des signes de conscience : les états de conscience minimale *moins* (ECM -) et les états de conscience minimale *plus* (ECM +) (Bruno et al., 2012).

- ❖ L'ECM - concerne les patients commençant à montrer des signes de mouvements non réflexes de bas niveau dirigés vers un but et contextualisés.
- ❖ L'ECM + se caractérise par des interactions de plus haut niveau et des comportements plus complexes relevant de capacités langagières et communicatives résiduelles.

#### ❖ Une nouvelle entité clinique : Les ECM Star (ECM\*) :

Thibaut et al. (2021) ont récemment mis en évidence l'existence d'une nouvelle entité clinique nommée « Minimally Conscious State Star » (MCS Star) ou « Non-behavioural MCS » (ECM non-comportemental). Les chercheurs ont montré que sur 135 patients diagnostiqués SENR et ne montrant aucun signe comportemental de conscience, 67% d'entre eux possédaient une préservation partielle de leur métabolisme cérébral au niveau fronto-pariétal et présentaient une activité cérébrale similaire à des personnes ECM-. Ce profil de patients nécessite donc une comparaison entre évaluations comportementale et d'imagerie pour être diagnostiqué.

### **2.3. L'état d'émergence de la conscience minimale**

L'émergence de la conscience minimale (EECM) se distingue de l'ECM dans la cohérence et la fiabilité des réponses données. Cependant, la limite entre ces deux états reste difficile à définir (Giacino et al.,

2002; Royal College of Physicians, 2020). On considère que le patient en EECM peut faire preuve de cohérence sur toute la durée d'éveil. La conscience n'est ici plus considérée comme altérée et une communication fonctionnelle et/ou l'utilisation fonctionnelle d'objets est possible (Annexe 1).

### **3. Evolution des ECA : pronostic et questions éthiques**

#### **3.1. Evolution des états de conscience altérée et pronostic**

L'évolution d'un patient dépend de nombreux facteurs comme ses antécédents médicaux, son âge, la présence de comorbidités, la sévérité et la nature de la lésion cérébrale (Harvey et al., 2018; Rohaut et al., 2019). Enfin, les chances de récupération seront différentes selon l'état de conscience.

On parle de trouble « *persistant* » ou « *continu* » si le patient ne présente aucune évolution après un mois. Pour les patients SENR /ECM -, le trouble est dit « *chronique* » si les signes persistent 3 mois pour une lésion non traumatique et 1 an pour une lésion traumatique. Dans le cas des ECM +, le trouble est chronique 9 mois pour une lésion non traumatique et 18 mois pour une lésion traumatique. Enfin, on admet qu'un patient est dans un état « *permanent* » s'il n'est pas sorti de son état végétatif ou d'ECM au bout de six mois (Royal College of Physicians, 2020). Selon Demertzi et al. (2009), ce caractère « *permanent* » correspond à des chances de récupération proches de zéro.

Dans la majorité des cas, l'ECM constitue un stade transitionnel après récupération d'une phase de coma ou d'éveil non-répondant (Giacino, 2004). Plus l'état de conscience est altéré et moins le pronostic de survie et d'évolution serait favorable (SENR < ECM Star < ECM) (Edlow et al., 2017; Faugeras et al., 2018; Thibaut et al., 2021).

#### **3.2. Implications du diagnostic d'ECA sur la prise en soins des patients**

Le diagnostic d'ECA a une grande implication sur l'arrêt des traitements et pose de nombreux questionnements éthiques. « Doit-on maintenir le patient en vie à tout prix ? La vie du patient est-elle réduite à la souffrance ? Epreuve-t-il encore du plaisir [...] ? Ce sont des questions difficiles auxquelles, en l'absence de communication, nous ne pouvons pas apporter de réponse sensée. » (Laureys, 2015).

Un questionnaire sur la prise en soins des patients en ECA après un an a été donné à 4 000 médecins et infirmiers. 80% d'entre eux ont dit de ne pas poursuivre le traitement des patients SENR et plus de 80% d'entre eux ne souhaitent pas recevoir de traitement s'ils étaient eux-mêmes dans cet état (Laureys, 2015). Demertzi et al. (2011) ont quant à eux interrogé 2475 soignants et scientifiques. 66% seraient pour l'arrêt des traitements s'ils étaient diagnostiqués SENR contre 28% s'ils étaient ECM. 82% souhaiteraient ne pas être maintenus en vie en cas de SENR contre 67% s'ils étaient ECM. Le diagnostic d'ECM était considéré comme « pire » que SENR s'ils se plaçaient du point de vue du patient dans 54% des cas et de 42% du point de vue des familles.

Ces chiffres soulignent l'importance du diagnostic et les enjeux que cela engendre. Une altération de la conscience a un impact majeur sur les décisions médicales en termes de traitements pour le maintien des fonctions vitales (Rohaut et al., 2019). Plusieurs recommandations ont été publiées par une association de médecins britanniques en soins intensifs. Ils préconisent de multiplier les techniques d'exploration et d'informer famille et équipe soignante sur les perspectives d'évolution de l'état du patient (Harvey et al., 2018). Il reste donc aujourd'hui essentiel et urgent d'améliorer l'évaluation des troubles de la conscience (Jourdan et al., 2018).

## **C Evaluation de l'état de conscience et ses limites**

Afin de mesurer le degré de conscience d'un patient, deux types d'évaluations sont utilisés. Les évaluations paracliniques directes donnent des informations sur l'activité cérébrale de la personne par utilisation de techniques de neuroimagerie. Elles sont complétées par des évaluations indirectes comportementales qui rendent compte des capacités fonctionnelles observables du patient (Jourdan et al., 2018; Kondziella et al., 2020; Laureys, 2015; Royal College of Physicians, 2020).

### **1. L'évaluation paraclinique directe**

L'évaluation paraclinique directe comprend l'EEG, des techniques de neuroimagerie (IRM, IRMf, TEP) et plus récemment l'étude des battements cardiaques (Candia-Rivera et al., 2021).

Ces techniques apportent des informations structurales sur la présence de lésions cérébrales, leur localisation et leur sévérité. Elles permettent d'étudier au repos et face à des stimuli spécifiques la fonctionnalité des réseaux neuronaux, dont les réseaux du langage (Jourdan et al., 2018; Majerus et al., 2009). La neuroimagerie amène enfin à évaluer la réponse à une commande lorsque le patient ne montre aucun signe comportemental. Pour ce faire, un paradigme actif dit « du tennis » a été élaboré. Il est demandé au patient de s'imaginer en train de se déplacer chez lui (activation de l'hippocampe), puis en train de réaliser une tâche motrice comme jouer au tennis (activation du cortex moteur). Chez les patients SENR, aucune différence d'activation n'est observée, contrairement aux patients capables de répondre à une commande verbale chez qui les activations cérébrales sont similaires aux sujets contrôles. Ce test peut être utilisé pour établir un code de communication provisoire « oui /non » selon s'il joue au tennis (non) ou se déplace chez lui (oui) (Laureys, 2015).

Ces techniques apportent des informations complémentaires sur l'intégrité des processus cognitifs pour rendre compte des capacités des patients. Le cerveau est si complexe qu'il est nécessaire d'utiliser le plus d'outils de mesure possible afin de déterminer l'état de conscience des personnes sévèrement cérébrolésés (Laureys, 2015). Pour obtenir des résultats les plus justes possibles et au vu de la fluctuation importante de l'état de ces patients, il est alors recommandé de multiplier les évaluations et de les réaliser de manière multimodale par plusieurs professionnels afin de rendre compte de leurs capacités résiduelles (Kondziella et al., 2020).

### **2. L'évaluation indirecte comportementale privilégiée**

Actuellement, les évaluations directes, malgré leur plus grande objectivité et précision diagnostique (Bender et al., 2015; Giacino et al., 2014a; Kondziella et al., 2020), sont très peu utilisées. En effet, ces techniques ne peuvent être mises en place que dans des centres de recherche médicale spécialisés (Laureys et al., 2021). Elles demandent des ressources financières et techniques importantes, ainsi qu'un personnel formé que toutes les structures de soins ne présentent pas (Ting et al., 2014). La neuroimagerie reste alors peu accessible pour des mesures répétées, malgré une littérature grandissante concernant son utilisation afin d'améliorer le diagnostic clinique (Jourdan et al., 2018). Pour des raisons pratiques, financières et d'accessibilité, les professionnels privilégient aujourd'hui l'utilisation d'échelles comportementales pour évaluer l'état de conscience des patients en ECA (Giacino et al., 2014a; Jourdan et al., 2018; Thibaut et al., 2021).

Mesurer le contenu de la conscience ne peut pas se faire par une observation directe comme nous observerions la taille ou le poids d'un individu (Jourdan et al., 2018). Les échelles comportementales s'appuient sur une évaluation clinique indirecte des comportements observables chez un patient

comme l'ouverture de ses yeux, sa réponse motrice ou verbale. 14 échelles validées et testées ont été répertoriées (American Congress of Rehabilitation Medicine et al., 2010). Parmi elles, très peu prennent en compte l'ensemble des critères permettant de distinguer SENR et ECM. De plus, beaucoup ne sont plus recommandées du fait d'une validation insuffisante (Annexe 2).

La *Coma Recovery Scale-Revised* (CRS-R) ou *Echelle de récupération du coma* est considérée comme l'outil le plus adapté pour évaluer le niveau de conscience des patients sévèrement cérébro-lésés. Il permet de distinguer de manière fiable le SENR de l'ECM *moins* et *plus* et l'ECM de l'EECM. Il est utilisé pour décrire le profil du patient et permet de suivre son évolution par des mesures répétées dans le temps. Il se compose de six sous-échelles évaluant les fonctions auditive, visuelle, motrice, oro-motrice/verbale, la communication et l'éveil. Des items spécifiques à chaque sous-échelle différencient les différents ECA (Giacino et al., 2004).

Récemment, une version simplifiée de la CRS-R intitulée *Simplified Evaluation of CONsciousness Disorders* (SECONDS) a été validée en français. Elle a pour objectif de réduire le temps de passation tout en obtenant un diagnostic précis et fiable de l'état de conscience (Aubinet, Cassol, et al., 2021).

### **3. Recommandations actuelles**

Afin de limiter les erreurs lors de l'évaluation comportementale, plusieurs recommandations ont été proposées. Il est tout d'abord nécessaire d'utiliser la CRS-R cinq à six fois sur un intervalle de temps court (10 jours dans l'idéal). En effet, une seule évaluation entraîne 36% de mauvais diagnostic. La pose d'un diagnostic final demande des évaluations répétées par des professionnels experts à différents moments de la journée. La présence de deux examinateurs ou une passation filmée sont également recommandées afin de limiter tout biais de subjectivité (Gosseries et al., 2014; Kondziella et al., 2020; Royal College of Physicians, 2020; Wannez et al., 2017; Wolff et al., 2018).

### **4. Les limites de l'évaluation comportementale**

#### **4.1. Des erreurs de diagnostic nombreuses**

Malgré les recommandations actuelles, on estime aujourd'hui qu'un tiers des patients en ECA sont mal diagnostiqués, avec une difficulté importante à différencier SENR et ECM (Laureys, 2005, 2019). Deux études ont mis en évidence que 37 à 43% des patients évalués SENR présentaient des signes d'ECM (Andrews et al., 1996; Childs et al., 1993). Près de 15 ans après, Schnakers et al. (2009) ont tenté de comparer les diagnostics posés suite à des observations cliniques répétées par une équipe soignante aux résultats trouvés à la CRS-R. Sur 103 patients, 41% de personnes diagnostiquées SENR étaient en réalité ECM et 10% de patients diagnostiqués ECM étaient EECM. Ces conclusions sont confirmées par la méta-analyse de Kondziella et al. (2016) qui montrent que 15% des patients diagnostiqués SENR par une évaluation comportementale seraient capables de répondre à une commande et donc auraient un état de conscience minimal.

Comme nous l'avons évoqué précédemment, ces erreurs ne sont pas sans conséquence sur le pronostic, la prise en soin et le traitement de la douleur du patient, l'éthique, les aides dont les familles peuvent bénéficier et la question de la fin de vie (Demertzi et al., 2011, 2014; Rohaut et al., 2019).

Ces erreurs de diagnostic peuvent être liées à différents facteurs dont le milieu environnemental lors de l'évaluation, ou être propres aux outils utilisés manquant de fiabilité (Giacino et al., 2014a). Parmi ces facteurs, deux limites majeures à l'évaluation de la conscience émergent : les mécanismes physiopathologiques des patients et l'implication du langage dans les échelles comportementales. Ces

facteurs permettent de comprendre la complexité du profil des ECA, la problématique de l'évaluation de la conscience et la nécessité d'un bilan orthophonique.

#### **4.2. Limites liées aux troubles sensori-moteurs et cognitifs**

De nombreux mécanismes physiopathologiques peuvent être atteints et entraver l'expression des capacités résiduelles des patients (Giacino et al., 2014b). Leur grande fatigabilité et la fluctuation importante de l'état de vigilance constituent un biais important de l'évaluation de l'état de conscience. Les réponses sont instables selon le jour de l'évaluation voire selon le moment de la journée (Laureys, 2005, 2015; Vanhauzenhuysse et al., 2007; Wolff et al., 2018). La difficulté à mobiliser l'attention du patient constitue d'ailleurs un critère d'arrêt de certains tests (Aubinet et al., 2021).

Ces patients ont également des déficits sensoriels visuels et auditifs qui rendent l'évaluation plus complexe (Giacino et al., 2014b; Laureys, 2005; Overbeek et al., 2018). Une surdité ou un trouble visuel peuvent limiter la réalisation volontaire d'une consigne (cligner des yeux, suivre une cible) et de fait fausser les résultats et conduire à de mauvaises interprétations (Overbeek et al., 2018). Les difficultés motrices massives liées à une hypotonie, une spasticité, une parésie voire paralysie des membres interfèrent avec la réponse à une commande. Le diagnostic d'ECM peut alors être compliqué à poser et la distinction entre mouvements volontaires ou réflexes difficile à percevoir (Rohaut et al., 2019).

De surcroît, on estime la vitesse de traitement des informations réduite chez ces patients (Dymowski et al., 2015; Mathias & Wheaton, 2007; Vanhauzenhuysse et al., 2007). Or, ce déficit n'est pas toujours pris en compte dans les échelles proposées. Les temps de réponse accordés sont parfois trop courts pour permettre au patient d'exprimer ses capacités (Kiefer & Georges, 2015). Une désorientation spatio-temporelle ainsi que des troubles mnésiques sévères peuvent s'ajouter aux déficits précédemment évoqués. Pundole et al. (2018) décrivent des difficultés en mémoire rétrograde et antérograde pouvant impacter les réponses données par le patient lors de son évaluation.

#### **4.3. Implication du langage dans l'évaluation de l'état de conscience**

La présence de capacités langagières fait partie intégrante des critères majeurs du diagnostic d'ECA (Royal College of Physicians, 2020). Pour juger de l'état de conscience d'un patient, il est recommandé de proposer une consigne à réaliser et d'observer sa réponse. S'il y parvient, il est considéré comme conscient. Cependant, si aucune réaction n'est obtenue, nous ne pouvons conclure à une absence de contenu de conscience. Le patient peut présenter une surdité, un trouble praxique ou encore un manque de motivation à réaliser la tâche pourtant parfaitement comprise. Mais l'un des troubles majeurs qui peut entraver la bonne réalisation de la consigne reste l'aphasie (Laureys, 2015).

Plusieurs recherches se sont alors intéressées à l'impact des troubles langagiers dans l'évaluation de la conscience. Schnakers et al. (2015) ont ainsi administré la CRS-R à des patients sans trouble de la conscience ayant subi un AVC et présentant une aphasie. Les résultats indiquent que 25% des patients avec une aphasie quelle qu'elle soit et 54% des patients avec une aphasie globale n'obtenaient pas le score maximal à la CRS-R. En se fiant uniquement à cette échelle, ces patients auraient donc pu être diagnostiqués ECM à tort. Les auteurs concluent à une difficulté d'évaluer la conscience à partir d'échelles comportementales à cause de la cooccurrence fréquente avec des déficits langagiers. Les grilles comportementales se composent d'une demande de réponse à une ou plusieurs consignes verbales ou à la fixation et poursuite d'une cible. Ces tâches impliquent nécessairement des capacités de compréhension du message oral (Majerus et al., 2009). La présence de troubles langagiers amène alors à des réponses comportementales fluctuantes face à des items verbaux et entraîne une sous-estimation de leur niveau de conscience (Majerus et al., 2009).



Il convient d'ajouter que le langage est un processus complexe qui fait appel à de multiples fonctions cognitives dont la mémoire, les fonctions exécutives et l'attention. Les items évalués dans les échelles comportementales comme la CRS-R mettent en jeu des processus langagiers, mais aussi moteurs et cognitifs (Aubinet, 2020). Il est alors important de les prendre en compte dans l'évaluation des ECA, chez qui ces troubles sont nombreux, afin de distinguer la nature des déficits observés.

Les patients en ECA ont beaucoup de comorbidités qui rendent l'évaluation de la conscience complexe. Juger de leurs capacités langagières est essentiel afin de compléter l'évaluation actuelle de la conscience, d'exclure une aphasie (Giacino et al., 2002), et d'informer sur la récupération des processus langagiers. Alors, comment définir le profil langagier des patients en ECA ? Que sait-on de leurs capacités expressives et réceptives, et quels outils sont actuellement utilisés pour les évaluer ?

## II. Langage et état de conscience altérée

### A Profil langagier des ECA

#### 1. Des capacités d'expression limitées

##### 1.1. Communication verbale entravée

Parmi les critères de diagnostic, on évoque la possible expression de mots isolés ou phrases courtes de manière spontanée chez les patients en ECM et l'utilisation de phrases plus complexes en EECM (Giacino et al., 2014a). Néanmoins, ces patients utilisent peu la communication verbale pour interagir avec autrui. En 2018, Boissel a adressé un questionnaire aux familles et soignants des patients résidant dans 110 unités EVC-EPR en France. Cette enquête a révélé un manque de communication orale. Les familles évoquent des patients qui « ne parlent pas, ne disent pas, n'expriment pas », « ne peuvent pas poser de questions lors des soins ». Plusieurs proches expriment le sentiment d'un décalage entre capacités d'expression et compétences en compréhension (Boissel, 2018).

Du fait de nombreux troubles sensori-moteurs et cognitifs, le répertoire comportemental des patients et donc leurs capacités expressives se voient très réduits (Aubinet et al., 2021). Selon l'atteinte, la personne pourra présenter :

- des troubles moteurs allant jusqu'à l'absence de fonction motrice avec une paralysie complète (Giacino et al., 2009; Kondziella et al., 2020; Manuel MSD, 2020). Ces troubles entraînent des « réponses motrices limitées ou incohérentes » (Vanhaudenhuyse et al., 2007). Les patients sont décrits comme « immobiles et incapables de communiquer » (B. Zhang et al., 2021), ce qui les rend sujets à des complications médicales et neurologiques. Parmi les comorbidités les plus fréquemment retrouvées, la présence d'une trachéotomie dans près de 98% des cas constitue une entrave majeure à l'expression orale des patients. L'apraxie oro-bucco-faciale et motrice est également suspectée chez 67% des patients en EECM, jusqu'à l'akinésie mutique chez certains d'entre eux. De plus, 50% de cette population présentent une spasticité des quatre membres, une myopathie ou des neuropathies.
- des troubles sensoriels profonds comme la cécité ou la surdité, qui entravent indéniablement les capacités réceptives et expressives des patients (Edlow et al., 2017).

La concomitance de ces troubles peut limiter de manière significative les réponses linguistiques et motrices des patients et de fait entraver l'évaluation au chevet du patient (B. Zhang et al., 2021).

##### 1.2. Communication non-verbale privilégiée

Si la communication verbale est très peu observée, familles et professionnels rapportent la présence de réactions et signes physiques permettant une compréhension de la personne en ECA (Boissel, 2018; Viseur, 2020). Ces signes sont physiologiques (transpiration, respiration et pouls qui s'accroissent, rougeur) ou liés aux expressions faciales (grimaces, regard adressé, visage détendu ou crispé) (Bertholon et al., 2018). Ils sont souvent mis en lien avec des états émotionnels qui s'expriment par des rires, sourires ou larmes. Face à la douleur, différents signes pourront également être observés par les professionnels au niveau du corps (lever un bras) et du faciès du patient (rictus).

## **2. Des capacités de compréhension résiduelles**

### **2.1. Observations cliniques d'une compréhension du langage**

Que comprennent-ils de nos paroles ? Cette question préoccupe beaucoup l'entourage des patients. Malgré des capacités expressives limitées, familles et soignants soulignent l'importance de la compréhension orale chez les ECA et s'accordent sur la préservation de certaines compétences en réception (Boissel, 2018; Viseur, 2020). Certains s'interrogent sur ce que comprend leur proche. D'autres ont la certitude de capacités réceptives préservées : « Quand ils viennent, je leur dis, il comprend tout ce qu'on lui dit, il comprend tout sauf qu'il ne vous répond pas » (Boissel, 2018).

Ces certitudes exprimées par les familles sont appuyées par les comportements des patients. En effet, dans la vie quotidienne, les signes de communication, même s'ils passent par du non verbal, supposent une compréhension de la situation. Familles et soignants témoignent alors de réponses à des ordres simples « je lui dis, tu me prends mes mains et il me prend mes mains » (Boissel, 2018).

Ces observations vont de pair avec les critères de diagnostic utilisés à ce jour. En effet, un patient est considéré comme ECM+ s'il répond à une commande, impliquant inévitablement une compréhension minimale de ce qui est demandé (Thibaut et al., 2020).

### **2.2. Corrélats neuroanatomiques et fonctionnels entre compréhension et conscience**

- De possibles troubles du langage chez les patients en ECA

Si nous nous intéressons à l'intégrité de l'ensemble des régions cérébrales du langage, les patients en ECA ont un risque de présenter des troubles phasiques du fait d'une atteinte structurelle (Aubinet, 2020; Guldenmund et al., 2016; Laureys, 2005) et fonctionnelle de ces régions (Aubinet et al., 2020).

En effet, il apparaît que plus les patients ont un état de conscience altéré, moins les réseaux cérébraux supportant le langage semblent intègres et moins le patient montre de signes comportementaux langagiers (Aubinet et al., 2018; 2021). Plusieurs chercheurs montrent une relation étroite entre la capacité à répondre à une commande et l'intégrité des structures langagières de l'hémisphère gauche (Aubinet et al., 2020; Guldenmund et al., 2016; Zheng et al., 2017).

Le niveau métabolique cérébral dans les aires du langage est également corrélé à l'état de conscience altérée. Les patients avec SENR et ECM présentent un hypométabolisme cérébral au niveau des aires du langage, pouvant souligner une potentielle aphasie (Aubinet et al., 2019; Majerus et al., 2009). On ajoute que de possibles activations neuronales sont retrouvées dans les SENR, mais déconnectées du réseau de la conscience, ne permettant pas un accès à la compréhension de l'information (Stender et al., 2016; Thibaut et al., 2012).

Il faut cependant rester très prudent car des patients avec de nombreuses lésions dans des régions supportant certaines fonctions langagières peuvent présenter une communication fonctionnelle (Aubinet, Murphy, et al., 2018; Majerus et al., 2009).

- Des capacités de compréhension résiduelles de bon pronostic

En se focalisant sur différents domaines langagiers, Aubinet et al. (2021) ont réalisé une revue systématique de la littérature concernant l'évaluation des capacités langagières de 2278 patients en ECA par utilisation de la neuroimagerie, de l'EEG et de mesures comportementales. Ils distinguent les réponses implicites des patients lorsque le contenu de conscience reste limité avec un manque d'intentionnalité ou d'efficacité de processus de haut niveau ; et les réponses explicites avec un recrutement contrôlé et conscient des ressources cognitives. Ces dernières demandent une participation active du sujet. Cette revue met en évidence la préservation de processus spécifiques au traitement de la parole, aux phonèmes, à la sémantique et à la syntaxe, chez des patients en ECM et en SENR. Les traitements sémantiques et syntaxiques plus complexes semblent possibles majoritairement chez les patients en ECM. De plus, les réponses cérébrales apparaissent plus rapides, plus importantes et spatialement plus étendues chez les ECM (Aubinet et al., 2022). Un résumé des principaux résultats en lien avec le modèle de Caramazza et Hillis (1990) est à retrouver en Annexe 3.

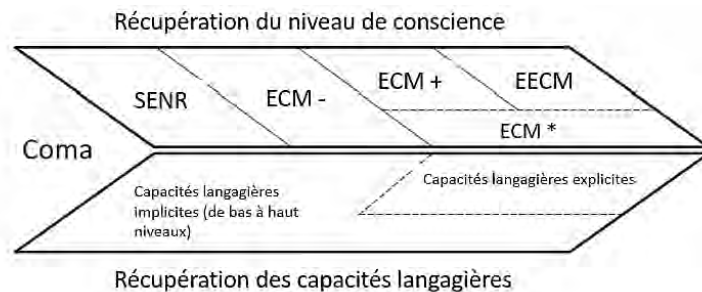


Figure 2 : Hypothèse du processus "classique" de récupération de la conscience après une période de coma, en parallèle des processus de récupération du langage, selon Aubinet, Chatelle et al. (2021)

L'ensemble des recherches révèlent une augmentation des réponses implicites et explicites langagières en parallèle de la récupération du contenu de conscience (Figure 2). Cette corrélation entre langage et conscience est supportée par des études longitudinales de patients évoluant de SENR à ECM voire EECM (Aubinet et al., 2019 ; Kazazian et al., 2020 ; Tomaiuolo et al., 2016). Ainsi, l'amélioration des performances langagières, dont la compréhension, aurait une valeur pronostique importante dans la récupération fonctionnelle du patient (Aubinet et al., 2021; 2022; Sokoliuk et al., 2021).

L'évaluation de la compréhension orale paraît alors essentielle pour rendre compte des capacités langagières résiduelles des patients et pour compléter les évaluations actuelles de la conscience afin d'en limiter les biais.

## B Outils d'évaluation de la compréhension orale chez les ECA

### 1. Les modèles cognitifs de la compréhension orale

Afin de comprendre les mécanismes mis en jeu chez les patients en ECA, il est nécessaire de revenir sur les modèles cognitifs expliquant les processus impliqués dans la compréhension orale.

#### 1.1. Compréhension orale de mots

La compréhension verbale est définie comme « la capacité à accéder à la signification des messages linguistiques délivrés oralement ou par écrit » (Brin-Henry et al., 2018). Plusieurs modèles

cognitifs ont tenté de représenter les différentes étapes permettant le traitement du flux de parole vers sa compréhension. L'un des modèles les plus communément admis est celui de Patterson et Shewell (1987), repris par Caramazza et Hillis (1990) et illustré en Figure 3. Trois composants sont décrits pour expliquer le processus de compréhension de mots entendus : le système d'analyse audio-phonologique (analyse auditive), le lexique phonologique d'entrée et le système sémantique.

- Système d'analyse auditive : lorsqu'un mot est entendu, les sons de la parole seront identifiés par extraction des traits acoustiques spécifiques à chaque phonème. Leur représentation phonologique sera alors activée. Le système d'analyse audio-phonologique permet ainsi de discriminer des phonèmes sur présentation de paires minimales (gnosies auditives).
- Lexique phonologique d'entrée : Il correspond au répertoire de la représentation phonologique des mots de la langue, soit une « forme sonore globale abstraite » constituée de la séquence des phonèmes. Une fois les unités phonologiques identifiées, celles-ci sont mises en lien avec les représentations phonologiques correspondantes stockées dans le lexique phonologique d'entrée. On ne peut accéder à ce stock que si le mot est connu de l'auditeur. Si ce n'est pas le cas, un processus de conversion acoustico-phonologique traitera les mots non connus ou les non-mots. Le lexique phonologique d'entrée permet donc à l'auditeur de juger si un mot existe ou non (selon son stock).
- Système sémantique : La représentation lexicale du mot familier entendu est alors mise en lien avec les informations sémantiques au niveau du système sémantique pour une récupération conceptuelle et un accès au sens.

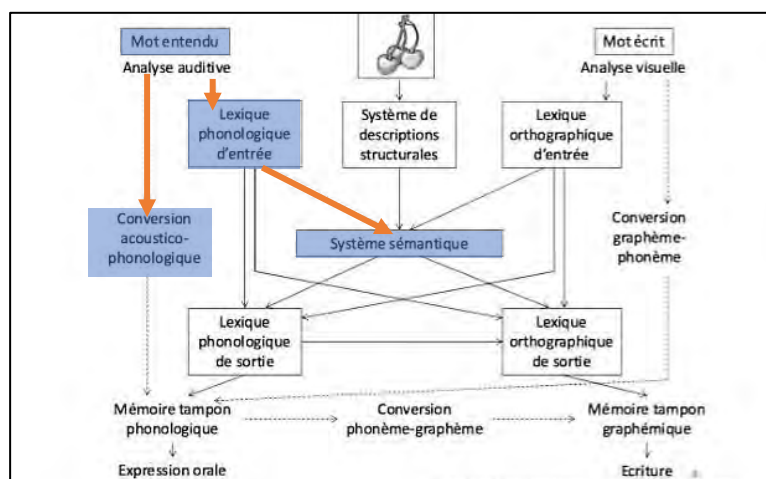


Figure 3 : Modèle de la compréhension orale de mots selon Patterson et Shewell (1987), et Caramazza et Hillis (Caramazza & Hillis, 1990). En orange, les systèmes impliqués dans les épreuves de désignation d'un mot entendu.

## 1.2. Compréhension orale de phrases

Plusieurs modèles ont tenté de décrire les processus en jeu dans la compréhension de phrases. Celle-ci se situe au niveau morphosyntaxique correspondant au traitement des relations spatiales et fonctionnelles entre des mots. Nous aborderons le modèle de Saffran et al. (1992) sur lequel se sont basés Monetta et al. (2019) pour concevoir et valider une batterie d'évaluation de la compréhension syntaxique. Saffran décrit quatre étapes, illustrées en Figure 4.

- Analyse syntaxique : découpage de la phrase afin de faire émerger les différents syntagmes, leur type (syntagme nominal, verbal, adjectival, etc.) et leur fonction syntaxique selon leur position dans la phrase (sujet, verbe, objet).
- Accès à la représentation lexico-argumentale du verbe : identification du nombre d'arguments du verbe (constituants obligatoires pour que la phrase soit sémantiquement et syntaxiquement

correcte) et de leur rôle thématique (agent s'il fait l'action, thème s'il subit l'action, etc). Ex : le verbe « suivre » a deux arguments : *quelqu'un suit quelqu'un d'autre*. « Courir » en a un : *quelqu'un court*.

- Assignation des rôles thématiques du verbe aux syntagmes de la phrase. Dans l'exemple ci-dessous, « la fille » qui est sujet est l'agent de l'action. L'objet « le garçon » en est le thème. A l'inverse, dans les tournures passives, le sujet devient thème, et l'objet est alors agent.
- Intégration des sources d'information analysées aux étapes 1 et 3 pour permettre l'activation de la représentation complète du sens de la phrase. Cette étape est liée à la précédente.

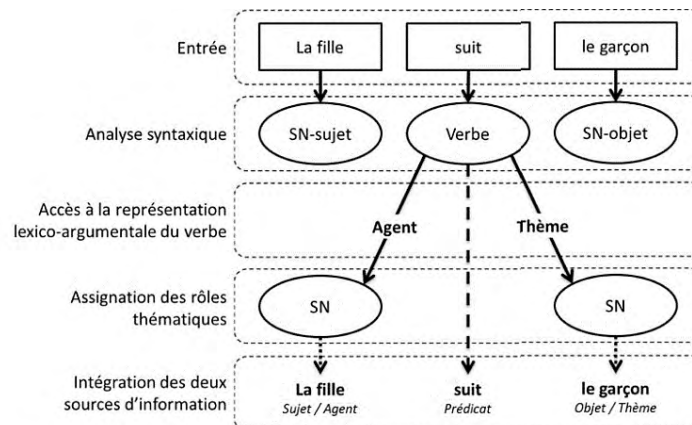


Figure 4 : Adaptation du modèle de compréhension de phrases de Saffran et al. (1992), d'après Monetta et al. (2019)

## 2. Outils d'évaluation de la compréhension orale chez les ECA

De nombreuses méthodes ont été utilisées pour évaluer les capacités langagières résiduelles chez les patients ayant subi une lésion cérébrale majeure. Majerus et al (2009) ont étudié les différentes manières de diagnostiquer les troubles phasiques lors d'un ECA.

Chercheurs et cliniciens s'intéressent aux réseaux du langage en s'appuyant sur des techniques de neuroimagerie pour connaître la présence et l'étendue de lésions cérébrales, ainsi que les différences d'activation cérébrale lors d'une consigne donnée (Jourdan et al., 2018). Cependant, ces méthodes restent majoritairement pratiquées dans le domaine de la recherche et donnent peu d'informations sur l'utilisation fonctionnelle du langage.

Les auteurs suggèrent alors l'utilisation d'une évaluation comportementale. Cette dernière constitue la méthode la plus accessible pour les orthophonistes et neuropsychologues. Majerus et al. (2009) proposent l'adaptation de tests et batteries de screening déjà utilisés dans le cadre de l'évaluation des patients aphasiques sans trouble de la conscience. Afin de s'adapter au mieux aux patients en ECA, les chercheurs conseillent de prendre en compte différentes variables linguistiques telles que la fréquence et la longueur des mots. Utiliser l'écrit est également essentiel car cela fait appel à d'autres processus et la dissociation entre écrit et oral est largement décrite dans la littérature dans le cas de troubles phasiques.

## 3. Les évaluations comportementales de la compréhension orale

Afin d'évaluer la compréhension orale dans le cadre de pathologies neurologiques, la majorité des tests s'appuient sur une épreuve de désignation d'images. Pour l'analyser, nous pourrions reprendre le modèle de Patterson et Shewell : mot entendu → Système acoustico-phonologique → Lexique phonologique d'entrée → Système sémantique (Sabadell et al., 2018; Whitworth, 2013).

### **3.1. Outils actuels d'évaluation de la compréhension orale**

En aphasiologie, les épreuves de désignation d'images se retrouvent dans des outils de dépistage où la compréhension de mots et de phrases sont évaluées sur une durée de passation inférieure à 15 min. Ce type d'épreuves est également retrouvé dans des batteries plus exhaustives visant à un bilan précis et complet des capacités langagières du patient. Enfin, nombre d'entre elles s'appuient sur des modèles cognitifs reconnus tels que le modèle de Caramazza et Hillis (1990) ou le modèle de Saffran et al (1992). Cependant, aucun test ne permet un bilan auprès de patients montrant des troubles à la fois cognitifs, sensoriels et moteurs tels que présents chez les ECA.

Plusieurs batteries ont alors vu le jour pour tenter de s'adapter aux personnes ayant des troubles cognitifs et moteurs majeurs. Ces outils proposent des modalités de passation variées qui s'appuient sur le pointage digital, verbal, mais aussi visuel d'une image parmi plusieurs items. Les principaux sont l'EQCNES (Florian Merle), la Batterie d'Evaluation du Locked-in syndrome (BELIS) (Castelnot, 2005) et la Cognitive Assessment by Visual Election (CAVE) (Murphy, 2018). Chacun d'eux se compose d'items spécifiquement adaptés dans leur forme et leur contenu selon la population à laquelle il s'adresse. Une synthèse des principaux tests et de leurs caractéristiques est à retrouver en Annexe 4.

### **3.2. Limite des outils actuels**

L'ensemble de ces outils ne semblent pas adaptés à l'évaluation des patients avec ECA. En effet, la plupart d'entre eux ont été conçus pour une population aphasique sans trouble de la conscience. De plus, les modalités de passation des épreuves ne sont pas adaptées : les patients en ECA ne peuvent pas utiliser un pointage manuel et l'évaluation doit être courte du fait de leur grande fatigabilité. Enfin, la CAVE, spécifique à l'évaluation des capacités cognitives chez les patients ECM et EECM, ne prend pas en compte les domaines linguistiques et ne contrôle pas les variations psycholinguistiques pouvant intervenir dans la compréhension orale. Face à ce manque d'outils, les orthophonistes sont amenés à adapter certaines évaluations de manière isolée ou à élaborer des tâches par eux-mêmes afin qu'elles répondent aux spécificités cognitives et motrices des patients (Tourtel, 2021). Il y a donc un réel besoin de développer de nouveaux outils adaptés à cette population pour évaluer leurs capacités de compréhension dans les domaines phonologique, sémantique et syntaxique (Majerus et al., 2009; Schnakers et al., 2015).

### **3.3. Une batterie d'évaluation adaptée : la Brief Evaluation of Receptive Aphasia test (BERA)**

Aubinet et al. ont développé une batterie d'évaluation de la compréhension orale, adaptée aux patients ECM et EECM, la Brief Evaluation of Receptive Aphasia test (BERA). La BERA est un outil validé permettant l'évaluation des capacités langagières des patients en ECM et EECM (Aubinet, Chatelle, Gillet, et al., 2021). Sa validation a fait l'objet de deux mémoires d'orthophonie en 2019 (Hennen, 2019; Thunus, 2019). Cet outil permet de juger des capacités phonologiques, sémantiques et morphosyntaxiques du patient en réception et est basé sur des réponses se traduisant par une fixation visuelle. La BERA s'appuie sur le modèle de Patterson et Shewell (1987) présenté précédemment. L'outil a été validé en langue française sur des patients aphasiques et pré-validé sur quatre patients en ECM et EECM. Nous exposerons plus en détails la conception et la composition des épreuves de cet outil dans la partie *Méthode* (p.24).

La BERA semble donc l'outil le plus adapté dans l'évaluation de la compréhension orale chez les patients en ECM et EECM. Il a été conçu spécifiquement pour cette population. De fait, les modalités de passation se veulent adaptées à leurs particularités. De plus, il permet une évaluation globale des

capacités de compréhension orale en s'appuyant sur les domaines linguistiques de la compréhension du langage retrouvés dans de nombreux modèles cognitifs, tout en prenant en compte les variations psycholinguistiques.

Cependant, cet outil présente plusieurs limites. Il s'appuie sur l'observation des fixations visuelles du patient. Or, juger de la fixation visuelle d'une personne, même sans trouble de la conscience, est un exercice difficile (Haudry, 2021). De plus, du fait des déficits moteurs, visuels et attentionnels de cette population, les examinateurs peuvent manquer une réponse ou avoir des difficultés à la percevoir (Andrews et al., 1996; Xiao et al., 2018). Il est alors difficile d'obtenir un test fiable. Les observations des examinateurs sont subjectives et sujettes à la surinterprétation ou mauvaise interprétation. De manière générale, le caractère subjectif et l'interprétation des signes comportementaux sont fréquents avec ces patients (Boissel, 2018; Majerus et al., 2005). L'interprétation a une valeur humanisante pour les familles et les soignants et permet de mettre du sens sur les réactions de la personne. Cependant, cette empathie peut conduire à des mécanismes interprétatifs trop personnels, voire projectifs. « Les professionnels doivent être conscients du risque de trop interpréter ou au contraire de ne pas donner de sens à ce qu'ils observent » (Boissel, 2018).

De ce fait, Aubinet préconise la présence systématique de deux examinateurs. Toutefois, cela peut être difficile à appliquer en pratique courante. Il semble donc nécessaire de trouver un outil pour limiter la subjectivité des évaluateurs. L'utilisation d'un eye-tracker visant à évaluer de manière précise et objective les fixations et la poursuite oculaire des sujets semble alors des plus adaptées (Aubinet, Chatelle, Gillet, et al., 2021; Lech et al., 2019; Ting et al., 2014; Trojano et al., 2012; Wannez, 2018).

### **III. De nouvelles perspectives d'évaluation : capacités visuelles et eye-tracker**

#### **A Capacités visuelles et état de conscience**

##### **1. Mouvements oculaires chez le sujet sain**

Les yeux effectuent en permanence des mouvements grâce à six muscles oculomoteurs qui permettent l'orientation de l'œil dans toutes les directions (Purves et al., 2001). Ces mouvements ont pour objectif de procurer une vision nette de la cible regardée en maintenant en permanence le point d'impact de l'image sur la fovéa (zone centrale de la rétine). Si la cible n'est pas encore sur la fovéa, elle sera captée par des mouvements de saccades. Si la cible y est déjà, il faudra la maintenir par fixation visuelle. Si la cible est fixe mais que la tête bouge, le réflexe oculo-vestibulaire permettra la stabilisation de l'image. Si la cible bouge, la poursuite visuelle sera utilisée et consistera en un mouvement lent des yeux adapté à la vitesse de déplacement de l'objet (Gaymard, 2013).

Nous n'aborderons que les fixations, les saccades et la poursuite visuelle car ce sont les principaux mouvements captés par les dispositifs d'eye-tracking.

##### **1.1. Mouvements de saccades**

Programmées dans les cortex pariétaux et frontaux, les saccades sont des mouvements oculaires rapides, précis et volontaires (lorsque nous choisissons de regarder une cible) ou réflexes (lorsqu'un objet ou un bruit surgit soudainement), horizontales ou verticales (Gaymard, 2013). Elles sont définies comme les mouvements oculaires réalisés entre deux fixations. Elles permettent un changement soudain d'un point de fixation à un autre afin de suivre la cible visuelle. Lorsqu'une cible se déplace et n'est plus captée au niveau de notre fovéa, il faudra entre 100 et 300ms selon les sources avant que la

saccade survienne pour ramener l'image dans notre champ visuel (Richter & Ternaux, 2006b; Škvareková et al., 2020). Après une saccade, une période de stabilisation du regard est nécessaire pour intégrer l'information visuelle.

### **1.2. Mouvements de poursuite visuelle**

On distingue deux types de poursuite visuelle : la poursuite lente et la poursuite saccadée (mouvements de saccades). La poursuite visuelle dite lente n'est déclenchée que face à une cible en mouvement continu. Son objectif est d'adapter le mouvement des yeux à la vitesse de cette cible. La mobilisation du système de poursuite lente est plus rapide que le système saccadique (Richter & Ternaux, 2006a). Si l'objet se déplace à plus de 60° par seconde, le système oculomoteur déclenche des saccades de rattrapage (poursuite saccadée) afin de toujours maintenir la cible au niveau de la fovéa. Saccades et poursuite visuelle sont ainsi complémentaires et permettent de fixer en continu le regard sur une cible et de le maintenir selon sa vitesse de déplacement.

### **1.3. Mouvements de fixation visuelle**

La fixation visuelle permet l'immobilisation du regard et est essentielle pour collecter et interpréter des informations visuelles disponibles au niveau de notre fovéa (Bucci, 2019). Trois phénomènes sont impliqués dans la fixation visuelle : la suppression de l'image lors de saccades involontaires, la détection du glissement de l'image sur la rétine entraînant un mouvement correcteur rapide (saccade) ou lent (poursuite), et un recalibrage permanent des mouvements pour une stabilisation (boucle de rétrocontrôle) (Gravier, 2018). Chaque fixation dure au minimum 80ms (Škvareková et al., 2020). Cependant, pour qu'une information soit intégrée et interprétée par l'individu, il est nécessaire de fixer la cible au moins 500ms (Dalrymple et al., 2018; Kasprowski et al., 2014; Tullis & Albert, 2013).

## **2. Troubles visuels et neurovisuels chez les ECA**

Les patients ayant subi une lésion cérébrale sévère peuvent présenter des troubles visuels et neurovisuels majeurs. Ces derniers altèrent dans certains cas les mouvements visuels et peuvent entraver voire rendre impossible l'utilisation d'un eye-tracker. Ces troubles seront à prendre en compte dans le calibrage de l'appareil. Les anomalies oculaires les plus fréquemment retrouvées ont été répertoriées en Annexe 5 (Aubinet et al., 2021; Manuel MSD, 2020; Zhang et al., 2021).

Certaines études ont alors révélé que parmi les patients en SENR avec un mauvais diagnostic, 65% avaient des troubles visuels et 17% des patients en ECM ne réussissaient aucun item visuel à la CRS-R. Une analyse des sous-échelles de la CRS-R a également montré que les problèmes visuels de type atteinte du nerf oculaire, ptosis, apraxie visuelle ou agnosie visuelle pouvaient entraîner des scores incohérents (Chatelle et al., 2016; Estraneo et al., 2015a; Overbeek et al., 2018).

De nombreux troubles visuels peuvent donc être présents chez les patients en ECA. Il est essentiel de les prendre en compte dans l'évaluation, notamment dans l'utilisation d'un eye-tracker. Cependant, malgré la présence de ces troubles, les capacités visuelles revêtent une importance majeure chez ces patients.

## **3. L'importance des compétences visuelles dans les ECA**

Poursuite et fixation visuelles sont considérées comme l'un des premiers signes de récupération d'un état de conscience (Bagnato et al., 2017; Lech et al., 2019; Vanhauzenhuysen et al., 2007; Wannez, Heine, et al., 2017; Wannez, 2018). Ils font partie intégrante des critères permettant de différencier



SENR et ECM- (Giacino et al., 2002). Si plusieurs auteurs remettent en question leur caractère volontaire (Overbeek et al., 2018), leur importance dans les ECA ne peut être niée.

Le regard a tout d'abord une place centrale dans la communication avec les patients en ECA et fait partie des pré-requis à l'interaction. Les familles soulignent l'importance du regard au quotidien avec leur proche : « quand on entre dans la chambre, il nous suit du regard », « quand il voit des têtes nouvelles, il s'inquiète, il les regarde » (Boissel, 2018). Les professionnels accordent également une grande importance à la qualité du regard qui diffère selon si le locuteur est ou non connu et familier. Une orthophoniste témoigne : « à sa prise de fonction, une patiente diagnostiquée en état pauci-relationnel souriait et échangeait des regards avec les équipes soignantes tandis qu'elle ne montrait aucune réaction avec sa nouvelle rééducatrice » (Boissel, 2018).

Poursuite et fixation visuelles semblent de fait être l'un des premiers moyens d'expression d'un état de conscience pour les patients. En effet, les signes comportementaux intentionnels les plus souvent détectés à la CRS-R chez les ECM sont ceux de la sous-échelle visuelle (Bagnato et al., 2017; Carrière et al., 2022; Dolce et al., 2011; Estraneo et al., 2015a; Wannez, 2018). D'après Bagnato et al. (2017), 42,9 % des patients en ECM sont diagnostiqués uniquement par présence d'une fixation et poursuite visuelles. Si l'on comptabilise le nombre de patients diagnostiqués ECM avec la sous-échelle visuelle associée à d'autres signes, ce pourcentage atteint près de 86%. Récemment, Wannez et al. (2018) ont évalué 282 patients en ECM diagnostiqués via la CRS-R afin d'identifier les items les plus fréquemment retrouvés. Cinq items émergent : la fixation visuelle (57%), la poursuite visuelle (52%), le mouvement sur demande, la localisation de stimuli nociceptifs et la réaction motrice automatique. Si l'évaluation n'était réalisée qu'en s'appuyant sur ces cinq items, la sensibilité de la CRS-R s'élèverait à 99% selon les auteurs.

Les capacités visuelles joueraient un rôle dans le pronostic des patients. Dolce et al. (2011) ont évalué la présence d'une poursuite visuelle chez 395 patients. Ces derniers étaient adressés pour un diagnostic de SENR et évalués toutes les deux semaines. La poursuite visuelle a été détectée chez 73% de l'échantillon et sa prévalence augmentait au fur et à mesure des semaines, et ce quelle que soit la cause de la lésion cérébrale. Plus ce signe apparaissait tôt et meilleur était le pronostic.

Les capacités visuelles constituent donc un élément essentiel dans le diagnostic et le pronostic des patients en ECA et apparaissent comme un moyen privilégié pour faire état d'une conscience minimale. Cependant, les méthodes utilisées pour mettre en évidence les capacités visuelles des patients sont nombreuses et varient d'une échelle à l'autre. Overbeek et al. (2018) soulignent le besoin d'un consensus pour définir et évaluer ces capacités auprès de cette population.

## **4. Evaluation des capacités visuelles dans le diagnostic d'état de conscience**

### **4.1. Un manque d'harmonisation des évaluations**

Les moyens utilisés pour évaluer la poursuite visuelle dépendent des échelles comportementales. Dans la WHIM, l'évaluation se fait par suivi d'une personne sur l'axe horizontal (Shiel et al., 2000, p. 4). La WNSSP (Ansell & Keenan, 1989) propose l'utilisation d'un miroir, personne, photo ou objet pour le suivi sur l'axe horizontal et une photo et un objet pour l'axe vertical. Dans la SMART (Gill-Thwaites, 1997), axes horizontal et vertical sont évoqués par la poursuite d'un objet, d'une photo et de l'examineur. Dans la FOUR (Wijdicks et al., 2005), la poursuite visuelle est testée avec un objet ou un doigt en évaluant l'axe horizontal puis le vertical si rien n'est observé. Enfin, dans la CRS-R, les capacités visuelles du patient sont évaluées à l'aide d'un miroir placé à 10-15 cm du visage du patient. Pour la

poursuite visuelle, cet objet doit être déplacé du centre vers la gauche, la droite, le haut et le bas sur un angle de 45°. Cette tâche doit être répétée à deux reprises, pour un total de huit essais. La poursuite visuelle est considérée comme présente si le patient réussit au moins deux essais et suit le miroir de façon fluide, sans perte de contact. Concernant la fixation visuelle, le patient doit fixer un point au moins deux secondes, sur au moins deux essais sur quatre (Schnakers et al., 2008).

#### **4.2. Du miroir à l'eye-tracker**

Pour tenter d'harmoniser les modalités d'évaluation des capacités visuelles, des experts se sont réunis pour donner plusieurs recommandations (Kondziella et al., 2020; Overbeek et al., 2022). La fixation visuelle est jugée volontaire si elle dure plus de deux secondes au moins deux fois par évaluation. Concernant la poursuite visuelle, les études récentes montrent un intérêt majeur des stimuli autoréférentiels et notamment le propre reflet du patient. Thonnard et al. (2014) ont évalué la poursuite visuelle avec un miroir, une personne et un objet chez 51 patients ECM. 75% présentaient une poursuite visuelle. Parmi eux, 95% suivaient le miroir contre 66% pour la personne et 55% pour l'objet. Cette étude a été reproduite par Wannez et al. (2017) sur 88 patients ECM. Encore une fois, le miroir était le stimulus qui déclenchait une poursuite visuelle chez le plus grand nombre de patients (97%). Le caractère autoréférentiel est donc déterminant pour évaluer la poursuite visuelle.

De ce fait, les neurologues recommandent l'utilisation systématique du miroir dans l'axe horizontal et vertical pour juger des capacités de poursuite visuelle. L'évaluation doit être répétée plusieurs fois pour mettre en évidence un mouvement oculaire volontaire de plus de deux secondes.

Néanmoins, l'utilisation du miroir amène à une appréciation subjective du clinicien. Wannez et al. (2018) ont filmé et coté l'évaluation des mouvements oculaires de patients à leur chevet et ont fait analyser les vidéos par des experts. La comparaison des scores révèle 10% de réponses divergentes. Ainsi, l'évaluation de la poursuite visuelle, même par une personne expérimentée, n'est pas sans faille (Wannez et al., 2018). Cette étude confirme le besoin d'une mesure objective de la poursuite visuelle.

Afin d'y remédier, Overbeek et al. (2022) ont réuni 32 experts lors d'une étude Delphi à l'international pour trouver un consensus quant aux définitions et à l'évaluation de la poursuite et de la fixation visuelles chez les patients en ECA. Parmi les facteurs d'évaluation ayant eu le plus haut niveau de consensus, l'utilisation de dispositifs d'eye-tracking pour objectiver les mouvements oculaires est mise au premier plan.

### **B Utilisation de l'eye-tracker dans les ECA**

#### **1. Description du dispositif d'eye-tracking**

L'oculométrie (ou eye-tracking) est une méthode d'enregistrement des mouvements oculaires et de la position du regard (Carter & Luke, 2020). Ce système permet de mesurer, d'enregistrer et d'analyser les déplacements visuels pour déterminer l'ordre et la durée des points de fixation visuelle. Sous certaines conditions, il est ainsi possible de contrôler un ordinateur grâce aux mouvements des yeux. Un tel dispositif se compose d'une barrette constituée de caméras dotées de capteurs sensibles aux infrarouges, de diodes électroluminescentes émettant de la lumière non visible, ainsi que d'un processeur effectuant la majeure partie du traitement d'images.

Plusieurs techniques de captation du regard sont utilisées pour déterminer la position du regard (Blanc, 2017). Celle qui s'est imposée s'appuie sur le reflet cornéen. La direction du regard est alors mesurée en observant une image de l'œil, quels que soient les mouvements de tête (TechLab, 2021).

Les étapes de fonctionnement sont détaillées dans la Figure 5. Une fois les mouvements des yeux calculés, un pointeur apparaît sur l'interface. Le patient peut visualiser l'endroit où se pose son regard et ses déplacements visuels afin de sélectionner des pictogrammes ou icônes sur l'écran.

La précision de ces dispositifs n'a cessé de s'améliorer. Il y a plusieurs années, Harezlak et al. (2014) évoquaient des eye-trackers d'une précision de 1 à 2 degrés. Aujourd'hui, plusieurs appareils donnent une précision du regard inférieure à 1 degré.

Plusieurs types de dispositifs existent. Certains oculomètres sont portés par le patient et nécessitent un contact physique par l'intermédiaire d'un casque ou de lunettes. D'autres utilisent un capteur directement fixé sur l'écran de l'appareil. Dans le champ du handicap, le « capteur idéal devrait être non envahissant, le moins encombrant possible, facile à mettre en œuvre et à calibrer, fiable et d'un prix accessible » (Blanc, 2017; Pouplin, 2016). Si plusieurs eye-trackers sophistiqués sont très onéreux, de plus en plus d'outils se développent pour proposer des produits moins coûteux et tout aussi efficaces (Moujon, 2021; Weigle & Banks, 2008). Un dispositif posé sur ordinateur rassemble un écran de désignation, un capteur de mouvements oculaires et un logiciel d'application (Pouplin, 2016).

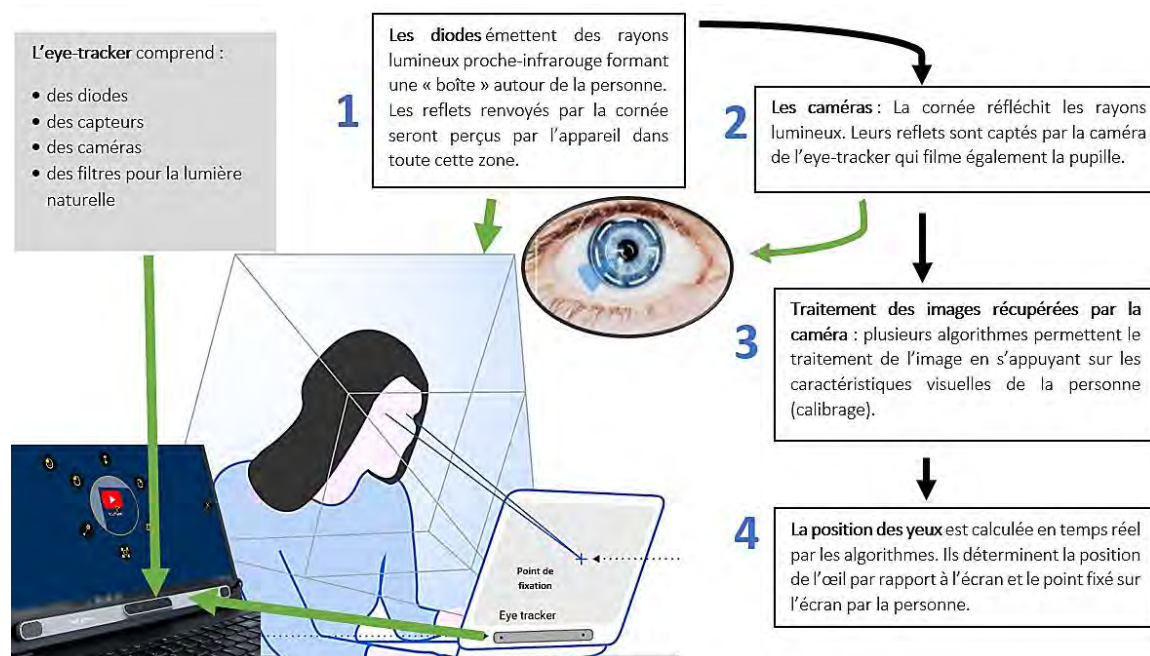


Figure 5 : Fonctionnement d'un dispositif d'eye-tracking posé sur ordinateur (adapté à partir de Bitbrain, 2020)

## 2. Utilisation de l'eye-tracker en orthophonie

L'eye-tracker se voit de plus en plus utilisé en recherche depuis ces vingt dernières années, notamment dans le domaine de la santé et des neurosciences (Carter & Luke, 2020). En orthophonie, plusieurs chercheurs ont étudié son apport dans l'évaluation des troubles du langage écrit, de l'autisme, ou encore de la surdité (Bucci et al., 2012; Petithomme, 2013; Falck-Ytter et al., 2013). Ce dispositif permet d'affiner les connaissances actuelles sur les stratégies de lecture ou encore d'étudier le balayage visuel des patients avec un trouble du spectre autistique pour en dégager leur manière de percevoir la scène visuelle et de traiter les informations environnementales.

Les oculomètres montrent un intérêt croissant pour tous les patients présentant un polyhandicap avec des difficultés motrices majeures. En effet, du fait de multiples atteintes, certains ne peuvent pas ou plus utiliser le pointage manuel. Ils se retrouvent dans l'impossibilité de parler pour des raisons neurologiques ou dans le cadre des soins intensifs (patients intubés ou sous respiration artificielle).

L'oculométrie leur donne la possibilité de communiquer par fixation visuelle afin de sélectionner des éléments sur une interface informatique. On parle d'interaction par fixation (Jacob, 1990; Schwab et al., 2020). Les recherches se multiplient alors pour évaluer leurs capacités cognitives et améliorer la communication avec leurs proches et toute l'équipe soignante par le biais de systèmes d'eye-tracking.

### **2.1. Utilisation de l'eye-tracker dans l'évaluation de patients présentant un polyhandicap**

Plusieurs chercheurs ont tenté d'adapter des bilans d'évaluation des capacités cognitives validés et largement utilisés en pratique courante comme la MoCa à l'aide d'un eye-tracker. En comparant les scores obtenus avec et sans eye-tracker chez des sujets sains, ils montrent des résultats similaires. Ainsi, l'évaluation neuropsychologique basée sur l'oculométrie qui privilégie un pointage visuel pourrait permettre d'explorer les fonctions cognitives de patients présentant des difficultés motrices et/ou verbales (Poletti et al., 2017). Ces mêmes études ont été reproduites auprès de patients avec troubles moteurs et/ou verbaux majeurs dus à une sclérose latérale amyotrophique ou à un Locked-In Syndrom. Elles ont alors mis en évidence l'intérêt de l'eye-tracker dans l'évaluation de leurs capacités cognitives et langagières. L'utilisation de l'oculométrie ne change en rien la fiabilité des résultats aux tests comme la MoCa et permet donc la pose d'un diagnostic tout aussi juste tout en s'adaptant aux difficultés motrices et verbales de ces patients (Poletti et al., 2017; Trojano et al., 2010).

Enfin, en 2018, un mémoire d'orthophonie a été réalisé sur l'adaptation d'une épreuve de compréhension orale, le MT86, avec ajout d'un eye-tracker auprès de patients en réanimation. Ces derniers peuvent présenter des déficits langagiers. Cependant, du fait de leurs difficultés à parler ou à pointer, les bilans orthophoniques avec désignation orale ou motrice ne peuvent leur être proposés. La faisabilité de la mise en place d'une telle évaluation en soins intensifs a ainsi été validée auprès de 36 patients. Cet outil de dépistage pourrait améliorer le repérage des patients à risque de difficultés de compréhension et démunis en termes de communication (Charuel, 2018).

### **2.2. Utilisation de l'eye-tracker comme outil de communication auprès de personnes présentant un handicap physique ou un polyhandicap**

La mise en place de l'eye-tracker dans des unités de soins intensifs auprès de patients intubés ou sous respiration artificielle est de plus en plus adoptée par les cliniciens (Bodet-Contentin et al., 2016; Ull et al., 2020). L'objectif est d'améliorer la communication durant cette période transitoire où la parole est entravée. L'eye-tracker a ainsi montré son utilité dans l'expression des besoins primaires et de la douleur du patient auprès du personnel soignant. Un tel dispositif a également permis de renforcer les échanges entre les patients, leurs proches et l'ensemble des soignants.

Dans le champ du polyhandicap, plusieurs applications pouvant être couplées à un eye-tracker ont vu le jour afin de mettre en place une communication alternative augmentée, de développer les pré-requis à la communication et de mobiliser les compétences cognitives des patients (Cenomy, 2021; Schwab et al., 2018). Ces dispositifs ont été testés chez des sujets tétraplégiques (van Middendorp et al., 2015), atteints d'une sclérose latérale amyotrophie (Linse et al., 2018; Spataro et al., 2014) ou d'un Locked-in Syndrom (Trojano et al., 2009; Yumang et al., 2020). Les résultats sont unanimes : la mise en place d'un eye-tracker permet de communiquer jusqu'à très tard dans le développement de certaines maladies et améliore l'autonomie et la qualité de vie des patients.

## **3. Utilisation de l'eye-tracker dans le cadre des ECA**

### **3.1. Intérêt dans l'objectivation des capacités visuelles chez les ECA**

Les recherches se sont multipliées afin de mettre au point un système d'eye-tracking permettant d'objectiver les capacités visuelles des patients en ECA.

Un premier système non invasif relié à un ordinateur a été proposé à 18 patients. Deux stimuli en mouvement ont été testés, dont l'un porteur de sens. En cohérence avec les critères de diagnostic, il a été alors montré que les patients en ECM fixaient davantage la cible que les patients SENR. De plus, les patients en ECM avaient tendance à fixer les stimuli porteurs de sens (Trojano et al., 2012). Les mêmes auteurs ont ensuite ajouté aux stimuli le visage d'un proche. A nouveau, le nombre de fixations sur la cible était supérieur chez les ECM qui étaient plus attirés par le visage familier du proche. Ceci confirme l'intérêt d'utiliser des stimuli porteurs de sens, à valeur émotionnelle (Trojano et al., 2013).

Pour une évaluation à plus grande échelle, Wannez et al. (2017) ont utilisé une paire de lunettes avec une caméra pour enregistrer la passation et les déplacements d'un miroir face au patient. Les mouvements oculaires étaient quant à eux enregistrés via une seconde caméra infrarouge. La CRS-R a été proposée et la mise en place d'un algorithme a permis de catégoriser chaque mouvement oculaire des 31 patients de l'échantillon en scorant « réussi » ou non selon la corrélation entre les mouvements du miroir et ceux de l'œil du sujet. Les résultats obtenus ont ensuite été comparés à ceux donnés par des experts ayant analysé les vidéos de l'évaluation. Les résultats montrent une corrélation parfaite entre les scores et soulèvent l'efficacité de l'évaluation objective de la poursuite visuelle.

Au vu de ces études, l'eye-tracker se révèle être un outil fiable pour tenter d'objectiver les capacités visuelles des patients ECA et ainsi de participer à un diagnostic médical de l'état de conscience (Overbeek et al., 2022; Trojano et al., 2012; Wannez, 2018). Ce dispositif permettrait une évaluation objective, plus précise et efficace à l'aide d'un outil transportable, facilement accessible et interprétable par l'ensemble de l'équipe soignante (Ting et al., 2014). De ce fait, l'eye-tracking tend à se développer dans l'évaluation des capacités langagières et cognitives des patients en ECA.

### **3.2. Intérêt dans l'évaluation des capacités cognitives et langagières et la prise en soins des patients en ECA**

Kwiatkowska et al. (2019) ont évalué les capacités de compréhension écrite de 50 patients en ECM à l'aide d'une commande oculaire. Pour ce faire, l'équipe a mis en place neuf épreuves informatisées présentées sur un écran relié à un eye-tracker. Les épreuves se composaient entre autres d'une lecture de syllabes, de mots isolés, de phrases et d'un texte (une phrase est énoncée oralement et le patient doit retrouver sa forme écrite parmi quatre propositions), une tâche d'arrangement de mots afin de former une phrase et d'une tâche de décision orthographique (retrouver la bonne orthographe d'un mot parmi trois propositions). 86% des patients ont montré des capacités de lecture de mots isolés et 80% ont pu lire et sélectionner la bonne phrase écrite parmi plusieurs propositions. Enfin, la moitié des participants a pu pointer une lettre intruse dans un mot écrit. Cette étude montre un fort intérêt de l'eye-tracker dans l'évaluation des patients en ECA et a permis de mettre en évidence des capacités de compréhension écrite chez de nombreux patients.

De la même manière, Lech et al. (2019) ont imaginé cinq tâches faisant appel à de la reconnaissance de mots et de phrases écrites énoncées oralement, d'images, de chiffres et la réponse à des questions à réponse « OUI/NON ». Ils ont utilisé un dispositif Tobii et ont montré des résultats très prometteurs auprès de patients diagnostiqués en SENR ou ECM. Sur les 10 patients évalués, 6 ont réussi au moins une des tâches. Parmi eux, l'un était diagnostiqué SENR et l'autre dans le coma. Pourtant chacun d'eux a pu effectuer au moins une tâche correctement. Les auteurs font également remarquer la présence de troubles visuels chez un patient qui a entravé la passation des épreuves, mais ne l'a pas empêché d'en réussir deux. Les difficultés visuelles peuvent donc entraver l'évaluation

de la compréhension des patients en ECA, mais sont fluctuantes et ne doivent pas constituer un critère d'exclusion systématique. L'utilisation de l'eye-tracker a donc permis d'affiner le diagnostic d'état de conscience. Ce dispositif semble améliorer la fiabilité de l'évaluation des patients en ECA.

L'eye-tracker est également utilisé dans la prise en charge des patients ECA, présentant bien souvent une tétraplégie et une anarthrie, afin d'améliorer leur communication et leurs capacités cognitives (Trojano et al., 2009). En 2020, une équipe polonaise (Kujawa et al., 2021) a évalué l'efficacité d'un programme de réhabilitation cognitive utilisant un dispositif d'eye-tracking. Six patients avec un SENR ont suivi ce programme pendant un an. L'outil utilisé était le C-eye system. Ce dispositif a fait l'objet de plusieurs publications visant à le valider scientifiquement (Kunka et al., 2010; Kunka & Kostek, 2012). La réhabilitation était proposée par un orthophoniste sur des sessions de 60 min. Ce programme consistait en un entraînement sur cinq tâches langagières avec une évaluation des performances à un mois, six mois et 12 mois. On y retrouvait une tâche de compréhension orale de mots isolés, de phrases, ainsi que des exercices de compréhension écrite.

Aucune amélioration significative des performances n'a pu être démontrée du fait de grandes fluctuations des scores d'une session à l'autre. Cependant, cette étude a remis en cause le diagnostic d'état de conscience des patients. En effet, tous ont été capables de réaliser au moins une des tâches.

L'ensemble de ces études montrent un réel intérêt de l'eye-tracker dans l'amélioration de la fiabilité des évaluations de la conscience et des capacités cognitives et langagières. Cependant, elles restent trop peu nombreuses et aucune n'a tenté de comparer les scores des patients avec et sans l'oculométrie afin d'en révéler ses apports cliniques.

## PROBLEMATIQUE

Nombre de cliniciens privilégient une évaluation comportementale chez les patients en ECA. Or, ce type d'évaluation engendre d'importantes erreurs de diagnostic ayant des répercussions sur le pronostic et la prise en soins des patients. Celles-ci sont en grande partie imputables à l'implication du langage dans les échelles comportementales, engendrant une sous-estimation du niveau de conscience. Si les ECA présentent des troubles langagiers majeurs, certains semblent posséder de réelles capacités de compréhension phonologiques, sémantiques et syntaxiques. Évaluer la compréhension paraît alors essentiel afin d'améliorer le diagnostic et le suivi des patients.

La BERA apparaît comme l'outil le plus pertinent et adapté aux ECA afin d'évaluer leurs capacités de compréhension orale en s'appuyant sur la fixation visuelle. Cependant, malgré sa robustesse, ce test présente plusieurs limites. En effet, si les capacités visuelles revêtent un intérêt certain pour détecter les premiers signes de conscience et se présentent comme un moyen privilégié dans l'expression de capacités langagières, leur évaluation est difficile et sujette à l'interprétation. L'utilisation d'un eye-tracker visant à évaluer de manière précise et objective les mouvements oculaires semble alors des plus intéressante pour améliorer la sensibilité et la fiabilité de la BERA.

Ce mémoire s'inscrit dans un projet de validation de la BERA avec ajout d'un eye-tracker (BERA-ET) afin d'obtenir une évaluation plus objective et fiable, utilisable en pratique clinique orthophonique. Pour ce faire, il est dans un premier temps nécessaire de comparer les résultats à la BERA avec ceux de la BERA-ET pour juger de l'apport de ce dispositif. Néanmoins, avant de pouvoir réaliser toute expérimentation sur un groupe de patients, il convient de développer la BERA-ET et d'évaluer la faisabilité de notre outil. Notre problématique est donc la suivante : *L'informatisation de la BERA par*

*l'ajout d'un eye-tracker (BERA-ET) est-elle faisable pour une utilisation courante en pratique clinique auprès des patients en ECM et EECM afin d'évaluer la compréhension orale ?*

Le premier objectif de notre étude est **l'adaptation de la BERA** en version informatisée, avec ajout d'un dispositif d'eye-tracking. Le second objectif est de **vérifier la faisabilité** de la mise en place de cet outil en pratique clinique courante en interrogeant un jury de professionnels experts.

## **HYPOTHESE PRINCIPALE : la Faisabilité**

**Hypothèse 1** : L'information de la BERA par l'ajout d'un eye-tracker (BERA-ET) est faisable pour une utilisation courante en pratique clinique auprès des patients en ECM et EECM afin d'évaluer la compréhension orale.

## **HYPOTHESES OPERATIONNELLES**

Pour que notre outil puisse être mis en place en pratique courante, un certain nombre de critères sont nécessaires à prendre en compte **en termes de format et de contenu** avant d'envisager leur utilisation. Nous avons choisi dans notre cahier des charges plusieurs critères de faisabilité à partir desquels nous avons formulé les hypothèses suivantes :

**Hypothèse 2** : Le protocole d'évaluation est applicable en **termes de contenu**.

- *Sous-hypothèse 1 : Le protocole inclut un contenu clair pour le clinicien*
- *Sous-hypothèse 2 : Le protocole inclut un contenu pertinent pour le clinicien*
- *Sous-hypothèse 3 : Tous les éléments du protocole sont utiles au clinicien*

**Hypothèse 3** : Le protocole d'évaluation est applicable **en termes de forme**.

- *Sous-hypothèse 1 : La BERA-ET est réalisable en termes de durée (accessibilité temporelle).*
- *Sous-hypothèse 2 : Le protocole et l'outil sont faciles d'utilisation pour le clinicien.*
- *Sous-hypothèse 3 : La BERA-ET prend en compte les nombreuses comorbidités des patients en ECA en individualisant certains éléments de la passation.*
- *Sous-hypothèse 4 : La BERA-ET limite les distracteurs susceptibles de nuire à l'évaluation.*
- *Sous-hypothèse 5 : L'outil permet une évaluation objective des fixations visuelles.*
- *Sous-hypothèse 6 : La BERA-ET prend néanmoins en compte le facteur humain.*
- *Sous-hypothèse 7 : La répétition des mesures est faisable à l'aide du protocole et de l'outil proposés.*

## METHODE

Pour répondre aux hypothèses citées précédemment, la méthodologie envisagée comprend différentes étapes. Ainsi, le design de notre étude est le suivant :

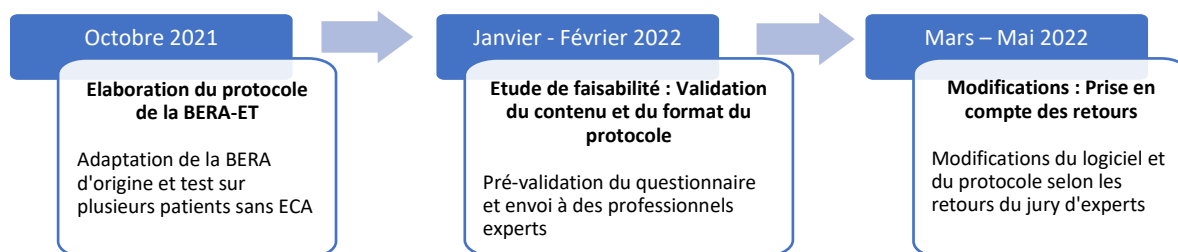


Figure 6 : Design de l'étude

### I. POPULATION

#### A Méthode de consensus par panel d'experts

Afin d'étudier la faisabilité d'un protocole, il est nécessaire que notre outil fasse consensus auprès de professionnels experts dans le domaine visé. Pour cela, il convient de l'évaluer en termes de contenu et de format (IRDP, 2017; Locquet et al., 2021; Morkink et al., 2010). Plusieurs méthodes de consensus sont décrites dans la littérature dont la méthode Delphi (Letriliart & Vanmeerbeek, 2011). Nous nous sommes appuyés sur cette dernière pour construire les étapes du processus méthodologique. Cette méthode a pour but de mettre en évidence des convergences d'opinions et de dégager un consensus sur des sujets précis grâce à la consultation d'experts à travers des questionnaires autoadministrés successifs. La procédure est interrompue lorsqu'une convergence d'opinions est atteinte. Cette méthode n'est pas communément utilisée pour valider un outil (Booto Ekionea et al., 2011; Letriliart & Vanmeerbeek, 2011) et nous ne prétendons pas directement la mettre en œuvre dans notre étude. Certains auteurs soulèvent néanmoins son application pour juger de la pertinence d'un outil en termes de faisabilité ou d'acceptabilité, ainsi que pour des tests d'utilisabilité en questionnant des « testeurs » d'un projet en développement (Letriliart & Vanmeerbeek, 2011; ORSAS, 2009). Nous nous y sommes appuyés afin de nous inscrire dans un cadre méthodologique rigoureux et scientifiquement étayé.

#### B Sélection des experts

La première étape de la méthode par consensus d'experts est la sélection des experts. Pour cela, il convient de définir des critères de sélection et de débiter une phase de recrutement.

##### 1. Critères de sélection

Dans ce mémoire, les critères de sélection sont la profession (orthophoniste, neuropsychologue, ergothérapeute ou orthoptiste), la langue parlée (francophone) et le type d'expertise (patients en ECA et/ou utilisation de dispositifs d'eye-tracking auprès de patients en situation de polyhandicap).

La circulaire de 2002 ayant permis la création des unités dédiées EVC-EPR recommande que les patients en ECA soient « pris en charge par une équipe pluridisciplinaire spécialisée comprenant [...], ergothérapeutes, orthophonistes, psychologues [...] » (BO, 2002). De plus, la mise en place d'un eye-tracker demande l'investissement de plusieurs rééducateurs. De ce fait, différents professionnels ont



été inclus dans cette étude pour nous permettre d'obtenir plusieurs regards et points de vue sur notre outil en mobilisant les compétences de chacun.

Nous avons choisi en plus d'interroger des **orthophonistes**, d'inclure des **neuropsychologues**. En effet, le nombre d'orthophonistes sur terrain pouvant évaluer les capacités langagières des patients en ECA est très réduit. Dans plusieurs structures de soins, ce sont les neuropsychologues qui bilantent les patients. Ces professionnels ont des connaissances croisées de processus cognitifs, neurologiques, comportementaux et psychiques mis en jeu dans cette population. Ils participent également à l'évaluation de l'état de conscience et sont formés à l'utilisation d'échelles comportementales spécifiques (Stéphan et al., 2017; Wilson et al., 2007).

Les **ergothérapeutes** ont été choisis pour leurs connaissances en termes de positionnement de la personne avec polyhandicap et de cadre environnemental et technique nécessaires lors de l'évaluation d'un patient en ECA. Plusieurs d'entre eux ont également une expertise dans l'utilisation des eye-trackers couplés à un outil d'évaluation ou de rééducation (position de l'appareil par rapport au patient, ergonomie de l'outil informatique utilisé) (Cauchebras, 2016; Munday, 2005; Séjean, 2020).

Les **orthoptistes** nous ont paru essentiels à ajouter au jury d'experts pour leurs connaissances sur les troubles visuels et neuro-visuels, leurs impacts sur l'utilisation de dispositifs d'eye-tracking, et les adaptations pouvant être proposées (sur la position de l'appareil et du patient évalué, l'aspect des images présentées...) (Blanc, 2017). Cependant, après avoir contacté plusieurs centres de formation et structures de soins, il est apparu que le nombre d'orthoptistes travaillant auprès de patients en ECA est très limité. De ce fait, nous avons inclus des orthoptistes experts dans l'utilisation des eye-trackers auprès d'une population en situation de polyhandicap sans spécialisation dans les ECA.

Nous n'avons pas déterminé d'année d'exercice minimal pour obtenir un maximum de réponses au vu du nombre limité de professionnels. Cependant, ce critère sera pris en compte dans l'élaboration du questionnaire et dans l'analyse des réponses.

## **2. Recrutement des experts**

Aucun consensus n'existe quant au nombre de participants requis lors d'une étude faisant appel un panel d'experts. L'objectif n'est pas de constituer un groupe représentatif de la population mais d'obtenir le plus d'avis possible afin de dégager un consensus. Le nombre de participants nécessaire reste donc limité et ne dépasse pas 60 dans de nombreuses publications (Letrillart & Vanmeerbeek, 2011). Certains recommandent un minimum de 10 à 15 voire 18 experts (Bourrée et al., 2008; Hasson et al., 2000; Letrillart & Vanmeerbeek, 2011; Okoli & Pawlowski, 2004). Nous nous sommes donc fixés comme objectif de recruter au moins 15 experts toutes professions confondues.

Pour cela, nous avons choisi de diffuser une annonce sur les réseaux sociaux. Nous avons également échangé avec le référent France Traumatisme Crânien d'Occitanie et les différents centres de formation d'orthoptie de France, ainsi que le Coma Science Group de Liège, centre référent dans l'étude de la conscience. Enfin, nous avons contacté par email et par téléphone des structures médico-sociales et hospitalières ainsi que des professionnels libéraux susceptibles d'accueillir ou de prendre en soins des patients en ECA. Après avoir établi une liste d'experts et de structures de soins potentiels, nous les avons contactés pour les inviter à participer à notre étude (Booto Ekionea et al., 2011).

## **II. MATERIEL : Elaboration du protocole d'évaluation de la BERA-ET**

Le premier objectif de notre étude est l'adaptation de la BERA actuelle afin de pouvoir y ajouter un dispositif d'eye-tracking. L'évaluation ainsi conçue a été nommée « BERA-ET ».

## A Matériel de référence

Notre étude s'appuie sur la Brief Evaluation of Receptive Aphasia (BERA). Cette batterie d'évaluation de la compréhension orale a été conçue par Charlène Aubinet au sein de l'équipe du Coma Science Group de Liège (2021). Le test a été validé en langue française sur 52 patients aphasiques sans trouble de la conscience et pré-validé sur 4 patients présentant un état de conscience altérée.

La BERA permet une évaluation des capacités langagières des patients en ECM et EECM. Basée sur le modèle de Patterson et Shewell (1987), elle amène le clinicien à rendre compte des capacités phonologiques, sémantiques et morphosyntaxiques du patient en réception. Elle s'appuie sur la fixation visuelle d'une image cible parmi deux images (cible et distracteur).

### 1. Composition de la BERA

La BERA se compose de deux versions avec au total 60 dessins linéaires représentant 30 items cibles et leur distracteur associé, soit pour chaque version 10 items avec cible phonologique (mots unisyllabiques « consonne-voyelle »), 10 items avec cible sémantique et 10 items avec cible morphosyntaxique. Le test différencie les items simples et complexes selon la proximité phonologique, sémantique ou morphosyntaxique entre la cible et le distracteur (Figure 7).

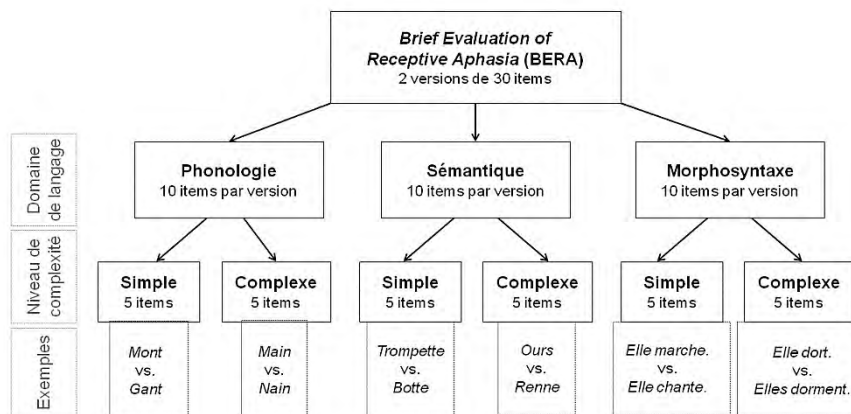


Figure 7 : Répartition des items de la BERA (adapté de Aubinet, 2021)

Les items proposés sont inspirés d'autres batteries d'évaluation ou tests pré-existants : l'Examen Long du Langage ou UCL/ULiège (Van Der Kaa & de Partz, 1988), la Lexis (de Partz de Courtray et al., 2001) et le protocole Montréal-Toulouse (Nespoulous, 1992).

- *Evaluation des compétences en discrimination phonologique* : distracteurs neutres n'ayant aucun phonème en commun avec l'item cible (« mie / fée ») et distracteurs proches phonologiquement de l'item cible avec variation d'une consonne ou d'une voyelle (« nain / main »).
- *Evaluation sémantique* : distracteurs neutres (« trompette / pantalon ») ou distracteurs proches sémantiquement (« cabane / igloo »)
- *Evaluation morphosyntaxique* : phrases sémantiquement différentes (« Elle rit / Elle pense ») et variations morphosyntaxiques concernant la voie, la réversibilité du verbe, le nombre, la préposition de lieu, le déterminant du sujet / complément (« Tous les chats sont gris » / Certains chats sont gris »)

## 2. Procédure d'après Aubinet et al. (2021)

Pour chaque item, on présente au patient deux images, à gauche et à droite du visage de l'examineur. S'en suivent trois phases : une phase de balayage visuel où l'on demande au patient de regarder les deux images afin de s'assurer que les deux dessins ont été pris en compte, une phase pour recentrer son regard et une phase d'énonciation de l'item cible. Les consignes sont précisées dans la Figure 8.

Pré-requis : Capacité de fixation visuelle telle qu'évaluée à l'aide d'une échelle standardisée et validée (CRS-R, SECONDS)

Protocole :

1. Placer les 2 images face au patient, à environ 40 cm de son visage et espacées d'environ 30 cm
2. Demander au patient de regarder les deux images et veiller à ce que son regard les balaye toutes les deux
3. Recentrer son regard sur le visage de l'examineur situé entre les deux images
4. Demander au patient de fixer visuellement la cible prononcée à voix haute (« regardez/fixez ... »)
5. Nécessité d'une fixation visuelle  $\geq 2$ sec d'une des deux images pour qu'elle soit comptabilisée

Répéter la procédure pour chaque item.

En cas de somnolence, stimuler le/la patient/e de manière auditive ou tactile et interrompre l'examen si nécessaire pour lui permettre de se reposer.

Evaluation de la compréhension de mots exclusivement (phonologie et sémantique), puis de la compréhension de phrases si le patient fixe correctement au moins la moitié des cibles.

Critère d'arrêt : aucune fixation (correcte ou erronée) pour les 5 premiers items.

Durée de passation estimée : entre 20 et 30 minutes selon l'état du patient

Figure 8 : Procédure de la BERA d'après Aubinet (2021)

## 3. Cotation

Pour chaque item, la fixation visuelle est jugée correcte, erronée (E, regard vers le distracteur), hésitante (H, fixer un peu les deux images) ou aléatoire (A, regarder ailleurs). Un point est accordé si l'image cible a été correctement désignée. La présence de deux cotateurs est recommandée.

Plusieurs sous-scores sont obtenus selon le domaine linguistique (phonologie, sémantique, morphosyntaxe), la difficulté des items proposés (items simples ou complexes), la fréquence des mots présentés (haute ou basse fréquence des mots de la sous-échelle sémantique), ainsi que la place de l'item cible par rapport au patient (gauche, droite). Si le patient obtient un score inférieur à 10/20 à la compréhension de mots, l'épreuve de compréhension morphosyntaxique ne sera pas proposée. La répartition des scores selon le degré de complexité des items est présenté dans le Tableau 1.

	Phonologie	Sémantique	Morphosyntaxe
Items simples	/5	/5	/5
Items complexes	/5	/5	/5
Total par domaine	/10	/10	/10
Total compréhension de mots	/20		
<b>Total compréhension de mots et de phrases</b>	<b>/30</b>		

Tableau 1 : Exemple de cotation de la BERA par complexité des items

### B Elaboration du cahier des charges : Critères de faisabilité

Notre objectif est d'adapter un matériel de référence, la BERA, sous format informatisé en ajoutant un eye-tracker afin d'obtenir un outil plus fiable et objectif. Pour cela, nous avons conçu un logiciel adapté à un dispositif d'eye-tracking (BERA-ET), dont le fonctionnement est en partie automatisé pour gagner en objectivité. Certains éléments sont cependant gérés par le thérapeute afin de prendre en

compte son regard et son expertise clinique. Nous passons donc d'une évaluation manuelle réalisée par un humain, à une évaluation semi-automatisée qui modélise son comportement.

Afin d'élaborer la BERA-ET et pour que l'outil soit réalisable et applicable cliniquement auprès des patients en ECA, plusieurs critères ont été dégagés de la littérature scientifique et de l'expérience clinique sur le terrain. Ces critères constituent un support essentiel aux informaticiens pour concevoir le logiciel. Ils s'appuient sur notre matériel de référence, la BERA, et ont été répartis selon qu'ils concernent le contenu ou la forme de l'outil.

## FORME

---

- ✓ **Accessibilité temporelle** : la durée du test et de sa prise en main doivent être adaptées à la réalité du terrain. Le thérapeute doit savoir rapidement manipuler l'outil. La durée de l'évaluation doit s'adapter aux patients chez qui les fluctuations du niveau d'éveil et la fatigabilité sont importantes (Aubinet et al., 2021; Edlow et al., 2017; Vanhauzenhuyse et al., 2007; Wolff et al., 2018).
- ✓ **Facilité d'utilisation et de manipulation** : L'état des lieux de l'utilisation de l'eye-tracker chez les orthophonistes réalisé par Tourtel (2021) met en évidence un moindre investissement de l'outil du fait d'une appréhension quant à son utilisation. Notre test doit donc être facilement manipulable sans qu'une formation spécifique soit nécessaire afin qu'il soit aisément applicable en pratique courante.
- ✓ **Adaptabilité – Prise en compte des comorbidités** : Les comorbidités sont nombreuses chez les patients en ECA (B. Zhang et al., 2021). Les troubles visuels et oculomoteurs influencent les capacités de fixation et de poursuite visuelles (Overbeek et al., 2018) et donc toute évaluation avec un eye-tracker. Les troubles attentionnels peuvent également interférer avec les évaluations (Aubinet, Chatelle, Gillet, et al., 2021; Edlow et al., 2017). Chaque patient aura des capacités visuelles, auditives, motrices différentes et plus ou moins entravées. Pour une évaluation fiable, il convient de prendre en compte ces particularités individuelles et de pouvoir s'y adapter.
- ✓ **Environnement propice – Limitation des distracteurs** : L'environnement dans lequel se trouve le patient lors de l'évaluation est important. Il est recommandé de se placer dans un endroit lumineux (en veillant à ce que l'écran ne reflète pas l'environnement) et calme (Overbeek et al., 2022). Les distracteurs comme des bruits parasites doivent être limités (Wolff et al., 2018) car ils peuvent perturber le patient et jouer sur ses capacités attentionnelles (Giacino et al., 2002).
- ✓ **Objectivité de l'évaluation des fixations visuelles** : « L'évaluation de la réponse visuelle repose sur l'observation clinique, et est donc plus susceptible d'être biaisée par la subjectivité et les erreurs humaines. » (Wannez, Hoyoux, et al., 2017) ; « L'utilisation d'un dispositif d'eye-tracking devrait être testée pour obtenir des mesures objectives de la fixation visuelle dans cette population à profil complexe » (Aubinet, Chatelle, Gillet, et al., 2021).
- ✓ **Prise en compte du facteur humain** : Malgré un besoin d'objectivité, les patients en ECA présentent une sensibilité aux contenus émotionnels dont les voix familières et la prosodie (Kotchoubey et al., 2009; Wolff et al., 2018). Une plus grande implication peut être observée sur le terrain si le patient connaît bien son thérapeute (Boissel, 2018; Giacino et al., 2002). Il est également nécessaire d'encourager les patients, de leur expliquer les objectifs des épreuves proposées et de prendre en compte leurs fluctuations importantes en temps réel pour un feedback immédiat sur leurs productions (Gosseries et al., 2014), ce que ne peut pas faire une machine.

- ✓ **Répétabilité des mesures** : Au vu des fluctuations attentionnelles et d'état d'éveil des ECA, il est « vivement conseillé de répéter les évaluations comportementales afin d'obtenir un diagnostic fiable » (Wolff et al., 2018) et de limiter les erreurs de diagnostic. On recommande de faire des mesures à plusieurs moments de la journée et sur des jours différents (Gosseries et al., 2014; Kondziella et al., 2020; Rohaut et al., 2019; Royal College of Physicians, 2020).

## CONTENU

---

- ✓ **Clarté du protocole pour le thérapeute** : Donner des informations claires est essentiel pour que l'évaluation soit correctement réalisée et réponde aux objectifs d'élaboration de l'outil.
- ✓ **Pertinence des éléments du protocole** : Les éléments du protocole doivent être pertinents, c'est-à-dire faire référence à l'état des connaissances et au savoir-faire par rapport au sujet de recherche (Simonnot, 2002).
- ✓ **Utilité des éléments du protocole** : Il convient de n'inclure que les éléments les plus utiles pour l'évaluateur sans le surcharger (Simonnot, 2002). Wilson et al. (2007) ont interrogé orthophonistes et neuropsychologues et mettent en évidence un manque de connaissance des définitions des ECA et de la différence entre SENR et ECM. Or, selon Gosseries et al. (2014) et Wolff (2018), tout professionnel évaluant des patients en ECA doit connaître les termes actuels et leurs définitions.

A partir de l'ensemble de ces critères, un cahier des charges a été élaboré (Annexe 6). Les éléments identiques à la BERA y sont en **couleur**. Ces critères ont été respectés lors de la conception de notre outil et ont été par la suite évalués par un ensemble de professionnels experts.

Remarque : La BERA propose deux versions de l'évaluation contenant chacune des items similaires et des items différents. Pour des raisons de simplicité du logiciel, nous avons choisi de ne pas générer une présentation aléatoire des items à chaque nouvelle évaluation. Deux jeux de tests ont été prédéfinis de manière aléatoire, et fixés dans le cahier des charges.

### C Mise en œuvre du cahier des charges

Afin de répondre au cahier des charges et de concevoir la BERA-ET, plusieurs supports ont été élaborés.

1. Le logiciel de la BERA-ET, en collaboration avec le laboratoire informatique de Grenoble
2. Des documents annexes nécessaires à la compréhension du logiciel et à sa bonne utilisation :
  - **Le Protocole d'évaluation de la BERA-ET** : resitue l'élaboration de la BERA-ET dans le contexte scientifique actuel et explicite le fonctionnement du logiciel et le déroulement de l'évaluation.
  - **Le Cahier de passation / Feuilles de passation** : supports nécessaires à l'évaluateur pour repérer les items cibles au cours du test et pour coter les résultats lors de la passation.
  - **Le Tableau récapitulatif des eye-trackers** : donne des informations clés dans l'utilisation d'un eye-tracker selon le fournisseur.
  - **La Fiche synthèse sur le Tobii eye 5** : fiche technique d'un type d'eye-tracker, manquant dans les fiches techniques actuellement disponibles sur le web.

#### 1. Protocole d'évaluation de la BERA-ET

Le protocole de la BERA-ET s'appuie sur celui de la BERA. Nous avons cependant ajouté plusieurs parties permettant de mieux appréhender le contexte d'élaboration de l'outil et de préciser le déroulement de l'évaluation.

- **Rappel théorique :**
  - Éléments de terminologie des ECA et tableau récapitulatif des signes de conscience.
  - Synthèse sur l'évaluation actuelle de l'état de conscience afin que l'évaluateur puisse savoir où trouver les informations relatives aux bilans de la conscience réalisés auprès de ses patients et qu'il puisse connaître quel test peut être utilisé pour le déterminer si cela n'a pas été fait.
  - Résumé des connaissances sur les capacités langagières et présentation des modèles cognitifs de la compréhension orale de mots (Patterson et Shewell, 1987) et de phrases (Saffran et al., 1992).
- **Informations sur le système d'eye-tracking ou « Commande oculaire » :** permet aux cliniciens ne connaissant pas ce dispositif d'en comprendre le fonctionnement général et d'avoir un aperçu des domaines d'application et intérêts du système.
- **Contexte d'élaboration du protocole**
- **Objectifs et prérequis à l'évaluation**
- **Conditions de passation :** matériel, patients cibles, déroulement de l'évaluation

## 2. Cahier de passation / Feuilles de passation

Un cahier de passation a été conçu et contient les deux versions de la BERA. L'ordre des items de chaque domaine a été généré aléatoirement par randomisation pour chaque version de la BERA afin d'éviter tout biais de présentation. La première étape du protocole permet d'évaluer la compréhension de mots et réunit les items « phonologie » et « sémantique ». La deuxième étape n'est présentée que si le patient obtient un score supérieur à la moitié à la compréhension de mots (score  $\geq 10$ ). Elle permet l'évaluation de la compréhension de phrases.

On retrouve dans ce cahier les consignes de passation, les critères d'arrêt de l'évaluation et deux grilles de notation pour la compréhension de mots et de phrases. Par rapport à la BERA, une colonne « Fixations visuelles significatives, non prises en compte par l'eye-tracker » a été ajoutée afin que le thérapeute puisse attribuer un point s'il juge les fixations visuelles significatives, pourtant non prises en compte par le logiciel.

## 3. Tableau récapitulatif des eye-trackers

Afin d'aider le thérapeute dans la mise en place d'un eye-tracker, un tableau synthétique récapitulant la distance nécessaire entre l'appareil et le visage de la personne, le positionnement de l'appareil et le logiciel de calibrage préconisé pour plusieurs eye-trackers a été élaboré (Annexe 7).

## 4. Fiche synthèse du Tobii eye 5

Le protocole de la BERA-ET contient un lien vers plusieurs fiches techniques de différents eye-trackers réalisées par le service TechLab, au sein de l'Association des Paralysés de France (APF). Afin de compléter cette liste, nous avons conçu une fiche technique sur l'eye-tracker Tobii 5, dispositif très utilisé par les professionnels au vu de son faible coût (Annexe 8).

## 5. Logiciel de la BERA-ET

Le logiciel de la BERA-ET a été élaboré grâce à une équipe d'informaticiens, en s'appuyant sur le cahier des charges précédemment cité. Les items de la BERA ont été intégrés au logiciel « GazePlay » déjà existant qui rassemble plusieurs activités adaptées à l'utilisation d'un eye-tracker (Schwab et al., 2018). Il s'adresse aux patients en situation de polyhandicap pouvant interagir préférentiellement par

le regard. Nous nous sommes appuyés sur l'une des activités déjà conçues par Schwab et al., construite sur la fixation d'une image cible parmi quatre propositions.

Le logiciel se compose des deux versions de la BERA. L'ordre des items a été déterminé aléatoirement à l'avance. Pour chaque version, deux sous-tests sont proposés : la compréhension de mots (domaines phonologique et sémantique) et la compréhension de phrases (domaine morphosyntaxique). Le logiciel se compose des 60 dessins de la BERA représentant 30 items cibles et distracteurs, soit 10 pour chaque sous-test de chaque version. Le test différencie les items simples et complexes selon la proximité phonologique, sémantique ou syntaxique entre la cible et le distracteur.

L'objectif à long terme est de nous appuyer sur la BERA et de comparer les résultats avec et sans eye-tracker pour juger de l'intérêt d'un tel dispositif. De ce fait, trop de modifications par rapport à la version d'origine pourrait entraîner de nombreux biais et entraverait l'analyse des résultats. Pour cela, plusieurs critères ont été conservés, notamment les dessins. Certains éléments ont dû néanmoins être adaptés voire ajoutés du fait de l'ajout d'un eye-tracker et du caractère informatisé de l'évaluation.

#### **a) Etape de balayage visuel (Figure 9)**

Pour chaque item, un balayage visuel des deux images est demandé pour s'assurer de la prise en compte de l'ensemble de la scène visuelle. Un « timer » (rond jaune) ainsi qu'un feed-back permanent (point noir) apparaissent lorsque chaque image a été fixée 0.5 secondes. Il permet à l'évaluateur d'être sûr que chaque dessin a été perçu avant d'énoncer l'item cible. Les 0.5s correspondent au temps minimal nécessaire pour accéder à une information perçue visuellement (Tullis & Albert, 2013).

#### **b) Etape de repositionnement du regard et énonciation de l'item cible (Figure 9)**

Lorsque le patient a fixé chacune des images 0.5 sec, un écran noir avec un carré blanc en son centre apparaît automatiquement. L'évaluateur devra alors énoncer l'item cible. Cette étape permet de repositionner le regard du patient afin qu'il ne démarre pas son exploration visuelle et qu'il ne reste pas focalisé au niveau de l'item précédemment sélectionné. Elle donne également le temps au cotateur d'énoncer chaque consigne. Enfin, elle permet d'être au plus proche de la BERA d'origine où l'on demande au patient de regarder l'examineur afin de recentrer son regard (impossible sur écran).

**Paramètres :** Cette étape est paramétrable en termes d'automatisation (mode manuel ou automatique) et de durée de présentation de l'écran noir :

- Soit la passation est manuelle : la page reste affichée tant que l'évaluateur n'aura pas choisi de passer à l'étape suivante en cliquant sur l'une des flèches du clavier.
- Soit la passation est automatique : la page est affichée un certain temps réglable dans les paramètres, avant de passer automatiquement à l'étape suivante.

#### **c) Etape de fixation de l'item cible (Figure 9)**

Une fois l'item cible énoncé, une fixation de deux secondes est requise pour que l'item soit validé. Cette fixation est visualisée par un « timer » (rond ou barre de progression jaune). Le passage d'un item à un autre se fait automatiquement en cas de fixation visuelle de durée suffisante. Si aucune fixation n'est réalisée pendant 10 secondes, l'évaluateur est invité à répéter l'item cible. Cette procédure peut s'appliquer 4 fois, soit un total de 40 secondes. Si aucun item n'est validé au bout des 40 secondes, l'évaluateur peut passer à l'item suivant manuellement en appuyant sur une touche spécifique du clavier. Les résultats sont affichés directement sur le logiciel à la fin de la passation. Un

fichier Excel reprenant l'ensemble des scores est accessible depuis le logiciel. Chaque fixation, durée de fixation et balayage visuel sont également enregistrés et affichés à la fin de la passation.

La Figure 9 présente les étapes de la procédure de la BERA comparée à celle de la BERA-ET.

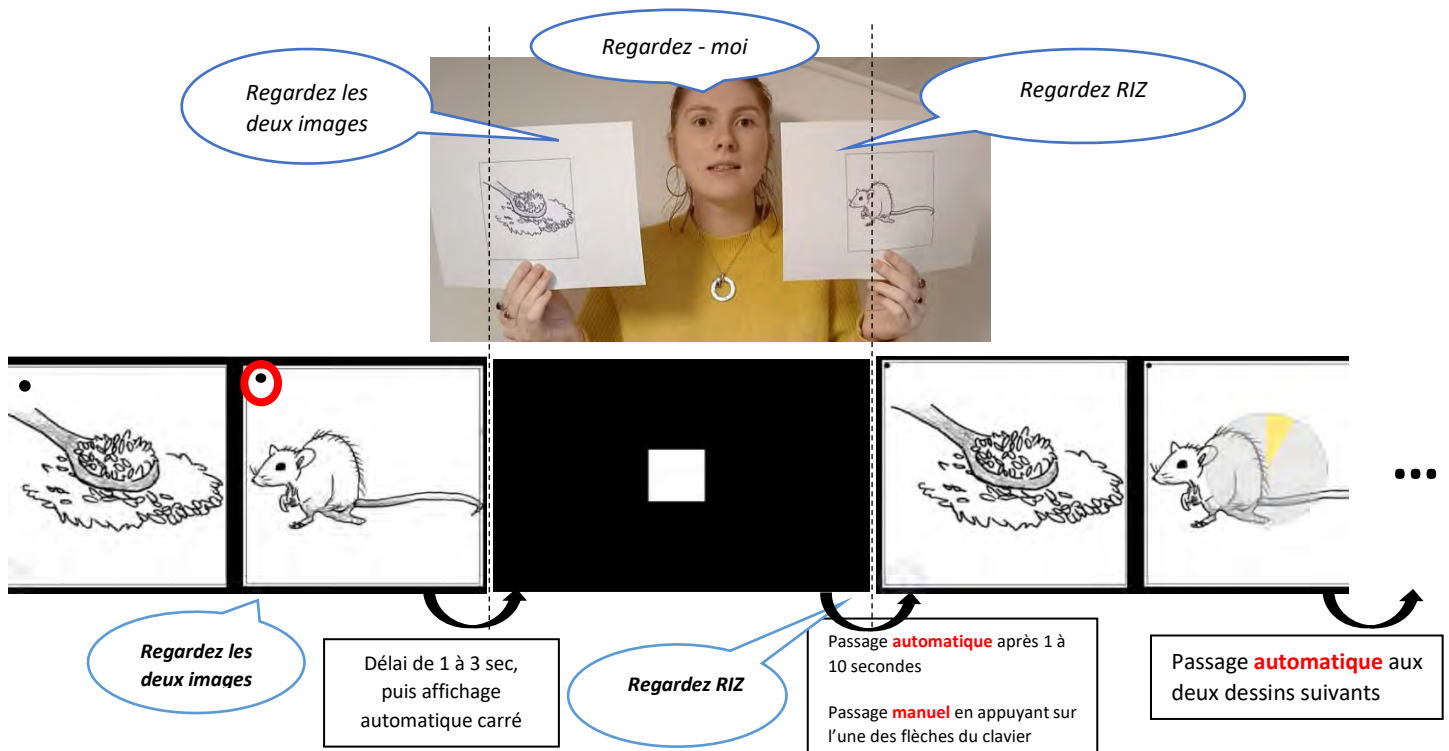
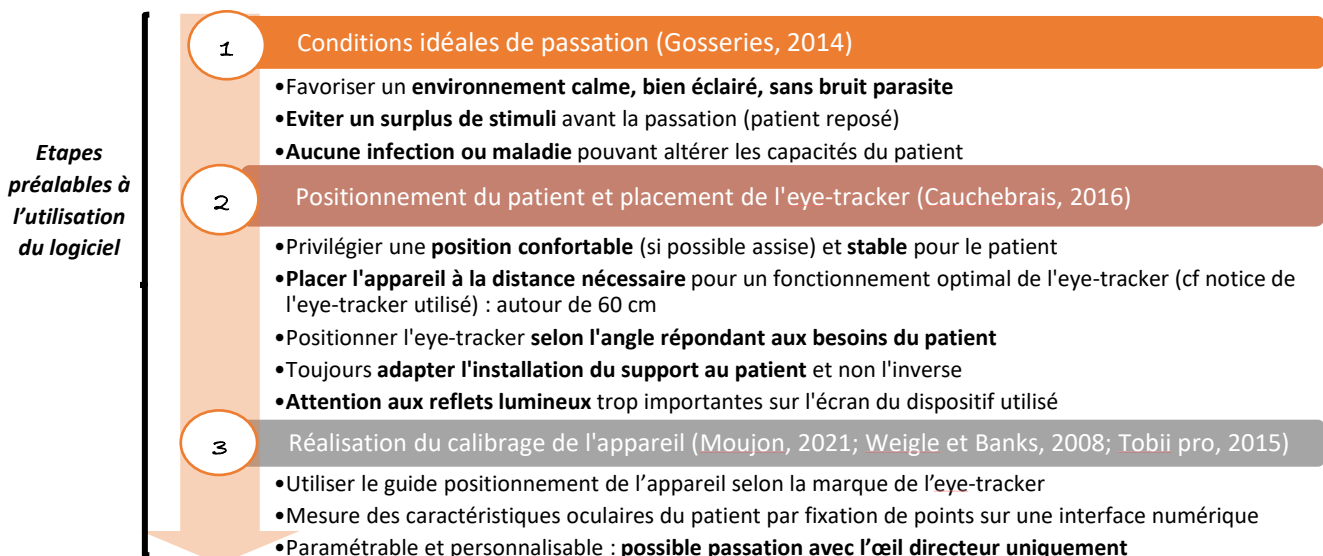


Figure 9 : Comparaison des procédures de la BERA (en haut) et de la BERA-ET (en bas)

## D Déroulement de l'évaluation

Le déroulement de la passation de la BERA-ET a été conçu de sorte qu'il respecte au mieux celui de la BERA de Aubinet et al (2021). Elle se déroule selon différentes étapes (détaillées dans le protocole). L'ensemble de la procédure est décrite dans la Figure 10 ci-dessous.





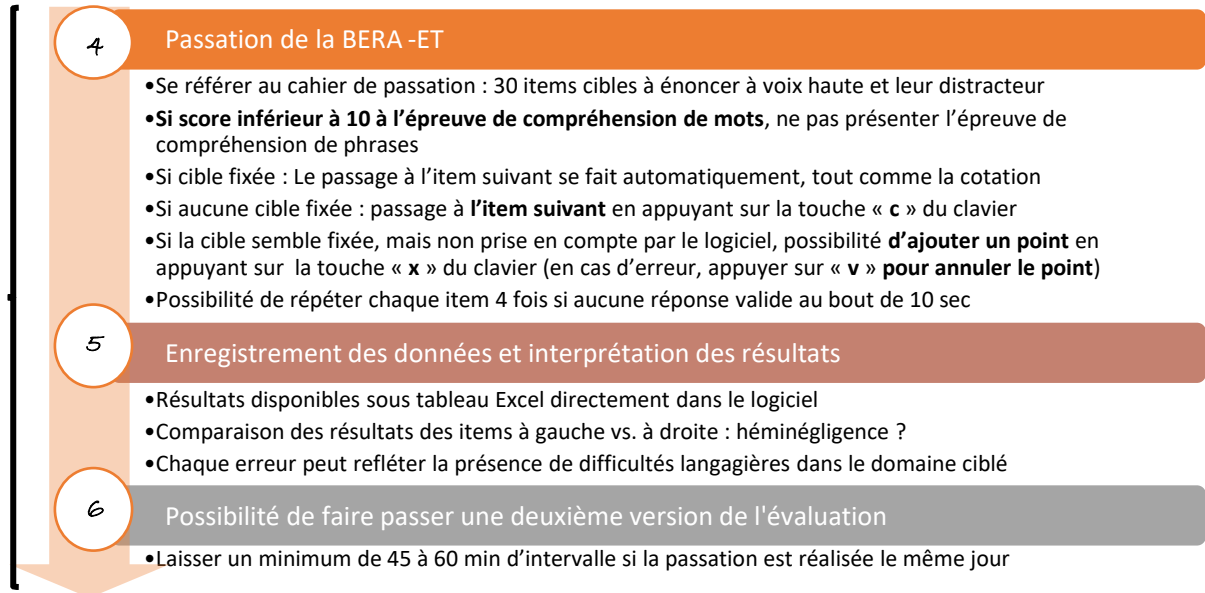


Figure 10 : Etapes de la procédure de la BERA-ET proposée aux professionnels

## E Vers un prototype final

Un premier prototype du logiciel, du protocole et des feuilles de passation a été élaboré à partir du cahier des charges. Le matériel a été manipulé et pré-testé entre orthophonistes et auprès de certains patients avec et sans trouble de l'état de conscience dans le cadre de leur prise en soins. Ces premières passations ont amené à de nombreuses modifications sur certains paramètres du logiciel ou encore sur la longueur et la clarté des consignes du cahier de passation. La version finale de l'ensemble des outils a ensuite été soumise à un jury d'experts. Le lien de téléchargement du logiciel de la BERA-ET est le suivant : [bera-windows-x64-1.9.1-SNAPSHOT-installer.exe](#)

### III. PROCEDURE : Faisabilité du protocole

#### A Consigne donnée aux experts

Nous avons demandé à chaque expert de prendre connaissance de l'ensemble des documents. Le lien de téléchargement du logiciel BERA-ET leur a également été transmis en amont. Les experts ont ensuite été invités à tester le matériel sur un patient en ECM ou EECM. Si cela n'était pas possible, nous leur avons proposé de le manipuler avec des patients sans trouble de la conscience voire avec un collègue. Il est généralement recommandé de tester le matériel sur la population cible. Cependant, ce mémoire s'inscrit dans le cadre du développement d'un premier prototype d'un logiciel d'évaluation. Lors de l'élaboration du matériel, il a été très différent de prendre connaissance des documents et de se mettre en situation d'évaluation où il est nécessaire de gérer à la fois la feuille de passation et les commandes de la BERA-ET. Il nous a alors paru pertinent de proposer de manipuler l'outil en se mettant en situation de test, même si le participant ne correspondait pas à notre population cible. Enfin, chaque expert a été invité à répondre à un questionnaire de faisabilité en ligne.

#### B Elaboration du questionnaire à soumettre à un jury d'experts

##### 1. Critères de faisabilité

Afin d'élaborer le questionnaire, nous avons défini les critères d'évaluation de la faisabilité de notre outil à partir de ceux déterminés dans le cahier des charges en termes de **forme** (accessibilité temporelle, répétabilité des mesures, limitation des distracteurs, adaptabilité du protocole, objectivité

de l'évaluation des fixations visuelles, facilité de manipulation, prise en compte du facteur humain) et de **contenu** (clarté, utilité, pertinence).

## **2. Elaboration et organisation du questionnaire**

Lorsqu'on interroge un jury d'experts, il est recommandé de poser des questions ciblées, précises et à réponses fermées (Bourrée et al., 2008). Il est demandé à chaque participant de noter son degré d'accord en utilisant une échelle de Likert, généralement sur 9, en commentant la question librement et en justifiant tout désaccord (Bourrée et al., 2008; Hasson et al., 2000; Letrilliart & Vanmeerbeek, 2011; McMillan et al., 2016). Nous avons décidé d'utiliser la plateforme sécurisée EU Survey.

Ce questionnaire a visé à étudier la faisabilité des différents supports élaborés. Il se composait de 47 items. Les premières questions concernaient les informations générales sur le thérapeute, son expérience auprès des patients en ECA, les outils utilisés dans l'évaluation de la compréhension orale auprès de ces patients et ses connaissances dans les dispositifs d'eye-tracking.

Les items suivants concernaient la faisabilité en termes de contenu et de format et ont été posés sous forme d'affirmation. Ici, tout participant a dû noter son degré d'accord sur une échelle de Likert allant de 1 (Pas du tout d'accord) à 9 (Tout à fait d'accord). Nous l'avons invité à justifier son choix en cas de désaccord et à exprimer toute remarque sur le matériel dans un espace de commentaire libre. Chaque item renvoyait à un critère de faisabilité dont les experts n'ont pas eu connaissance pour ne pas les influencer dans leurs réponses.

Les dernières questions s'adressaient aux professionnels ayant pu faire passer l'évaluation à un (des) patient(s). Elles concernaient les conditions d'évaluation telles que la durée de passation et la manipulation de l'outil en situation réelle. Le questionnaire est à retrouver en Annexe 9.

Nous avons privilégié l'exhaustivité plutôt que de limiter le nombre de questions. Cela implique un temps de réponse plus long. Cependant nous préférons être précis afin de savoir exactement où réaliser les éventuelles modifications et amener les experts à s'interroger sur chaque point du matériel. Enfin, si plusieurs items s'adressaient plus spécifiquement à certaines professions du fait des connaissances techniques sur le sujet, il nous a paru important que les informations données puissent être claires et compréhensibles par tous et que chacun exprime son point de vue par rapport à ses propres connaissances et son propre champ de compétences.

### **C Pré-validation du questionnaire**

Le questionnaire a tout d'abord été soumis à différents professionnels non experts afin qu'ils jugent de sa facilité de manipulation et de la clarté des questions. Plusieurs questions ont alors été modifiées et simplifiées pour gagner en lisibilité et en clarté.

### **D Administration du questionnaire**

Le questionnaire a été envoyé au jury d'experts en janvier 2022 et une période de 8 semaines leur a été laissée pour y répondre. Les méthodes de consensus recommandent de réitérer la procédure d'envoi du questionnaire 2 voire 3 fois jusqu'à obtenir un consensus afin que les participants puissent confronter leurs avis. Certains ne réalisent qu'un tour unique (McMillan et al., 2016). Pour des contraintes de temps, nous avons limité l'enquête à un seul envoi de questionnaire. Nous avons déterminé qu'un deuxième tour aurait lieu si seul un critère ne faisait pas consensus. Dans ce cas, nous avons proposé de synthétiser les données reçues lors du premier tour et d'envoyer un second questionnaire personnalisé par expert. Nous indiquerions pour chaque question la médiane du groupe,

les valeurs extrêmes et un rappel de sa note au premier tour. Une synthèse des commentaires anonymisés serait également indiquée (Hasson et al., 2000; Letrilliart & Vanmeerbeek, 2011). Les participants pourraient alors maintenir leur réponse ou la modifier (Bourrée et al., 2008).

## **E Modifications et adaptations au cours de l'administration du questionnaire**

Lors des 8 semaines laissées aux professionnels afin de répondre au questionnaire, plusieurs problèmes techniques sont survenus et ont mis à mal la possible manipulation de la BERA-ET :

- Certains ont utilisé des ordinateurs Mac. Or, aucun eye-tracker n'était compatible avec les produits Apple. De fait, nous n'avions pas envisagé de version spécifique à ces appareils.
- Pour d'autres experts, l'ordinateur de l'établissement dans lequel ils exercent n'autorisait pas le téléchargement du logiciel. L'intervention d'un informaticien a pu débloquent certaines situations, mais cela n'a pas toujours été possible.
- Certains utilisent des eye-trackers très anciens, non compatibles avec notre logiciel.
- Enfin, quelques experts n'ont jamais réussi à installer le logiciel malgré de nombreux essais sans qu'une raison soit identifiée.

Afin de pallier ces difficultés et de permettre à ces professionnels de visualiser l'utilisation de notre outil, plusieurs adaptations ont été réalisées. Une version compatible avec les appareils plus anciens a été créée. Plusieurs vidéos ont également été proposées dont :

- un tutoriel reprenant la présentation de la BERA-ET et le protocole à suivre pour chaque item.
- un extrait d'évaluation fictive pour visualiser une passation chez un sujet tout-venant.
- Un extrait d'évaluation réelle auprès d'un patient en situation de polyhandicap (pathologie congénitale) avec des difficultés majeures de communication.
- un extrait d'évaluation réelle auprès d'un patient en ECM.

Les vidéos ont été centrées sur l'eye-tracker. Le reflet du visage du patient sur la tablette a été flouté afin d'assurer son anonymat (Annexes 20, 21, 22, 23).

## **F Analyse des résultats : critères de validation des hypothèses**

Les données recueillies par interrogation d'un panel d'experts ne peuvent être soumises à une analyse statistique. En effet, cette méthodologie fait appel à un jugement subjectif de professionnels et « ne repose pas sur un échantillon représentatif de l'ensemble de la population » (Booto Ekionea et al., 2011; Locquet et al., 2021). Une analyse qualitative par utilisation de pourcentages a alors été effectuée. Il convient de définir le niveau de consensus en amont, mais il n'existe pas de recommandation actuelle. Certains préconisent un pourcentage minimal de participants en accord, entre 51% et 80% et plus communément à 70%. L'utilisation d'un tel pourcentage reste néanmoins critiqué (Hasson et al., 2000). La Fondation Rand propose un score médian supérieur ou égal à 7 sur l'ensemble des réponses obtenues sans désaccord. Un désaccord correspond à un pourcentage de notes allant de 1 à 3 supérieur ou égal à 30% (Letrilliart & Vanmeerbeek, 2011; McMillan et al., 2016). Nous nous sommes appuyés sur ces critères afin de valider la faisabilité de la BERA-ET.

## **G Modifications éventuelles de la BERA-ET : Prise en compte des retours du panel d'experts**

L'étude de faisabilité permet de valider ou d'invalider les différents critères de faisabilité préalablement déterminés. Suite à une analyse des données recueillies (ie. Faisabilité), un certain nombre de modifications peuvent être suggérées sur l'ensemble des documents. Les remarques des experts sont essentielles lors de cette étape afin d'affiner les modifications à apporter le cas échéant.

# RESULTATS

## I. Caractéristiques de la population d'experts

Nous avons contacté 45 professionnels de France et de Belgique dont 29 orthophonistes, 6 orthoptistes, 5 ergothérapeutes et 5 neuropsychologues. 15 orthophonistes, 2 orthoptistes, 4 neuropsychologues et 4 ergothérapeutes ont accepté de faire partie du groupe d'experts. Au final, une orthoptiste, deux neuropsychologues, deux ergothérapeutes et 13 orthophonistes ont répondu à notre questionnaire. Le profil de chaque expert est à retrouver en Annexe 10.

Les orthophonistes et les neuropsychologues ont été interrogés sur leur manière actuelle d'évaluer la compréhension orale chez les patients en ECA (Figure 11). Ils ont également été interrogés sur leurs besoins d'outils supplémentaires d'évaluation de la compréhension orale spécifiques aux ECA. 100% des professionnels ont souligné le besoin d'outils spécifiques à cette population.

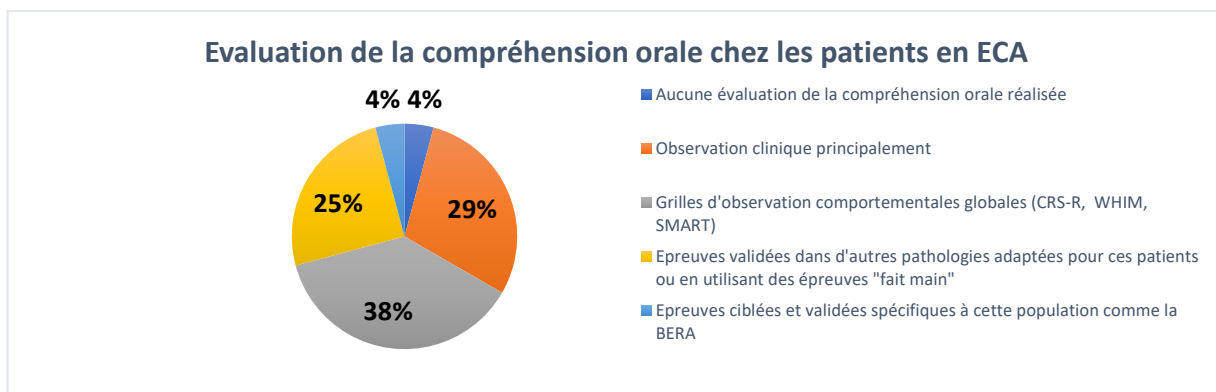


Figure 11 : Répartition en pourcentages du type d'évaluation de la compréhension orale réalisée chez les patients en ECA par le jury d'experts

Les experts ont également été interrogés sur leurs connaissances et leur utilisation d'un eye-tracker dans leur pratique clinique et sur l'intérêt selon eux de l'utilisation de ce dispositif dans l'évaluation de la compréhension orale chez les patients en ECA (Figure 12). 100 % des professionnels jugent les dispositifs d'eye-tracking intéressants dans l'évaluation de ces patients.

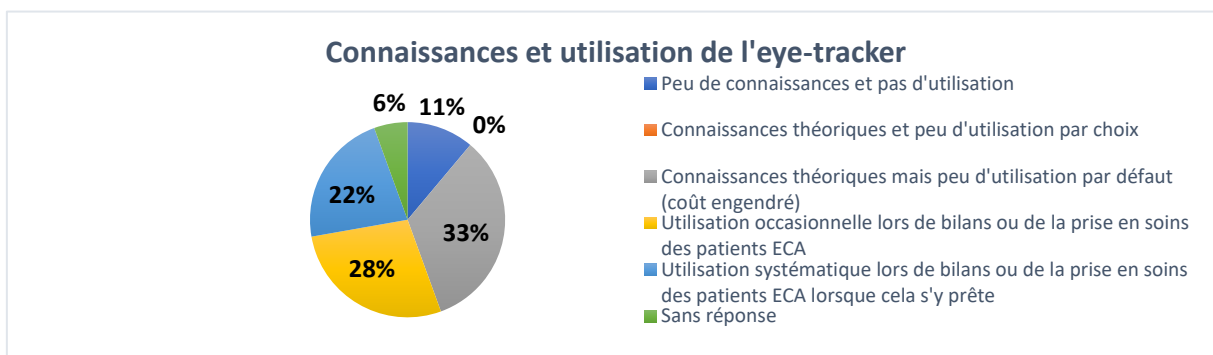


Figure 12 : Répartition en pourcentage du niveau de connaissance et d'utilisation de l'eye-tracker par les experts

Parmi les 18 professionnels ayant répondu au questionnaire, 9 ont testé la BERA-ET sur un ou plusieurs sujets. Parmi eux, trois ont évalué des patients en ECA (ECM et EECM), un orthophoniste a

évalué un patient avec une dysarthrie sévère sans trouble de la conscience, et un professionnel a testé l'outil auprès d'un patient sans trouble langagier et sans trouble conscience. Enfin, six experts ont évalué des sujets tout-venant. Les professionnels n'ayant pas pu tester la BERA-ET ont répondu aux questions sur le logiciel en s'appuyant notamment sur les extraits vidéos montrant l'évaluation de patients avec et sans trouble de la conscience (ie. Méthode p. 35).

## II. Analyse des réponses

Pour rappel, 47 questions ont été posées concernant la faisabilité en termes de contenu et de format. Pour chaque question, les experts ont répondu en indiquant leur degré d'accord avec la proposition à l'aide d'une échelle de Lickert allant de 1 (pas du tout d'accord) à 9 (tout à fait d'accord). Il leur a été demandé de justifier leur réponse, notamment en cas de désaccord.

**Pour traiter les données recueillies, nous avons procédé à une analyse par critère de faisabilité et donc par hypothèse et sous-hypothèse.** Chaque affirmation est validée si la médiane des scores est supérieure ou égale à 7 (= seuil de consensus) et s'il y a moins de 30% de désaccord (soit moins de 30% des notes entre 1 et 3). Nous avons complété notre analyse en utilisant des indices de dispersion dont le 1<sup>er</sup> quartile Q1 (note au-dessous de laquelle se trouvent 25% des notes), le 3<sup>ème</sup> quartile Q3 (note au-dessous de laquelle se trouvent 75% des notes) et l'écart interquartile IQ (= Q3-Q1 ; contenant 50% des notes centrées autour de la médiane). Ces données ont été représentées à l'aide de graphiques de type « boîtes à moustache » qui permettent une représentation visuelle de la distribution des notes en quantiles. Les valeurs extrêmes, trop éloignées de la médiane y sont représentées par des points isolés. **Nous avons réalisé un graphique par sous-hypothèse de faisabilité.**

Pour chacune des sous-hypothèses, une deuxième analyse a distingué les professionnels jugés « familiers avec l'eye-tracker », utilisant occasionnellement ou systématiquement l'eye-tracker dans leur pratique, et ceux n'ayant jamais utilisé ce dispositif. Enfin, nous avons comparé les résultats obtenus par ceux ayant manipulé la BERA-ET par rapport à ceux n'ayant pas eu la possibilité de l'utiliser. Pour cela, nous avons confronté les médianes et écarts interquartiles des deux groupes (*familiers avec eye-tracker / non familiers avec eye-tracker; a manipulé / n'a pas manipulé*). Une analyse descriptive de ces données a été réalisée. En effet, le jury est très hétérogène et les groupes non comparables. De plus, notre étude n'a pas pour but de généraliser les résultats obtenus, mais de décrire les scores en étudiant individuellement chaque question afin de faire ou non émerger des désaccords entre les groupes. Analyser statistiquement chaque item n'aurait donc pas de sens ici.

L'ensemble des scores et commentaires des experts sont à retrouver en Annexes 11 et 12.

## III. Hypothèse 2 : Critères de contenu

Pour rappel, notre objectif est de répondre à l'hypothèse 2 : « Le protocole d'évaluation est applicable en termes de contenu (clarté, pertinence, utilité) ».

### 1. Sous-hypothèse 1 : Clarté

Le sous-critère de clarté a été mesuré par les questions 1a, 2a, 3a, 4a, 5a, 6a, 7a, 10a, 11a, 12a, 13a, 14, 26 et 31. Ces questions interrogent la compréhensibilité du protocole d'évaluation, du cahier de passation, et du tableau des eye-trackers. Les résultats sont représentés en Figure 13.

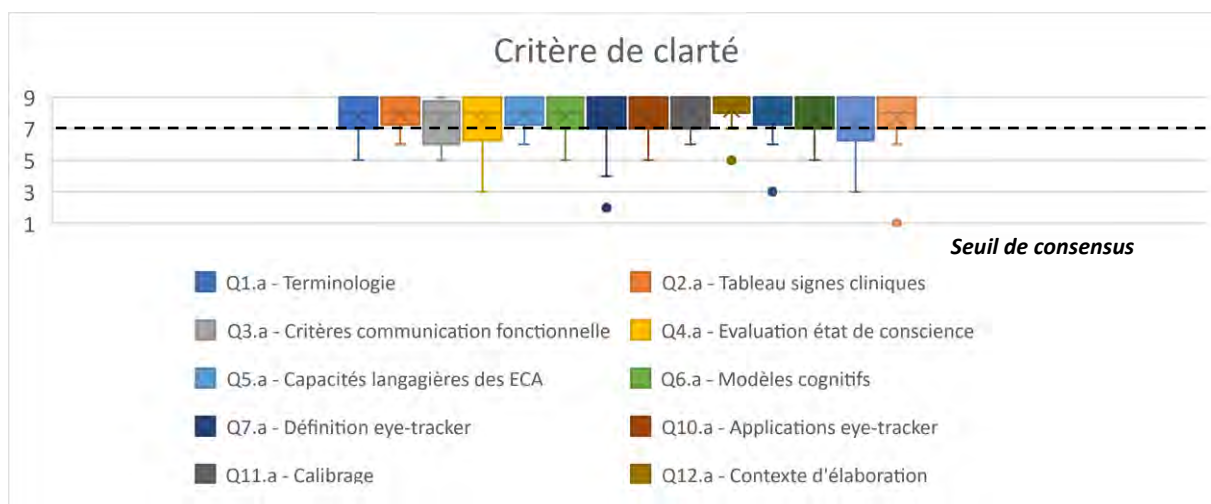


Figure 13 : Distribution des scores obtenus aux questions sur le critère de clarté

Les scores aux questions sont relativement homogènes avec une médiane comprise entre 7 et 9. L'écart interquartile varie entre 1 et 2,75. Les experts sont partagés sur la clarté des critères de communication fonctionnelle (Q3a), la clarté de l'évaluation de la conscience (Q4a) et celle du tableau présentant différents eye-trackers (Q26). L'étendue des réponses est plus importante sur ces affirmations (min 3 et max 9) avec un écart interquartile de 2,75, soulignant une dispersion conséquente des scores. L'ensemble des questions ont une médiane supérieure ou égale à 7 et une absence de désaccord. Les affirmations proposées atteignent donc le seuil de consensus : **le critère de clarté est validé.**

D'un point de vue qualitatif, les professionnels indiquent le besoin de compléter différentes parties du protocole afin de gagner en compréhension et d'enrichir le document (notamment sur l'évaluation de la conscience et les applications de l'eye-tracker en orthophonie). Plusieurs experts jugent nécessaire de vulgariser les termes « techniques » employés relatifs aux processus langagiers et au dispositif d'eye-tracking afin de rendre l'évaluation accessible au plus grand nombre. La description des éventuels troubles neuro-visuels et des possibles adaptations avec un eye-tracker sont insuffisantes. Certains éléments des feuilles de passation sont également jugés peu clairs, notamment la compréhension des consignes. Enfin, le tableau sur différents eye-trackers n'est pas adapté à des personnes novices dans le domaine et nécessite une mise à jour importante.

## 2. Sous-hypothèse 2 : Pertinence

Le sous-critère de pertinence a été mesuré par les questions 1b, 2b, 3b, 4b, 5b, 6b, 7b, 10c, 11c, 13c, 24, 25, 28, 32, 41 et 43. Ces questions interrogent la pertinence du protocole d'évaluation, du cahier de passation, du tableau des eye-trackers et de certains éléments du logiciel. Les résultats sont représentés en Figure 14.

Les médianes des réponses aux différentes questions sont comprises entre 7 et 9 et l'écart interquartile varie de 1 à 2 pour la majorité des items. Seules la pertinence du tableau des eye-trackers (Q28) et celle du protocole par rapport à la population cible (Q24) obtiennent des avis partagés avec un écart interquartile entre 3,5 et 4 soulignant une dispersion très importante des notes (min 2 et max 9) et un taux de désaccord de 5,56% (Q24) à 11,11% (Q28). L'ensemble des questions ont une médiane supérieure ou égale à 7 et une absence de désaccord. Les affirmations proposées atteignent donc le seuil de consensus : **le critère de pertinence est validé.**

Le protocole et le cahier de passation sont jugés pertinents. Toutefois, les professionnels soulignent le manque d'adéquation de l'outil par rapport à la population cible. Ils évoquent la disparité des profils des patients en ECA et la difficulté à définir la BERA-ET comme adaptée à l'ensemble de cette population. Le tableau des eye-trackers est quant à lui jugé peu pertinent car difficilement accessible et non mis en lien avec l'utilisation du logiciel. Les possibilités de paramétrage de la BERA-ET sont considérées comme très pertinentes, mais l'ajout d'exemples ou de possibles pré-tests est suggéré. Enfin, l'ajout d'une diapositive neutre dans la BERA-ET fait débat auprès de plusieurs experts : jugée pertinente pour certains patients, mais source d'une distraction importante pour d'autres.

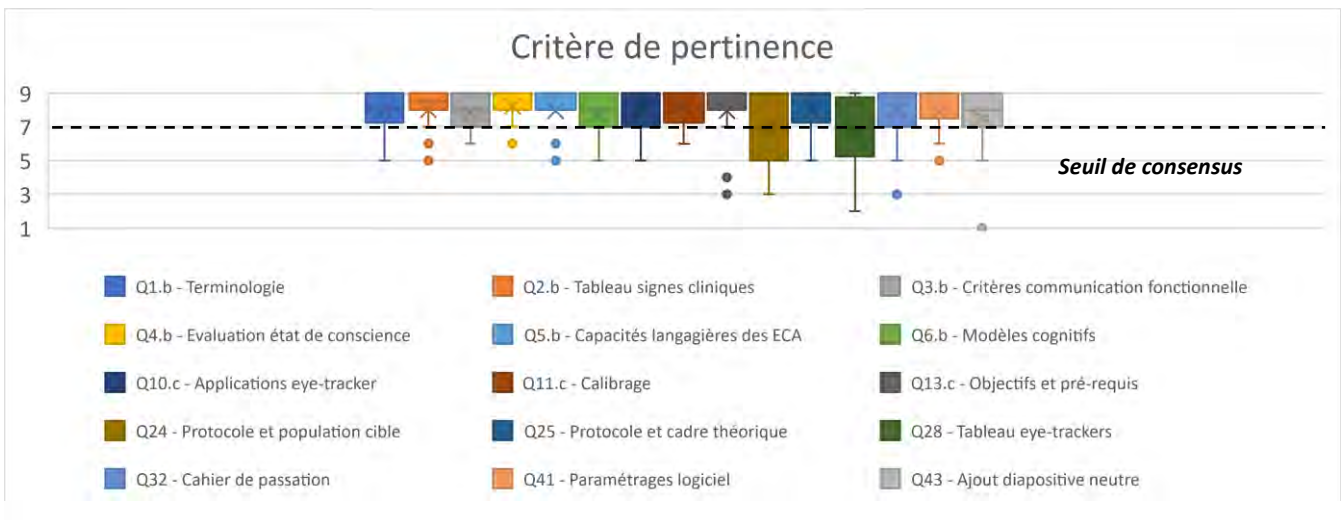


Figure 14 : Distribution des scores obtenus aux questions sur le critère de pertinence

### 3. Sous-hypothèse 3 : Utilité

Le sous-score d'utilité a été mesuré par les questions 1c, 2c, 3c, 4c, 5c, 6c, 7b, 8, 9, 10b, 11b, 12b, 13b, 16, 27, 33, 37 et 39. Celles-ci interrogent l'utilité des différents éléments du protocole, du cahier de passation, du tableau des eye-trackers et du logiciel. Les résultats sont présentés en Figure 15.

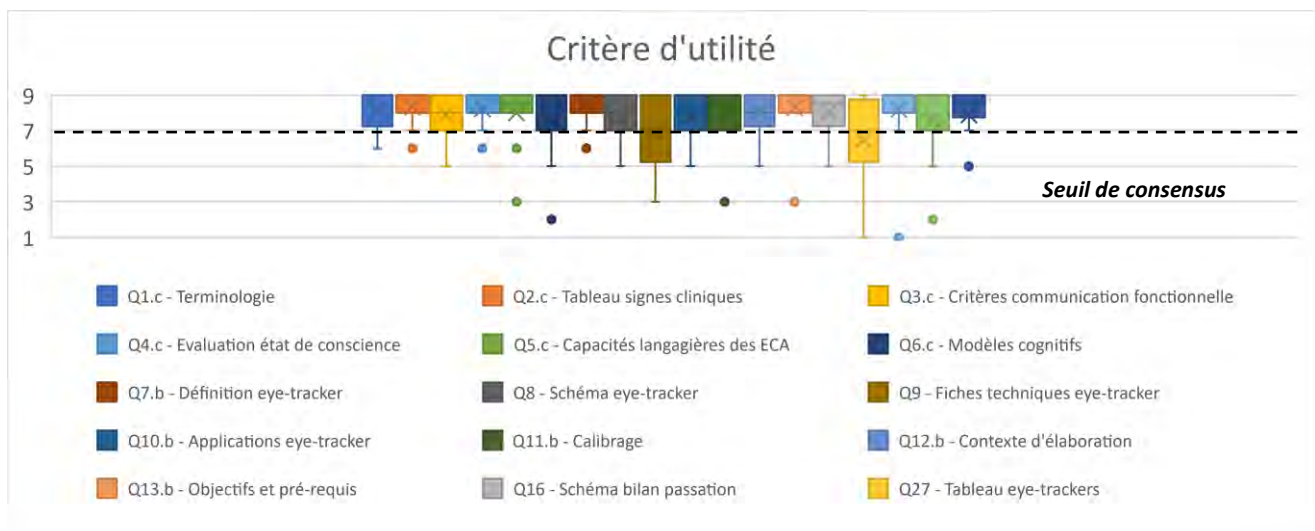


Figure 15 : Distribution des scores obtenus aux questions sur le critère d'utilité

Les scores obtenus sont homogènes. Les médianes varient entre 7 et 9 avec des écarts interquartiles entre 1 et 2 pour la majorité des affirmations. Les rappels sur la terminologie des ECA, sur l'évaluation de l'état de conscience et les capacités langagières des patients sont jugés utiles, tout

comme la description des dispositifs d'eye-tracking et leur application actuelle. Les experts soulignent également l'intérêt du schéma récapitulant les étapes de l'évaluation. Cependant, le tableau sur les eye-trackers (Q27), malgré une médiane à 7, ne convainc pas tous les professionnels qui ne le trouvent pas nécessaire (min = 1, max = 9, écart interquartile = 3.5). L'utilité des fiches techniques sur différents oculomètres (Q9) ne fait également pas consensus (min = 3, max = 9, écart interquartile = 3.75). Certains professionnels expliquent avoir eu des difficultés à y accéder et les jugent peu détaillées. Enfin, l'ajout de feedback visuels (Q37, Q39) fait débat. Malgré une médiane entre 8.5 et 9 et si certains les jugent indispensables, 28% les décrivent comme trop perturbateurs (note < 5).

L'ensemble des questions ont une médiane supérieure ou égale à 7 et un désaccord inférieur à 30 %. Les affirmations atteignent le seuil de consensus : **le critère d'utilité est validé.**

#### IV. Hypothèse 3 : Critères de forme

Pour rappel, notre objectif est de répondre à l'hypothèse 3 : le protocole d'évaluation est applicable en termes de forme (accessibilité temporelle, manipulation, adaptabilité, limitation distracteurs, objectivité, facteur humain, répétabilité des mesures).

##### 1. Sous-hypothèse 1 : Accessibilité temporelle

Le sous-score d'accessibilité temporelle a été mesuré par les questions 15, 45 et 46. Celles-ci interrogent le temps d'appropriation du protocole d'évaluation, le temps d'installation préalable et la durée de l'évaluation. Les résultats sont présentés en Figure 16.

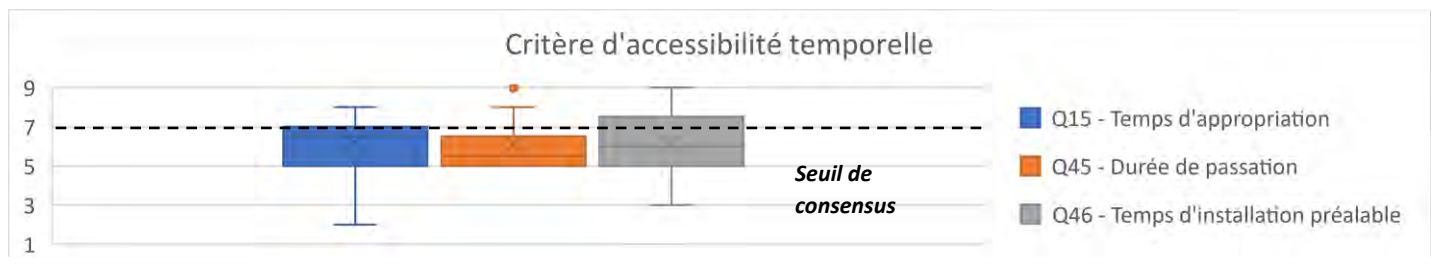


Figure 16 : Distribution des scores obtenus aux questions sur le critère d'accessibilité temporelle

Les scores obtenus sont hétérogènes avec des médianes comprises entre 5,5 et 6,5 et des écarts interquartiles entre 1.5 et 2.5. Le temps d'installation préalable ne fait pas consensus avec un désaccord de 14.29% et des notes très étendues de 3 à 9. Il est estimé autour de 3 à 10 min selon l'habitude du thérapeute, et jugé trop long et inadapté à la réalité clinique. De même, la durée de passation est trop importante pour les patients en ECA. Elle est évaluée à 10/15 min selon les professionnels ayant pu la tester, mais ce temps correspondrait plutôt à une évaluation chez des sujets sains ou patients en ECM. Les retours téléphoniques de certains experts mettent en avant un test coûteux attentionnellement et cognitivement, demandant un effort conséquent. Néanmoins, seuls 7 à 8 experts sur les 18 interrogés ont pu faire passer la BERA-ET et donc répondre aux questions 45 et 46.

Enfin, le temps d'appropriation du protocole et du logiciel par le thérapeute est jugé trop important avec une prise en main longue estimée à plusieurs heures, nécessitant de lire plusieurs fois les documents et de manipuler en amont le logiciel. Plusieurs professionnels expriment le besoin d'un temps d'assimilation important dans un premier temps, mais une manipulation facile par la suite et des passages pouvant être lus ultérieurement. Deux experts ont d'ailleurs estimé le temps d'appropriation à 20 minutes / trois quarts d'heure.



L'ensemble des questions obtiennent une médiane inférieure à 7, malgré un désaccord inférieur à 30% : **le critère d'accessibilité temporelle n'est pas validé.**

## 2. Sous-hypothèse 2 : Manipulation

Le sous-score de manipulation a été mesuré par les questions 29, 30, 34, 40, et 47. Celles-ci interrogent la facilité de manipulation du cahier de passation, du logiciel, de l'ensemble de la BERA-ET lors d'une évaluation auprès d'un patient (coordination des différents éléments de l'évaluation), ainsi que de l'apport du tableau des eye-trackers dans l'aide à l'évaluation. De manière plus spécifique, le temps laissé entre le balayage visuel et l'apparition de la diapositive neutre a été interrogé afin qu'il n'entraîne pas de difficultés de manipulation. Les résultats sont présentés en Figure 17.

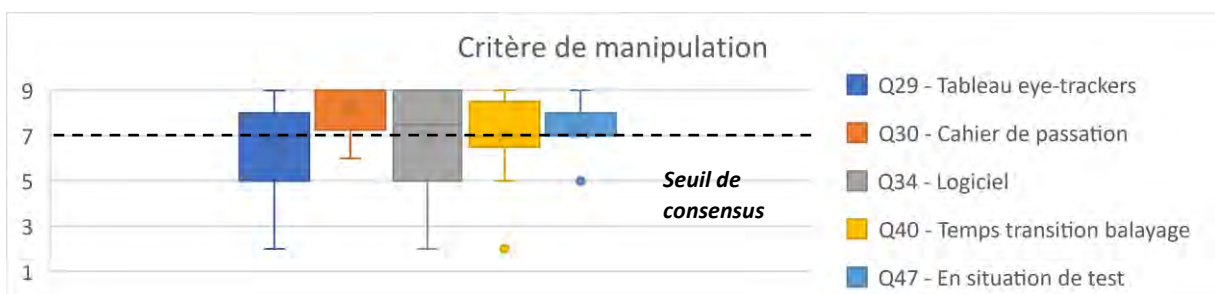


Figure 17 : Réponses aux questions concernant le critère de manipulation

Les médianes obtenues varient entre 7 et 9 et les écarts interquartiles sont compris entre 1 et 2 pour les questions 30, 40 et 47. Le cahier de passation (Q30) est jugé facile à manipuler. Certains professionnels indiquent un besoin de synthétiser et de schématiser les consignes et de les séparer de la grille de cotation. Le temps de transition entre le balayage visuel et l'apparition de la diapositive neutre (Q40) est suffisant pour ne pas entraîner de difficultés majeures de manipulation. Enfin, la BERA-ET en situation d'évaluation (Q47) est jugée facile d'utilisation et de manipulation. Seuls 9 experts ont pu répondre à cette dernière question et plusieurs d'entre eux ont soulevé certains défauts entravant l'utilisation du logiciel (notamment l'impossibilité d'accéder aux résultats sans Excel) et une manipulation peu aisée lors de premiers essais.

L'avis des experts est beaucoup plus partagé sur la manipulation du logiciel (Q34) et l'aide du tableau des eye-trackers (Q29). L'étendue des réponses est importante (min = 2 et max = 9) et les écarts interquartiles sont élevés (respectivement égaux à 4 et 3). Le logiciel n'est pas disponible en version IOS et sur des supports informatiques anciens. Selon les experts, il est facile de faire des erreurs si aucun essai préalable n'a été réalisé. L'interface pourrait également être améliorée. Concernant le tableau des eye-trackers, il est dit difficile à maîtriser voire décourageant.

L'ensemble des questions ont une médiane supérieure ou égale à 7 et un désaccord inférieur à 30%. Les affirmations atteignent le seuil de consensus : **le critère de manipulation est validé.**

## 3. Sous-hypothèse 3 : Adaptabilité

Le sous-score d'adaptabilité a été mesuré par les questions 17, 21 et 24. Celles-ci interrogent les conditions préalables à l'évaluation se voulant les plus adaptées possibles à chaque patient (Q17), l'adaptation du protocole générale de la BERA-ET aux particularités des patients en ECA (Q21), et les possibilités de paramétrages du logiciel afin de s'ajuster au profil de chaque sujet et à la pratique de l'évaluateur (Q42). Les résultats sont présentés en Figure 18.

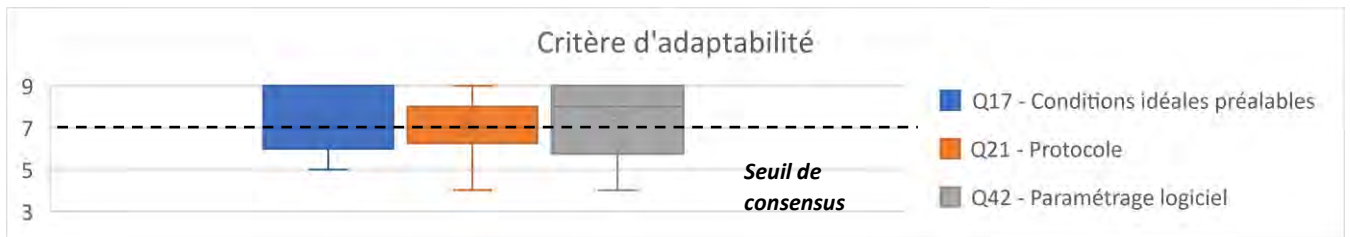


Figure 18 : Distribution des scores obtenus aux questions sur le critère d'adaptabilité

Les médianes des scores obtenus sont comprises entre 7 et 8, mais l'étendue des notes est importante avec des écarts interquartiles de 1.75 à 3.75, soulignant des avis partagés sur ces items.

Concernant les conditions préalables à l'évaluation (Q17), les experts insistent sur l'importance de l'ergothérapeute pour un travail pluridisciplinaire. Le besoin de personnaliser les conditions d'installation et de bien connaître son patient afin de s'adapter à ses particularités (présence d'un membre de la famille qui aide, plus attentif en début de matinée) ne seraient pas assez mis en avant. Certains professionnels soulignent le manque de recommandations quant aux patients alités afin d'adapter le positionnement du dispositif d'eye-tracker. Les possibilités de paramétrage du logiciel (Q42) sont jugées pertinentes, même s'il est difficile de pouvoir être adapté à l'ensemble des profils des patients. Enfin, le logiciel BERA-ET (Q21) permet, selon les experts, une adaptation aux spécificités des patients en ECA, mais demande de nombreux essais et peut être difficile à mettre en place par difficultés de calibrage avec certains patients. Un professionnel questionne le lien entre recherche d'objectivité de la BERA-ET et besoin d'adaptabilité à chaque individu.

L'ensemble des questions ont une médiane supérieure ou égale à 7 et un désaccord inférieur à 30 %. Les affirmations atteignent le seuil de consensus : **le critère d'adaptabilité est validé.**

#### 4. Sous-hypothèse 4 : Limitation des distracteurs

Le sous-score concernant la limitation des distracteurs a été mesuré par les questions 20, 36 et 38. Celles-ci interrogent le protocole de passation proposé (Q20), et le logiciel (Q36 et Q38) dans leur prise en compte des distracteurs visuels et auditifs afin qu'ils soient les plus limités possibles lors de l'évaluation d'un patient. Les résultats sont présentés en Figure 19.

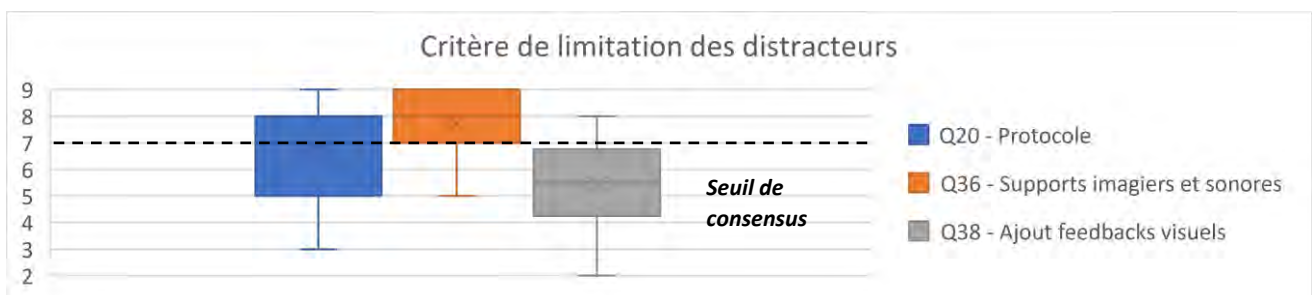


Figure 19 : Distribution des scores obtenus aux questions sur le critère de limitation des distracteurs

Les médianes sont comprises entre 5.5 et 7. Les réponses sont très hétérogènes avec des écarts interquartiles entre 2 et 3. Les questions 20 et 36 ont une médiane supérieure à 7 et une absence de désaccord : **la limitation des distracteurs à travers le protocole et les supports imagiers et sonores du logiciel est validée.** La question 38 obtient une médiane de 5.5, soit inférieure à 7, malgré une absence de désaccord : **les feedback visuels ajoutés amènent trop de distracteurs, cette proposition n'est pas validée.**

Le protocole proposé (Q20) limite en grande partie les distracteurs. Cependant, il nécessite de nombreuses interventions de l'évaluateur pour que le patient reste attentif à l'écran et l'utilisation du clavier pour passer d'un item à l'autre est jugé source de distraction importante. Concernant les supports imagiers et sonores proposés dans le logiciel (Q36), les professionnels les trouvent adaptés. Ils relèvent notamment la pertinence de ne pas avoir ajouté de stimulus sonore. Néanmoins, les dessins de la BERA sont jugés parfois peu lisibles, trop complexes et manquant de contrastes afin de différencier le fond de l'image. Certains experts auraient aimé des images plus significatives, voire des photos pour se rapprocher de la réalité.

Les avis sont plus partagés concernant l'ajout de feedback visuels (Q38). Certains professionnels suggèrent de les enlever car leur présence pourrait biaiser les résultats obtenus. D'autres trouvent ces feedback indispensables pour aider des patients à fixer la cible et le motiver dans la tâche. Cependant, ils relèvent la nécessité de réadapter la taille, la prégnance et la rapidité d'apparition du timer et des points noirs afin qu'ils ne perturbent pas trop l'évaluation.

### 5. Sous-hypothèse 5 : Evaluation objective des fixations visuelles

Le sous-score concernant l'évaluation objective des fixations visuelles a été mesuré par les questions 18 et 35. Elles interrogent respectivement le protocole d'évaluation et le logiciel. Les résultats sont présentés en Figure 20.

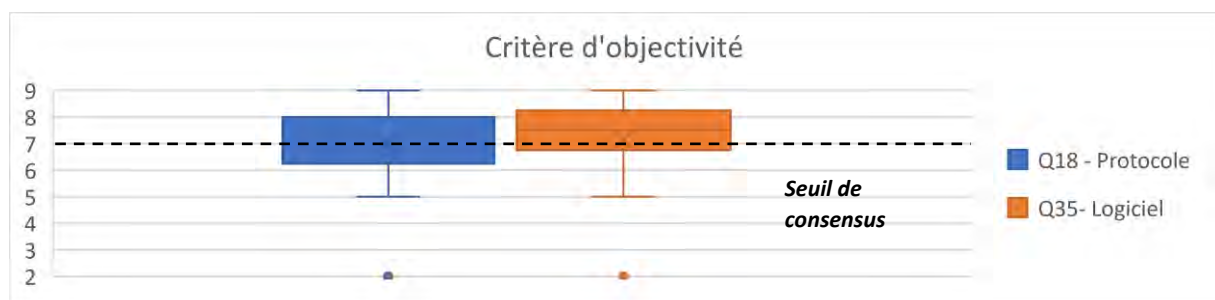


Figure 20 : Distribution des scores obtenus aux questions sur le critère d'objectivité

Les scores aux questions sont très homogènes avec une médiane comprise entre 7,5 et 8 et un écart interquartile entre 1,25 et 1,75. L'ensemble des questions ont une médiane supérieure ou égale à 7 et une absence de désaccord. Les affirmations proposées atteignent donc le seuil de consensus : le **critère d'objectivité (évaluation objective des fixations visuelles) est validé**.

D'un point de vue qualitatif, plusieurs experts jugent le protocole pertinent afin d'améliorer significativement l'objectivité de la fixation du regard par rapport aux outils actuels. Cependant, ils soulignent l'impossibilité d'atteindre une objectivité totale chez des patients en ECA. Certains indiquent par exemple la nécessité d'intervenir au cours de l'évaluation pour aider à la fixation visuelle et au maintien de l'attention sur la tâche. L'interprétation des résultats obtenus est alors jugée difficile au vu des multiples altérations cognitives des patients.

Concernant le logiciel, les avis divergent sur la pertinence d'ajouter un point au patient si la fixation n'est pas prise en compte par le logiciel, mais jugée présente pour l'évaluateur. Les professionnels notent l'intérêt de séparer les résultats avec et sans les points ajoutés manuellement. Le temps de fixation est également jugé subjectif et dépendant de chaque patient. Les dessins semblent trop proches pour une fixation précise. Enfin, selon un expert, les biais visuels sont trop nombreux pour assurer l'objectivité de l'évaluation.

## 6. Sous-hypothèse 6 : Facteur humain

Le sous-score concernant la prise en compte du facteur humain dans l'évaluation des patients en ECA a été mesuré par les questions 22, 23 et 44. Celles-ci interrogent la répétition orale des consignes si aucune fixation n'est réalisée (Q22), l'ajout manuel d'un point si la fixation n'est pas prise en compte par le logiciel mais jugée pertinente par le thérapeute (Q23), et l'énonciation orale de la consigne (Q44). Les résultats sont présentés en Figure 21.

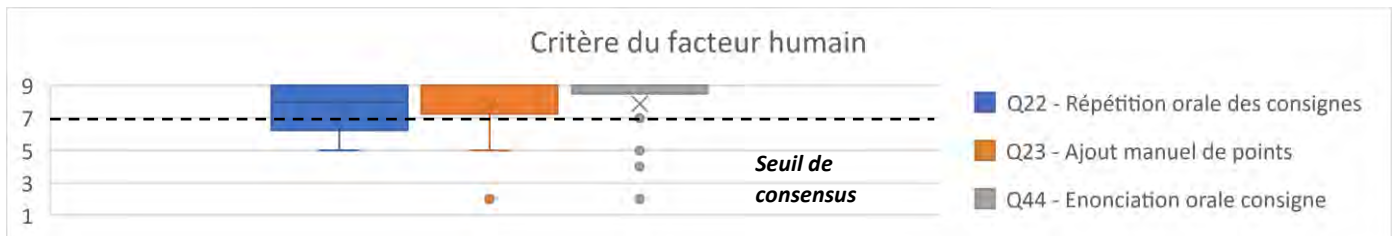


Figure 21 : Distribution des scores obtenus aux questions sur le critère du facteur humain

Les scores aux questions sont relativement homogènes avec une médiane comprise entre 8 et 9. Énoncer oralement la consigne (Q44) fait consensus à presque l'unanimité avec un écart interquartile à 0.5. Ceci est jugé nécessaire, notamment pour mettre le patient en confiance et amener une souplesse à l'évaluation. Selon l'orthoptiste interrogée, enregistrer vocalement les consignes permettrait de gagner en objectivité. La répétition orale des consignes (Q22) obtient un avis plus partagé avec une importante étendue des notes (min = 5 ; max = 9). Enfin l'ajout manuel de points fait consensus mais les remarques qualitatives nuancent les notes obtenues. En effet, pour certains thérapeutes, cet ajout ne fait pas sens puisque l'on cherche à objectiver les fixations visuelles. Séparer les scores avec et sans ajout manuel apparaît là encore comme essentiel pour contrôler le degré de subjectivité du test.

L'ensemble des questions ont une médiane supérieure ou égale à 7 et une absence de désaccord. Les affirmations proposées atteignent donc le seuil de consensus : **le critère concernant l'importance du facteur humain dans l'évaluation des patients en ECA est validé.**

## 7. Sous-hypothèse 7 : Répétabilité des mesures

La répétabilité des mesures a été évaluée par la question 19 qui interroge la possible répétition de l'évaluation auprès d'un même patient, sachant qu'il existe deux versions de la BERA-ET et que l'effet test-retest est très limité dans cette évaluation. Les résultats sont présentés en Figure 22.

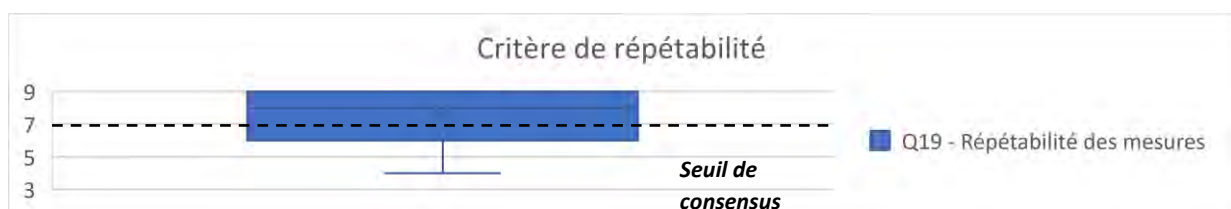


Figure 22 : Distribution des scores obtenus aux questions sur le critère de répétabilité des mesures

La moyenne obtenue est de 8 avec un écart interquartile égal à 3, soulignant une dispersion importante des notes (min = 4 ; max = 9). Si l'item fait consensus, certains experts indiquent le besoin de versions supplémentaires de la BERA-ET. D'autres trouvent difficile de répéter les mesures une fois sur le terrain. Le seuil de consensus est atteint : **le critère de répétabilité des mesures est validé.**

## V. Analyse des résultats selon le profil des professionnels

- Une deuxième analyse a été réalisée en prenant en compte le profil des participants. Nous avons dans un premier temps comparé les scores obtenus selon la familiarité du professionnel dans l'utilisation d'un eye-tracker. Ainsi, nous avons distingué les groupes des personnes familières avec l'eye-tracker et non familières avec celui-ci. Nous avons confronté les médianes et écarts interquartiles des deux groupes et procédé à une analyse descriptive des données.

Les différences majeures entre les groupes concernent essentiellement le contenu de notre outil et tout particulièrement les éléments liés à la description et à l'utilisation d'un eye-tracker. Le tableau des eye-trackers ainsi que les fiches de synthèse de TechLab sont par exemple les plus remises en cause par les professionnels familiers avec l'eye-tracker. Néanmoins, les différences sont peu marquées concernant le format de la BERA-ET (Figure 23).

- De la même manière, nous avons comparé les scores obtenus selon le niveau de manipulation du professionnel. Ainsi, nous avons distingué le groupe des personnes ayant manipulé l'outil auprès d'un sujet et celui des personnes n'ayant pas manipulé le logiciel, résumés dans la Figure 24.

Ici, les différences entre les groupes sont très importantes à la fois sur le contenu et le format de notre outil. Les experts ayant manipulé le logiciel auprès de patients sont beaucoup plus nuancés sur plusieurs points du protocole voire ne valident pas certains éléments, pourtant largement validés par les experts n'ayant pas testé le logiciel. Notons également que les points de désaccord auprès des experts n'ayant pas manipulé la BERA-ET concernent essentiellement l'adéquation de l'outil avec la population cible et des éléments pratiques du déroulement de l'évaluation qu'ils n'ont pas pu tester comme les conditions préalables à la passation et certains paramètres du logiciel.

## VI. Synthèse des résultats

La **clarté** du protocole est validée. Quelques ajouts sont néanmoins suggérés concernant l'évaluation de la conscience, les applications de l'eye-tracker en orthophonie et les adaptations à réaliser en fonction des troubles neuro-visuels des patients. Certains termes « techniques » employés devront être simplifiés afin de rendre l'évaluation accessible au plus grand nombre. Les feuilles de passation manquent de clarté : la présentation des consignes devra être améliorée. Enfin, les professionnels experts en oculométrie soulignent la nécessité de mettre à jour le tableau des eye-trackers qui n'est actuellement pas adapté à des personnes novices dans le domaine.

La **pertinence** est validée. Cependant, au vu de la disparité des profils des patients, il est difficile d'élaborer un outil pertinent avec l'ensemble de la population cible. Les experts ayant manipulé le logiciel aimeraient plus d'informations concernant les objectifs et pré-requis à l'évaluation. Le tableau des eye-trackers est quant à lui jugé difficilement accessible et non mis en lien avec l'utilisation pratique du logiciel. L'ajout d'exemples de paramétrages ou de pré-tests sont suggérés pour s'adapter au mieux au patient avant de commencer l'évaluation.

L'**utilité** des éléments du protocole est validée. Certains experts suggèrent de modifier voire de retirer le tableau sur les eye-trackers et les fiches techniques de TechLab, qu'ils n'estiment pas utiles. Enfin, les feedbacks visuels sont jugés trop perturbateurs pour certains patients, mais aidants pour d'autres.

L'**accessibilité temporelle** n'est pas validée. Le temps d'installation préalable est jugé trop long et non adapté à la réalité clinique par certains professionnels. De même, la durée d'évaluation est trop importante pour les patients en ECA. Enfin, le temps d'appropriation du protocole et du logiciel par le

thérapeute est jugé trop important, nécessitant de lire plusieurs fois les documents et de manipuler en amont le logiciel. Ce point est largement soulevé par ceux ayant pu manipulé le logiciel. Mais les avis sont partagés et certains expriment le besoin d'un temps d'assimilation important dans un premier temps, mais une manipulation facile par la suite et des passages pouvant être lus ultérieurement.

La **limitation des distracteurs** n'est que partiellement validée. En effet, les feedback visuels ajoutés sont sujets à débat : indispensables pour certains, sources de trop de biais visuels pour d'autres. Tous se rejoignent néanmoins sur la nécessité de réadapter la taille, la prégnance et la rapidité d'apparition de ces feedback. La limitation des distracteurs à travers le protocole et les supports imagiers et sonores du logiciel reste quant à elle validée. Un point de vigilance est émis sur les dessins de la BERA, jugés parfois trop complexes et manquant de contrastes.

La **facilité de manipulation** de la BERA-ET est validée. Quelques modifications sont suggérées afin de simplifier l'utilisation du cahier de passation. L'avis des experts est partagé sur la manipulation du logiciel qui demande de s'entraîner à de nombreuses reprises en amont afin de maîtriser la procédure. Ils suggèrent de le rendre accessible sur des eye-trackers anciens et sur MacOS/iOS. L'interface pourrait être épurée. L'accès aux résultats du test a été difficile chez certains professionnels. Enfin, le tableau des eye-trackers est dit difficile à maîtriser et ne facilite pas la manipulation du logiciel.

L'**adaptabilité** de la BERA-ET aux capacités de chaque patient et au thérapeute est validée. Plusieurs ajouts dans le protocole sont suggérés sur le besoin de pluridisciplinarité, de personnalisation et de connaissance de son patient afin de s'adapter à ses particularités. Des recommandations plus détaillées sur l'ajustement du positionnement de l'eye-tracker en fonction de la posture du patient sont également demandées.

L'**évaluation objective des fixations visuelles** est validée. Les experts soulignent toutefois l'impossibilité d'atteindre une objectivité totale chez les ECA. En effet, il est difficile d'interpréter les fixations visuelles du fait des troubles importants des patients et de la nécessité d'intervenir à de nombreuses reprises pour les recentrer sur la tâche. Dès lors, une objectivité absolue semble peu atteignable. Le temps de fixation est également jugé subjectif et dépendant de chaque patient. Enfin, selon un expert, les biais visuels sont trop nombreux pour assurer l'objectivité de l'évaluation.

La prise en compte du **facteur humain** est validée. Enoncer oralement la consigne fait consensus, mais un expert insiste sur la nécessité d'une voix enregistrée afin de gagner en objectivité. Les avis sont partagés sur la répétition orale des consignes chez les experts ayant manipulé le test sur des sujets. Cependant, aucune suggestion n'a été proposée. Enfin l'ajout manuel de points fait débat. Selon certains, cet ajout ne fait pas sens puisque l'on cherche à objectiver les fixations visuelles. Séparer les scores avec et sans ajout manuel est jugé essentiel pour contrôler le degré de subjectivité du test.

La **répétabilité des mesures** est validée. Certains experts indiquent le besoin de versions supplémentaires de la BERA afin de rester en adéquation avec les recommandations actuelles préconisant 5 à 6 évaluations du patient. A l'inverse, d'autres trouvent difficile de répéter les mesures une fois sur le terrain.

En conclusion, les résultats analysés montrent une **faisabilité partielle de la BERA-ET** en pratique clinique courante. De nombreuses modifications sont à apporter afin que cet outil soit applicable sur le terrain. De plus, le niveau de manipulation de notre outil par les professionnels apparaît comme essentiel dans l'évaluation de sa faisabilité en pratique clinique.



H	Sous-hypothèse	Comparaison des scores selon la familiarité avec les dispositifs d'eye-tracking		
		Éléments de la BERA-ET concernés	Familiers avec l'eye-tracker	Non familiers avec l'eye-tracker
Hypothèse 2 : Contenu	1. Clarté	• Explication sur la terminologie employée dans les ECA (Q1.a)	Fait totalement consensus (Médiane = 9)	Désaccord, explication jugée peu claire (Médiane = 7)
		• Clarté des éléments du tableau reprenant les principaux eye-trackers (Q26)	Fait débat avec une dispersion des notes importante (IQ = 3 avec Q1 = 6 et Q3 = 9)	Fait consensus avec des notes peu dispersées (IQ = 1 ; Q1 = 7 et Q2 = 8)
	2. Pertinence	• Adéquation du protocole avec le cadre théorique (Q25)	Fait débat avec une dispersion des notes importante (IQ = 2.5)	Fait totalement consensus, l'ensemble des professionnels attribuent 9/9 (IQ = 0).
		• Pertinence du tableau des eye-trackers (Q28)	N'atteint pas le seuil de consensus (Médiane = 6)	Fait consensus (Médiane = 7)
		• Pertinence des possibilités de paramétrage du logiciel (Q41)	Fait consensus avec notes peu dispersées et au-dessus du seuil admis (IQ = 1)	Fait débat avec une dispersion des notes très importante (IQ = 4)
	3. Utilité	• Utilité des fiches techniques proposées par TechLab (Q9)	Fait débat avec une dispersion très importante (IQ = 4)	Experts plutôt d'accord sur l'utilité de ces fiches (IQ = 1.5)
• Utilité du paragraphe sur le calibrage de l'appareil (Q10.b) et le contexte d'élaboration de la BERA-ET (Q11.b)		Font débat avec une étendue des notes importante (IQ = 2)	Paragraphe jugé utile avec notes peu dispersées (IQ = 0.5).	
Hypothèse 3 : Format	1. Accessibilité temporelle	• Temps d'appropriation du protocole (Q15)	Jugé non adapté à la réalité clinique, n'atteint pas le seuil de consensus (Médiane < 7)	Malgré une dispersion des notes importante (IQ = 2.5), fait consensus (Médiane = 7).
	2. Manipulation	• Tableau des eye-trackers (Q29)	N'atteint pas le seuil de consensus (Médiane = 6) avec désaccord des professionnels (IQ = 2.75).	Fait consensus auprès de ces experts qui le jugent facilitateur (Médiane = 7 ; IQ = 1.5)
		• Manipulation du logiciel (Q34)	Nuancés, n'atteint pas le seuil de consensus avec une dispersion des notes importantes (IQ = 4 ; Médiane = 6.5)	Manipulation du logiciel jugée aisée par tous ces professionnels (Médiane = 8 ; IQ = 1)
		• Temps de transition proposé entre le balayage visuel et l'apparition de la diapositive neutre (Q40)	Fait moins consensus par rapport aux non familiers (Médiane = 7 ; Q1 = 6.25 et Q3 = 7.75)	Fait consensus (Médiane = 9 ; Q1 = 7 et Q3 = 9)
Autres sous-hypothèses	<i>Aucune différence majeure</i>			

Figure 23 : Comparaison par sous-hypothèse des scores obtenus selon le degré de familiarité des professionnels dans l'utilisation d'un eye-tracker

H	Sous-hypothèse	Comparaison des scores selon le niveau de manipulation des professionnels		
		Éléments de la BERA-ET concernés	A manipulé	N'a pas manipulé
Hypothèse 2 : Contenu	1.Clarté	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clarté de l'explication de l'évaluation actuelle de l'état de conscience (Q4.a)</li> </ul>	Professionnels plutôt d'accord entre eux avec notes peu dispersées (IQ =1)	Fait débat avec dispersion des notes importante (IQ = 3)
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Clarté des éléments du tableau reprenant les principaux eye-trackers (Q26)</li> </ul>	N'atteint pas le seuil de consensus (Médiane = 6). Jugé peu compréhensible dans l'utilisation pratique du logiciel. Cette conclusion fait presque l'unanimité puisque scores peu étendus (IQ = 1).	Clarté des éléments fait largement consensus (Médiane =9 ; IQ = 1)
	2.Pertinence	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pertinence de l'explication du calibrage d'un eye-tracker (Q11.c) et de la présentation des objectifs et pré-requis à l'évaluation (Q13.c)</li> </ul>	Nuancés avec étendue des notes importante (IQ = 2). Néanmoins, ces items atteignent quel que soit le groupe le seuil de consensus.	Professionnels tout à fait d'accord sur la pertinence de ces paragraphes (IQ =0 ; Médiane =9)
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Adéquation du protocole avec la population cible (Q24)</li> </ul>	Dispersion des notes moindre (IQ = 2), même si importante avec un pourcentage de désaccord de 11.11%.	Désaccord avec dispersion des notes très importante (IQ = 4)
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Pertinence du tableau des eye-trackers (Q28)</li> </ul>	N'atteint pas le seuil de consensus (Médiane = 6 )	Fait consensus (Médiane =8)
	3.Utilité	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilité du schéma d'un eye-tracker (Q8), de l'explication du calibrage (Q11.b) et de l'ajout de feedback visuels (Q39)</li> </ul>	Font débat avec dispersion des notes importante (IQ = 2)	Professionnels d'accord entre eux sur l'utilité de ces éléments (IQ = 0.5)
<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilité des fiches techniques (Q9) et du tableau des eye-trackers (Q27)</li> </ul>		N'atteignent pas le seuil de consensus fixé (Médiane < 7)	Font largement consensus (Médiane =9)	
Hypothèse 3 : Format	1.Accessibilité temporelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temps d'appropriation du protocole (Q15)</li> </ul>	Jugé non adapté à la réalité clinique, n'atteint pas le seuil de consensus (Médiane = 6 )	Atteint le seuil de consensus (Médiane =7)
	2.Manipulation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tableau des eye-trackers (Q29)</li> </ul>	N'atteint pas le seuil de consensus (Médiane = 5). Jugé non aidant à la manipulation.	Atteint le seuil de consensus (Médiane =8.5). Ecart très important avec les experts ayant manipulé.
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Facilité de manipulation du cahier de passation (Q30)</li> </ul>	Fait débat avec dispersion des notes plus importante (IQ = 2)	Professionnels tout à fait d'accord sur la facilité de manipulation du cahier de passation (IQ =0)
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Facilité de manipulation du logiciel en lui-même (Q34)</li> </ul>	N'atteint pas le seuil de consensus (Médiane = 6)	Atteint largement le seuil de consensus (Médiane =9)
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Temps de transition entre le balayage visuel et l'apparition de la diapositive neutre (Q40)</li> </ul>	Temps de transition jugé adéquat par la majorité des experts (IQ =1)	Fait débat avec dispersion des notes importante (IQ = 3)
	3.Adaptabilité	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conseils sur les conditions idéales de passation et le positionnement du sujet et de l'eye-tracker (Q17)</li> </ul>	Dispersion des notes moindre (IQ = 2 avec Q1 = 6 et Q3 =8), même si reste importante.	Nuancés avec dispersion des notes très importante (IQ = 4 avec Q1 = 5 et Q3 = 9)
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Adaptation du protocole aux particularités individuelles des patients (Q21)</li> </ul>	Notes attribuées au seuil ou en dessous du seuil de consensus (Q1 = 5 et Q3 = 7). Mais, item validé par l'ensemble des experts.	Scores attribués au seuil ou au-dessus du seuil de consensus (Q1 = 7 et Q3 = 8).
<ul style="list-style-type: none"> <li>Possibilités de paramétrages proposés (Q42)</li> </ul>		Fait débat avec dispersion des notes très importante (IQ = 4)	Fait débat, mais dans une moindre mesure (IQ =2.5)	



4.Limitation des distracteurs	• Limitation des distracteurs proposée dans le protocole (Q20)	N'atteint pas le seuil de consensus (Médiane = 6)	Fait consensus (Médiane =8)
	• Ajout de feedback visuels (Q38)	Très nuancés. Les feedback visuels engendreraient trop de distraction chez le patient (Médiane = 6 ; IQ = 3.5)	Nuancés. L'ajout de feedback visuels ne fait là encore pas consensus et les professionnels sont tous d'accord entre eux (Médiane = 5 ; IQ = 1.5)
	• Objectivité de l'évaluation des fixations visuelles assurée par le protocole de test (Q18)	Nuancés avec étendue des scores importante (IQ = 2) <u>Commentaires des professionnels</u> : parfois nécessaire d'interagir avec le patient au cours de l'évaluation, limitant l'objectivité	Fait largement consensus. Professionnels tous d'accord entre eux sur l'objectivité de l'évaluation des fixations visuelles (IQ = 0).
6.Facteur humain	• Possibilité de répéter les consignes de manière non informatisée pour s'ajuster à la situation en temps réel (Q22)	Fait débat avec dispersion des notes importante (IQ = 3 ; Médiane = 8)	Fait consensus auprès des experts (Médiane =9 ; IQ = 1).
	• Intérêt d'énoncer oralement les consignes (Q44)	Fait débat avec dispersion des notes importante (IQ = 2). Mais, fait consensus quel que soit le groupe	Fait largement consensus. Tous les experts attribuent 9/9 (IQ = 0)
7.Répétabilité mesures	• Possibilité de répéter les mesures avec le protocole actuel (Q19)	Fait débat avec dispersion des notes importante (IQ = 3)	Professionnels d'accord sur la possible répétabilité des mesures (IQ =1)

Figure 24 : Comparaison par sous-hypothèse des scores obtenus selon le niveau de manipulation des professionnels

## DISCUSSION

### I. Discussion de la faisabilité

#### A Validation des critères de faisabilité

Notre étude avait pour but de répondre à la problématique suivante : L'informatisation de la BERA par l'ajout d'un eye-tracker est-elle faisable pour une utilisation courante en pratique clinique auprès des patients en ECM et EECM afin d'évaluer la compréhension orale ?

Nous avons posé l'hypothèse principale suivante (Hypothèse 1) : L'informatisation de la BERA par l'ajout d'un eye-tracker (BERA-ET) est faisable pour une utilisation courante en pratique clinique auprès des patients en ECM et EECM afin d'évaluer la compréhension orale.

Pour y répondre, nous avons interrogé un jury composé de 18 experts de différentes professions pour qu'ils jugent le format (hypothèse 2) et le contenu (hypothèse 3) de notre outil. Afin de discuter l'hypothèse principale, nous aborderons la validation des hypothèses opérationnelles décrivant les critères de faisabilité nécessaires pour envisager l'utilisation de la BERA-ET en pratique clinique.

#### 1. Hypothèse 2 : Validation de contenu

Pour rappel, l'hypothèse 2 était la suivante : la BERA-ET est applicable en termes de contenu. Pour y répondre, plusieurs sous-hypothèses ont été décrites :

- *Sous-hypothèse 1 : La BERA-ET inclut un contenu clair pour le clinicien*
- *Sous-hypothèse 2 : La BERA-ET inclut un contenu pertinent pour le clinicien*
- *Sous-hypothèse 3 : Tous les éléments de la BERA-ET sont utiles au clinicien*

Au vu des résultats obtenus, ces trois sous-hypothèses sont validées : les éléments de la BERA-ET sont jugés clairs, pertinents et utiles pour le thérapeute. Toutefois, certaines nuances sont apportées par les commentaires du jury.

##### a. Protocole d'évaluation

Les experts jugent indispensable de décrire la terminologie des ECA et soulignent l'importance d'expliquer les processus de la conscience et la distinction entre perception de soi et de l'environnement. Pourtant, cette distinction paraît pour certains réductrice et ne prend pas en compte des phénomènes comme la proprioception. Il est vrai que ces deux types de perception ne sont pas à concevoir séparément, mais plutôt dans un continuum où la personne se concentre sur son environnement ou davantage sur elle et ses pensées (Laureys, 2015). Toutefois, nous avons fait le choix de rester succinct dans le protocole en donnant les informations essentielles de manière schématique pour plus de clarté. Concernant la question de la proprioception, Zeman (2005) la décrit comme faisant partie de la conscience de soi, donnant des informations sur la position de notre corps. Le terme «conscience sensorielle», employé pour évoquer la conscience de l'environnement, a pu porter à confusion. Il conviendra donc de le modifier pour améliorer la clarté de l'énoncé.

Le tableau synthétisant les principaux signes cliniques des ECA constitue un guide pour les professionnels afin de les aider à identifier l'état de conscience de leur patient. Néanmoins, la pertinence de ces signes est questionnée. Situer son patient au sein des différents niveaux de conscience semble complexe. Les critères de diagnostic actuels restent effectivement peu précis, notamment la distinction entre ECM + et EECM jugée encore floue selon le Royal College of Physicians

(2020). Une étude récente a d'ailleurs mis en évidence la difficulté que peuvent avoir les cliniciens, même expérimentés, à poser un diagnostic chez ces patients, attribuant parfois des scores incohérents voire impossibles à la CRS-R (Chatelle et al., 2016). Toutefois, le tableau proposé reprend les signes cliniques faisant consensus dans la littérature (Royal College of Physicians, 2020). Il ne se suffit pas à lui-même et nécessite de se former, s'informer et s'appuyer sur des évaluations pluridisciplinaires. De plus, la subjectivité, l'expertise clinique et la connaissance fine qu'a un thérapeute envers son patient ne sont pas négligeables (Boissel, 2018) et participent, au-delà de ce tableau, à l'élaboration du diagnostic mais aussi et surtout à suivre l'évolution du patient au fil des jours.

Enfin, la présentation des modèles cognitifs permet de comprendre le choix des items de la BERA, mais plusieurs professionnels suggèrent de simplifier certains termes « techniques » employés afin de rendre l'outil accessible au plus grand nombre. Néanmoins, ces professionnels n'étaient ni orthophonistes ni neuropsychologues. Or, la BERA-ET s'adresse à ces professionnels. De fait, cette remarque est cohérente, mais nous avons fait le choix de ne pas expliciter davantage ces termes.

#### *b. Cahier de passation*

Les feuilles de passation sont tout à fait compréhensibles et accessibles aux différents professionnels. Cependant la présentation des consignes devra être améliorée et schématisée.

#### *c. Tableau des eye-trackers*

Ce document avait été conçu pour aider à la manipulation de la BERA-ET, mais aussi et surtout pour informer les thérapeutes n'ayant pas l'habitude d'utiliser un oculomètre sur les dispositifs actuellement disponibles et les éléments clés à avoir en tête lorsqu'on manipule un eye-tracker. Il ne constitue en aucun cas une étude de l'état de l'art du marché des oculomètres. Le taux important de désaccord ainsi que les remarques du jury montrent que ce document ne répond pas à cet objectif. Il semble trop difficile d'accès pour des professionnels novices, succinct et trop éloigné de l'utilisation de la BERA-ET. Les experts dans le domaine conseillent de se référer directement à la notice d'utilisation de son appareil. Ce document n'est d'ailleurs pas validé par les personnes ayant manipulé le logiciel, qui indiquent préférer un manuel plus exhaustif décrivant les points positifs et négatifs de chaque dispositif. Mais réaliser un tel document s'éloigne de l'évaluation de départ. Le transformer en une notice d'information sur les eye-trackers actuellement disponibles en France paraît plus pertinent : cela permettra d'indiquer aux professionnels n'ayant pas encore d'eye-tracker ce qui est accessible aujourd'hui pour mieux les aiguiller, ce qui était notre objectif initial.

#### *d. Logiciel BERA-ET*

Si le logiciel est validé en termes de contenu, quelques points font débat auprès du jury.

La pertinence de la diapositive neutre partage les experts. Plusieurs y voient un intérêt certain pour recentrer le regard et insistent sur le besoin de conserver cette étape. Cependant, le choix d'un carré blanc ne semble pas être le plus adapté car il est peu précis pour focaliser le regard au centre de la rétine. L'orthoptiste interrogée propose de le remplacer par une croix de taille bien moindre. Un professionnel suggère également de rendre cette diapositive plus attractive pour capter le regard en ajoutant un point clignotant ou en mouvement. En effet, comme le décrit la HAS et au vu des fluctuations attentionnelles, l'ajout de stimuli peut favoriser l'état de conscience chez certains patients (HAS, 2020; Wolff et al., 2018). Cette étape nous paraît donc essentielle à conserver, mais le stimulus utilisé devra être modifié pour diminuer tout biais visuel, tout en attirant l'attention du patient. L'aide d'orthoptistes et d'ergothérapeutes nous sera précieuse pour envisager ces améliorations.

Les paramétrages du logiciel s'avèrent pertinents. Cependant, la possibilité de les essayer avant l'évaluation manque. Une première phase d'entraînement à la fixation visuelle pour habituer le patient serait à envisager. Un processus d'apprentissage spécifique préalable est d'ailleurs recommandé dans l'utilisation de l'eye-tracker chez les personnes en situation de polyhandicap (HAS, 2020).

Enfin, l'ajout de feedback visuels pour aider le thérapeute à visualiser et à objectiver les fixations de son patient fait débat, car source de trop de distractibilité. Par exemple, le pointeur de la souris attire le regard vers le bas de l'écran et le dévie de l'item cible à fixer. Néanmoins, certains experts ayant testé le logiciel soulignent l'utilité de ces feedback pour les sujets avec un trouble attentionnel majeur ou tout simplement comme source de motivation. Il semble donc que le profil de chaque individu soit à prendre en compte dans l'élaboration de la BERA-ET. Rendre les feedback optionnels et paramétrables paraît alors le plus pertinent. Dans tous les cas, il conviendra de réduire la taille du timer et d'éviter de présenter le timer et le pointeur simultanément au patient.

## **2. Hypothèse 3 : Validation du format**

L'hypothèse 3 était la suivante : la BERA-ET est applicable en termes de format. Plusieurs sous-hypothèses ont été décrites mais n'ont pas été validées. De fait, l'hypothèse 3 n'est que partiellement validée : le format actuel de la BERA-ET ne permet pas son application en pratique courante.

### *a. Sous-hypothèse 1 : Accessibilité temporelle*

La sous-hypothèse 1 n'a pas été validée : la BERA-ET est en l'état actuel non réalisable en termes de durée. La prise en main de l'outil est jugée trop longue par rapport à la réalité clinique. Certains passages du protocole nécessitent d'être lus à plusieurs reprises pour être assimilés (plusieurs heures). Deux experts nuancent ces conclusions en précisant que si le protocole prend du temps, il pourra être lu en plusieurs fois, ultérieurement à l'évaluation selon les besoins du thérapeute. En effet, les professionnels interrogés n'ont pas pu différer la lecture des documents du fait des contraintes temporelles de l'étude. Cependant, sur le terrain, chacun peut fractionner la prise de connaissance des informations fournies. L'effet de nouveauté a également pu perturber les professionnels, notamment ceux n'ayant pas l'habitude d'utiliser une commande oculaire. Il serait intéressant de séparer le protocole d'évaluation en deux : un document spécifique au déroulement de l'évaluation et un document reprenant uniquement les éléments théoriques. Enfin, une courte formation sur l'utilisation du logiciel pourrait améliorer la facilité et la rapidité de prise en main de la BERA-ET.

Le temps de l'évaluation est également jugé trop long et inadapté aux capacités attentionnelles des patients en ECA. Certains ont mis 15 minutes pour répondre uniquement aux cinq premiers items. Du fait d'un éventuel décrochage attentionnel, la durée de passation paraît donc trop importante. Il convient alors d'envisager un possible fractionnement du test : le patient pourra répondre à plusieurs items et y revenir ultérieurement tout en sauvegardant ses réponses. Fractionner un bilan peut paraître en désaccord avec le besoin de normalisation et de standardisation recherchés dans nombre d'évaluations. Néanmoins, comme nous l'évoquerons par la suite, la standardisation est difficile à obtenir avec ces patients. De plus, comparer leurs performances à la norme a ici peu de sens car une seule erreur entraînerait un score pathologique. Evaluer le patient malgré ses difficultés attentionnelles sur un temps relativement long risque de complexifier l'interprétation des résultats. A l'inverse, en fractionnant la passation, le clinicien pourra juger des capacités de compréhension réelles du patient en limitant tout biais lié à sa fluctuation d'éveil.

### *b. Sous-hypothèse 2 : Facilité de manipulation*

Cette sous-hypothèse est validée : la BERA-ET est facile d'utilisation et de manipulation. L'avis des experts ayant testé l'outil reste plus partagé. Ils soulignent le besoin de s'exercer à de nombreuses reprises avant de maîtriser la procédure. Afin de faciliter le protocole et de simplifier le cahier de passation, nous proposons de schématiser les étapes de l'évaluation. Le tutoriel vidéo réalisé lors de l'étude de faisabilité devra également être intégré à la batterie pour aider à la prise en main de l'outil. De plus, une adaptation pour IOS/MacOs devra être réalisée. En effet, de nouveaux dispositifs de commande oculaire utilisent ce type de système d'exploitation. Enfin, l'accès aux résultats a posé problème aux personnes n'ayant pas Excel. Nous devons améliorer ce point pour que les résultats soient consultables sur un maximum de supports.

*c. Sous-hypothèse 3 : Prise en compte des comorbidités et individualisation de la passation*

Cette sous-hypothèse est validée : la BERA-ET prend bien en compte les comorbidités des patients en ECA en s'adaptant à leurs particularités. Les professionnels ayant manipulé le logiciel s'accordent sur le besoin essentiel de concevoir un outil assez souple et demandent même davantage d'adaptations. Ils jugent difficile d'obtenir un test adapté à l'ensemble de la population au vu de son hétérogénéité. Ils insistent sur le besoin d'une prise en soins pluridisciplinaire et d'un travail d'anticipation de l'évaluation en équipe pour mettre le patient dans les meilleures conditions possibles, être au plus près de ses capacités et faciliter la passation. Ces indications ne semblent pas assez mises en avant et devront être soulignées davantage dans le protocole d'évaluation.

Enfin, les experts n'ayant pas manipulé la BERA-ET sont nuancés quant aux conseils donnés sur les conditions préalables à l'évaluation. Pourtant, une fois l'outil manipulé, les regards sont différents et ces conseils sont jugés suffisamment adaptés aux particularités des patients. Certains ont toutefois pu être démunis pour adapter le positionnement de l'appareil en fonction de la situation du patient (notamment avec des sujets alités et en fauteuil équipé d'une tablette). Davantage de repères pourront donc être donnés, notamment si aucun ergothérapeute n'est présent dans la structure d'accueil. Ces points seront développés plus en détails dans les paragraphes suivants.

*d. Sous-hypothèse 4 : Limitation des distracteurs*

Cette sous-hypothèse n'est que partiellement validée. En effet, si le protocole d'évaluation et les supports choisis limitent suffisamment les distractions, l'ajout des feedback visuels ne fait pas consensus. Comme abordé précédemment, de nombreuses modifications devront être envisagées pour que ces feedback soient moins prégnants. Toutefois, les avis divergent sur leur utilité. Il y a un réel besoin d'adapter le logiciel au profil de chaque patient selon ses capacités sensorielles et cognitives. Selon la HAS, « une surcharge sensorielle peut conduire à des troubles du comportement et/ou des modifications physiologiques réactionnelles. Dans d'autres situations, les stimuli peuvent favoriser l'état de conscience de la personne polyhandicapée. Il est donc important de proposer un niveau de stimulations adapté à chaque personne et selon le contexte » (HAS, 2020). L'ajout d'un stimulus sonore a été suggéré et nous semble pertinent pour recentrer le patient sur la tâche. Dans tous les cas, ces feedback devront faire l'objet d'une étude spécifique basée sur l'expérimentation.

Enfin, plusieurs experts remettent en cause les dessins de la BERA tant sur le fond que sur la forme. Certains items sont jugés trop complexes, peu lisibles, et peu signifiants pour cette population. Un orthoptiste suggère d'ajouter plus de contrastes et de marquer les contours. Un neuropsychologue propose quant à lui d'utiliser des stimuli plus proches de la réalité comme des photos pour gagner en informativité. Ces éléments seront mis en lien et développés dans les paragraphes suivants.

*e. Sous-hypothèse 5 : Objectivation des fixations visuelles*

Cette sous-hypothèse constitue le cœur de notre étude et revêt une grande importance pour la suite du projet. Elle est largement validée. Notre outil semble permettre d'améliorer significativement l'objectivité des évaluations en comparaison des tests habituellement utilisés. Néanmoins, les professionnels ayant manipulé le logiciel sont plus nuancés quant à l'objectivité de l'évaluation. Ils indiquent la nécessité d'intervenir quelquefois pour aider le patient à rester focalisé sur la tâche. Ils jugent également difficile d'interpréter les fixations visuelles et d'y donner un sens. En effet, au vu de la population cible, il peut être compliqué de distinguer un défaut de fixation dû à un trouble moteur ou à une difficulté de compréhension. La présence de feedback visuels peut entraîner un biais supplémentaire et complexifier l'interprétation des fixations oculaires : le patient fixe-t-il une image car elle l'attire visuellement et qu'il est happé par le timer ou a-t-il réellement compris l'item ? Il sera là encore nécessaire de proposer une évaluation sans feedback visuel, mais aussi d'insister sur la nécessité de répéter les mesures avec des jeux de tests différents pour affiner l'analyse des résultats.

*f. Sous-hypothèse 6 : Facteur humain*

Cette sous-hypothèse est largement validée : la BERA-ET prend en compte le facteur humain nécessaire aux patients en ECA, sensibles aux voix familières (Kotchoubey et al., 2009; Wolff et al., 2018) et à la présence de son thérapeute (Boissel, 2018). Un professionnel propose d'énoncer la consigne de manière pré-enregistrée et automatisée pour gagner en objectivité. Il sera intéressant d'ajouter cette modalité dans les options du logiciel. Pour conserver la voix du thérapeute, qui constitue un levier dans l'évaluation de ces patients, une formation adressée aux cliniciens pourrait être proposée pour leur permettre d'enregistrer leur propre voix.

Lors de la cotation, l'ajout manuel de points fait quant à lui débat. Selon certains, cet ajout n'a pas de sens puisque l'objectif est de réduire tout biais d'interprétation. Cependant, l'informatisation d'une évaluation n'est pas sans faille. C'est pour cette raison que l'ajout de ce point nous paraît souhaitable, en veillant à séparer la cotation avec et sans les points ajoutés. Notons également que le jury était constitué de professionnels habitués à l'accompagnement de ces patients et/ou à l'utilisation d'une commande oculaire. Or, notre test s'adressera à l'ensemble des thérapeutes, qu'ils soient novices dans le domaine ou en libéral avec de multiples pathologies à prendre en charge. Ces thérapeutes n'auront pas toujours le réflexe de penser à ces possibles défauts du logiciel. Au cours des tests réalisés, nous avons également relevé l'effet inverse où le logiciel prend en compte une fixation qui n'est pas du tout jugée significative pour le thérapeute. Ces observations révèlent finalement l'aide de l'eye-tracker dans la visualisation des fixations visuelles et dans la précision du temps de fixation d'une cible. Néanmoins, du fait des troubles moteurs, comportementaux et visuels, toute fixation sera à analyser cliniquement par le thérapeute. Ce constat rejoint celui de Boissel qui rend compte d'une tension chez les professionnels entre « le risque de trop interpréter et celui de ne plus donner de sens » (2018). Le facteur humain paraît donc essentiel dans l'évaluation des ECA.

Pour finir, l'orthoptiste a été l'un des seuls experts à remettre en cause l'objectivation des fixations visuelles, en lien avec l'implication du facteur humain et les feedback visuels choisis. Son point de vue est essentiel à prendre en compte dans l'évaluation pure des fixations oculaires et l'amélioration de ces feedback. Toutefois, gardons en tête que nous cherchons une fixation visuelle **volontaire** et **adaptée** en réponse à une consigne. Ceci constitue un autre degré de communication et de compétence. Crunelle (2018) sépare par exemple l'orientation de l'attention vers une voix, et l'orientation vers une voix connue. Nous ne pouvons donc rester au niveau de l'objectivation des

mouvements visuels purs, qui constitue une aide majeure pour le clinicien, mais qui ne suffit pas à rendre compte des capacités de compréhension orale du patient. Ainsi, l'automatisation du test ne peut pas se substituer à l'expertise du thérapeute.

*g. Sous-hypothèse 7 : Répétabilité des mesures*

Cette sous-hypothèse est validée. Le jury suggère néanmoins d'ajouter des versions supplémentaires du test pour rester en adéquation avec les recommandations actuelles préconisant 5 à 6 évaluations (Kondziella et al., 2020). Nous proposons donc d'élaborer de nouveaux jeux de tests en s'appuyant sur les deux versions validées de la BERA. Néanmoins, un professionnel trouve difficile de dégager un temps suffisant au quotidien pour répéter les mesures. Il faut donc proposer un test modulable où chaque thérapeute pourra faire passer plusieurs fois la BERA-ET, mais également de fractionner l'évaluation afin de s'adapter aux contraintes du terrain.

\*\*\*

Suite à l'ensemble de ces retours, **l'hypothèse principale n'est que partiellement validée** : l'informatisation de la BERA par ajout d'un eye-tracker n'est actuellement pas faisable pour une utilisation courante auprès des patients en ECM et EECM afin d'évaluer la compréhension orale.

## **B Des besoins théoriques et cliniques marqués**

Les résultats obtenus laissent apparaître un besoin de tests d'évaluation du langage spécifiques à cette population et donc un besoin d'outiller les orthophonistes et neuropsychologues. Par ailleurs, tous les thérapeutes trouvent l'eye-tracker pertinent dans le développement de ces évaluations.

De plus, l'ensemble des commentaires recueillis mettent en évidence une certaine méconnaissance des notions théoriques et pratiques dans le domaine des ECA, ainsi qu'une forte demande d'informations. Ceci souligne l'écart important que l'on peut retrouver entre la recherche scientifique et la pratique clinique. Connaître la terminologie des ECA et les signes cliniques de chaque état de conscience est un prérequis à l'évaluation de ces patients, et à leur prise en charge (Gosseries et al., 2014; Royal College of Speech and Language Therapists, 2019). Les chapitres relatifs aux définitions et aux signes cliniques devront être conservés et renforcés.

Cet écart entre recherche et pratique se retrouve au niveau de la mise en œuvre clinique du protocole. Le positionnement de l'appareil en fonction de la situation du patient ou encore l'adaptation de l'évaluation à leurs troubles visuels ont mis certains thérapeutes en difficulté. Ergothérapeutes et orthoptistes ne sont pas présents dans l'ensemble des établissements accueillant les patients en ECA. Il est donc nécessaire de donner davantage de repères aux thérapeutes pour que le patient soit évalué dans les meilleures conditions possibles (Overbeek et al., 2022).

La diffusion et le partage d'informations entre professions paraissent donc limités à l'heure actuelle. Pourtant, un travail pluridisciplinaire est essentiel pour évaluer l'état de conscience (Pundole & Crawford, 2018) et prendre en soins ces patients (Boissel, 2018; HAS, 2020; Stéphan et al., 2017). Du fait des nombreuses atteintes cérébrales, les orthophonistes ne peuvent évaluer et accompagner seuls ces patients (Royal College of Speech and Language Therapists, 2019). Une évaluation pluridisciplinaire permet une analyse fine grâce au regard croisé et aux compétences de chaque thérapeute (Crunelle, 2018). De manière plus globale, elle amène à définir le profil général du patient pour déterminer un projet de soin individualisé (Crunelle, 2018; HAS, 2020). Cette pluridisciplinarité devrait également être mise en œuvre dans la suite de l'étude pour élaborer et expérimenter le test.

## **C Une adaptation informatique complexe**

Nous avons adapté la BERA en voulant être le plus fidèle possible à la version papier. Cependant, informatiser un processus comme celui de la BERA va bien au-delà du simple ajout d'un eye-tracker, et engendre nécessairement le besoin de formaliser des actions et procédures humaines non décrites dans sa version initiale. Ces actions sont difficilement transposables, et impliquent de trouver une adaptation informatique, voire une action différente si rien ne peut remplacer le geste humain (ex : exagérer les mimiques pour remobiliser le patient). De fait, rester fidèle à la BERA papier s'est avéré beaucoup plus complexe que prévu. Il nous a fallu faire des choix (et il faudra encore en faire) qui ont eu des répercussions différentes sur le patient et le thérapeute. L'utilisation d'une version « logiciel » de la BERA nécessite en outre que le praticien soit suffisamment à l'aise avec outil informatique, et demande au départ un effort d'appropriation, et davantage de manipulations.

## **D Un test difficile à standardiser**

Pour qu'un test soit standardisé, il faut concevoir une procédure identique pour tous les patients cibles potentiels. Ceci amène à une reproductibilité et donc une objectivité de l'évaluation. La BERA propose une procédure standard précise et validée chez des sujets aphasiques (Aubinet et al., 2021), d'où son choix pour notre étude. Néanmoins, comme évoqué précédemment, son adaptation informatique s'est avérée complexe. Nous avons tenté de nous rapprocher le plus possible de la procédure de la BERA. Pourtant, les experts s'accordent sur le besoin de concevoir un outil flexible.

Comme le décrit Zhang (2021), les patients en ECA présentent un profil très hétérogène. Par conséquent, les avis sont partagés sur plusieurs points du protocole. Le caractère individualisé de l'évaluation paraît donc essentiel pour prendre en compte le profil de chaque patient et la pratique du thérapeute. Cette notion d'individualisation a d'ailleurs été mise en avant par le jury qui évoque la notion de « bien connaître » son patient. Il est aujourd'hui recommandé de s'adapter au rythme de chaque sujet évalué (Gosseries et al., 2014; Wolff et al., 2018) et de proposer un niveau de stimulations spécifique à chaque individu en situation de handicap complexe en établissant en amont son profil sensoriel et moteur (HAS, 2020). Pour ces raisons, il nous paraît essentiel de présenter un logiciel offrant le plus de souplesse possible via son paramétrage. Cependant, l'augmentation du nombre de paramètres peut sembler s'éloigner d'une standardisation.

Toutefois, les paramètres proposés sont pour la majorité contrôlés et contrôlables. De plus, la valeur du test est jugée sur le fond et non sur la forme. Or, le fond de cette évaluation demeure inchangé. Le logiciel devra donner une flexibilité au thérapeute pour favoriser l'adaptation à chaque patient, en conservant « l'esprit » de la BERA. On pourrait parler de « flexibilité standardisée » où les paramètres, une fois déterminés pour un patient, devraient rester inchangés.

De plus, élaborer la BERA-ET a amené à spécifier certains points du protocole et à donner un cadre plus strict et rigoureux à l'évaluation. Le nombre possible de répétitions de la consigne et la durée entre chaque répétition n'étaient par exemple pas déterminés. Les conditions préalables à l'évaluation n'apparaissaient pas non plus dans le protocole. En se questionnant sur la construction du logiciel, il nous a fallu définir des parties du protocole, et lever les approximations. Nous avons ainsi pu affiner la procédure de la BERA et participer à une meilleure standardisation de l'évaluation. De fait, l'élaboration de la BERA-ET entraînera une évolution de la BERA initiale. Son auteure, Charlène Aubinet, a d'ailleurs validé l'ensemble de nos modifications.



## **E Le besoin d'une évaluation plus écologique et fonctionnelle**

Certains professionnels soulignent le besoin d'une évaluation plus écologique et fonctionnelle, se rapprochant de la réalité quotidienne du patient.

Tout d'abord, des images plus réalistes auraient été souhaitées : les dessins proposés ne sont que des représentations de la réalité et amènent à une perte d'informations. L'introduction de photos, augmentant le degré de concrétude du support, pourrait être un moyen de faciliter l'accès à la compréhension (Beukelman & Mirenda, 2017). L'utilisation de photos du patient ou de ses proches est d'ailleurs aujourd'hui recommandée pour évaluer l'état de conscience (Overbeek et al., 2022).

De plus, l'un des professionnels a questionné l'objectif même de la BERA en interrogeant l'utilité de tester les processus langagiers par domaine linguistique. Du fait des troubles cognitifs et sensori-moteurs que l'on sait majeurs dans cette population, cet expert souligne l'importance de viser une évaluation plutôt écologique et fonctionnelle du langage en testant des items concrets du quotidien. Cette démarche s'inscrit dans l'approche de rééducation fonctionnelle pragmatique ayant pour objectif d'« évaluer les capacités des sujets dans des situations de communication proches de celles de la vie quotidienne » (Dardier, 2004). En complément de la BERA, le logiciel pourrait être rendu adaptable à l'évaluation de la compréhension d'éléments signifiants pour chaque patient. Ceci supposerait une individualisation des items proposés, largement recommandée chez les personnes en situation de handicap complexe (Crunelle, 2018). Des études récentes ont d'ailleurs souligné l'intérêt d'utiliser en orthophonie du matériel signifiant à caractère autobiographique chez le patient en ECA tel que ses musiques et odeurs préférées, ou des photos de proches ou d'objets familiers ayant un sens affectif et émotionnel pour lui (Perrin et al., 2015; Sautet et al., 2022). Ceci augmenterait les chances d'observer des signes comportementaux de type réponses oui/non ou réactions quotidiennes aux sollicitations. Les réponses cérébrales obtenues seraient plus importantes par rapport à la présentation de stimuli neutres.

## **F Une remise en question de la BERA**

Notre étude n'avait pas pour objectif de remettre en question la BERA que nous avons considérée comme un outil de référence. Il apparaît en effet comme l'un des seuls tests français conçus spécifiquement pour les patients en ECA dans l'évaluation de la compréhension orale.

Pourtant, certains points de cette batterie ont été remis en question par les experts. Comme évoqué précédemment, les supports imagiers ont été jugés trop éloignés de la réalité et peu explicites. Pour certains thérapeutes, le coût attentionnel demandé par ce type d'épreuve était jugé non adapté aux ECA. Par conséquent, le nombre d'items de la batterie paraît trop important ou le test trop long. Il est néanmoins difficile de conclure sachant qu'aucun expert n'avait connaissance de la BERA et qu'aucune comparaison n'a pu être effectuée. Nous développerons ce point dans les biais de l'étude.

\*\*\*

En conclusion, notre étude a permis de mettre en lumière un manque d'outils et des besoins marqués pour l'ensemble des professionnels paramédicaux accompagnant les patients en ECA tant sur le plan théorique que pratique. Grâce à notre protocole, certains éléments de réponse ont pu leur être transmis et plusieurs améliorations seront envisagées pour leur donner davantage de repères. Ce travail a amené à faire connaître la BERA et à diffuser les informations pour tenter de rassembler le monde de la recherche et la pratique de terrain. De plus, élaborer la BERA-ET a participé à l'amélioration de la précision du protocole BERA en apportant une procédure plus rigoureuse,

s'appuyant sur des données scientifiquement étayées. En outre, notre outil a été co-construit en partenariat avec des professions variées. Les échanges ont été riches et nombreux et ont permis de faire émerger des retours constructifs et exhaustifs afin d'envisager des modifications plus pertinentes et adaptées à notre population d'étude. Enfin, différents orthophonistes ont souligné l'intérêt porté à notre étude afin de mettre à jour leur cadre théorique et d'obtenir des repères pour mieux situer leur patient au sein du continuum de l'état de conscience. Ce projet leur a donné l'envie d'explorer davantage l'utilisation de l'eye-tracker et de s'interroger sur l'évolution du degré de conscience de leurs patients au cours du suivi. Il a donc amené à un questionnement de certaines pratiques pour améliorer l'accompagnement des patients en ECA. La mise en place de la BERA-ET n'est toutefois pas faisable actuellement : l'élaboration du logiciel n'est pas terminée. De nombreuses évolutions sont encore à prévoir pour aboutir à un outil fonctionnel, adapté à l'ECA et applicable en pratique courante.

## II. Limites et biais

### A Biais méthodologiques

#### 1. Biais concernant le format du questionnaire

Concernant le format du questionnaire proposé, nous avons choisi une échelle de Likert allant de 1 à 9, recommandée dans de nombreuses publications (Bourrée et al., 2008; Hasson et al., 2000; Letrilliart & Vanmeerbeek, 2011; McMillan et al., 2016). Cependant, un nombre pair aurait forcé chaque participant à ne pas rester neutre (Lepage et al., 2013). De plus, le choix d'une échelle sur 9 a très probablement été associé à une échelle sur 10. De fait, beaucoup d'experts ont répondu 5 à de nombreuses questions et un professionnel nous a confié n'avoir mis que des notes de 5 ou 9 et avoir du mal à appréhender les nuances entre 1 et 9. Il aurait été pertinent de choisir une échelle réduite. Si des études antérieures ont montré qu'une échelle sur 9 points semblait la plus robuste, un choix plus restreint ne limitait en rien la fiabilité et la validité des échelles (Taherdoost, 2019).

Certaines affirmations du questionnaire ont été mal formulées et cela a entraîné des réponses erronées. En effet, après avoir échangé par téléphone avec plusieurs professionnels sur certains points du logiciel, nous avons réalisé que leur réponse au questionnaire n'était pas toujours en adéquation avec leurs propos. De plus, la terminologie employée a pu amener à des confusions. Le terme « pointeur » a par exemple parfois été utilisé pour désigner le « timer » jaune.

La longueur du questionnaire a été largement critiquée. Nous avons choisi de privilégier l'exhaustivité et de séparer le questionnaire en quatre pour donner la possibilité à chaque participant de répondre en plusieurs fois. Cependant, à cela venait s'ajouter le nombre conséquent de documents à lire et à s'approprier, ainsi que le logiciel à manipuler. Ce travail a demandé un investissement important, a démotivé et engendré plusieurs abandons à la participation à l'étude. Si le tutoriel vidéo sur la prise en main du logiciel avait été disponible, il aurait été important de le diffuser dès le début de l'étude afin de faciliter la compréhension de la documentation. De plus, plusieurs experts ont rencontré des difficultés techniques parfois identiques et les échanges par mail ont de fait été nombreux. Une réunion avec l'ensemble des participants dès le lancement de l'étude aurait pu permettre de répondre à toutes leurs questions.

#### 2. Biais de sélection

Plusieurs auteurs recommandent un minimum de 10 à 15 voire 18 participants au sein d'une étude par panel d'experts (Bourrée et al., 2008; Hasson et al., 2000; Letrilliart & Vanmeerbeek, 2011; Okoli

& Pawlowski, 2004). Nous nous étions fixés comme objectif de recruter au moins 15 experts toutes professions confondues. Finalement, 18 personnes ont répondu à notre questionnaire, soit un effectif au-dessus du nombre attendu. Cependant, le groupe d'experts manque d'homogénéité. Le pourcentage de participants de chaque profession est déséquilibré avec un orthoptiste et deux ergothérapeutes pour 13 orthophonistes. Le défaut de participants peut être dû au nombre très restreint de professionnels répondant aux critères de sélection déterminés : certains avaient l'habitude de travailler auprès de patients en ECA mais sans eye-tracker ou avec un dispositif obsolète, d'autres étaient experts dans l'utilisation d'un eye-tracker, mais n'avaient pris en charge que des patients en situation de polyhandicap et non en ECA. Il peut également en partie s'expliquer par le manque important de paramédicaux dans les structures d'accueil des patients en ECA, notamment d'orthoptistes, auquel nous avons été confrontés. De fait, il convient d'être prudent quant à l'analyse des résultats obtenus. Une répartition homogène des professions aurait également permis une étude des scores donnés selon le domaine d'expertise et un enrichissement des retours qualitatifs recueillis.

En outre, la moitié des participants n'ont pas pu manipuler la BERA-ET auprès d'un sujet. Or, l'analyse des scores obtenus a montré des différences majeures avec des désaccords importants sur plusieurs points du protocole en fonction du degré de manipulation de l'outil. Tester la BERA-ET nous paraît essentiel pour juger de sa forme et de son contenu. Cela devra être un critère majeur dans les futures études de faisabilité. De fait, certains experts n'ont pas répondu à l'ensemble des questions, notamment celles concernant le logiciel, car il leur a été impossible de manipuler le logiciel. En cause le défaut d'accès au matériel et l'inclusion progressive des participants à l'étude. Effectivement, dans le but d'obtenir un maximum de réponses, certains experts ont été recrutés bien après d'autres. Ils ont alors eu beaucoup moins de temps pour manipuler et s'approprier la BERA-ET. Le manque de données engendré a pu biaiser les résultats de notre étude.

### **3. Défaut de conception méthodologique**

Nous nous sommes appuyés sur la méthode Delphi afin de définir un cadre méthodologique pour interroger un jury d'experts. Nous avons effectué un unique tour. Or, il est recommandé d'en réaliser plusieurs jusqu'à obtention d'un consensus (Letrilliant & Vanmeerbeek, 2011; ORSAS, 2009). Nous avons choisi de ne pas lancer un deuxième tour car les modifications à effectuer étaient trop nombreuses et la durée de l'étude trop restreinte. Il nous semblait nécessaire de prendre un temps supplémentaire pour réfléchir à l'amélioration de notre outil avant de le proposer à nouveau au jury.

De plus, ce type de méthodologie assure une anonymisation des réponses données afin de ne pas influencer les résultats lors des tours suivants (Spiral, 2022). Cette anonymisation, déterminée au départ, n'a pas pu être maintenue tout au long de l'étude. En effet, ayant choisi de nous arrêter à un seul tour, nous avons préféré interroger certains professionnels par mail ou par échanges téléphoniques après clôture du questionnaire afin d'obtenir plus d'informations sur différents points du matériel. Cela a permis d'affiner les retours qualitatifs obtenus et de proposer des modifications plus justes. Certains professionnels ont également choisi de nous contacter d'eux-mêmes au moment de la réponse au questionnaire. Lors d'une future étude de faisabilité sur la BERA-ET, si plusieurs rounds sont nécessaires, il sera alors intéressant de procéder différemment en appliquant une procédure d'anonymisation des données ou en complétant la méthode de consensus par des entretiens individuels (Letrilliant & Vanmeerbeek, 2011).

En outre, la BERA n'a pas été présentée aux experts. Une description succincte de cette évaluation apparaît dans le protocole, mais aucune visualisation du test à travers photos et/ou vidéos n'a été réalisée. De fait, les experts n'ont pas pu comparer notre adaptation informatisée à la version d'origine.

De plus, aucun des professionnels n'a indiqué connaître et avoir manipulé la BERA auparavant. Ceci constitue un biais majeur à l'étude car le jury n'a pas pu avoir de point de comparaison afin de juger du gain en objectivité des fixations visuelles et de la fidélité de notre logiciel avec le test de référence. Il sera essentiel de leur faire parvenir un document plus détaillé du protocole BERA accompagné d'un extrait vidéo d'une évaluation avec cet outil. Ajoutons également que la BERA n'est à ce jour que validée sur des sujets aphasiques et pré-validée sur quatre patients en ECA. La validation de la batterie est donc un pré-requis nécessaire et constitue actuellement un projet en cours.

## **B Limites de la méthode par consensus avec interrogation d'un panel d'experts**

Plusieurs limites sont intrinsèques à la méthodologie choisie. La méthode par consensus « reflète la perception subjective d'un groupe d'experts » (ORSAS, 2009). De fait, « chaque expert conduit son expertise selon ses propres normes, ses propres conceptions, ses propres méthodes » (Spiral, 2022). Les professionnels ont montré des avis divergents sur de nombreux points pouvant être mis en lien avec les différences de professions et de pratiques selon le thérapeute interrogé et leur vision de la prise en soins et de l'évaluation des patients en ECA. De manière générale, certains ont souligné le besoin d'un test le plus objectif et standard possible, tandis que d'autres ont indiqué l'impossibilité de concevoir un protocole identique pour chaque patient en ECA. Le choix de cette méthode a donc entraîné une incertitude quant aux choix et modifications à apporter en fonction du point de vue de chacun. Il aurait été pertinent de répéter la procédure d'envoi de questionnaire afin d'arriver à des avis convergents. De plus, l'interactivité entre les participants peut être considérablement réduite dans ce type de méthodologie de recherche (Letrilliart & Vanmeerbeek, 2011). Aucun débat n'a pas pu être réalisé entre les participants à l'étude. Or, des réunions entre experts auraient permis d'enrichir les échanges et de faire émerger des consensus ou désaccords plus francs afin de concevoir un outil réfléchi et abouti par concertation et confrontation de plusieurs professions entre elles. Les modifications à venir et les études visant l'amélioration de notre outil devraient dans la mesure du possible se faire dans le cadre d'un groupe de travail pluriprofessionnel. Chaque thérapeute apporterait son expertise dans son domaine afin d'élaborer une évaluation la plus adaptée aux ECA.

## **C Limites pratiques**

### **1. Des contraintes temporelles**

La courte durée de l'expérimentation imposée par le calendrier du mémoire a limité l'étude de faisabilité. Comme évoqué précédemment, certains professionnels n'ont pas pu tester le logiciel sur des sujets du fait du temps imparti. De plus, allonger la période d'expérimentation aurait permis de laisser aux experts plus de temps pour s'appropriier l'ensemble des documents, très denses. En effet, certains professionnels recrutés tardivement ont eu simultanément accès au logiciel et aux documents annexes. Dans une prochaine étude, il serait donc nécessaire d'organiser le calendrier différemment en prévoyant un temps d'appropriation, puis un temps de manipulation avant de répondre aux différents questionnaires.

### **2. Un prototype peu testé sur le terrain**

Nous avons envisagé de tester notre prototype auprès de patients en ECA afin de compléter les retours des experts. Pour cela, nous avons contacté plusieurs établissements accueillant ces patients. Néanmoins, il n'a pas été possible de se rendre sur les lieux. Au vu du contexte sanitaire, certains professionnels n'ont pas pu nous recevoir. D'autres structures n'ont pas donné de réponse à nos sollicitations. Nous avons finalement pu utiliser notre matériel sur un seul patient, hébergé en

Maison d'Accueil Spécialisée. Ce manque de manipulation auprès de sujets a limité notre analyse et il sera essentiel de réaliser des essais sur des patients dans de futures études.

### **3. Des problèmes techniques nombreux**

La majorité des professionnels ont rencontré des difficultés techniques lors de l'installation du logiciel BERA-ET. Plusieurs établissements avaient mis en place des pare-feu bloquant l'accès au logiciel, quelques professionnels n'ont pas pu obtenir un eye-tracker, enfin d'autres ne disposaient pas d'un matériel informatique compatible avec notre outil. De fait, nous avons été largement sollicités pour tenter de résoudre ces problèmes. Cependant, par un défaut de compétences en informatique dépassant notre champ de compétences, il a été difficile de leur proposer des solutions rapidement. Ceci a pu démotiver certains experts à poursuivre l'étude, a retardé l'accès au logiciel et a entraîné une perte de données. En effet, un professionnel n'a pas pu tester la BERA-ET auprès de patients en ECA car le temps de résolution des problèmes informatiques rencontrés a dépassé le délai de l'étude de faisabilité. Il sera à l'avenir nécessaire de préciser dès le départ les environnements techniques et les logiciels supportés (OS, marque et version d'eye-tracker).

#### **D Un manque d'études préalables**

L'une des limites de l'étude émerge lorsque nous la replaçons dans le projet global de validation d'une batterie d'évaluation. Pour rappel, notre objectif à long terme est de comparer BERA et BERA-ET afin d'évaluer l'intérêt qualitatif et quantitatif de l'ajout d'un eye-tracker. Pour cela, il a été nécessaire d'élaborer la BERA-ET et de s'assurer de son application sur le terrain.

Dans les étapes méthodologiques nécessaires à la création d'un test, il convient de passer par une première étape de faisabilité pour s'assurer de la possible mise en œuvre de notre outil auprès d'une population cible. Afin de respecter cette procédure, nous avons choisi d'adapter l'ensemble de la BERA. Nous nous sommes donc situés dans la création d'une batterie d'évaluation utilisable par des professionnels. De fait, outre l'élaboration du logiciel, nous avons conçu des documents annexes pour un test d'évaluation le plus complet possible.

Néanmoins, ce projet s'est avéré complexe et ambitieux pour une première étude. Nous pouvons nous demander si l'adaptation de l'ensemble de la batterie BERA était nécessaire à réaliser dès le départ. N'aurait-il pas été pertinent de tester l'apport de l'eye-tracker en commençant par adapter seulement quelques items de la BERA ? Une étude préalable sur l'apport de l'oculométrie dans une tâche de réponse à une commande verbale, sur laquelle est fondée la BERA, aurait permis d'amener de premiers éléments d'analyse : *l'informatisation de l'évaluation a-t-elle un impact sur les capacités du patient (nombre de fixations visuelles, nombre de réponses à la commande) par rapport à un test papier ? Le thérapeute juge-t-il son évaluation plus objective ?*

Du fait d'un test court ne visant pas la conception d'une batterie diagnostique, la création de documents annexes n'aurait pas été nécessaire et les critères de faisabilité auraient été moins nombreux. Il aurait également été plus aisé de comparer les résultats avec et sans eye-tracker sur quelques patients. Alors, nous aurions pu juger de l'intérêt ou non d'adapter l'ensemble de la BERA.

### **III. Perspectives de l'étude**

#### **A Perspectives d'évolution de l'outil**

A partir de l'ensemble des retours et suggestions du jury, un certain nombre de modifications ont été envisagées pour que la BERA-ET soit adaptée et applicable en pratique courante. Afin que ces

modifications soient les plus justes possibles et proches de la réalité clinique, des entretiens téléphoniques et des échanges par mail avec des experts de différentes professions (orthoptistes, orthophonistes, ergothérapeute, ingénieur) ont été réalisés.

Au vu des contraintes temporelles du mémoire, toutes les modifications n'ont pas pu être finalisées. Le tableau en Annexe 14 synthétise les améliorations déjà réalisées (indiquées par un fond vert) et en cours ou à venir (indiqués par un fond blanc). Nous présentons ici les principales améliorations de chaque document de la BERA-ET.

### **1. Modifications du cahier de passation**

Les modifications concernent principalement la simplification et la schématisation des consignes, ainsi que l'amélioration de la lisibilité des grilles de cotation (Annexe 15).

### **2. Modifications du protocole**

De nombreuses modifications ont été proposées pour le protocole d'évaluation. De manière générale, le document « Protocole d'évaluation » a été divisé en deux :

- Un document reprenant des éléments théoriques sur les ECA intitulé « BERA-ET : Eléments théoriques » (Annexe 17) : Des informations complémentaires ont été ajoutées pour enrichir certains apports théoriques et guider le thérapeute dans le déroulement de l'évaluation. Des supports imagiers ont été ajoutés pour permettre une meilleure compréhension des modèles cognitifs. Grâce à l'équipe de TechLab, la définition de l'eye-tracker et le schéma l'accompagnant ont été améliorés et mis à jour.

- Un document spécifique au déroulement de l'évaluation intitulé « Protocole de la BERA-ET » (Annexe 16) : Des conseils d'adaptations en fonction des troubles visuels et neuro-visuels des patients ont été ajoutés. Cette partie reste à simplifier pour la rendre accessible au plus grand nombre. Enfin, des photos et aides à l'adaptation du support à l'eye-tracker ont été insérées.

Sachant que le programme informatique de la BERA-ET n'a pas encore été entièrement mis à jour, les illustrations et explications des paramétrages du logiciel dans le protocole devront donc être actualisées dans un second temps.

### **3. Modifications du tableau des eye-trackers**

Les retours des experts vont à l'encontre de l'objectif de ce tableau. De plus, nous ne pouvons prétendre dresser un inventaire complet des dispositifs d'eye-tracking du commerce. Ce tableau a donc été remplacé par une notice d'information présentant les trois dispositifs accessibles actuellement en France (Annexe 18). L'objectif est de donner un aperçu aux professionnels qui veulent investir dans l'achat d'une commande oculaire et ne se veut en aucun cas exhaustif.

### **4. Modifications du logiciel**

De nombreuses modifications ont été suggérées pour améliorer le logiciel. Ce travail prend du temps et demande d'expérimenter les options suggérées par des tests auprès de patients. Il n'a donc pas pu être achevé à ce jour. Ces modifications visent la forme de la BERA et non le fond qui sera inchangé pour l'instant. Cette condition est nécessaire pour comparer BERA et BERA-ET.

Quatre jeux de tests supplémentaires ont été imaginés. Pour chaque version de la BERA, nous ajouterons un test en inversant la position de l'item cible (si l'item était à gauche, il sera à droite), et un test où l'ordre des items a été modifié de manière aléatoire. Au total, 6 tests seront proposés pour que le thérapeute puisse évaluer son patient à plusieurs reprises en analysant les réponses selon la

place et l'ordre de présentation des items. A long terme, une génération automatique de versions de la BERA pourra être imaginée avec création informatisée d'un fichier de type Excel comme grille de cotation pour gagner en objectivité.

Plusieurs éléments du logiciel deviendront optionnels dont l'automatisation de la passation avec un enregistrement des consignes et l'ajout de feedback visuels et sonores. Au vu des nombreux paramètres, un guide devra être ajouté au protocole pour conseiller le thérapeute sur l'utilité de chaque option afin qu'il s'adapte au profil de son patient.

Un module « Pré-test » a été ajouté. Il comprend deux items cibles et permet de tester les paramètres choisis et de s'assurer d'une possible fixation visuelle avant d'effectuer l'évaluation.

Concernant les supports imagiers, la taille des images sera réduite pour permettre une plus grande séparation entre les dessins afin de gagner en précision de fixation. La taille du timer sera également réévaluée et le carré blanc de la diapositive neutre sera remplacée par une croix de dimension moindre pour qu'elle soit centrée sur la fovéa (zone de la rétine où la vision est la plus nette).

Les résultats seront accessibles sans Excel et sauvegardés par le logiciel pour pouvoir suspendre l'évaluation et y revenir ultérieurement en fonction des conditions du patient. Enfin, les graphiques affichés lors de la fin de l'évaluation seront supprimés car non adaptés à la BERA-ET.

## **B Perspectives de recherche**

### **1. Etudes préalables à la finalisation de la BERA-ET**

Comme nous l'avons évoqué précédemment, des études préalables seront nécessaires à mener avant de proposer un outil d'évaluation fiable et cohérent.

#### **1.1. Evaluation des capacités visuelles des ECA**

Afin d'adapter la BERA, nous avons dû fixer des repères précis et chiffrés sur différents paramètres visuels tels que la durée de fixation nécessaire pour valider une cible (fixée à 2 secondes), le temps nécessaire pour qu'une information perçue par balayage visuel soit traitée cognitivement (fixée à 0.5 secondes) et les temps de transition entre chaque diapositive, fortement liés à la vitesse de traitement.

Pour fixer des valeurs, nous avons été contraints de nous appuyer en grande partie sur les données recueillies chez le sujet tout-venant. En effet, les données de la littérature sur les capacités cognitives des ECA relatives au traitement visuel sont à ce jour insuffisantes, qui plus est avec utilisation d'un eye-tracker (Overbeek et al., 2022; Ting et al., 2014).

Le seul critère validé actuellement est la durée de fixation d'une cible fixée à 2 secondes pour être jugée volontaire et significative d'un comportement conscient (Aubinet et al., 2021; Overbeek et al., 2022). La majorité des études se focalisent sur la fréquence des fixations et poursuites oculaires selon le degré de conscience de l'individu (Bagnato et al., 2017; Dolce et al., 2011; Estraneo et al., 2015b; Wannez, 2018). La présence de ces mouvements oculaires comme signe de récupération d'une conscience minimale est ainsi largement décrite (Overbeek et al., 2018, 2022).

Néanmoins très peu de chercheurs s'intéressent à d'autres paramètres comme la vitesse de traitement des ECA, ou le temps nécessaire à ces patients pour que l'information perçue visuellement soit traitée cognitivement. Quelques-uns se sont penchés sur la vitesse de traitement chez des patients ayant subi un traumatisme cérébral sévère (Mathias & Wheaton, 2007; Willison & Tombaugh, 2006), mais les tâches proposées demandaient généralement une réponse motrice manuelle et non oculaire. L'influence des couleurs et contrastes, récemment étudiée chez ces patients (Wannez, 2018),

mériterait des recherches supplémentaires pour savoir si les feedback proposés dans notre logiciel sont adaptés à cette population. Enfin, l'attention visuelle soutenue semble un paramètre intéressant à investiguer. Notre logiciel est jugé trop long et une version plus succincte pourrait être envisagée. Néanmoins, il est indispensable d'évaluer combien de temps un patient en ECM et EECM peut mobiliser son attention visuelle pour revoir le nombre d'items de la BERA.

Ces données sont essentielles à recueillir dans l'élaboration de notre outil car selon le profil du patient et son degré de conscience, les paramètres ne seront pas définis de la même manière et ne pourront pas être adaptés aux ECA. De la même manière que pour l'élaboration et l'expérimentation de notre outil, ce travail pourrait être réalisé en collaboration avec des étudiants d'autres professions, notamment des orthoptistes et ergothérapeutes.

### **1.2. Etude comparative d'un test de réponse à la commande verbale**

Nous avons choisi d'adapter l'ensemble de la BERA. Cependant, ce travail a été complexe et peut-être trop ambitieux pour une première étude exploratoire. La BERA s'appuie sur la réponse à une commande verbale, qui correspond à l'un des signes majeurs des ECM + (Giacino et al., 2002). Il aurait alors été pertinent de montrer en premier lieu le bénéfice de l'eye-tracker lors d'une courte tâche impliquant une réponse à la commande verbale. Pour cela, nous aurions pu nous appuyer sur quelques items de la BERA et comparer les résultats obtenus sur quelques patients avec et sans eye-tracker.

Au vu de l'avancée du projet, il serait intéressant lors d'une future étude de faisabilité venant valider les nouvelles modifications apportées de réduire le nombre de critères de faisabilité en se focalisant sur l'objectivation des fixations visuelles. Une étude comparative pourra être menée en proposant au jury d'experts de tester le matériel sur quelques items uniquement en faisant parvenir les résultats obtenus afin de déterminer si de premières tendances se dégagent. Ce même travail pourra être réalisé par l'équipe de recherche. Cette étude amènerait à affiner les réglages du logiciel et à travailler à l'élaboration d'une version finale de la BERA-ET en jugeant de l'intérêt qualitatif et quantitatif de comparer BERA et BERA-ET.

### **1.3. Une validation préalable de la BERA auprès des patients ECA**

La BERA est validée sur des sujets aphasiques sans trouble de la conscience (Aubinet et al., 2021). Elle a fait l'objet d'une pré-validation sur quatre patients en ECA dont les résultats ont été corrélés à ceux d'un examen d'imagerie cérébrale. Les analyses obtenues sont très encourageantes et révèlent une corrélation entre le nombre de réponses correctes obtenues à la BERA, le fonctionnement cérébral et le diagnostic d'état de conscience des patients (Hennen, 2019). Néanmoins, une administration du test à un plus grand nombre de patients en ECM et EECM est nécessaire pour valider la batterie sur cette population. Une étude longitudinale pourrait également être réalisée pour juger de l'évolution des capacités langagières selon le rétablissement du niveau de conscience. Ces projets sont en cours et Charlène Aubinet travaille à faire évoluer cette batterie d'évaluation.

## **2. Poursuite de l'étude de faisabilité**

A l'issue des modifications effectuées, une nouvelle étude de faisabilité devra être effectuée car les améliorations proposées ont été nombreuses et concernent l'ensemble des documents conçus. Cette phase devra inclure des experts de professions différentes **pouvant tester l'outil**.



Une fois la batterie finalisée, une phase de pilotage devra être réalisée auprès d'un échantillon de sujets tout-venant. Ce pré-test permettra de questionner le bon fonctionnement du logiciel : la BERA-ET mesure-t-elle de manière fiable les fixations visuelles volontaires lors d'une tâche de compréhension orale ? Par la suite, un pré-test auprès d'un échantillon de patients aphasiques sans trouble de la conscience permettra de vérifier que notre outil mesure correctement les troubles de la compréhension orale. Alors enfin une comparaison de la BERA avec la BERA-ET devra être envisagée sur un échantillon de patients en ECM et EECM. Cette étude participera à vérifier la fiabilité du test en évaluant les fiabilités inter-juges (corrélation des scores entre plusieurs juges) et intra-juges (corrélation des scores attribués par un même juge à des moments différents).

La Figure 25 ci-dessous synthétise les futures études à réaliser pour une validation de la BERA-ET.

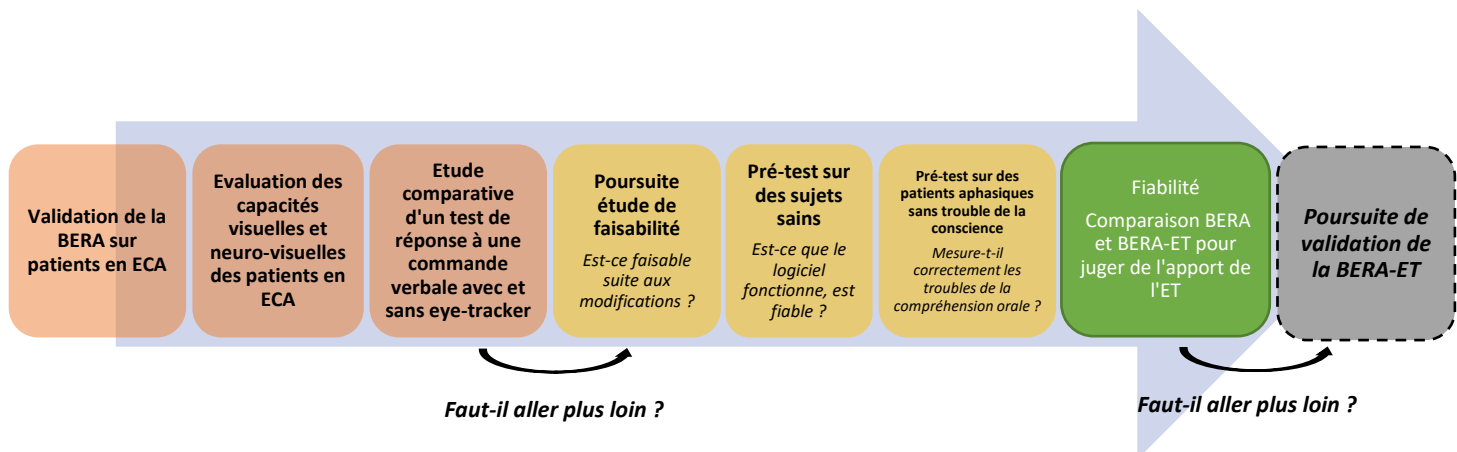


Figure 25 : Schématisation des perspectives de recherche de la BERA-ET. En rouge les études préalables ; en jaune les phases de faisabilité et de pilotage ; en vert l'objectif final du projet, vers la poursuite de validation de la BERA-ET

### C Perspectives cliniques : quelles perspectives pour la prise en soins orthophonique ?

Comme nous l'avons évoqué précédemment, une autre évaluation écologique et fonctionnelle pourrait se substituer à la BERA en utilisant le même support logiciel. Celle-ci aurait pour visée d'évaluation la compréhension du langage sur des items concrets du quotidien et signifiants pour chaque patient (Crunelle, 2018), en prenant en compte leurs intérêts particuliers et la fréquence d'usage de concepts/objets quotidiens (Beukelman & Miranda, 2017).

En se plaçant dans une globalité de prise en charge, le dispositif d'évaluation avec utilisation d'un eye-tracker pourrait constituer un outil d'entraînement à la reconnaissance d'objets, personnes et lieux du quotidien. Ainsi, la BERA-ET adaptée ne s'agirait plus d'un bilan spécifique de la compréhension orale, mais d'un dispositif ayant une implication clinique majeure dans une perspective fonctionnelle. Notons que l'utilisation de l'eye-tracker dans les systèmes de CAA est aujourd'hui largement répandue dans le champ du handicap complexe (Cenomy, 2021; Schwab et al., 2018).

Un logiciel modulable destiné à de la stimulation pourrait être imaginé où chaque professionnel aurait la possibilité d'entrer une banque d'images signifiantes, préétablie en collaboration avec l'entourage du patient, dont sa famille et les aidants professionnels (Beukelman & Miranda, 2017). L'évaluation servirait de support à la prise en soins afin de déterminer le lexique passif et actif en place et à travailler en lien avec les éléments de son quotidien. Dans la grande majorité des cas, les patients en ECA chronique sont hébergés dans des structures d'accueil spécialisées. Les photos proposées pourront donc s'apparenter à la photo des différents lieux de vie, des soignants principaux du patient ou encore des activités pouvant lui être proposées dans l'établissement.

## CONCLUSION

A l'heure actuelle, évaluer les patients en ECA constitue un enjeu thérapeutique et humain majeur du fait d'erreurs de diagnostic nombreuses. Nous le savons, le diagnostic initial entraîne le patient dans un parcours de soins et de traitements bien différent, ce qui a un impact évident sur sa famille, les soignants et de manière générale sur le pronostic d'évolution. Or, la compréhension du langage oral joue un rôle clé dans la pose de ce diagnostic. L'orthophoniste y a donc toute sa place et son évaluation assure une complémentarité avec les observations des autres professionnels. Toutefois, les outils à sa disposition semblent insuffisants.

La BERA apparaît aujourd'hui comme le test le plus adapté à l'évaluation de la compréhension orale des patients en ECA, mais implique une certaine subjectivité de la part de l'évaluateur. Les dispositifs d'eye-tracking se révèlent être des outils clés pour gagner en objectivation des fixations visuelles et donc en fiabilité. De fait, seule une comparaison de la BERA avec et sans eye-tracker pourrait révéler l'apport d'un tel dispositif. Pour ce faire, l'objectif de notre étude a été d'élaborer une version informatisée de la BERA en y ajoutant un eye-tracker (BERA-ET). Une étude de faisabilité a été réalisée sur un premier prototype afin de juger de sa mise en place en pratique courante. Cette étude préalable a pour but à plus long terme de confronter BERA et BERA-ET.

Les analyses descriptives effectuées révèlent une faisabilité partielle de notre prototype. Les professionnels que nous avons interrogés n'ont pas donné de consensus franc et de nombreuses modifications sur la forme de l'outil ont été suggérées. Si notre protocole paraît clair et pertinent, la durée de passation doit être réduite et les distracteurs seront à limiter. Au-delà de toutes ces modifications, notre étude a mis en évidence l'écart existant entre le monde de la recherche et la pratique clinique. Elle a permis de mettre en lumière le besoin majeur de développer de nouveaux outils d'évaluation adaptés à cette population et la pertinence de l'eye-tracker pour y répondre. Manipuler le logiciel s'avère essentiel pour juger l'ensemble des paramètres proposés et pour vérifier leur adéquation avec la population visée. Ce travail devra être réalisé en collaboration avec un maximum de professionnels accompagnant la personne en ECA. Du fait des multiples comorbidités des patients, le seul regard de l'orthophoniste ne suffit pas et toute l'équipe soignante doit être mobilisée.

En outre, cette étude ouvre de nombreuses perspectives orthophoniques. Le support logiciel de la BERA-ET ainsi conçue pourrait servir à la création d'autres tests de compréhension d'objets signifiants du quotidien du patient. Ils intégreraient son vécu, ses préférences et son milieu de vie. Ils amèneraient à identifier les éléments à travailler et ceux déjà compris par le patient pour pouvoir élaborer un outil de CAA. La mise en place d'un tel outil viserait à redonner au patient une certaine autonomie en offrant la possibilité de faire ses choix et ainsi d'agir à nouveau sur son environnement en améliorant la communication avec l'ensemble de son entourage professionnel et familial.

Finalement, cette première étude exploratoire se voudrait une petite pierre d'un édifice allant bien au-delà de ce mémoire pour améliorer l'accompagnement de ces patients, souvent oubliés. Nous espérons contribuer à diffuser la BERA et à œuvrer à une meilleure connaissance des particularités de ces patients et de l'intérêt de l'eye-tracker dans leur prise en soins. De prochaines recherches permettront d'élaborer un outil fonctionnel et applicable sur le terrain auprès des patients en ECA. Il constituerait pour les orthophonistes un moyen simple de mesurer régulièrement l'évolution de leurs patients. En collaboration avec Charlène Aubinet, ce mémoire s'inscrit dans un projet d'amélioration de la BERA qui fait actuellement l'objet de recherches scientifiques et sera très certainement poursuivi.



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- American Congress of Rehabilitation Medicine, Brain Injury-Interdisciplinary Special Interest Group, Disorders of Consciousness Task Force, Seel, R. T., Sherer, M., Whyte, J., Katz, D. I., Giacino, J. T., Rosenbaum, A. M., Hammond, F. M., Kalmar, K., Pape, T. L.-B., Zafonte, R., Biester, R. C., Kaelin, D., Kean, J., & Zasler, N. (2010). Assessment scales for disorders of consciousness : Evidence-based recommendations for clinical practice and research. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *91*(12), 1795-1813. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2010.07.218>
- Amortila, M. (2020). Strabisme. *Revue Francophone d'Orthoptie*, *13*(1), 15. <https://doi.org/10.1016/j.rfo.2020.02.003>
- Andrews, K., Murphy, L., Munday, R., & Littlewood, C. (1996). Misdiagnosis of the vegetative state : Retrospective study in a rehabilitation unit. *BMJ : British Medical Journal*, *313*(7048), 13-16.
- AngersTech. (2022). *A Fox'Project #1 – Un fauteuil PMR pilotable à vue ! – AngersFrenchTech, Vers un monde + Smart !* <https://www.angersfrenchtech.com/aft/3508/>
- Annen, J., Filippini, M. M., Bonin, E., Cassol, H., Aubinet, C., Carrière, M., Gosseries, O., Thibaut, A., Barra, A., Wolff, A., Sanz, L. R. D., Martial, C., Laureys, S., & Chatelle, C. (2019). Diagnostic accuracy of the CRS-R index in patients with disorders of consciousness. *Brain Injury*, *33*(11), 1409-1412. <https://doi.org/10.1080/02699052.2019.1644376>
- Annen, J., Laureys, S., & Gosseries, O. (2020). Brain-computer interfaces for consciousness assessment and communication in severely brain-injured patients. In *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 168, p. 137-152). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63934-9.00011-1>
- Ansell, B. J., & Keenan, J. E. (1989). The Western Neuro Sensory Stimulation Profile : A tool for assessing slow-to-recover head-injured patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *70*(2), 104-108.
- Assistech. (2022). C-Eye II PRO. *AssisTech Sp. z o.o.* <http://assistech.eu/en/c-eye-pro-en/>
- Aubinet, C. (2020). *Exploration of residual language abilities in patients with disorders of consciousness.* Université de Liège.
- Aubinet, C., Cassol, H., Bodart, O., Sanz, L. R. D., Wannez, S., Martial, C., Thibaut, A., Martens, G., Carrière, M., Gosseries, O., Laureys, S., & Chatelle, C. (2021). Simplified evaluation of CONsciousness disorders (SECONDS) in individuals with severe brain injury : A validation study. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, *64*(5), 101432. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2020.09.001>
- Aubinet, C., Cassol, H., Gosseries, O., Bahri, M. A., Larroque, S. K., Majerus, S., Martial, C., Martens, G., Carrière, M., Chatelle, C., Laureys, S., & Thibaut, A. (2020). Brain Metabolism but Not Gray Matter Volume Underlies the Presence of Language Function in the Minimally Conscious State (MCS) : MCS+ Versus MCS– Neuroimaging Differences. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, *34*(2), 172-184. <https://doi.org/10.1177/1545968319899914>
- Aubinet, C., Chatelle, C., Gillet, S., Lejeune, N., Thunus, M., Hennen, N., Cassol, H., Laureys, S., & Majerus, S. (2021). The Brief Evaluation of Receptive Aphasia test for the detection of language impairment in patients with severe brain injury. *Brain Injury*, *35*(6), 705-717. <https://doi.org/10.1080/02699052.2021.1894482>
- Aubinet, C., Chatelle, C., Gosseries, O., Carrière, M., Laureys, S., & Majerus, S. (2021). Residual implicit and explicit language abilities in patients with disorders of consciousness : A systematic review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *132*, 391-409. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.12.001>

- Aubinet, C., Larroque, S. K., Heine, L., Martial, C., Majerus, S., Laureys, S., & Di Perri, C. (2018). Clinical subcategorization of minimally conscious state according to resting functional connectivity. *Human Brain Mapping, 39*(11), 4519-4532. <https://doi.org/10.1002/hbm.24303>
- Aubinet, C., Murphy, L., Bahri, M. A., Larroque, S. K., Cassol, H., Annen, J., Carrière, M., Wannez, S., Thibaut, A., Laureys, S., & Gosseries, O. (2018). Brain, Behavior, and Cognitive Interplay in Disorders of Consciousness : A Multiple Case Study. *Frontiers in Neurology, 9*, 665. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00665>
- Aubinet, C., Panda, R., Larroque, S. K., Cassol, H., Bahri, M. A., Carrière, M., Wannez, S., Majerus, S., Laureys, S., & Thibaut, A. (2019). Reappearance of Command-Following Is Associated With the Recovery of Language and Internal-Awareness Networks : A Longitudinal Multiple-Case Report. *Frontiers in Systems Neuroscience, 13*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2019.00008>
- Aubinet, C., Schnakers, C., & Majerus, S. (2022). *Language assessment in patients with disorders of consciousness*.
- Azouvi, P., Bartolomeo, P., Beis, J.-M., Perennou, D., Pradat-Diehl, P., & Rousseaux, M. (2006). A battery of tests for the quantitative assessment of unilateral neglect. *Restorative Neurology and Neuroscience, 24*(4-6), 273-285.
- Bagnato, S., Boccagni, C., Sant'Angelo, A., Fingelkurts, A. A., Fingelkurts, A. A., & Galardi, G. (2017). Longitudinal Assessment of Clinical Signs of Recovery in Patients with Unresponsive Wakefulness Syndrome after Traumatic or Nontraumatic Brain Injury. *Journal of Neurotrauma, 34*(2), 535-539. <https://doi.org/10.1089/neu.2016.4418>
- Balconi, M., & Arangio, R. (2015). The relationship between coma near coma, disability ratings, and event-related potentials in patients with disorders of consciousness : A semantic association task. *Applied Psychophysiology and Biofeedback, 40*(4), 327-337. <https://doi.org/10.1007/s10484-015-9304-y>
- Balconi, M., Arangio, R., & Guarnerio, C. (2013). Disorders of consciousness and N400 ERP measures in response to a semantic task. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences, 25*(3), 237-243. <https://doi.org/10.1176/appi.neuropsych.12090227>
- Barnay, J.-L., Wauquier, G., Bonnin-Koang, H. Y., Anquetil, C., Pérennou, D., Piscicelli, C., Lucas-Pineau, B., Muja, L., le Stunff, E., de Boissezon, X., Terracol, C., Rousseaux, M., Bejot, Y., Binquet, C., Antoine, D., Devilliers, H., & Benaim, C. (2014). Feasibility of the cognitive assessment scale for stroke patients (CASP) vs. MMSE and MoCA in aphasic left hemispheric stroke patients. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine, 57*(6-7), 422-435. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2014.05.010>
- Bekinschtein, T. A., Manes, F. F., Villarreal, M., Owen, A. M., & Della-Maggiore, V. (2011). Functional imaging reveals movement preparatory activity in the vegetative state. *Frontiers in Human Neuroscience, 5*, 5. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2011.00005>
- Bender, A., Jox, R. J., Grill, E., Straube, A., & Lulé, D. (2015). Persistent Vegetative State and Minimally Conscious State. *Deutsches Ärzteblatt International, 112*(14), 235-242. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2015.0235>
- Bénichou, D. (2014). *Évaluation rapide de l'aphasie à la phase aiguë* (1er édition). DE BOECK SUP.
- Bertholon, A., Arango-Duque, C., Alata, O., Emonet, R., Legrand, A.-C., Konik, H., & Giraux, P. (2018). *ÉTUDE DES MICRO-EXPRESSIONS FACIALES CHEZ LES PATIENTS CEREBROLESES GRAVES EN EVEIL DE COMA : VALIDATION METHODOLOGIQUE CHEZ DES SUJETS SAINS*. 3.
- Beukelman, D. R., & Mirenda, P. (2017). *Communication alternative et améliorée : Aider les enfants et les adultes avec des difficultés de communication*. De Boeck Supérieur.

- Beukema, S., Gonzalez-Lara, L. E., Finoia, P., Kamau, E., Allanson, J., Chennu, S., Gibson, R. M., Pickard, J. D., Owen, A. M., & Cruse, D. (2016). A hierarchy of event-related potential markers of auditory processing in disorders of consciousness. *NeuroImage. Clinical*, *12*, 359-371. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2016.08.003>
- Bézy, C., Renard, A., & Pariente, J. (2016). *GRÉMOTS : Évaluation du langage dans les pathologies neurodégénératives*. De Boeck Supérieur.
- Bitbrain. (2020, juin 12). *Different Kinds of Eye Tracking Devices*. Bitbrain. <https://www.bitbrain.com/blog/eye-tracking-devices>
- Blanc, S. (2017). Rôle de l'orthoptiste dans l'adaptation des systèmes de commande oculaire. *Revue Francophone d'Orthoptie*, *10*(2), 96-98. <https://doi.org/10.1016/j.rfo.2017.07.002>
- BO. (2002). *Bulletin Officiel n°2002-20*. <https://solidarites-sante.gouv.fr/fichiers/bo/2002/02-20/a0202031.htm>
- Bodet-Contentin, L., Anouck, B., Delphine, C., Havard, E., Murielle, B., Marie-Annis, L., Tregaro, A.-S., & BODET CONTENTIN Laëtitia. (2016). L'eye tracking pour renforcer la communication en réanimation. *REVUE DE L'INFIRMIERE*, *65*(220), 33-35.
- Boissel, A. (2018). *LA VIE AU QUOTIDIEN DES PERSONNES EN ÉTAT VÉGÉTATIF CHRONIQUE OU EN ÉTAT PAUCI-RELATIONNEL DANS LES UNITÉS DÉDIÉES* [Research Report]. UNIVERSITE DE ROUEN NORMANDIE. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02416937>
- Booto Ekionea, J. P., Plaisent, M., & Bernard, P. (2011). *Consensus par la méthode Delphi sur les concepts clés des capacités organisationnelles spécifiques à la gestion des connaissances*. *29*(3), 168-192.
- Borod, J. C., Goodglass, H., & Kaplan, E. (1980). Normative data on the boston diagnostic aphasia examination, parietal lobe battery, and the boston naming Test. *Journal of Clinical Neuropsychology*, *2*(3), 209-215. <https://doi.org/10.1080/01688638008403793>
- Bourrée, F., Michel, P., & Salmi, L. R. (2008). Consensus methods : Review of original methods and their main alternatives used in public health. *Revue D'Epidemiologie et De Sante Publique*, *56*(6), 415-423. <https://doi.org/10.1016/j.respe.2008.09.006>
- Brin-Henry, F., Courrier, C., Lederle, E., & Masy, V. (2018). *Dictionnaire d'Orthophonie*. Ortho-Edition. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02480528>
- Bruno, M.-A., Majerus, S., Boly, M., Vanhaudenhuyse, A., Schnakers, C., Gosseries, O., Boveroux, P., Kirsch, M., Demertzi, A., Bernard, C., Hustinx, R., Moonen, G., & Laureys, S. (2012). Functional neuroanatomy underlying the clinical subcategorization of minimally conscious state patients. *Journal of Neurology*, *259*(6), 1087-1098. <https://doi.org/10.1007/s00415-011-6303-7>
- Bucci, M. P. (2019). Développement des mouvements oculaires. *Revue Francophone d'Orthoptie*, *12*(1), 9-13. <https://doi.org/10.1016/j.rfo.2019.02.005>
- Bucci, M. P., Nassibi, N., Gerard, C.-L., Bui-Quoc, E., & Seassau, M. (2012). Immaturity of the oculomotor saccade and vergence interaction in dyslexic children : Evidence from a reading and visual search study. *PloS One*, *7*(3), e33458. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033458>
- Buckner, R. L., Andrews-Hanna, J. R., & Schacter, D. L. (2008). The brain's default network : Anatomy, function, and relevance to disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1124*, 1-38. <https://doi.org/10.1196/annals.1440.011>
- Candia-Rivera, D., Annen, J., Gosseries, O., Martial, C., Thibaut, A., Laureys, S., & Tallon-Baudry, C. (2021). Neural Responses to Heartbeats Detect Residual Signs of Consciousness during Resting

- State in Postcomatose Patients. *Journal of Neuroscience*, 41(24), 5251-5262. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1740-20.2021>
- Caramazza, A., & Hillis, A. E. (1990). Where Do Semantic Errors Come From? *Cortex*, 26(1), 95-122. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(13\)80077-9](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(13)80077-9)
- Caron, S., May, M., Bergeron, A., Bourgeois, M.-E., & Fossard, M. (2015). *Batterie d'évaluation de la compréhension syntaxique (BCS)*.
- Carrière, M., Llorens, R., Navarro, M. D., Olaya, J., Ferri, J., & Noé, E. (2022). Behavioral signs of recovery from unresponsive wakefulness syndrome to emergence of minimally conscious state after severe brain injury. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 65(2), 101534. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2021.101534>
- Carter, B. T., & Luke, S. G. (2020). Best practices in eye tracking research. *International Journal of Psychophysiology*, 155, 49-62. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2020.05.010>
- Cassol, H., Aubinet, C., Thibaut, A., Wannez, S., Martial, C., Martens, G., & Laureys, s. (2018). Diagnostic, pronostic et traitements des troubles de la conscience. *NPG Neurologie - Psychiatrie - Gériatrie*, 18. <https://doi.org/10.1016/j.npg.2017.04.001>
- Castelnot, É. (2005). *Élaboration de la BELIS : Batterie d'évaluation des locked-in-syndromes*.
- Cauchebrais. (2016). DEA et travaux d'étudiants. *ALIS*. <https://alis-asso.fr/dea-et-travaux-detudiants/>
- CEN. (2016, septembre 21). *Comas non traumatiques chez l'adulte*. Collège des Enseignants de Neurologie. <https://www.cen-neurologie.fr/fr/deuxieme-cycle/comas-non-traumatiques-ladulte>
- Cenomy. (2021). *Look to Learn—Version dématérialisée*. Cenomy. <https://cenomy.shop/logiciels-stimulation/215-look-to-learn-version-dematerialisee.html>
- Centre ophtalmologique Jean Jaurès. (2021). *Traitement Ptosis, Paupière qui tombe à Toulouse Centre Jean Jaurès*. <https://www.centreophtalmologiejeanjaures.fr/pathologies-ophtalmologiques/pathologies-des-paupieres/traitement-paupiere-qui-tombe-ptosis.html>
- Charuel, T. (2018). *L'eye-tracking au service du patient de réanimation : Adaptation d'une épreuve de compréhension orale avec commande oculaire* [Mémoire d'orthophonie]. Université de Bordeaux, département d'orthophonie.
- Chatard, H. (2018). Rappels théoriques : Strabisme. *Revue Francophone d'Orthoptie*, 11(2), 116-119. <https://doi.org/10.1016/j.rfo.2018.05.003>
- Chatelle, C., Bodien, Y. G., Carlowicz, C., Wannez, S., Charland-Verville, V., Gosseries, O., Laureys, S., Seel, R. T., & Giacino, J. T. (2016). Detection and Interpretation of Impossible and Improbable Coma Recovery Scale-Revised Scores. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 97(8), 1295-1300.e4. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2016.02.009>
- Chatelle, C., Rosenthal, E. S., Bodien, Y. G., Spencer-Salmon, C. A., Giacino, J. T., & Edlow, B. L. (2020). EEG Correlates of Language Function in Traumatic Disorders of Consciousness. *Neurocritical Care*, 33(2), 449-457. <https://doi.org/10.1007/s12028-019-00904-3>
- Childs, N. L., Mercer, W. N., & Childs, H. W. (1993). Accuracy of diagnosis of persistent vegetative state. *Neurology*, 43(8), 1465-1467. <https://doi.org/10.1212/wnl.43.8.1465>
- Coleman, M. R., Davis, M. H., Rodd, J. M., Robson, T., Ali, A., Owen, A. M., & Pickard, J. D. (2009). Towards the routine use of brain imaging to aid the clinical diagnosis of disorders of consciousness. *Brain: A Journal of Neurology*, 132(Pt 9), 2541-2552. <https://doi.org/10.1093/brain/awp183>
- Coleman, M. R., Rodd, J. M., Davis, M. H., Johnsrude, I. S., Menon, D. K., Pickard, J. D., & Owen, A. M. (2007). Do vegetative patients retain aspects of language comprehension? Evidence from

- fMRI. *Brain: A Journal of Neurology*, 130(Pt 10), 2494-2507. <https://doi.org/10.1093/brain/awm170>
- Crivelli, D., Venturella, I., Fossati, M., Fiorillo, F., & Balconi, M. (2020). EEG and ANS markers of attention response in vegetative state : Different responses to own vs. other names. *Neuropsychological Rehabilitation*, 30(9), 1629-1647. <https://doi.org/10.1080/09602011.2019.1595020>
- Crunelle, D. (2018). *Évaluer et faciliter la communication des personnes en situation de handicap complexe : Polyhandicap, syndrome d'Angelman, syndrome de Rett, autisme déficitaire, AVC sévère, traumatisme crânien, démence*. De Boeck Supérieur.
- Curley, W. H., Forgacs, P. B., Voss, H. U., Conte, M. M., & Schiff, N. D. (2018). Characterization of EEG signals revealing covert cognition in the injured brain. *Brain: A Journal of Neurology*, 141(5), 1404-1421. <https://doi.org/10.1093/brain/awy070>
- Dalrymple, K. A., Manner, M. D., Harmelink, K. A., Teska, E. P., & Elison, J. T. (2018). An Examination of Recording Accuracy and Precision From Eye Tracking Data From Toddlerhood to Adulthood. *Frontiers in Psychology*, 9, 803. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00803>
- Dardier, V. (2004). *Pragmatique et pathologies : Comment étudier les troubles de l'usage du langage*. Editions Bréal.
- Dehaene, S. (2014). *Le code de la conscience*. Odile Jacob.
- Dehaene, S., Changeux, J.-P., Naccache, L., Sackur, J., & Sergent, C. (2006). Conscious, preconscious, and subliminal processing : A testable taxonomy. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(5), 204-211. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.03.007>
- Demertzi, A., Jox, R. J., Racine, E., & Laureys, S. (2014). A European survey on attitudes towards pain and end-of-life issues in locked-in syndrome. *Brain Injury*, 28(9), 1209-1215. <https://doi.org/10.3109/02699052.2014.920526>
- Demertzi, A., Laureys, S., & Boly, M. (2009). Coma, Persistent Vegetative States, and Diminished Consciousness. In *Encyclopedia of Consciousness* (p. 147-156). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-012373873-8.00017-7>
- Demertzi, A., Ledoux, D., Bruno, M.-A., Vanhauzenhuysse, A., Gosseries, O., Soddu, A., Schnakers, C., Moonen, G., & Laureys, S. (2011). Attitudes towards end-of-life issues in disorders of consciousness : A European survey. *Journal of Neurology*, 258(6), 1058-1065. <https://doi.org/10.1007/s00415-010-5882-z>
- de Partz de Courtray, M.-P., Bilocq, V., De Wilde, V., Seron, X., & Pillon, A. (2001). *Lexis. Tests pour le diagnostic des troubles lexicaux chez le patient aphasique*. <https://dial.uclouvain.be/pr/boreal/object/boreal:90447>
- Diplopie. (2016, septembre 15). Collège des Enseignants de Neurologie. <https://www.cen-neurologie.fr/fr/deuxieme-cycle/diplopie>
- Dolce, G., Lucca, L. F., Candelieri, A., Rogano, S., Pignolo, L., & Sannita, W. G. (2011). Visual pursuit in the severe disorder of consciousness. *Journal of Neurotrauma*, 28(7), 1149-1154. <https://doi.org/10.1089/neu.2010.1405>
- Domodep. (2022). *Des solutions connectées pour augmenter l'autonomie*. <https://www.domodep.shop/fr/blog/des-solutions-connectees-pour-l-autonomie-n19>
- Duquette, J. (2015). *La stimulation visuelle des enfants d'âge préscolaire qui ont une déficience visuelle d'origine cérébrale/corticale : De quelles évidences disposons-nous?* 29.

- Dymowski, A. R., Owens, J. A., Ponsford, J. L., & Willmott, C. (2015). Speed of processing and strategic control of attention after traumatic brain injury. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *37*(10), 1024-1035. <https://doi.org/10.1080/13803395.2015.1074663>
- Edlow, B. L., Chatelle, C., Spencer, C. A., Chu, C. J., Bodien, Y. G., O'Connor, K. L., Hirschberg, R. E., Hochberg, L. R., Giacino, J. T., Rosenthal, E. S., & Wu, O. (2017). Early detection of consciousness in patients with acute severe traumatic brain injury. *Brain*, *140*(9), 2399-2414. <https://doi.org/10.1093/brain/awx176>
- Erlbeck, H., Real, R. G. L., Kotchoubey, B., Mattia, D., Bargak, J., & Kübler, A. (2017). Basic discriminative and semantic processing in patients in the vegetative and minimally conscious state. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, *113*, 8-16. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2016.12.012>
- Estraneo, A., Moretta, P., Cardinale, V., De Tanti, A., Gatta, G., Giacino, J. T., & Trojano, L. (2015a). A multicentre study of intentional behavioural responses measured using the Coma Recovery Scale-Revised in patients with minimally conscious state. *Clinical Rehabilitation*, *29*(8), 803-808. <https://doi.org/10.1177/0269215514556002>
- Estraneo, A., Moretta, P., Cardinale, V., De Tanti, A., Gatta, G., Giacino, J. T., & Trojano, L. (2015b). A multicentre study of intentional behavioural responses measured using the Coma Recovery Scale-Revised in patients with minimally conscious state. *Clinical Rehabilitation*, *29*(8), 803-808. <https://doi.org/10.1177/0269215514556002>
- Étude préliminaire utilisant l'eye-tracking pour l'évaluation orthophonique des adultes implantés cochléaires* | *Semantic Scholar*. (s. d.). Consulté 12 septembre 2021, à l'adresse <https://www.semanticscholar.org/paper/%C3%89tude-pr%C3%A9liminaire-utilisant-l%27eye-tracking-pour-Petithomme/e58c6e2108f83db200a4d4d3d5dbc547d9d3eebb>
- Falck-Ytter, T., von Hofsten, C., Gillberg, C., & Fernell, E. (2013). Visualization and analysis of eye movement data from children with typical and atypical development. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *43*(10), 2249-2258. <https://doi.org/10.1007/s10803-013-1776-0>
- Faugeras, F., Rohaut, B., Valente, M., Sitt, J., Demeret, S., Bolgert, F., Weiss, N., Grinea, A., Marois, C., Quirins, M., Demertzi, A., Raimondo, F., Galanaud, D., Habert, M.-O., Engemann, D., Puybasset, L., & Naccache, L. (2018). Survival and consciousness recovery are better in the minimally conscious state than in the vegetative state. *Brain Injury*, *32*(1), 72-77. <https://doi.org/10.1080/02699052.2017.1364421>
- Fernández-Espejo, D., Junque, C., Cruse, D., Bernabeu, M., Roig-Rovira, T., Fábregas, N., Rivas, E., & Mercader, J. M. (2010). Combination of diffusion tensor and functional magnetic resonance imaging during recovery from the vegetative state. *BMC Neurology*, *10*, 77. <https://doi.org/10.1186/1471-2377-10-77>
- Flamand-Roze, C., Falissard, B., Roze, E., Maintigneux, L., Beziz, J., Chacon, A., Join-Lambert, C., Adams, D., & Denier, C. (2011). Validation of a New Language Screening Tool for Patients With Acute Stroke: The Language Screening Test (LAST). *Stroke*, *42*(5), 1224-1229. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.110.609503>
- Formisano, R., Toppi, J., Risetti, M., Aloisi, M., Contrada, M., Ciurli, P. M., Falletta Caravasso, C., Luccichenti, G., Astolfi, L., Cincotti, F., & Mattia, D. (2019). Language-Related Brain Potentials in Patients With Disorders of Consciousness: A Follow-up Study to Detect « Covert » Language Disorders. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, *33*(7), 513-522. <https://doi.org/10.1177/1545968319846123>



- Gatignol, P., Jutteau, S., Oudry, M., & Weill-Chounlamountry, A. (2012). *BIA Bilan Informatisé Aphasie*. Ortho édition.
- Gaymard, B. (2013). Les mouvements oculaires : Intérêt de l'enregistrement des mouvements oculaires en clinique neurologique. *MISE AU POINT*, 6.
- Giacino, J. T. (2005). The vegetative and minimally conscious states : Consensus-based criteria for establishing diagnosis and prognosis. *NeuroRehabilitation*, 19(4), 293-298. <https://doi.org/10.3233/NRE-2004-19405>
- Giacino, J. T., Ashwal, S., Childs, N., Cranford, R., Jennett, B., Katz, D. I., Kelly, J. P., Rosenberg, J. H., Whyte, J., Zafonte, R. D., & Zasler, N. D. (2002). The minimally conscious state : Definition and diagnostic criteria. *Neurology*, 58(3), 349-353. <https://doi.org/10.1212/WNL.58.3.349>
- Giacino, J. T., Fins, J. J., Laureys, S., & Schiff, N. D. (2014a). Disorders of consciousness after acquired brain injury : The state of the science. *Nature Reviews. Neurology*, 10(2), 99-114. <https://doi.org/10.1038/nrneurol.2013.279>
- Giacino, J. T., Fins, J. J., Laureys, S., & Schiff, N. D. (2014b). Disorders of consciousness after acquired brain injury : The state of the science. *Nature Reviews. Neurology*, 10(2), 99-114. <https://doi.org/10.1038/nrneurol.2013.279>
- Giacino, J. T., Kalmar, K., & Whyte, J. (2004). The JFK Coma Recovery Scale-Revised : Measurement characteristics and diagnostic utility. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(12), 2020-2029. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2004.02.033>
- Giacino, J. T., Schnakers, C., Rodriguez-Moreno, D., Kalmar, K., Schiff, N., & Hirsch, J. (2009). Behavioral assessment in patients with disorders of consciousness : Gold standard or fool's gold? *Progress in Brain Research*, 177, 33-48. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(09\)17704-X](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(09)17704-X)
- Gill-Thwaites, H. (1997). The Sensory Modality Assessment Rehabilitation Technique—A tool for assessment and treatment of patients with severe brain injury in a vegetative state. *Brain Injury*, 11(10), 723-734. <https://doi.org/10.1080/026990597123098>
- Gosseries, O., Di, H., Laureys, S., & Boly, M. (2014). Measuring consciousness in severely damaged brains. *Annual Review of Neuroscience*, 37, 457-478. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-062012-170339>
- Gravier, N. (2018). Bilan d'un nystagmus. *EM-Consulte*. [https://doi.org/10.1016/S0246-0343\(18\)84094-1](https://doi.org/10.1016/S0246-0343(18)84094-1)
- Guldenmund, P., Soddu, A., Baquero, K., Vanhaudenhuyse, A., Bruno, M.-A., Gosseries, O., Laureys, S., & Gómez, F. (2016). Structural brain injury in patients with disorders of consciousness : A voxel-based morphometry study. *Brain Injury*, 30(3), 343-352. <https://doi.org/10.3109/02699052.2015.1118765>
- Harezlak, K., Kasprowski, P., & Stasch, M. (2014). Towards Accurate Eye Tracker Calibration – Methods and Procedures. *Procedia Computer Science*, 35, 1073-1081. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.08.194>
- Harvey, D., Butler, J., Groves, J., Manara, A., Menon, D., Thomas, E., & Wilson, M. (2018). Management of perceived devastating brain injury after hospital admission : A consensus statement from stakeholder professional organizations. *British Journal of Anaesthesia*, 120(1), 138-145. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2017.10.002>
- HAS. (2020). *L'accompagnement de la personne polyhandicapée dans sa spécificité*. 38.
- Hasson, F., Keeney, S., & McKenna, H. (2000). Research guidelines for the Delphi survey technique. *Journal of Advanced Nursing*, 32(4), 1008-1015.

- Haudry, A. (2021). *L'établissement d'un code de communication OUI/NON chez les patients en état de conscience minimale : Intérêt en pratique clinique de l'échelle CAVE dans l'évaluation de la communication* [Mémoire d'orthophonie]. Université Paul Sabatier - Toulouse III.
- Hennen, N. (2019). *Validation de la Brief Evaluation of Receptive Aphasia (BERA) dans le dépistage des troubles phasiques chez les patients en état de conscience minimale : Étude de cas multiples*. <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/6554>
- Hu, Y., Yu, F., Wang, C., Yan, X., & Wang, K. (2021). Can Music Influence Patients With Disorders of Consciousness? An Event-Related Potential Study. *Frontiers in Neuroscience, 15*, 596636. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.596636>
- Inserm. (2017). *Coma · Inserm, La science pour la santé*. Inserm. <https://www.inserm.fr/dossier/coma/>
- IRD. (2017). *Validité de contenu : IRDP :: Institut de recherche et de documentation pédagogique*. <https://www.irdp.ch/institut/validite-contenu-2181.html>
- Jacob, R. J. K. (1990). *WHAT YOU LOOK AT IS WHAT YOU GET : Eye Movement-based Interaction Techniques*.
- Jennett, B., & Plum, F. (1972). Persistent vegetative state after brain damage. A syndrome in search of a name. *Lancet (London, England), 1*(7753), 734-737. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(72\)90242-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(72)90242-5)
- Jourdan, C., Pellas, F., Luauté, J., Chevalier, J.-B., & De Boissezon, X. (2018). *États de conscience altérée*. [https://www.lavoisier.fr/livre/medecine/etats-de-conscience-alteree/jourdan/descriptif\\_3686712](https://www.lavoisier.fr/livre/medecine/etats-de-conscience-alteree/jourdan/descriptif_3686712)
- Kasprowski, P., Harężlak, K., & Stasch, M. (2014). Guidelines for the Eye Tracker Calibration Using Points of Regard. *Information Technologies in Biomedicine, Volume 4*, 225-236. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-06596-0\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-319-06596-0_21)
- Kazazian, K., Norton, L., Gofton, T. E., Debicki, D., & Owen, A. M. (2020). Cortical Function in Acute Severe Traumatic Brain Injury and at Recovery : A Longitudinal fMRI Case Study. *Brain Sciences, 10*(9), 604. <https://doi.org/10.3390/brainsci10090604>
- Kiefer, C., & Georges, L. (2015). *Les échelles d'évaluation du coma et de l'éveil—Principe, description, intérêt*. [http://www.crftc.org/images/259/CRS-R\\_KIEFER.pdf](http://www.crftc.org/images/259/CRS-R_KIEFER.pdf)
- Kondziella, D., Bender, A., Diserens, K., van Erp, W., Estraneo, A., Formisano, R., Laureys, S., Naccache, L., Ozturk, S., Rohaut, B., Sitt, J. D., Stender, J., Tiainen, M., Rossetti, A. O., Gosseries, O., Chatelle, C., & the EAN Panel on Coma, Disorders of Consciousness. (2020). European Academy of Neurology guideline on the diagnosis of coma and other disorders of consciousness. *European Journal of Neurology, 27*(5), 741-756. <https://doi.org/10.1111/ene.14151>
- Kondziella, D., Friberg, C. K., Frokjaer, V. G., Fabricius, M., & Møller, K. (2016). Preserved consciousness in vegetative and minimal conscious states : Systematic review and meta-analysis. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry, 87*(5), 485-492. <https://doi.org/10.1136/jnnp-2015-310958>
- Kotchoubey, B., Kaiser, J., Bostanov, V., Lutzenberger, W., & Birbaumer, N. (2009). Recognition of affective prosody in brain-damaged patients and healthy controls : A neurophysiological study using EEG and whole-head MEG. *Cognitive, affective & behavioral neuroscience, 9*, 153-167. <https://doi.org/10.3758/CABN.9.2.153>
- Kotchoubey, B., Lang, S., Mezger, G., Schmalohr, D., Schneck, M., Semmler, A., Bostanov, V., & Birbaumer, N. (2005). Information processing in severe disorders of consciousness : Vegetative state and minimally conscious state. *Clinical Neurophysiology: Official Journal of the*

- International Federation of Clinical Neurophysiology*, 116(10), 2441-2453.  
<https://doi.org/10.1016/j.clinph.2005.03.028>
- Kotchoubey, B., Yu, T., Mueller, F., Vogel, D., Vesper, S., & Lang, S. (2014). True or false? Activations of language-related areas in patients with disorders of consciousness. *Current Pharmaceutical Design*, 20(26), 4239-4247.
- Kujawa, K., Zurek, G., Kwiatkowska, A., Olejniczak, R., & Żurek, A. (2021). Assessment of Language Functions in Patients With Disorders of Consciousness Using an Alternative Communication Tool. *Frontiers in Neurology*, 12, 1215. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.684362>
- Kunka, B., Bartosz, & Kostek, B. (2010). Exploiting audio-visual correlation by means of gaze tracking. *International Journal of Computer Science & Applications*, 7.
- Kunka, B., & Kostek, B. (2012). Objectivization of Audio-Visual Correlation Analysis. *Archives of Acoustics*, 37, 63-72. <https://doi.org/10.2478/v10168-012-0009-4>
- Kwiatkowska, A., Lech, M., Ody, P., & Czyżewski, A. (2019). Post-comatose patients with minimal consciousness tend to preserve reading comprehension skills but neglect syntax and spelling. *Scientific Reports*, 9(1), 19929. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56443-6>
- Laureys, S. (2005). The neural correlate of (un)awareness : Lessons from the vegetative state. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(12), 556-559. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.10.010>
- Laureys, S. (2006a). *Les degrés de la conscience*. 6.
- Laureys, S. (2006b). Les degrés de la conscience. *Pour la Science*, n°350, 6.
- Laureys, S. (2007). Eyes open, brain shut. *Scientific American*, 296(5), 84-89. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0507-84>
- Laureys, S. (2015). *Un si brillant cerveau* | Éditions Odile Jacob. [https://www.odilejacob.fr/catalogue/sciences/neurosciences/un-si-brillant-cerveau\\_9782738131768.php](https://www.odilejacob.fr/catalogue/sciences/neurosciences/un-si-brillant-cerveau_9782738131768.php)
- Laureys, S. (2019, novembre 16). INTERVIEW. « Un tiers des diagnostics de coma sont erronés ». *Sciences et Avenir*. [https://www.sciencesetavenir.fr/sante/cerveau-et-psy/interview-steven-laureys-professeur-de-neurologie-directeur-du-coma-science-group-au-chu-de-liege-belgique-un-tiers-des-diagnostics-de-coma-sont-errones\\_138549](https://www.sciencesetavenir.fr/sante/cerveau-et-psy/interview-steven-laureys-professeur-de-neurologie-directeur-du-coma-science-group-au-chu-de-liege-belgique-un-tiers-des-diagnostics-de-coma-sont-errones_138549)
- Laureys, S., Celesia, G. G., Cohadon, F., Lavrijsen, J., León-Carrión, J., Sannita, W. G., Szabon, L., Schmutzhard, E., von Wild, K. R., Zeman, A., & Dolce, G. (2010). Unresponsive wakefulness syndrome : A new name for the vegetative state or apallic syndrome. *BMC Medicine*, 8, 68. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-8-68>
- Laureys, S., Goldman, S., Phillips, C., Van Bogaert, P., Aerts, J., Luxen, A., Franck, G., & Maquet, P. (1999). Impaired effective cortical connectivity in vegetative state : Preliminary investigation using PET. *NeuroImage*, 9(4), 377-382. <https://doi.org/10.1006/nimg.1998.0414>
- Laureys, S., Tallon-Baudry, C., & Eyraud, C. (2021, avril 23). Les battements du cœur peuvent aider à détecter des signes de conscience chez des patients après un coma. *Journal of Neuroscience*. [https://www.gigaconsciousness.uliege.be/cms/c\\_7311273/fr/les-battements-du-coeur-peuvent-aider-a-detecter-des-signes-de-conscience-chez-des-patients-apres-un-coma](https://www.gigaconsciousness.uliege.be/cms/c_7311273/fr/les-battements-du-coeur-peuvent-aider-a-detecter-des-signes-de-conscience-chez-des-patients-apres-un-coma)
- Lech, M., Kucewicz, M. T., & Czyżewski, A. (2019). Human Computer Interface for Tracking Eye Movements Improves Assessment and Diagnosis of Patients With Acquired Brain Injuries. *Frontiers in Neurology*, 10, 6. <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.00006>
- Lepage, M., Champagne, F., & Renaud, L. (2013). A tool to assess hospital nurses' practices in smoking cessation. *Recherche en soins infirmiers*, 112(1), 36-45.

- Letrilliart, L., & Vanmeerbeek, M. (2011). A la recherche du consensus : Quelle méthode utiliser ? *Exercer*, 99. <https://orbi.uliege.be/handle/2268/101916>
- Li, J., Shen, J., Liu, S., Chauvel, M., Yang, W., Mei, J., Lei, L., Wu, L., Gao, J., & Yang, Y. (2018). Responses of Patients with Disorders of Consciousness to Habit Stimulation : A Quantitative EEG Study. *Neuroscience Bulletin*, 34(4), 691-699. <https://doi.org/10.1007/s12264-018-0258-y>
- Linse, K., Rüger, W., Joos, M., Schmitz-Peiffer, H., Storch, A., & Hermann, A. (2018). Usability of eyetracking computer systems and impact on psychological wellbeing in patients with advanced amyotrophic lateral sclerosis. *Amyotrophic Lateral Sclerosis & Frontotemporal Degeneration*, 19(3-4), 212-219. <https://doi.org/10.1080/21678421.2017.1392576>
- Locquet, M., Bruyère, O., & Beaudart, Ch. (2021). *Il n'est jamais trop tard pour apprendre à (bien) lire... Le questionnaire—Partie 4—Comment le valider ?* 26(2), 50.
- MACSF.fr. (2022). *Eye Tracking en réanimation—Fondation MACSF.* MACSF.fr. <https://www.macsfr.fr/fondation-macsfr/categorie-innovation/eye-tracking>
- Majerus, S., Bruno, M.-A., Schnakers, C., Giacino, J. T., & Laureys, S. (2009). The problem of aphasia in the assessment of consciousness in brain-damaged patients. *Progress in Brain Research*, 177, 49-61. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(09\)17705-1](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(09)17705-1)
- Majerus, S., Gill-Thwaites, H., Andrews, K., & Laureys, S. (2005). Behavioral evaluation of consciousness in severe brain damage. *Progress in Brain Research*, 150, 397-413. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(05\)50028-1](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(05)50028-1)
- Manuel MSD. (2020). *Revue générale des comas et des troubles de la conscience—Troubles neurologiques.* Édition professionnelle du Manuel MSD. <https://www.msmanuals.com/fr/professional/troubles-neurologiques/coma-et-troubles-de-la-conscience/revue-g%C3%A9n%C3%A9rale-des-comas-et-des-troubles-de-la-conscience>
- Masson, E. (2019). *Hémianopsie latérale homonyme.* EM-Consulte. <https://www.em-consulte.com/article/1308922/hemianopsie-laterale-homonyme>
- Mathias, J. L., & Wheaton, P. (2007). Changes in attention and information-processing speed following severe traumatic brain injury : A meta-analytic review. *Neuropsychology*, 21(2), 212-223. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.21.2.212>
- McMillan, S. S., King, M., & Tully, M. P. (2016). How to use the nominal group and Delphi techniques. *International Journal of Clinical Pharmacy*, 38(3), 655-662. <https://doi.org/10.1007/s11096-016-0257-x>
- Méligne, D. (2012). Potentiels évoqués et accès aux représentations lexico-sémantiques de mots perçus de façon non consciente. *Revue française de linguistique appliquée*, 2, 49-63.
- Mokkink, L. B., Terwee, C. B., Patrick, D. L., Alonso, J., Stratford, P. W., Knol, D. L., Bouter, L. M., & de Vet, H. C. W. (2010). The COSMIN study reached international consensus on taxonomy, terminology, and definitions of measurement properties for health-related patient-reported outcomes. *Journal of Clinical Epidemiology*, 63(7), 737-745. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2010.02.006>
- Monetta, L., Bourgeois, M.-E., Fossard, M., Bergeron, A., Perron, M., & Martel Sauvageau, V. (2019). Développement, validation et normalisation de la Batterie d'évaluation de la compréhension syntaxique : Une collaboration Québec-Suisse. *Canadian Journal of Speech-Language Pathology and Audiology*, 43, 109.
- Moujon, Y. (2021). L'eye tracker, nouvel item du bilan orthoptique : Retour sur expérience. *Revue Francophone d'Orthoptie*, 14(2), 70-73. <https://doi.org/10.1016/j.rfo.2021.04.002>

- Multi-Society Task Force. (1994). *Medical Aspects of the Persistent Vegetative State* | *NEJM*.  
<https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJM199405263302107>
- Munday, R. (2005). Vegetative and minimally conscious states : How can occupational therapists help? *Neuropsychological Rehabilitation*, 15(3-4), 503-513.  
<https://doi.org/10.1080/09602010443000533>
- Murphy, L. (2018). The Cognitive Assessment by Visual Election (CAVE) : A pilot study to develop a cognitive assessment tool for people emerging from disorders of consciousness. *Neuropsychological Rehabilitation*, 28(8), 1275-1284.  
<https://doi.org/10.1080/09602011.2018.1454327>
- Nespoulous, J.-L. (1992). *Protocole Montréal-Toulouse d'examen linguistique de l'aphasie MT 86 : Module standard initial : M 1 β*. Ortho édition.
- NHS. (2018, août 10). *Disorders of consciousness—Causes*. Nhs.Uk.  
<https://www.nhs.uk/conditions/disorders-of-consciousness/causes/>
- Nigri, A., Catricalà, E., Ferraro, S., Bruzzone, M. G., D'Incerti, L., Sattin, D., Sebastiano, D. R., Franceschetti, S., Marotta, G., Benti, R., Leonardi, M., Cappa, S. F., & CRC - Coma Research Centre members. (2017). The neural correlates of lexical processing in disorders of consciousness. *Brain Imaging and Behavior*, 11(5), 1526-1537.  
<https://doi.org/10.1007/s11682-016-9613-7>
- Nystagmus congénital ou acquis : Causes et traitement* | *Strabismes.fr*. (s. d.). Consulté 24 avril 2022, à l'adresse <https://www.strabismes.fr/nystagmus/>
- Okoli, C., & Pawlowski, S. D. (2004). The Delphi method as a research tool : An example, design considerations and applications. *Information & Management*, 42(1), 15-29.  
<https://doi.org/10.1016/j.im.2003.11.002>
- ORSAS. (2009). *Méthode DELPHI, Dossier documentaire*. <https://ors-ge.org/sites/default/files/documents/016-delphi.pdf>
- Overbeek, B. U. H., Eilander, H. J., Lavrijsen, J. C. M., & Koopmans, R. T. C. M. (2018). Are visual functions diagnostic signs of the minimally conscious state? An integrative review. *Journal of Neurology*, 265(9), 1957-1975. <https://doi.org/10.1007/s00415-018-8788-9>
- Overbeek, B. U. H., Lavrijsen, J. C. M., van Gaal, S., Kondziella, D., Eilander, H. J., & Koopmans, R. T. C. M. (2022). Towards consensus on visual pursuit and visual fixation in patients with disorders of consciousness. A Delphi study. *Journal of Neurology*. <https://doi.org/10.1007/s00415-021-10905-y>
- Owen, A. M., Coleman, M. R., Menon, D. K., Johnsrude, I. S., Rodd, J. M., Davis, M. H., Taylor, K., & Pickard, J. D. (2005). Residual auditory function in persistent vegetative state : A combined PET and fMRI study. *Neuropsychological Rehabilitation*, 15(3-4), 290-306.  
<https://doi.org/10.1080/09602010443000579>
- Patterson, K., & Shewell, C. (1987). Speak and spell : Dissociations and word-class effects. In *The cognitive neuropsychology of language* (p. 273-294). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Perrin, F., Castro, M., Tillmann, B., & Luauté, J. (2015). Promoting the use of personally relevant stimuli for investigating patients with disorders of consciousness. *Frontiers in Psychology*, 6, 1102.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01102>
- Perrin, F., Schnakers, C., Schabus, M., Degueldre, C., Goldman, S., Brédart, S., Faymonville, M.-E., Lamy, M., Moonen, G., Luxen, A., Maquet, P., & Laureys, S. (2006). Brain Response to One's Own Name in Vegetative State, Minimally Conscious State, and Locked-in Syndrome. *Archives of Neurology*, 63(4), 562-569. <https://doi.org/10.1001/archneur.63.4.562>

- Poletti, B., Carelli, L., Solca, F., Lafronza, A., Pedroli, E., Faini, A., Ticozzi, N., Ciammola, A., Meriggi, P., Cipresso, P., Lulé, D., Ludolph, A. C., Riva, G., & Silani, V. (2017). An eye-tracker controlled cognitive battery : Overcoming verbal-motor limitations in ALS. *Journal of Neurology*, 264(6), 1136-1145. <https://doi.org/10.1007/s00415-017-8506-z>
- Poletti, B., Carelli, L., Solca, F., Lafronza, A., Pedroli, E., Faini, A., Zago, S., Ticozzi, N., Ciammola, A., Morelli, C., Meriggi, P., Cipresso, P., Lulé, D., Ludolph, A. C., Riva, G., & Silani, V. (2017). An eye-tracking controlled neuropsychological battery for cognitive assessment in neurological diseases. *Neurological Sciences: Official Journal of the Italian Neurological Society and of the Italian Society of Clinical Neurophysiology*, 38(4), 595-603. <https://doi.org/10.1007/s10072-016-2807-3>
- Pouplin, S. (2016). *Etat de l'art des systèmes de pointage à l'oeil—PFNT*. studylibfr.com. <https://studylibfr.com/doc/4381616/etat-de-l-art-des-systèmes-de-pointage-à-l-oeil---pfnt>
- Psytoolkit. (2021, janvier 27). *Showing fixation points at beginning of experimental tasks*. <https://www.psytoolkit.org/lessons/fixpoint.html>
- Pundole, A., & Crawford, S. (2018). The assessment of language and the emergence from disorders of consciousness. *Neuropsychological Rehabilitation*, 28(8), 1285-1294. <https://doi.org/10.1080/09602011.2017.1307766>
- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Katz, L. C., LaMantia, A.-S., McNamara, J. O., & Williams, S. M. (2001). Eye Movements and Sensory Motor Integration. *Neuroscience. 2nd Edition*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK11027/>
- Richter, A., & Ternaux, M. (2006a). *La poursuite lente—Site des ressources d'ACCES pour enseigner les Sciences de la Vie et de la Terre*. [http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/neurosciences/actualisation-des-connaissances/perception-sensorielle-1/vision/comprendre/VisionMarseille/poursuite\\_lente](http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/neurosciences/actualisation-des-connaissances/perception-sensorielle-1/vision/comprendre/VisionMarseille/poursuite_lente)
- Richter, A., & Ternaux, M. (2006b). *Les saccades oculaires—Site des ressources d'ACCES pour enseigner les Sciences de la Vie et de la Terre*. <http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/neurosciences/actualisation-des-connaissances/perception-sensorielle-1/vision/comprendre/VisionMarseille/saccades>
- Roberts, H., & Greenwood, N. (2019). Speech and language therapy best practice for patients in prolonged disorders of consciousness : A modified Delphi study. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 54(5), 841-854. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.12489>
- Rodriguez Moreno, D., Schiff, N. D., Giacino, J., Kalmar, K., & Hirsch, J. (2010). A network approach to assessing cognition in disorders of consciousness(e-Pub ahead of print)(CME). *Neurology*, 75(21), 1871-1878. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3181feb259>
- Rohaut, B., Elisyev, A., & Claassen, J. (2019). Uncovering Consciousness in Unresponsive ICU Patients : Technical, Medical and Ethical Considerations. *Critical Care (London, England)*, 23(1), 78. <https://doi.org/10.1186/s13054-019-2370-4>
- Rohaut, B., Faugeras, F., Chausson, N., King, J.-R., Karoui, I. E., Cohen, L., & Naccache, L. (2015). Probing ERP correlates of verbal semantic processing in patients with impaired consciousness. *Neuropsychologia*, 66, 279-292. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.10.014>
- Royal College of Physicians. (2020, mars 6). *Prolonged disorders of consciousness following sudden onset brain injury : National clinical guidelines*. RCP London. <https://www.rcplondon.ac.uk/guidelines-policy/prolonged-disorders-consciousness-following-sudden-onset-brain-injury-national-clinical-guidelines>

- Royal College of Speech and Language Therapists. (2019). *Guidelines for Speech and Language Therapists working with adults in a Disorder of Consciousness (DOC)*. <https://www.rhn.org.uk/content/uploads/2016/04/SLT-DOC-guidelines-RCSLT-version-Jan-2020.pdf>
- Rucker, J. (2021). Nystagmus – What’s new? *Journal of the Neurological Sciences*, 429, 117969. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2021.117969>
- Sabadell, V., Tcherniack, V., Michalon, S., Kristensen, N., & Renard, A. (2018). *Pathologies neurologiques : Bilans et interventions orthophoniques* (1er édition). DE BOECK SUP.
- Saffran, E. M., Schwartz, M. F., Fink, R., Myers, J., & Martin, N. (1992). Mapping Therapy : An Approach to Remediating Agrammatic Sentence Comprehension and Production. In *Aphasia Treatment : Current Approaches and Research Opportunities*. (In J. Cooper (Ed.), p. 77-90).
- Salvato, G., Berlingeri, M., De Maio, G., Curto, F., Chierigato, A., Magnani, F. G., Sberna, M., Rosanova, M., Paulesu, E., & Bottini, G. (2020). Autonomic responses to emotional linguistic stimuli and amplitude of low-frequency fluctuations predict outcome after severe brain injury. *NeuroImage. Clinical*, 28, 102356. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2020.102356>
- Sautet, A., Hurtado, L., Fiveash, A., Baron, L., De Quelen, M., & Perrin, F. (2022). The Importance of Material Used in Speech Therapy : Two Case Studies in Minimally Conscious State Patients. *Brain Sciences*, 12(4), 483. <https://doi.org/10.3390/brainsci12040483>
- Schabus, M., Pelikan, C., Chwala-Schlegel, N., Weilhart, K., Roehm, D., Donis, J., Michitsch, G., Pichler, G., & Klimesch, W. (2011). Oscillatory brain activity in vegetative and minimally conscious state during a sentence comprehension task. *Functional Neurology*, 26(1), 31-36.
- Schiff, N. D., Rodriguez-Moreno, D., Kamal, A., Kim, K. H. S., Giacino, J. T., Plum, F., & Hirsch, J. (2005). fMRI reveals large-scale network activation in minimally conscious patients. *Neurology*, 64(3), 514-523. <https://doi.org/10.1212/01.WNL.0000150883.10285.44>
- Schnakers, C., Bessou, H., Rubi-Fessen, I., Hartmann, A., Fink, G. R., Meister, I., Giacino, J. T., Laureys, S., & Majerus, S. (2015). Impact of aphasia on consciousness assessment : A cross-sectional study. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 29(1), 41-47. <https://doi.org/10.1177/1545968314528067>
- Schnakers, C., Majerus, S., Giacino, J., Vanhauzenhuysse, A., Bruno, M.-A., Boly, M., Moonen, G., Damas, P., Lambermont, B., Lamy, M., Damas, F., Ventura, M., & Laureys, S. (2008). A French validation study of the Coma Recovery Scale-Revised (CRS-R). *Brain Injury*, 22(10), 786-792. <https://doi.org/10.1080/02699050802403557>
- Schnakers, C., Vanhauzenhuysse, A., Giacino, J., Ventura, M., Boly, M., Majerus, S., Moonen, G., & Laureys, S. (2009). Diagnostic accuracy of the vegetative and minimally conscious state : Clinical consensus versus standardized neurobehavioral assessment. *BMC Neurology*, 9(1), 35. <https://doi.org/10.1186/1471-2377-9-35>
- Schoenle, P. W., & Witzke, W. (2004). How vegetative is the vegetative state? Preserved semantic processing in VS patients--evidence from N 400 event-related potentials. *NeuroRehabilitation*, 19(4), 329-334.
- Schwab, D., Fejza, A., Vial, L., & Robert, Y. (2018). The GazePlay Project : Open and Free Eye-trackers Games and a Community for People with Multiple Disabilities. *ICCHP 2018 - 16th International Conference on Computers Helping People with Special Needs*, 10896, 254-261. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-94277-3\\_41](https://doi.org/10.1007/978-3-319-94277-3_41)
- Schwab, D., Riou, S., Fejza, A., Vial, L., Marku, J., Hussein, W. E., Sannara, E. K., Bardon, M., & Robert, Y. (2020). Le projet GazePlay : Des jeux ouverts, gratuits et une communauté pour les

- personnes en situation de polyhandicap. In *1024 – Bulletin de la Société informatique de France*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03004915>
- Séjean, O. (2020). *État de conscience minimale et prise en soin en ergothérapie durant la phase d'éveil de coma des personnes traumatisées crâniennes | Semantic Scholar* [Mémoire d'ergothérapie, Université Aix-Marseille]. <https://www.semanticscholar.org/paper/%C3%89tat-de-conscience-minimale-et-prise-en-soin-en-la-S%C3%A9jean/e13d974903f8203d49acb75603a54f61e000fc0a>
- Sergent, C., Faugeras, F., Rohaut, B., Perrin, F., Valente, M., Tallon-Baudry, C., Cohen, L., & Naccache, L. (2017). Multidimensional cognitive evaluation of patients with disorders of consciousness using EEG: A proof of concept study. *NeuroImage. Clinical*, *13*, 455-469. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2016.12.004>
- Shiel, A., Horn, S. A., Wilson, B. A., Watson, M. J., Campbell, M. J., & McLellan, D. L. (2000). The Wessex Head Injury Matrix (WHIM) main scale: A preliminary report on a scale to assess and monitor patient recovery after severe head injury. *Clinical Rehabilitation*, *14*(4), 408-416. <https://doi.org/10.1191/0269215500cr326oa>
- Simonnot, B. (2002). *De la pertinence à l'utilité en recherche d'information: Le cas du Web*. 13.
- Sitt, J. D., King, J.-R., El Karoui, I., Rohaut, B., Faugeras, F., Gramfort, A., Cohen, L., Sigman, M., Dehaene, S., & Naccache, L. (2014). Large scale screening of neural signatures of consciousness in patients in a vegetative or minimally conscious state. *Brain*, *137*(8), 2258-2270. <https://doi.org/10.1093/brain/awu141>
- Škvareková, I., Pecho, P., Ažaltovič, V., & Kandra, B. (2020). Number of Saccades and Fixation Duration as Indicators of Pilot Workload. *Transportation Research Procedia*, *51*, 67-74. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.11.009>
- Sokoliuk, R., Degano, G., Banellis, L., Melloni, L., Hayton, T., Sturman, S., Veenith, T., Yakoub, K. M., Belli, A., Noppeney, U., & Cruse, D. (2021). Covert Speech Comprehension Predicts Recovery From Acute Unresponsive States. *Annals of Neurology*, *89*(4), 646-656. <https://doi.org/10.1002/ana.25995>
- Spataro, R., Ciriaco, M., Manno, C., & La Bella, V. (2014). The eye-tracking computer device for communication in amyotrophic lateral sclerosis. *Acta Neurologica Scandinavica*, *130*(1), 40-45. <https://doi.org/10.1111/ane.12214>
- Spiral. (2022, avril 16). *SPIRAL - La Méthode Delphi*. [https://www.spiral.uliege.be/cms/c\\_5216973/fr/spiral-la-methode-delphi](https://www.spiral.uliege.be/cms/c_5216973/fr/spiral-la-methode-delphi)
- Staffen, W., Kronbichler, M., Aichhorn, M., Mair, A., & Ladurner, G. (2006). Selective brain activity in response to one's own name in the persistent vegetative state. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, *77*(12), 1383-1384. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2006.095166>
- Stender, J., Mortensen, K. N., Thibaut, A., Darkner, S., Laureys, S., Gjedde, A., & Kupers, R. (2016). The Minimal Energetic Requirement of Sustained Awareness after Brain Injury. *Current Biology*, *26*(11), 1494-1499. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.04.024>
- Stéphan, J., Radiguer, F., Martial, C., Franconie, C., Laureys, S., & Wauquier, G. (2017). *États de conscience altérée: Quel rôle pour les neuropsychologues?*
- Steppacher, I., Eickhoff, S., Jordanov, T., Kaps, M., Witzke, W., & Kissler, J. (2013). N400 predicts recovery from disorders of consciousness. *Annals of Neurology*, *73*(5), 594-602. <https://doi.org/10.1002/ana.23835>



- Taherdoost, H. (2019). *What Is the Best Response Scale for Survey and Questionnaire Design; Review of Different Lengths of Rating Scale / Attitude Scale / Likert Scale* (SSRN Scholarly Paper N° 3588604). Social Science Research Network. <https://papers.ssrn.com/abstract=3588604>
- Tarnutzer, A. A., & Straumann, D. (2018). Nystagmus. *Current Opinion in Neurology*, 31(1), 74-80. <https://doi.org/10.1097/WCO.0000000000000517>
- TechLab. (2021, décembre 8). Connaissez vous le kit 201 : Commandes oculaires ? *TechLab*. <https://lehub.apflab.org/connaissez-vous-le-kit-201-commandes-oculaires/>
- Thibaut, A., Bodien, Y. G., Laureys, S., & Giacino, J. T. (2020). Minimally conscious state “plus” : Diagnostic criteria and relation to functional recovery. *Journal of Neurology*, 267(5), 1245-1254. <https://doi.org/10.1007/s00415-019-09628-y>
- Thibaut, A., Bruno, M.-A., Chatelle, C., Gosseries, O., Vanhaudenhuyse, A., Demertzi, A., Schnakers, C., Thonnard, M., Charland-Verville, V., Bernard, C., Bahri, M., Phillips, C., Boly, M., Hustinx, R., & Laureys, S. (2012). Metabolic activity in external and internal awareness networks in severely brain-damaged patients. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 44(6), 487-494. <https://doi.org/10.2340/16501977-0940>
- Thibaut, A., Panda, R., Annen, J., Sanz, L. R. D., Naccache, L., Martial, C., Chatelle, C., Aubinet, C., Bonin, E. A. C., Barra, A., Briand, M.-M., Ceconi, B., Wannez, S., Stender, J., Laureys, S., & Gosseries, O. (2021). Preservation of Brain Activity in Unresponsive Patients Identifies MCS Star. *Annals of Neurology*, 90(1), 89-100. <https://doi.org/10.1002/ana.26095>
- Thonnard, M., Wannez, S., Keen, S., Brédart, S., Bruno, M.-A., Gosseries, O., Demertzi, A., Thibaut, A., Chatelle, C., Charland-Verville, V., Heine, L., Habbal, D., Laureys, S., & Vanhaudenhuyse, A. (2014). Detection of visual pursuit in patients in minimally conscious state : A matter of stimuli and visual plane? *Brain Injury*, 28(9), 1164-1170. <https://doi.org/10.3109/02699052.2014.920521>
- Thunus, M. (2019). *Validation de l'instrument Brief Evaluation of Receptive Aphasia (BERA) de détection des troubles langagiers réceptifs chez les patients aphasiques en vue de son administration auprès des patients en état de conscience minimale*. <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/6520>
- Ting, W. K.-C., Perez Velazquez, J. L., & Cusimano, M. D. (2014). Eye Movement Measurement in Diagnostic Assessment of Disorders of Consciousness. *Frontiers in Neurology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fneur.2014.00137>
- Tobii pro. (2015, août 12). *What happens during the eye tracker calibration?* [Information]. <https://www.tobiiipro.com/learn-and-support/learn/eye-tracking-essentials/what-happens-during-the-eye-tracker-calibration/>
- Tomaiuolo, F., Cecchetti, L., Gibson, R. M., Logi, F., Owen, A. M., Malasoma, F., Cozza, S., Pietrini, P., & Ricciardi, E. (2016). Progression from Vegetative to Minimally Conscious State Is Associated with Changes in Brain Neural Response to Passive Tasks : A Longitudinal Single-Case Functional MRI Study. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, 22(6), 620-630. <https://doi.org/10.1017/S1355617716000485>
- Tourtel, C. (2021). *Quelle est la place de l'eye tracking dans le prise en soins orthophonique de la communication chez les patients porteurs de handicap complexe ?* [Mémoire d'orthophonie].
- Tran, T., & Godefroy, O. (2011). La Batterie d'Évaluation des Troubles Lexicaux : Effet des variables démographiques et linguistiques, reproductibilité et seuils préliminaires. *Revue de neuropsychologie*, 3, 52. <https://doi.org/10.3917/rne.031.0052>

- Trojano, L., Moretta, P., & Estraneo, A. (2009). Communicating using the eyes without remembering it : Cognitive rehabilitation in a severely brain-injured patient with amnesia, tetraplegia and anarthria. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 41(5), 393-396.
- Trojano, L., Moretta, P., Estraneo, A., & Santoro, L. (2010). Neuropsychologic Assessment and Cognitive Rehabilitation in a Patient With Locked-In Syndrome and Left Neglect. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 91(3), 498-502. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2009.10.033>
- Trojano, L., Moretta, P., Loreto, V., Cozzolino, A., Santoro, L., & Estraneo, A. (2012). Quantitative assessment of visual behavior in disorders of consciousness. *Journal of Neurology*, 259(9), 1888-1895. <https://doi.org/10.1007/s00415-012-6435-4>
- Trojano, L., Moretta, P., Loreto, V., Santoro, L., & Estraneo, A. (2013). Affective saliency modifies visual tracking behavior in disorders of consciousness : A quantitative analysis. *Journal of Neurology*, 260(1), 306-308. <https://doi.org/10.1007/s00415-012-6717-x>
- Tullis, T., & Albert, B. (2013). Chapter 7—Behavioral and Physiological Metrics. In T. Tullis & B. Albert (Éds.), *Measuring the User Experience (Second Edition)* (p. 163-186). Morgan Kaufmann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-415781-1.00007-8>
- Ull, C., Weckwerth, C., Schildhauer, T. A., Hamsen, U., Gaschler, R., Waydhas, C., & Jansen, O. (2020). First experiences of communication with mechanically ventilated patients in the intensive care unit using eye-tracking technology. *Disability and Rehabilitation. Assistive Technology*, 1-6. <https://doi.org/10.1080/17483107.2020.1821106>
- Van Der Kaa, M.-A., & de Partz, M.-P. (1988). *Examen Long du Langage* [Université catholique de Louvain en collaboration avec l'Université de Liège, Belgique]. Non publié
- Vanhaudenhuyse, A., Demertzi, A., Schabus, M., Noirhomme, Q., Bredart, S., Boly, M., Phillips, C., Soddu, A., Luxen, A., Moonen, G., & Laureys, S. (2011). Two Distinct Neuronal Networks Mediate the Awareness of Environment and of Self. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(3), 570-578. <https://doi.org/10.1162/jocn.2010.21488>
- Vanhaudenhuyse, A., Schnakers, C., Boly, M., Perrin, F., Bredart, S., & Laureys, S. (2007). Détecter les signes de conscience chez le patient en état de conscience minimale. *Réanimation*, 16(6), 527-532. <https://doi.org/10.1016/j.reaurg.2007.09.010>
- van Middendorp, J. J., Watkins, F., Park, C., & Landymore, H. (2015). Eye-tracking computer systems for inpatients with tetraplegia : Findings from a feasibility study. *Spinal Cord*, 53(3), 221-225. <https://doi.org/10.1038/sc.2014.219>
- Viseur, P. (2020). *La communication avec les patients en état végétatif ou en état pauci-relationnel*. 71.
- Wannez, S. (2018, février 20). *Améliorer le diagnostic des patients en état de conscience altérée : Une approche comportementale*. <http://bictel.ulg.ac.be/ETD-db/collection/available/ULgetd-12282017-180909/>
- Wannez, S., Gosseries, O., Azzolini, D., Martial, C., Cassol, H., Aubinet, C., Annen, J., Martens, G., Bodart, O., Heine, L., Charland-Verville, V., Thibaut, A., Chatelle, C., Vanhaudenhuyse, A., Demertzi, A., Schnakers, C., Donneau, A.-F., & Laureys, S. (2018). Prevalence of coma-recovery scale-revised signs of consciousness in patients in minimally conscious state. *Neuropsychological Rehabilitation*, 28(8), 1350-1359. <https://doi.org/10.1080/09602011.2017.1310656>
- Wannez, S., Heine, L., Thonnard, M., Gosseries, O., Laureys, S., & Coma Science Group collaborators. (2017). The repetition of behavioral assessments in diagnosis of disorders of consciousness. *Annals of Neurology*, 81(6), 883-889. <https://doi.org/10.1002/ana.24962>

- Wannez, S., Hoyoux, T., Langohr, T., Bodart, O., Martial, C., Wertz, J., Chatelle, C., Verly, J. G., & Laureys, S. (2017). Objective assessment of visual pursuit in patients with disorders of consciousness : An exploratory study. *Journal of Neurology*, *264*(5), 928-937. <https://doi.org/10.1007/s00415-017-8469-0>
- Wannez, S., Vanhauzenhuysse, A., Laureys, S., & Brédart, S. (2017). Mirror efficiency in the assessment of visual pursuit in patients in minimally conscious state. *Brain Injury*, *31*(11), 1429-1435. <https://doi.org/10.1080/02699052.2017.1376755>
- Weigle, C., & Banks, D. (2008). *Analysis of eye-tracking experiments performed on a Tobii T60*. <https://doi.org/10.1117/12.768424>
- Whitworth, A. (2013). *A Cognitive Neuropsychological Approach to Assessment and Intervention in Aphasia : A Clinician's guide* (2<sup>nd</sup> édition). Routledge.
- Wijdicks, E. F. M., Bamlet, W. R., Maramattom, B. V., Manno, E. M., & McClelland, R. L. (2005). Validation of a new coma scale : The FOUR score. *Annals of Neurology*, *58*(4), 585-593. <https://doi.org/10.1002/ana.20611>
- Willison, J., & Tombaugh, T. N. (2006). Detecting simulation of attention deficits using reaction time tests. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *21*(1), 41-52. <https://doi.org/10.1016/j.acn.2005.07.005>
- Wilson, F., Harpur, J., & McConnell, N. (2007). Vegetative and minimally conscious state(s) survey : Attitudes of clinical neuropsychologists and speech and language therapists. *Disability and rehabilitation*, *29*, 1751-1756. <https://doi.org/10.1080/09638280601118432>
- Wolff, A., Blandiaux, S., Cassol, H., Chatelle, C., Laureys, S., & Gosseries, O. (2018). *Evaluations comportementales chez les patients en état de conscience altérée*. SAURAMPS MÉDICAL. <https://orbi.uliege.be/handle/2268/226447>
- Xiao, J., Pan, J., He, Y., Xie, Q., Yu, T., Huang, H., Lv, W., Zhang, J., Yu, R., & Li, Y. (2018). Visual Fixation Assessment in Patients with Disorders of Consciousness Based on Brain-Computer Interface. *Neuroscience Bulletin*, *34*(4), 679-690. <https://doi.org/10.1007/s12264-018-0257-z>
- Yumang, A. N., Villaverde, J. F., Padilla, D. A., & Gatdula, Ma. M. V. (2020). Environmental Control System for Locked-in Syndrome Patients Using Eye Tracker. *Proceedings of the 2020 10th International Conference on Biomedical Engineering and Technology*, 234-239. <https://doi.org/10.1145/3397391.3397410>
- Zeman, A. (2005). What in the world is consciousness? In S. Laureys (Éd.), *Progress in Brain Research* (Vol. 150, p. 1-10). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(05\)50001-3](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(05)50001-3)
- Zhang, B., Huang, K., Karri, J., O'Brien, K., DiTommaso, C., & Li, S. (2021). Many Faces of the Hidden Souls : Medical and Neurological Complications and Comorbidities in Disorders of Consciousness. *Brain Sciences*, *11*(5), 608. <https://doi.org/10.3390/brainsci11050608>
- Zhang, Y., Li, R., Du, J., Huo, S., Hao, J., & Song, W. (2017). Coherence in P300 as a predictor for the recovery from disorders of consciousness. *Neuroscience Letters*, *653*, 332-336. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2017.06.013>
- Zheng, Z. S., Reggente, N., Lutkenhoff, E., Owen, A. M., & Monti, M. M. (2017). Disentangling disorders of consciousness : Insights from diffusion tensor imaging and machine learning. *Human Brain Mapping*, *38*(1), 431-443. <https://doi.org/10.1002/hbm.23370>

## TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : Tableau des signes cliniques selon l'état de conscience altérée .....	85
Annexe 2 : Tableau des 14 échelles comportementales évaluant l'état de conscience .....	86
Annexe 3 : Synthèse de revue de la littérature sur les capacités langagières résiduelles des ECA .....	87
Annexe 4 : Outils d'évaluation de la compréhension orale en aphasiologie .....	89
Annexe 5 : Synthèse des pathologies visuelles et neuro-visuelles pouvant être retrouvées chez les patients en ECA .....	91
Annexe 6: Cahier des charges pour l'élaboration de la BERA-ET (en marron, les éléments de la BERA conservés).....	92
Annexe 7 : Tableau récapitulatif des points -clés de certains eye-trackers .....	95
Annexe 8 : Fiche synthèse du Tobii Eye tracker 5 .....	96
Annexe 9 : Questionnaire de faisabilité adressé aux experts .....	98
Annexe 10 : Profil des experts interrogés .....	102
Annexe 11 : Résultats du questionnaire par critère de faisabilité .....	103
Annexe 12 : Remarques des experts issues du questionnaire .....	111
Annexe 13 : Note d'information soumise à consentement au début du questionnaire .....	116
Annexe 14 : Synthèse des modifications de la BERA-ET en cours et à venir.....	117
Annexe 15 : Cahier de passation modifié.....	120
Annexe 16 : Protocole d'évaluation de la BERA-ET modifiée.....	127
Annexe 17: Eléments théoriques de la BERA-ET (après modifications).....	148
Annexe 18 : Notice d'information sur les eye-trackers disponibles en France en mai 2022 .....	164
Annexe 19 : Consentement signé pour la diffusion vidéo et audio .....	165
Annexe 20 : Tutoriel sur le logiciel BERA-ET (vidéo) .....	166
Annexe 21 : Extrait d'une évaluation avec BERA-ET auprès d'un tout-venant (vidéo) .....	166
Annexe 22 : Extrait d'une évaluation avec BERA-ET auprès d'un patient en situation de polyhandicap (vidéo).....	166
Annexe 23 : Extrait d'une évaluation avec BERA-ET auprès d'un patient en ECM – (vidéo) .....	166

# ANNEXES

Annexe 1 : Tableau des signes cliniques selon l'état de conscience altérée

Etat de conscience	Présence d'éveil	Présence d'une perception consciente	Conscience altérée	Signes de conscience observables	Signes cliniques observables <i>Jourdan et al. (2018) ; Royal College of Physicians (2020) ; Laureys (2005 ; 2010) ; Multi-Society Task Force (1994) ; Giacino et al. (2002) ; Wannez, (2018) ; Aubinet et al.(2018) ; Thibault et al. (2019)</i>	Capacités motrices
Coma	NON	NON	OUI	Aucun		Réflexes uniquement
SENR (état végétatif)	OUI	NON	OUI	Aucun	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Etat d'éveil fluctuant (ouverture des yeux spontanée ou suite à une stimulation)</li> <li>- Mouvements réflexe et spontanés possibles mais non appropriés (pleurs, rires, grimaces, mouvements des yeux dont fixation oculaire limitée à 1/2sec, de la tête et des membres)</li> <li>- Préservation des fonctions automatiques comme le cycle veille-sommeil</li> <li>- <b>Aucun signe de conscience de soi et de l'environnement</b></li> <li>- <b>Absence de toute réponse émotionnelle adaptée au contexte</b></li> <li>- <b>Absence de comportement volontaire reproductible ou intentionnel face à tout stimulus</b></li> <li>- <b>Aucun signe de compréhension et expression du langage</b></li> </ul>	Réflexes uniquement
ECM -	OUI	OUI (Comportements de bas niveau)	OUI	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poursuite visuelle (poursuivre son reflet dans un miroir, une personne dans la pièce)</li> <li>- Fixation visuelle (non systématique, ne suffit pas à évoquer un contenu de conscience)</li> <li>- Localisation des stimulations nociceptives</li> <li>- Réaction motrice automatique adaptée par rapport à l'environnement et non attribuable à un réflexe (comportement orienté) (se gratter, saisir un objet, tenir le lit)</li> <li>- Localisation d'un objet (attraper et serrer la main de quelqu'un)</li> <li>- Manipulation d'objets (tenu 5 sec + rotation de certains objets)</li> <li>- Réactions affective/ émotionnelles appropriées et contextualisées</li> <li>- <b>Aucun signe d'efficiences des fonctions réceptive et expressive du langage</b></li> </ul> <p>→ <b>Comportements non réflexes, dirigés vers un but, contextualisés, mais fluctuants et inconstants</b></p>		Variables
ECM +	OUI	OUI (Haut niveau : préservation relative du langage)	OUI	<p>Au moins l'un des trois critères :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Réponse à la commande</b> / mouvement sur demande (ex : ouvrir la bouche) : répond correctement lors de minimum deux demandes pour une même commande</li> <li>- Verbalisation intelligible (au moins une réponse négative compréhensible telle que « stop », « non ») *</li> <li>- Communication non fonctionnelle mais intentionnelle (réponses oui/non gestuelles ou verbales) *</li> </ul>		Variables
EECM	OUI	OUI	OUI	<p>Au moins l'un des signes suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Communication interactive fonctionnelle : verbalisation, réponse oui/non, utilisation de l'écriture, utilisation d'une communication alternative augmentée (CAA)</li> <li>- Utilisation fonctionnelle d'objets : discrimination dans l'utilisation d'au moins deux objets différents</li> </ul> <p>→ <b>Cohérence et fiabilité des réponses jugées plus constantes lors des phases d'éveil pour au moins deux évaluations consécutives</b></p>		Variables

\* Selon la première définition dans la littérature (Giacino et al., 2002). Les items de verbalisation et de communication intentionnelle n'étaient pas repris dans certaines publications ultérieures (Bruno et al., 2012).

Annexe 2 : Tableau des 14 échelles comportementales évaluant l'état de conscience

Échelles comportementales (American Congress of Rehabilitation Medicine et al., 2010)	Auteurs	Recommandations quant à leur utilisation (American Congress of Rehabilitation Medicine et al., 2010; Giacino et al., 2014a; Kondziella et al., 2020; Laureys, 2015)
La Coma Recovery Scale-Revised (CRS-R) ou « Echelle de récupération du coma »	Giacino (2004)	« Gold Standard » recommandée pour évaluer le niveau de conscience en phase aigüe et chronique
La Glasgow Coma Scale (GCS)	Teasdale et Jennett (1974)	Echelle la plus connue et utilisée en pratique courante pour évaluer l'état de conscience en phase aigüe post-lésionnelle.
Le Full Outline of UnResponsiveness (FOUR)	Wijdicks (2005)	Recommandée à la place du GCS en phase aigüe dans les unités de soins intensifs (à utiliser cependant avec réserve)
La Wessex Head Injury Matrix (WHIM)	Shiel (2000)	Validation suffisante (à utiliser avec plus de réserves)
La Sensory Stimulation Assessment Measure (SSAM)	Rader (1994)	Validation suffisante
La Western Neuro Sensory Stimulation Profile (WNSSP)	Ansell (1989)	Validation suffisante
La Sensory Modality Assessment Technique (SMART)	Gill- Thwaites (1999)	Validation suffisante
La Disorders of Consciousness Scale (DOCS)	Pape (2005)	Validation suffisante
La Coma/Near-Coma Scale (CNC)	Rappaport (1992)	A utiliser avec beaucoup de réserves (une étude remet en cause sa validation)
La Swedish Reaction Level Scale-1985 (RLS85)	Stalhammar (1988)	Non recommandée (validation insuffisante actuellement)
La Comprehensive Levels of Consciousness Scale (CLOCS)	Stanczak (1984)	Non recommandée (validation insuffisante actuellement)
La Glasgow-Liege Coma Scale (GLS)	Born (1985)	Non recommandée selon certains auteurs – Evaluation des réflexes au niveau du tronc cérébral (non retrouvé dans le GCS)
La Innsbruck Coma Scale (INNS)	Benzen (1991)	Non recommandée
La Loewenstein Communication Scale (LOEW)	Borer-Alafi (2002)	Non recommandée (validation insuffisante actuellement)

Annexe 3 : Synthèse de revue de la littérature sur les capacités langagières résiduelles des ECA

Etat de conscience	Pourcentage moyen de patients montrant <b>implicitement</b> des capacités langagières	Pourcentage moyen de patients montrant <b>explicitement</b> des capacités langagières	Capacités langagières résiduelles	
SENR	33%	20% (qui devraient alors être classés en ECM*)	<b>Stimuli entraînant une majorité de réponses</b>	Réponses à un contenu émotionnel de type prosodie à contenu émotionnel (exclamations) (Kotchoubey et al., 2009), leur propre prénom (Crivelli et al., 2020; Perrin et al., 2006; Sergent et al., 2017; Staffen et al., 2006; Y. Zhang et al., 2017), la musique (Hu et al., 2021; Li et al., 2018).
			<b>Détection de la parole par rapport au bruit</b> → <b>Hypothèse d'une préservation partielle du système d'analyse auditive</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Capacité à différencier un stimulus verbal d'un stimulus non-verbal</b> (bruit)</li> <li>• Activation significative du <b>cortex temporal supérieur bilatéral</b>, étendu à la partie postérieure des lobes temporaux (Bekinschtein et al., 2011; Beukema et al., 2016; Coleman et al., 2007, 2009; Erlbeck et al., 2017; Kotchoubey et al., 2005; Sergent et al., 2017).</li> </ul>
			<b>Détection de l'intelligibilité de la parole</b> → <b>Hypothèse d'une préservation partielle du lexique phonologique pour différencier un mot familier d'un mot inconnu d'entrée</b> (Caramazza & Hillis, 1990)	Etude des activations cérébrales suite à l'écoute de <b>phrases très intelligibles, moyennement intelligibles et peu intelligibles</b> : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Activations cérébrales <u>isolées</u> du cortex auditif gauche, temporal supérieur et médian gauche et préfrontal gauche plus importants face à des phrases intelligibles que produites dans le bruit ou avec des phonèmes à l'envers (Edlow et al., 2017; Owen et al., 2005)</li> <li>• Réponses aux <b>mots &gt; pseudo-mots</b> avec activation du cortex cingulaire postérieur, temporal supérieur/médian gauche, gyrus frontal inférieur (Nigri et al., 2017; Salvato et al., 2020)</li> </ul>
			<b>Capacités lexicales et sémantiques de mots</b> → <b>Possible traitement sémantique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Différenciation <b>mots sémantiquement ou non sémantiquement proches</b> (Beukema et al., 2016; Erlbeck et al., 2017; Kotchoubey et al., 2005; Nigri et al., 2017; Rohaut et al., 2015)</li> <li>• Activation cérébrale significative du <b>gyrus frontal inférieur (Aire de Broca) et du gyrus temporal médian gauche</b> face à des mots sémantiquement proches (Nigri et al., 2017)</li> </ul>
			<b>Compréhension syntaxique de phrases</b> → <b>Possible traitement syntaxique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réponse cérébrale importante face à des phrases avec <b>beaucoup ou peu d'ambiguïté</b> (Bekinschtein et al., 2011; Coleman et al., 2007, 2009; Owen et al., 2005).</li> <li>• Réponse cérébrale importante face à des <b>phrases « factuellement » correctes ou incorrectes</b> (« Le Titanic était un bateau »/ «Le Titanic «était un iceberg ») (Kotchoubey et al., 2014).</li> <li>• Réponse cérébrale importante face à des <b>phrases congrues ou incongrues</b> (Balconi et al., 2013; Balconi &amp; Arangio, 2015; Formisano et al., 2019; Kotchoubey et al., 2014; Schoenle &amp; Witzke, 2004).</li> </ul>

				<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence de l'<b>onde N400</b>, spécifiquement modulée par le traitement sémantique de l'information et sensible au contexte immédiat dans lequel un mot est présenté (Méligne, 2012)</li> </ul>
<b>ECM</b> ECM – ECM +	<b>50 %</b> 50 % 78 %	<b>50 %</b> 33% 50%	<b>Détection de la parole par rapport au bruit</b> → <b>Hypothèse d'une préservation partielle du système d'analyse auditive</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Capacité à différencier un stimulus verbal d'un stimulus non-verbal (bruit)</b></li> <li>Activation significative du <b>cortex temporal supérieur bilatéral</b>, étendu à la partie postérieure des lobes temporaux (Bekinschtein et al., 2011; Beukema et al., 2016; Coleman et al., 2007, 2009; Erlbeck et al., 2017; Kotchoubey et al., 2005; Sergent et al., 2017).</li> </ul>
			<b>Détection de l'intelligibilité de la parole</b> → <b>Hypothèse d'une préservation partielle du lexique phonologique pour différencier un mot familier d'un mot inconnu d'entrée</b> (Caramazza & Hillis, 1990)	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Embrassement d'un réseau</b> cérébral temporal et angulaire <b>beaucoup plus large</b> que chez les patients en SENR face à des phrases intelligibles que produites dans le bruit ou avec des phonèmes à l'envers (Edlow et al., 2017; Schiff et al., 2005; Tomaiuolo et al., 2016)</li> <li>Réponses aux <b>mots &gt; pseudo-mots</b> avec activation du cortex cingulaire postérieur, temporal supérieur/médian gauche, gyrus frontal inférieur (Nigri et al., 2017; Salvato et al., 2020)</li> <li>Recrutement sélectif de certaines <b>régions temporales face à un contenu intelligible</b> uniquement lorsque le patient passe de SENR à ECM (Fernández-Espejo et al., 2010; Tomaiuolo et al., 2016).</li> </ul>
			<b>Capacités lexicales et sémantiques de mots</b> → <b>Possible traitement sémantique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Réponses neuronales plus importantes</b> que chez les SENR dans la manipulation de variables lexicales et sémantiques (Balconi &amp; Arangio, 2015; Rohaut et al., 2015; Schabus et al., 2011; Schnakers et al., 2015; Steppacher et al., 2013)</li> </ul>
			<b>Compréhension syntaxique de phrases</b> → <b>Possible traitement syntaxique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Réponse cérébrale importante face à des phrases avec <b>ambiguïté</b> (Coleman et al., 2007, 2009).</li> <li>Réponse cérébrale importante face à des <b>phrases « factuellement » correctes ou incorrectes chez 19% des ECM</b> (Kotchoubey et al., 2014).</li> <li>Différenciation de <b>phrases congrues ou incongrues</b> (Balconi et al., 2013; Balconi &amp; Arangio, 2015; Formisano et al., 2019; Kotchoubey et al., 2014; Schoenle &amp; Witzke, 2004).</li> <li><b>Capacités de compréhension écrite de mots et de phrases</b> (Kwiatkowska et al., 2019).</li> <li><b>Réponse spécifique à l'EEG des patients uniquement en ECM</b> sur des mots non reliés sémantiquement et des antonymes (Schabus et al., 2011).</li> </ul>
EECM	83 %	100 %	<b>Communication</b>	Réponses langagières par mesures implicites et explicites révélant des capacités de <b>communication pré-verbale, verbale, interpersonnelles et alternative. Compréhension phonologique, sémantique et syntaxique</b> retrouvée chez certains patients avec scores similaires à des patients aphasiques sans trouble de la conscience (Aubinet, Chatelle, Gillet, et al., 2021; Aubinet et al., 2018; Chatelle et al., 2020, 2020; Coleman et al., 2007; Curley et al., 2018; Edlow et al., 2017; Erlbeck et al., 2017; Kazazian et al., 2020; Murphy, 2018; Rodriguez Moreno et al., 2010; Tomaiuolo et al., 2016).



Annexe 4 : Outils d'évaluation de la compréhension orale en aphasiologie

Outils s'appuyant sur des modèles cognitifs langagiers reconnus		
Nom de l'outil	Modèle	Caractéristiques
<b>Test pour le diagnostic des troubles lexicaux chez le patient aphasique (LEXIS)</b> de Partz et al. (2001)	Modèle de Caramazza et Hillis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Epreuve de dénomination et désignation de 119 images.</li> <li>- Permet une quantification des troubles de la compréhension d'images. Grande exhaustivité.</li> <li>- Passation longue et s'appuie sur un pointage ou désignation verbale ou manuelle uniquement.</li> </ul>
<b>Batterie d'évaluation de la Compréhension Syntaxique (BCS)</b> de Caron et al. (2015)	Modèle de la compréhension de phrases de Saffran et al. (1992)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Validation récente</li> <li>- Evaluation spécifique syntaxique et morphosyntaxique orale (Monetta et al., 2019).</li> <li>- Prend en compte la fréquence, la structure grammaticale et la longueur des énoncés.</li> </ul>

Batteries d'évaluation du langage incluant des épreuves de compréhension orale	
Nom de l'outil	Caractéristiques
<b>Batterie d'Évaluation des Troubles lexicaux (BETL)</b> développée par Tran et al. (2011)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Outil informatisé</li> <li>- Propose trois tâches, toutes basées sur 54 images, dont une épreuve de désignation. Prise en compte des variations psycholinguistiques de fréquence, longueur et catégorie sémantique des mots proposés.</li> </ul>
<b>Protocole Montréal-Toulouse d'examen linguistique de l'aphasie (MT86)</b> (Nespoulous, 1992)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Batterie très ancienne</li> <li>- S'adresse aux patients en phase chronique post-AVC</li> <li>- Évaluation complète du langage : compréhension orale et écrite testées par désignation d'images, de mots et de phrases.</li> </ul>
<b>Boston Diagnostic Aphasia Examination (BDAE)</b> de Goodglass (Borod et al., 1980)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisée en phase chronique</li> <li>- L'une des batteries les plus utilisées dans le monde.</li> <li>- Validé et traduit en français</li> <li>- Exploration des versants expressif et réceptif du langage en modalité orale et écrite.</li> <li>- Demande des capacités de concentration assez importantes pour le patient et un temps de passation long.</li> </ul>
<b>GréMots</b> (Bézy et al., 2016)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Batterie d'évaluation cognitive et langagière spécifique aux patients présentant une pathologie neurodégénérative à un stade léger.</li> <li>- Nouvelle version récemment validée en 2021.</li> <li>- Le GréMots s'appuie sur des modèles théoriques et permet une évaluation exhaustive des capacités langagières des patients.</li> </ul>

Outils de dépistage de la compréhension orale		
Nom de l'outil	Temps estimé	Caractéristiques
<b>Language Screening Test (LAST)</b> , Flamand-Roze et al. (2011)	5 min	Evaluation rapide de la compréhension et l'expression du langage des patients ayant subi un AVC en phase aiguë. Cinq épreuves, dont une désignation d'images avec distracteurs phonologiques, visuels et sémantiques, ainsi qu'une exécution d'ordres simples, semi-complexes et complexes
<b>Evaluation linguistique de l'aphasie en phase aiguë (ELAPA)</b> de Benichou (2014)	15 min	Evaluation en phase aiguë des capacités langagières en réception et en expression, en modalité orale et écrite. Outil simple d'utilisation avec un temps de passation relativement court. Epreuve de désignation de mots et de phrases à l'oral.
<b>Cognitive Assessment Scale for Stroke Patients (CASP)</b> par Barnay et al. (2014)	15 min	Dépistage des troubles cognitifs post-AVC à l'aide d'un support adapté aux troubles sévères de l'expression orale. Prise en compte des spécificités des patients en phase aiguë (alitement, négligence spatiale gauche). Non adressé aux patients avec aphasie globale. 9 épreuves dont un test de compréhension orale sur ordres simples et complexes.
<b>Bilan informatisé d'aphasie version courte (BIA)</b> (Gatignol et al., 2012)	-	Evaluation en phase aiguë dont un test de compréhension orale par désignation d'images, exécution d'ordres et un test de compréhension syntaxique. Evaluation de la compréhension écrite lexicale et syntaxique

Outils d'évaluation spécifiques aux patients avec des troubles moteurs majeurs	
<b>Evaluation qualitative de la compréhension des notions et énoncés simples (EQCNES)</b> , développée par Florian Merle	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluation de la compréhension par désignation d'une image cible parmi deux images.</li> <li>- Sont retrouvées les notions de genre, nombre, notions spatiales et de négation.</li> <li>- Conçue pour les enfants non ou mal-oralisant</li> <li>- Intègre une désignation sous plusieurs modalités (digitale, oculaire ou verbale) à partir d'images ou de pictogrammes.</li> </ul> <p>→ <b>Paraît pertinente pour les patients en ECA pour qui le pointage oculaire semble à privilégier. Cependant, ce test n'a fait l'objet d'aucune validation.</b></p>
<b>Batterie d'Evaluation du Locked-In Syndrome (BELIS)</b> par Emilie Castelnot et Marc Rousseaux (2008)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Outil validé qui rend compte des fonctions cognitives des patients avec Locked-In Syndrome (LIS)</li> <li>- 3 sections : l'examen perceptif de la vision et de l'audition, l'examen moteur de l'atteinte du cou, de la face, des mains et des yeux, l'examen des fonctions cognitives. Cette dernière partie comprend 19 subtests dont une sur la reconnaissance visuelle et auditive et une concernant la compréhension du langage sur des mots et phrases complexes.</li> <li>- La sélection des items s'appuie notamment sur la présence d'un code oui/non fiable.</li> <li>- Le temps de passation est estimé à 40 minutes.</li> </ul> <p>→ <b>Batterie spécifique aux LIS, avec des épreuves trop complexes pour les patients en ECA avec un temps de passation relativement long et s'appuyant sur un code oui/non fiable qui n'est pas toujours possible d'obtenir avec les patients en ECA.</b></p>

<b>Cognitive Assessment by Visual Election (CAVE)</b> (Murphy, 2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Evaluation spécifique aux patients en ECM et EECM</b>, validée en anglais.</li> <li>- Se compose de six sous-tests permettant d'évaluer les capacités de reconnaissance visuelle d'objets réels, de nombres, de mots écrits, de lettre, d'images et de couleurs. Chacun des sub-tests contient 10 items.</li> <li>- Chaque objet cible est présenté avec un distracteur et le patient est amené à fixer la cible au moins deux secondes pour que sa réponse soit prise en compte.</li> </ul> <p><u>Prérequis</u> : préservation des capacités de fixation visuelle et compréhension orale et écrite a minima.</p> <p>→<b>Spécifique aux ECA, mais aucune validation en français et pas de prise en compte de l'ensemble des domaines linguistiques. Aucun contrôle des variations psycholinguistiques.</b></p>
--	--

*Annexe 5 : Synthèse des pathologies visuelles et neuro-visuelles pouvant être retrouvées chez les patients en ECA*

<b>Atteinte de l'organise visuel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Anomalie des pupilles</b></li> <li>- <b>Ptois</b> : affaissement anormal de la paupière supérieure lié à un déficit du muscle releveur de la paupière (Centre ophtalmologique Jean Jaurès, 2021).</li> <li>- <b>Kératite (26 % des cas d'ECA)</b> : érosion de la cornée entraînant une baisse visuelle et un larmolement avec la sensation d'un corps étranger dans l'œil.</li> </ul>
<b>Altération des réflexes et mouvements oculaires</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Mouvements oculaires anormaux voire absents</b></li> <li>- <b>Absence de clignement</b> à la menace visuelle</li> <li>- <b>Perte du réflexe oculocéphalique</b> correspondant au déplacement des yeux en réponse à la rotation de la tête</li> <li>- <b>Perturbation du réflexe oculo-vestibulaire</b> correspondant à un mouvement réflexe des globes oculaires dans le sens inverse du mouvement de la tête, permettant une stabilisation du regard sur un point fixe.</li> <li>- <b>Perturbation des réflexes cornéens</b> comme la réponse de l'œil au contact d'un corps étranger sur la cornée par fermeture brutale des paupières.</li> </ul>
<b>Atteinte corticale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Nystagmus</b> : mouvement rythmique anormal des yeux pouvant survenir entre autres lors d'une atteinte cérébelleuse (Gaymard, 2013).</li> <li>- <b>Déficit visuel cortical (dans 19,2% des cas d'ECA)</b> : la structure oculaire est habituellement intacte, mais les voies optiques ou les structures corticales sont atteintes. Ceci nuit au traitement et à l'interprétation des informations visuelles. Dans au moins la moitié des cas, fixation, poursuite visuelle et saccades sont atteintes (Duquette, 2015).</li> <li>- <b>Hémianopsie latérale homonyme (HLH)</b> : amputation bilatérale d'un hémichamp visuel suite à une lésion du cortex visuel primaire. Aucun accès conscient à la plupart des informations visuelles dans le champ visuel controlatéral à la lésion. On le retrouve chez 30% des patients ayant subi un AVC (Masson, 2019).</li> <li>- <b>Troubles gnosiques visuels ou agnosies visuelles</b> : trouble de la capacité de reconnaissance visuelle suite à une atteinte des voies cérébrales visuelles.</li> <li>- <b>Héminégligence ou Négligence spatiale unilatérale</b> : perte de conscience de l'espace situé du côté opposé à la lésion cérébrale, non expliquée par un déficit sensoriel ou moteur. Pour le patient, une moitié de son champ visuel n'existe plus (Azouvi et al., 2006). Le diagnostic d'héminégligence est difficile à réaliser chez les patients avec ECA mais souvent présente (Aubinet, Chatelle, Gillet, et al., 2021).</li> </ul>
<b>Diplopie</b>	<p>« Vision double d'un objet unique » (<i>Diplopie</i>, 2016). La cause est ophtalmologique, liée à une atteinte musculaire ou neurologique entraînant une paralysie ou parésie des muscles oculomoteurs.</p>

Critères		Objectifs : critères retenus	Moyens déployés dans l'étude
En lien avec le contenu du protocole	Clarté du protocole pour le thérapeute	<p>Le <b>protocole doit être clair</b> pour le thérapeute. Celui-ci doit pouvoir comprendre facilement les enjeux de l'évaluation de la compréhension chez les patients en état de conscience altérée.</p> <p>Le fonctionnement du logiciel doit être <b>facilement compréhensible et clairement expliqué</b>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Consignes claires</b> pour le clinicien afin qu'il puisse appliquer le protocole sans aucun questionnaire relatif au déroulé de la passation.</li> <li>- <b>Ajout de schémas et images dans le protocole</b> pour que le thérapeute puisse comprendre facilement l'utilisation du logiciel et les étapes de l'évaluation.</li> <li>- <b>Ajout d'éléments théoriques et informatifs</b> sur l'eye-tracker et les capacités des patients en état de conscience altérée clairs pour le clinicien afin de comprendre les enjeux de cette évaluation et l'utilité du matériel proposé.</li> <li>- Ajout d'un <b>tableau récapitulatif des signes cliniques</b> pour gagner en clarté.</li> </ul>
	Utilité des éléments du protocole	<p>Le <b>rappel théorique</b> sur la terminologie employée et les signes de conscience selon l'entité clinique diagnostiquée doit être utile au clinicien pour interpréter les résultats du test.</p> <p>Importance d'<b>expliquer à l'examineur le principe d'utilisation de l'eye-tracker</b> pour une meilleure utilisation au sein du protocole.</p> <p>Importance pour l'examineur de <b>connaître le contexte d'élaboration du protocole</b>.</p> <p>De manière générale, tous les éléments du protocole doivent être utiles au thérapeute afin de <b>ne pas le surcharger d'informations sans intérêt</b>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inclusion dans le protocole d'un <b>rappel théorique</b> sur la terminologie, les signes comportementaux des différents états de conscience et les capacités langagières résiduelles des patients en état de conscience altérée.</li> <li>- Inclusion d'une <b>partie préliminaire sur le contexte d'élaboration du protocole</b> de la BERA-ET</li> <li>- Inclusion d'une <b>note d'information sur le principe et l'utilisation de l'eye-tracker</b>.</li> </ul>
	Pertinence des éléments du protocole	Toutes les informations formulées doivent être <b>appuyées par la littérature scientifique</b> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ajout de références bibliographiques dans l'ensemble du protocole.</li> <li>- <b>Explication du contexte d'élaboration et des objectifs du protocole</b> pour que le thérapeute juge les informations données pertinentes.</li> </ul>

Critères		Objectifs : critères retenus	Moyens déployés dans l'étude (en marron les éléments provenant de la BERA, conservés)
<b>En lien avec la forme du protocole</b>	<b>Accessibilité temporelle</b>	<p><b>Temps de passation de la BERA-ET court</b> pour ne pas fatiguer le patient.</p> <p><b>Temps de passation</b> adapté à l'état du patient.</p> <p><b>Temps de prise en main du logiciel et du protocole court</b> pour le thérapeute afin que cela soit adapté à la réalité clinique.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Mise en place rapide</b> du matériel</li> <li>- <b>Temps de passation de la BERA ne dépassant pas 30 min</b></li> <li>- Utilisation de <b>phrases courtes</b> dans les consignes (Wolff et al., 2018)</li> <li>- <b>Séparation des modules « compréhension de mots » et « compréhension de phrases » pour être proposés à des temps différents selon la disponibilité du patient.</b></li> <li>- <b>Possibilité de faire une pause ou d'arrêter le protocole selon l'état du patient</b></li> </ul>
	<b>Mesures répétées</b>	Privilégier une <b>épreuve courte</b> mais <b>pouvant être répétée</b> plusieurs fois à intervalle de temps réduit.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Deux versions de la BERA-ET pour éviter les effets test-retest (déjà très faibles) et pouvoir proposer plusieurs évaluations à un même patient.</b></li> </ul>
	<b>Objectivité de l'évaluation des fixations visuelles</b>	<p>Obtenir un <b>outil le plus objectif possible</b> pour éviter tout biais de passation (surinterprétations, manque d'une réponse par distraction, difficulté de cotation au vu du comportement du patient).</p> <p>Obtenir des <b>scores indépendants de l'évaluateur.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Calibrage</b> de l'appareil aux capacités visuelles de chaque patient</li> <li>- <b>Aide au thérapeute</b> : retours visuels des mouvements oculaires du patient grâce à un pointeur visuel et timer sur l'écran pour objectiver les zones de fixation visuelle et la poursuite oculaire.</li> <li>- <b>Durée de fixation de l'image fixée à 2 secondes</b><sup>1</sup> et automatisation du passage à l'item suivant.</li> <li>- Durée de balayage visuel des deux images, fixé à 5 secondes<sup>2</sup></li> <li>- <b>Ajout d'une diapositive neutre</b> pour recentrer le regard du patient et éviter les biais liés à une fixation systématique d'un côté de l'écran : carré blanc sur fond noir entre l'étape de balayage visuel et l'énonciation de l'item cible.</li> <li>- <b>Informatisation de la cotation</b> : indépendance de l'évaluateur<sup>3</sup></li> <li>- Disposer de la tablette sur un pied fixe avec marquage de l'emplacement idéal selon chaque patient pour une <b>même disposition du matériel d'une évaluation à l'autre.</b></li> </ul>
	<b>Prise en compte du facteur humain</b>	<p>L'évaluation ne peut pas être entièrement informatisée et automatisée :</p> <p>Besoin d'une <b>sollicitation verbale</b> importante du fait des difficultés attentionnelles des patients.</p> <p>Conserver la <b>voix et la présence humaine</b> avec une prosodie naturelle d'un thérapeute familier.</p> <p>Prendre en compte les aspects qualitatifs de l'évaluation et le <b>regard clinique du thérapeute.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Absence de synthèse vocale</b> : le thérapeute énonce oralement les consignes.</li> <li>- <b>Sollicitation verbale</b> : possibilité de <b>répéter l'item cible 4 fois</b> toutes les 10 secondes si aucune image sélectionnée.</li> <li>- Inclure dans le protocole une information sur le <b>comportement à adopter</b> pendant l'épreuve : encourager, expliquer l'objectif de l'épreuve et le besoin de sa collaboration.</li> <li>- Possibilité <b>d'ajouter des points au cours de la passation</b> si le thérapeute juge que le patient, malgré une durée de fixation inférieure aux deux secondes attendues, pointe visuellement la cible à plusieurs reprises.</li> </ul>
	<b>Environnement propice – Limitation des distracteurs</b>	<b>Eviter trop de stimuli</b> dans l'environnement du patient avant et pendant l'évaluation.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Conservation des images de la BERA déjà neutres (en noir et blanc, dessins simples)</b></li> <li>- <b>Aucun ajout de stimulation sonore</b> pour ne pas surcharger (le son présent dans le jeu GazePlay d'origine sera coupé pour la passation)</li> </ul>

<sup>1</sup> Critère diagnostic admis par la communauté scientifique pour déterminer le caractère intentionnel d'une fixation visuelle (Royal College of Physicians, 2020)


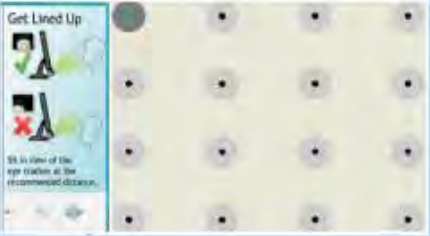
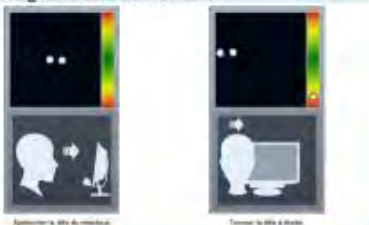



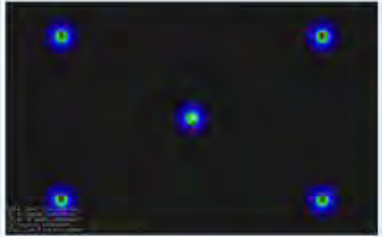
	<b>Eviter tout distracteur</b> durant l'évaluation du patient : on cherche à obtenir une interface la plus neutre possible.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ajout de <b>feedback visuels les moins prégnants</b> possibles pour aider l'évaluateur dans sa cotation (points noirs de petite taille sans couleur saillante).</li> <li>- Evaluation dans un <b>environnement familier du patient, calme</b>, sans autres personnes présentes, avec une luminosité suffisante</li> </ul>
<b>Adaptabilité– Prise en compte des comorbidités</b>	<b>Adapter la passation au profil de chaque patient</b> à : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Troubles visuels</li> <li>- Fluctuations attentionnelles</li> <li>- Etat de santé au moment de l'évaluation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Calibrage</b> de l'appareil aux capacités visuelles de chaque patient avant toute passation</li> <li>- <b>Strabisme</b> : possibilité de ne prendre en compte que les capacités visuelles d'un œil directeur prédéfini</li> <li>- <b>Héminégligence</b> : proposer les images dans l'hémichamp pris en compte par le patient OU possibilité de tourner l'écran de la tablette pour une présentation haut/bas.</li> <li>- <b>Adaptation de la hauteur de la tablette</b> selon les capacités visuelles du patient</li> <li>- <b>Pauses ou arrêt du protocole selon les capacités attentionnelles et la fatigabilité du patient</b></li> <li>- Etapes de l'évaluation <b>paramétrables</b> selon le patient et ses capacités</li> <li>- Ajout dans le protocole des <b>troubles visuels entravant la bonne utilisation de l'eye-tracker</b> et des possibles adaptations.</li> <li>- <b>Possibilité de répéter 4 fois chaque consigne</b> si aucune réponse donnée au bout de 10 secondes <sup>4</sup></li> </ul>
<b>Facilité d'utilisation et de manipulation</b>	<b>Outil facile d'utilisation et de manipulation</b> pour tous les professionnels concernés.  <b>Expliquer chaque étape de la mise en place du système d'eye-tracking.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Explication de chaque étape</b> de l'évaluation dans le protocole.</li> <li>- <b>Notice d'information pour placer l'eye-tracker</b> et la tablette en fonction du patient (Tableau récapitulatif).</li> <li>- <b>Peu de manipulations</b> au sein du logiciel proposées pour faciliter l'utilisation de l'outil. Les résultats sont par exemple directement accessibles sur le logiciel.</li> <li>- Ajout de <b>critères paramétrables</b> pour que chaque évaluateur personnalise la passation selon son niveau d'aisance avec la manipulation du logiciel.</li> <li>- <b>Automatisation</b> de la cotation et du passage à l'item suivant.</li> <li>- <b>Informatisation de la cotation</b> et calcul automatique des résultats accessibles à l'évaluateur.</li> </ul>

<sup>2</sup> On définit la durée de fixation d'une zone d'intérêt à 500 ms au minimum, ce qui correspond au temps nécessaire pour accéder à l'information perçue de manière consciente (Tullis & Albert, 2013). Cette durée est utilisée dans 66% des études selon certaines revues de littérature (Dalrymple et al., 2018; Kasprowski et al., 2014).

<sup>3</sup> 62% des études utiliseraient une diapositive neutre ou « fixation cross » composée d'un symbole au centre de l'écran afin de recentrer le regard avant présentation d'un stimulus (Dalrymple et al., 2018; Kasprowski et al., 2014). On la retrouve dans la plupart des expérimentations en psychologie (Psytoolkit, 2021). Cette méthode a pour but d'être sûr que le patient regarde l'écran, regarde au bon endroit sur l'écran (guider son regard), de focaliser l'attention sur un point de l'écran / de sortir l'attention d'un endroit sur l'écran (par ex, pour nous, de faire en sorte qu'il ne reste pas sur l'image qu'il a fixé en dernier pendant le balayage visuel) et d'être sûr que le patient est concentré sur la tâche en cours.

<sup>4</sup> Critères fondés sur ceux de la CRS-R (Schnakers et al., 2008).

Annexe 7 : Tableau récapitulatif des points -clés de certains eye-trackers

	Distance recommandée	Positionnement de l'eye-tracker	Logiciel de calibrage
EyeTech	40 à 75cm de l'œil	<p>Quick Access : camera avec repère de la position des yeux</p> 	<p>Quick Access</p> 
Tobii	Selon l'appareil 40 à 90 cm	<p>Guide de positionnement dans Gaze Interaction Settings pour le calibrage (Track Status) / Gaze Point</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bouger la tête vers le bas</li> <li>2. Bouger la tête vers le haut</li> <li>3. Tourner la tête à droite</li> <li>4. Tourner la tête à gauche</li> <li>5. Approcher la tête du moniteur</li> <li>6. Eloigner la tête du moniteur</li> </ol> 	<p>Gaze Interaction Settings (calibrage pour chaque œil) / Gaze Point</p> <p>Calibration Result</p> 
irisbond	50 à 70 cm	<p>Onglet « positionnement » avec affichage des yeux dans une fenêtre et repères par une ligne bleue</p> 	<p>Inclus dans l'appareil (possibilité de choisir un œil ou les deux yeux)</p>
GazePoint	Idéalement à 65cm - distance d'environ un bras du participant, centré et dirigé vers son visage	<p>Dans « Gaze Point Control » : détection de chaque œil</p> 	<p>GazePoint Control</p> 
SmartEye	45 à 85 cm		<p>Smart Eye Setup Tool</p>



## Tobii Eye tracker 5

### Introduction



« La société Tobii Dynovox, spécialisée dans les outils technologiques dédiés à la communication » sort une gamme de commande oculaire pour les gamers. Le Tobii Eye tracker 5 est l'un des modèles phare de cette gamme. Cet eye-tracker petit et compact est destiné au grand public et on peut le commander en ligne directement sur Amazon. Il reste simple d'utilisation et utilisé par plusieurs praticiens auprès de personnes atteintes de pathologie neurologique, athétose, polyhandicap.

- Il s'agit d'une commande oculaire performante et facile à mettre en œuvre pour un prix raisonnable
- Plusieurs logiciels prennent d'ores et déjà en charge ce dispositif et permettent à des degrés variables de se servir de l'ordinateur ou de communiquer grâce aux mouvements des yeux.

Reference	Tobii Eye Tracker 5
Fabricant	tobiidynovox.com
Distributeurs	- Amazon - TobiiGaming - Darty
Prix	229 € TTC

### Description

Le Tobii Eye tracker 5 est livré avec les éléments suivants :

- Cable USB extensible
- Deux plaques de montage magnétiques pour une meilleure adhérence et afin de limiter le risque d'arrachement
- Un support flexible
- Guide de mise en route
- Documentation sur la garantie et la sécurité

### Conditions d'utilisation

Pour un usage optimal, il est important de s'assurer d'une bonne installation de l'utilisateur et de respecter certaines données techniques :

- La personne doit être positionnée face à l'écran et le Tobii Eye tracker 5 doit être positionné parallèlement aux yeux. De ce fait, une personne qui utilise cet eye-tracker au lit ou avec un

positionnement incliné devra positionner son écran et son eye-tracker dans la même inclinaison que la tête, en s'adaptant à l'orientation du regard.



Le positionnement du PC/Eye doit être parallèle au yeux de l'utilisateur.

- La distance optimale entre l'écran et les yeux doit se situer entre 45 et 95 cm selon la taille de l'écran.
- La taille de l'écran doit être comprise entre 15" et 27" .

### GAZE POINT (LOGICIEL DE PARAMÉTRAGE ET CALIBRAGE)

Le logiciel Tobii Dynavox Gaze Point nécessaire à la création d'un profil utilisateur, est à télécharger à l'adresse : [www.tobiidynovox.com/explore/dl](http://www.tobiidynovox.com/explore/dl).

Le logiciel est simple à utiliser et à paramétrer. Après installation, un raccourci permet de lancer Tobii Gaze Point qui affiche une fenêtre composée de 4 icônes ; les trois premières permettent d'interagir avec la commande oculaire en cours d'utilisation :



### PROFIL UTILISATEUR ET CALIBRATION SETTINGS

Un clic sur « Paramètres » permet d'accéder à Gaze Point Settings. La première page permet d'activer le logiciel avec Windows et de choisir la durée du dwell time (temps en m/sec avant déclenchement d'un clic gauche après fixation du regard, de 100 à 3000 m/sec).

Calibration Settings permet d'accéder aux paramètres de calibration :

- nombre de points à calibrer : 5 ou 9
- vitesse de déplacement du spot : lent - moyen - rapide
- choix du spot : cercle de couleur, image ou même vidéo
- retour sonore.

Les paramètres étant définis, il convient de créer un nouveau profil utilisateur (« Créer un nouveau profil »), le nommer, mentionner si port de lunettes ou de lentilles et le mode de suivi : deux yeux, oeil gauche, oeil droit.





En bas et au centre de l'écran, une minuscule fenêtre permet de visualiser si la détection oculaire est correcte, les yeux étant matérialisés par deux points blancs sur fond noir.

#### **TOBII EXPERIENCE**

Le logiciel Tobii Experience s'installe automatiquement lorsqu'on met en place le Tobii Eye tracker 5. Ce logiciel permet également un calibrage automatique de l'appareil. Cependant, le test de calibrage utilisé propose de fixer des points très petits et non adaptés à des patients en situation de polyhandicap. Utiliser GazePoint pour le calibrage de l'appareil semble le plus adapter.

#### **Données techniques**

- Taille (longueur x Hauteur x Profondeur) : 285 mm x 15 mm x 8.2 mm (11,2" x 0,59" x 0,32 ")
- Système : Window 10 (64 bit) RS3 ou plus récent
- Branchement : Port USB 2.0
- Configuration : Intel Core (i3/i5/i7-6xxx) de 6e génération et plus, ou processeur AMD 64 bits équivalent. Minimum recommandé : 2,0 GHz, 8 Go de RAM (fonctionne également avec 2Go de RAM), et un port USB.

Cet appareil n'est pas compatible avec certains logiciels comme Gaze Play.

#### **Conclusion**

Le Tobii Eye tracker 5 présente un très bon rapport qualité / prix s'expliquant par des performances simplifiées et la volonté de rendre financièrement accessible la commande oculaire à un large public.

L'idéal est de pouvoir tester le dispositif avant l'achat définitif de l'appareil.

Annexe 9 : Questionnaire de faisabilité adressé aux experts

<b>Profil du thérapeute</b> <b>Contenu</b> <b>Forme</b>	Indicateurs	Items
Informations thérapeute	<b>Informations générales</b>	Profession <ul style="list-style-type: none"> <li>- Orthophoniste</li> <li>- Ergothérapeute</li> <li>- Orthoptiste</li> <li>- Neuropsychologue</li> </ul> Mode d'exercice : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Salarial</li> <li>- Libéral</li> </ul> Type de structure et mode d'exercice : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Unité EVC-EPR au sein d'un hôpital ou d'une clinique</li> <li>- MAS</li> <li>- FAM</li> <li>- Unité d'éveil</li> <li>- Autre (à préciser)</li> </ul>
	<b>Expérience auprès des patients en ECA</b>	Nombre d'années d'exercice auprès de patients en état de conscience altérée : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Moins de 1 an</li> <li>- Entre 1 et 5 ans</li> <li>- Entre 5 et 10 ans</li> <li>- Plus de 10 ans</li> </ul> Les patients ECA représentent : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entre 0 et 25% de ma patientèle</li> <li>- Entre 25 et 50 % de ma patientèle</li> <li>- Entre 50 et 75 % de ma patientèle</li> <li>- Entre 75 et 100% de ma patientèle</li> </ul> Précisez le type d'ECA le plus souvent pris en soins : <ul style="list-style-type: none"> <li>- EVC/SENr</li> <li>- EPR/ECM</li> <li>- EECM</li> <li>- Je n'en ai jamais pris en soins</li> </ul>
	<b>Chronicité des troubles des patients pris en soins</b>	Les patients ECA que je prends en soins présentent (plusieurs réponses possibles) : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Un trouble persistant (état inchangé près un mois post-lésion)</li> <li>- Un trouble permanent (état inchangé après 6 mois post-lésion)</li> <li>- Un trouble chronique (état inchangé depuis plus d'un an post-lésion)</li> </ul>
	<b>Evaluation de la compréhension orale chez les patients ECA</b>	Concernant mon évaluation de la compréhension orale chez les patients ECA : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Je n'évalue pas la compréhension orale chez ces patients</li> <li>- J'évalue la compréhension orale chez les ECA à partir d'une observation clinique principalement</li> <li>- J'évalue la compréhension orale chez les ECA à partir de grilles d'observation comportementales globales comme la CRS-R, la WHIM, la SMART</li> <li>- J'évalue la compréhension orale chez les ECA à partir d'épreuves validées dans d'autres pathologies que j'adapte pour ces patients ou en utilisant des épreuves « fait main ».</li> <li>- J'évalue la compréhension orale chez les ECA à partir d'épreuves ciblées et validées spécifiques à cette population comme la BERA</li> <li>- Autre (à préciser)</li> </ul>
	<b>Besoin d'outils d'évaluation de la compréhension orale</b>	Je trouve qu'il y a un besoin d'outils d'évaluation de la compréhension orale spécifiques aux ECA : <ul style="list-style-type: none"> <li>- OUI</li> <li>- NON</li> </ul>
	<b>Connaissance et utilisation de l'eye-tracker ou commande oculaire</b>	Concernant mes connaissances et mon utilisation de l'eye-tracker (ou commande oculaire) dans ma pratique clinique : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Je ne sais pas exactement ce que c'est et comment l'utiliser</li> <li>- J'ai des connaissances théoriques mais je l'intègre peu à ma pratique par choix</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- J'ai des connaissances théoriques mais je l'intègre peu à ma pratique par défaut (notamment à cause du coût engendré)</li> <li>- J'utilise occasionnellement la commande oculaire lors de bilans ou de la prise en soins des patients ECA</li> <li>- J'utilise systématiquement la commande oculaire lors de bilans ou de la prise en soins des patients ECA lorsque cela s'y prête (patient en capacités de l'utiliser)</li> </ul>
	<b>Intérêt de l'eye-tracker dans l'évaluation de la compréhension orale</b>	<p>Je trouve que l'eye-tracker pourrait être un dispositif intéressant dans l'évaluation de la compréhension orale des patients en ECA :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oui</li> <li>- Non</li> </ul>

Cadre théorique (1) : Terminologie des ECA et signes de conscience	<b>Clarté Pertinence Utilité</b>	Q1. La description de la terminologie employée chez les patients en état de conscience altérée est : <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Compréhensible</li> <li>b. Pertinente afin d'appréhender au mieux l'évaluation de la compréhension orale chez les ECA</li> <li>c. Utile</li> </ul>
		Q2. Le tableau récapitulatif des différents ECA et leurs signes cliniques caractéristiques est : <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Compréhensible</li> <li>b. Pertinent afin d'appréhender au mieux l'évaluation de la compréhension orale chez les ECA</li> <li>c. Utile</li> </ul>
		Q3. L'encadré expliquant les critères de diagnostic d'une communication fonctionnelle est : <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Compréhensible</li> <li>b. Pertinent</li> <li>c. Utile</li> </ul>
Cadre théorique (1) : Evaluation de l'état de conscience	<b>Clarté Pertinence Utilité</b>	Q4. Les informations sur l'évaluation actuelle de l'état de conscience sont : <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Claires et concises</li> <li>b. Pertinentes pour permettre au thérapeute de mieux comprendre comment ses patients ont été évalués et comment le diagnostic d'état de conscience a été posé</li> <li>c. Utiles au thérapeute pour savoir où trouver les données relatives aux bilans réalisés auprès de ses patients et savoir quel test peut être utilisé si aucun bilan d'état de conscience n'a été réalisé.</li> </ul>
Cadre théorique (1) : ECA et capacités langagières résiduelles	<b>Clarté Pertinence Utilité</b>	Q5. L'état de la recherche sur les capacités langagières des patients ECA est : <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Compréhensible</li> <li>b. Pertinent afin de comprendre l'intérêt de l'évaluation de la compréhension orale chez ces patients et d'identifier les capacités langagières pouvant être attendues selon le niveau de conscience.</li> <li>c. Utile</li> </ul>
	<b>Clarté Pertinence Utilité</b>	Q6. Les explications et schémas des modèles cognitifs de la compréhension orale de mots et de phrases sont : <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Clairs et compréhensibles</li> <li>b. Pertinents au vu des connaissances scientifiques actuelles</li> <li>c. Utiles pour mieux appréhender l'évaluation de cette capacité langagière</li> </ul>
Informations sur le système d'eye-tracking ou « commande oculaire » (2) : Principe	<b>Clarté Utilité</b>	Q7. L'explication du principe de l'eye-tracker est : <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Clair et compréhensible par les thérapeutes n'ayant pas forcément d'expérience dans le domaine</li> <li>b. Utile</li> </ul>
	<b>Utilité</b>	Q8. Le schéma récapitulatif du fonctionnement d'un dispositif d'eye-tracking est utile au thérapeute.
	<b>Utilité</b>	Q9. Les liens vers les fiches techniques de différents eye-trackers disponibles en novembre 2021 sont utiles et suffisantes au thérapeute s'interrogeant sur le choix d'un eye-tracker ou voulant avoir accès à des informations plus techniques sur son eye-tracker.

Informations sur le système d'eye-tracking ou « commande oculaire » (2) : Domaines d'application et intérêts	<b>Clarté Pertinence Utilité</b>	Q10. L'état des lieux des domaines d'application actuels de l'eye-tracker dans la sphère médicale et paramédicale est suffisamment : a. Compréhensible b. Utile pour resituer le protocole présenté au sein de la recherche et des applications actuelles de l'outil c. Pertinent afin de mieux comprendre l'intérêt de ce dispositif dans l'évaluation des patients en ECA
Informations sur le système d'eye-tracking ou « commande oculaire » (2) : Importance du calibrage de l'appareil	<b>Clarté Pertinence Utilité</b>	Q11. Les informations données pour expliquer l'importance de l'étape du calibrage de l'eye-tracker sont : a. Compréhensibles b. Utiles afin d'en comprendre l'intérêt pour la suite du protocole et de pouvoir s'y référer lors de l'évaluation des patients c. Pertinentes
Contexte d'élaboration du protocole (3)	<b>Clarté Utilité</b>	Q12. Le contexte d'élaboration de la BERA-ET est pour le thérapeute : a. Compréhensible b. Utile
Objectifs et pré-requis à la passation de la BERA -ET (4)	<b>Clarté Pertinence Utilité</b>	Q13. Les objectifs de la BERA- ET, les pré-requis et conditions nécessaires à cette évaluation sont : a. Clairs pour déterminer si une évaluation de la compréhension orale peut être réalisée avec un eye-tracker b. Utiles pour le thérapeute c. Pertinents
Contenu du protocole et conditions de passation (5)	<b>Clarté</b>	Q14. Les informations concernant le contenu du protocole et la passation sont suffisamment claires pour le clinicien.
	<b>Accessibilité temporelle</b>	Q15. Le temps de travail nécessaire au clinicien pour manipuler le protocole d'évaluation avant de l'utiliser avec les patients est adapté à la réalité clinique. Estimation du temps de prise en main : .....
	<b>Utilité</b>	Q16. Le schéma récapitulatif du déroulement de la passation est utile au thérapeute.
	<b>Comorbidités / Adaptabilité</b>	Q17. Les conseils sur les conditions idéales de passation et le positionnement du patient et de l'eye-tracker sont adaptés aux difficultés des patients en ECA.
	<b>Objectivité</b>	Q18. Le protocole de passation de la BERA -ET assure une objectivité de l'évaluation des fixations visuelles et diminue toute surinterprétation ou difficulté de cotation (calibrage de l'appareil, adaptations ...). Les résultats obtenus sont ainsi indépendants du cotateur.
	<b>Répétition des mesures</b>	Q19. Conformément aux recommandations actuelles, les évaluations auprès de patients ECA doivent être répétées le plus possible afin d'obtenir des résultats au plus proche de leurs capacités.  Le protocole de passation de la BERA -ET permet la répétition des mesures sur une période courte si le thérapeute le souhaite (2 versions disponibles, effet test-retest limité).
	<b>Limitation des distracteurs</b>	Q20. Le protocole de passation de la BERA -ET prend en compte les limitations de distracteurs.
	<b>Comorbidités / Adaptabilité</b>	Q21. Le protocole permet une adaptation de la passation à chaque patient de sorte que les comorbidités de chacun soient prises en compte (calibrage de l'appareil selon le patient, adaptation de la position de l'eye-tracker selon les particularités du patient, possibilité de n'utiliser qu'un seul œil pour la fixation visuelle, pause voire arrêt du protocole selon les capacités attentionnelles et la fatigabilité du patient, possibilité de répéter 4 fois chaque item cible).
	<b>Prise en compte du facteur humain</b>	Q22. La possibilité de répéter 4 fois l'item cible <u>de manière non informatisée</u> (solicitations verbales) favorise un ajustement du thérapeute en temps réel selon l'effort fourni par le patient et son état sur le moment (baisse attentionnelle, fait du bruit au moment où on allait répéter la question etc).
<b>Prise en compte du facteur humain</b>	Q23. La possibilité d'ajouter un point à chaque item est important dans l'évaluation auprès des patients en ECA pour prendre en compte le regard et l'expertise clinique de l'évaluateur, <u>contrairement à une passation totalement informatisée</u> .	

	<b>Pertinence</b>	Q24. Le protocole tel que proposé est adapté à la population cible.
	<b>Pertinence</b>	Q25. Le protocole tel que proposé est en adéquation avec le cadre théorique présenté.
Annexe I : Tableau récapitulatif des eye-trackers	<b>Clarté</b>	Q26. Les informations et illustrations proposées dans le tableau récapitulatif différents eye-trackers sont claires pour le thérapeute.
	<b>Utilité</b>	Q27. Le tableau récapitulatif différents eye-trackers et leurs caractéristiques est utile au thérapeute pour comprendre et réaliser la passation de la BERA -ET.
	<b>Pertinence</b>	Q28. Ce tableau récapitulatif reprend les éléments les plus pertinents à la mise en place de ce dispositif dans le cadre de l'évaluation de la compréhension orale.
	<b>Manipulation</b>	Q29. Même si ce tableau ne peut présenter l'exhaustivité d'un manuel d'utilisation complet fourni par chaque fabricant, il aide le thérapeute dans la manipulation et l'utilisation de son eye-tracker dans le cadre de l'évaluation par la BERA.
Annexe III : Cahier de passation	<b>Manipulation</b>	Q30. Le cahier de passation à destination du thérapeute est facile d'utilisation et de manipulation.
	<b>Clarté</b>	Q31. Le cahier de passation présente les consignes et les étapes du protocole de la BERA de façon claire pour le thérapeute.
	<b>Pertinence</b>	Q32. Tous les éléments du cahier de passation sont jugés pertinents pour la bonne réalisation du protocole.
	<b>Utilité</b>	Q33. Tous les éléments du cahier de passation sont utiles au thérapeute pour la passation de la BERA -ET.
Logiciel BERA – ET	<b>Manipulation</b>	Q34. Le logiciel BERA-ET est facile d'utilisation et de manipulation pour le thérapeute.
	<b>Objectivité</b>	Q35. Le logiciel BERA-ET assure une objectivité de l'évaluation des fixations visuelles et diminue toute surinterprétation ou difficulté de cotation (automatisation du passage d'un item à l'autre, informatisation de la cotation, visualisation de la fixation visuelle du patient grâce à un pointeur sur l'écran). Les résultats obtenus sont ainsi indépendants du coteur.
	<b>Limitation des distracteurs</b>	Q36. L'utilisation des images de la BERA en noir et blanc avec des dessins simples, ainsi que l'absence de stimulation sonore supplémentaire permettent de limiter la présence de distracteurs susceptibles de nuire à la passation.
	<b>Utilité</b>	Q37. L'ajout d'un pointeur et d'un « timer » affichés lors de la sélection d'un dessin sont utiles au thérapeute pour visualiser les mouvements oculaires du patient.
	<b>Limitation des distracteurs</b>	Q38. L'ajout de feed-back visuels (pointeur, points noirs lors du balayage et de la sélection d'une dessin) n'engendre pas une distraction assez importante chez le patient pour perturber l'évaluation.
	<b>Utilité</b>	Q39. L'ajout d'un feed-back visuel (points noirs s'affichant suite au balayage des deux dessins) en plus du « timer » est utile au thérapeute pour faciliter l'évaluation du patient.
	<b>Manipulation</b>	Q40. Le temps entre la fin du balayage visuel et l'affichage du carré blanc est suffisant pour ne pas entraîner de difficultés de manipulation.
	<b>Pertinence</b>	Q41. Les possibilités de paramétrage (automatisation de certaines parties de l'évaluation, durée de présentation du carré blanc, délai entre le balayage visuel et l'affichage du carré blanc) sont pertinents dans l'adaptation aux capacités du patient et de l'évaluateur pour manier l'outil.
	<b>Comorbidités / Adaptabilité</b>	Q42. Les possibilités de paramétrages proposés permettent une évaluation adaptée à chaque patient en fonction de ses capacités.
	<b>Pertinence</b>	Q43. L'ajout d'un écran noir avec un carré blanc au centre (diapositive neutre) est un moyen pertinent pour recentrer le regard du patient, tout en ayant le temps d'énoncer chaque item cible.
	<b>Prise en compte du facteur humain</b>	Q44. Privilégier une énonciation de la consigne par le thérapeute connaissant son patient (familiarité de la personne, voix humaine naturelle, adaptations de la mélodie de la voix selon l'état du patient) <u>plutôt qu'une synthèse vocale</u> rend le patient plus attentif et sensible aux consignes.
Informations thérapeute		Afin de juger de la pertinence du protocole proposé dans le cadre de ce mémoire : <ul style="list-style-type: none"> <li>- J'ai pu le tester auprès d'un ou plusieurs patients</li> <li>- J'ai pu le tester auprès d'une personne tout-venant</li> <li>- Je n'ai pas pu le tester auprès de patients</li> </ul>

	<b>Mise en pratique du protocole</b>	<p>Le(s) patient(s) testé(s) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Etai(en)t en ECM / EPR</li> <li>- Etai(en)t en EECM</li> <li>- Avai(en)t un trouble langagier (aphasie) sans trouble de la conscience</li> <li>- N'avai(en)t aucun trouble langagier et aucun trouble de la conscience (troubles des fonctions cognitives sans atteinte langagière, Alzheimer précoce, trouble dysexécutif, etc)</li> <li>- Etai(en)t en situation de polyhandicap sans trouble de la conscience</li> <li>- Autre (préciser)</li> </ul> <p>Le ou les patients évalué(s) a/ont utilisé un eye-tracker au cours de leur prise en soins :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oui</li> <li>- Non</li> </ul>
Conditions d'évaluation avec la BERA-ET	<b>Accessibilité temporelle</b>	Q45. La durée de passation est adaptée aux contraintes du bilan au vu de la fatigabilité des patients en ECA. Estimation de la durée de passation : .....
	<b>Accessibilité temporelle</b>	Q46. Le temps d'installation de l'eye-tracker et de l'étape de calibrage sont adaptés à la réalité clinique. Estimation du temps d'installation : .....
	<b>Manipulation</b>	Q47. L'évaluation d'un patient à l'aide de la BERA-ET, accompagnée du cahier de passation, est facile d'utilisation et de manipulation.

*Annexe 10 : Profil des experts interrogés*

Expert	Profession	Mode d'exercice	Nombre d'années d'exercice auprès des ECA	Pourcentage d'ECA dans patientèle	Type d'ECA pris en soins
E1	Orthoptiste	Libéral	Plus de 10 ans	0 à 25 %	SENR – ECM
E2	Neuropsychologue	Salariat – Unité EVC-EPR / Libéral	Moins d'un an	0 à 25 %	ECM
E3	Orthophoniste	Salariat – CAMSP	Moins d'un an	0 à 25 %	-
E4	Orthophoniste	Salariat – Service neurologie UNV/USINV	Plus de 10 ans	0 à 25 %	EECM
E5	Orthophoniste	Salariat – Unité EVC-EPR	Entre 1 et 5 ans	0 à 25 %	SENR - ECM
E6	Orthophoniste	Salariat – MAS	Entre 1 et 5 ans	25 à 50 %	ECM – EECM
E7	Orthophoniste	Salariat – MPR	Entre 1 et 5 ans	0 à 25 %	SENR – ECM
E8	Orthophoniste	Libéral	Moins d'un an	0 à 25 %	ECM
E9	Orthophoniste	Salariat – Service de rééducation fonctionnelle pédiatrique accueillant enfants et adolescents ECA	Plus de 10 ans	0 à 25 %	SENR- ECM
E10	Orthophoniste	Libéral	Entre 5 et 10 ans	0 à 25 %	SENR – ECM
E11	Orthophoniste	Salariat – SSR Pédiatrique	Plus de 10 ans	0 à 25 %	ECM – EECM
E12	Ergothérapeute	Salariat – MAS / Centre interdépartemental de la vision, audition et du langage	Entre 5 et 10 ans	0 à 25 %	ECM
E13	Orthophoniste	Salariat - MPR/ Libéral	Plus de 10 ans	0 à 25 %	ECM – EECM
E14	Orthophoniste	Salariat – Association APF France Handicap	Plus de 10 ans	0 à 25 %	ECM – EECM
E15	Neuropsychologue	Salariat – Service de rééducation neurologique accueillant ponctuellement des patients ECA	Entre 5 et 10 ans	0 à 25 %	ECM
E16	Ergothérapeute	Salariat – Association APF France Handicap	Plus de 10 ans	0 à 25 %	SENR – ECM – EECM
E17	Orthophoniste	Libéral	Entre 1 et 5 ans	0 à 25 %	EECM
E18	Orthophoniste	Salariat	Moins d'un an	0 à 25 %	-

• Familiarité avec l'eye-tracker et manipulation des experts

	Familiarité eye-tracker	A manipulé
E1	oui	oui
E2	non	non
E3	oui	oui
E4	non	non
E5	non	non
E6	oui	non
E7	non	non
E8	non	non
E9	oui	oui
E10	non	oui
E11	oui	oui
E12	oui	non
E13	non	oui
E14	oui	non
E15	oui	oui
E16	oui	oui
E17	oui	non
E18	oui	oui

• Tableau des scores aux questions portant sur le critère de clarté

Sous-critère Clarté														
	Q1.a	Q2.a	Q3.a	Q4.a	Q5.a	Q6.a	Q7.a	Q10.a	Q11.a	Q12.a	Q13.a	Q14	Q26	Q31
E1	6	6	6	6	6	6	6	6	7	5	3	5	6	1
E2	8	8	8	8	8	8	8	5	7	8	7	7	7	8
E3	9	9	9	8	9	9	9	9	9	9	9	8	9	6
E4	7	7	6	3	8	8	2	7	7	8	8	7	7	7
E5	5	7	8	6	6	7	9	7	9	9	9	9	9	9
E6	8	9	5	8	8	9	9	7	9	7	9	9	9	9
E7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	7	8	9
E8	7	8	9	9	7	9	9	9	7	9	8	9	8	9
E9	9	7	7	9	9	9	9	9	9	8	9	8	7	8
E10	6	8	8	5	8	7	7	7	8	8	6	7	7	9
E11	9	9	6	9	9	9	7	8	6	8	7	6	7	6
E12	9	9	9	9	9	5	9	7	9	9	9	7	9	9
E13	8	8	6	8	8	8	8	8	9	9	9	9	6	8
E14	9	8	8	6	9	8	7	7	9	9	8	7	9	7
E15	8	8	7	8	7	7	8	7	7	8	8	7	5	8
E16	6	6	6	7	6	6	4	7	7	7	8	7	3	7
E17	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
E18	7	8	8	8	8	7	6	9	9	9	7	9	6	9
Médiane	8	8	8	8	8	8	8	7	9	8,5	8	7	7	8
% Désaccord	0,00%	0,00%	0,00%	5,56%	0,00%	0,00%	5,56%	0,00%	0,00%	0,00%	5,56%	0,00%	5,56%	5,56%
Q1	7	7,25	6	6,25	7,25	7	7	7	7	8	7,25	7	6,25	7
Q3	9	9	8,75	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
IQ	2	1,75	2,75	2,75	1,75	2	2	2	2	1	1,75	2	2,75	2

<b>Familiers</b>	Q1.a	Q2.a	Q3.a	Q4.a	Q5.a	Q6.a	Q7.a	Q10.a	Q11.a	Q12.a	Q13.a	Q14	Q26	Q31
Médiane	9	8	7	8	9	8	8	7	9	8	8	7	7	8
% Désaccord	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	9,09%	0,00%	9,09%	9,09%
Q1	7,5	7,5	6	7,5	7,5	6,5	6,5	7	7	7,5	7,5	7	6	6,5
Q3	9	9	8,5	9	9	9	9	9	9	9	9	8,5	9	9
IQ	1,5	1,5	2,5	1,5	1,5	2,5	2,5	2	2	1,5	1,5	1,5	3	2,5

<b>Non familiairs</b>	Q1.a	Q2.a	Q3.a	Q4.a	Q5.a	Q6.a	Q7.a	Q10.a	Q11.a	Q12.a	Q13.a	Q14	Q26	Q31
Médiane	7	8	8	8	8	8	8	7	8	9	8	7	7	9
% Désaccord	0,00%	0,00%	0,00%	14,29%	0,00%	0,00%	14,29%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Q1	6,5	7,5	7	5,5	7,5	7,5	7,5	7	7	8	7,5	7	7	8
Q3	8	8	8,5	8,5	8	8,5	9	8,5	9	9	9	9	8	9
IQ	1,5	0,5	1,5	3	0,5	1	1,5	1,5	2	1	1,5	2	1	1

<b>A manipulé</b>	Q1.a	Q2.a	Q3.a	Q4.a	Q5.a	Q6.a	Q7.a	Q10.a	Q11.a	Q12.a	Q13.a	Q14	Q26	Q31
Médiane	8	8	7	8	8	7	7	8	8	8	8	7	6	8
% Désaccord	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	14,29%	0,00%	14,29%	14,29%
Q1	6	7	6	7	7	7	6	7	7	8	7	7	6	6
Q3	9	8	8	8	9	9	8	9	9	9	9	8	7	8
IQ	3	1	2	1	2	2	2	2	2	1	2	1	1	2

<b>N'a pas manipulé</b>	Q1.a	Q2.a	Q3.a	Q4.a	Q5.a	Q6.a	Q7.a	Q10.a	Q11.a	Q12.a	Q13.a	Q14	Q26	Q31
Médiane	8	8	8	8	8	8	9	7	9	9	9	7	9	9
% Désaccord	0,00%	0,00%	0,00%	11,11%	0,00%	0,00%	11,11%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Q1	7	8	8	6	8	8	8	7	7	8	8	7	8	8
Q3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
IQ	2	1	1	3	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1

- **Tableau des scores aux questions portant sur le critère de pertinence**

<b>Sous-critère Pertinence</b>															
	Q1.b	Q2.b	Q3.b	Q4.b	Q5.b	Q6.b	Q10.c	Q11.c	Q13.c	Q24	Q25	Q28	Q32	Q41	Q43
E1	6	6	6	6	6	6	6	7	3	3	6	8	3	6	1
E2	8	8	8	8	8	8	5	7	8	5	5	7	7	NR	NR
E3	9	9	9	8	8	7	9	9	9	9	9	6	9	9	8
E4	7	5	8	7	8	6	7	6	8	5	9	7	7	5	5
E5	9	9	9	8	6	9	9	9	9	9	9	9	9	5	9
E6	8	9	6	8	8	9	7	9	9	9	9	9	9	9	9
E7	9	9	9	9	9	8	9	9	9	5	9	8	9	NR	NR
E8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8
E9	9	9	7	9	9	9	9	9	7	7	9	7	9	5	8
E10	6	8	8	8	8	8	6	8	8	8	9	5	9	9	9
E11	9	9	9	9	9	7	8	9	9	8	8	9	8	9	9
E12	9	9	9	9	9	9	9	9	9	7	8	9	9	8	8
E13	8	9	6	9	8	8	9	9	9	7	9	2	9	9	7



E14	9	8	6	7	9	9	9	9	9	9	9	6	7	9	9
E15	8	8	7	8	8	7	7	7	8	7	7	5	8	9	6
E16	7	7	7	9	8	8	8	7	4	5	5	2	NR	8	7
E17	5	5	9	9	5	5	9	9	9	5	5	5	5	9	9
E18	8	8	8	8	8	7	9	9	7	9	9	6	9	9	8
Médiane	8	8,5	8	8	8	8	9	9	9	7	9	7	9	9	8
% Désaccord	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,56%	5,56%	0,00%	11,11%	5,88%	0,00%	6,25%
Q1	7,25	8	7	8	8	7	7	7,25	8	5	7,25	5,25	7	7,5	7
Q3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8,75	9	9	9
IQ	1,75	1	2	1	1	2	2	1,75	1	4	1,75	3,5	2	1,5	2

<b>Familiers</b>	Q1.b	Q2.b	Q3.b	Q4.b	Q5.b	Q6.b	Q10.c	Q11.c	Q13.c	Q24	Q25	Q28	Q32	Q41	Q43
Médiane	8	8	7	8	8	7	9	9	9	7	8	6	8,5	9	8
% Désaccord	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	9,09%	9,09%	0,00%	9,09%	10,00%	0,00%	9,09%
Q1	7,5	7,5	6,5	8	8	7	7,5	8	7	6	6,5	5,5	7,25	8	7,5
Q3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8,5	9	9	9
IQ	1,5	1,5	2,5	1	1	2	1,5	1	2	3	2,5	3	1,75	1	1,5

<b>Non familiairs</b>	Q1.b	Q2.b	Q3.b	Q4.b	Q5.b	Q6.b	Q10.c	Q11.c	Q13.c	Q24	Q25	Q28	Q32	Q41	Q43
Médiane	8	9	8	8	8	8	9	9	9	7	9	7	9	9	8
% Désaccord	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	14,29%	0,00%	0,00%	0,00%
Q1	7,5	8	8	8	8	8	6,5	7,5	8	5	9	6	8	5	7
Q3	9	9	9	9	8,5	8,5	9	9	9	8,5	9	8,5	9	9	9
IQ	1,5	1	1	1	0,5	0,5	2,5	1,5	1	3,5	0	2,5	1	4	2

<b>A manipulé</b>	Q1.b	Q2.b	Q3.b	Q4.b	Q5.b	Q6.b	Q10.c	Q11.c	Q13.c	Q24	Q25	Q28	Q32	Q41	Q43
Médiane	8	8	7	8	8	7	8	9	8	7	9	6	9	9	8
% Désaccord	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	11,11%	11,11%	0,00%	22,22%	12,50%	0,00%	11,11%
Q1	7	8	7	8	8	7	7	7	7	7	7	5	8	8	7
Q3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	7	9	9	9
IQ	2	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2

<b>N'a pas manipulé</b>	Q1.b	Q2.b	Q3.b	Q4.b	Q5.b	Q6.b	Q10.c	Q11.c	Q13.c	Q24	Q25	Q28	Q32	Q41	Q43
Médiane	9	9	9	8	8	9	9	9	9	7	9	8	9	9	9
% Désaccord	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Q1	8	8	8	8	8	8	7	9	9	5	8	7	7	6,5	8
Q3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
IQ	1	1	1	1	1	1	2	0	0	4	1	2	2	2,5	1

• Tableau des scores aux questions portant sur le critère d'utilité

Sous-critère Utilité																		
	Q1.c	Q2.c	Q3.c	Q4.c	Q5.c	Q6.c	Q7.b	Q8	Q9	Q10.b	Q11.b	Q12.b	Q13.b	Q16	Q27	Q33	Q37	Q39
E1	6	6	6	6	6	6	6	5	3	6	7	5	3	5	1	1	2	5
E2	8	8	8	8	9	8	8	5	5	5	9	8	8	5	7	7	NR	NR
E3	9	9	9	9	8	8	9	8	7	9	9	7	9	9	6	8	8	5
E4	7	7	8	7	3	2	8	9	9	5	3	8	8	7	7	8	9	9
E5	9	9	9	8	6	9	9	8	7	9	9	9	9	9	9	9	5	5
E6	8	9	6	8	9	9	9	9	9	7	9	7	9	7	9	9	9	9
E7	9	9	9	9	9	5	9	8	7	9	9	7	9	9	8	9	NR	NR
E8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	9	9	9	9	9	9	9	9
E9	9	9	7	9	9	6	9	7	9	9	7	9	9	9	7	9	9	9
E10	6	8	8	8	8	8	7	9	8	7	8	8	8	8	5	9	7	8
E11	9	9	9	9	9	7	9	5	5	6	7	9	9	7	7	8	9	9
E12	9	9	9	9	9	9	9	9	7	9	9	9	9	9	9	9	9	8
E13	9	9	8	8	8	7	9	7	8	8	9	8	8	8	2	9	9	9
E14	9	8	5	9	9	9	9	7	9	9	9	9	9	9	7	9	9	9
E15	8	8	7	8	8	7	8	7	5	7	7	8	8	8	5	8	7	8
E16	7	7	7	9	8	8	8	9	3	8	7	7	8	8	6	NR	2	7
E17	9	9	9	7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
E18	7	8	9	8	8	8	8	9	6	9	9	9	8	9	4	9	9	8
Médiane	9	9	8	8	8,5	8	9	8	7	8	9	8	9	8,5	7	9	9	8,5
% Désaccord	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,56%	5,56%	0,00%	0,00%	11,11%	0,00%	5,56%	0,00%	5,56%	0,00%	11,11%	5,88%	12,50%	0,00%
Q1	7,25	8	7	8	8	7	8	7	5,25	7	7	7,25	8	7,25	5,25	8	7	7,75
Q3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8,75	9	9	9
IQ	1,75	1	2	1	1	2	1	2	3,75	2	2	1,75	1	1,75	3,5	1	2	1,25

Familiers	Q1.c	Q2.c	Q3.c	Q4.c	Q5.c	Q6.c	Q7.b	Q8	Q9	Q10.b	Q11.b	Q12.b	Q13.b	Q16	Q27	Q33	Q37	Q39
Médiane	9	9	7	9	9	8	9	8	7	9	9	9	9	9	7	9	9	8
% Désaccord	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	18,18%	0,00%	0,00%	0,00%	9,09%	0,00%	9,09%	9,09%	18,18%	0,00%
Q1	7,5	8	6,5	8	8	7	8	7	5	7	7	7	8	7,5	5,5	8	7,5	7,5
Q3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	9	9	9
IQ	1,5	1	2,5	1	1	2	1	2	4	2	2	2	1	1,5	2,5	1	1,5	1,5

Non familiairs	Q1.c	Q2.c	Q3.c	Q4.c	Q5.c	Q6.c	Q7.b	Q8	Q9	Q10.b	Q11.b	Q12.b	Q13.b	Q16	Q27	Q33	Q37	Q39
Médiane	9	9	8	8	8	8	9	8	8	8	9	8	8	8	7	9	9	9
% Désaccord	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	14,29%	14,29%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	14,29%	0,00%	0,00%	0,00%	14,29%	0,00%	0,00%	0,00%
Q1	7,5	8	8	8	7	6	8	7,5	7	6	8,5	8	8	7,5	6	8,5	7	8
Q3	9	9	9	8,5	9	8,5	9	9	8,5	8,5	9	8,5	9	9	8,5	9	9	9
IQ	1,5	1	1	0,5	2	2,5	1	1,5	1,5	2,5	0,5	0,5	1	1,5	2,5	0,5	2	1

A manipulé	Q1.c	Q2.c	Q3.c	Q4.c	Q5.c	Q6.c	Q7.b	Q8	Q9	Q10.b	Q11.b	Q12.b	Q13.b	Q16	Q27	Q33	Q37	Q39
Médiane	8	8	8	8	8	7	8	7	6	8	7	8	8	8	5	8,5	8	8
% Désaccord	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	22,22%	0,00%	0,00%	0,00%	11,11%	0,00%	22,22%	12,50%	22,22%	0,00%
Q1	7	8	7	8	8	7	8	7	5	7	7	7	8	8	4	8	7	7
Q3	9	9	9	9	8	8	9	9	8	9	9	9	9	9	6	9	9	9
IQ	2	1	2	1	0	1	1	2	3	2	2	2	1	1	2	1	2	2

N'a pas manipulé	Q1.c	Q2.c	Q3.c	Q4.c	Q5.c	Q6.c	Q7.b	Q8	Q9	Q10.b	Q11.b	Q12.b	Q13.b	Q16	Q27	Q33	Q37	Q39
Médiane	9	9	9	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
% Désaccord	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	11,11%	11,11%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	11,11%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Q1	8	8	8	8	9	8	9	8	7	7	9	8	9	7	7	9	9	8,5
Q3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
IQ	1	1	1	1	0	1	0	1	2	2	0	1	0	2	2	0	0	0,5

• Tableau des scores aux questions portant sur le critère d'accessibilité temporelle

Sous-critère Accessibilité temporelle			
	Q15	Q45	Q46
E1	2	5	8
E2	5	NR	NR
E3	6	9	6
E4	7	NR	NR
E5	7	NR	NR
E6	7	NR	NR
E7	4	NR	NR
E8	8	NR	NR
E9	6	5	5
E10	7	8	5
E11	8	6	7
E12	5	NR	NR
E13	5	5	NR
E14	7	NR	NR
E15	8	6	NR
E16	6	5	3
E17	5	NR	NR
E18	8	NR	9
Médiane	6,5	5,5	6
% Désaccord	5,56%	0,00%	14,29%
Q1	5	5	5
Q3	7	6,5	7,5
IQ	2	1,5	2,5

Familiers	Q15	Q45	Q46	Non familiaires	Q15	Q45	Q46
Médiane	6	5,5	6	Médiane	7	6	5
% Désaccord	9,09%	0,00%	20,00%	% Désaccord	0,00%	0,00%	20,00%
Q1	5,5	5	5,25	Q1	5	5	5
Q3	7,5	6	7,75	Q3	7,75	6	7
IQ	2	1	2,5	IQ	2,75	1	2

A manipulé	Q15	Q45	Q46	N'a pas manipulé	Q15	Q45	Q46
Médiane	6	5,5	6	Médiane	7	-	-
% Désaccord	11,11%	0,00%	14,29%	% Désaccord	0,00%	-	-
Q1	6	5	5	Q1	5	-	-
Q3	8	6,5	7,5	Q3	7	-	-
IQ	2	1,5	2,5	IQ	2	-	-

• Tableau des scores aux questions portant sur le critère de manipulation

Sous-critère Manipulation					
	Q29	Q30	Q34	Q40	Q47
E1	6	6	5	5	5
E2	7	8	NR	NR	NR
E3	5	9	6	8	7
E4	7	7	8	7	NR
E5	9	9	5	5	NR
E6	9	9	2	2	NR
E7	8	9	NR	NR	NR
E8	9	9	9	9	NR
E9	5	7	8	6	7
E10	7	9	7	9	8
E11	6	6	5	7	7
E12	8	9	9	7	NR
E13	5	9	8	9	9
E14	9	9	9	9	NR
E15	4	8	7	7	8
E16	2	7	5	7	5
E17	NR	9	9	NR	NR
E18	7	9	9	8	9
Médiane	7	9	7,5	7	7
% Désaccord	5,88%	0,00%	6,25%	6,67%	0,00%
Q1	5	7	5	6,5	7
Q3	8	9	9	8,5	8
IQ	3	2	4	2	1

Familiers	Q29	Q30	Q34	Q40	Q47
Médiane	6	9	6,5	7	7
% Désaccord	10,00%	0,00%	9,09%	10,00%	0,00%
Q1	5	7	5	6,25	6
Q3	7,75	9	9	7,75	7,5
IQ	2,75	2	4	1,5	1,5

Non familiairs	Q29	Q30	Q34	Q40	Q47
Médiane	7	9	8	9	8,5
% Désaccord	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Q1	7	8,5	7	7	8,25
Q3	8,5	9	8	9	8,75
IQ	1,5	0,5	1	2	0,5

A manipulé	Q29	Q30	Q34	Q40	Q47	N'a pas manipulé	Q29	Q30	Q34	Q40	Q47
Médiane	5	8	6	7	7	Médiane	8,5	9	9	7	-
% Désaccord	11,11%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	% Désaccord	0,00%	0,00%	14,29%	16,67%	-
Q1	5	7	5	7	7	Q1	7,75	9	6,5	5,5	-
Q3	6	9	7	8	8	Q3	9	9	9	8,5	-
IQ	1	2	2	1	1	IQ	1,25	0	2,5	3	-

• Tableau des scores aux questions portant sur le critère d'adaptabilité

Sous-critère Adaptabilité			
	Q17	Q21	Q42
E1	6	4	5
E2	5	5	NR
E3	6	7	9
E4	7	8	6
E5	9	8	5
E6	9	7	8
E7	5	7	NR
E8	9	9	9
E9	7	6	5
E10	7	7	8
E11	9	7	9
E12	8	8	7
E13	8	5	9
E14	5	8	9
E15	7	7	8
E16	5	5	4
E17	9	9	9
E18	9	9	9
Médiane	7	7	8
% Désaccord	0,00%	0,00%	0,00%
Q1	6	6,25	5,75
Q3	9	8	9
IQ	3	1,75	3,25

Familiers	Q17	Q21	Q42	Non familiairs	Q17	Q21	Q42
Médiane	7	7	8	Médiane	7	7	8
% Désaccord	0,00%	0,00%	0,00%	% Désaccord	0,00%	0,00%	0,00%
Q1	6	6,5	6	Q1	6	6	6
Q3	9	8	9	Q3	8,5	8	9
IQ	3	1,5	3	IQ	2,5	2	3

A manipulé	Q17	Q21	Q42	N'a pas manipulé	Q17	Q21	Q42
Médiane	7	7	8	Médiane	8	8	8
% Désaccord	0,00%	0,00%	0,00%	% Désaccord	0,00%	0,00%	0,00%
Q1	6	5	5	Q1	5	7	6,5
Q3	8	7	9	Q3	9	8	9
IQ	2	2	4	IQ	4	1	2,5

- Tableau des scores aux questions portant sur le critère de limitation des distracteurs

Sous-critère Limitation distracteurs			
	Q20	Q36	Q38
E1	3	6	3
E2	5	NR	NR
E3	9	8	6
E4	9	7	7
E5	5	9	5
E6	8	9	5
E7	8	NR	NR
E8	8	8	7
E9	7	7	8
E10	7	7	6
E11	6	8	4
E12	8	9	4
E13	5	9	NR
E14	9	8	6
E15	6	6	NR
E16	5	5	2
E17	5	9	5
E18	9	9	8
<b>Médiane</b>	7	8	5,5
<b>% Désaccord</b>	5,56%	0,00%	14,29%
<b>Q1</b>	5	7	4,25
<b>Q3</b>	8	9	6,75
<b>IQ</b>	3	2	2,5

Familiers	Q20	Q36	Q38	Non familiairs	Q20	Q36	Q38
<b>Médiane</b>	7	8	5	<b>Médiane</b>	7	8	6,5
<b>% Désaccord</b>	9,09%	0,00%	20,00%	<b>% Désaccord</b>	0,00%	0,00%	0,00%
<b>Q1</b>	5,5	6,5	4	<b>Q1</b>	5	7	5,75
<b>Q3</b>	8,5	9	6	<b>Q3</b>	8	9	7
<b>IQ</b>	3	2,5	2	<b>IQ</b>	3	2	1,25

A manipulé	Q20	Q36	Q38	N'a pas manipulé	Q20	Q36	Q38
<b>Médiane</b>	6	7	6	<b>Médiane</b>	8	9	5
<b>% Désaccord</b>	11,11%	0,00%	28,57%	<b>% Désaccord</b>	0,00%	0,00%	0,00%
<b>Q1</b>	5	6	3,5	<b>Q1</b>	5	8	5
<b>Q3</b>	7	8	7	<b>Q3</b>	8	9	6,5
<b>IQ</b>	2	2	3,5	<b>IQ</b>	3	1	1,5

- Tableau des scores aux questions portant sur le critère d'objectivation des fixations visuelles

Sous-critère Objectivité		
	Q18	Q35
E1	2	2
E2	5	NR
E3	7	7
E4	8	8
E5	8	5
E6	8	9
E7	8	NR
E8	8	9
E9	7	7
E10	6	7
E11	9	9
E12	8	7
E13	8	8
E14	9	8
E15	7	6
E16	5	5
E17	5	9
E18	8	8
<b>Médiane</b>	8	7,5
<b>% Désaccord</b>	5,56%	6,25%
<b>Q1</b>	6,25	6,75
<b>Q3</b>	8	8
<b>IQ</b>	1,75	1,25

Familiers	Q18	Q35	Non familiairs	Q18	Q35
<b>Médiane</b>	7	7	<b>Médiane</b>	8	8
<b>% Désaccord</b>	9,09%	9,09%	<b>% Désaccord</b>	0,00%	0,00%
<b>Q1</b>	6	6,5	<b>Q1</b>	7	7
<b>Q3</b>	8	8,5	<b>Q2</b>	8	8
<b>IQ</b>	2	2	<b>IQ</b>	1	1

A manipulé	Q18	Q35	N'a pas manipulé	Q18	Q35
<b>Médiane</b>	7	7	<b>Médiane</b>	8	8
<b>% Désaccord</b>	5,56%	6,25%	<b>% Désaccord</b>	0,00%	0,00%
<b>Q1</b>	6	6	<b>Q1</b>	8	7,5
<b>Q3</b>	8	8	<b>Q3</b>	8	9
<b>IQ</b>	2	2	<b>IQ</b>	0	1,5

• Tableau des scores aux questions portant sur le critère du facteur humain

Sous-critère Facteur humain			
	Q22	Q23	Q44
E1	6	7	2
E2	5	5	NR
E3	9	9	7
E4	8	2	4
E5	9	9	9
E6	9	9	9
E7	6	8	NR
E8	9	9	9
E9	7	9	9
E10	8	9	9
E11	8	8	9
E12	8	9	9
E13	5	8	9
E14	9	7	9
E15	9	9	9
E16	5	5	5
E17	9	9	9
E18	9	9	9
Médiane	8	9	9
% Désaccord	0,00%	5,56%	6,25%
Q1	6,25	7,25	8,5
Q3	9	9	9
IQ	2,75	1,75	0,5

Familiers	Q22	Q23	Q44	Non familiairs	Q22	Q23	Q44
Médiane	9	9	9	Médiane	8	8	9
% Désaccord	0,00%	0,00%	9,09%	% Désaccord	0,00%	14,29%	0,00%
Q1	7,5	7,5	8	Q1	5,5	6,5	9
Q3	9	9	9	Q3	8,5	9	9
IQ	1,5	1,5	1	IQ	3	2,5	0

A manipulé	Q22	Q23	Q44	N'a pas manipulé	Q22	Q23	Q44
Médiane	8	9	9	Médiane	9	9	9
% Désaccord	0,00%	0,00%	11,11%	% Désaccord	0,00%	11,11%	0,00%
Q1	6	8	7	Q1	8	7	9
Q3	9	9	9	Q3	9	9	9
IQ	3	1	2	IQ	1	2	0

• Tableau des scores aux questions portant sur le critère de répétabilité des mesures

Sous-critère Répétabilité	
	Q19
E1	4
E2	5
E3	8
E4	9
E5	9
E6	9
E7	9
E8	8
E9	9
E10	8
E11	8
E12	6
E13	5
E14	9
E15	6
E16	5
E17	9
E18	9
Médiane	8
% Désaccord	0,00%
Q1	6
Q3	9
IQ	3

Familiers	Q19	Non familiairs	Q19
Médiane	8	Médiane	8
% Désaccord	0,00%	% Désaccord	0,00%
Q1	6	Q1	6,5
Q3	9	Q3	9
IQ	3	IQ	2,5

A manipulé	Q19	N'a pas manipulé	Q19
Médiane	8	Médiane	9
% Désaccord	0,00%	% Désaccord	0,00%
Q1	5	Q1	8
Q3	8	Q3	9
IQ	3	IQ	1

CLARTE	Nombre répondants	Commentaires synthétisés
1. Terminologie	18	E8 : peu de consensus sur définition vigilance et conscience // recherches personnelles E12 : Importance de l'explication entre perception consciente de soi et de l'environnement
2. Tableau signes cliniques	18	E9 : Manque de compréhension de la différence entre EECM et ECM en terme de cohérence et de fiabilité des réponses sur plusieurs évaluations. E12 : Bon guide dans identification des différents ECA
3. Critères communication	18	E9 : paragraphe à introduire en amont, après le chapitre sur l'évaluation E13 : utile mais insuffisant seul
4. Evaluation état de conscience	18	E12 : Expliciter les différentes échelles et indiquer les pré-requis pour ne pas mettre en échec l'évaluation
5. Capacités langagières des ECA	18	E8 : Besoin d'expliciter le niveau de preuve des études présentées et d'explorer des études montrant des résultats plus modérés voire opposés en termes d'intégrité des réseaux du langage chez les ECA
6. Modèles cognitifs	18	E12 E15 : Explications un peu trop complexes. Besoin d'expliciter certains termes techniques pour rendre le protocole plus accessible aux différents professionnels susceptibles de l'utiliser (phonèmes, morphosyntaxe...) E12 : Schématisation des troubles langagiers plus explicite que le texte
7. Définition eye-tracker	18	E4 : Schéma plus parlant que texte. Eye-tracker abstrait pour les pro qui ne l'utilisent pas. Explication technique et vocabulaire abstrait peuvent perdre le lecteur. E13 : Manque mise en avant utilisation de l'ET en rééducation (+ qu'un outil d'évaluation) E13 : photo qui manque de clarté E14 : Mettre le B en premier E15 : Manque la notion de taux d'échantillonnage (Hz), caractéristique importante en plus de la précision du regard.
10. Applications eye-tracker	18	E9 – E16 : très intéressant, à développer davantage / compléter E12 : Manque apports de l'ET au-delà de l'évaluation. La personne pourra agir sur qqch, jouer, se renseigner selon ses capacités cognitives et son état de conscience →cf Pyramide de Maslow
11. Calibrage	18	E12 : Manque rappel sur le positionnement
12. Contexte élaboration	18	E9 : plutôt « résultats obtenus facilement interprétables » E12 : Ajouter l'intérêt de la pluridisciplinarité pour assurer une évaluation la plus fine possible malgré les difficultés E14 : Manque information paragraphe 3 « .... Ces patients dont le langage. »
13. Objectifs et pré-requis	18	E8 : Expliciter la méthode de validation par clignement d'œil avec un exemple E9 : Examen orthoptique chez ces patients semble très difficile à réaliser E10 : que faire avec des patients portant des lunettes ? E13 : Eye tracker quand même utilisable sur paralysies oculomotrices partielles avec importance du calibrage E14 : Dans les conditions contre-indiquées, ajouter la négligence spatiale unilatérale, fréquente chez eux
14. Contenu protocole	18	E11 : peut gagner en clarté E14 : A.ligne 1 : remplacer « phonologique » par « phonologiquement »
26. Tableau eye-trackers	18	E9 -E13 : Clair car illustré E13-15-16 : manque explication de la procédure de lancement et de calibrage. Informations très succinctes et présentées hors contexte. A mettre à jour ++ E18 : clair pour un public averti
31. Cahier de passation	18	E3 : beaucoup d'infos à coordonner. Besoin d'épurer et de schématiser les consignes E18- E9 : expliciter « item cible à énoncer » E13 : consignes et guides très clairs. E13 : Ajouter ce qui se passe quand répondre correcte sélectionnée E14 : Difficulté sur l'énonciation ou non des articles dans les consignes d'évaluation



<b>PERTINENCE</b>	<b>Nombre répondants</b>	<b>Commentaires synthétisés</b>
<b>1. Terminologie</b>	18	E17 : 1) La question de l'appréhension de la compréhension orale chez les patients en ECA est extrêmement corrélée aux moyens d'expression du patient qui sont parfois extrêmement limités, instables ou non parfaitement fiables voire totalement inefficaces. 2) Schéma opposant "conscience de soi" et "conscience sensorielle" à affiner; qu'en est-il de la proprioception, fondamentale dans le travail avec ces patients, à la fois sensations et perceptions sensorielles mais internes perceptions de son propre corps
<b>2. Tableau signes cliniques</b>	18	E17 : Pour le cas spécifique de mon patient, je l'ai "classé" en EECM après beaucoup de réflexion : il ne verbalise pas, ne peut pas émettre de production vocale (trachéotomie) - Néanmoins il répond à la commande (qui ne peut être que très limitée et purement sur le plan moteur) mais très difficilement, avec parfois une latence importante. Il est donc pour moi dans un cas d'ECM+ - Cependant il communique aussi par le oui et le non, mais seulement avec les yeux et avec une "cohérence et fiabilité des réponses lors des phases d'éveil" qui n'est pas totale ni stable, mais cela rejoint selon moi ce que j'évoquais dans ma toute première remarque, à savoir que ce sont ses difficultés neuromotrices impactant la maîtrise de ses productions qui impactent ses "réponses" qui ne sont pas forcément le reflet de son niveau de conscience, nous pouvons observer cliniquement les efforts importants qu'il fait pour communiquer. De fait pour moi, mon patient se trouve plus en EECM même s'il ne répond pas parfaitement aux critères.
<b>3. Critères communication fonctionnelle</b>	18	
<b>4. Evaluation état de conscience</b>	18	
<b>5. Capacités langagières des ECA</b>	18	E17 : lien peu évident entre le niveau de conscience et/ou de compréhension et le niveau de langage étant données les difficultés massives de toute expression verbale que peut présenter un patient mais purement gestuelles également du fait de l'atteinte neuromotrice.
<b>6. Modèles cognitifs</b>	18	E9 : ce sont des modèles anciens qui semblent toujours d'actualité
<b>10. Applications eye-tracker</b>	18	
<b>11. Calibrage</b>	18	
<b>13. Objectifs et pré-requis</b>	18	
<b>24. Protocole et population cible</b>	18	E9 : Pb des troubles visuels (nystagmus) presque toujours présents chez ces patients E13 : Bonne idée, mais difficile de faire la part des choses entre difficultés visuelles, cognitives et langagières pour interprétation E15 : Profil des patients trop varié pour considérer un outil comme "systématiquement adapté". Mais globalement le BERA-ET semble pousser dans le bon sens. E17 : La population cible semble être pour beaucoup des cas spécifiques, à moins de ne réduire la population cible à des cas ayant un tableau clinique strictement identique.
<b>25. Protocole et cadre théorique</b>	18	E15 : Questionnement sur le cadre sous-tendant la BERA. Est-il pertinent/nécessaire de se chercher à tout prix à se baser sur des modèles cognitifs du langage pour évaluer ces patients dont on sait que la cognition est particulièrement désorganisée ? Une évaluation du langage axée sur les aspects pratiques/pragmatiques/fonctionnels serait plus aisée à administrer, et plus informative en terme de résultats E17 : Besoin de redéfinir la population cible qui correspondrait parfaitement au cadre théorique, à savoir une population pour laquelle on serait sûrs d'avoir accès de manière certaine à leurs compétence réceptives uniquement, ou "lâcher" sur l'exigence objective du test qui peut peut-être être utilisé pour une évaluation clinique plus précise et individualisée même si pas forcément objective.
<b>28. Tableau eye-trackers</b>	18	E13 -E14 : Besoin d'expliquer comment on s'en sert pour l'utiliser pour le test. Ajouter un protocole reprenant que dire au patient pour effectuer le calibrage. Comment lui faire comprendre. E13 : expliquer comment naviguer sur ordinateur et accéder à la BERA-ET une fois le calibrage effectué E15 : Besoin d'un lien vers la fiche technique ou le constructeur, de donner des infos plus détaillées /fonctionnelles. E6 : Besoin de spécifier la compatibilité avec Windows Control (ou comment détourner) E18 : difficile d'accès pour les néophytes
<b>32. Cahier de passation</b>	17	
<b>41. Paramétrages logiciel</b>	16	E9 : Manque exemples avec lesquels faire des essais de paramétrage. E15 : excellente chose de permettre un peu de flexibilité pour s'adapter à la situation. E18 : Besoin pré-test pour habituer le patient à fixer et utiliser l'eye tracker avant de le bilancer avec
<b>43. Ajout diapositive neutre</b>	16	E1- E3 : carré beaucoup trop gros, trop de biais visuel, perturbateur, à l'origine d'une fatigabilité si les patients décrochent au mauvais moment. E12- E1 : Très intéressant pour recentrer le regard, importance de conserver cette étape. E14 : En théorie oui, mais souvent patients distractibles ++ qui ne regarderont pas forcément le carré blanc. Quitter l'écran du regard suffit. E8 : Proposition d'un carré qui clignote ou en mouvement. Permettrait peut-être de mieux maintenir l'attention visuelle sur l'écran ?



UTILITE	Nombre répondants	Commentaires synthétisés
1. Terminologie	18	E9 : indispensable car notions récentes (avant EVC-EPR)
2. Tableau signes cliniques	18	
3. Critères communication fonctionnelle	18	
4. Evaluation état de conscience	18	
5. Capacités langagières des ECA	18	
6. Modèles cognitifs	18	E9 : utile pour comprendre le choix des items de la BERA, sinon modèles connus des orthophonistes
7. Définition eye-tracker	18	E9 : utile pour les néophytes dans le domaine
8. Schéma eye-tracker	18	E12 : utile pour les personnes ne connaissant pas ce type de dispositif E14 : Schéma non indispensable
9. Fiches techniques eye-trackers	18	E3 : fiches obscures. E9 : difficile de répondre car choix d'eye-tracker déjà fait après recherches personnelles E12 : 8 types d'eye-trackers évoqués mais seuls 4 trouvés sur le site. Donner le nom des 8 ET pour faciliter recherche. E13 : Utile pour découverte de certains dispositifs dont Eva Facial Mouse E15 : Problème d'accessibilité à la page avec les fiches techniques. Il n'est pas aisé de les trouver. E16 : ajustements à prévoir E18 : pas assez de détail sur les pts positifs et négatifs
10. Applications eye-tracker	18	
11. Calibrage	18	E9 : Utile pour comprendre l'intérêt pour la suite du protocole mais pas pour s'y référer ensuite. On se réfère aux consignes de la phase de calibrage plutôt.
12. Contexte d'élaboration	18	
13. Objectifs et pré-requis	18	
16. Schématisation bilan passation	18	E8-E9 : schéma très clair, très parlant et utile. Permet prise en main rapide de l'outil. Peut-être à insérer ailleurs qu'en fin de protocole. E9 : ajouter l'intérêt du point noir dans fixation
27. Tableau eye-trackers	18	E9 : pas particulièrement utile E13 : utile pour faire le calibrage, mais pas forcément pour utiliser l'outil pour la BERA-ET E15 : idée du tableau utile, mais difficile d'extraire les informations utiles E16 : Revoir les indications de compatibilité avec certains appareils qui ne sont plus accessibles en France. et surtout qu'on ne retrouve pas dans le tableau. E18 : pas assez détaillé sur leur pts positifs et négatifs
33. Cahier de passation	17	E3 : première colonne du tableau inutile
37. Ajout pointeur/timer	16	E1 -E16 : Trop distracteurs. Eviter Timer + pointeur (de Gazepoint) E9 : indispensables E18 : Utile, mais comme pour la Gaze trace, peut perturber le patient
39. Ajout points noirs	16	E1 : Trop distracteur E3 : ne s'affiche pas sur Mac E14 : Remplacer point noir et timer par une petite ligne discrète de progression

ADAPTABILITE	Nombre répondants	Commentaires synthétisés
17. Conditions idéales préalables	18	E3-E8 : aide de l'ergo à évoquer car indispensable pour installation E7-E9 : difficile à mettre en œuvre pour patients vus en chambre avec positionnement de tête compliqué / pour patients qui ont tendance à étendre leurs jambes et donc difficile de respecter la distance fauteuil / table E8 : Nécessite d'anticiper l'évaluation avec travail d'équipe en amont (ergo++) E12 : Très intéressant de connaître notions de meilleur score le matin et de répétition indispensable → précise importance de la personnalisation en fonction du rythme du patient. E12 : insister sur le « bien connaître » son patient : la présence d'un proche peut par ex faire partie de conditions idéales pour certains, etc.
21. Protocole BERA-ET	18	E3 : Nécessite appui interdisciplinaire pour être au plus près des compétences du patient et faciliter la passation (orthoptiste, ergo, orthophoniste...) E9 : à voir... car difficultés avec calibrage chez ces patients E13 : en théorie, oui, outil plein d'espoirs. Mais demande patience et nombreux essais E17 : le lien critères d'objectivité et adaptation à chaque patient est à questionner
42. Paramétrage logiciel	16	E15 : Il y aura toujours des patients pour lesquels on ne pourra adapter, mais la possibilité de paramétrer est très intéressante pour réduire ce risque.

LIMITATION DES DISTRACTEURS	Nombre répondants	Commentaires synthétisés
20. Protocole de passation	18	E9 : limite les distracteurs mais nécessite beaucoup d'interventions de l'examineur pour que le patient reste fixé sur l'écran + le patient peut être distrait par les manip sur clavier E11 : timer jaune = distracteur important E17 : la présentation des images, format (images trop proches), positionnement est à réévaluer
36. Supports imagiers et sonores de la BERA	16	E1 – E9 : Certains dessins peu lisibles en termes de distinction fond/forme, parfois complexes à comprendre. Or, pb visuel chez beaucoup de patients. Besoin de rendre les dessins plus attractifs par ajout de contrastes, en faisant ressortir contours E3 : dépend de l'environnement réel du lieu d'éval E9 : Pas de stimulation sonore supplémentaire E14 : Un bip sonore dès l'affichage de nouvelles images permettrait au patient de se remobiliser E5 : Dommage que les épreuves de langage soient quasiment toutes basées sur des dessins au trait, qui ne correspondent finalement pas à la réalité. Le stimulus est certes épuré mais on perd en information. E8 : peut-être que certaines images risquent de ne pas être assez signifiantes pour certains patients...
38. Ajout feedback visuels	14	E1 : trop de distracteurs, points noirs et timer : allonge le temps et peut biaiser résultats E9 : Une aide pour le patient sans ECA testé avec difficultés de fixation E17 : le timer peut avoir un caractère un peu trop prégnant et de ce fait distracteur pendant l'épreuve pour le patient E8 : Bien qu'il me semble indispensable, il serait à mon sens pertinent de revoir la présentation du timer. Est-ce que le patient ne risque pas d'être perturbé ou bien de fixer le timer à la place de l'image ? Peut-être faudrait-il diminuer sa taille (voire changer son emplacement ?)... E11-E14 : points noirs non dérangeants, mais timer moins adapté, risque de générer des distractions (trop grand, se déclenche trop tôt). Choisir un pointeur plus petit

REPETABILITE MESURES	Nombre répondants	Commentaires synthétisés
19. Deux versions, effet retest limité	18	E3 -E12 : Besoin de 5 versions ou s'en rapprocher. Avoir versions supplémentaires dans l'idéal E8 : interrogation sur possibilité de répéter plusieurs fois les versions ou si besoin de s'arrêter à 2 mesures E15 : Dans la pratique de terrain, difficile de dégager 30 à 60 minutes (installation + passation + cotation) tous les jours / semaine pour un même patient
FACTEUR HUMAIN	Nombre répondants	Commentaires synthétisés
22. Répétition orale des consignes	18	E15 : Il semble impératif d'avoir une intervention "humaine" permettant de faire l'interface entre le patient et le dispositif de manière flexible et chaleureuse
23. Ajout manuel de points	18	E4 : Pas de sens car l'informatisation de la passation permet justement de réduire le biais d'interprétation. Résultats peuvent être nuancés dans le CR du bilan orthophonique E8 : importance d'avoir un sous-total pour les points ajoutés manuellement pour garder à l'esprit que ces points ont une certaine part de subjectivité E14 : Permet une flexibilité, MAIS garder en tête que le résultat dépendra de l'évaluateur
44. Enonciation orale consigne	16	E1 : influence de la voix du thérapeute pour l'objectivité de la passation. Besoin enregistrement vocal E13 : Permet une mise en confiance. E15 : Tout à fait d'accord, absolument nécessaire !

OBJECTIVITE	Nombre répondants	Commentaires synthétisés
18. Protocole de passation	18	E8 : Si patient correctement installé E9 : probablement, mais seul patient sans ECA a pu effectuer le protocole car pour les autres, trop de pb de fixation (pb visuels, nystagmus) E15 : Dans les faits, il est parfois nécessaire d'interagir avec le patient ou de "l'aider" à utiliser l'eye tracker. Par ailleurs chez des patients très altéré il peut être difficile d'interpréter précisément les fixations et leur sens. Cela dit, l'outil semble permettre d'améliorer significativement l'objectivité des évaluations comparés à nos outils habituels E17 : Dans le cas spécifique de mon patient, quoiqu'il en soit et quel que soit l'outil utilisé, l'objectivité absolue me semble inatteignable pour le moment

35. Logiciel BERA-ET	16	<p>E1 : Trop de biais visuels (mouvement du timer, couleur, taille)  E3 : les 2 images sont trop proches pour fixation précise  E9 : Seulement si matériel fonctionne bien et que les temps soient bien réglés  E10 : Temps de fixation subjectif et dépend de chaque thérapeute et chaque patient  E13 : Tout à fait d'accord, mais à nuancer sur ajouts de points par le thérapeute.  E13 : Important d'avoir distingué cotations avec et sans points ajoutés manuellement pour analyse fine  E14 : Attention, le cotateur doit rajouter lui-même +1 parfois  E15 : Le cotateur est susceptible d'intervenir pour ce type de patient très altérés, ce qui peut induire un biais mais reste nécessaire pour essayer de maintenir l'attention sur la tâche</p>
----------------------	----	--

ACCESSIBILITE TEMPORELLE	Nombre répondants	Commentaires synthétisés
15. Temps d'appropriation	18	<p>E1-E12-E8-E9- E5 -E17: Selon le lieu d'exercice, prise en main trop longue. Très intéressant mais certains passages nécessitent d'être lus plusieurs fois. Plusieurs heures réparties sur plusieurs jours, par tâtonnement. Beaucoup de temps d'assimilation de toutes les informations, de prise en main, d'ajustement au patient, de réflexion  E8 : certains passages peuvent faire l'objet d'une lecture ultérieure.  E7 : 2h  E10 : ¼ d'heure  E11 : 20 min  E14 : Il faut que le thérapeute y accorde un peu de temps au début, mais après OK</p>
45. Durée de passation	8	<p>E1 : Dépend de l'utilisation préalable de l'outil ET  E9 : 15 min avec 5 premiers items échoués, mais ça aurait été plus long s'il avait fallu continuer  E10 : 10min avec tout-venant - E5 : 15 min  E11 : Durée adaptée pour les patients EECM, mais interrogation pour les niveaux de conscience moindre  E13 : un peu long. Ne pas proposer les 2 tests à la suite</p>
46. Temps d'installation préalable	7	<p>E1 : estimé à 3 min  E9 : 10 min pour patient sans ECA. Calibrage impossible avec patient, donc plus de temps requis + nécessité d'avoir un collègue pour maintien tête  E11 : 10 min pour adapter écran + calibrage  E16 : calibrage à 4 pastilles suffit  E18 : 5mn mais habituée à paramétrer le tobii et c'était une personne tout-venant</p>

MANIPULATION	Nombre répondants	Commentaires synthétisés
29. Tableau eye-trackers	17	<p>E3 : Peut être suffisant pour professionnels maîtrisant déjà l'ET et le calibrage. Mais décourageant pour les pro non habitués car trop peu d'informations (+manuels d'utilisation obscurs des fabricants)  E9 : Surtout les explications fournies par les vendeurs qui permettent manipulation de l'outil  E13 : Le doc explicite le calibrage mais pas comment s'en servir avec la BERA-ET → besoin d'une information pour guider le thérapeute dans navigation dans l'ordinateur et l'accéder à la BERA-ET après calibrage  E15 : Chaque thérapeute a l'habitude d'utiliser son dispositif d'eye-tracking. Au final, chercher à faire un tableau récapitulatif pas si nécessaire et amènerait à un document très long  E16 : Il serait plutôt intéressant de viser une exhaustivité des produits disponibles en France</p>
30. Cahier de passation	18	<p>E1 – E11 : à synthétiser, les consignes de passation et de cotation pourraient être plus facilement lisibles et compréhensibles en retravaillant la forme  E9 : Besoin de séparer consignes et items + mettre le numéro de version en plus gros  E9 : Le grisé des items complexes peut perturber</p>
34. Logiciel BERA-ET	16	<p>E3 : Version mac rend l'installation sur ordinateur assez complexe, avec des bug d'affichage  E6 : Grandes difficultés liées à l'âge des processeurs et la création d'une autre version nécessaire  E9- E11 : Oui, à condition d'avoir bien étudié le mode d'emploi et de s'entraîner plusieurs fois → sinon, erreurs faciles à faire (se tromper de version, de ligne pour énoncer l'item cible). Pb pour activer le mode manuel. Difficultés à comprendre les consignes (notamment quand énoncer l'item)  E15 : Interface basique et un peu "passée", mais reste simple et fonctionnelle.</p>
40. Temps de transition balayage	15	<p>E9 : Un peu juste. Mais si trop long, risque d'engendrer un oubli de la part du patient</p>
47. Evaluation globale (logiciel, cahier de passation)	9	<p>E3 : Besoin de numéroter les items dans le tableau pour faciliter l'analyse qualitative ensuite  E9 : Pas si facile quand on ne maîtrise pas le protocole (ex : difficulté à savoir s'il faut énoncer ou non le déterminant)  E11 : Impossible de télécharger les résultats sous format Excel à la fin de la passation, impossible de retrouver les données une fois l'évaluation terminée : grand défaut du logiciel</p>

« Ajout d'un eye-tracker à une batterie d'évaluation de la compréhension orale, la Brief Evaluation of Receptive Aphasia (BERA), chez des patients en état de conscience minimale et émergeant de cet état - Adaptation et Etude de faisabilité »

Madame, Monsieur,

Vous êtes invité(e) à participer à une étude menée par **Mazué Lucie** dans le cadre de son **mémoire d'orthophonie**, dirigée par **Mélanie Mulero** et **Didier Schwab**, et encadrée par l'Université Toulouse III – Paul Sabatier.

Le présent document décrit l'étude à laquelle il vous est proposé de participer et répond aux questions que vous êtes susceptible de vous poser à partir des informations actuellement disponibles.

Avant de choisir d'y participer ou non, il est important que vous preniez connaissance du but de cette étude et de ce qu'elle implique.

**1. Pourquoi vous propose-t-on de participer à cette étude ?**

Cette étude vous est proposée car vous êtes orthophoniste, ergothérapeute, orthoptiste ou neuropsychologue francophone, ayant ou prenant actuellement en soins des patients en état de conscience altérée et/ou ayant utilisé ou utilisant actuellement un dispositif d'eye-tracking.

**2. Quels sont les objectifs de l'étude ?**

L'objectif principal de cette étude est d'adapter un outil d'évaluation de la compréhension orale, la BERA, en y ajoutant un eye-tracker. Cet outil devra être rapide, facile d'utilisation et conforme à la BERA d'origine. Le deuxième objectif de ce travail de recherche est de vérifier la faisabilité de l'utilisation de cet outil en clinique courante auprès de patients en état de conscience minimale et émergeant de cet état de conscience.

**3. Quels sont les bénéfices attendus de votre participation à l'étude ?**

Votre participation à cette étude permettra d'améliorer notre outil d'évaluation tant sur la forme que sur le fond afin de juger de la faisabilité de notre protocole en pratique clinique courante auprès de ces patients. A long terme, nous espérons une meilleure évaluation des capacités langagières des patients en état de conscience altérée en fournissant aux orthophonistes des outils plus objectifs et fiables.

**4. Votre participation à l'étude comporte-t-elle des risques et/ou des contraintes particulières ?**

Aucun risque ou contrainte particulière à notre connaissance

**5. Comment va se dérouler l'étude ?**

Si vous acceptez de participer à cette étude, vous serez amené(e) à prendre connaissance du protocole d'évaluation de la BERA-ET et à manipuler le logiciel d'évaluation vous-même ou avec un patient dans la mesure du possible. Il vous sera alors demandé de répondre à un questionnaire afin de juger de différents points sur la forme et le contenu de l'outil.

**6. Quels sont vos droits en tant que participant à la recherche ?**

Vous êtes totalement libre d'accepter ou de refuser de participer à cette étude sans avoir à vous justifier, et sans que cela n'entraîne de conséquence pour vous.

Vous disposez du temps que vous estimez nécessaire pour prendre votre décision. En cas d'acceptation, vous pourrez à tout moment revenir sur votre décision en adressant un e-mail à [lucie.mazue@gmail.com](mailto:lucie.mazue@gmail.com) ou [lucie.mazue@univ-tlse3.fr](mailto:lucie.mazue@univ-tlse3.fr) ou à mon encadrante [melanie.mulero.ortho@gmail.com](mailto:melanie.mulero.ortho@gmail.com)

**7. Cette étude implique-t-elle un traitement de vos données à caractère personnel ?**

Votre participation à cette étude nécessite de réaliser un traitement de données à caractère personnel.

Ce traitement poursuit une finalité de recherche universitaire et a pour base légale votre consentement, que vous pouvez exprimer via un formulaire de consentement spécifique.

La responsabilité du traitement relève de l'Université Toulouse III – Paul Sabatier, 118 route de Narbonne, 31062 Toulouse.

Vos données sont traitées par l'étudiant porteur de l'étude ainsi que ses directeurs de mémoire, Mélanie Mulero et Didier Schwab.

Un processus de tri et d'anonymisation sera mis en œuvre afin qu'au terme de l'étude seules les informations anonymisées et d'intérêt scientifique soient conservées pour rédiger le rapport d'étude et évaluer le travail universitaire effectué.

Dans le cas où le directeur de l'étude souhaiterait conserver tout ou partie de vos données afin de les réutiliser pour une étude ultérieure, votre autorisation doit lui être remise via un formulaire de réutilisation spécifique.

**8. Quels sont vos droits à l'égard de vos données à caractère personnel ?**

Vous disposez d'un droit d'accès, de modification, de suppression, et de portabilité de vos données ; ainsi que d'un droit d'opposition et de limitation du traitement.

L'exercice de vos droits doit être adressé par e-mail au Délégué à la protection des données de l'université à [dpo@univ-tlse3.fr](mailto:dpo@univ-tlse3.fr)

Il vous est également possible de porter toute réclamation auprès de la Commission nationale de l'informatique et des libertés.

\*

Merci de votre participation.

	Partie	Remarques du jury	Suggestions de modifications
<i>Cahier de passation</i>	<b>Consignes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beaucoup d'infos à coordonner. Besoin d'épurer et de schématiser les consignes.</li> <li>- Ajouter ce qu'il se passe quand réponse correcte sélectionnée.</li> <li>- Besoin de séparer consignes et items</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schématisation des consignes</li> <li>- Réalisation d'un tutoriel vidéo</li> <li>- Consignes sur une feuille à part des grilles de cotation</li> </ul>
	<b>Grille de cotation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Difficulté sur l'énonciation ou non des articles</li> <li>- Première colonne du tableau inutile</li> <li>- Le grisé des items complexes peut perturber</li> <li>- Besoin de numéroter les items dans le tableau pour faciliter analyse qualitative</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ajout des déterminants pour les items concernés : le thérapeute n'a plus qu'à lire l'item écrit dans le tableau</li> <li>- Suppression première colonne</li> <li>- Numérotation de 1 à 10</li> <li>- Cases grisées remplacées par un astérisque</li> </ul>
<i>Protocole d'évaluation</i>	<b>Terminologie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Besoin d'explicitier la distinction entre conscience et état d'éveil</li> <li>- Notion de proprioception qui manque</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réalisation d'un schéma et modification des définitions pour meilleure compréhension.</li> <li>- Explicitier les réseaux de la conscience</li> </ul>
	<b>Tableau des signes cliniques</b>	Distinction entre ECM et EECM peu claire	Ajout de nuances entre les entités et révision de la définition de chaque entité clinique
	<b>Définition communication fonctionnelle</b>	A introduire en amont	A mettre après l'évaluation de l'état de conscience en faisant le lien avec le tableau des signes cliniques
	<b>Evaluation état de conscience</b>	Explicitier les différentes échelles et indiquer les pré-requis nécessaires à cette évaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explicitation des échelles CRS-R et SECONDS.</li> <li>- Mise en exergue des conditions nécessaires à l'évaluation de la conscience</li> </ul>
	<b>Capacités langagières des patients en ECA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Besoin de vulgariser les termes spécifiques au domaine psycholinguistique</li> <li>- Besoin d'explicitier le niveau de preuve des études : est-ce que toutes montrent des capacités langagières ?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ajout de définitions clés pour une meilleure compréhension du paragraphe (de même pour les modèles cognitifs)</li> <li>- Nuancer les résultats des études sur les capacités langagières des patients en ECA</li> </ul>
	<b>Modèles cognitifs</b>	Peu accessible aux professionnels non spécialisés dans l'évaluation du langage	Ajout au schéma de représentations visuelles pour aider à la compréhension
	<b>Définition de l'eye-tracker</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Termes employés trop techniques et abstraits</li> <li>- Pourrait être mentionnée la notion de taux d'échantillonnage</li> <li>- Schéma qui manque de clarté</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ajout de la mention de taux d'échantillonnage (en utilisant termes simples)</li> <li>- Réalisation d'un nouveau schéma</li> <li>- Contact avec un ingénieur spécialisé dans les dispositifs d'eye-tracking : améliorer la définition de l'oculométrie pour être le plus juste possible</li> </ul>
	<b>Applications de l'eye-tracker</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A développer davantage, notamment sur l'utilisation en rééducation</li> <li>- Intégrer l'idée de besoins fondamentaux en partie satisfaits grâce aux dispositifs d'eye-tracking (Pyramide de Maslow)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ajout paragraphe sur l'utilisation de l'eye-tracker en rééducation en s'appuyant sur la littérature scientifique récente.</li> <li>- Ajout intérêt de l'eye-tracker dans la satisfaction de certains besoins humains fondamentaux (besoins primaires, de sécurité, d'appartenance, d'autonomie).</li> </ul>
	<b>Calibrage</b>	Manque rappel sur l'importance du positionnement du patient.	Ajout rappel succinct sur importance positionnement avant tout calibrage.
	<b>Contexte d'élaboration</b>	Manque l'intérêt de la pluridisciplinarité	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Correction construction de certaines phrases</li> <li>- Mettre en avant apport pluridisciplinarité</li> </ul>
<b>Objectifs et pré-requis à l'évaluation de la BERA-ET</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incompréhension de la validation par clignement d'œil</li> <li>- Difficultés à savoir comment s'adapter selon les troubles visuels et neuro-visuels du patient lors de l'évaluation</li> <li>- Manque négligence spatiale unilatérale, fréquente chez les ECA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explicitier la validation par clignement d'œil en donnant exemple</li> <li>- Ajout conseils d'adaptation de l'eye-tracker en fonction des troubles visuels et neuro-visuels des patients, suite à échanges avec deux orthoptistes et un ergothérapeute</li> </ul>	

	<b>Contenu du protocole</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Conditions préalables</u> : insister sur le besoin de connaître son patient. La présence d'un proche peut faire partie des conditions idéales pour certains patients.</li> <li>- Le pointeur affiché en même temps que le timer perturbe le patient et amène à une fixation vers le bas de l'écran.</li> <li>- Pour une évaluation comme la BERA où seulement mouvements oculaires droite/gauche nécessaires, un calibrage avec seulement 2 points de fixation suffit, voire aucun calibrage.</li> <li>- Souligner importance d'un ergothérapeute pour le positionnement de l'appareil et du patient : que faire en chambre si patient allongé ?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ajout nécessité de connaître son patient et d'adapter l'évaluation de fait (présence d'un proche, heure de la journée...). Personnaliser en fonction du patient, de son rythme de vie</li> <li>- Ajout paragraphe sur l'ajustement des paramètres de sélection visuelle avant l'évaluation de la BERA-ET après échange avec un ergothérapeute : désactiver tout curseur de souris.</li> <li>- Ajout précision sur calibrage nécessaire à une évaluation comme la BERA .</li> <li>- Mise en avant du besoin de solliciter un ergothérapeute pour positionnement de l'appareil et du patient.</li> <li>- Ajout de photos et d'aides à l'adaptation du support au dispositif d'eye-tracking</li> <li>- Ajout d'adaptations à réaliser en cas d'héminégligence</li> <li>- Mise à jour du schéma récapitulatif des étapes de l'évaluation de la BERA-ET</li> <li>- Mise à jour de la bibliographie</li> </ul>
<b>Tableau eye-trackers</b>	<b>Tableau eye-trackers</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les retours des experts vont à l'encontre de l'objectif de ce tableau : jugé utile pour les personnes déjà expertes dans le domaine.</li> <li>- Le document n'est pas jugé à jour : description de dispositifs non accessibles en France.</li> </ul>	Réalisation d'une notice d'information plutôt qu'un tableau : présenter les 3 dispositifs accessibles actuellement, en donnant un aperçu aux professionnels qui veulent investir dans l'achat d'un eye-tracker.
<b>Logiciel BERA-ET</b>	<b>Versions du logiciel</b>	Logiciel non compatible sur IOS/Mac	Création d'une version adaptée Mac/linux
	<b>Versions de la BERA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pour gagner en objectivité et répétabilité des mesures, besoin de créer plus de versions de la BERA.</li> <li>- Les titres des versions ne sont pas assez prégnants : source d'erreurs (« Version <u>1</u> », « Version <u>2</u> »).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Création de 4 jeux de test supplémentaires en modifiant la position de l'item cible (gauche/droite) et l'ordre des items de manière aléatoire.</li> <li>- A long terme, génération automatique de versions de la BERA avec création informatisée d'un fichier excel avec l'ordre des items et les items cibles.</li> <li>- Titre des versions à écrire plus gros et en gras</li> </ul>
	<b>Etape du balayage visuel : besoin d'adaptation aux particularités des patients en ECA</b>	<p>Aucune donnée sur les capacités visuelles des patients en ECA. On s'est basé sur les personnes normo-typiques, mais ces patients semblent avec besoin de plus de temps car possible vitesse de traitement ralentie. Selon certains experts : « ça va vite »</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Difficile pour les patients très distractibles : besoin d'attirer l'attention sur l'écran.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Paramétrage de la durée de fixation de chaque dessin ? Allonger le temps de balayage fixé actuellement à 0.5 sec ?</li> <li>- Une étude approfondie des capacités visuelles des patients en ECA est nécessaire</li> <li>- Ajout optionnel d'un bip sonore ( !/ pour certains, peut être source d'angoisse et perturbant)</li> <li>- OU apparition de chaque image en isolé au centre de l'écran vers déplacement à gauche puis à droite pour la seconde image.</li> <li>- Possibilité de configurer le type de feedback visuel voulu : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aucun feedback visuel</li> <li>• Points noirs et timer jaune qui peuvent aider à maintenir la fixation</li> </ul> </li> <li>- Encadrement coloré de l'image dès qu'elle est fixée (image validée au bout de 500 ms sans que le timer apparaisse)</li> </ul>
	<b>Enonciation de l'item cible</b>	Voix pré-enregistrée jugée pertinente pour un professionnel	Possibilité d'informatiser l'énonciation des consignes dans les paramètres.
	<b>Etape d'énonciation de l'item cible / diapositive neutre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carré blanc jugé trop gros (notamment par l'orthoptiste) et entraînant une fatigabilité et un biais visuel.</li> <li>- Certains patients avec troubles attentionnels majeurs se détachent très facilement de la</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remplacer le carré blanc par une croix plus petite (sur conseils d'une orthoptiste)</li> <li>- Ajout en option d'un bip sonore pour attirer l'attention de certains patients</li> </ul>



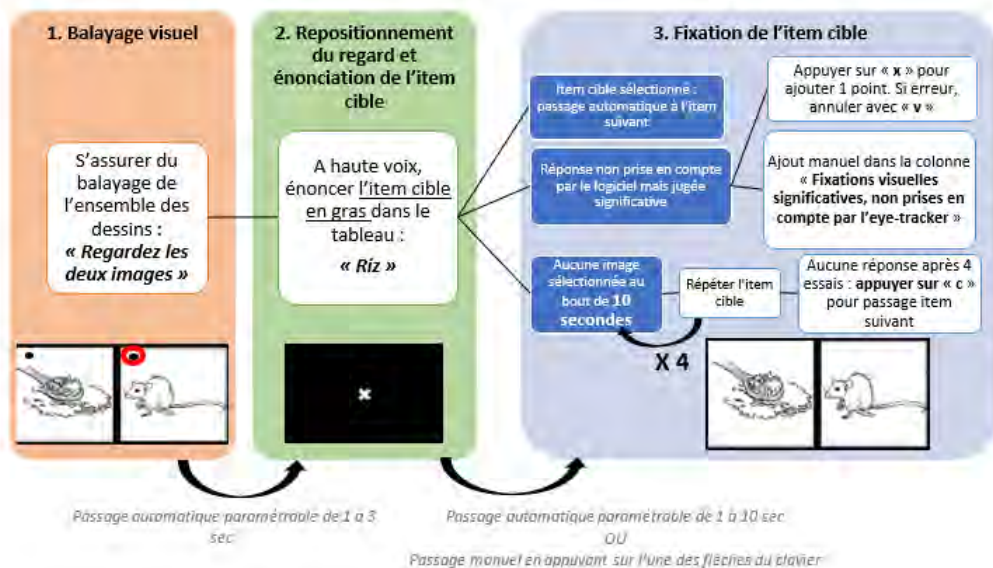
	tâche et il est nécessaire de les recentrer sur l'écran +++.	
<b>Etape de sélection de l'item cible</b>	- L'étape de sélection de l'item cible va trop vite, sélection des items trop rapide et donc non pertinente.	Ajout d'un délai configurable dans les paramètres entre 0 et 3 secondes avant de pouvoir sélectionner une image (juste après la diapositive neutre / début étape 3) - <u>Dans protocole</u> : aiguiller le clinicien sur le paramétrage selon le profil du patient.
<b>Dessins (Remise en cause BERA)</b>	- Certains dessins trop complexes, pas assez signifiants, non adaptés en termes de contrastes et contours. Peu lisibles pour distinction fond/forme. - « Dommage que ce soit au trait, ne correspond pas à la réalité, on perd en informations »	- Accentuer contrastes et contours pour les rendre plus attractifs (en collaboration avec orthoptiste) - Proposer une version « écologique / fonctionnelle » : Images plus proches de la réalité clinique et de la prise en soins fonctionnelle des patients : photos d'objets/ personnes du quotidien / émotions / activités ...
<b>Présentation générale dessins</b>	Dessins trop rapprochés, l'espace entre les deux est trop étroit pour une fixation précise : le patient peut fixer au hasard l'une des deux images alors qu'il regardait au centre de l'écran	Réduire taille des images pour augmenter espace entre les deux : images bien à l'opposé chacune de l'écran (les faire les plus grandes possibles en respectant 3cm entre les 2)
<b>Adaptation si hémionégligence</b>		- Possibilité de tourner tablette / mettre dessins en mode haut/bas et non droite/gauche
<b>Durée évaluation</b>	Durée de l'évaluation trop longue et trop coûteuse pour certains patients	- Possibilité d'arrêter l'évaluation et de la reprendre plus tard avec enregistrement des résultats au fur et à mesure - Possibilité de développer une version screening ?
<b>Consignes d'évaluation</b>	Les consignes sont trop complexes et peuvent perdre le patient, notamment « maintenant, regardez .... »	Simplifier les consignes en ne donnant que le mot clé / la phrase cible.
<b>Paramétrages</b>	- Manque d'exemples pour faire des essais de paramétrage - Besoin de faire un pré-test pour habituer le patient à fixer et à utiliser l'eye-tracker avant le bilan	- Ajouter une phase de pré-test sur deux items pour voir si les paramètres adoptés sont pertinents ou non selon le profil du patient - <u>Dans le protocole</u> : Guider le thérapeute sur le choix des paramètres en fonction du profil de leur patient - Préciser qu'un entraînement préalable peut être nécessaire avec des activités de balayage et fixation visuelle afin de se rendre compte des capacités visuelles du patient.
<b>Feedback visuels</b>	- Le timer et les points noirs sont sources de distractibilité trop importante, allongent le temps et peuvent biaiser les résultats. - Timer trop prégnant : patient peut fixer uniquement le timer et non l'image - Erreurs techniques : parfois les points noirs n'apparaissent plus. Besoin de réinstaller le logiciel.	Comme évoqué précédemment, ajout de feedback visuels configurable : ( <i>en cours</i> ) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Timer et points noirs en option : diminuer sa taille ++</li> <li>• Encadrement coloré de l'image dès qu'elle est fixée</li> <li>• Aucun feedback visuel</li> </ul>
<b>Matériel nécessaire</b>	Manipulations sur clavier peuvent perturber patient	Ajout de conseils dans le protocole sur l'utilisation d'un clavier externe si possible. Mettre le clavier le plus loin possible du patient.
<b>Interface du logiciel</b>	Présence de certains icônes issus de GazePlay qui ne servent pas dans la BERA-ET	Enlever les options qui ne servent pas à la BERA -ET pour simplifier la manipulation et la navigation
<b>Résultats</b>	- Les graphiques affichés ne correspondent pas aux résultats obtenus par le patient - Impossible de télécharger résultats pour ceux qui n'ont pas Excel - Problèmes techniques : données non enregistrées au fur et à mesure. Si le logiciel se bloque au milieu de l'évaluation, données perdues.	- Suppression des graphiques dans l'affichage des résultats - Possibilité d'enregistrer les résultats en version ODS (plus besoin d'avoir Excel) - Enregistrement des résultats au fur et à mesure de l'évaluation avec sauvegarde automatique
<b>Accessibilité temporelle</b>	Temps d'appropriation trop long, non adapté à la réalité clinique	- Conserver le tutoriel durant moins de 10 min pour une explication rapide du fonctionnement du logiciel et des consignes. - Séparer le protocole : documentation théorique et documentation sur le déroulement de l'évaluation à part

### Consignes de passation

Une fois l'écran placé à environ 60 cm du visage du patient et après avoir effectué le calibrage : lancer le logiciel pour la passation de la BERA-ET.

#### Epreuve chronométrée

Pour chaque item, réaliser la procédure suivante :



**Critère d'arrêt** : Aucune fixation (correcte ou erronée) pour les 5 premiers items.

Patient :

Examineur :

Date :

### Brief Evaluation of Receptive Aphasia (BERA) - Version 3

#### Cf Consignes de passation (Epreuve chronométrée)

**Critère d'arrêt** : Aucune fixation (correcte ou erronée) pour les 5 premiers items.

	Item cible		Fréquence (sémantique)	Réponses correctes	Fixations visuelles significatives, non prises en compte par l'eye-tracker (+1)
	Items simples				
	Items complexes*				
P1*	Rat	Riz			
P2*	Champ	Paon			
S1	Le pantalon	La trompette	F+		
P3	Fée	Mie			
S2*	L'oreille	L'œil	F+		
S3	L'assiette	La ceinture	F+		
S4	La gaufre	Le renne	F-		
P4*	Pas	Pont			
S5*	La biche	La chèvre	F+		
S6	Les bottes	La chaise	F+		
S7*	L'igloo	La cabane	F-		
P5*	Main	Nain			
P6*	Sous	Chou			
P7	Fût	Quille			
S8*	La scie	Les ciseaux	F-		
P8	Bond	Veau			
P9	Rond	Mat			
S9	Le râteau	L'ananas	F-		
S10*	La tulipe	Le cactus	F-		
P10	Chat	Vent			
<b>Total score subjectif</b>					/20

#### Légende

P = Domaine phonologique


S = Domaine sémantique

F = Fréquence du mot au sein de la langue française (F- : item peu fréquent / F+ : item fréquent)



Morphosyntaxe (version 3)

Si le patient réussit la moitié des items de la Compréhension de mots, proposer la Compréhension de phrases. La procédure est identique à celle de la compréhension de mots.

Cf Consignes de passation : (Epreuve chronométrée) 

Critère d'arrêt : Aucune fixation (correcte ou erronée) pour les 5 premiers items.

Item cible
Items simples
Items complexes*

			Réponses correctes	Fixations visuelles significatives, non prises en compte par l'eye-tracker (+1)
M1	<b>Il caresse son chat.</b>	Il apporte sa valise.		
M2*	Le garçon suit le chien.	<b>Le garçon est suivi par le chien.</b>		
M3	<b>Nicolas est joyeux.</b>	Nicolas est triste.		
M4*	Elles dorment.	<b>Elle dort.</b>		
M5*	<b>Certains chats sont gris.</b>	Tous les chats sont gris.		
M6	Elles regardent des photos.	<b>Elles regardent la télévisions.</b>		
M7	<b>Elle pense.</b>	Elle rit.		
M8	La fille pèle une poire.	<b>La fille mange une pomme.</b>		
M9*	chien est devant la maison.	<b>Le chien est derrière la maison.</b>		
M10*	<b>Le chien mord le chat.</b>	Le chat mord le chien.		
<b>Total score subjectif</b>				/10

Légende


M = Domaine morphosyntaxique

Patient :

Examineur :

Date :

Brief Evaluation of Receptive Aphasia (BERA) - Version 4

Cf Consignes de passation : (Epreuve chronométrée) 

Critère d'arrêt : Aucune fixation (correcte ou erronée) pour les 5 premiers items.

Item cible
Items simples
Items complexes*

			Fréquence (sémantique)	Réponses correctes	Fixations visuelles significatives non prises en compte par l'eye-tracker (+1)
S1	Le marron	<b>L'igloo</b>	F-		
P1	Paon	<b>Main</b>			
P2*	<b>Mie</b>	Quille			
P3	Nain	<b>Chou</b>			
S2*	<b>Le renne</b>	L'ours	F-		
P4	<b>Champ</b>	Rat			
S3*	<b>L'ananas</b>	Les cerises	F-		
S4	<b>La chèvre</b>	Le talon	F+		
S5*	<b>La ceinture</b>	L'écharpe	F-		
P5*	Chat	<b>Mat</b>			
S6	La loupe	<b>La tulipe</b>	F+		
S7*	<b>La trompette</b>	La guitare	F+		
P6	Sous	<b>Pas</b>			
P7	<b>Riz</b>	Pont			
P8*	<b>Fût</b>	Fée			
S8	Le crabe	<b>La scie</b>	F-		
P9*	<b>Vent</b>	Veau			
S9*	Les chaussons	<b>Les bottes</b>	F+		
P10*	Rond	<b>Bond</b>			
S10	La voiture	<b>L'oreille</b>	F+		
<b>Total score subjectif</b>					/20

Légende

P = Domaine phonologique

S = Domaine sémantique

F = Fréquence du mot au sein de la langue française (F- : item peu fréquent / F+ : item fréquent)

Morphosyntaxe (version 4)

Si le patient réussit la moitié des items de la Compréhension de mots, proposer la Compréhension de phrases. La procédure est identique à celle de la compréhension de mots.

Cf Consignes de passation : (Epreuve chronométrée) ⌚

Critère d'arrêt : Aucune fixation (correcte ou erronée) pour les 5 premiers items.

Item cible
Items simples
Items complexes*

			Réponses correctes	Fixations visuelles significatives, non prises en compte par l'eye-tracker (=1)
M1*	L'homme soigne la femme.	L'homme est soigné par la femme.		
M2	Emilie court.	Emilie pleure.		
M3*	Le chat est sous la chaise.	Le chat est sur la chaise.		
M4*	Elles lisent.	Elle lit.		
M5*	L'enfant tire le chien.	Le chien tire l'enfant.		
M6	Le garçon met ses chaussures.	Le garçon porte un manteau.		
M7	Elles écrivent au tableau.	Elles écrivent une lettre.		
M8*	Le bébé a reçu beaucoup de peluches.	Le bébé a reçu peu de peluches.		
M9	Il est content.	Il est fâché.		
M10	Elle nourrit son chat.	Elle attend le bus.		
<b>Total score subjectif</b>				/10

Légende

M = Domaine morphosyntaxique

Patient :

Examineur :

Date :

Brief Evaluation of Receptive Aphasia (BERA) - Version 3

Cf Consignes de passation (Epreuve chronométrée) ⌚

Critère d'arrêt : Aucune fixation (correcte ou erronée) pour les 5 premiers items.

Item cible		Fréquence (sémantique)	Réponses correctes	Fixations visuelles significatives, non prises en compte par l'eye-tracker (=1)
Items simples	Items complexes*			
P1*	Rat	Riz		
P2*	Champ	Paon		
S1	Le pantalon	La trompette	F+	
P3	Fée	Mie		
S2*	L'oreille	L'œil	F+	
S3	L'assiette	La ceinture	F+	
S4	La gaufre	Le renne	F-	
P4*	Pas	Pont		
S5*	La biche	La chèvre	F+	
S6	Les bottes	La chaise	F+	
S7*	L'igloo	La cabane	F-	
P5*	Main	Nain		
P6*	Sous	Chou		
P7	Fût	Quille		
S8*	La scie	Les ciseaux	F-	
P8	Bond	Veau		
P9	Rond	Mat		
S9	Le râteau	L'ananas	F-	
S10*	La tulipe	Le cactus	F-	
P10	Chat	Vent		
<b>Total score subjectif</b>				/20

Légende


P = Domaine phonologique

S = Domaine sémantique

F = Fréquence du mot au sein de la langue française (F- : item peu fréquent / F+ : item fréquent)

Morphosyntaxe (version 3)

Si le patient réussit la moitié des items de la Compréhension de mots, proposer la Compréhension de phrases. La procédure est identique à celle de la compréhension de mots.

Cf Consignes de passation : (Epreuve chronométrée) 

Critère d'arrêt : Aucune fixation (correcte ou erronée) pour les 5 premiers items.

Item cible
Items simples
Items complexes*

			Réponses correctes	Fixations visuelles significatives, non prises en compte par l'eye-tracker (+1)
M1	<b>Il caresse son chat.</b>	Il apporte sa valise.		
M2*	Le garçon suit le chien.	<b>Le garçon est suivi par le chien.</b>		
M3	<b>Nicolas est joyeux.</b>	Nicolas est triste.		
M4*	Elles dorment.	<b>Elle dort.</b>		
M5*	<b>Certains chats sont gris.</b>	Tous les chats sont gris.		
M6	Elles regardent des photos.	<b>Elles regardent la télévisions.</b>		
M7	<b>Elle pense.</b>	Elle rit.		
M8	La fille pèle une poire.	<b>La fille mange une pomme.</b>		
M9*	chien est devant la maison.	<b>Le chien est derrière la maison.</b>		
M10*	<b>Le chien mord le chat.</b>	Le chat mord le chien.		
<b>Total score subjectif</b>				/10

Légende


M = Domaine morphosyntaxique

Patient :

Examineur :

Date :

Brief Evaluation of Receptive Aphasia (BERA) - Version 4

Cf Consignes de passation : (Epreuve chronométrée) 

Critère d'arrêt : Aucune fixation (correcte ou erronée) pour les 5 premiers items.

Item cible
Items simples
Items complexes*

			Fréquence (sémantique)	Réponses correctes	Fixations visuelles significatives, non prises en compte par l'eye-tracker (+1)
S1	Le marron	<b>L'igloo</b>	F-		
P1	Paon	<b>Main</b>			
P2*	<b>Mie</b>	Quille			
P3	Nain	<b>Chou</b>			
S2*	<b>Le renne</b>	L'ours	F-		
P4	<b>Champ</b>	Rat			
S3*	<b>L'ananas</b>	Les cerises	F-		
S4	<b>La chèvre</b>	Le talon	F+		
S5*	<b>La ceinture</b>	L'écharpe	F-		
P5*	Chat	<b>Mat</b>			
S6	La loupe	<b>La tulipe</b>	F+		
S7*	<b>La trompette</b>	La guitare	F+		
P6	Sous	<b>Pas</b>			
P7	<b>Riz</b>	Pont			
P8*	<b>Fût</b>	Fée			
S8	Le crabe	<b>La scie</b>	F-		
P9*	<b>Vent</b>	Veau			
S9*	Les chaussons	<b>Les bottes</b>	F+		
P10*	Rond	<b>Bond</b>			
S10	La voiture	<b>L'oreille</b>	F+		
<b>Total score subjectif</b>					/20

Légende

P = Domaine phonologique

S = Domaine sémantique

F = Fréquence du mot au sein de la langue française (F- : item peu fréquent / F+ : item fréquent)



Morphosyntaxe (version 4)

Si le patient réussit la moitié des items de la Compréhension de mots, proposer la Compréhension de phrases. La procédure est identique à celle de la compréhension de mots.

Cf Consignes de passation : (Epreuve chronométrée) 

Critère d'arrêt : Aucune fixation (correcte ou erronée) pour les 5 premiers items.

Item cible
Items simples
Items complexes*

			Réponses correctes	Fixations visuelles significatives, non prises en compte par l'eye-tracker (+1)
M1*	L'homme soigne la femme.	<b>L'homme est soigné par la femme.</b>		
M2	<b>Emilie court.</b>	Emilie pleure.		
M3*	Le chat est sous la chaise.	<b>Le chat est sur la chaise.</b>		
M4*	Elles lisent.	<b>Elle lit.</b>		
M5*	<b>L'enfant tire le chien.</b>	Le chien tire l'enfant.		
M6	Le garçon met ses chaussures.	<b>Le garçon porte un manteau.</b>		
M7	Elles écrivent au tableau.	<b>Elles écrivent une lettre.</b>		
M8*	<b>Le bébé a reçu beaucoup de peluches.</b>	Le bébé a reçu peu de peluches.		
M9	<b>Il est content.</b>	Il est fâché.		
M10	<b>Elle nourrit son chat.</b>	Elle attend le bus.		
<b>Total score subjectif</b>				/10

Légende

M = Domaine morphosyntaxique

Patient :

Examineur :

Date :

**Brief Evaluation of Receptive Aphasia (BERA) - Version 5**

Cf Consignes de passation (Epreuve chronométrée) 

Critère d'arrêt : Aucune fixation (correcte ou erronée) pour les 5 premiers items.

Item cible
Items simples
Items complexes*

			Fréquence (sémantique)	Réponses correctes	Fixations visuelles significatives, non prises en compte par l'eye-tracker (+1)
S1*	Le cactus	<b>La tulipe</b>	F-		
S2	<b>La ceinture</b>	L'assiette	F+		
P1*	Nain	<b>Main</b>			
P2*	<b>Riz</b>	Rat			
S3	<b>La trompette</b>	Le pantalon	F+		
P3	<b>Mie</b>	Fée			
P4	Veau	<b>Bond</b>			
S4*	La cabane	<b>L'igloo</b>	F-		
P5	Quille	<b>Fût</b>			
P6	<b>Vent</b>	Chat			
S5	<b>L'ananas</b>	Le râteau	F-		
P7*	Paon	<b>Champ</b>			
S6*	Les ciseaux	<b>La scie</b>	F-		
P8*	<b>Chou</b>	Sous			
S7*	L'œil	<b>L'oreille</b>	F+		
P9	<b>Mat</b>	Rond			
S8	<b>Le renne</b>	La gaufre	F-		
S9	La chaise	<b>Les bottes</b>	F+		
S10*	<b>La chèvre</b>	La biche	F+		
P10*	Pont	<b>Pas</b>			
<b>Total score subjectif</b>					/20

Légende


P = Domaine phonologique

S = Domaine sémantique

F = Fréquence du mot au sein de la langue française (F- : item peu fréquent / F+ : item fréquent)

Morphosyntaxe (version 5)

Si le patient réussit la moitié des items de la Compréhension de mots, proposer la Compréhension de phrases. La procédure est identique à celle de la compréhension de mots.

Cf Consignes de passation : (Epreuve chronométrée) 

Critère d'arrêt : Aucune fixation (correcte ou erronée) pour les 5 premiers items.

Item cible
Items simples
Items complexes*

			Réponses correctes	Fixations visuelles significatives, non prises en compte par l'eye-tracker (+1)
M1	Nicolas est triste.	<b>Nicolas est joyeux.</b>		
M2*	Tous les chats sont gris.	<b>Certains chats sont gris.</b>		
M3*	<b>Elle dort.</b>	Elles dorment.		
M4	Il apporte sa valise.	<b>Il caresse son chat.</b>		
M5	Elle rit.	<b>Elle pense.</b>		
M6*	Le chat mord le chien.	<b>Le chien mord le chat.</b>		
M7*	<b>Le garçon est suivi par le chien.</b>	Le garçon suit le chien.		
M8*	<b>Le chien est derrière la maison.</b>	Le chien est devant la maison.		
M9	<b>La fille mange une pomme.</b>	La fille pèle une poire.		
M10	<b>Elles regardent la télévisions.</b>	Elles regardent des photos.		
<b>Total score subjectif</b>				/10

Légende


M = Domaine morphosyntaxique

Patient :

Examineur :

Date :

Brief Evaluation of Receptive Aphasia (BERA) - Version 6

Cf Consignes de passation : (Epreuve chronométrée) 

Critère d'arrêt : Aucune fixation (correcte ou erronée) pour les 5 premiers items.

Item cible
Items simples
Items complexes*

			Fréquence (sémantique)	Réponses correctes	Fixations visuelles significatives, non prises en compte par l'eye-tracker (+1)
S1*	L'ours	<b>Le renne</b>	F-		
S2*	L'écharpe	<b>La ceinture</b>	F-		
P1*	Fée	<b>Fût</b>			
S3	Le talon	<b>La chèvre</b>	F+		
P2	Rat	<b>Champ</b>			
S4*	Les cerises	<b>L'ananas</b>	F-		
P3*	<b>Bond</b>	Rond			
P4*	<b>Mat</b>	Chat			
S5*	La guitare	<b>La trompette</b>	F+		
S6	<b>La scie</b>	Le crabe	F-		
S7	<b>La tulipe</b>	La loupe	F+		
P5	Pont	<b>Riz</b>			
P6	<b>Main</b>	Paon			
P7	<b>Pas</b>	Sous			
P8	<b>Chou</b>	Nain			
S8	<b>L'oreille</b>	La voiture	F+		
S9	<b>L'igloo</b>	Le marron	F-		
P9*	Veau	<b>Vent</b>			
P10*	Quille	<b>Mie</b>			
S10*	<b>Les bottes</b>	Les chaussons	F+		
<b>Total score subjectif</b>					/20

Légende

P = Domaine phonologique

S = Domaine sémantique

F = Fréquence du mot au sein de la langue française (F- : item peu fréquent / F+ : item fréquent)

Morphosyntaxe (version 6)

Si le patient réussit la moitié des items de la Compréhension de mots, proposer la Compréhension de phrases. La procédure est identique à celle de la compréhension de mots.

Cf Consignes de passation : (Epreuve chronométrée) 

Critère d'arrêt : Aucune fixation (correcte ou erronée) pour les 5 premiers items.

Item cible
Items simples
Items complexes*

			Réponses correctes	Fixations visuelles significatives, non prises en compte par l'eye-tracker (+1)
M1*	Le chien tire l'enfant.	<b>L'enfant tire le chien.</b>		
M2*	<b>Elle lit.</b>	Elles lisent.		
M3	Emilie pleure.	<b>Emilie court.</b>		
M4	Il est fâché.	<b>Il est content.</b>		
M5	<b>Elles écrivent une lettre.</b>	Elles écrivent au tableau.		
M6	Elle attend le bus.	<b>Elle nourrit son chat.</b>		
M7*	<b>Le chat est sur la chaise.</b>	Le chat est sous la chaise.		
M8*	Le bébé a reçu peu de peluches.	<b>Le bébé a reçu beaucoup de peluches.</b>		
M9*	<b>L'homme est soigné par la femme.</b>	L'homme soigne la femme.		
M10	<b>Le garçon porte un manteau.</b>	Le garçon met ses chaussures.		
<b>Total score subjectif</b>				/10

Légende

M = Domaine morphosyntaxique

# Protocole de la Brief Evaluation of Receptive Aphasia test (BERA) adaptée avec eye-tracker (BERA-ET)

*Mai 2022*

# Sommaire

<b>I.</b>	<b>Objectifs et pré-requis à la passation de la BERA - ET .....</b>	<b>2</b>
<b>II.</b>	<b>Contenu du protocole et conditions de passation.....</b>	<b>5</b>
A.	Matériel.....	5
B.	Patients cibles .....	8
C.	Déroulement de la passation .....	8
D.	Schéma récapitulatif des étapes de la passation de la BERA-ET .....	21
<b>III.</b>	<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>22</b>



## I. Objectifs et pré-requis à la passation de la BERA - ET

**Cible** : **Diagnostic de troubles phasiques en réception** au niveau phonologique, sémantique et morphosyntaxique chez des patients en état de conscience minimale ou émergeant de cet état de conscience minimale.

**Pré-requis** : Capacités de fixation visuelle telle qu'évaluée à l'aide d'une échelle standardisée et validée (Coma Recovery Scale-Revised ou CRS-R, Simplified Evaluation of CONsciousness Disorders ou SECONDS, ...). L'étape de calibrage de l'appareil permet également de tester les possibilités de fixation visuelle du patient.

Conditions nécessaires à l'utilisation d'une commande oculaire (Blanc, 2017) : Plusieurs troubles visuels et neuro-visuels tels que le nystagmus, les mouvements corporels involontaires ou simplement le port de lunettes peuvent entraver la bonne utilisation d'un eye-tracker à des fins d'outil de communication alternative augmentée. Cependant, la BERA-ET nécessite uniquement des mouvements oculaires de type Gauche/Droite et intègre seulement deux images, de grande taille. De fait, le pointage visuel ne nécessite pas une grande précision. De nombreux troubles visuels ne sont donc pas excluants dans le cadre de cette évaluation. Une synthèse des adaptations possibles en fonction de la pathologie visuelle rencontrée est à retrouver ci-dessous.

Dans tous les cas, un **examen orthoptique** pourra permettre d'évaluer :

- La stabilité de la fixation visuelle : possibilité de regarder dans toutes les directions et d'avoir une fixation visuelle assez importante pour valider un item sur écran par fixation prolongée. On note que seuls des mouvements Gauche/Droite sont nécessaires pour la BERA-ET.
- De manière fine le strabisme et l'œil préférentiel à une distance donnée
- Si une position préférentielle de fixation est retrouvée (notamment chez les patients cérébrolésés) et donc à appliquer lors de la passation de l'épreuve.
- Coordination oculo-céphalique : besoin ou non d'une rééducation pour limiter les mouvements parasites de la tête pouvant gêner la commande oculaire.

### Nystagmus

- Mouvement de va-et-vient rythmique, incessant et involontaire des deux yeux.
- Présence d'oscillopsies : perception de déplacements de l'environnement visuel
- Diminution du nystagmus dans certaines positions du regard. La personne pourra positionner sa tête d'une certaine manière afin d'améliorer la stabilisation du regard → **Position de blocage ou d'atténuation du nystagmus**

- Adapter le positionnement de l'eye-tracker **en fonction de la position de blocage**
- **Si mouvements involontaires trop importants (rare)** : privilégier une méthode de validation à l'écran par clignement d'œil plutôt que fixation (cligner des yeux permet de sélectionner un élément sur l'écran)

### Paralysie oculo-motrice

- Atteinte des paires de nerfs crâniens innervant les muscles oculomoteurs.
- Modification de l'alignement d'un œil par rapport à l'autre

- Si la paralysie oculo-motrice est partielle (mouvements gauche/droite possibles sur au moins un œil), **le calibrage se fera sur l'œil le plus mobile.**

### Strabisme

- Défaut d'alignement des yeux
- Trouble de la vision binoculaire
- Œil fixateur et œil dévié selon un angle et un sens de déviation

- Réglage de l'appareil sur **un seul œil** possible

### Négligence Spatiale Unilatérale /Héminégligence

- Perte de conscience de l'espace situé du côté opposé à la lésion cérébrale. Pour le patient, une moitié de son champ visuel n'existe plus.

- Positionner l'écran **dans l'hémichamp pris en compte** par le patient.
- Possibilité de tourner la tablette **en format portrait** pour une présentation des items de type haut/bas.

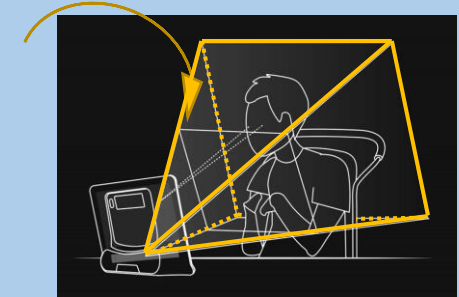
*Adaptations identiques en cas d'Hémianopsie latérale homonyme (amputation bilatérale d'un hémichamp visuel suite à une lésion du cortex visuel primaire)*

### Port de lunettes

- **Largement toléré dans l'utilisation d'un eye-tracker.**
- Les verres peuvent dévier le trajet du faisceau lumineux de sorte que le calcul de la position de l'œil ne peut plus être effectué correctement (verres épais, progressifs, absence de revêtements anti-reflet, luminosité trop importante, contre-jour).
- **Si, lors du calibrage, les yeux ne sont pas correctement repérés par l'eye-tracker** : connaître la correction optique, la puissance des verres, les besoins en termes de distance de l'écran pour déterminer si les lunettes peuvent être retirées ou non lors de l'utilisation de l'eye-tracker.

### Mouvements involontaires de la tête / du tronc

- **Tolérés dans une moindre mesure.**
- L'eye-tracker capte les mouvements oculaires dans un large espace autour du visage de la personne qui forme comme une « **boîte** » (Volume d'Utilisation Autorisé). Même si le patient présente des mouvements involontaires et une grande agitation, les fixations visuelles seront prises en compte tant qu'il reste dans cet espace.
- Si le patient glisse de son fauteuil, alors il se peut qu'il sorte de la « boîte » et que l'appareil ne détecte plus ses mouvements oculaires.



Références bibliographiques : (Amortila, 2020; Azouvi et al., 2006; Blanc, 2017; Chatard, 2018; Gravier, 2018; Nystagmus congénital ou acquis, s. d.; Rucker, 2021; Tarnutzer & Straumann, 2018)

## II. Contenu du protocole et conditions de passation

### A. Matériel

La **BERA sous format informatisé** comporte les mêmes éléments que la BERA validée par Aubinet et al. (2021), soit **60 dessins linéaires représentant les 30 items cibles et leur distracteur**, 10 pour chaque sous-test de chaque version. La moitié des items sont simples à discriminer alors que les autres plus proches phonologiquement, sémantiquement ou morphosyntaxiquement, et donc plus complexes. La batterie se compose de **deux versions** contenant certains items cibles et leur distracteur différents.

- **Pour l'évaluation de la phonologie** : mots uni-syllabiques de type « consonne-voyelle ». La moitié des cibles est présentée avec des distracteurs neutres n'ayant aucun phonème commun (items simples), les distracteurs des 5 autres cibles étant des voisins phonologiques variant uniquement selon la consonne ou selon la voyelle (items complexes). Ces items ont été inspirés par l'Examen Long du Langage (ULg/UCL).
- **Pour l'évaluation du niveau sémantique** : les 5 items simples contiennent des distracteurs neutres, alors que pour le niveau plus complexe, les distracteurs sont des voisins sémantiques. Ces items de haute (F+) et basse (F-) fréquence ont principalement été repris de la batterie LEXIS (De Partz et al).
- **Pour l'évaluation de la morphosyntaxe** : les phrases ont notamment été inspirées du protocole Montréal-Toulouse 86 (Joanette et al). La moitié des items propose des phrases sémantiquement différentes comme distracteurs, alors que la seconde les fait varier selon divers éléments morphosyntaxiques : phrases variant selon la voie (active vs passive), le caractère réversible du verbe, le nombre (singulier vs pluriel), la préposition de lieu et le déterminant du sujet ou du complément.

Un **cahier de passation** est inclus dans le protocole et contient les deux versions de la BERA sous format papier (support à la passation en Annexe III). L'ordre des items de chaque domaine a été généré aléatoirement par randomisation pour chaque version de la BERA afin d'éviter tout biais de présentation. La première étape du protocole permet d'évaluer la compréhension de mots et réunit les items « phonologie » et « sémantique ». La deuxième étape n'est présentée que si le patient obtient un score supérieur à la moitié à la compréhension de mots (score  $\geq 10$ ). Elle permet l'évaluation de la compréhension de phrases.

La passation de ce protocole suppose la **présence d'un eye-tracker, d'un écran et d'un logiciel d'application**. Un **tableau récapitulatif** de la distance, du positionnement de l'appareil et du logiciel de calibrage pour plusieurs eye-trackers est à retrouver en Annexe I.

Un **clavier sans fil ou avec un fil suffisamment long** est également préconisé afin de passer d'un item à un autre sans avoir besoin d'intervenir sur l'écran. On limitera ainsi les distracteurs.

## Items de la BERA VERSION 1

PHONOLOGIE	
Mie	Fée
Vent	Chat
Mat	Rond
Quille	Fût
Veau	Bond
Paon	Champ
Nain	Main
Chou	Sous
Riz	Rat
Pont	Pas

SEMANTIQUE		
Trompette	Pantalon	F+
Chaise	Bottes	F+
Ceinture	Assiette	F+
Renne	Gaufre	F-
Ananas	Râteau	F-
Œil	Oreille	F+
Chèvre	Biche	F+
Cactus	Tulipe	F-
Ciseaux	Scie	F-
Cabane	Igloo	F-
F : Fréquence		

MORPHOSYNTAXE	
Elle rit.	Elle pense.
Nicolas est triste.	Nicolas est joyeux.
La fille mange une pomme.	La fille pèle une poire.
Il apporte sa valise.	Il caresse son chat.
Elles regardent la télévision.	Elles regardent des photos.
Le garçon est suivi par le chien.	Le garçon suit le chien.
Le chat mord le chien.	Le chien mord le chat.
Elle dort.	Elles dorment
Le chien est derrière la maison.	Le chien est devant la maison.
Tous les chats sont gris.	Certains chats sont gris.

## Items de la BERA VERSION 2

PHONOLOGIE	
Main	Paon
Chou	Nain
Pont	Riz
Rat	Champ
Pas	Sous
Quille	Mie
Fée	Fût
Bond	Rond
Mat	Chat
Veau	Vent

SEMANTIQUE		
Oreille	Voiture	F+
Talon	Chèvre	F+
Tulipe	Loupe	F+
Scie	Crabe	F-
Igloo	Marron	F-
Guitare	Trompette	F+
Bottes	Chaussons	F+
Echarpe	Ceinture	F-
Ours	Renne	F-
Cerises	Ananas	F-
F : Fréquence		

MORPHOSYNTAXE	
Emilie pleure.	Emilie court.
Il est fâché.	Il est content.
Le garçon porte un manteau.	Le garçon met ses chaussures.
Elle attend le bus.	Elle nourrit son chat.
Elles écrivent une lettre.	Elles écrivent au tableau.
L'homme est soigné par la femme.	L'homme soigne la femme.
Le chien tire l'enfant.	L'enfant tire le chien.
Elle lit.	Elles lisent.
Le chat est sur la chaise.	Le chat est sous la chaise.
Le bébé a reçu peu de peluches.	Le bébé a reçu beaucoup de peluches.

## B. Patients cibles

Patients en **état de conscience minimale** (plus ou moins) ou **émergeant de cet état de conscience minimale** (diagnostiqués à l'aide d'une évaluation répétée et standardisée), âgé d'**au moins 16 ans**.

## C. Déroulement de la passation

La passation se déroule en plusieurs étapes, de l'installation du patient à l'enregistrement des données. La passation même de la BERA avec eye-tracker est estimée à **20-30 min** selon le patient et son état au moment de l'évaluation. Nous conseillons de connaître ou d'avoir réalisé au préalable une évaluation de l'état de conscience du patient afin de s'assurer qu'il puisse réaliser la passation de la BERA. Pour ce faire, la SECONDS permet une évaluation rapide et fiable de l'état de conscience des ECA (7-10 min selon Aubinet et al. (2021)). Une vidéo consultable gratuitement en ligne est disponible afin d'aider à la passation de la SECONDS : [SECONDS Administration Guidelines: A Fast Tool to Assess Consciousness in Brain-injured Patients | Protocol \(Translated to French\) \(jove.com\)](#).

### C.1. Conditions idéales de passation

L'environnement est un élément essentiel à prendre en compte dans l'évaluation des patients ECA. Il est recommandé d'effectuer l'évaluation du patient dans un environnement suffisamment éclairé, dénué de bruits et d'éléments parasites évitables (limiter les stimuli externes). Une période de repos avant l'évaluation est également préconisée afin d'éviter une fatigabilité mentale (absence de trop de stimulations avant l'évaluation) (Giacino et al., 2002; Gosseries et al., 2014; Wolff et al., 2018).

Si des signes de fatigue sont observés au cours de la passation, il est nécessaire de faire une pause voire d'arrêter le protocole.

Si le patient présente une infection ou toute autre condition médicale entravant son bon état physique et mental, il est conseillé de reporter la passation.

Certains auteurs reportent de meilleurs scores lorsque la passation est réalisée le matin. Il est cependant nécessaire de « combiner des évaluations répétées (au mieux 5 fois, sur un laps de temps court) en alternant matinée et après-midi afin de capter les fluctuations propres au patient » et ainsi d'obtenir des résultats fiables (Gosseries et al., 2014; Wolff et al., 2018).

### C.2. Positionnement du patient et placement de l'eye-tracker

Nous conseillons dans la mesure du possible **l'aide d'un ergothérapeute** afin d'aider à la bonne installation du patient et à l'adaptation de la position de l'eye-tracker.

Positionnement du patient : Le patient doit être dans une position confortable et stable. Il est recommandé que le patient soit en position assise sur un siège stable (Gosseries et al., 2014). Si cela n'est pas possible, il convient de vérifier que le patient ne soit pas dans des conditions pouvant entraîner une chute latérale et progressive du tronc par exemple.

Positionnement de l'eye-tracker : Pour placer l'eye-tracker correctement, il convient de s'adapter au positionnement de la tête du patient et de l'orientation de son regard en adaptant le support soutenant l'appareil et non l'inverse. En effet, si nous agissons directement sur le patient, nous pouvons entraîner un inconfort postural

et donc augmenter sa fatigabilité et/ou parasiter son attention. Il est donc important de savoir dans quelles positions le patient est confortable. Certains patients peuvent avoir un positionnement de tête particulier avec l'orientation du regard vers le plafond. Il faudra alors adapter la position du dispositif.

On recommande en moyenne une **distance de 60 cm entre le patient et l'eye-tracker** (à adapter selon l'eye-tracker). Il est préconisé de présenter l'écran / tablette **en format paysage**.

En cas **d'héminégligence avérée**, on pourra présenter les items du côté pris en compte par le patient et tourner la tablette en format portrait pour une présentation des items de type haut/bas.

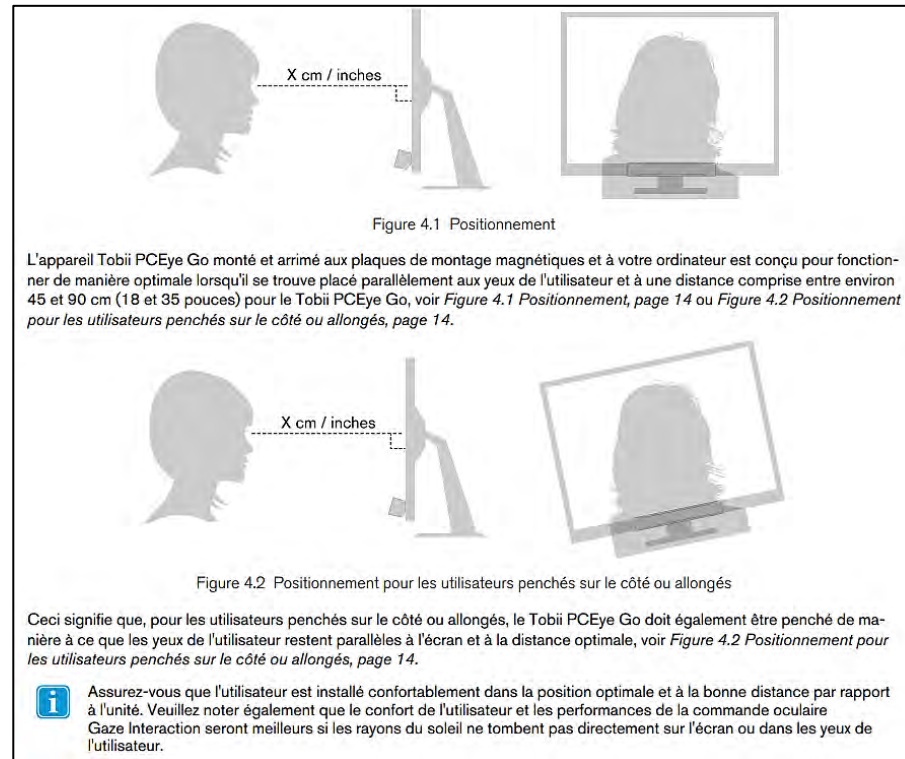


Figure 26 : Exemple des conseils de positionnement de l'appareil selon Tobii

Adaptations du support au dispositif : « Le support sur lequel l’eye-tracker est posé doit être le plus stable possible afin qu’aucun mouvement parasite ne vienne troubler son utilisation » (Cauchebras, 2016). Cela peut passer par un bras articulé réglable et solide (bras de support / bras de fixation) ou un portant à roulettes / trépied) pouvant être stabilisé. Ces adaptations sont conseillés pour les **personnes alitées ou ayant besoin d’avoir le corps en position semi-assise**. Le support doit pouvoir être modifiable dans n’importe quel angle/degré répondant aux besoins du patient. Une fois positionné, il devra également être stable.



*Utilisation d'un trépied (Assistech, 2022)*

*Patientalité, utilisation d'un trépied (MACSF.fr, 2022)*

*Sur la tablette du patient (AngersTech, 2022)*

*Bras de fixation (Domodep, 2022)*



### C.3. Réalisation du calibrage de l'appareil


Le calibrage de l'appareil est une étape essentielle dans l'utilisation d'un eye-tracker pour déterminer si l'installation faite au préalable répond aux besoins du patient. Il doit être réalisé avant la passation de la BERA selon la marque de l'eye-tracker. Pour cela, il est nécessaire de suivre le guide de positionnement défini par le fournisseur de l'eye-tracker utilisé. Dans la majorité des cas, une « fenêtre de suivi » permet un retour caméra ou la visualisation des pupilles en temps réel sur l'écran (Cauchebras, 2016). Cela permet de vérifier que patient et eye-tracker sont bien positionnés et que l'appareil est à la bonne distance. Les yeux doivent se situer au centre de la fenêtre et être captés par l'appareil. Certains fournisseurs comme Tobii préconisent d'effectuer plusieurs mouvements de tête pour vérifier le bon positionnement de l'appareil par rapport aux yeux du patient.

Si vous avez besoin d'aide, il existe un **Guide de positionnement** qui apparaît automatiquement en bas à droite de votre moniteur.

Le **Guide de positionnement** est un guide visuel qui combine la fonction du visualiseur d'état du suivi avec des instructions basées sur six images différentes pour aider l'utilisateur à trouver le bon positionnement.

Les 6 instructions demandent à l'utilisateur de :

1. Bouger la tête vers le bas.
2. Bouger la tête vers le haut.
3. Tourner la tête à droite.
4. Tourner la tête à gauche.
5. Approcher la tête du moniteur.
6. Éloigner la tête du moniteur.



Approcher la tête du moniteur.

Tourner la tête à droite.

S'en suit dans la majorité des cas une tâche où il est demandé au patient de fixer un certain nombre de points sur l'écran. Le calibrage peut être réalisé plusieurs fois et pour chaque œil afin de déterminer la stabilité de fixation visuelle de chacun et ainsi identifier l'œil directeur.

Comme évoqué précédemment, la BERA-ET nécessite uniquement des mouvements oculaires de type Gauche/Droite et intègre deux images de grande taille. De fait, le pointage visuel ne nécessite pas une grande précision et un **calibrage avec 2 voire 4 points suffit amplement**.

**Si le calibrage est trop difficile à réaliser** (difficultés de positionnement du patient ou mouvements oculaires pas assez « fins »), nous conseillons au praticien de le réaliser lui-même. En effet, même si l'appareil ne s'appuiera pas exactement sur les capacités visuelles du patient, **la précision des eye-trackers actuels est telle que même sans calibrage**, la position du regard est fixée à 2-4 cm près. Chaque item de l'évaluation ne comportera que deux images qui prendront la majorité de la surface de l'écran, soit bien plus de 4 cm de côté.

#### **C.4. Ajustement des paramètres de sélection visuelle :**

Pour fonctionner, les eye-trackers nécessitent l'installation de logiciels de paramétrage et de calibrage (*ex : GazePoint pour Tobii*). Ces derniers proposent notamment l'affichage d'un curseur de souris. Avant de commencer l'évaluation BERA-ET, il est vivement conseillé de désactiver l'affichage de tout pointeur afin de ne pas perturber le test. En effet, le patient aura tendance à fixer la flèche légèrement vers le bas et sa fixation visuelle va petit à petit descendre, attirant son regard vers le bas de l'écran. Ce phénomène parasite la poursuite oculaire et peut entraîner une fatigue importante chez certains patients.



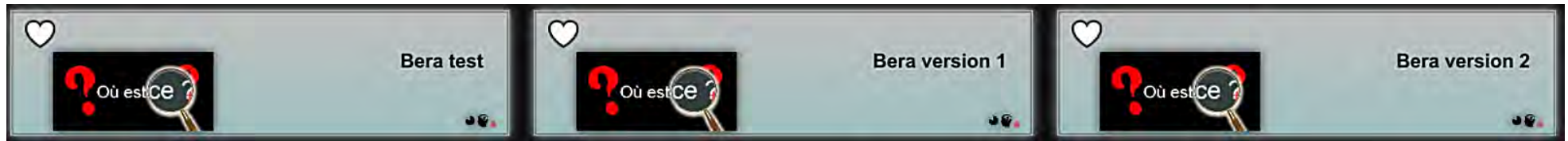
### C.5. Passation de la BERA sous format informatisé :

La passation de la BERA sous format informatisé se fait sur le logiciel Gaze Play (Schwab et al., 2018).



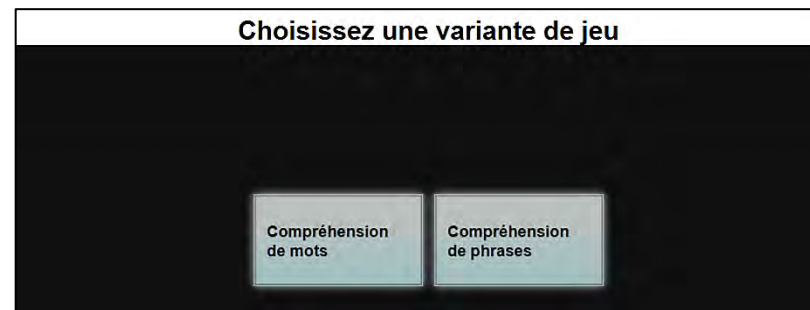
Remarque : Le lien permettant de télécharger GazePlay pour la passation de la BERA peut émettre un message d'erreur indiquant que celui-ci n'est pas sécurisé. Ce n'est cependant pas le cas.

Une fois le logiciel ouvert, il est possible de créer un espace pour chaque patient en cliquant sur « Ajouter un nouvel utilisateur ». Deux versions de la BERA sont disponibles ainsi qu'un pré-test :



Pour chaque version, deux modules d'évaluation sont proposés :

- Le module 1 « *Compréhension de mots* », qui comprend les domaines phonologique et sémantique.
- Le module 2 « *Compréhension de phrases* » qui comprend le domaine morphosyntaxique et n'est à proposer que si le patient réussit correctement la moitié des items de la compréhension de mots.



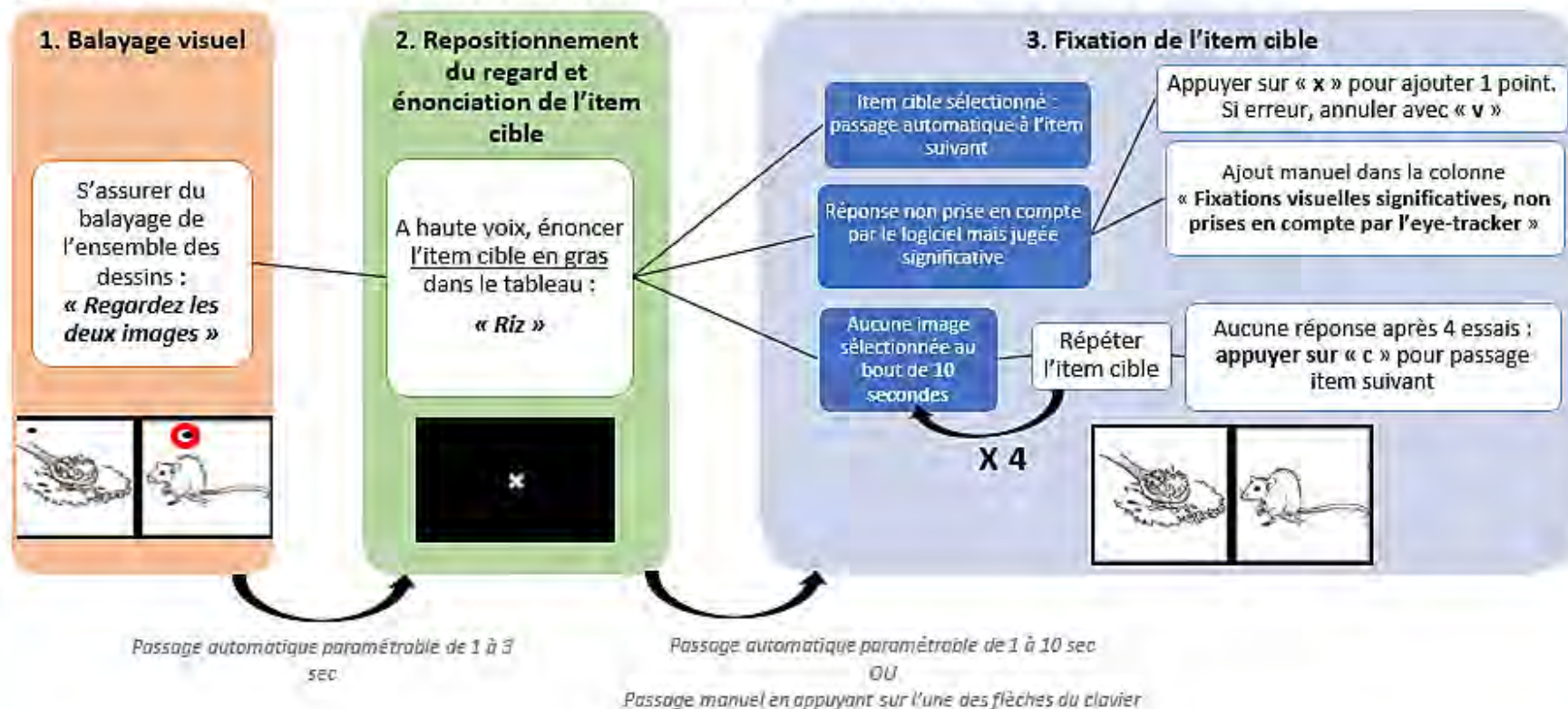
Lors de la passation, plusieurs touches du clavier pourront être utilisées (Cf. Protocole ci-contre) :

- « c » : passage à l'item suivant
- « v » : enlever -1 point
- « x » : ajouter +1 point
- « q » : quitter le jeu

## Procédure (2 versions)

Une fois l'écran placé à environ 60 cm du visage du patient et après avoir effectué le calibrage : lancer le logiciel pour la passation de la BERA-ET.

**Consignes de passation** : la procédure se découpe en trois étapes, identiques pour chaque item



Pour quitter l'évaluation avant que celle-ci ne soit terminée, appuyer sur la touche « q » du clavier.

Évaluation de la compréhension de mots exclusivement (phonologie et sémantique), puis de la compréhension de phrases si le patient fixe correctement au moins la moitié des cibles.

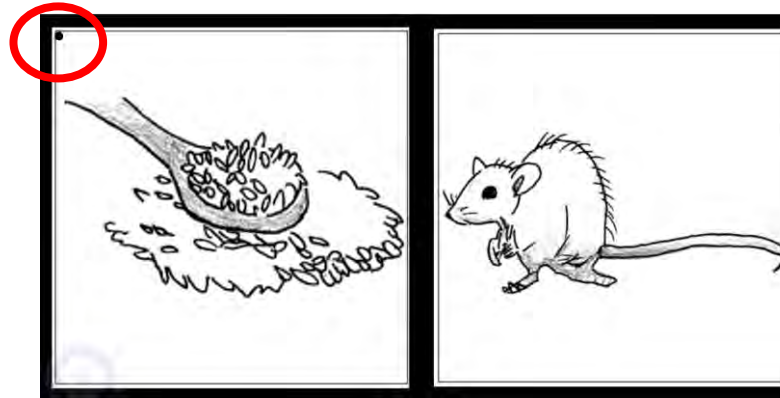
En cas de somnolence, stimuler le/la patient/e de manière auditive ou tactile, et interrompre l'examen si nécessaire pour lui permettre de se reposer.

**Critère d'arrêt** : Aucune fixation (correcte ou erronée) pour les 5 premiers items.

**Durée de passation estimée** : 20 à 30 min (Variable selon le niveau de conscience et les capacités du patient)

### a) Etape de balayage visuel

Pour chaque item, un **balayage visuel** des deux images est demandé au patient pour s'assurer de la prise en compte de l'ensemble de la scène visuelle. Un « timer » (rond jaune) ainsi qu'un feed-back permanent (point noir en haut à gauche) apparaissent lorsque chaque image a été fixée 0.5 secondes. Il permet à l'évaluateur d'être sûr que chaque dessin a été perçu avant d'énoncer l'item cible. Les 500 ms correspondent au temps minimal nécessaire pour accéder à une information perçue visuellement (Tullis & Albert, 2013).



### b) Etape de repositionnement du regard et énonciation de l'item cible

Lorsque le patient a fixé chacune des deux images 0.5 secondes, un écran noir avec une croix blanche au centre de l'écran apparaît automatiquement. Durant cette étape, l'évaluateur devra énoncer l'item cible à regarder (« Riz »). Cette étape permet de repositionner le regard du patient au centre de l'écran afin qu'il ne démarre pas son exploration visuelle et qu'il ne reste pas focalisé au niveau de l'item précédemment sélectionné. Elle donne également le temps au cotateur d'énoncer chaque consigne. Enfin, elle permet d'être au plus proche de la BERA d'origine où l'on demande au patient de regarder l'examineur afin de recentrer son regard.

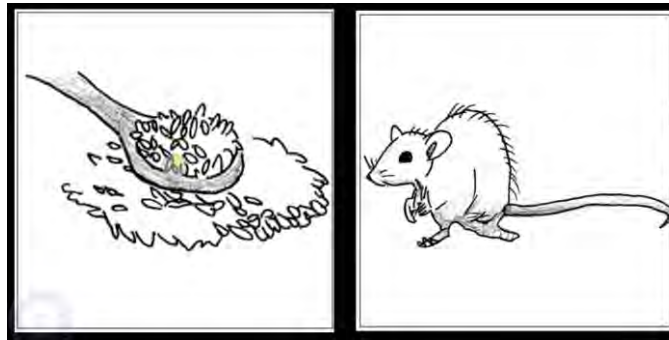
**Paramètres** : Cette étape est paramétrable en termes d'automatisation (mode manuel ou automatique) et de durée de présentation de l'écran noir :

- Soit la passation est manuelle : la page reste affichée tant que l'évaluateur n'aura pas choisi de **passer à l'étape suivante en cliquant sur l'une des flèches du clavier**.
- Soit la passation est automatique : la page est affichée un certain temps réglable dans les paramètres, avant de passer automatiquement à l'étape suivante.

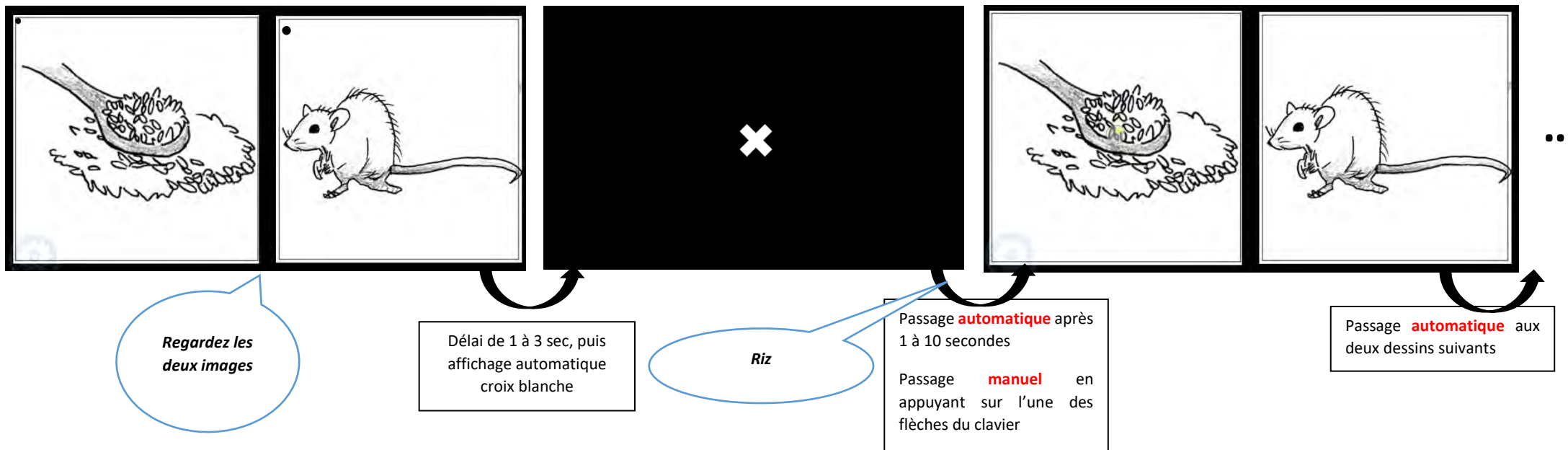


### c) Etape de fixation de l'item cible

Une fois l'item cible énoncé, une **fixation de deux secondes est requise** pour que l'item soit validé. Cette fixation est visualisée par un « **timer** ».



Schématisation des étapes selon les paramètres choisis :

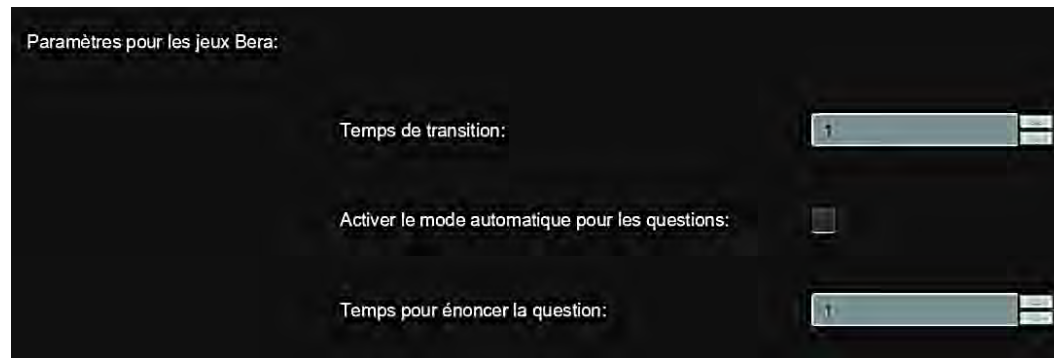




**Gestion des paramètres** : Les paramètres ci-dessus sont modifiables en allant dans le menu « Paramètres » en bas à gauche de l'écran d'accueil :

Dans « Paramètres pour les jeux BERA » :

- « **Temps de transition** » : Le temps de transition correspond au délai entre l'étape a. et b. Il est paramétrable de 1 à 3 secondes.
- « **Activer le mode automatique pour les questions** » : L'évaluateur peut choisir la passation automatique de l'étape b. à l'étape c. en cochant la case « Activer le mode automatique pour les questions ».
- « **Temps pour énoncer la question** » : correspond à la durée de présentation de l'écran noir avec une croix blanche en son centre si le passage se fait automatiquement. Elle est paramétrable de 1 à 10 secondes.
- Pour un **passage manuel** de l'étape b. à l'étape c, il suffit de **ne pas cocher la case** « Activer le mode automatique pour les questions ». Le passage se fera en cliquant sur l'une des flèches du clavier.



Fermer la session du patient / Changer d'utilisateur

Quitter le logiciel



### Module Pré-test

Le module « Pré-test » permet au thérapeute de tester les paramètres choisis avec son patient avant de réaliser toute évaluation. Il se compose de deux jeux d'images et fonctionne sur le même principe que l'évaluation.

## C.6. Consignes de cotation

La cotation se fait automatiquement sur le logiciel informatique. Plusieurs sous-scores seront obtenus selon le domaine linguistique (phonologie, sémantique, morphosyntaxe), la difficulté des items proposés (items simples ou complexes), la fréquence des mots présentés (haute ou basse fréquence dans le domaine sémantique), ainsi que la place de l’item cible par rapport au patient (gauche, droite).

Le calcul de ces sous-scores permet d’obtenir :

- Un score de compréhension de mots : nombre d’items réussis à la fois en compréhension phonologique et sémantique.
- Un score de compréhension phrases : score obtenu dans le domaine morphosyntaxique.
- Un score de compréhension de mots et de phrases (si le patient réussit au moins la moitié des cibles de la compréhension de mots) : nombre d’items réussis à la fois en compréhension phonologique, sémantique et morphosyntaxique. Ce score est à calculer par ajout du score de compréhension de mots et de phrases. Il en va de même pour le temps total de passation.

Modification de la cotation selon les observations du thérapeute : Afin de prendre en compte les aspects qualitatifs de l’évaluation et le regard clinique du thérapeute, ce dernier a la possibilité d’ajouter des points au cours de la passation s’il juge que le patient, malgré une durée de fixation inférieure à deux secondes, pointe visuellement l’item cible à plusieurs reprises sans parvenir à garder une fixation assez longue pour le sélectionner.

Le thérapeute pourra ajouter un point par item s’il juge que les fixations visuelles sont assez nombreuses pour relever d’un pointage signifiant. Les ajouts du cotateur seront pris en compte par le logiciel pour la cotation. On pourra modifier à la fin de chaque passation le nombre de points ajoutés à l’appréciation du clinicien.

### a. Phonologie

<b>Total phonologie</b>	/10
<b>Score items simples</b>	/5
<b>Score items complexes</b>	/5
<b>Score items cibles gauche</b>	/5
<b>Score items cibles droite</b>	/5

### b. Sémantique

<b>Total sémantique</b>	/10
<b>Score items simples</b>	/5
<b>Score items complexes</b>	/5
<b>Score items fréquents (F+)</b>	/5
<b>Score items peu fréquents (F-)</b>	/5
<b>Score items cibles gauche</b>	/5
<b>Score items cibles droite</b>	/5

### c. Compréhension de phrases (Morphosyntaxe)

<b>Total morphosyntaxe</b>	/10 Temps (sec) :
<b>Score items simples</b>	/5
<b>Score items complexes</b>	/5
<b>Score items cibles gauche</b>	/5
<b>Score items cibles droite</b>	/5
<b>Score items sélectionnés manuellement</b>	/10



#### d. Compréhension de mots

Total compréhension de mots (phonologie + sémantique)	/20 Temps (sec) :
Total items ajoutés manuellement	/20
Total compréhension de mots avec items sélectionnés manuellement	/20


#### e. Compréhension de mots et de phrases

Total compréhension de mots et phrases (phonologie + sémantique + morphosyntaxe)	/30 Temps total (sec) :
Total compréhension de mots et phrases avec items sélectionnés manuellement	/30

### C.7. Enregistrement des données et interprétation des résultats

Les performances du patient sont sauvegardées par le thérapeute et consultables directement sur le logiciel.

Les résultats sont affichés directement sur le logiciel à la fin de la passation. Un fichier Excel reprenant l'ensemble des scores est accessible à la fin de chaque passation

en cliquant sur l'icône en bas à droite de l'écran . Chaque fixation, durée de fixation et balayage visuel sont également enregistrés et affichés à la fin de la passation.

Pour que les résultats du patient ne soient pas considérés comme dus au hasard, il convient d'obtenir au moins 50% de bonnes réponses dans chaque domaine, ainsi qu'au niveau du score total. Des résultats hétérogènes dans les différents domaines seront néanmoins à prendre en compte et à analyser (ex : si 2/10 en phonologie et 4/10 en sémantique, on peut présumer que la phonologie est plus déficitaire chez le patient que le domaine sémantique).

Les items de la BERA présentés à des sujets sains de différents milieux socioculturels ayant été parfaitement réalisés (Aubinet et al., 2021), chaque erreur peut refléter la présence de difficultés langagières dans le domaine ciblé. Vu l'étendue des lésions cérébrales chez certains patients post-coma, la présence d'autres troubles cognitifs susceptibles d'interférer avec cette évaluation langagière doit être considérée.

En comparant les résultats correctes à gauche et à droite, si les items réussis sont latéralisés d'un côté, la présence d'une hémiparésie pourra être suspectée. Il sera alors utile d'administrer une nouvelle fois le test en présentant les items du côté pris en compte par le patient. On pourra également tourner la tablette en format portrait pour une présentation des items de type haut/bas.

### **C.8. Possibilité de faire passer une deuxième version de la BERA**

Deux versions de la BERA ont été validées, permettant de réitérer l'évaluation en réduisant l'effet test-retest (déjà très minime dans cette évaluation). Le protocole actuel comprend également les deux versions sous format informatisé.

Le clinicien est invité à répéter cette évaluation le plus de fois possible (5 fois selon les recommandations actuelles) pour obtenir des résultats fiables au vu des fluctuations importantes chez les ECA.

#### ***Comportement durant l'épreuve***

*De manière transversale, il est recommandé de faire des phrases courtes et d'encourager le patient tout au long de l'épreuve. Il est important de considérer le patient comme conscient, même si son répertoire comportemental est fortement réduit. De ce fait, il conviendra d'expliquer l'objectif de cette évaluation au patient et de lui faire part du besoin de sa collaboration tout au long de l'épreuve (Gosseries et al., 2014).*

## D. Schéma récapitulatif des étapes de la passation de la BERA-ET

### Conditions idéales de passation

- Favoriser un **environnement calme, bien éclairé, sans bruit parasite**
- **Eviter un surplus de stimuli** avant la passation (patient reposé)
- **Aucune infection ou maladie** pouvant altérer les capacités du patient

### Positionnement du patient et placement de l'eye-tracker

- Privilégier une **position confortable** (assise si possible) et **stable** pour le patient
- **Placer l'appareil à la distance nécessaire** pour un fonctionnement optimal de l'eye-tracker (*se référer à la notice de l'eye-tracker utilisé*) : autour de 60 cm
- Positionner l'eye-tracker **selon l'angle répondant aux besoins du patient**
- Toujours **adapter l'installation du support au patient** et non l'inverse
- **Attention aux reflets lumineux** trop importants sur l'écran du dispositif utilisé

### Réalisation du calibrage de l'appareil

- Utiliser le guide positionnement de l'appareil selon la marque de l'eye-tracker
- Se référer au guide de chaque appareil pour le calibrer
- Si le calibrage n'est possible que sur un seul œil (ex : si strabisme), **privilégier la passation avec l'œil directeur**

### Passation de la BERA sous format informatisé

- Possible **pré-test** des paramètres avec le patient sur 2 items : module "Pré-test"
- Evaluation : se référer au cahier de passation : 30 items cibles à énoncer à voix haute et leur distracteur
- **Si score inférieur à 10 à l'épreuve de compréhension de mots**, ne pas présenter l'épreuve de compréhension de phrases
- Balayage visuel : Feedback visuel (point noir) apparaît une fois l'image balayée 0,5 s
- Fixation item cible :
  - Si cible fixée : Le passage à l'item suivant se fait automatiquement, tout comme la cotation
  - Si aucune cible fixée : passage à **l'item suivant** en appuyant sur la touche « c » du clavier
  - Si la cible semble fixée, mais non prise en compte par le logiciel, possibilité **d'ajouter un point** en appuyant sur la touche « x » du clavier (en cas d'erreur, appuyer sur « v » pour annuler le point)
- Possibilité de répéter chaque item 4 fois si aucune réponse valide au bout de 10 sec

### Enregistrement des données et interprétation des résultats

- Résultats disponibles sous tableau Excel sur l'icone vert en bas à droite
- Comparaison des résultats des items à gauche vs. à droite : hémignégligence ?
- Chaque erreur peut refléter la présence de difficultés langagières dans le domaine ciblé

### Possibilité de faire passer une deuxième version de l'évaluation

- Laisser un minimum de 45 à 60 min d'intervalle si la passation est réalisée le même jour

# Brief Evaluation of Receptive Aphasia test (BERA) adaptée avec eye-tracker (BERA-ET) : Eléments théoriques

*Mai 2022*

# Sommaire

I. Cadre théorique.....	3
A. Terminologie des états de conscience altérée (ECA) et signes de conscience.....	3
B. Evaluation de l'état de conscience.....	6
C. ECA et capacités langagières résiduelles.....	7
D. Modèles cognitifs de la compréhension orale.....	8
II. Informations sur le système d'eye-tracking ou « Commande oculaire ».....	11
A. Principe.....	11
B. Domaines d'application et intérêts.....	13
C. Importance du calibrage de l'appareil.....	15
III. Contexte d'élaboration du protocole.....	16
IV. Références bibliographiques.....	17

## I. Cadre théorique

### A. Terminologie des états de conscience altérée (ECA) et signes de conscience

Définir la conscience constitue un réel défi pour lequel il n'y a à ce jour aucun consensus et aucune exactitude. En neurosciences, deux critères émergent pour qualifier cette conscience (Laureys, 2006b; Royal College of Physicians, 2020) :

- **L'état d'éveil / vigilance** (« wakefulness ») : Une personne est dite consciente si elle est éveillée, c'est-à-dire si elle est capable d'ouvrir les yeux en spontanée ou suite à une stimulation.
- **Le contenu de la conscience** (« content of consciousness » / « awareness ») : Nous ne sommes pas simplement conscient, mais toujours conscient *de quelque chose*. Le contenu de conscience correspond ainsi à la perception consciente de soi et de l'environnement. Il relève de « toute **expérience subjective** qu'une personne peut avoir » (Jourdan et al., 2018). Nous distinguons la conscience de soi (notre monde intérieur réunissant la conscience de l'autre différent de soi, de nos désirs, croyances, nous comme narrateur de notre vie, la reconnaissance de notre corps comment étant le nôtre et la conscience de nos sensations corporelles et émotionnelles) de la conscience perceptive du monde extérieur (informations perçues par nos sens pour prendre conscience du monde environnant), faisant appel à des réseaux cérébraux distincts (Figure 1).

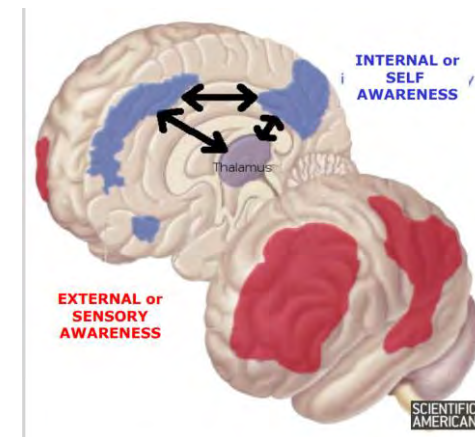
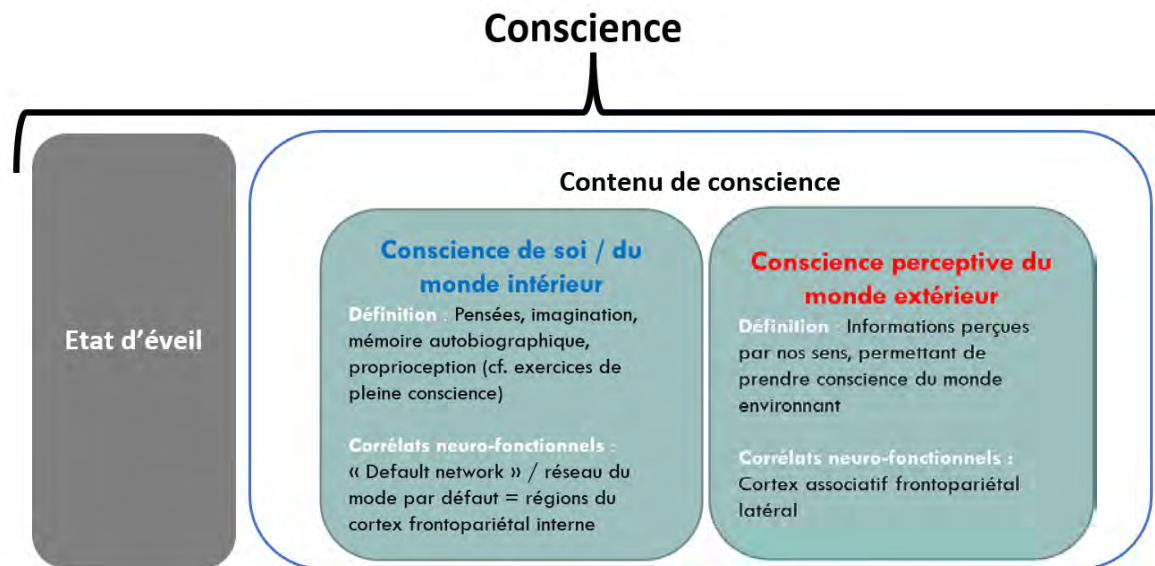


Figure 27 : Schématisation des réseaux de la conscience, selon Steven Laureys (2007), en bleu le réseau de la conscience du monde interne et en rouge le réseau de la conscience du monde externe

L'état de conscience altérée (ECA) se caractérise par une **perturbation de la perception de soi et de son environnement, après une période de coma et suite à une lésion cérébrale sévère** (Annen et al., 2020). Eveil et contenu de conscience peuvent ainsi être absents ou se retrouver fortement perturbés (Jourdan et al., 2018). Plusieurs troubles de conscience sont retrouvés dans la littérature (Giacino et al., 2002; Royal College of Physicians, 2020). Ces différents états sont définis selon le niveau d'éveil et de perception consciente et s'appuient sur des critères diagnostic précis (*Tableau 1*). Nous retrouvons :

- **Le coma** : absence totale d'éveil et de conscience de soi et de l'environnement
- **L'état végétatif ou syndrome d'éveil non répondant (SENR)** : état d'éveil sans conscience de soi et de l'environnement
- **L'état de conscience minimale (ECM) ou état pauci-relationnel** : signes comportementaux de conscience limités mais clairement identifiables, traduisant le fonctionnement partiel de certains processus cognitifs
- **L'émergence de l'état de conscience minimal (EECM)** : récupération progressive d'une conscience normale, non considéré comme un ECA

Etat de conscience	Présence d'éveil	Présence d'une perception consciente	Conscience altérée	Signes de conscience observables	Signes cliniques observables	Capacités motrices
<b>Coma</b>	NON	NON	OUI		Aucun	Réflexes uniquement
<b>SENR (état végétatif)</b>	OUI	NON	OUI	Aucun	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Etat d'éveil fluctuant (ouverture des yeux spontanée ou suite à une stimulation)</li> <li>- Mouvements réflexe et spontanés possibles mais non appropriés (pleurs, rires, grimaces, mouvements des yeux dont fixation oculaire limitée à 1/2sec, de la tête et des membres)</li> <li>- Préservation des fonctions automatiques comme le cycle veille-sommeil</li> <li>- <b>Aucun signe de conscience de soi et de l'environnement</b></li> <li>- <b>Absence de toute réponse émotionnelle adaptée au contexte</b></li> <li>- <b>Absence de comportement volontaire reproductible ou intentionnel face à tout stimulus</b></li> <li>- <b>Aucun signe de compréhension et expression du langage</b></li> </ul>	Réflexes uniquement
<b>ECM -</b>	OUI	OUI (Comportements de bas niveau)	OUI		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poursuite visuelle (poursuivre son reflet dans un miroir, une personne dans la pièce)</li> <li>- Fixation visuelle (non systématique, ne suffit pas à évoquer un contenu de conscience)</li> <li>- Localisation des stimulations nociceptives</li> <li>- Réaction motrice automatique adaptée par rapport à l'environnement et non attribuable à un réflexe (comportement orienté) (se gratter, saisir un objet, tenir le lit)</li> <li>- Location d'un objet (attraper et serrer la main de quelqu'un)</li> <li>- Manipulation d'objets (tenu 5 sec + rotation de certains objets)</li> <li>- Réactions affective/ émotionnelles appropriées et contextualisées</li> <li>- <b>Aucun signe d'efficacité des fonctions réceptive et expressive du langage</b></li> </ul> <p>→ <b>Comportements non réflexes, dirigés vers un but, contextualisés, mais fluctuants et inconstants</b></p>	Variables
<b>ECM +</b>	OUI	OUI (Haut niveau : préservation relative du langage)	OUI		<p>Au moins l'un des trois critères :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Réponse à la commande / mouvement sur demande (ex : ouvrir la bouche) : répond correctement lors de minimum deux demandes pour une même commande</b></li> <li>- Verbalisation intelligible (au moins une réponse négative compréhensible telle que « stop », « non ») *</li> <li>- Communication non fonctionnelle mais intentionnelle (réponses oui/non gestuelles ou verbales) *</li> </ul>	Variables
<b>EECM</b>	OUI	OUI	OUI		<p>Au moins l'un des signes suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Communication interactive fonctionnelle : verbalisation, réponse oui/non, utilisation de l'écriture, utilisation d'une communication alternative augmentée (CAA)</li> <li>- Utilisation fonctionnelle d'objets : discrimination dans l'utilisation d'au moins deux objets différents</li> </ul> <p>→ <b>Cohérence et fiabilité des réponses jugées plus constantes lors des phases d'éveil pour au moins deux évaluations consécutives</b></p>	Variables
* Selon la première définition dans la littérature (Giacino et al., 2002). Les items de verbalisation et de communication intentionnelle n'étaient pas repris dans certaines publications ultérieures (Bruno et al., 2012).						

Tableau 2 : Synthèse des critères diagnostic des patients ECA, selon Jourdan et al. (2018) – s'appuyant sur Royal College of Physicians (2020) ; Laureys (2005 ; 2010) ; Multi-Society Task Force (1994) ; Giacino et al. (2002) ; Wannez, (2018) ; Aubinet et al.(2018) ; Thibault et al. (2019)



## B. Evaluation de l'état de conscience

L'évaluation de l'état de conscience permet de rendre compte des capacités résiduelles des patients ayant subi une lésion cérébrale sévère. Les outils d'évaluation utilisés se sont développés de manière accrue au cours des dernières décennies et les recherches actuelles continuent de prouver leur efficacité et d'élaborer de nouvelles techniques pour réduire les erreurs diagnostiques et définir un état de conscience fiable.

Deux types d'évaluations sont utilisés en pratique clinique : les **évaluations indirectes comportementales** et les **évaluations directes** s'appuyant sur les techniques de neuroimagerie et d'explorations électrophysiologiques (Jourdan et al., 2018; Kondziella et al., 2020; Laureys, 2015; Royal College of Physicians, 2020).

- **Evaluation indirecte comportementale** : Cette évaluation est la plus utilisée en pratique clinique. Elle consiste à évaluer les comportements observables chez un patient comme l'ouverture des yeux ou sa réponse motrice suite à une stimulation. Pour cela, plusieurs échelles d'observation ont été validées. Les plus utilisées sont : la *Glasgow Coma Scale* (GCS), la *Coma Recovery Scale – Revised* (CRS-R), la *Wessex Head Injury Matrix* (WHIM) et la *Full Outline of Unresponsiveness* (FOUR).

La **CRS-R** est considérée comme l'outil le plus adapté pour différencier les patients SENR des patients ECM et EECM, considéré comme le « gold standard » dans l'évaluation du diagnostic de conscience (Kondziella et al., 2020; Royal College of Physicians, 2020; Schnakers et al., 2009). Il se compose de six sous-échelles évaluant les fonctions auditive, visuelle, motrice, oromotrice/verbale, la communication et l'éveil. Récemment, une version simplifiée de la CRS-R intitulée ***Simplified evaluation of CONsciousness disorders (SECONDS)*** a été validée en français. Elle permet une passation beaucoup plus rapide auprès des patients ECA tout en obtenant un diagnostic précis et fiable de l'état de conscience du patient (Aubinet, Cassol, et al., 2021). La CRS-R et la SECONDS sont accessibles à tous les professionnels de santé qui pourront s'appuyer sur une formation en ligne réalisée par le Coma Science Group de Liège.

Afin de limiter les erreurs lors de l'évaluation comportementale, plusieurs recommandations sont proposées :

- **Répétition des mesures au moins 5 fois** sur un temps court (10 jours dans l'idéal) au vu de la fluctuation importante chez ces patients, de leur grande fatigabilité et de leurs difficultés attentionnelles (Gosseries et al., 2014). Le plus haut score obtenu est alors pris en compte.
  - **Proposer des évaluations à des temps différents de la journée** : plusieurs études retrouvent de meilleurs résultats en matinée, mais cela dépendra en grande partie du patient et de ses capacités (Gosseries et al., 2014; Overbeek et al., 2018).
  - Diagnostic final posé par des **professionnels experts** (plus d'un an d'expérience)
  - Présence de **deux examinateurs ou passation filmée** recommandée afin de limiter tout biais de subjectivité (Gosseries et al., 2014; Kondziella et al., 2020; Royal College of Physicians, 2020; Wannez, Heine, et al., 2017; Wolff et al., 2018).
- **Evaluation directe** : La neuroimagerie et l'utilisation de l'électroencéphalographie (EEG) se développent de plus en plus pour améliorer le diagnostic d'état de conscience. Cependant, elle reste coûteuse, peu accessible et donc peu utilisée en pratique courante (Jourdan et al., 2018). La TEP, l'IRMf et l'EEG sont aujourd'hui les plus utilisées et développées.

### Précisions sur les termes « Communication intentionnelle non fonctionnelle » et « Communication fonctionnelle »

Afin d'expliciter les termes « communication intentionnelle non fonctionnelle » et « communication fonctionnelle » employés dans le Tableau 1 ci-dessus pour distinguer les états d'ECM et EECM, voici le descriptif de l'épreuve proposées dans la CRS-R.

PROTOCOLE D'ÉVALUATION DE LA COMMUNICATION ©2008		
Orientation situationnelle		
Visuelle		Auditive
Est-ce que je touche mon oreille ? (ne touchez pas votre oreille)		Est-ce que je frappe dans les mains ? (ne frappez pas)
Est-ce que je touche mon nez ? (touchez votre nez)		Est-ce que je frappe dans les mains ? (frappez)
Est-ce que je touche mon nez ? (touchez votre nez)		Est-ce que je frappe dans les mains ? (frappez)
Est-ce que je touche mon oreille ? (ne touchez pas votre oreille)		Est-ce que je frappe dans les mains ? (ne frappez pas)
Est-ce que je touche mon nez ? (ne touchez pas votre nez)		Est-ce que je frappe dans les mains ? (frappez)
Est-ce que je touche mon oreille ? (touchez votre oreille)		Est-ce que je frappe dans les mains ? (ne frappez pas)

Ces critères diagnostiques sont définis en s'appuyant sur 6 questions d'Orientation situationnelle visuelle et auditive.

On parlera alors de :

- **Communication non fonctionnelle intentionnelle :** « réaction communicative clairement perceptive (le patient secoue/hoche la tête, lève les pouces) dans les 10 secondes pour **au moins 2 des 6 questions d'Orientation situationnelle** (quel que soit le niveau de précision atteint).
- **Communication fonctionnelle :** « réactions précises et clairement perceptibles surviennent **pour l'ensemble des 6 questions d'Orientation situationnelle** visuelle ou auditive.

Figure 28 : Protocole d'évaluation de la communication selon le CRS-R (Schnakers et al., 2008)

### C. ECA et capacités langagières résiduelles

Plusieurs études ont cherché à comparer les signes de conscience faisant appel au langage (réponse à la commande, communication intentionnelle et fonctionnelle, verbalisation intelligible) et leurs **corrélats neuronaux** chez les patients en ECA. Ces études s'accordent sur l'importance de l'intégrité des aires cérébrales supportant le réseau du langage dans la distinction entre ECM – et ECM +. Le cortex frontal inférieur (aire de Broca), le cortex temporal médian et le gyrus angulaire gauche semblent jouer un rôle essentiel dans l'émergence des ECM- vers les ECM +. L'ensemble de ces recherches montre une **relation étroite entre la capacité à répondre à la commande, signe de récupération d'un contenu conscient, et l'intégrité des structures langagières de l'hémisphère gauche, tant au niveau structurel que fonctionnel** (Aubinet et al., 2019, 2020; Aubinet, Murphy, et al., 2018; Bruno et al., 2012; Guldenmund et al., 2016; Laureys, 2005; Stender et al., 2016; Thibaut et al., 2012; Zheng et al., 2017). De plus, certains patients en ECA présenteraient des **capacités résiduelles de différenciation de la parole versus le bruit, phonologiques** (reconnaissance d'un discours intelligible versus un discours non intelligible), **sémantiques** (préservation de la mise en lien sémantiques entre des

mots versus des pseudo-mots ou mots sans lien sémantique) **et syntaxiques** (identification des homophones / homonymes, de structures syntaxiques avec ambiguïté sémantique, congruence du mot final avec le reste de la phrase) (Beukema et al., 2016; Coleman et al., 2007, 2009; Edlow et al., 2017; Erlbeck et al., 2017; Kotchoubey et al., 2005, 2014; Kwiatkowska et al., 2019; Laureys, 2005; Majerus et al., 2009; Owen et al., 2005; Schabus et al., 2011; Schiff et al., 2005).

Si les patients ECM et EECM semblent présenter de réelles capacités résiduelles de compréhension orale suite à la récupération d'un contenu de conscience, les **troubles phasiques** restent cependant majeurs et largement **sous-estimés** selon certains auteurs (Majerus et al., 2009; Schnakers et al., 2015). La présence d'une aphasie sévère, et notamment de troubles de la compréhension verbale, chez les ECA **complique l'évaluation de l'état de conscience** et les tests utilisés en aphasiologie sont souvent impossibles à mettre à place avec ces patients (Schnakers et al., 2015). Le développement d'outils spécifiques à cette population pour évaluer les processus langagiers est donc nécessaire.

Aubinet et al. (2021) ont alors développé une batterie d'évaluation de la compréhension orale : la **Brief Evaluation of Receptive Aphasia test (BERA)**. Cet outil d'évaluation est validé en français sur des patients aphasiques et pré-validé sur 4 patients ECM et EECM. La BERA a pour objectif d'évaluer les capacités langagières en compréhension orale pour les patients ECM et EECM en abordant les domaines phonologique, sémantique et morphosyntaxique. La compréhension orale est essentielle dans la vie quotidienne du patient en ECA qu'il est nécessaire d'évaluer pour informer l'entourage et toute l'équipe soignante sur les informations orales accessibles pour le patient. De plus, cette capacité langagière joue un rôle majeur dans les évaluations comportementales actuelles de l'état de conscience où le patient doit comprendre les consignes données et où la réponse à une commande, faisant largement appel aux capacités réceptives du patient, constitue un signe principal de récupération de conscience. De ce fait, la BERA nous a paru, au sein de notre étude, très pertinente à utiliser en pratique clinique orthophonique.

#### **D. Modèles cognitifs de la compréhension orale**

La BERA évalue la compréhension orale sur les versants phonologique, sémantique et morphosyntaxique en s'appuyant sur les modèles cognitifs actuels.

Compréhension de mots : Plusieurs modèles cognitifs ont tenté de représenter les différentes étapes permettant le traitement du flux de parole vers sa compréhension. L'un des modèles les plus communément admis est celui de Patterson et Shewell (1987), repris par Caramazza et Hillis (1990) pour décrire le système lexical. Trois composants sont décrites : le système d'analyse audio-phonologique ou système d'analyse acoustique, le lexique phonologique d'entrée et le système sémantique (Figure 3). L'atteinte de chaque système entraîne des troubles spécifiques décrits dans la Figure 4.

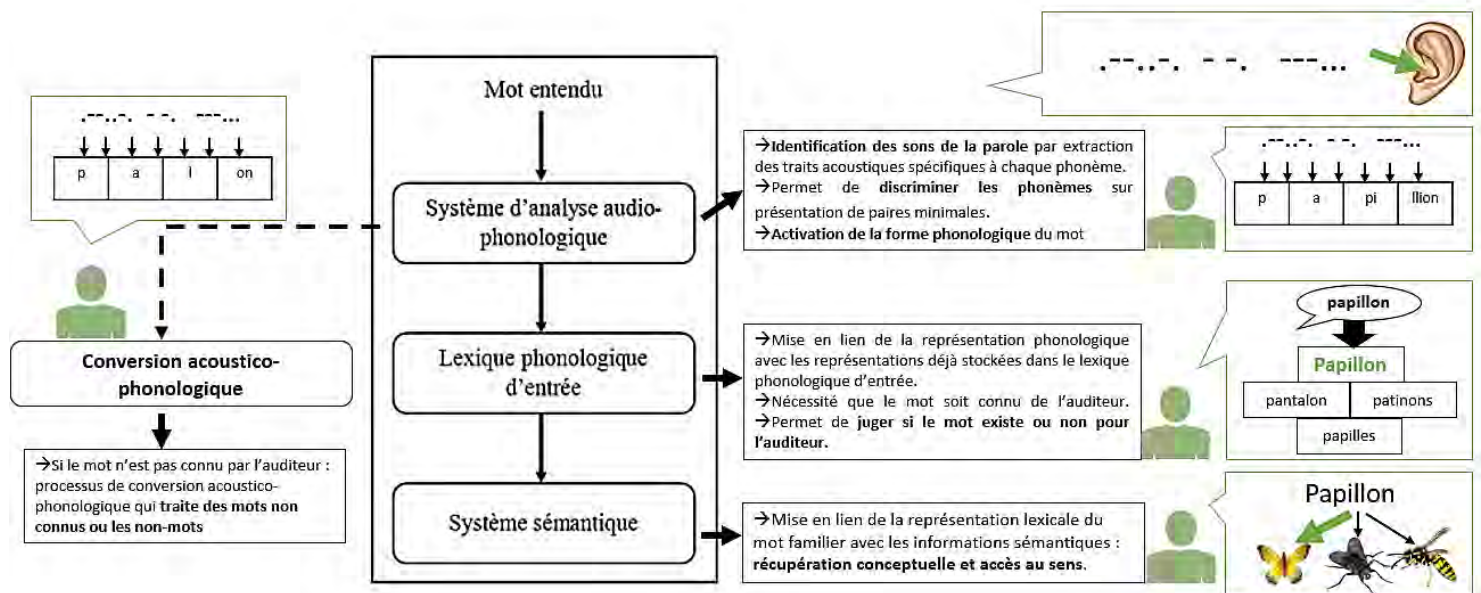


Figure 29 : Modélisation des systèmes impliqués dans la compréhension orale de mots, selon Patterson et Shewell (1987), repris par Caramazza et Hillis (1990)

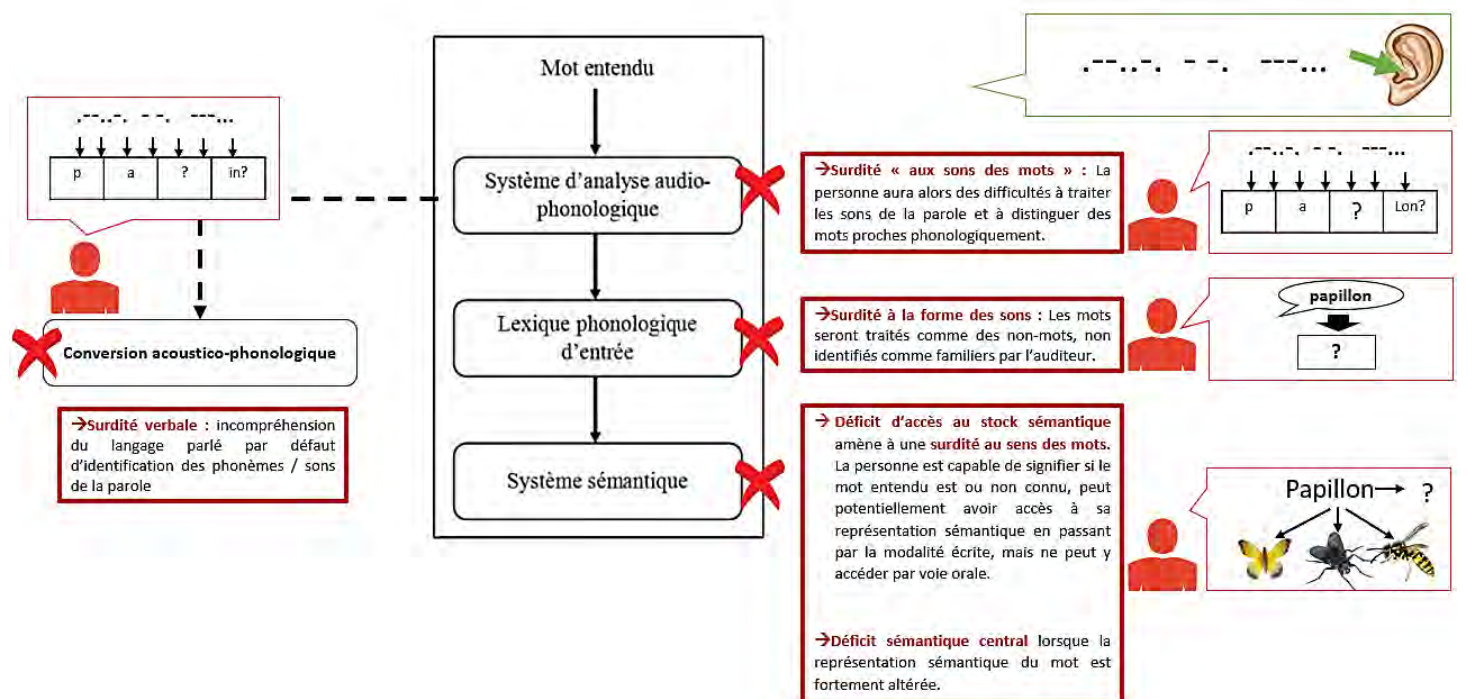


Figure 30 : Schématisation des troubles langagiers selon les systèmes atteints

Compréhension de phrases : Plusieurs modèles ont tenté de décrire les processus en jeu dans la compréhension orale de phrases dont Levelt (1999). Nous aborderons celui de Saffran et al. (1992) sur lequel se sont basés Monetta et al. (2019) pour concevoir et valider une batterie d'évaluation de la compréhension syntaxique (Figure 5).

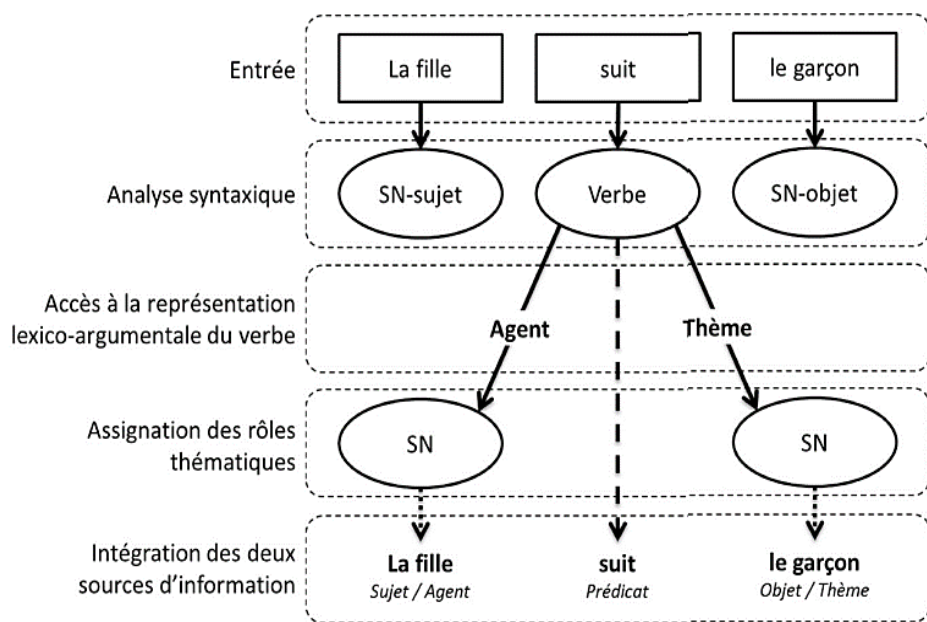


Figure 31 : Schématisation du modèle de compréhension de phrases de Saffran et al (1992)

- Analyse syntaxique : on détermine le type de syntagme des constituants de la phrase (syntagme nominal, verbal, adjectival, etc.) ainsi que leur position ou fonction syntaxique (sujet, verbe, objet).
- Accès à la représentation lexico-argumentale du verbe : récupération des arguments du verbe et de leur rôle thématique (« qui fait quoi à qui » pour déterminer si l'argument est agent, bénéficiaire, thème). Cette étape implique l'accès au sens du verbe. Dans l'exemple ci-contre, les arguments du verbe sont « la fille », qui a un rôle d'agent et « le garçon » qui renvoie au thème. Si la phrase était passive, les arguments auraient dans cette étape le même rôle thématique.
- Assignation des rôles thématiques du verbe en prenant en compte leur position syntaxique. Dans l'exemple ci-contre, « la fille » qui est sujet est l'agent de l'action. L'objet « le garçon » reste le thème. Dans les tournures passives ou dans les phrases subordonnées, l'assignation des rôles thématiques est plus complexe. Le sujet n'est plus agent et devient thème, et l'objet est alors agent.
- Intégration des deux sources d'information analysées aux étapes 1 et 3 pour permettre l'activation de la représentation complète du sens de la phrase. Cette étape ne peut se faire sans la précédente.



## II. Informations sur le système d'eye-tracking ou « Commande oculaire »

### A. Principe

L'oculométrie (ou eye-tracking) est une méthode d'enregistrement des mouvements oculaires et de la position du regard (Carter & Luke, 2020). Sous certaines conditions, il est ainsi possible de **contrôler un ordinateur grâce aux mouvements des yeux**. Typiquement, un tel dispositif se compose d'une barrette constituée d'une ou deux caméras dotées de capteurs sensibles aux infrarouges et de diodes électroluminescentes émettant de la lumière non visible, ainsi que d'un processeur effectuant la majeure partie du traitement d'images. Pour contrôler un ordinateur, il est préférable de placer l'oculomètre sur l'écran, face à la personne.

Il existe plusieurs techniques permettant de déterminer la direction du regard (Blanc, 2017). Celle qui s'est imposée s'appuie sur le reflet cornéen. La direction du regard est alors mesurée en observant une image de l'œil, quels que soient les mouvements de tête (TechLab, 2021). Le principe est le suivant :

- Une ou plusieurs diodes projettent de la lumière.
- Cette lumière se reflète sur la cornée et génère des reflets qui sont captés par la caméra de l'oculomètre.
- La même caméra filme la pupille. C'est la position relative des reflets cornéens par rapport au centre de la pupille qui permet de déterminer avec précision la direction du regard.
- Afin d'ajuster les paramètres de l'algorithme de traitement à la forme de l'œil de l'utilisateur, il est nécessaire de procéder à une calibration : l'utilisateur doit fixer successivement plusieurs points sur l'écran, et l'oculomètre réalise les mesures correspondantes.
- Par la suite, l'algorithme traite les images pour calculer en temps réel la position de l'œil par rapport à l'écran.
- En fonction des capacités du patient et de l'usage envisagé, il est possible de déplacer un curseur sur l'écran pour visualiser l'endroit où se pose le regard. On peut également masquer ce curseur et faire réagir les éléments de l'interface au regard. Le patient est alors capable de désigner des lettres, des pictogrammes, des icônes ou tout élément présent à l'écran.

La précision des eye-trackers n'a cessé de s'améliorer. Aujourd'hui, plusieurs appareils donnent une précision du regard inférieure à 1 degré (Tobii). Or, si l'écran est placé à 60 cm du patient, une précision de 1 degré entraîne une erreur de 1 cm en termes de précision de fixation. Cela peut donc entraver la bonne utilisation de l'outil en rendant impossible la sélection de certains éléments de l'écran. Utiliser les deux yeux réduit alors la marge d'erreur.

Plusieurs types de dispositifs existent. Certains oculomètres sont portés par le patient et nécessitent donc un contact physique par l'intermédiaire d'un casque ou de lunettes, d'autres utilisent un capteur directement fixé sur l'écran de l'appareil. **Dans le champ du handicap, le « capteur idéal devrait être « non envahissant », le moins encombrant possible, facile à mettre en œuvre, facile à calibrer, fiable et d'un prix accessible »** (Blanc, 2017; Pouplin, 2016). De plus, si plusieurs eye-trackers sophistiqués sont très onéreux, de plus en plus d'outils se développent pour proposer des produits accessibles et tout aussi efficaces (Moujon, 2021; Weigle & Banks, 2008). Le fonctionnement d'un eye-tracker posé sur ordinateur est schématisé dans la Figure 6 (Pouplin, 2016; Tourtel, 2021).

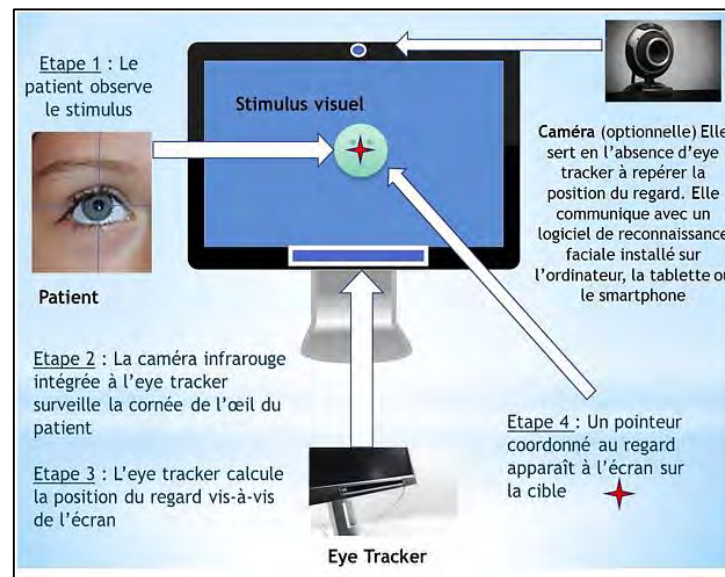


Figure 32 : Fonctionnement d'un dispositif d'eye-tracking (Tourtel, 2021)

Il existe plusieurs types de modèles et marques d'eye-trackers. Un descriptif général de certains d'entre eux a été réalisé par le service TechLab au sein de l'association APF France Handicap afin de conseiller les professionnels. Ce service propose également un prêt de matériel pour pouvoir tester les dispositifs. Le lien ci-contre permet d'accéder directement à un ensemble de fiches synthèses : <http://documentation.apflab.org/>. L'annexe I présente les modèles accessibles en France en mars 2022.

Les produits les plus accessibles financièrement (entre 100 et 200 euros), nous retrouvons les produits Tobii Gaming dont le Tobii Eye Tracker 4C et le Tobii Eye Tracker 5. Cependant, ces dispositifs ne sont à ce jour plus compatibles avec le logiciel Windows Control (interface entre l'eye-tracker et l'ordinateur). Afin de contourner ce problème, deux logiciels peuvent être installés gratuitement :

- *InterAActionGaze (compatible avec Windows, Linus et MacOS) : [InterAActionGaze \(interactiongroup.github.io\)](https://github.com/interactiongroup/interactiongroup.github.io) : un logiciel pour Windows dont l'objectif est de contrôler le curseur de la souris par le regard. Compatible avec la plupart des oculomètres. Il intègrera bientôt la capture du regard grâce aux webcams.*
- *Mill Mouse (compatible Windows) : [Mill Mouse - Mouse Controller with Eye Tracking by Tobii Eye Tracker 4C \(mill-mouse.blogspot.com\)](https://mill-mouse.blogspot.com)*

## B. Domaines d'application et intérêts

L'eye-tracker se voit de plus en plus utilisé en recherche depuis ces vingt dernières années, notamment dans le domaine de la santé et des neurosciences (Carter & Luke, 2020). **En clinique orthophonique**, plusieurs chercheurs ont étudié l'apport de l'eye-tracker dans l'évaluation des troubles du langage écrit, de l'autisme, ou encore de la surdité (Bucci et al., 2012; Petithomme, 2013; Falck-Ytter et al., 2013).

### 1. Intérêt dans le cadre de difficultés motrices

Du fait de d'atteintes motrices, certains patients ne peuvent pas ou plus utiliser le pointage. Ils se retrouvent également dans l'impossibilité de parler pour des raisons neurologiques (Locked-in syndrom, sclérose latérale amyotrophique, tétraplégie et polyhandicap suite à des lésions cérébrales), matérielles (patients intubés), ou suite à des maladies génétiques (Syndrome de Rett). **Dans ce cadre, l'eye-tracker est utilisé pour évaluer les capacités cognitives, donner accès à l'outil informatique et améliorer la communication de ces patients avec leurs proches et toute l'équipe soignante.**

#### → *Evaluation des capacités cognitives*

Plusieurs chercheurs ont tenté d'adapter des tests d'évaluation des capacités cognitives validés et largement utilisés en pratique courante comme la MoCa à l'aide d'un eye-tracker. La comparaison des scores obtenus avec et sans eye-tracker chez des sujets sains montre des résultats similaires. Ainsi, l'évaluation neuropsychologique basée sur des systèmes d'eye-tracking pourrait permettre d'explorer les fonctions cognitives de patients présentant des difficultés motrices et/ou verbales (Poletti et al., 2017). Ces conclusions ont été reprises dans certaines études effectuées auprès de patients avec troubles moteurs et/ou verbaux majeurs comme les patients avec **sclérose latérale amyotrophique (SLA)** ou **Locked-In Syndrom (LIS)**. Ils ont alors mis en évidence **l'intérêt de l'eye-tracker dans l'évaluation de leurs capacités cognitives et langagières**. L'utilisation de l'oculométrie ne change en rien la fiabilité des résultats aux tests comme la MOCA et permet donc la pose d'un diagnostic tout aussi juste (Poletti et al., 2017; Trojano et al., 2010).

#### → *Outil de communication*

Certains patients, du fait d'une atteinte sensori-motrice, ne peuvent plus satisfaire un grand nombre de besoins fondamentaux (selon la Pyramide de Maslow : besoins physiologiques élémentaires → besoins de sécurité → besoin sociaux / d'appartenance → besoin d'estime de soi → besoin d'accomplissement). Les dispositifs d'eye-tracking sont largement utilisés comme outils de communication et permettent de répondre en partie à ces besoins afin d'améliorer la qualité de vie des patients.

Dans une étude pilote en 2020, l'équipe de Ull a mis en place l'eye-tracker dans des **unités de soins intensifs** auprès de patients intubées ou sous respiration artificielle suite à une chirurgie. L'objectif était d'améliorer leur communication durant cette période transitoire où la parole est entravée. L'eye-tracker a ainsi montré son utilité dans l'expression des **besoins primaires** (manger, boire, etc) **et de la douleur** du patient auprès du personnel soignant.



Dans le champ du **polyhandicap**, plusieurs applications sur tablette couplées à un eye-tracker ont vu le jour afin de mettre en place une communication alternative augmentée (CAA), de développer les pré-requis à la communication (attention conjointe, causalité, pointage, exploration visuelle) et de mobiliser les compétences cognitives des patients. Nous pouvons citer GazePlay ou LooktoLearn (Cenomy, 2021; Schwab et al., 2018). Grâce à ces dispositifs, le patient pourra jouer, faire des choix entre plusieurs images ou pictogrammes et ainsi **agir sur son environnement et entamer une communication avec l'entourage pour exprimer ses besoins**.

Dans certains cas où le patient présente encore de bonnes capacités cognitives et un bon niveau de conscience, l'eye-tracker rend possible la navigation sur un ordinateur. Il permet l'accès à des logiciels de CAA avec utilisation d'une synthèse vocale, mais également la visualisation de vidéos sur internet, l'accès à ses mails, l'accès à l'information et amène donc le patient à **conserver une certaine autonomie, une communication avec son entourage (besoin de sécurité et d'appartenance) et un plaisir à la réalisation d'activités de divertissement**.

- Dans la **sclérose latérale amyotrophique (SLA)**, les patients subissent une perte progressive de leurs capacités motrices sans atteinte de leur conscience. Ainsi, au fur et à mesure de l'évolution de la maladie, les sujets peuvent avoir de telles difficultés à s'exprimer que la communication s'en trouve très entravée. La mise en place d'un eye-tracker permet à ces patients de communiquer via des logiciels de CAA jusqu'à très tard dans le développement de la maladie et améliore leur qualité de vie (Linse et al., 2018; Spataro et al., 2014). De la même manière, l'eye-tracker a été testé chez des patients **tétraplégiques** (van Middendorp et al., 2015).
- Les patients **Locked-in syndrome (LIS)** présentent une préservation de leur conscience, de leurs capacités langagières, intellectuelles et émotionnelles, cependant ils ne peuvent réaliser que des mouvements oculaires verticaux. Pour que ces patients puissent communiquer avec l'environnement, de nombreux appareils s'appuyant sur l'eye-tracker ont été développés afin d'améliorer leur **autonomie** et leur qualité de vie (Trojano et al., 2009; Yumang et al., 2020).

## **2. Intérêt dans l'objectivation des fixations visuelles chez les ECA**

La fixation et la poursuite visuelle constituent l'un des premiers signes de récupération d'un contenu conscient. Or, l'évaluation de ces paramètres est aujourd'hui réalisée à l'aide d'un miroir de manière subjective. En 2022, Overbeek et al. (2022) ont réuni 32 experts lors d'une étude Delphi à l'internationale pour trouver un consensus quant aux définitions et à l'évaluation de la poursuite et de la fixation visuelle chez les patients en ECA. Parmi les facteurs d'évaluation ayant eu le plus haut niveau de consensus, l'utilisation de dispositifs d'eye-tracking pour objectiver les mouvements oculaires des patients est mise au premier plan. **L'eye-tracker se révèle alors un outil fiable et utilisable en pratique clinique pour tenter d'objectiver les capacités visuelles des patients ECA** et ainsi de participer à un diagnostic médical de l'état de conscience plus juste (Trojano et al., 2012; Wannez, 2018).

De ce fait, ce dispositif est utilisé dans **l'évaluation des capacités langagières et cognitives** des patients. Kwiatkowska et al. (2019) ont ainsi évalué les capacités de compréhension en lecture chez des patients ECM à l'aide d'une commande oculaire. 28% des patients présentaient ainsi des capacités en lecture

préservées. De même, Lech et al. (2019) ont imaginé six tâches cognitives faisant appel à de la reconnaissance de mots à l'écrit et à l'oral, de chiffres et de questions à réponse OUI/NON. Ils ont montré des résultats très prometteurs auprès de patients diagnostiqués SENR ou ECM. L'eye-tracker est également utilisé **dans la prise en charge des patients ECA**, présentant bien souvent une tétraplégie et une anarthrie, afin d'améliorer leur communication et leurs capacités cognitives (Trojano et al., 2009).

### **C. Importance du calibrage de l'appareil**

Le calibrage est une opération nécessaire à réaliser pour chaque patient afin de mesurer leurs caractéristiques oculaires. Cette étape est essentielle pour que l'eye-tracker puisse calculer avec précision et de manière personnalisée les points de fixation visuelle en analysant les informations sur les formes, la réfraction de la lumière et les propriétés de réflexion des différentes parties de l'œil de l'utilisateur (Tobii pro, 2015). Le calibrage peut s'effectuer sur un seul œil selon les possibilités et atteintes visuelles du patient. Cette étape est paramétrable et personnalisable selon les eye-trackers (choix du stimulus visuel, du nombre de points de référence, retour sonore) (Moujon, 2021; Weigle & Banks, 2008).

Lors de ce calibrage, on présente au patient un certain nombre de points (allant de 2 à 9 points) sur l'interface numérique qu'il doit fixer. Le logiciel, via l'eye-tracker, identifie les points de fixation du patient sur l'écran et collecte et analyse différentes données sur les caractéristiques visuelles du sujet. Il indique ensuite si le participant a pu ou non suivre correctement chaque point. Plus le nombre de points de fixation est important et plus le calibrage sera précis et permettra la sélection de petits éléments (comme une icône sur le bureau de l'ordinateur).

Notons que selon certains auteurs le calibrage n'est pas aisé avec les patients en ECA : « ces derniers sont très souvent non collaborateurs, ou ne peuvent contrôler assez finement leurs mouvements oculaires » (Wannez, 2018).

Le positionnement de l'individu lors du calibrage de l'appareil est essentiel. Le patient doit être dans une position confortable et stable pour éviter qu'il ne glisse de son fauteuil ou qu'il chute latéralement avec inclinaison de la tête ou du tronc. Il doit être positionné face à l'écran et l'eye-tracker doit être placé de telle sorte qu'il soit parallèle aux yeux de la personne. Si cette dernière est au lit ou inclinée dans un fauteuil, l'écran et l'eye-tracker devront être positionnés dans la même inclinaison que la tête. *Cette étape sera développée davantage dans les chapitres suivants.*

### III. Contexte d'élaboration du protocole

Les personnes en état d'éveil non répondant (anciennement état végétatif) et en état de conscience minimale (ou état pauci-relationnel) présentent une altération plus ou moins importante de la conscience de soi et de l'environnement (Jourdan et al., 2018; Laureys, 2015). Si les critères de diagnostic de ces entités cliniques sont très bien décrits dans la littérature, leur évaluation reste très complexe et les erreurs diagnostic nombreuses du fait d'un répertoire comportemental réduit, de comorbidités multiples et des limites des outils d'évaluation actuels (Aubinet, Chatelle, Gillet, et al., 2021; Kondziella et al., 2016; Vanhauzenhuysse et al., 2007; Wannez, Heine, et al., 2017; B. Zhang et al., 2021).

Les orthophonistes jouent un rôle important dans la prise en soins de ces patients et sont amenés à intervenir dans divers établissements accueillant les personnes ayant des troubles de la conscience. Ils ont pour mission d'évaluer les capacités langagières et communicationnelles de ces patients afin de leur proposer un suivi adapté et d'accompagner les aidants au mieux (Roberts & Greenwood, 2019).

Depuis plusieurs années, les recherches se sont alors multipliées pour tenter de comprendre le fonctionnement cérébral de ces patients dont le langage. Plusieurs études ont ainsi montré des capacités de compréhension résiduelles chez les personnes en état de conscience minimale avec une activation de certaines régions cérébrales du langage, dont le cortex temporal médian gauche, supportant le système sémantique et le traitement de la parole. Les outils d'évaluation actuels de la compréhension orale chez ces patients restent très limités. **La Brief Evaluation of Receptive Aphasia (BERA)** (Aubinet, Chatelle, Gillet, et al., 2021) **est le seul test français spécifique à l'évaluation de la compréhension orale chez cette population.** Cette batterie a été validée chez des patients aphasiques et reste à être validée chez les ECA. Elle permet de rendre compte des capacités phonologiques, sémantiques et morphosyntaxiques en réception en s'appuyant sur la fixation visuelle d'une cible parmi deux items.

Cependant, juger des mouvements oculaires de patients est un exercice difficile. De plus, du fait des déficits moteurs, visuels et attentionnels de cette population, les examinateurs peuvent manquer une réponse ou avoir des difficultés à la percevoir. Il est alors difficile d'obtenir un test fiable.

Or, depuis plusieurs années, la recherche récente fait part d'un nouvel outil prometteur basé sur la captation des mouvements oculaires : le système d'eye-tracking ou de commande oculaire. Cet outil transportable est facilement accessible et interprétable par l'ensemble de l'équipe soignante (Ting et al., 2014). Certaines études ont utilisé un eye-tracker afin d'objectiver les fixations visuelles chez les ECA (Wannez, 2018). Récemment, plusieurs chercheurs ont utilisé cet outil dans l'évaluation des processus langagiers et rapportent des résultats très encourageants (Kujawa et al., 2021; Kwiatkowska et al., 2019; Lech et al., 2019).

**L'utilisation d'un eye-tracker visant à évaluer de manière précise et objective les fixations et la poursuite oculaire des sujets dans le cadre de l'évaluation de la compréhension orale semble alors pertinent pour objectiver la BERA et rendre cette évaluation plus fiable. Nous proposons alors une adaptation du protocole de la BERA avec ajout d'un eye-tracker pour qu'il puisse être utilisé en pratique courante par les orthophonistes prenant en charge les patients ECA en état de conscience minimale et émergeant de cet état de conscience minimale.**

# NOTICE D'INFORMATION COMMANDES OCULAIRES

## 1 PAR PORT USB

Ce document récapitule les dispositifs d'eye-tracking (commande oculaire) accessibles à l'achat en France en mai 2022 et pouvant se brancher sur ordinateur via un port USB.

A noter que l'évolution dans ce domaine est rapide et que les modèles présentés peuvent devenir obsolètes. Il est essentiel de se renseigner régulièrement sur les systèmes accessibles sur le marché. Le service **TechLab de l'association APF France Handicap** propose un prêt de matériel pour essayer les eye-trackers.



**PC EYE 5  
TOBII DYNAVOX**

**Prix:** 1390 euros TTC  
**Fabricant:** Tobii Dynavox  
**Distributeurs:** Cimis et Cenomy  
Permet un accès à grand nombre de logiciels de communication (Grid 3, Snapcore...)  
Compatible avec Windows Control  
<https://fr.tobii-dynavox.com/pages/peye>  
<http://documentation.apflab.org/crnt/api/article/article-display.php?r=03175peye>



**HIRU  
IRISBOND**

**Prix:** A partir de 1680 euros TTC  
**Fabricant:** Irisbond  
**Distributeurs:** Cimis, Domodep  
Compatible avec plusieurs logiciels de communication (Grid 3, Mind Express)  
Compatible sur Windows et IOS  
<https://www.irisbond.com/en/producto/hiru/>  
<http://documentation.apflab.org/crnt/api/article/article-display.php?r=03178hiru>



**EYE TRACKER 5  
(SUIVANT LE 4C)  
TOBII GAMING**

**Prix:** 259 euros TTC  
**Fabricant:** Tobii  
**Distributeurs:** TobiiGaming, disponible sur Amazon  
Non compatible avec Windows Control non médical. Nous proposons un détournement de son usage initial.  
<https://gaming.tobii.com/product/eye-tracker-5/>  
<http://documentation.apflab.org/crnt/api/article/article-display.php?r=03179ibgaming>

## COMPATIBILITE WINDOWS

Les produits les plus accessibles financièrement (entre 100 et 250 euros), Tobii Gaming dont le Tobii Eye Tracker 4C et le Tobii Eye Tracker 5, ne sont à ce jour plus compatibles avec le logiciel Windows Control (interface entre l'eye-tracker et l'ordinateur). Afin de contourner ce problème, deux logiciels peuvent être installés gratuitement :

- **InterActionGaze** (compatible avec Windows, Linux et MacOS) : <http://interactiongaze.net/> ; logiciel pour Windows dont l'objectif est de contrôler le curseur de la souris par le regard. Compatible avec la plupart des oculomètres, intégrera bientôt la capture du regard grâce aux webcams.
- **Mill Mouse** (compatible Windows) : <https://www.millmouse.com/fr/fr/produit/le-mill-mouse/>

## 2

### POURSUITE OCULAIRE INTEGREE

Ce document récapitule les dispositifs d'eye-tracking (commande oculaire) dits robustes et accessibles à l'achat en France en mai 2022. Ils intègrent directement la poursuite oculaire, un écran résistant, une protection, des hauts parleurs, un outil de communication, l'accès par contacteur, le positionnement plus détaillé, etc.

Le service **TechLab de l'association APF France Handicap** propose un prêt de matériel pour essayer les eye-trackers.



**SKYLE 2  
EYEV**

**Prix:** autour de 3 200 euros TTC  
**Fabricant:** EyeV  
**Distributeurs:** Domodep  
Pour iPad Pro, intègre une coque, une poursuite oculaire, une prise USB  
<https://www.domodep.shop/fr/ipad-et-iphone/1640-skyle-2-pour-ipad.html>



**I-SERIES  
TOBII DYNAVOX**

**Prix:** autour de 12 000 euros TTC (comprend garanties)  
**Fabricant:** Tobii Dynavox  
**Distributeurs:** Cenomy et Cimis  
Intègre les logiciels de communication TD Snap et Communicator 5  
<https://fr.tobii-dynavox.com/pages/i-series-ap>  
<http://documentation.apflab.org/crnt/api/article/article-display.php?r=06229iseries>



**TELLUS 6 ET 16  
JABBLA**

**Prix:** autour de 12 000 euros TTC  
**Fabricant:** Jabbla  
**Distributeurs:** Cimis  
Intègre le logiciel de communication Mind Express, la poursuite oculaire PCEye 5, 2 prises contacteurs et 2 prises USB  
<https://www.jabbla.com/fr/appareils/tellus-6-et-16/>



**OSKOL  
IRISBOND**

**Prix:** entre 4800 et 7000 euros TTC  
**Fabricant:** Irisbond  
**Distributeurs:** JIB  
Intègre dans une coque de protection une tablette Windows Surface Pro, le logiciel Grid3, la poursuite oculaire Hiru  
<https://www.irisbond.com/en/alternative-augmentative-communication/acc-solutions/oskol/>



**TD PILOT  
TOBYDYNVAVOX**

**Prix:** autour de 11 000 euros TTC  
**Fabricant:** Tobii Dynavox  
**Distributeurs:** Cenomy  
Système installé sur une tablette iPad incluant une poursuite oculaire dédiée conçue par Tobii Dynavox. Le logiciel de communication installé est le TD Snap  
<https://fr.tobii-dynavox.com/pages/i-series-ap>  
<http://documentation.apflab.org/crnt/api/article/article-display.php?r=06229iseries>

## Autorisation de captation et de traitement de la voix / de l'image dans une recherche

Madame, Monsieur,

Dans le cadre de mon mémoire de fin d'études en orthophonie à l'université Paul Sabatier de Toulouse, je mène une étude visant à évaluer l'intérêt de l'utilisation d'un outil de commande oculaire (capteur sur tablette permettant de suivre le regard de son utilisateur) dans l'évaluation de la compréhension orale chez les patients en état de conscience altérée (ou en état pauci-relationnel EPR).

Pour cela, je souhaite utiliser un court extrait vidéo réalisé lors des séances d'orthophonie durant lesquelles le test de la BERA (Brief Evaluation of Receptive Aphasia), a été passé.

Ce test se compose de différentes images présentées par deux en face du participant auquel il est demandé de regarder un item cible parmi les deux images (ex : image du riz à gauche et image d'une souris à droite. L'item cible est la souris. On demandera donc au participant « regardez la souris.

Nous vous demandons votre autorisation à utiliser l'enregistrement.

### Autorisation

Je soussigné(e) \_\_\_\_\_

- autorise par la présente Lucie Mazué à utiliser en audio/vidéo l'extrait vidéo effectuée lors des séances d'orthophonie au sein de la structure d'accueil.

- autorise l'utilisation de ces données, sous leur forme enregistrée aussi bien que sous leur forme transcrite et anonymisée à des fins de recherche scientifique (mémoire de recherche) ;

- autorise la diffusion de ces données lors de la soutenance du mémoire ;

- prends acte que pour toutes ces utilisations scientifiques les données ainsi enregistrées seront anonymisées : ceci signifie :

a) que les transcriptions de ces données utiliseront des pseudonymes et remplaceront toute information pouvant porter à l'identification des participants ;

b) en revanche, pour des raisons techniques, le projet ne peut pas s'engager à anonymiser les images vidéo mais s'engage à ne pas diffuser d'extraits compromettant les personnes filmées.

**Lieu et date :** \_\_\_\_\_

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

Cette étude est co-encadrée par Mélanie Mulero, Orthophoniste et Chargée d'enseignement au CFUO de Toulouse et Didier Schwab, Maître de conférences en informatique et membre de l'équipe GETALP au Laboratoire informatique de Grenoble.

Vous pouvez à tout moment retirer votre consentement à participer, avant, pendant ou après votre participation. Si vous souhaitez avoir des informations supplémentaires, vous pouvez me contacter par mail : [lucie.mazue@univ-tlse3.fr](mailto:lucie.mazue@univ-tlse3.fr).

*Un exemplaire de ce document vous est remis, un autre exemplaire est conservé dans le dossier.*

Formulaire d'autorisation de droit à l'image et de traitement de données à caractère personnel

Vous disposez d'un droit d'accès, de modification, de suppression de vos données ainsi que d'un droit d'opposition et de limitation du traitement. En cas de non-respect, vous disposez du droit de porter plainte à la CNIL.

Base légale : Consentement

Responsable : Université Toulouse III – Paul Sabatier

Délégué à la protection des données : [dpo@univ-tlse3.fr](mailto:dpo@univ-tlse3.fr)

*Annexe 20 : Tutoriel sur le logiciel BERA-ET (vidéo)*

Envoyé par messagerie sécurisée et accessible via le lien ci-dessous.

*Annexe 21 : Extrait d'une évaluation avec BERA-ET auprès d'un tout-venant (vidéo)*

Envoyé par messagerie sécurisée et accessible via le lien ci-dessous.

*Annexe 22 : Extrait d'une évaluation avec BERA-ET auprès d'un patient en situation de polyhandicap (vidéo)*

Envoyé par messagerie sécurisée et accessible via le lien ci-dessous.

*Annexe 23 : Extrait d'une évaluation avec BERA-ET auprès d'un patient en ECM – (vidéo)*

Envoyé par messagerie sécurisée et accessible via le lien ci-dessous.

## RESUME

**Titre :** Ajout d'un eye-tracker à une batterie d'évaluation de la compréhension orale, la Brief Evaluation of Receptive Aphasia (BERA), chez des patients en état de conscience minimale et émergeant de cet état : Adaptation et Etude de faisabilité.

### **Résumé :**

*Contexte :* L'évaluation des patients en état de conscience altérée (ECA) est complexe et engendre d'importantes erreurs de diagnostic, en partie imputables à l'implication du langage. Evaluer la compréhension orale paraît essentielle afin d'améliorer le diagnostic et le suivi des patients. Récemment, un test spécifique à l'évaluation de la compréhension orale chez les patients en ECA a vu le jour : la Brief Evaluation of Receptive Aphasia (BERA). Cet outil s'appuie sur la fixation visuelle. Cependant, juger de ces fixations par une simple observation est complexe et sujet à l'interprétation. L'utilisation d'un eye-tracker pour évaluer de manière précise et objective les mouvements oculaires semble des plus intéressante afin d'améliorer la sensibilité et la fiabilité de la BERA.

*Objectifs :* Nous nous sommes interrogés sur la pertinence de l'eye-tracker dans l'évaluation de la compréhension orale des patients en ECA. Ce mémoire s'inscrit dans un projet à long terme ayant pour but de comparer la BERA avec et sans eye-tracker pour évaluer l'apport d'un tel outil dans l'évaluation de ces patients. Pour ce faire, il convient de développer une adaptation informatisée de la BERA (BERA-ET) et d'évaluer sa faisabilité en pratique clinique courante.

*Méthode :* Des critères sur le contenu et le format de la BERA-ET ont été déterminés afin de réaliser un cahier des charges adapté à notre population cible et à la pratique des cliniciens. Plusieurs documents ont alors été élaborés dont le protocole d'évaluation, le cahier de passation, un tableau reprenant des eye-trackers et le logiciel d'évaluation, en collaboration avec le Laboratoire informatique de Grenoble. Afin d'étudier la faisabilité de notre outil, un groupe d'experts orthophonistes, ergothérapeutes, neuropsychologues et orthoptistes a été interrogé. Pour ce faire, les professionnels ont eu huit semaines pour s'approprier et manipuler l'outil avant de répondre à un questionnaire en ligne.

*Résultats :* 18 experts ont répondu au questionnaire dont 13 orthophonistes, 2 ergothérapeutes, 2 neuropsychologues et un orthoptiste. 100% des participants ont noté le besoin d'outils d'évaluation de la compréhension orale chez les ECA et la pertinence de l'eye-tracker dans leur élaboration. Le contenu de la BERA-ET a été validé. Néanmoins, les durées d'évaluation et d'appropriation de l'outil sont jugées trop longues et notre logiciel ne limite actuellement pas suffisamment les distracteurs. De nombreuses modifications ont été suggérées pour gagner en clarté, en pertinence et en facilité de manipulation.

*Conclusion :* La BERA-ET ne peut pas aujourd'hui être mise en place en pratique clinique courante. Des améliorations devront être apportées afin d'obtenir un outil fonctionnel. De futures études sont nécessaires pour tester et valider les modifications proposées sur notre population cible. Un pré-test sur des patients sains puis sur des patients aphasiques devront être mis en place avant de pouvoir comparer BERA et BERA-ET et juger de l'apport de l'eye-tracker auprès des ECA.

**Mots-clés :** Etat de conscience altérée, eye-tracker, évaluation, compréhension orale, faisabilité, BERA.



## ABSTRACT

**Title :** Addition of an eye-tracker to the verbal comprehension assessment test, the Brief Evaluation of Receptive Aphasia (BERA), in patients in minimally conscious state and emerging from that state : Adaptation and Feasibility Study.

### **Summary :**

*Background :* The assessment of patients with disorder of consciousness (DoC) is limited and leads to significant clinical misdiagnosis, partly explained by the involvement of language. Assessing verbal comprehension seems essential to improve diagnosis and care of patients. Recently, a specific tool for the assessment of verbal comprehension in patients with DoC has been developed: the Brief Evaluation of Receptive Aphasia tool (BERA). This tool is based on visual fixation responses. However, judging these fixations by simple observation is complex and open to interpretation. The use of an eye-tracking setting to accurately and objectively assess eye movements seems most interesting to improve the sensitivity and reliability of the BERA.

*Aim :* We investigated the relevance of the eye-tracker in the assessment of the oral comprehension of patients with DoC. This paper is part of a long-term project whose aim is to compare the BERA with and without eye-tracker in order to determine the contribution of such a tool in the assessment of these patients. To this end, it is necessary to develop a computerized adaptation of the BERA named BERA-ET and to measure its feasibility in everyday clinical practice.

*Method :* Criteria on the content and appearance of the BERA-ET were determined in order to produce specifications adapted to DoC patients and to clinical practice. Several documents were then elaborated, including protocols, evaluation sheets, a table containing eye-trackers and software evaluation, in collaboration with Grenoble Computer Laboratory. In order to study the feasibility of our tool, a group of experts (speech therapists, occupational therapists, neuropsychologists and orthoptists) were consulted. To do this, the experts had eight weeks to learn about and use the tool before answering an online questionnaire.

*Results :* 18 experts responded to the questionnaire, including 13 speech therapists, 2 occupational therapists, 2 neuropsychologists and one orthoptist. 100% of the participants agreed on the need for comprehension assessment tools in patients with DoC and the relevance of the eye-tracker in their development. The content of the BERA-ET was validated. Nevertheless, the assessment and appropriation times are considered too long and our software currently does not sufficiently limit distractors. Several modifications have been suggested to improve clarity, relevance and ease of use.

*Conclusion :* At the present time, The BERA-ET cannot be implemented in everyday clinical practice. Improvements will have to be made in order to obtain a functional tool. Future studies are needed to test and validate the proposed modifications on our target population. A pre-test on healthy volunteers and then on aphasic patients will have to be set up before being able to compare BERA and BERA-ET and to judge the contribution of the eye-tracker in patients with DoC.

**Key words :** *Disorder of consciousness, eye-tracker, assessment, oral comprehension, feasibility, BERA.*