



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -  
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>



MEMOIRE présenté pour l'obtention du  
**CERTIFICAT DE CAPACITE D'ORTHOPHONISTE**

Par

**BACH Camille**  
**LAMBOURION Lorène**

**L'ILLUSTRATION VISUELLE ECHOGRAPHIQUE**  
**EN ORTHOPHONIE :**

*Un entraînement pour la prise en charge*  
*du trouble phonologique fonctionnel chez l'enfant*

Directeur de Mémoire

**CANAULT Mélanie**

**Laboratoires Gipsa-Lab/DDL**

*HUEBER Thomas – BADIN Pierre – BEDOIN Nathalie*

Membres du Jury

**CARTIER Myriam**

**WITKO Agnès**

**ASTIER Jean-Laurent**

Date de Soutenance

**26 JUIN 2014**

---

# ORGANIGRAMMES

---

## 1. Université Claude Bernard Lyon1

Président  
**Pr. GILLY François-Noël**

Vice-président CEVU  
**M. LALLE Philippe**

Vice-président CA  
**M. BEN HADID Hamda**

Vice-président CS  
**M. GILLET Germain**

Directeur Général des Services  
**M. HELLEU Alain**

### 1.1. Secteur Santé :

U.F.R. de Médecine Lyon Est  
Directeur **Pr. ETIENNE Jérôme**

U.F.R d'Odontologie  
Directeur **Pr. BOURGEOIS Denis**

U.F.R de Médecine et de  
maïeutique - Lyon-Sud Charles  
Mérieux  
Directeur **Pr. BURILLON Carole**

Institut des Sciences Pharmaceutiques  
et Biologiques  
Directeur **Pr. VINCIGUERRA Christine**

Institut des Sciences et Techniques de  
la Réadaptation  
Directeur **Pr. MATILLON Yves**

Comité de Coordination des  
Etudes Médicales (C.C.E.M.)  
**Pr. GILLY François Noël**

Département de Formation et Centre  
de Recherche en Biologie Humaine  
Directeur **Pr. SCHOTT Anne-Marie**

### 1.2. Secteur Sciences et Technologies :

U.F.R. de Sciences et Technologies  
Directeur **M. DE MARCHI Fabien**

Ecole Supérieure du Professorat et de  
l'Éducation  
Directeur **M. MOUGNIOTTE Alain**

U.F.R. de Sciences et Techniques  
des Activités Physiques et  
Sportives (S.T.A.P.S.)  
Directeur **M. COLLIGNON Claude**

POLYTECH LYON  
Directeur **M. FOURNIER Pascal**

Institut des Sciences Financières et  
d'Assurance (I.S.F.A.)  
Directeur **M. LEBOISNE Nicolas**

Ecole Supérieure de Chimie Physique  
Electronique de Lyon (ESCPE)  
Directeur **M. PIGNAULT Gérard**

Observatoire Astronomique de  
Lyon  
Directeur **M. GUIDERDONI Bruno**

IUT LYON 1  
Directeur **M. VITON Christophe**

---

2. **Institut Sciences et Techniques de Réadaptation FORMATION**  
**ORTHOPHONIE**

Directeur ISTR  
**Yves MATILLON**  
**Professeur d'épidémiologie clinique**

Directeur de la formation  
**Agnès BO, Professeur Associé**

Directeur de la recherche  
**Agnès WITKO**  
**M.C.U. en Sciences du Langage**

Responsables de la formation clinique  
**Claire GENTIL**  
**Fanny GUILLON**

Chargées de l'évaluation des aptitudes aux études  
en vue du certificat de capacité en orthophonie  
**Anne PEILLON, M.C.U. Associé**  
**Solveig CHAPUIS**

Secrétariat de direction et de scolarité  
**Stéphanie BADIOU**  
**Corinne BONNEL**

---

## REMERCIEMENTS

---

Nous souhaitons adresser nos remerciements aux personnes qui nous ont aidées à mener à bien ce mémoire.

Un grand merci à Mélanie Canault, notre directeur de mémoire, qui a su nous encadrer et nous guider dans cette initiation à la recherche. Un grand merci aussi à Nathalie Bedoin, qui nous a aidées à mettre en place nos tests et à réaliser le traitement statistique de nos données. Merci à elles deux pour leur soutien lors de nos nombreuses rencontres et pour la confiance qu'elles nous ont accordée.

Nous remercions également Thomas Hueber et Pierre Badin, sans qui ce projet n'aurait pas été possible. Merci à Thomas Hueber de nous avoir proposé son outil comme base de notre recherche. Merci à tous les deux pour leur accueil chaleureux sur Grenoble, ainsi que pour leur aide bibliographique précieuse.

Merci à eux quatre pour leur suivi, leurs re-lectures, et leurs remarques et critiques constructives.

Merci aussi à Clémence Genin, Nadine Meyrieux, Lydie Batilly, Margot Roux, Claire Barilly, Myriam Legoff, Anne Le Bihan, Lucie Bismuth et Eva Pétris, les orthophonistes qui ont répondu présentes à notre recherche de population, et qui ont bien voulu nous accueillir en séance, dans leur cabinet, pour nous laisser en toute confiance leurs petits patients.

Merci aux parents d'avoir rendu possible notre intervention auprès de leurs enfants. Merci pour leur volonté et leur motivation. Mais surtout un grand merci aux enfants, qui nous ont accordé un peu de leur temps et de leur attention, et sans lesquels notre recherche n'aurait pas été réalisable.

Merci à Egidio Marsico, qui nous a généreusement prêté du matériel d'enregistrement de très bonne qualité pour le recueil de nos données.

Merci à Géraldine Tuffery, qui nous a reçues dans son cabinet et qui nous a conseillées d'un point de vue orthophonique. Son aide a été très appréciée.

Merci à Agnès Witko et à Myriam Cartier pour le temps qu'elles ont consacré à la lecture de notre travail et pour leurs commentaires qui nous ont permis de l'améliorer. Merci en particulier à Agnès Witko pour son encadrement méthodologique au cours de ces trois dernières années.

Merci à tous nos professeurs et nos maîtres de stage qui nous ont permis d'acquérir les connaissances et la maturité nécessaires à l'élaboration de notre mémoire de fin d'études.

Pour finir, un grand merci à nos familles qui nous ont soutenues malgré les kilomètres qui nous ont séparés pendant ces quatre années. Merci pour leur confiance et leur amour indéfectibles. Une pensée aussi aux proches qui nous ont quittées trop tôt et qui auraient été fiers de notre parcours. Merci à nos amis et nos amours qui nous ont donné du courage, de la joie et du réconfort au quotidien. Et enfin, un merci mutuel à notre moitié de binôme. Ensemble nous sommes plus fortes.

---

# SOMMAIRE

---

<b>ORGANIGRAMMES .....</b>	<b>2</b>
1. <i>Université Claude Bernard Lyon1 .....</i>	2
2. <i>Institut Sciences et Techniques de Réadaptation FORMATION ORTHOPHONIE.....</i>	3
<b>REMERCIEMENTS.....</b>	<b>4</b>
<b>SOMMAIRE .....</b>	<b>5</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>8</b>
<b>PARTIE THEORIQUE .....</b>	<b>9</b>
I. LE TROUBLE PHONOLOGIQUE .....	11
1. <i>Généralités .....</i>	11
2. <i>Evaluation du trouble phonologique.....</i>	13
3. <i>Prise en charge orthophonique du trouble phonologique .....</i>	14
II. LE « VISUAL BIOFEEDBACK » ET L'ILLUSTRATION VISUELLE .....	18
1. <i>« Visual biofeedback » versus illustration visuelle .....</i>	18
2. <i>Les outils.....</i>	18
III. L'ILLUSTRATION VISUELLE ECHOGRAPHIQUE AVEC « ULTRASPEECH-PLAYER ».....	22
1. <i>Description de l'outil « Ultraspeech-player ».....</i>	22
2. <i>Approche critique de l'outil.....</i>	23
<b>PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES .....</b>	<b>24</b>
I. PROBLEMATIQUE .....	25
II. HYPOTHESES GENERALES .....	25
III. HYPOTHESES OPERATIONNELLES .....	25
1. <i>Concernant la production des mots avec [tR] .....</i>	26
2. <i>Concernant l'identification de [t] et [k] dans des logatomes avec [tR] et [kR].....</i>	26
<b>PARTIE EXPERIMENTALE .....</b>	<b>27</b>
I. POPULATION .....	28
1. <i>Critères de sélection.....</i>	28
2. <i>Présentation de l'échantillon.....</i>	28
II. PROTOCOLE .....	29
1. <i>Méthode d'expérimentation.....</i>	29
2. <i>Matériel utilisé.....</i>	29
III. RECUEIL DES RESULTATS.....	38
1. <i>Test de dénomination phonologique.....</i>	38
2. <i>Test d'identification phonologique.....</i>	38
<b>PRESENTATION DES RESULTATS .....</b>	<b>39</b>
I. RESULTATS OBTENUS POUR L'EPREUVE DE PRODUCTION DE MOTS AVEC [tR] .....	40
1. <i>Pourcentages d'erreurs généraux.....</i>	41
2. <i>Pourcentages d'erreurs en fonction de la position de la séquence [tR] dans le mot .....</i>	42
II. RESULTATS OBTENUS POUR L'EPREUVE D'IDENTIFICATION DES PHONEMES [T] ET [K] AU SEIN DE LOGATOMES AVEC [tR] ET [kR].....	45
1. <i>Pourcentages d'erreurs pour l'identification des phonèmes .....</i>	45
2. <i>Temps de réponse pour l'identification des phonèmes.....</i>	49
III. SYNTHÈSE DES RESULTATS .....	53
1. <i>Résultats concernant la production phonologique.....</i>	53
2. <i>Résultats concernant l'identification phonologique.....</i>	53
<b>DISCUSSION DES RESULTATS .....</b>	<b>55</b>
I. IMPACT DE « ULTRASPEECH-PLAYER » DANS LA REEDUCATION .....	56
1. <i>Des gains importants pour la production phonologique .....</i>	56
2. <i>Influence de la précocité d'utilisation du logiciel sur les performances .....</i>	58
3. <i>La rééducation avec « Ultraspeech-player » a-t-elle un effet sur l'identification phonologique ?</i>	59

---

II.	REGARD CRITIQUE.....	60
1.	<i>Echantillon</i> .....	60
2.	<i>Protocole</i> .....	62
III.	APPORTS PERSONNELS ET PROFESSIONNELS.....	64
IV.	PERSPECTIVES DE RECHERCHES .....	65
1.	<i>Pour compléter notre étude</i> .....	65
2.	<i>L'étendue d'utilisation de « Ultraspeech-player » et d'autres outils</i> .....	66
	<b>CONCLUSION</b> .....	<b>68</b>
	<b>REFERENCES</b> .....	<b>70</b>
	<b>ANNEXES</b> .....	<b>74</b>
	ANNEXE I : IMAGES PRESENTEES LORS DU TEST DE DENOMINATION PHONOLOGIQUE .....	75
	ANNEXE II : PROTOCOLE D'UNE SEANCE AVEC « ULTRASPEECH-PLAYER » .....	80
1.	<i>Pré-tests</i> .....	80
2.	<i>Entraînement</i> .....	82
3.	<i>Post-tests</i> .....	83
	ANNEXE III : PROTOCOLE D'UNE SEANCE SANS « ULTRASPEECH-PLAYER » .....	85
1.	<i>Pré-tests</i> .....	85
2.	<i>Entraînement</i> .....	87
3.	<i>Post-tests</i> .....	88
	ANNEXE IV : PROTOCOLE DE LA TROISIEME SEANCE.....	90
1.	<i>Test d'identification phonologique</i> .....	90
2.	<i>Test de dénomination phonologique</i> .....	91
	ANNEXE V : TABLEAUX GENERAUX POUR LE TEST DE DENOMINATION PHONOLOGIQUE .....	92
1.	<i>Pourcentages d'erreurs en production en fonction de la position de la séquence-cible et du moment du test pour les enfants du groupe 1</i> .....	92
2.	<i>Pourcentages d'erreurs en production en fonction de la position de la séquence-cible et du moment du test pour les enfants du groupe 2</i> .....	92
	ANNEXE VI : TABLEAUX GENERAUX POUR LE TEST D'IDENTIFICATION PHONOLOGIQUE .....	93
1.	<i>Pourcentages d'erreurs en identification en fonction du phonème à identifier et du moment du test</i> 93	
2.	<i>Temps de réponse (ms) pour l'identification en fonction du phonème à identifier et du moment du test</i> .....	94
	<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS</b> .....	<b>95</b>
	<b>TABLE DES MATIERES</b> .....	<b>97</b>

---

**SUMMARY**

---

The 'visual biofeedback' tools multiply their scopes and begin to be used in speech therapy. Abroad, research showed their efficiency regarding the rehabilitation of articulation disorders. In order to adapt this kind of tools to the speech therapists' needs, Hueber, researcher at the Gipsa-Lab laboratory (Grenoble, France), developed a software called 'Ultraspeech-player' (2011), which allows to visualize at the same time lips and tongue's movements in speech. The tongue movements, visualized by ultrasonography, are shown concurrently to the sounds produced by a model speaker. The purpose of this study was to test to what extent the use of this software in a speech therapy session improved the pronunciation and the phonological hearing identification of children with phonological impairment. A procedure of rehabilitation was devised and tested on 14 children from 4 to 7 years old, suffering from a phonological impairment including the substitution of [tR] by [kR]. These patients were divided into two groups which benefited at different times from the ultrasound articulatory model supplied by 'Ultraspeech-player'. The aim was to ascertain the impact of the ultrasound articulatory model on the pronunciation of words holding [tR]. The influence of the computer software was also observed on the phonological hearing identification of [t] and [k] in logatoms holding the sequences [tR] or [kR]. Results showed that 'Ultraspeech-player' generates immediate and significant benefits on the pronunciation of the children compared with a classic rehabilitation. The premature use of the software proved itself determining for the improvement of the performances of the children in this task. Trends were also observed on the perceptive plan and supply tracks to be run for future researches.

---

**KEY-WORDS**

---

Visual biofeedback, ultrasound articulatory model, phonological impairment, substitution, phonological pronunciation, phonological hearing identification.

---

# INTRODUCTION

---

Les mécanismes physiologiques de l'appareil articulatoire sont à l'heure actuelle bien décrits en recherche fondamentale et compris par les professionnels de la parole, en particulier les orthophonistes. C'est notamment l'utilisation de nombreux outils, devenus de plus en plus performants au fil du temps, qui a permis l'analyse fine des patrons de mouvements des articulateurs externes, mais aussi internes, qui entrent en jeu lors de la parole.

Actuellement, la recherche appliquée étudie la possibilité d'adapter ces outils à la pratique clinique. Les travaux sur l'apport de l'illustration et du retour visuels des articulateurs dans la rééducation des troubles de la parole se multiplient. En effet, obtenir un retour visuel sur son propre fonctionnement phonatoire et visualiser une illustration de la cible articulatoire à atteindre permettraient de mieux contrôler ses productions et d'améliorer ses performances.

C'est dans cette optique que Thomas Hueber, chercheur au Laboratoire Gipsa-Lab de Grenoble, au sein du Département Parole et Cognition, a élaboré « Ultraspeech-player ». Ce logiciel informatique permet de visualiser les mouvements de la langue et des lèvres qui interviennent dans la réalisation de différents phonèmes et groupes phonémiques, et d'entendre simultanément le son produit par un locuteur de référence. Les mouvements de la langue visibles sur le logiciel ont auparavant été capturés par imagerie échographique.

Afin de faire le lien entre la recherche et la clinique, il est fréquent que des étudiants orthophonistes soient sollicités pour une proposition de sujet de mémoire de recherche. C'est dans ce contexte que nous sommes entrées en contact avec deux chercheurs du Laboratoire Gipsa-Lab de Grenoble, Thomas Hueber et Pierre Badin, qui travaillent en collaboration avec deux chercheurs du Laboratoire Dynamique Du Langage de Lyon, Mélanie Canault et Nathalie Bedoin.

Cette équipe nous a proposé d'évaluer, dans le cadre de notre travail de fin d'études, l'intérêt du logiciel « Ultraspeech-player » dans la rééducation orthophonique. Il s'agit d'étudier comment les patients pourraient s'approprier cette nouvelle source d'information visuelle pour améliorer leur propre production de parole.

Nous avons choisi d'intégrer ce logiciel dans la prise en charge du trouble phonologique et plus particulièrement la substitution de [tR] par [kR] que l'on observe fréquemment dans le retard de parole chez les jeunes enfants. Ce mémoire a donc pour objectif d'évaluer l'impact de l'illustration visuelle échographique dans la prise en charge orthophonique du trouble phonologique chez l'enfant.

La première partie de cette étude s'attachera à faire un état des connaissances théoriques actuelles concernant le trouble phonologique, le retour et l'illustration visuels. Nous exposerons ensuite la problématique et les hypothèses ayant guidé notre démarche. Puis nous détaillerons la méthodologie d'expérimentation mise en place pour mener à bien notre recherche et présenterons les résultats obtenus. Enfin, nous discuterons des apports et des limites de notre travail et proposerons de nouvelles perspectives d'études.

---

# **Chapitre I**

## **PARTIE THEORIQUE**

**Tableau 1: Acquisition des phonèmes selon l'âge (Coquet, Ferrand et Roustit, 2007)**

Voyelles	Âges repères		Consonnes	Âges repères				
	18-24	24-30		12-18	18-24	24-30	30-36	
a	x		m	x				
i	x		p		x			
o	x		b			x		
ou	x		t		x			
é		x	d				x	
è		x	k				x	
e		x	g				x	
u		x	n				x	
an			gn				x	
in			f					x
on			v					x
un			s					x
			z					x
			l					x
			r					
			ch					
			j					

La place de la croix dans la colonne indique de façon plus précise le moment d'apparition du phonème au cours de la période (en début, en milieu, en fin de période)

---

## **I. Le trouble phonologique**

### **1. Généralités**

#### **1.1. Phonétique et phonologie**

La phonologie est une discipline linguistique qui étudie la manière dont les sons contribuent au fonctionnement langagier dans l'acte de parole (Calliope, 1989), alors que la phonétique s'intéresse à la façon dont les sons de la langue sont réalisés, transmis et perçus, indépendamment du code linguistique (Tubach, 1989).

Malgré la distinction que la linguistique structurale établit entre ces deux disciplines, on ne peut parler de phonologie sans aborder le répertoire phonétique, surtout lorsque l'on fait référence à l'acquisition du langage. Ainsi, l'acquisition du système phonologique dépend de la dimension phonétique, soit la capacité à produire tous les phonèmes de la langue-cible, et ensuite de l'aspect phonologique, soit la capacité à produire les enchaînements des phonèmes de cette langue (De Weck & Marro, 2010)

Le répertoire phonétique se construit lors du développement normal de l'enfant, selon un schéma donné. Les voyelles ainsi que les consonnes occlusives labiales et alvéo-dentales sont les phonèmes acquis en premier dans le développement, alors que les consonnes fricatives, liquides et occlusives vélares apparaissent après 2 ans (Coquet, Ferrand, & Roustit, 2007). Le phonème [t] est ainsi acquis entre 18 et 24 mois, soit plus précocement que le phonème [k] qui apparaît entre 24 et 30 mois, et le phonème [R] après 36 mois. (Cf. Tableau 1)

En cas d'une apparition trop tardive d'un ou plusieurs phonèmes par rapport à la norme, on pourra penser à un trouble phonétique. De même, lorsque la co-articulation des phonèmes est perturbée, on peut se poser la question d'un trouble phonologique.

#### **1.2. Définition du trouble phonologique**

La terminologie de « trouble phonologique » sera entendue dans le sens d'un trouble fonctionnel plus communément appelé retard de parole (délai par rapport à la norme). Il est à différencier du trouble phonologique structurel qui est l'une des caractéristiques de la dysphasie (déviance).

Le MINI DSM-IV-TR (Guelfi, 2004) définit le trouble phonologique comme une « incapacité à utiliser les phonèmes et leur agencement normalement acquis à chaque stade du développement compte tenu de l'âge et de la langue du sujet ».

Dans le cadre du courant théorique de la « phonologie naturelle » (Hewlett, 1992), le trouble phonologique est caractérisé par des erreurs de production de phonèmes appelés processus phonologiques simplificateurs (PPS). Leur analyse par un orthophoniste permet de mettre en évidence dans la parole des omissions, additions, substitutions et inversions de phonèmes. Ces erreurs peuvent être instables et varier en fonction de la position du

---

phonème dans le mot. Elles affectent la mise en forme sonore des mots et leur intelligibilité.

Les PPS ne relèvent pas systématiquement du contexte pathologique du trouble phonologique. Lors de l'apprentissage du langage chez le jeune enfant, ces simplifications sont en effet courantes et normales. Le babillage influence les premières productions de l'enfant qui doit construire ses propres stratégies pour aboutir à une communication efficace. Dans cette optique, chaque enfant tentera de développer son lexique, et d'approcher progressivement la forme correcte d'un mot en utilisant des formes simplifiées en adéquation avec ses aptitudes phonologiques (Vihman & Ferguson, 1986). Selon le Dictionnaire d'Orthophonie (Brin-Henry, Courier, & Lederlé, 1997), c'est seulement à partir de 4 ans que la plupart des structures phonologiques doivent être en place dans l'expression orale. En effet, à 4 ans, un enfant doit être intelligible à 100%. Si, après cet âge, des erreurs de type PPS persistent, on peut parler de trouble phonologique. La sévérité du trouble peut varier de modérée à importante si les erreurs sont nombreuses, atypiques et instables, affectant plus profondément l'intelligibilité de l'enfant, et si elles touchent aussi la parole sur le versant réceptif.

Le trouble phonologique est à différencier du trouble phonétique ou trouble d'articulation. Ce dernier se définit par une erreur motrice systématique dans la réalisation de certains phonèmes (Brin-Henry et al., 1997). On peut donner par exemple le cas du zézaïement, dans lequel les phonèmes [ʃ] et [ʒ] sont systématiquement remplacés par [s] et [z]. Ce trouble d'articulation résulte d'une atteinte périphérique entraînant un geste articulatoire imprécis. Les erreurs phonétiques sont systématiques et la production isolée du phonème est impossible. Notons que le caractère systématique des erreurs d'articulation (production du phonème) ne doit pas être confondu avec la stabilité des erreurs phonologiques (production des mots) (Schelstraete, 2011).

Dans le cadre du trouble phonologique, en revanche, les phonèmes sont prononcés correctement de façon isolée. Il n'y a donc pas de trouble phonétique. C'est la combinaison de plusieurs unités dans le contexte du mot qui pose problème. Par exemple, pour la substitution de [tR] par [kR], les phonèmes [t], [k] et [R] sont parfaitement acquis de façon isolée, mais c'est la co-articulation du [t] avec le [R] qui est perturbée et l'ensemble est transformé en [kR].

**Tableau 2 : Classification des processus phonologiques simplificateurs de substitution (Schelstraete, 2011)**

Modification	Unité	Exemples
Antériorisation	Alvéolaire	« balanfoire » pour balançoire
	Alvéodentale	« boi » pour doigt
	Postalvéolaire	« sa » pour chat
	Vélaire	« tarnaival » pour carnaval
Postériorisation	Alvéolaire	« seu » pour feu
	Alvéodentale	« tyjama » pour pyjama
	Postalvéolaire	« chinge » pour singe
	Vélaire	« koboggan » pour toboggan
Assourdissement		« rop » pour robe
Sonorisation		« byjama » pour pyjama
Nasalisation		« rominet » pour robinet
Oralisation		« bandarine » pour mandarine
Fermeture	Fricative	« bélo » pour vélo
Glissement	Semi-consonne	« yune » pour lune
Assimilation		« manane » pour « banane »
Harmonisation	Voyelle / Consonne	« veval » pour cheval
Substitution	Voyelle	« rive » pour rêve

---

### 1.3. Substitution de [tR] par [kR]

Au sein des PPS, on distingue le phénomène de substitution. Il se traduit par le remplacement non systématique d'un phonème par un autre au sein d'un mot. Cette substitution dépend du contexte phonologique, c'est-à-dire de la place du phonème cible dans le mot, et des phonèmes vocaliques et consonantiques environnants. En effet, dans un contexte de co-articulation de la chaîne parlée, les différents phonèmes s'influencent mutuellement et des erreurs peuvent en résulter (De Weck & Marro, 2010).

Les PPS de substitutions ont été catégorisés en fonction des caractéristiques articulatoires et acoustiques des phonèmes. Les erreurs sont censées refléter la construction du système phonologique en touchant des catégories de phonèmes (Schelstraete, 2011). (Cf. Tableau 2)

L'une des substitutions fréquemment rencontrée est celle du [tR] par [kR] qui peut être illustrée par : « maî[t]resse » transformé en « maî[k]resse ». Ceci est une erreur de postériorisation dans le sens où le point d'articulation du phonème [t] tend à reculer dans la cavité buccale. En effet, dans un contexte de co-articulation avec le [R] (dorso-uvulaire donc postérieur), le [t] (apico-alvéo-dental donc antérieur) est transformé en [k] (dorso-vélaire donc postérieur).

Au-delà de 4 ans, si ces PPS persistent, le diagnostic de trouble phonologique pourra être posé après une évaluation orthophonique.

## 2. Evaluation du trouble phonologique

L'évaluation du trouble phonologique se fait dans le cadre d'un bilan orthophonique de langage oral (AMO 24). Il convient d'écarter le diagnostic de trouble phonétique et d'évaluer ensuite la phonologie sur les versants productif et réceptif.

### 2.1. Diagnostic différentiel

Le diagnostic différentiel entre trouble phonétique et trouble phonologique se fera à partir d'une épreuve de répétition des phonèmes de la langue française. Celle-ci permet de mettre en évidence un trouble d'articulation. Nous pouvons citer par exemple l'épreuve phonétique de Borel-Maisonny (1990). Dans ce test, l'enfant doit répéter les syllabes suivantes : [pa], [ta], [ka], [ba], [da], [ga], [fa], [sa], [ʃa], [va], [za], [ʒa], [ma], [na], [la], [Ra], [ja]. Lorsque la répétition est correcte, il n'y a pas de trouble phonétique ou trouble articulatoire. L'orthophoniste peut alors se pencher sur le versant phonologique.

### 2.2. Evaluation de la phonologie en production

Une épreuve généralement utilisée pour évaluer la phonologie en production est une tâche de dénomination d'images dont les mots ont été sélectionnés pour leurs caractéristiques phonologiques : mots connus des enfants, qui contiennent tous les phonèmes de la langue

---

– idéalement dans différentes positions au sein du mot (Schelstraete, 2011). Nous pouvons citer par exemple l'épreuve Dénomination Phonologie de EVALO 2-6 (Coquet et al., 2007). La cotation tient compte uniquement des erreurs phonologiques et non des erreurs lexicales. Si des erreurs phonologiques sont observées, ou si un déficit lexical vient perturber l'évaluation en dénomination, l'orthophoniste peut proposer une épreuve de répétition de mots comme celle de RepM de la ELO (Khomsî, 2001) ou la répétition de mots et non-mots de la Batterie Analytique du Langage Ecrit, (Groupe Cogni-Sciences, 2010).

Ces tests permettront d'évaluer quantitativement les enfants par rapport à une norme, et la classification en termes de PPS permettra de faire une analyse qualitative des données.

### **2.3. Evaluation de la phonologie en réception**

Le versant réceptif de la phonologie doit également être investigué pour vérifier si les difficultés observées en production se retrouvent en réception (Schelstraete, 2011). Quand c'est le cas, le trouble phonologique en réception est susceptible d'influencer la production. Plusieurs épreuves peuvent être proposées.

On peut envisager un test de discrimination de paires minimales (mots ou pseudo-mots ne différant que par un phonème). On en trouve par exemple dans la BALE (Groupe Cogni-Sciences, 2010) avec des comparaisons de syllabes, dans l'EDP 4-8 (Autesserre, Deltour, & Lacert, 1989) avec des comparaisons de mots et non-mots, ou dans EVALO 2-6 (Coquet et al., 2007) avec l'épreuve des Gnosies Auditives de comparaison de mots. Ces épreuves sont optimales lorsqu'elles testent tous les contextes phonologiques.

De plus, il peut être intéressant de contrôler l'utilisation de la lecture labiale pour voir si l'enfant s'appuie sur les mouvements des lèvres et non sur l'information auditive pour détecter une différence entre deux items. C'est le cas dans l'EDP 4-8 dont les items sont générés par un enregistrement, ce qui exclut l'aide de la lecture labiale.

Ces épreuves de phonologie en production et en réception, étalonnées et normalisées, permettent de situer le patient par rapport à la pathologie et de poser ou non le diagnostic de trouble phonologique. En fonction de ce diagnostic, une rééducation du retard de parole (AMO 12,1) peut être envisagée.

## **3. Prise en charge orthophonique du trouble phonologique**

On remarque que les indications cliniques précises disponibles dans la recherche sont peu nombreuses. Toutefois, sur le principe de la compétence langagière de Bloom et Lahey (1978), l'orthophoniste travaillera les aspects de forme et de contenu, ceci grâce à une sensibilisation multisensorielle autour de la parole de l'enfant. Ces éléments seront reliés à l'utilisation habituelle de la parole par l'enfant, c'est-à-dire à son quotidien, afin de favoriser une généralisation des apprentissages dans le langage spontané.

---

### **3.1. Sensibilisation multisensorielle**

La sensibilisation multisensorielle sera avant tout axée sur l'aspect auditif et kinesthésique, puis des supports visuels et gestuels pourront soutenir ce travail.

#### **3.1.1. Sensibilisation auditive par les gnosies**

Habituellement, lorsqu'un phonème se substitue à un autre, il convient de présenter les deux phonèmes de façon explicite à l'enfant. Un travail d'opposition lui permettra de prendre conscience des caractéristiques différentielles de chaque phonème sur le plan auditif (Maurin-Chérou, 1998). Ainsi, selon Rousseau (2004), on donne à l'enfant la possibilité de mieux analyser ce qu'il entend et de mieux le retenir.

Pour une substitution entre deux consonnes constrictives ([f, s, ʃ, v, z, ʒ]), les sons peuvent facilement être prolongés par l'orthophoniste en raison de leurs caractéristiques articulatoires. En effet, selon le Dictionnaire d'Orthophonie (Brin-Henry et al., 2004), les constrictives sont des sons généralement assez bien perçus en raison de leur durée d'émission assez longue. Le resserrement du canal vocal pour ces phonèmes dure en général entre 80 et 120 ms (Landericy & Renard, 1977). Ainsi, leur opposition pourra être accentuée de manière à ce que l'enfant se construise une représentation sonore bien différenciée pour chacun des phonèmes. Le programme mis au point par Tallal et al. (1996) a ainsi montré les bénéfices de la modification volontaire du signal de parole qui rend les phonèmes cibles plus saillants.

En raison de leurs caractéristiques articulatoires différentes, les occlusives ([p, t, k, b, d, g]), et dans notre cas le [t] et le [k], entraîneront des sensations auditives plus abstraites. En fait, selon le Dictionnaire d'Orthophonie (Brin-Henry et al., 2004), les occlusives sont produites par une fermeture brève et complète du canal vocal, laquelle est suivie d'une ouverture expulsant l'air rapidement. Cette phase d'explosion a une durée très courte de 10 à 20 ms (Landericy & Renard, 1977). Du fait de ces caractéristiques temporelles, les différences perceptives seront moins facilement perçues entre les occlusives.

D'autres canaux sensoriels seront donc préférés pour mettre en évidence et travailler les oppositions entre les occlusives cibles. Pour ces phonèmes, on privilégiera le développement de la sensibilisation kinesthésique et visuelle.

#### **3.1.2. Sensibilisation kinesthésique : approches motrice et articulatoire**

On distingue tout d'abord l'approche motrice (Ruscello, 2008) pour laquelle la stratégie d'intervention sur la phonologie inclut des exercices visant le développement de la motricité oro-faciale indépendamment de la production des sons. L'orthophoniste peut ainsi proposer à l'enfant un travail de praxies oro-faciales pour la prise de conscience des articulateurs (lèvres, langue, palais...). Les praxies labiales solliciteront les lèvres, par exemple en s'exerçant à faire de petits bisous, tandis que les praxies linguales muscleront la langue avec des mouvements d'extension ou de flexion latérale par exemple.

---

Ensuite, d'autres stratégies consistent à travailler l'articulation des phonèmes avec des positions et des mouvements qui sont spécifiques à la parole. Ce sont les thérapies articulatoires (Van Borsel, 1999).

Classiquement, chaque son sera d'abord travaillé de manière isolée afin de développer la conscience proprioceptive et kinesthésique des lieux articulatoires. Pour le [t] et le [k], la sensation kinesthésique est bien différente du fait de leurs lieux articulatoires éloignés. En effet, pour le [t] l'apex de la langue sera sollicité au niveau alvéo-dental, alors que ce sera la zone postérieure de la langue pour le [k], au niveau vélaire.

Selon Maurin-Chérou (1998), un déconditionnement de l'enfant peut ensuite être bénéfique par rapport au phonème cible ; il s'agirait d'apprendre à l'enfant à réaliser de manière systématique les positions et les mouvements corrects à effectuer, en séparant les deux phonèmes du groupe diconsonantique. En effet, pour arriver à produire [tR], un moyen efficace d'entraînement est d'inciter à scinder le groupe diconsonantique en deux, en y ajoutant la voyelle [a] avant et après. Ainsi, l'orthophoniste fait répéter « at...ra » à l'enfant, en laissant un silence entre les phonèmes [t] et [R]. C'est un déconditionnement dans le sens où cela ne rejoint pas le mouvement naturel de co-articulation de la chaîne parlée. Au fur et à mesure d'une répétition rythmée, le laps de temps entre les deux phonèmes est réduit volontairement par le professionnel qui accentue bien le [t] et l'enfant produit « at'ra ». Lorsque la répétition rapide de « at'ra » est réalisée, l'orthophoniste peut changer la voyelle du logatome et utiliser les deux autres voyelles se situant aux extrémités du triangle vocalique : [i] et [u]. Ainsi est répété plusieurs fois « it...ri » jusqu'à obtenir « it'ri », puis « out...rou » jusqu'à ce que « out'rou » soit produit. Choisir, pour cet exercice, les voyelles ayant les caractéristiques articulatoires les plus extrêmes suppose que le même exercice avec les voyelles intermédiaires sera possible.

### **3.1.3. Autres supports : visuels et gestuels**

Des supports visuels diversifiés pourront illustrer et étayer ce travail pratique : par exemple, une représentation imagée de la bouche et de la langue ou « la marionnette bavarde » (bouche HopToys en silicone).

On pensera aussi à des approches qui utilisent le canal gestuel comme celle de Borel-Maisonny (méthode phonétique et gestuelle), celle de Constantin (dire-lire), ou celle de Dunoyer de Segonzac (Dynamique Naturelle de la Parole). Ces gestes associés aux différents phonèmes viendront renforcer leur prononciation dans le contexte de la chaîne parlée.

Si cette sensibilisation multisensorielle est nécessaire pour que l'enfant s'approprie les mécanismes phonologiques de co-articulation, elle ne suffit pas pour obtenir une parole normale en toute circonstance. Un travail de généralisation de la phonologie à l'échelle du mot puis, de la phrase, sera donc effectué.

---

### **3.2. Exercices progressifs pour une généralisation dans le langage spontané**

L'objectif de cette étape est l'obtention de formes phonologiques conventionnelles au quotidien. En effet, la phonologie ne s'acquiert pas de manière isolée mais dans un contexte de stimulation générale du langage. C'est dans cette optique que certains auteurs (Camarata, 1993 ; Norris & Hoffman, 2005) privilégient une approche globale des apprentissages.

L'orthophoniste cherchera d'abord à intégrer le phonème cible en production dans un mot. Des images pourront être utilisées pour servir de support à la production du phonème dans le contexte du mot. Celles-ci auront été choisies par l'orthophoniste en fonction du phonème cible et de sa place dans le mot (position initiale, interne ou finale). Par exemple, pour [tR] associé à la voyelle [a] : tracteur (position initiale), attraper (position intervocalique), battre (position finale).

Pour un entraînement ludique, cette démarche pourra être effectuée avec des paires d'images dans un jeu de demande de type PACE (Promoting Aphasics' Communicative Effectiveness) (Wilcox & Davis, 1978) ou de « memory ». La séquence phonémique distractrice ([kR]) pourra également être introduite dans les images. Les images avec [tR] et les images avec [kR] seront proposées soit en opposition, soit mélangées. Dans ce cadre, l'orthophoniste pourra fournir un modèle adapté à l'enfant en insistant sur les sons travaillés, cela de manière naturelle et écologique, grâce à l'utilisation du jeu.

Pour faciliter le transfert des acquisitions dans le quotidien, intégrer les parents dans la thérapie pourra être une opportunité intéressante. C'est ce qui est proposé par le Centre Hanen (Manolson, 1997) qui offre aux parents la possibilité d'être inclus dans la rééducation et ainsi de s'adapter au mieux à la communication de leur enfant en difficulté.

Lors des exercices proposés précédemment, l'enfant n'a pas de vision directe de ce qui se produit dans sa bouche. Pour progresser, il se fie uniquement à sa proprioception (ressenti proprioceptif), à ce qu'il entend (ressenti auditif) et au jugement de l'orthophoniste (retour verbal). L'utilisation d'un miroir permettrait de donner un retour visuel des articulateurs externes uniquement : les lèvres et la mandibule. A l'heure actuelle en France, aucune utilisation en clinique n'est réellement faite des outils technologiques offrant la possibilité d'un retour visuel des articulateurs internes, en l'occurrence la langue et le palais. A l'étranger, des chercheurs ont utilisé des outils variés pour obtenir un retour visuel des articulateurs, même lorsque ceux-ci sont invisibles de l'extérieur.

---

## **II. Le « visual biofeedback » et l'illustration visuelle**

### **1. « Visual biofeedback » versus illustration visuelle**

La traduction du terme « feedback » évoque « une information en retour ». Au sein d'une interaction homme-homme ou homme-machine, le rôle de cette information donnée par l'un des partis est de renseigner sur la nature, la qualité ou les conséquences de sa propre action. Le « biofeedback » concerne plus spécifiquement le domaine du vivant, en l'occurrence l'homme. Le « biofeedback » sert donc à donner un retour se présentant sous la forme d'une donnée corporelle afin de favoriser le développement d'un auto-contrôle. Le « biofeedback » utilise des informations relatives à une fonction normalement conduite de façon non-consciente, pour aider à développer un contrôle conscient et volontaire de celle-ci. L'objectif est d'améliorer cette fonction.

Le « visual biofeedback » renvoie ainsi une information visuelle donnée sur une fonction corporelle afin de la maîtriser.

Dans le domaine de la parole, le « visual biofeedback » permet de visualiser les articulateurs non accessibles, comme la langue, lorsque ceux-ci sont en mouvement. La visualisation simultanée des articulateurs en mouvement lors de la parole associée à l'information sonore permet de mieux comprendre les mécanismes de l'appareil phonatoire (Badin, Ben Youssef, Bailly, Elisei, & Hueber, 2010).

Le « visual biofeedback » est à différencier de la simple illustration visuelle. En effet, alors que le « visual biofeedback » donne un retour visuel direct des articulateurs du locuteur-sujet, l'illustration visuelle fournit un modèle pré-enregistré par un locuteur de référence. Ce modèle ne comporte pas d'erreurs et ne correspond pas aux articulateurs du locuteur-sujet. Le locuteur-sujet doit alors calquer sa parole sur celui du locuteur-source.

Différents outils permettent de donner un « visual biofeedback » ou une illustration visuelle.

### **2. Les outils**

Nous présenterons les différents outils, aborderons leur impact sur la production de la parole, et évoquerons leurs limites.

#### **2.1. Présentation des outils**

On distingue les outils pour le « visual biofeedback » de ceux permettant une illustration visuelle.



Figure 1 : Une session avec EMA (Katz & McNeil, 2010)

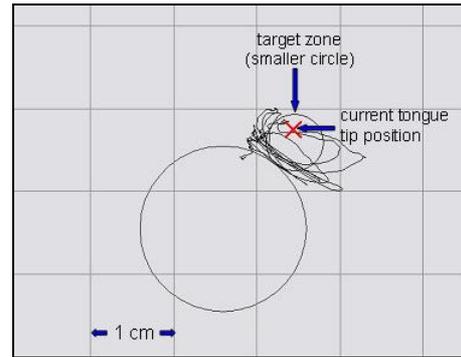


Figure 2 : Feedback obtenu par EMA (Levitt & Katz, 2008)

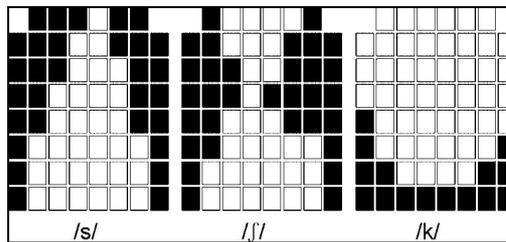


Figure 3 : Exemples de feedback obtenu avec EPG (Cleland et al., 2009).  
Les carrés noirs délimitent les zones de contact langue / palais

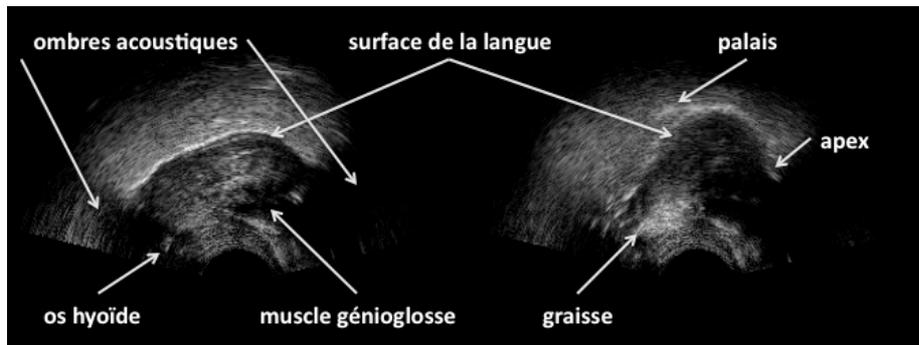


Figure 4 : Exemples de feedback échographique (Hueber & Denby, 2009)



Figure 5 : Exemple de vue sagittale générée par le modèle 2-D de Kröger (2003)

---

### 2.1.1. Outils pour le « visual biofeedback »

Dans la littérature actuelle, on compte trois outils pour le « visual biofeedback » : l'articulographie électromagnétique, l'électro-palatographie et l'imagerie échographique.

#### a. L'articulographie électromagnétique

L'EMA ou Articulographie Electro Magnétique, est une technique de capture des mouvements articulaires. Elle fournit les coordonnées dans l'espace, en 2D ou en 3D selon les modèles, de capteurs électromagnétiques collés sur les articulateurs : généralement trois sur la langue, deux sur les lèvres et un sur les incisives. L'EMA fournit donc une trace visible du mouvement et l'examineur en est informé : il peut donc juger si la performance est correcte ou non. (Cf. Figure 1 et 2)

#### b. L'Electro PalatoGraphie

L'EPG ou Electro Palato Graphie, permet, grâce à un palais artificiel composé d'électrodes, de visualiser la position des contacts articulaires entre la langue et le palais, au cours d'une séquence de production de parole. (Cf. Figure 3)

#### c. L'imagerie échographique

L'imagerie échographique (ou imagerie ultra-sonore) est utilisée pour visualiser en temps-réel les mouvements de la langue. Une sonde échographique est placée sous le menton du patient, devant le larynx. La sonde est classiquement orientée de telle sorte à imager le conduit vocal dans le plan sagittal médian, l'image révélant alors la surface supérieure de la langue, de la base jusqu'à l'apex (Hueber & Denby, 2009). (Cf. Figure 4)

### 2.1.2. Outils pour l'illustration visuelle

Comme outils pour l'illustration visuelle, on distingue les modèles génériques de la sphère oro-faciale (en deux et trois dimensions) qui sont généralement obtenus par stylisation de données articulaires, et les clones oro-faciaux, qui visent à répliquer le plus fidèlement possible la morphologie et les stratégies articulaires de véritables locuteurs.

#### a. Modèle 2D

Kröger (2003) a conçu un modèle en deux dimensions. Celui-ci est basé sur des données statiques et dynamiques récoltées par Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) chez un locuteur-source allemand qui ne présente pas de trouble du langage. (Cf. Figure 5)



---

Nous citerons également l'animation 2D créée en France par Canault (2010) et intitulée « le conduit vocal en action ». Celui-ci présente les phonèmes vocaliques et consonantiques du français de manière isolée. Sa réalisation imagée s'est inspirée de la cinéradiographie des voyelles et consonnes du français (Bothorel, Simon, Wioland, & Zelding, 1986). L'animation est disponible en ligne sur une plateforme et est actuellement utilisée comme support pédagogique. (Cf. Figure 6)

### **b. Modèles 3D et clones oro-faciaux**

Par ailleurs, on trouve dans la littérature une autre catégorie de systèmes d'illustration visuelle. Ces derniers sont basés sur des « clones oro-faciaux virtuels », c'est-à-dire des avatars permettant de visualiser, en 3D et sous n'importe quel angle, les articulateurs d'un locuteur de référence.

Birkholz, Jackel et Kröger (2006) ont quant à eux mis en place un modèle en trois dimensions, géométriquement basé sur les données statiques et dynamiques récoltées par IRM du même locuteur-source allemand que celui du modèle en deux dimensions de Kröger (2003). (Cf. Figure 7)

Fagel et Madany (2008) en Allemagne, ont créé une tête virtuelle en trois dimensions afin de montrer les mouvements articulatoires des lèvres, joues, langue et voile du palais. Cet outil peut présenter les phonèmes allemands de manière isolée ou au sein de mots proposés dans lesquels la cible apparaît en position initiale, intermédiaire ou finale. (Cf. Figure 8)

Plus récemment, Badin et al. (2010) ont créé en France un clone oro-facial (OFC) construit à partir de données acquises par IRM, scanner et vidéos d'un même locuteur (Cf. Figure 9). Quelques vidéos de ce modèle ont été intégrées dans un logiciel français de rééducation orthophonique, « Diadolab » (Sicard & Sicard, 2011), actuellement disponible à la vente. Celui-ci contient également une illustration pour les différents phonèmes du français. (Cf. Figure 10)

## **2.2. Impact de la perception visuelle des articulateurs**

Des études déjà ont montré l'impact de ces outils sur la production de la parole.

En effet, aux Etats-Unis, l'EMA a été utilisée dans la rééducation orthophonique de l'apraxie verbale chez des patients aphasiques-apraxiques. L'apprentissage moteur rendu possible grâce au feedback s'est révélé bénéfique à la rééducation de l'apraxie en améliorant la précision de l'articulation des sons. On observe même une généralisation des apprentissages pour des cibles sur lesquelles il n'y a pas eu d'entraînement, et un maintien des acquisitions et des généralisations au cours du temps (Katz & McNeil, 2010).

L'intégration de l'EPG a été testée dans la prise en charge orthophonique des troubles articulatoires d'enfants atteints de Trisomie 21. La prononciation des mots s'est améliorée qualitativement et quantitativement au niveau des phonèmes-consonantiques-cibles (Cleland, Yimmins, Wood, Hardcastle, & Wishart, 2009). L'EPG a également été utilisée

---

dans le cadre de la rééducation de personnes porteuses d'une fente palatine (Gibbon et al. 2001).

En ce qui concerne l'imagerie échographique, et dans la suite des travaux précurseurs de Stone (2004) sur la capture des mouvements de la langue par cette technique, des auteurs au Canada, ont inclus l'outil dans la prise en charge orthophonique (Bernhardt, Gick, Bacsfalvi, & Adler-Bock, 2005 ; May Bernhardt et al., 2008 ; Bressman, Heng & Irish, 2005). Plusieurs profils de patients entrent dans les études : trouble auditif sévère, trouble persistant de la parole, anglais très accentué, trouble résiduel de la parole. L'utilisation de l'échographie a permis de corriger l'articulation du phonème-cible dans des mots isolés. Les améliorations ont été proportionnelles au temps d'entraînement. De plus, l'échographie a été bénéfique pour l'orthophoniste dans la compréhension des erreurs. L'échographie a aussi été utilisée pour tester l'apport de la visualisation des articulateurs et de consignes audio-visuelles dans l'apprentissage du suédois par des sujets français. Une amélioration de la prononciation des deux phonèmes-cibles a pu être constatée dans les mots (Engwall, 2008). De plus, en Ecosse, le projet « Ultrax » en cours depuis 2010, vise à développer un nouvel outil échographique destiné aux orthophonistes pour diagnostiquer et prendre en charge les troubles de la parole. La presse scientifique et les retours des professionnels sont très encourageants.

Enfin, l'utilisation de modèles 2D et 3D muets a permis à des enfants porteurs de trouble phonétique de reconnaître les phonèmes et leurs caractéristiques articulatoires (Kröger, Graf-Bortescheller, & Lowit, 2008). De plus, un entraînement avec une tête virtuelle a engendré une meilleure production des mots contenant les phonèmes cibles (Fagel & Madany, 2008). Dès 5 ans, les enfants s'avèrent capables d'analyser ce type d'information visuelle. Il faut toutefois noter que l'utilisation d'un modèle 3D n'a pas été plus efficace que celle d'un modèle 2D.

### **2.3. Limites de ces outils et de ces études**

Au vu de ces recherches, l'outil de « visual biofeedback » le plus avantageux pour la rééducation orthophonique nous semble être l'imagerie échographique. En effet, cette technique présente de nombreux avantages par rapport aux autres dispositifs, qui comportent quelques limites.

L'EMA est relativement invasive avec ses électrodes situées au sein-même de la cavité buccale. De plus, dans l'étude de Katz et McNeil (2010), on ne sait pas réellement si c'est la connaissance de la performance à réaliser, celle du résultat ou celle du feedback de l'orthophoniste qui apporte une amélioration.

L'EPG introduit également un élément externe dans la cavité buccale, le palais artificiel. Elle est donc aussi invasive et peut perturber la proprioception du patient. De plus, dans l'étude de Cleland et al. (2009), l'interprétation du retour fourni s'est révélée difficile pour les patients qui présentaient un retard intellectuel. Ce système de palais artificiel ne peut pas être utilisé avec des enfants de moins de 7 ans en raison de leur dentition lactéale. Il est aussi nécessaire de concevoir un dispositif propre à chaque patient. Enfin, son utilisation se limite aux phonèmes impliquant un contact entre la langue et le palais.

---

L'imagerie échographique quant à elle, semble regrouper de nombreux avantages. La visualisation de la cavité buccale s'effectue par une sonde inoffensive et non invasive, la langue peut être observée en mouvement ou non, l'image a une bonne résolution temporelle (>60 images par seconde) et spatiale (<0,5mm), l'équipement matériel est peu volumineux, utilisable sur tous (contrairement au palais artificiel qui est moulé individuellement), transportable, et l'image échographique est relativement facile à comprendre par les patients. L'imagerie échographique serait en théorie la solution idéale pour fournir un « visual biofeedback ».

Bien que les outils d'illustration visuelle ne fournissent pas au patient un véritable « retour personnalisé » mais plutôt un modèle à atteindre, ils ont eux aussi des avantages : ils nécessitent des équipements ni coûteux, ni invasifs, ils peuvent être utilisés par le patient seul, et présentent un aspect ludique pour les plus jeunes patients. Toutefois, ils ne retransmettent pas des mouvements « réels », mais bien des stimuli élaborés artificiellement.

Actuellement en orthophonie en France, l'imagerie échographique n'est pas utilisée. En effet, l'utilisation d'une sonde échographique ultrasonore est difficile à mettre en œuvre, que ce soit en termes économique (coût important de la sonde), déontologique (matériel médical), ou pratique (manipulations longues, fatigantes, et ne fournissant pas d'information acoustique).

Mais les résultats mentionnés précédemment amènent à penser qu'il serait bénéfique de rassembler à la fois l'imagerie échographique et l'illustration visuelle via un logiciel informatique utilisable par les orthophonistes. Un tel outil est en cours d'élaboration en France depuis trois ans (Hueber, 2011). Il s'agit du logiciel « Ultraspeech-player » que l'on peut qualifier d'« hybride ». En effet, il s'agit d'un outil d'illustration visuelle qui présente les mouvements articulatoires acquis par imagerie échographique sur un locuteur de référence. Cet outil n'a toujours pas été testé dans un cadre orthophonique et il convient de s'interroger sur l'effet qu'il induit sur la qualité de la production de la parole.

### **III. L'illustration visuelle échographique avec « Ultraspeech-player »**

#### **1. Description de l'outil « Ultraspeech-player »**

Le logiciel « Ultraspeech-player » est développé au Gipsa-Lab (Grenoble, France) par Thomas Hueber (2011). Ce logiciel informatique permet de visualiser simultanément, pour différents phonèmes et logatomes, les mouvements de la langue et des lèvres, et d'entendre le son produit par un locuteur de référence.

Ces informations sont données par trois moyens différents :

- les mouvements articulatoires intra-buccaux ont été capturés et enregistrés en coupe sagittale grâce à une imagerie échographique ;
- les mouvements oro-faciaux visibles de l'extérieur ont été filmés par une caméra en vue frontale ;
- les productions vocales ont été enregistrées par un micro.

Ces trois éléments fournissent la possibilité de visualiser une illustration articulatoire créée à partir d'images (échographiques et vidéos) et de sons réels. Le but est que le patient essaie de calquer son propre mouvement de production de parole sur celui du locuteur-source fourni par « Ultraspeech-player », afin d'atteindre une production correcte.

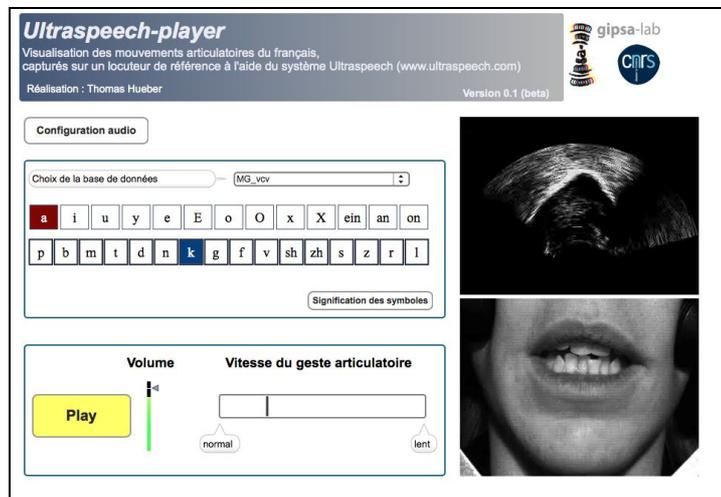


Figure 11 : Capture-écran du logiciel « Ultraspeech-player » dans sa version initiale (1.0)

## 2. Approche critique de l'outil

Il serait intéressant de tester cet outil dans un contexte orthophonique afin d'en démontrer les bénéfices pour le patient, et d'apporter un retour à son auteur pour d'éventuelles modifications. Il semble important de préciser que l'utilisation de cet outil pourrait se faire avec une patientèle très diversifiée. Au-delà du trouble phonologique, un tel outil semblerait adapté pour plusieurs types de prises en charges pour lesquelles une illustration visuelle échographique viendrait soutenir le travail autour de la sphère oro-faciale : dysarthrie, dyslalie, oralisation chez la personne sourde, etc. Toutefois, la base de données actuelle a été orientée de façon restreinte : elle contient uniquement les phonèmes du français de manière isolée. Contrairement à d'autres outils d'illustration visuelle, le logiciel présente un mouvement articulatoire non-stylisé. L'illustration est donc probablement moins intuitive que sur d'autres outils, mais elle préserve les patterns de co-articulation naturelle.

De prime abord et par rapport aux outils permettant un « visual biofeedback » ou une illustration visuelle, « Ultraspeech-player » présente des avantages certains. Il ne comporte pas d'aspect invasif pour le patient puisqu'il s'agit simplement d'un logiciel informatique. De plus, la vitesse du geste de parole fourni par le locuteur de référence est modulable grâce à un curseur et permet donc de décomposer le mouvement dans le temps, selon l'objectif. Au niveau ergonomique, le logiciel est simple d'utilisation. Des boutons virtuels facilitent l'accès aux phonèmes-cibles. Et comme le souligne Schelstraete (2011), lorsqu'il s'agit de réaliser des exercices répétitifs, le travail sur logiciel est mieux accepté par les enfants. Cependant, en fonction de la patientèle et notamment de l'âge du patient, l'image échographique paraît plus ou moins compréhensible. Ce dernier point peut cependant être facilement amélioré.

En raison des aspects évoqués précédemment, nous avons décidé de formuler notre problématique de recherche et nos hypothèses en regard de l'outil « Ultraspeech-player ». Nous évoquerons ces points dans la partie qui fait suite.

---

# **Chapitre II**

## **PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES**

---

## I. Problématique

Les données théoriques citées précédemment attestent de l'utilité du « visual biofeedback » et de l'illustration visuelle sur l'aide à l'articulation des sons de la parole. Actuellement, un seul outil regroupe à la fois l'aspect non invasif de l'illustration visuelle, et la dimension réelle du « visual biofeedback ». C'est le logiciel « Ultraspeech-player » (Hueber, 2011), qui donne une illustration visuelle échographique de la cavité buccale et des articulateurs en mouvement, lors de la parole. Ce système, mis au point en France, à Grenoble, n'a à ce jour pas encore été testé dans le cadre de la prise en charge orthophonique. C'est là l'objet de notre recherche.

Nous allons donc utiliser, en séance orthophonique, le logiciel « Ultraspeech-player ». Nous avons choisi de l'employer au sein de la prise en charge du trouble phonologique fonctionnel plus communément appelé, dans notre cas, retard de parole. Nos recherches seront ciblées sur la substitution de [tR] par [kR] qui est fréquemment observée dans le retard de parole des jeunes enfants. De plus, grâce à leurs lieux articulatoires éloignés, les phonèmes [t] et [k] seront clairement identifiables et différenciables sur les coupes sagittales proposées par le logiciel.

Notre objectif est donc de mesurer l'impact de cet outil sur la rééducation de la substitution de [tR] par [kR]. Nous nous sommes alors posé la question de savoir quels seraient les bénéfices de l'utilisation de ce logiciel sur la production de mots contenant la séquence [tR] et sur l'identification des phonèmes [t] et [k] au sein de logatomes contenant [tR] et [kR].

## II. Hypothèses générales

L'utilisation du logiciel « Ultraspeech-player » et donc de l'illustration visuelle échographique dans l'étape de sensibilisation kinesthésique, aurait un impact positif sur la substitution de [tR] par [kR].

- H1 : Les enfants auront davantage amélioré la production des mots contenant le groupe diconsonantique [tR], suite à une séance avec le logiciel.
- H2 : Les enfants identifieront mieux les phonèmes [t] et [k] au sein de logatomes contenant [tR] et [kR], suite à une séance avec le logiciel.

## III. Hypothèses opérationnelles

Afin de mieux comprendre les hypothèses opérationnelles, il convient d'expliquer brièvement notre protocole. Les patients, répartis en 2 groupes homogènes, bénéficieront de 2 séances orthophoniques individuelles, l'une avec le logiciel, et l'autre sans le logiciel. Chaque séance sera précédée et suivie de tests de production et d'identification phonologique, et les mêmes tests seront également proposés une semaine après la dernière séance, ce qui fait en tout 5 temps de tests (T0, T1, T2, T3, T4). Le groupe 1 bénéficiera du logiciel lors de la première séance (entre T0 et T1) et aura une seconde séance sans logiciel (entre T2 et T3), tandis que ce sera l'ordre inverse pour le groupe 2 : première séance sans le logiciel (entre T0 et T1) et seconde séance avec le logiciel (T2 et T3). Le temps T4 correspond aux tests proposés une semaine plus tard.

---

## 1. Concernant la production des mots avec [tR]

- H1a : Le pourcentage d'erreurs en production pour les mots contenant [tR] aura diminué entre T0 et T4, quel que soit le groupe.
- H1b : La diminution du pourcentage d'erreurs entre T0 et T1 sera plus importante pour le groupe 1 qui aura bénéficié d'une utilisation précoce du logiciel, dès la première séance.
- H1c : La diminution du pourcentage d'erreurs entre T2 et T3 sera plus importante pour le groupe 2 qui aura bénéficié du logiciel que pour le groupe 1 qui aura eu une séance sans logiciel.
- H1d : On observera, entre T3 et T4, un maintien des bénéfices de la rééducation, voire une diminution du pourcentage d'erreurs en production pour les mots avec [tR].

## 2. Concernant l'identification de [t] et [k] dans des logatomes avec [tR] et [kR]

- H2a : Le pourcentage d'erreurs pour l'identification des phonèmes [t] et [k] dans des logatomes avec [tR] et [kR] aura diminué entre T0 et T4.
- H2a' : Le temps de réponse pour l'identification des phonèmes [t] et [k] dans des logatomes avec [tR] et [kR] aura diminué entre T0 et T4.
- H2b : La diminution du pourcentage d'erreurs entre T0 et T1 sera plus importante pour le groupe 1 qui aura bénéficié d'une utilisation précoce du logiciel.
- H2b' : La diminution du temps de réponse entre T0 et T1 sera plus importante pour le groupe 1 qui aura bénéficié d'une utilisation précoce du logiciel.
- H2c : La diminution du pourcentage d'erreurs entre T2 et T3 sera plus importante pour le groupe 2 qui aura bénéficié du logiciel que pour le groupe 1 qui aura eu une séance sans logiciel.
- H2c' : La diminution du temps de réponse entre T2 et T3 sera plus importante pour le groupe 2 qui aura bénéficié du logiciel que pour le groupe 1 qui aura eu une séance sans logiciel.
- H2d : On observera, entre T3 et T4, un maintien des bénéfices de la rééducation, voire une diminution du pourcentage d'erreurs pour l'identification des phonèmes [t] et [k].
- H2d' : On observera, entre T3 et T4, un maintien de la valeur du temps de réponse voire une diminution de sa valeur pour l'identification des phonèmes [t] et [k].

---

# **Chapitre III**

## **PARTIE EXPERIMENTALE**

**Tableau 3 : Présentation de l'échantillon**

Groupe	Enfant	Sexe	Date de naissance	Age au moment des séances	Classe
1	Thiery	M	27/10/2008	5 ans 1 mois (61 mois)	GSM
	Loana	F	04/06/2006	7 ans 5 mois (89 mois)	CE1
	Mika	M	11/08/2008	5 ans 4 mois (64 mois)	GSM
	Pub	M	01/04/2008	5 ans 8 mois (68 mois)	GSM
	Simba	M	04/12/2007	6 ans 0 mois (72 mois)	CP
	Ulysse	M	04/12/2007	6 ans 0 mois (72 mois)	CP
	Lison	F	28/11/2007	6 ans 4 mois (76 mois)	CP
2	Lola	F	13/12/2007	5 ans 9 mois (69 mois)	CP
	Giabi	M	11/03/2008	5 ans 9 mois (69 mois)	GSM
	Rima	M	09/03/2008	5 ans 7 mois (67 mois)	GSM
	Morgan	M	09/01/2008	5 ans 9 mois (69 mois)	GSM
	Efron	M	11/08/2008	5 ans 4 mois (64 mois)	GSM
	Zinedine	M	07/02/2008	5 ans 10 mois (70 mois)	GSM
	Ben	M	05/07/2007	6 ans 3 mois (75 mois)	CP

---

## **I. Population**

Nous définirons les critères de sélection de la population recherchée pour notre étude, puis nous présenterons l'échantillon sélectionné dans cette population.

### **1. Critères de sélection**

Les critères de sélection de la population recherchée seront abordés en termes de critères d'inclusion et de critères d'exclusion.

#### **1.1. Critères d'inclusion**

Notre population cible se composait d'enfants de 5 ans ou plus, suivis en orthophonie et présentant un trouble phonologique fonctionnel caractérisé par la substitution de [tR] par [kR]. Cette substitution pouvait s'inclure dans un retard de parole plus global et pouvait être accompagnée d'un retard de langage oral limité. Les enfants devaient être francophones, volontaires pour participer à l'étude et disponibles sur trois semaines consécutives (durée de notre protocole). Nous devions par ailleurs obtenir l'autorisation des parents et de l'orthophoniste pour intervenir.

#### **1.2. Critères d'exclusion**

Le trouble phonologique fonctionnel ne devait pas s'inclure dans un trouble structurel de type dysphasie ou trouble envahissant du développement. Les enfants présentant un trouble phonétique d'articulation, un trouble praxique, un trouble sensoriel auditif ou visuel, un trouble attentionnel ou une déficience intellectuelle étaient exclus. Les sujets ne devaient par ailleurs pas suivre une rééducation en parallèle de notre intervention.

## **2. Présentation de l'échantillon**

Nous avons axé nos recherches sur la ville de Lyon et banlieue proche. Nous avons ainsi contacté une centaine de professionnels par téléphone ou par le biais de la « mailing-list » (boîte mail commune aux étudiants et orthophonistes diplômés) du département d'orthophonie de l'Institut des Sciences et Techniques de Réadaptation localisé à l'Université Claude Bernard Lyon 1. Un courrier d'information présentant brièvement notre étude leur a été transmis pour diffusion auprès des patients.

Nous avons ainsi pu recruter 14 enfants âgés de 5 ans 1 mois (61 mois) à 7 ans 5 mois (89 mois) au moment des séances. Les enfants ont été répartis en 2 groupes homogènes de 7 sujets. Le groupe 1 a une moyenne d'âge de 5 ans 11 mois (71 mois) et le groupe 2 a une moyenne d'âge de 5 ans 9 mois (69 mois). (Cf. Tableau 3)

---

## II. Protocole

### 1. Méthode d'expérimentation

Afin que le protocole de recherche permette de répondre à la problématique, nous avons choisi de conduire une étude évaluative expérimentale. Il s'agit d'un essai clinique thérapeutique qui évalue l'efficacité d'une intervention orthophonique avec illustration visuelle échographique (avec le logiciel) par rapport à une intervention orthophonique sans illustration visuelle échographique (sans le logiciel). Nous avons constitué deux groupes expérimentaux. Chaque groupe a pu bénéficier des deux types d'interventions présentées dans des ordres inverses. Chaque patient a été vu individuellement 3 fois, avec une semaine d'intervalle entre chaque intervention.

Pour le groupe 1, la première séance est composée de pré-tests (T0), d'un entraînement avec « Ultraspeech-player », et de post-tests (T1). La deuxième séance comprend des pré-tests (T2), un entraînement sans le logiciel, et des post-tests (T3). La dernière séance ne comporte qu'une série de tests (T4) réalisés à semaine + 1. Le groupe 2 a lui aussi bénéficié de trois séances, mais l'ordre des deux premières séances a été inversé par rapport au groupe 1. La troisième séance est identique à celle du groupe 1 et ne comporte donc qu'une série de tests (T4) réalisés à semaine + 1. (Cf. Tableau 4) Les phases de tests et d'entraînements seront décrites en détail dans la section 2.2.

**Tableau 4 : Description et répartition des séances selon le groupe**

	Groupe 1	Groupe 2
<b>Séance 1</b> (30 minutes) Semaine 1	<ul style="list-style-type: none"><li>• T0 : pré-tests</li><li>• Entraînement avec Ultraspeech-player</li><li>• T1 : post-tests</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• T0 : pré-tests</li><li>• Entraînement sans Ultraspeech-player</li><li>• T1 : post-tests</li></ul>
<b>Séance 2</b> (30 minutes) Semaine 2	<ul style="list-style-type: none"><li>• T2 : pré-tests</li><li>• Entraînement sans Ultraspeech-player</li><li>• T3 : post-tests</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• T2 : pré-tests</li><li>• Entraînement avec Ultraspeech-player</li><li>• T3 : post-tests</li></ul>
<b>Séance 3</b> (15 minutes) Semaine 3	<ul style="list-style-type: none"><li>• T4 : Tests semaine +1</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• T4 : Tests semaine +1</li></ul>

### 2. Matériel utilisé

Nous avons utilisé différents outils au sein des phases de tests et d'entraînements.

#### 2.1. Epreuves utilisées en phases pré et post-tests

Deux épreuves ont été mises au point pour cette étude. La durée de passation était d'environ 5 à 7 minutes. La première épreuve permettait d'évaluer la production avec un test de dénomination phonologique. La seconde épreuve permettait d'évaluer la réception et la manipulation phonologique avec un test d'identification.

Tableau 5 : Mots contenant les séquences phonémiques [tR] et [kR] dans différentes positions

	[tR]				[kR]			
	Position initiale	Position intermédiaire			Position initiale	Position intermédiaire		Position Finale
		Syllabe finale	Syllabe médiane	Position Finale		Syllabe finale	Syllabe médiane	Position Finale
[a]	Tracteur Trapèze Travaux		Mitraillette	Plâtre Théâtre	[a]	Crabe Cravate Crapaud Crâne	Ecraser	Sacre
[i]	Tricoter Tricycle Triste Trident	Calculatrice Factrice Electrique Vitrine		Pupitre Litre Vitre Arbitre	[i]	Crinière Criquet	Ecrire Ecriture	
[u]	Trousse Troupeau	Citrouille Ecrou		Poutre Loutre	[u]	Croûte (de pain)	Choucroute Ecroulé	
[wa]	Troisième Trois-mâts				[wa]	Croissant		
[y]	Truffe Truelle	Autruche			[y]	Cruche		Sucra
[o]	Trognon Trophée Trottinette Trône Troll	Pétrole Métro	Astronaute Rétroviseur		[o]	Crocodile Crochet Chronomètre Croqua- monsieur	Micro Microbe Micro-onde Microscope Acrobate	
[e] [ɛ]	Trésor Trainseau Trèfle	Maitresse	Secrétaire	Lettre Fenêtre Thermomètre Mètre	[e] [ɛ]	Crayon Crêpe Crèche Crème Craie Crâneau	(lait) écrémé	
[ø]					[ø]	Crevette	Mercredi	
[œ]				Feutre	[œ]	(il) creuse		
[ã]	Tranche Trente Transpirer Transat			Ventre Centre	[ã]	Crampon	Ecran	Ancre
[ɛ̃]	Trinquer Tringle	Etreinte		Cintre Peintre	[ɛ̃]	/	Ecrin	
[õ]	Trompette Trompe Trombone	Citron		Montre	[õ]	/		

---

### 2.1.1. Test de dénomination phonologique

Afin d'évaluer la phonologie en production et plus particulièrement l'aptitude des enfants à produire le groupe consonantique [tR] au sein de mots, nous avons mis en place un test de dénomination phonologique.

#### a. Stimuli

Nous avons pour cela cherché des mots ayant un référent concret et nous les avons sélectionnés de façon à ce que leur fréquence lexicale soit aussi élevée que possible, telle qu'évaluée pour les enfants dans la base de donnée Manulex (Lété, Sprenger-Charolles, & Collé, 2004). Ces mots contiennent la combinaison de phonèmes [tR] dans différentes positions (initiale, intermédiaire et finale). Nous avons aussi sélectionné des mots contenant le groupe phonémique distracteur [kR] selon les mêmes critères. Nous avons obtenu la liste de mots présentée dans le Tableau 5.

Pour les besoins de notre test, nous avons sélectionné, dans ce tableau, 20 mots avec la séquence-cible [tR] sur lesquels les enfants allaient être évalués, et 10 mots contenant le groupe phonémique distracteur [kR]. Parmi les 20 mots avec [tR], 7 mots contenaient le phonème-cible en position initiale, 5 mots le contenaient en position intervocalique (intermédiaire) et 8 mots le contenaient en position finale. Les mots choisis sont présentés dans le Tableau 6.

**Tableau 6 : Mots sélectionnés pour le test de dénomination phonologique**

Item	Mot à produire	[tR / kR]	Position du phonème
1	Crinière	[kR]	Initiale
2	Tricoter	[tR]	Initiale
3	Arbitre	[tR]	Finale
4	Cintre	[tR]	Finale
5	Trésor	[tR]	Initiale
6	Crayon	[kR]	Initiale
7	Fenêtre	[tR]	Finale
8	Maîtresse	[tR]	Intervocalique
9	Crevette	[kR]	Initiale
10	Feutre	[tR]	Finale
11	Crapaud	[kR]	Initiale
12	Travaux	[tR]	Initiale
13	Plâtre	[tR]	Finale
14	Ancre	[kR]	Finale
15	Ventre	[tR]	Finale
16	Crampon	[kR]	Initiale
17	Tranche	[tR]	Initiale
18	Micro	[kR]	Intervocalique
19	Rétroviseur	[tR]	Intervocalique
20	Crocodile	[kR]	Initiale
21	Trottinette	[tR]	Initiale
22	Micro-onde	[kR]	Intervocalique

23	Montre	[tR]	Finale
24	Trompette	[tR]	Finale
25	Citron	[tR]	Finale
26	Sucre	[kR]	Finale
27	Autruche	[tR]	Intervocalique
28	Citrouille	[tR]	Intervocalique
29	Poutre	[tR]	Finale
30	Trousse	[tR]	Initiale

Les mots contenant le phonème perturbateur [kR] et ceux contenant le phonème-cible [tR] ont été intercalés dans l'ordre de passation.

Les images proposées comme support pour la dénomination ont été dessinées (Cf. Annexe I) par une de nos encadrantes, Nathalie Bedoin, et ont été insérées dans un programme informatique, « E-prime », afin de créer un test de dénomination phonologique. « E-prime » est un logiciel de conception d'expériences qui sert, entre autres, à présenter des stimuli visuels ou auditifs et recueillir les réponses des participants et leur temps de réponse.

## b. Procédure

Pour ne pas introduire de biais lié à un éventuel déficit lexical, ou à la possibilité de dénommer une même image par plusieurs mots, l'épreuve de dénomination commençait par une présentation des images à l'enfant sur un support papier, et l'examinatrice donnait le nom de chacune d'elles. La consigne était : « *Je vais te dire le nom de toutes ces images. Retiens bien les mots que tu ne connais pas, parce qu'après, ce sera à toi de dire ce que tu vois sur ces images* ».

Dans un second temps, c'était à l'enfant de dénommer les images. Celles-ci étaient donc présentées une à une au centre de l'écran d'ordinateur. La consigne était : « *Maintenant, les images vont apparaître sur l'ordinateur, et c'est à toi de me dire le bon mot pour chaque image. Il faut bien le prononcer* ».

Les productions de l'enfant étaient alors recueillies grâce à un enregistreur (H1 Accessory Pack APH-1 ZOOM). L'apparition de l'image suivante était déclenchée par l'examinatrice qui appuyait sur la souris, ce qui permettait éventuellement d'attendre que l'enfant soit bien concentré. Lorsque l'enfant ne se souvenait plus du mot, nous faisons une ébauche orale. Si la séquence-cible se situait en position intermédiaire ou finale dans le mot, nous donnions le début du mot. Exemple (citrouille) : « *ça commence par [si]* ». Si la séquence-cible se situait en position initiale dans le mot, nous donnions la fin du mot. Exemple (tricoter) : « *ça finit par [kote]* ». En cas d'échec, le mot était proposé en répétition.

Nous avons ensuite calculé le pourcentage d'erreurs, de façon globale et selon chaque position du phonème-cible. Seuls les mots contenant le phonème-cible [tR] ont été comptabilisés pour la cotation. Si l'enfant prononçait [kR] au lieu de [tR] cela comptait comme une erreur, de même lorsque la séquence-cible était simplifiée en [t] ou qu'un autre phonème était produit.

## 2.1.2. Test d'identification phonologique

Afin d'évaluer la phonologie en réception et plus particulièrement l'identification des phonèmes [t] et [k] au sein des groupes diconsonantiques [tR] et [kR], nous avons élaboré un test de manipulation phonologique.

### a. Stimuli

Nous avons créé des logatomes contenant les phonèmes ou séquences de phonèmes [t], [k], [tR] et [kR] associés aux voyelles [i] [a] [u], soit en position initiale devant un phonème vocalique, soit en position intervocalique. Nous avons ainsi enregistré 18 items expérimentaux (et 4 items d'exemples) qui ont été inclus dans un test informatisé sous le programme « E-prime ». Six items étaient de structure CV, six de structure CCV et six de structure VCCV et chacune des conditions était représentée par 3 items contenant [k] et trois items contenant [t]. (Cf. Tableau 7)

**Tableau 7 : Items sélectionnés pour l'épreuve d'identification phonologique**

Item	Essais		
1'	[ka]		
2'	[ta]		
3'	[trø]		
4'	[krø]		
Rang de l'item	Bloc 1	Rang de l'item	Bloc 2
1	[te]	19	[tRã]
2	[ko]	20	[kRe]
3	[tã]	21	[kRo]
4	[ke]	22	[tRe]
5	[to]	23	[tRo]
6	[kã]	24	[kRã]
7	[tRe]	25	[otRo]
8	[kRo]	26	[ekRe]
9	[kRã]	27	[okRo]
10	[kRe]	28	[etRe]
11	[tRo]	29	[ãtRã]
12	[tRã]	30	[to]
13	[ekRe]	31	[tã]
14	[okRo]	32	[ke]
15	[ãtRã]	33	[te]
16	[etRe]	34	[kã]
17	[otRo]	35	[ko]
18	[ãkRã]	36	[ãkRã]

---

## b. Procédure

L'enfant entendait les stimuli via un casque audio. A l'écran, les lettres T et K étaient écrites en gros, l'une à gauche, l'autre à droite. A chaque item, l'enfant devait faire un choix forcé entre [t] et [k] pour décider de l'identité de la consonne entendue dans le logatome. Il devait pour cela appuyer sur la touche du côté du T s'il avait entendu [t] ou du côté du K s'il avait entendu [k], et le programme enregistrait la réponse choisie et le temps de réponse. Nous nous assurons avant de commencer que l'enfant connaissait bien les lettres T et K.

La consigne était : « *Tu vas écouter des mots qui ne veulent rien dire et qui contiennent soit le son [t], soit le son [k] (montrer sur le clavier). Tu mets tes deux doigts comme ça (faire le geste avec les deux index sur les touches). Tu écoutes bien les mots. Quand tu entends [t] dans le mot, tu appuies sur le T. Et quand tu entends [k] dans le mot, tu appuies que le K. Tu appuies le plus vite possible, mais fais attention. L'ordinateur enregistre ta rapidité. Si tu ne sais pas, tu appuies quand même sur une touche, celle que tu veux. On va faire 4 essais tous les deux, et après c'est à toi tout(e) seul(e).* »

Chacun des 18 items était présenté deux fois, de façon à ce que la combinaison de chaque condition de consonne ([k] ou [t]) et de chaque condition de structure (CV, CCV, VCCV) soit présentée par 6 items. L'ensemble était réparti en 2 blocs contenant les mêmes items mais présentés dans un ordre différent. (Cf. Tableau 7)

Pour la cotation, « E-prime » nous permettait d'enregistrer le temps de réponse (en ms) pour chaque item et le pourcentage d'erreurs était calculé sous Excel. La présence de 2 blocs permettait de faire une moyenne entre la cotation des items du bloc 1 et la cotation des items du bloc 2. Dans le bloc 1, les items ont été répartis du plus simple au plus complexe. En effet, il est plus facile d'identifier le phonème cible quand il se situe en position initiale devant une voyelle, puis de l'identifier en position initiale devant le phonème [R], et enfin il est plus difficile de l'identifier en position intervocalique. Dans le bloc 2, les items ont été répartis de manière aléatoire.

## 2.2. Entraînements

Les entraînements se sont inspirés de l'étape de sensibilisation kinesthésique décrite dans la partie théorique (cf. I, section 3.1.2.), et plus particulièrement de l'approche motrice. Il s'agit dans un premier temps de développer chez l'enfant la conscience proprioceptive et kinesthésique des articulateurs pour la réalisation des phonèmes [t] et [k] en isolé, puis de travailler le groupe diconsonantique [tR] de façon déconditionnée, en espaçant temporellement le [t] du [R]. Chaque enfant a pu bénéficier d'un tel entraînement avec et sans l'illustration visuelle échographique que constitue le logiciel « Utraspeech-player ».

### 2.2.1. Entraînement sans « Utraspeech-player »

L'entraînement sans le logiciel comportait deux étapes : la première était la description et l'appropriation kinesthésique des cibles articulaires [t] et [k], la seconde constituait un travail de répétition déconditionnée du groupe diconsonantique [tR].

---

### a. Description et appropriation kinesthésique des cibles

Tout d'abord, nous proposons à l'enfant un travail proprioceptif et kinesthésique des articulateurs. Il convenait de lui faire prendre conscience de la position de sa langue et de l'étendue de ses mouvements lors de la parole. Le ressenti du palais a été travaillé par un balayage du palais dur au palais mou, avec l'apex. Ensuite, nous sollicitons l'apex de la langue et son contact articulo-alvéolo-dental en demandant à l'enfant de produire le phonème [t] de manière isolée. Puis le dos de la langue était mobilisé au niveau vélaire grâce à la production du phonème [k]. Le but était que l'enfant ressente les deux contacts, les localise, les différencie et parvienne à verbaliser son ressenti proprioceptif. Ce travail permettait d'introduire le groupe phonémique [tR] sur lequel nous allions nous entraîner.

Nous avons préparé un discours adapté aux jeunes enfants : « *On va essayer de ressentir comment est la langue dans la bouche. On va poser le bout de la langue derrière les dents, comme ça (on lui montre). Puis on va reculer le bout de la langue en balayant le palais. Comme ça (on le fait). Tu le fais avec moi ? (En même temps que l'enfant) On le fait plusieurs fois (encouragements). Maintenant, on va travailler deux positions de la langue avec deux sons différents : le [t] et le [k] (on met les étiquettes du t et du k sur la table, l'une en dessous de l'autre : le t au-dessus et le k en dessous). Alors, est-ce que tu peux me dire, quand tu fais le son [t], la langue touche quel endroit dans la bouche ? ... Oui, la pointe de la langue touche derrière les dents. Et quand tu fais le son [k], la langue touche quel endroit dans la bouche ? ... Oui, le dessus de la langue touche le palais au fond de la bouche. Donc, pour résumer, quand tu fais [t] [t] [t], vas-y fais-le, la pointe de la langue touche derrière les dents. Et quand tu fais [k] [k] [k], fais-le, le dessus de la langue touche le palais au fond de la bouche. On va travailler le son [tR] : la langue touche derrière les dents pour le [t], puis elle recule pour le [R]. Ça fait [t-R], [t-R] (encouragements).* »

### b. Travail en répétition déconditionnée

Ensuite, nous proposons à l'enfant un travail de répétition constitué de trois étapes abordées par ordre de complexité. En effet, la première étape consistait à répéter des syllabes contenant [t] suivi de l'une des trois voyelles situées aux extrémités du triangle vocalique, [i], [a] et [u]. La deuxième étape, plus difficile, était axée sur le groupe diconsonantique [tR] en position intermédiaire. L'enfant devait répéter des logatomes avec une co-articulation scindée entre le [t] et le [R]. Ceci permettait d'obtenir la prononciation correcte du premier phonème [t], non-influencée par le second phonème [R]. Comme expliqué dans la partie théorique, des phonèmes vocaliques [i], [a] et [u] étaient donc ajoutés avant et après la séquence [tR]. Ainsi le [t] était associé temporellement à la voyelle qui le précédait, puis le [R] à la voyelle qui le suivait. Le [t] et le [R] étaient volontairement séparés par un laps de temps (exemple : [at'ra]), long au début de l'exercice (déconditionnement), puis de plus en plus réduit, comme dans la parole naturelle. La dernière étape, la plus complexe, consistait à répéter directement en position initiale le groupe diconsonantique [tR] suivi des voyelles [i], [a] et [u].

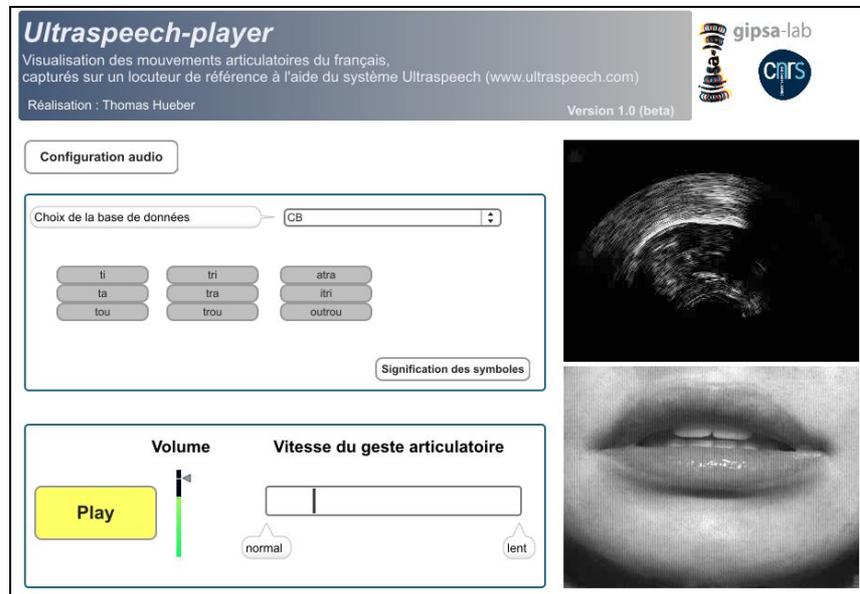


Figure 12: Capture écran du logiciel « Ultraspeech-player » avec la base de données adaptée à notre étude

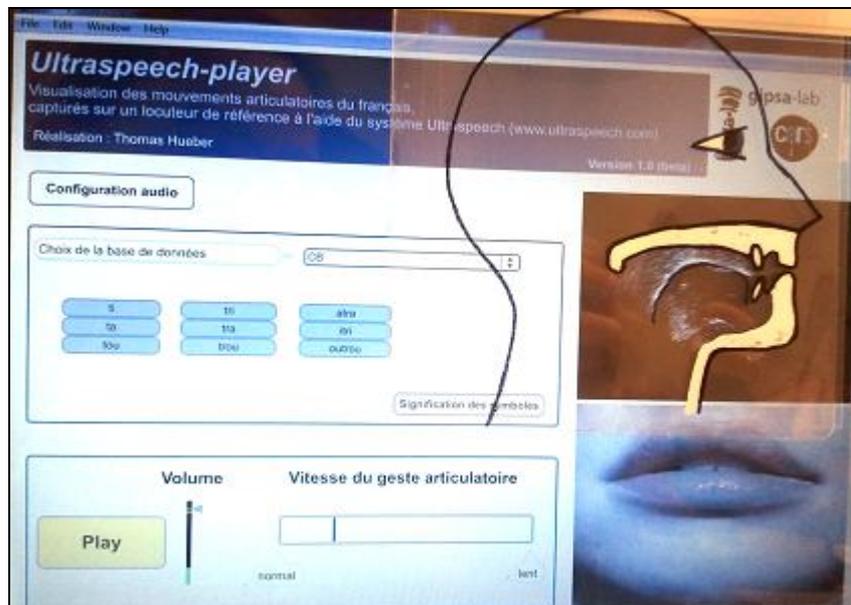


Figure 13 : Photographie de l'écran avec le contour de visage positionné sur l'image échographique de la langue

---

La consigne était : « *Nous allons travailler le son [t] et le son [tR]. Tu répètes juste comme moi, d'accord ? Tu regardes bien ma bouche quand je fais le son et puis après c'est à toi.* »

Les items suivants étaient répétés 2 fois lentement, et 2 fois normalement :

- [ti]
- [ta]
- [tu]

Les items suivants étaient répétés 3 fois lentement, 2 fois moyennement lentement, et 2 fois normalement :

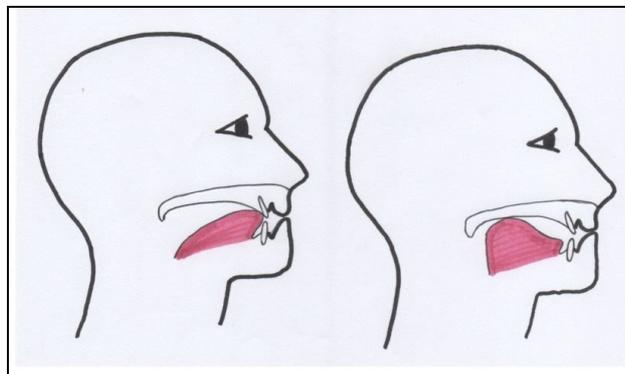
- [it'Ri]
- [at'Ra]
- [ut'Ru]
- [tRi]
- [tRa]
- [tRu]

La vitesse de parole « lente » correspond à une parole au débit exagérément ralenti. La vitesse de parole « normale » correspond à un débit de parole spontanée et naturelle. La vitesse de parole « moyennement lente » correspond à un niveau intermédiaire de débit.

### **2.2.2. Entraînement avec « Ultraspeech-player »**

Pour adapter la base de données du logiciel à notre recherche, nous nous sommes rendus à Grenoble, lieu de conception de « Ultraspeech-player », afin d'enregistrer des stimuli. En effet, seuls les phonèmes du français de manière isolée y étaient présentés, et nous voulions y intégrer des groupes consonantiques composés de la manière suivante : [consonne+R]. Ceci permettrait par la suite de mettre en place des exercices pour la rééducation de la substitution de [tR] par [kR]. Trois cents séquences contenant les phonèmes [t], [k], [tR], [kR], [d], [g], [dR], [gR], [sR], [ʃR], [zR] et [ʒR] associés à tous les phonèmes vocaliques du français ont donc été enregistrés en position initiale, intervocalique ou finale dans les logatomes. Les enregistrements audios, vidéos et échographiques effectués en chambre anéchoïque ont ensuite été intégrés à la base de données de la plateforme « Ultraspeech-player ». Pour notre travail, nous avons sélectionné spécifiquement les stimuli suivants : [ta], [ti], [tu], [atRa], [itRi], [utRu], [tRa], [tRi] et [tRu] (cf. Figure 12) Toutefois, avec nos jeunes patients, l'image échographique paraissait difficilement interprétable. Nous avons pensé qu'elle serait plus lisible si nous lui ajoutions un contour de visage. La version du logiciel avec laquelle nous avons travaillé n'en disposant pas encore, nous en avons superposé un, sous la forme d'un transparent positionnable sur l'écran d'ordinateur. Ce contour est inspiré de l'animation de Canault (2010), « le conduit vocal en action », qui a été présenté dans la partie théorique. Ainsi, l'interprétation de l'image s'est révélée plus évidente pour les enfants. (Cf. Figure 13)

L'entraînement avec le logiciel comporte alors trois étapes : la première est la description, l'identification et l'appropriation kinesthésique des cibles articulatoires [t] et [k], la deuxième est une présentation du logiciel à l'enfant et la dernière reprend un travail de répétition déconditionnée du groupe diconsonantique [tR].



**Figure 14 : Dessins représentant les points d'articulation des phonèmes [t] (à gauche) et [k] (à droite)**

---

### a. Description, identification et appropriation kinesthésique des cibles

Pour un meilleur impact et une meilleure interprétation de l'image échographique, il convient auparavant de familiariser l'enfant avec une illustration visuelle. Nous lui proposons donc d'étudier deux dessins inspirés de l'animation de Mélanie Canault, « le conduit vocal en action », représentant chacun un visage de profil, sur lequel on peut voir les points d'articulations des phonèmes [t] et [k] (Cf. Figure 14). L'enfant devait tout d'abord observer les deux images et noter leurs différences. Il pouvait ensuite décrire, avec ses propres mots, les caractéristiques articulatoires de chaque phonème. Cette étape lui permettait alors, grâce à sa description et à ses propres ressentis kinesthésiques du [t] et du [k], d'associer les deux images aux deux phonèmes [t] et [k].

La présentation faite à l'enfant était la suivante : *« Je vais te montrer deux images de la langue. Chaque image correspond à un son différent : le [t] et le [k] (on met les étiquettes du t et du k sur la table, l'une en dessous de l'autre : le t au-dessus du k). Voilà les deux images (on place les images du t et du k l'une à côté de l'autre). On a dessiné comme si on voyait à l'intérieur de la bouche. Est-ce que tu peux me dire les différences entre cette position de langue et cette position de langue ? Par exemple, cette langue-là (t), elle touche quel endroit dans la bouche ? ... Oui, la pointe de la langue touche derrière les dents. Et cette langue-là (k), elle touche quel endroit dans la bouche ? ... Oui, le dessus de la langue touche le palais au fond de la bouche. Alors, maintenant, est-ce que tu peux me dire avec quelle photo tu mets le [t] ? ... Et donc avec quelle photo tu mets le [k] ? ... Très bien ! Donc, pour résumer, quand tu fais [t] [t] [t], vas-y fais-le, la pointe de la langue touche derrière les dents. Et quand tu fais [k] [k] [k], fais-le, le dessus de la langue touche le palais au fond de la bouche (encouragements). Maintenant, on va travailler le son [tR] : la langue touche derrière les dents pour le [t], puis elle recule pour le [R]. Ça fait [t-R], [t-R]. »*

### b. Présentation du logiciel « Ultraspeech-player » à l'enfant

Ensuite, nous faisons une présentation du logiciel à l'enfant, afin qu'il sache où regarder, ce qu'il allait faire, comment il allait le faire, et quel était le but de cet exercice. Nous lui expliquions donc de façon simplifiée l'interface qu'il pouvait voir sur l'écran d'ordinateur et le principe de l'échographie. Il lui était précisé que son attention devait se focaliser, non pas sur les boutons de gauche ni sur la vidéo des lèvres en bas à droite, mais bien sur l'image échographique en haut à droite.

Voici le discours fait à l'enfant :

*« On va utiliser un logiciel sur l'ordinateur qui montre la langue dans la bouche quand on parle. Ça va t'aider à mieux prononcer certains sons. Tu vas voir une vidéo en noir et blanc qui représente la langue de profil. Pour filmer la langue dans la bouche, on n'a pas pu utiliser une caméra normale. On a utilisé une technique qui s'appelle l'échographie et qui permet de voir la langue à travers la joue. C'est la même technique qui permet de voir le bébé à travers le ventre d'une maman quand elle est enceinte. On ouvre le logiciel. Je vais t'expliquer. Ce côté, tu n'as pas besoin de regarder, c'est pour moi. C'est ce côté*

---

*qu'il faut que tu regardes. Ici, il y a un film de la langue de profil. On voit la langue en noir avec le dessus blanc (on montre avec le doigt). Ici c'est l'avant de la langue avec les dents et les lèvres juste devant, et là, c'est l'arrière de la langue, au fond de la bouche. Au-dessus de la langue, ce que tu vois là, c'est le palais. Tu peux le sentir avec le bout de ta langue en le balayant comme ça de l'avant vers l'arrière. (On fait le geste seul). Tu le fais avec moi ? (On le fait) Et puis là, c'est un film normal de la bouche quand on parle. Les mouvements des lèvres que tu vois là sont en même temps que les mouvements de la langue que tu vois ici. C'est la langue et la bouche de la même personne qui ont été filmées en même temps de deux façons différentes. Comme toi quand tu parles, tes lèvres et ta langue bougent en même temps. Toi, il faut que tu regardes le film de la langue quand elle bouge. C'est en faisant les mêmes mouvements que tu pourras bien placer ta langue et prononcer des sons plus facilement. »*

### **c. Travail en répétition déconditionnée**

Nous finissions l'entraînement avec « Ultraspeech-player » par un travail de déconditionnement axé sur le groupe diconsonantique [tR]. C'était le même exercice de répétition que lors de la séance sans le logiciel ; seul le support visuel échographique était ajouté. Ainsi, un seul paramètre variait – la présence ou l'absence d'illustration visuelle – et les deux types de séances et leur impact pourraient donc être comparés.

La consigne pour l'enfant était : « *Je mets le son sur l'ordinateur, tu regardes bien le film et tu répètes le son en essayant de mettre ta langue au bon endroit dans ta bouche. »*

Les items suivants étaient répétés 2 fois lentement, et 2 fois normalement :

- [ti]
- [ta]
- [tu]

Les items suivants étaient répétés 3 fois lentement, 2 fois moyennement lentement, et 2 fois normalement :

- [itRi]
- [atRa]
- [utRu]
- [tRi]
- [tRa]
- [tRu]

La vitesse de répétition était modulée grâce au curseur de ralentissement du logiciel, que nous positionnions donc à trois endroits différents. Les trois endroits du curseur correspondaient alors aux vitesses lente, moyennement lente et normale déjà utilisée dans la partie de répétition déconditionnée sans « Ultraspeech-player ».

Les feuilles de passation reprenant dans l'ordre l'intégralité du protocole sont disponibles en Annexes II, III et IV.

---

### **III. Recueil des résultats**

#### **1. Test de dénomination phonologique**

Pour ne créer aucun biais, les consignes de passation ont été standardisées et le matériel est resté identique pour tous les patients. Un corpus a été recueilli pour chaque enfant. Nous avons coté quantitativement les productions de la séquence-cible [tR] en incluant les scores dans un tableur Excel : la production correcte de cette séquence était cotée 0, et toute erreur de production, qu'il s'agisse d'une postériorisation en [kR] ou d'une simplification en [t], était cotée 1. Ainsi, à chaque temps de l'évaluation et pour chaque enfant, un taux d'erreurs global et un taux d'erreurs selon la position de la séquence cible (initiale, intervocalique et finale) étaient calculés. Ces taux ont ensuite été transformés en pourcentages afin de garder une cohérence entre les résultats obtenus aux deux tests. Les résultats individuels ont enfin été regroupés sur Excel (Cf. Annexe V), afin que nous puissions observer les tendances intra-groupe et inter-groupes. Ceci devait nous permettre, par une analyse statistique, d'objectiver l'évolution des scores en production.

#### **2. Test d'identification phonologique**

La conception du test d'identification phonologique grâce au programme « E-prime » a permis d'enregistrer directement sur informatique les réponses des enfants et leurs temps de réponse. Les données récoltées pour chaque enfant ont été intégrées dans des tableurs Excel individuels qui ont calculé les moyennes pour les pourcentages d'erreurs et les temps de réponse de manière générale, puis selon le phonème à identifier. Les données ont ensuite été synthétisées dans un tableur général reprenant les résultats de tous les enfants (Cf. Annexe VI). Ainsi nous pouvions alors analyser les résultats intra-groupe et inter-groupes grâce à des tests statistiques.

Nous signalerons qu'un des fichiers informatiques qui présentait les résultats obtenus par un patient au test d'identification phonologique en T4 a été corrompu. Nous n'avons donc pas pu prendre en compte les résultats de ce patient pour l'identification en T4. Ces données n'ont pas été intégrées dans le calcul des moyennes obtenues en T4 pour l'identification.

---

# **Chapitre IV**

## **PRESENTATION DES RESULTATS**

---

Les résultats seront présentés en deux parties dans cette section. La première correspondra à ceux obtenus pour l'épreuve de production phonologique, tandis que la seconde sera associée aux résultats obtenus à l'épreuve d'identification phonologique.

Les moyennes des pourcentages d'erreurs dans les deux épreuves et des temps de réponse dans l'épreuve d'identification ont été calculées pour chaque participant selon les différentes conditions. Des comparaisons entre conditions ont alors été effectuées avec le test *t* de Student afin de tester les hypothèses nulles. Ces analyses ont été réalisées avec le logiciel R. Le test *t* était de type apparié pour les comparaisons intra-groupe, et non apparié pour les comparaisons inter-groupes. Pour les comparaisons inter-groupes, le degré de liberté est une approximation calculée avec la formule de Welch, car les variances pourraient ne pas être équivalentes. Le seuil de significativité est fixé à  $p \leq .05$ . Cela signifie qu'on accepte un risque de 5% d'erreur quand on affirme que l'effet est significatif. On parle de tendance jusqu'à  $p = .08$ , voire  $.09$ . Cela concerne surtout les effets attendus dans les hypothèses, qui n'atteignent pas tout à fait le seuil de significativité mais qui vont quand même sens attendu.

Pour rappel, le groupe 1 a bénéficié de l'utilisation de « Ultraspeech-player » entre T0 et T1, alors que le groupe 2 a pu l'utiliser seulement entre T2 et T3.

## **I. Résultats obtenus pour l'épreuve de production de mots avec [tR]**

Les taux d'erreurs ont été calculés pour chaque enfant à chacune des cinq étapes d'évaluation, tout d'abord sur l'ensemble des réponses en production, puis en prenant en compte la position des séquences-cibles (initiale, intervocalique, finale).

Rappel des hypothèses concernant la production phonologique :

- H1a : Le pourcentage d'erreurs en production pour les mots contenant [tR] aura diminué entre T0 et T4, quel que soit le groupe.
- H1b : La diminution du pourcentage d'erreurs entre T0 et T1 sera plus importante pour le groupe 1 qui aura bénéficié d'une utilisation précoce du logiciel, dès la première séance.
- H1c : La diminution du pourcentage d'erreurs entre T2 et T3 sera plus importante pour le groupe 2 qui aura bénéficié du logiciel que pour le groupe 1 qui aura eu une séance sans logiciel.
- H1d : On observera, entre T3 et T4, un maintien des bénéfices de la rééducation, voire une diminution du pourcentage d'erreurs en production pour les mots avec [tR].

## 1. Pourcentages d'erreurs généraux

La Figure 15 représente l'évolution du pourcentage d'erreurs en production (arrondi au dixième), quelle que soit la position de la séquence [tR]. L'analyse des données montre les résultats suivants :

- A T0 : les pourcentages d'erreurs moyens des deux groupes d'enfants ne diffèrent pas significativement ( $t = .85, p = .41$ ). Le pourcentage d'erreurs s'élève à 56,8% pour le groupe 1 et à 45,7% pour le groupe 2.
- Entre T0 et T1 : le pourcentage d'erreurs diminue significativement dans le groupe 1 ( $t = 2.74, p = .0339$ ) qui passe de 57% à 42%, mais pas dans le groupe 2 ( $t = 1.65, p = .1505$ ) qui s'améliore tout de même de 46% à 41%. L'hypothèse H1b est vérifiée.
- Entre T2 et T3, l'amélioration n'est pas significative dans le groupe 1 ( $t = 1.25, p = .2585$ ) qui passe de 50,2% à 44,8% d'erreurs, alors que le groupe 2 tend à s'améliorer en passant de 39,8% à 35,6% mais sans atteindre le seuil de significativité ( $t = 2.18, p = .0723$ ). L'hypothèse H1c n'est donc pas vérifiée, car l'effet n'est pas significatif.
- Entre T0 et T4 : les progrès sont significatifs pour le groupe 1 ( $t = 2.85, p = .0296$ ) qui passe de 56,8% à 34,8% d'erreurs, alors que ce progrès ne se manifeste que sous la forme d'une tendance dans le groupe 2 ( $t = 2.22, p = .0678$ ) qui passe de 45,7% à 29,3%. L'hypothèse H1a est partiellement vérifiée (pour le groupe 1).
- Entre T3 et T4 : les progrès sont significatifs pour le groupe 1 ( $p = .01$ ) qui passe de 44,8% à 34,8%, mais pas pour le groupe 2 ( $p = .08$ ) qui tend tout de même à s'améliorer de 35,6% à 29,3%. L'hypothèse H1d est donc vérifiée, puisqu'il y a un maintien (et pour le groupe 1, une accentuation) des progrès.

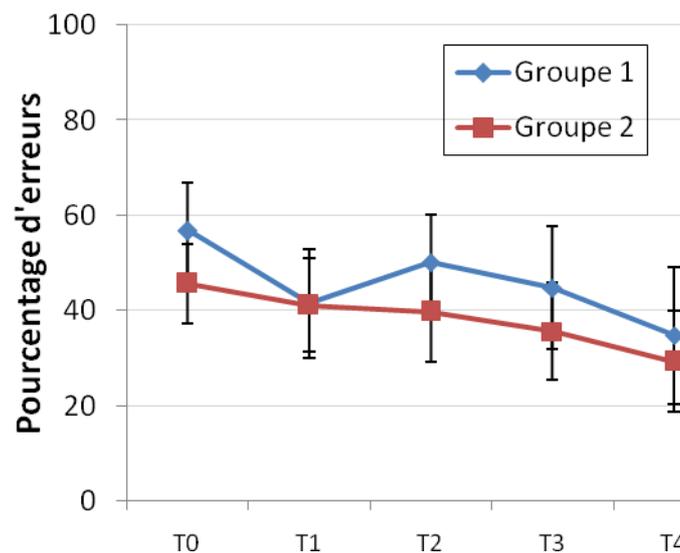


Figure 15 : Pourcentages d'erreurs moyens en production dans le groupe 1 et le groupe 2 aux 5 étapes de tests

Les barres d'erreurs représentent l'erreur-type.

---

## 2. Pourcentages d'erreurs en fonction de la position de la séquence [tR] dans le mot

### 2.1. Pourcentages d'erreurs pour les mots avec [tR] en position initiale

La Figure 16 représente l'évolution du pourcentage d'erreurs en production (arrondi au dixième), pour les mots avec [tR] en position initiale. L'analyse des données montre les résultats suivants :

- A T0 : le pourcentage d'erreurs ne diffère pas significativement entre les deux groupes ( $t = 1.61, p = .1320$ ). Ce dernier s'élève à 83,7% pour le groupe 1 et à 65,3% pour le groupe 2.
- Entre T0 et T1 : on observe une amélioration significative seulement dans le groupe 1, ( $t = 2.40, p = .0533$ ) dont le pourcentage d'erreurs passe de 83,7% à 59,1%, et pas dans le groupe 2 ( $t = 0,31, p = .7663$ ) qui s'améliore extrêmement peu en passant de 65,3% à 63,3%.
- Entre T2 et T3 : le progrès apparent n'est significatif ni dans le groupe 1 qui passe de 75,5% à 63,3% ( $t = 1.72, p = .1360$ ), ni dans le groupe 2 qui passe de 63,3% à 57,1% ( $t = 1.16, p = .2894$ ).
- Entre T0 et T4 : un progrès significatif apparaît dans le groupe 1, ( $t = 2.50, p = .0464$ ) qui passe de 83,7% à 44,9%, et pas dans le groupe 2 ( $t = 1.72, p = .1360$ ) qui s'améliore tout de même et passe de 65,3% à 46,9%.
- Entre T3 et T4 : un progrès significatif apparaît dans le groupe 1 ( $p = .01$ ) qui passe de 63,3% à 44,9%, mais pas dans le groupe 2 ( $p = .11$ ) qui passe de 57,1% à 46,9%.

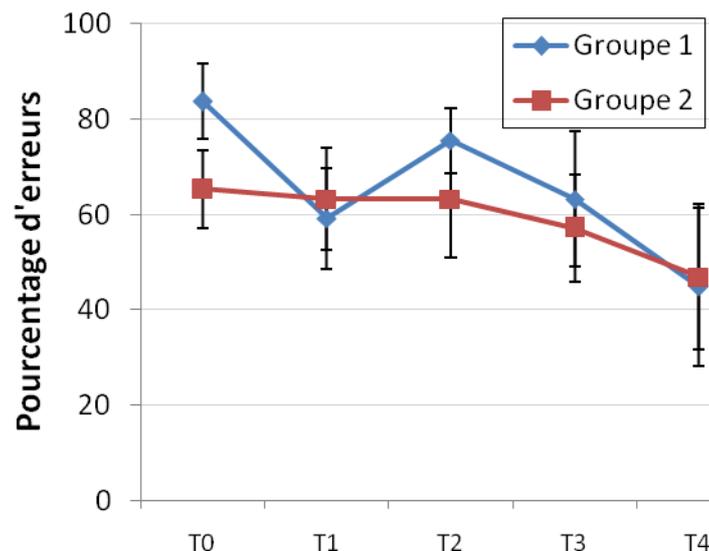


Figure 16 : Pourcentages d'erreurs moyens pour la production des cibles en position initiale dans le groupe 1 et le groupe 2 aux 5 étapes de tests  
Les barres d'erreurs représentent l'erreur-type.

---

## 2.2. Pourcentages d'erreurs pour les mots avec [tR] en position intervocalique

La Figure 17 représente l'évolution du pourcentage d'erreurs en production (arrondi au dixième) pour les cibles en position intervocalique. Les résultats sont les suivants :

- A T0 : l'analyse ne montre pas de différence de performance entre les groupes ( $t = .50, p = .6295$ ) avec un pourcentage d'erreurs de 60% pour le groupe 1 et 48,6% pour le groupe 2.
- Entre T0 et T1 : les progrès apparents ne sont significatifs ni dans le groupe 1 ( $t = 1.37, p = .2199$ ) qui passe de 60% à 45,7%, ni dans le groupe 2 ( $t = 1.92, p = .1030$ ) qui passe de 48,6% à 37,1%.
- Entre T2 et T3 : le progrès apparent n'est significatif ni dans le groupe 1 ( $t = .68, p = .5222$ ) qui passe de 57,1% à 51,4%, ni dans le groupe 2 ( $t = 1.00, p = .3559$ ) qui passe de 40% à 37,1%.
- Entre T0 et T4 : l'amélioration tend vers la significativité dans le groupe 1 ( $t = 2.29, p = .0618$ ) qui passe de 60% à 40%, ce qui n'est pas le cas dans le groupe 2 ( $t = 1.45, p = .1975$ ) qui s'améliore tout de même visiblement en passant de 48,6% à 28,6%.
- Entre T3 et T4 : les progrès visibles sont significatifs pour le groupe 1 ( $p = .051$ ) qui passe de 51,4% à 40% mais pas pour le groupe 2 ( $p = .20$ ) qui passe de 37,1% à 29%.

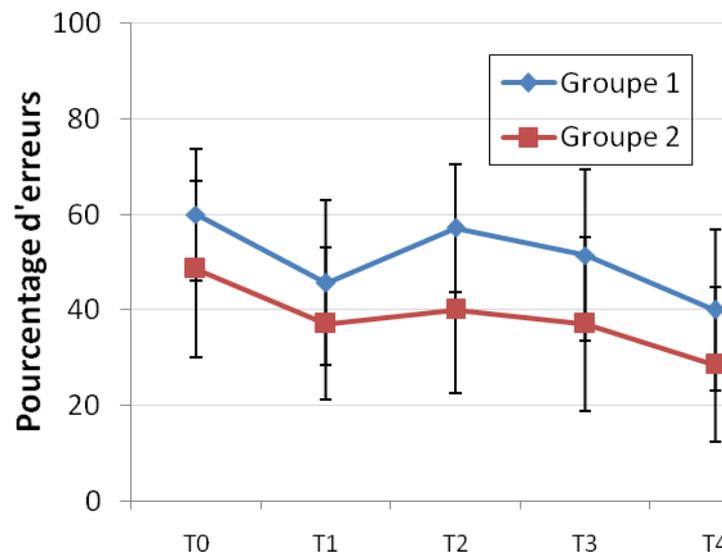


Figure 17 : Pourcentages d'erreurs moyens pour la production des cibles en position intervocalique dans le groupe 1 et le groupe 2 aux 5 étapes de tests  
Les barres d'erreurs représentent l'erreur-type.

### 2.3. Pourcentages d'erreurs pour les mots avec [tR] en position finale

La Figure 18 représente l'évolution du pourcentage d'erreurs en production (arrondi au dixième) pour les cibles en position finale. Les résultats sont les suivants :

- A T0 : il n'y a pas de différence de performance entre les groupes ( $t = .2128$ ,  $p = .8352$ ) avec un pourcentage d'erreurs de 26,8% pour le groupe 1 et de 23,2% pour le groupe 2.
- Entre T0 et T1 : la légère amélioration des performances dans le groupe 1 qui passe de 26,8% à 19,6% n'est pas significative ( $t = 1.92$ ,  $p = .1030$ ) et ne l'est pas non plus dans le groupe 2 ( $t < .01$ ,  $p < .99$ ) qui reste à 23,2%.
- Entre T2 et T3 : le groupe 1 ne progresse pas ( $t = -.55$ ,  $p = .6036$ ) et augmente même légèrement son pourcentage d'erreurs de 17,9% à 19,6%, et le progrès du groupe 2 qui passe de 16,1% à 12,5% n'est pas significatif non plus ( $t = 1.55$ ,  $p = .1723$ ).
- Entre T0 et T4 : le progrès n'est significatif ni dans le groupe 1 ( $t = 1.92$ ,  $p = .1030$ ) qui passe de 26,8% à 19,6%, ni dans le groupe 2 ( $t = 1.35$ ,  $p = .2248$ ) qui passe de 23,2% à 12,5%.
- Entre T3 et T4 : les progrès ne sont significatifs ni pour le groupe 1 ( $p = .50$ ) qui reste à 19,6%, ni pour le groupe 2 ( $p = .50$ ) qui reste à 12,5%. On observe ici un maintien des résultats.

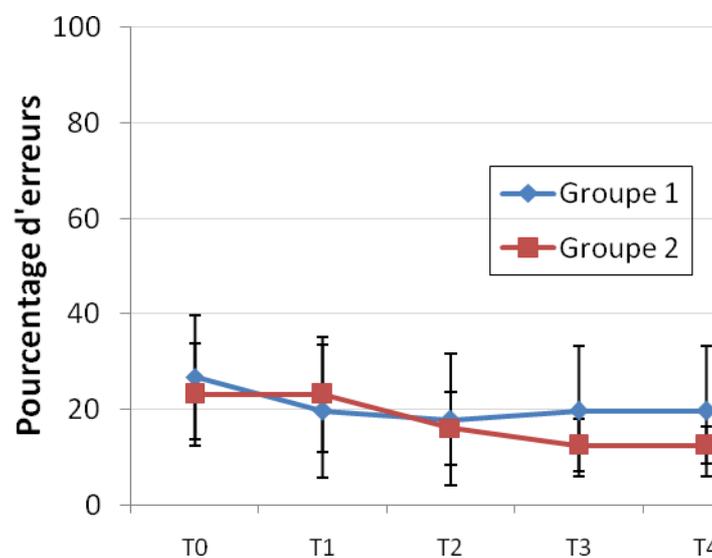


Figure 18 : Pourcentages d'erreurs moyens pour la production des cibles en position finale dans le groupe 1 et le groupe 2 aux 5 étapes de tests  
Les barres d'erreurs représentent l'erreur-type.

---

## **II. Résultats obtenus pour l'épreuve d'identification des phonèmes [t] et [k] au sein de logatomes avec [tR] et [kR]**

Nous avons d'abord analysé les pourcentages d'erreurs pour l'identification des phonèmes et ensuite nous nous sommes penchées sur les temps de réponse.

### **1. Pourcentages d'erreurs pour l'identification des phonèmes**

Le pourcentage d'erreurs a été calculé pour chaque enfant à chacune des cinq étapes d'évaluation, tout d'abord sur l'ensemble des réponses en identification, puis en prenant en compte le phonème-cible ([k] ou [t]).

Rappel des hypothèses concernant le pourcentage d'erreurs pour l'identification phonologique :

- H2a : Le pourcentage d'erreurs pour l'identification des phonèmes [t] et [k] dans des logatomes avec [tR] et [kR] aura diminué entre T0 et T4.
- H2b : La diminution du pourcentage d'erreurs entre T0 et T1 sera plus importante pour le groupe 1 qui aura bénéficié d'une utilisation précoce du logiciel.
- H2c : La diminution du pourcentage d'erreurs entre T2 et T3 sera plus importante pour le groupe 2 qui aura bénéficié du logiciel que pour le groupe 1 qui aura eu une séance sans logiciel.
- H2d : On observera, entre T3 et T4, un maintien des bénéfices de la rééducation, voire une diminution du pourcentage d'erreurs pour l'identification des phonèmes [t] et [k].

## 1.1. Pourcentages d'erreurs pour l'identification quel que soit le phonème

La Figure 19 montre l'évolution du pourcentage d'erreurs dans les résultats des tests d'identification phonologique, tous items confondus. Les résultats sont les suivants :

- A T0 : l'analyse sur les pourcentages d'erreurs de l'ensemble de l'expérience montre que les deux groupes ne diffèrent pas entre eux ( $t = -.34, p = .74$ ) avec un pourcentage d'erreurs qui s'élèvent à 38,1% pour le groupe 1 et à 40,5% pour le groupe 2.
- Entre T0 et T1 : il n'y a pas de progrès significatif, ni dans le groupe 1 ( $t = 1.47, p = .1914$ ) qui n'améliore pas ses scores en passant de 38,1% d'erreurs à 37,7%, et pas de progrès significatif non plus dans le groupe 2 ( $t = .08, p = .9387$ ) qui passe de 40,5% à 35,3%. L'hypothèse H2b n'est pas vérifiée.
- Entre T2 et T3 : il n'y a pas de progrès dans le groupe 1 ( $t = -1.60, p = .1618$ ) qui augmente son pourcentage d'erreurs de 40,1% à 45,6%, et le progrès observé pour le groupe 2 qui passe de 35,3% à 34,9% n'est pas significatif ( $t = .06, p = .9515$ ). L'hypothèse H2c n'est pas vérifiée car les effets ne sont pas significatifs.
- Entre T0 et T4 : on observe une diminution des erreurs, mais celle-ci n'est significative ni dans le groupe 1 ( $t < .01, p = .99$ ) qui passe de 38,1% à 36,6%, ni dans le groupe 2 ( $t = 1.72, p = .1464$ ) qui passe pourtant de 40,5% à 31,5%. A cause de la non-significativité de ces résultats, l'hypothèse H2a n'est pas vérifiée.
- Entre T3 et T4 : on observe un progrès mais il n'est significatif ni dans le groupe 1 ( $p = .12$ ) qui passe de 45,6% à 36,6%, ni dans le groupe 2 ( $p = .32$ ) qui passe de 35,0% à 31,5%. Le progrès observé ne permet pourtant pas valider l'hypothèse H2d.

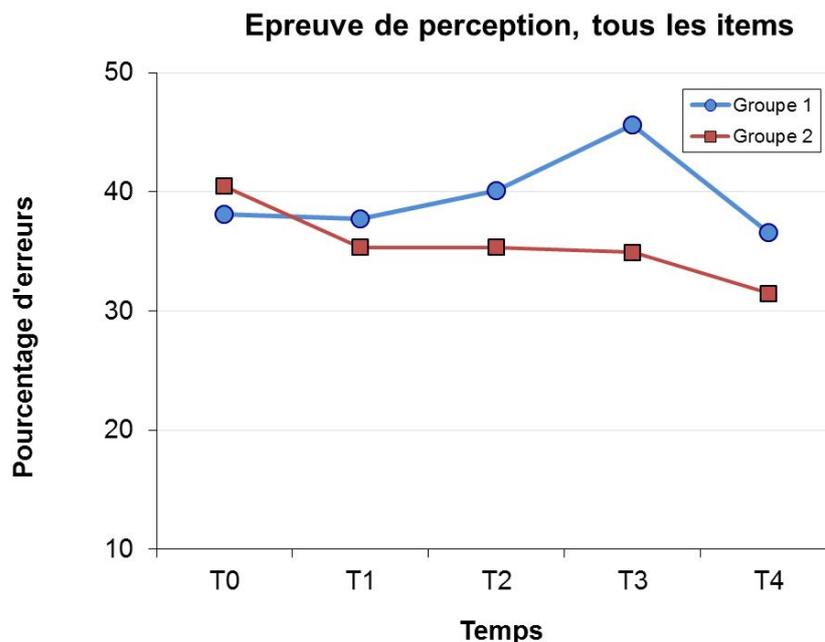


Figure 19 : Pourcentages d'erreurs moyens pour l'identification des cibles tous items confondus dans le groupe 1 et le groupe 2 aux 5 étapes de tests

## 1.2. Pourcentages d'erreurs pour l'identification du phonème [k]

La Figure 20 représente l'évolution du pourcentage d'erreurs pour l'identification du phonème [k]. L'analyse des données montre les résultats suivants :

- A T0 : les deux groupes ne diffèrent pas entre eux, ( $t = -.08$ ,  $p = .9408$ ) avec 38,9% pour le groupe 1 et 39,7% pour le groupe 2.
- Entre T0 et T1 : l'amélioration observée n'est significative ni dans le groupe 1 ( $t = 1.10$ ,  $p = .3136$ ) qui passe pourtant de 38,9% à 31,7%, ni dans le groupe 2 ( $t = 1.22$ ,  $p = .2695$ ) qui passe de 39,7% à 34,9%.
- Entre T2 et T3 : il n'y a pas de progrès dans le groupe 1 ( $t = -.94$ ,  $p = .3832$ ) qui augmente même son pourcentage d'erreurs de 38,9% à 43,7%, et le progrès observé dans le groupe 2 qui passe de 37,3% à 35,7% n'est pas significatif ( $t = .25$ ,  $p = .8085$ ).
- Entre T0 et T4 : le progrès apparent est significatif ni dans le groupe 1 ( $t = .74$ ,  $p = .4929$ ) qui passe de 38,9% à 29,6%, ni dans le groupe 2 ( $t = 1.05$ ,  $p = .3411$ ) qui passe de 39,7% à 31,5%.
- Entre T3 et T4 : les progrès observés sont proches de la significativité pour le groupe 1 ( $p = .061$ ) qui passe de 43,7% à 29,6%, alors qu'ils ne le sont pas pour le groupe 2 ( $p = .30$ ) qui passe de 35,7% à 31,5%.

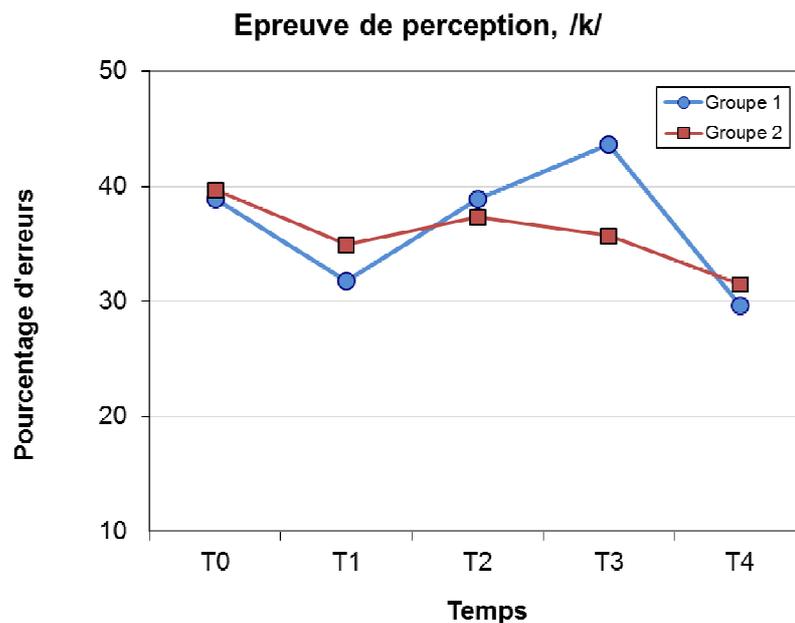


Figure 20 : Pourcentages d'erreurs moyens pour l'identification du phonème [k] dans le groupe 1 et le groupe 2 aux 5 étapes de tests

---

### 1.3. Pourcentages d'erreurs pour l'identification du phonème [t]

La Figure 21 représente l'évolution du pourcentage d'erreurs pour l'identification du phonème [t]. L'analyse des données montre les résultats suivants :

- A T0 : les deux groupes ne diffèrent pas significativement ( $t = -.35$ ,  $p = .7316$ ) avec un pourcentage d'erreurs de 37,3% pour le groupe 1 et de 41,3% pour le groupe 2.
- Entre T0 et T1 : il n'y a pas de progrès significatif ni dans le groupe 1 ( $t = -.79$ ,  $p = .4571$ ) qui régresse de 37,3% à 43,7%, ni dans le groupe 2 ( $t = .87$ ,  $p = .4198$ ) qui s'améliore de 41,3% à 35,7%,
- Entre T2 et T3 : la différence ne s'approche pas du seuil de significativité ni pour le groupe 1 ( $t = -1.00$ ,  $p = .3560$ ) dont le pourcentage d'erreurs augmente de 41,3% à 47,6%, ni pour le groupe 2 ( $t = -.12$ ,  $p = .9079$ ) qui passe de 33,3% à 34,1%.
- Entre T0 et T4 : de même entre ces deux phases de tests, il n'y a de progrès significatif ni pour le groupe 1 ( $t = -.63$ ,  $p = .5558$ ) puisque son pourcentage d'erreurs passe de 37,3% à 43,5% ni pour le groupe 2 ( $t = 1.96$ ,  $p = .1067$ ) qui passe de 41,3% à 31,5%
- Entre T3 et T4 : les deux groupes progressent mais sans atteindre le seuil de significativité avec  $p=.38$  pour le groupe 1 qui passe de 47,6% à 43,5% et  $p=.39$  pour le groupe 2 qui passe de 34,1% à 31,5%.

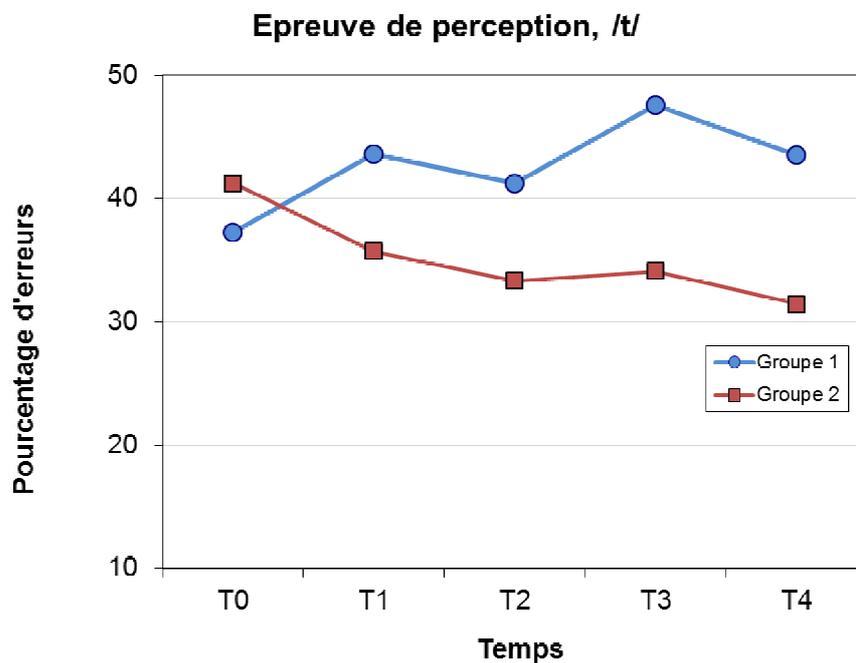


Figure 21 : Pourcentages d'erreurs moyens pour l'identification du phonème [t] dans le groupe 1 et le groupe 2 aux 5 étapes de tests

---

## 2. Temps de réponse pour l'identification des phonèmes

Les temps de réponse ont été calculés pour chaque enfant à chacune des cinq étapes d'évaluation, tout d'abord sur l'ensemble des réponses en identification, puis en prenant en compte le phonème-cible ([k] ou [t]).

Rappel des hypothèses concernant le temps de réponse pour l'identification phonologique :

- H2a' : Le temps de réponse pour l'identification des phonèmes [t] et [k] dans des logatomes avec [tR] et [kR] aura diminué entre T0 et T4.
- H2b' : La diminution du temps de réponse entre T0 et T1 sera plus importante pour le groupe 1 qui aura bénéficié d'une utilisation précoce du logiciel.
- H2c' : La diminution du temps de réponse entre T2 et T3 sera plus importante pour le groupe 2 qui aura bénéficié du logiciel que pour le groupe 1 qui aura eu une séance sans logiciel.
- H2d' : On observera, entre T3 et T4, un maintien de la valeur du temps de réponse voire une diminution de sa valeur pour l'identification des phonèmes [t] et [k].

## 2.1. Temps de réponse pour l'identification quel que soit le phonème

La Figure 22 représente l'évolution du temps de réponse pour l'identification phonologique sans distinguer les phonèmes. L'analyse des données montre les résultats suivants :

- A T0 : l'analyse sur les temps de réponse (TR) de l'ensemble de l'expérience montre que les deux groupes ne diffèrent pas significativement, ( $t = .77, p = .4598$ ) avec un temps de réponse de 1683 ms pour le groupe 1 et de 1397 ms pour le groupe 2.
- Entre T0 et T1 : un progrès apparaît dans le groupe 1 qui passe de 1683 ms à 1376 ms, mais cette amélioration n'est pas significative ( $t = .98, p = .3647$ ). Le groupe 2 ne progresse pas du tout ( $t = -.19, p = .8559$ ) et passe de 1397 ms à 1429 ms. L'hypothèse H2b' n'est pas vérifiée en raison de la non-significativité des résultats.
- A T2 : alors qu'il n'y pas de différence entre les deux groupes à T1, les enfants du groupe 1 sont plus rapides que ceux du groupe 2 à T0 et à T2 ( $t = -2.13, p = .0582$ ) avec un temps de réponse de 1129 ms, alors que les enfants du groupe 2 ont un temps de réponse de 1582 ms.
- Entre T0 et T2 : on remarque que les TR tendent à s'accélérer pour le groupe 1 ( $t = 2.17, p = .0734$ ) qui passe de 1683 ms à 1129 ms, mais pas pour le groupe 2 ( $t = -.89, p = .4053$ ) qui passe de 1397 ms à 1582 ms. La configuration des résultats montre d'ailleurs une accélération progressive entre T0 et T1 pour le groupe 1.
- Entre T2 et T3 : il n'y a pas de progrès que ce soit pour le groupe 1 ( $t = -2.06, p = .0852$ ) qui passe de 1129 ms à 1623 ms, ou pour le groupe 2 ( $t = -1.42, p = .2053$ ) qui passe de 1582 ms à 1811 ms. L'hypothèse H2c' est réfutée.
- Entre T0 et T4 : le progrès observé entre T0 et T2 dans le groupe 1 n'est pas stabilisé à T4, car on ne note pas d'amélioration entre T0 et T4 dans l'un ou l'autre groupe. En effet le groupe 1 passe de 1683 ms à 1999 ms et le groupe 2 passe de 1397 ms à 1976 ms. L'hypothèse H2a' est donc réfutée.
- Entre T3 et T4, on n'observe de progrès ni pour le groupe 1 ( $p = .35$ ) qui passe de 1623 ms à 1999 ms, ni pour le groupe 2 ( $p = .32$ ) qui passe de 1811 ms à 1976 ms. L'hypothèse H2d' est réfutée.

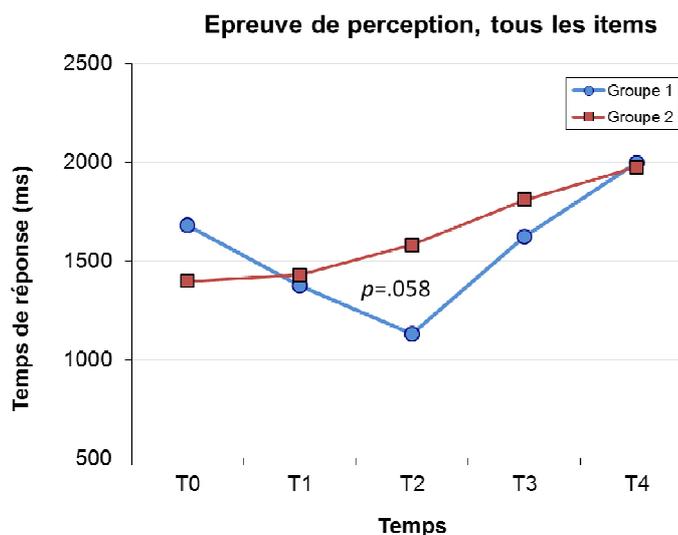


Figure 22 : Temps de réponses moyens pour l'identification tous items confondus dans le groupe 1 et le groupe 2 aux 5 étapes de tests

## 2.2. Temps de réponse pour l'identification du phonème [k]

La Figure 23 représente l'évolution du temps de réponse pour l'identification du phonème [k]. L'analyse des données montre les résultats suivants :

- A T0 : les deux groupes ne diffèrent pas significativement ( $t = .84, p = .4207$ ) avec un temps de réponse moyen de 1709 ms pour le groupe 1 et de 1367 ms pour le groupe 2.
- Entre T0 et T1 : un progrès est observé pour le groupe 1 qui passe de 1709 ms à 1404 ms, et il contraste avec la diminution des performances entre ces étapes dans le groupe 2 qui passe de 1367 ms à 1603 ms, mais ce progrès n'est pas significatif ( $t = 1.49, p = .1866$ ).
- Entre T0 et T2 : le progrès du groupe 1 qui passe de 1709 ms à 1109 ms se rapproche un peu plus de la significativité, sans l'atteindre ( $t = 1.83, p = .1165$ ).
- A T2, les réponses sont plus rapides pour le groupe 1 (1109 ms) que pour le groupe 2 (1501 ms), mais cette différence illustrée par la Figure 23 n'est pas significative ( $t = -1.57, p = .1485$ ).
- Entre T2 et T3 : les deux groupes ralentissent leur temps de réponse. Le groupe 1 passe de 1109 ms à 1686 ms ( $t = -2.43, p = .0256$ ) et le groupe 2 passe de 1501 ms à 1823 ms ( $t = -1.58, p = .1648$ ).
- Entre T0 et T4 : aucun groupe ne présente d'accélération du temps de réponse puisque le groupe 1 passe de 1709 ms à 1965 ms et le groupe 2 passe de 1367 ms à 2114 ms.
- Entre T3 et T4 : les temps de réponse augmentent pour chaque groupe, passant de 1686 ms à 1965 ms pour le groupe 1 ( $p=.43$ ) et de 1823 ms à 2114 ms pour le groupe 2 ( $p=.14$ ). Ces résultats ne sont pas significatifs.

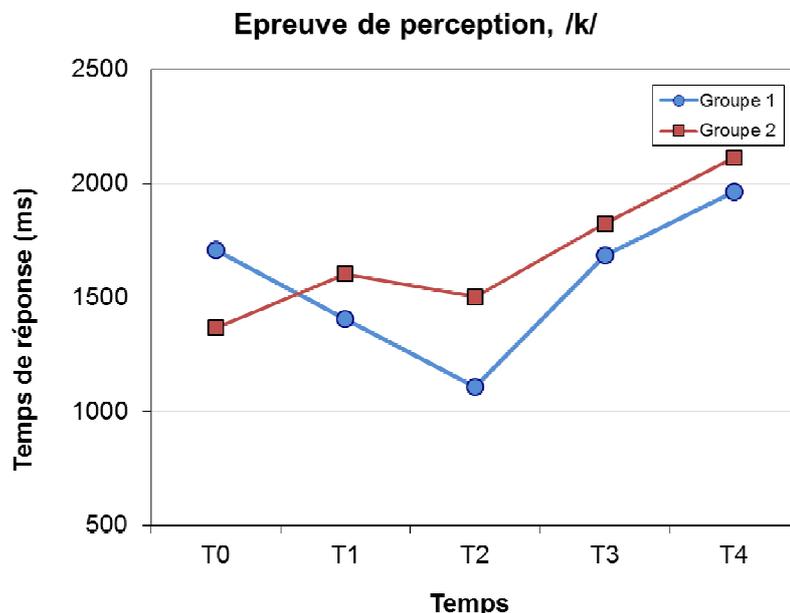


Figure 23 : Temps de réponses moyens pour l'identification du phonème [k] dans le groupe 1 et le groupe 2 aux 5 étapes de tests

### 2.3. Temps de réponse pour l'identification du phonème [t]

La Figure 24 représente l'évolution du temps de réponse pour l'identification du phonème [t]. L'analyse des données montre les résultats suivants :

- A T0 : l'identification de la consonne [t] ne suscite pas de différence de vitesse entre les deux groupes ( $t = .94, p = .3716$ ) avec 1855 ms pour le groupe 1 et 1405 ms pour le groupe 2.
- Entre T0 et T1 : on observe une amélioration plus nette dans le groupe 1 (qui passe de 1855 ms à 1371 ms) que dans le groupe 2 (qui passe de 1405 ms à 1277 ms), mais elle reste non significative ( $t = 1.14, p = .2977$ ).
- Entre T0 et T2 : L'amélioration se poursuit et le progrès entre T0 et T2 se rapproche du seuil de significativité dans le groupe 1 ( $t = 2.30, p = .0613$ ) qui passe de 1855 ms à 1151 ms, alors qu'il n'apparaît pas dans le groupe 2 ( $t = -1.03, p = .3439$ ) qui passe de 1405 ms à 1668 ms.
- A T2 : les réponses tendent d'ailleurs à être plus rapides dans le groupe 1 (1151 ms) que dans le groupe 2 (1668 ms) alors que les groupes ne diffèrent pas entre eux à T0 ( $t = -.91, p = .0853$ ), ni à T1.
- Entre T2 et T3 : il n'y a pas de progrès, que ce soit pour le groupe 1 ( $t = -1.40, p = .2116$ ) qui passe de 1151 ms à 1555 ms, ou le groupe 2 ( $t = -.46, p = .6584$ ) qui passe de 1668 ms à 1795 ms.
- Entre T0 et T4 : il n'y a pas de progrès non plus, ni pour le groupe 1 qui passe de 1855 ms à 2077 ms ( $p = .19$ ), ni pour le groupe 2 qui passe de 1405 ms à 1826 ms ( $p = .47$ )

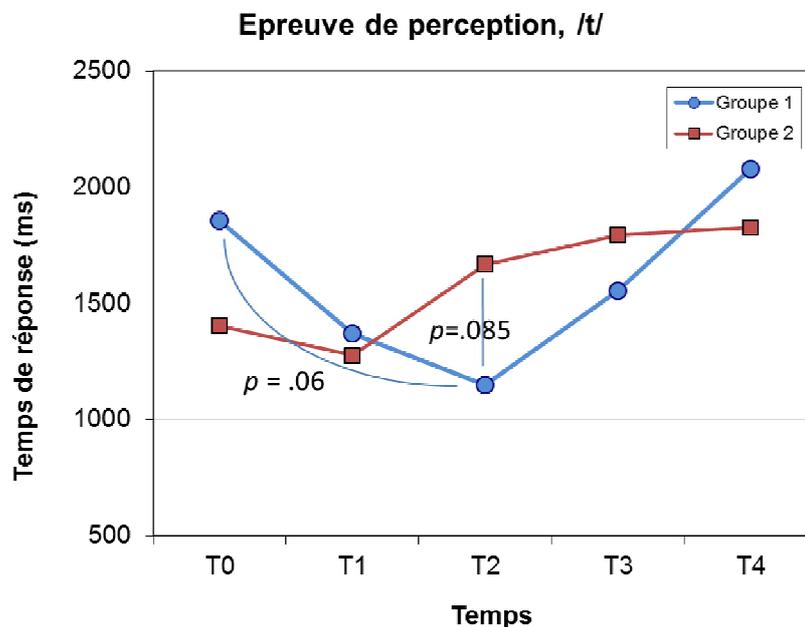


Figure 24 : Temps de réponses moyens pour l'identification du phonème [t] dans le groupe 1 et le groupe 2 aux 5 étapes de tests

---

### III. Synthèse des résultats

En ce qui concerne les hypothèses générales, plusieurs aspects des résultats apportent des arguments favorables à l'hypothèse H1 qui prédisait une amélioration plus nette de la production des mots contenant le groupe diconsonantique [tR], suite à une séance d'orthophonie avec utilisation du logiciel plutôt que sans le logiciel. Les résultats montrent aussi que l'intensité de cet effet bénéfique est modulée par l'étape à laquelle le logiciel est introduit dans la prise en charge.

Pour ce qui est de l'hypothèse H2, qui prédisait une amélioration plus nette de l'identification phonologique de [k] et [t] avec l'utilisation du logiciel, les résultats sont plus mitigés. Aucun effet clairement significatif ne permet de valider cette hypothèse.

#### 1. Résultats concernant la production phonologique

Concernant la production phonologique, si seuls les effets atteignant strictement le seuil de significativité sont pris en considération, deux hypothèses sur quatre sont vérifiées :

- L'hypothèse H1b, selon laquelle la diminution du pourcentage d'erreurs entre T0 et T1 devait être plus importante pour le groupe 1, ayant bénéficié d'une utilisation précoce du logiciel, dès la première séance, que pour le groupe 2 n'ayant pas utilisé le logiciel à ce moment là.
- L'hypothèse H1d, selon laquelle on devait observer, entre T3 et T4, un maintien des bénéfices de la rééducation, voire une diminution du pourcentage d'erreurs en production pour les mots avec [tR].

Par ailleurs, une hypothèse est partiellement vérifiée :

- L'hypothèse H1a, selon laquelle le pourcentage d'erreurs en production pour les mots contenant [tR] devait diminuer entre T0 et T4, quel que soit le groupe. Ce pourcentage diminue effectivement, mais seulement pour le groupe 1 ayant bénéficié du logiciel en début de prise en charge.

Une hypothèse est réfutée car les résultats ne sont pas significatifs :

- L'hypothèse H1c, selon laquelle la diminution du pourcentage d'erreurs entre T2 et T3 devait être plus importante pour le groupe 2, ayant bénéficié du logiciel, que pour le groupe 1. Il n'y a pas d'effet bénéfique du logiciel sur la production lorsqu'il est proposé après que l'enfant ait déjà réalisé les tests de production plusieurs fois sans logiciel.

#### 2. Résultats concernant l'identification phonologique

Au niveau du pourcentage d'erreurs, les résultats présentent une configuration qui va dans le sens prédit par deux hypothèses sur quatre, mais il n'est pas possible de confirmer ces dernières car les effets n'atteignent pas le seuil de significativité. Ainsi, la configuration des données va dans le sens de :

- L'hypothèse H2a, qui prédisait que le pourcentage d'erreurs pour l'identification des phonèmes [t] et [k] dans des logatomes avec [tR] et [kR] devait diminuer entre T0 et T4.

- 
- L'hypothèse H2d, qui prédisait entre T3 et T4 un maintien des bénéfices de la rééducation, voire une diminution du pourcentage d'erreurs pour l'identification des phonèmes [t] et [k].

Par contre, deux hypothèses ne trouvent pas du tout d'argument en leur faveur dans nos résultats :

- L'hypothèse H2b, selon laquelle la diminution du pourcentage d'erreurs entre T0 et T1 devait être plus importante pour le groupe 1, ayant utilisé le logiciel, que pour le groupe 2.
- L'hypothèse H2c, qui prédisait une diminution du pourcentage d'erreurs entre T2 et T3 plus importante pour le groupe 2, ayant bénéficié du logiciel, que pour le groupe 1 n'en n'ayant pas bénéficié à ce moment-là, n'est pas vérifiée.

L'analyse des temps de réponse ne révèle pas d'effet significatif, mais quelques différences s'approchent du seuil de significativité et vont ainsi dans le sens d'une des hypothèses :

- L'hypothèse H2b', selon laquelle l'accélération des réponses entre T0 et T1 devait être plus importante pour le groupe 1 que pour le groupe 2. L'accentuation de cette tendance entre T1 et T2 encourage à considérer qu'il s'agit ici d'un phénomène non fortuit.

Par contre, les trois autres hypothèses opérationnelles ne sont pas confortées :

- L'hypothèse H2a', qui prédisait une accélération des réponses entre T0 et T4 pour l'identification des phonèmes [t] et [k] dans des logatomes avec [tR] et [kR] n'est pas vérifiée.
- L'hypothèse H2c', qui prédisait entre T2 et T3 une diminution plus nette du temps de réponse pour le groupe 2 ayant bénéficié du logiciel que pour le groupe 1 n'en n'ayant pas bénéficié à cette étape, n'est pas vérifiée.
- L'hypothèse H2d', qui prédisait entre T3 et T4 un maintien du temps de réponse moyen, voire une accélération, pour l'identification des phonèmes [t] et [k] n'est pas vérifiée non plus.

---

# **Chapitre V**

## **DISCUSSION DES RESULTATS**

---

## **I. Impact de « Ultraspeech-player » dans la rééducation**

En regard des résultats présentés dans le chapitre IV, il convient de s'interroger sur l'impact de « Ultraspeech-player » dans la rééducation du trouble phonologique. Plusieurs progrès significatifs des enfants de l'échantillon mettent en évidence des bénéfices spécifiquement attribuables à l'utilisation du logiciel par rapport à une rééducation classique. Les résultats de notre étude ont aussi révélé que cet impact positif est étroitement lié à la précocité d'utilisation du logiciel en séance. Le fait d'avoir aussi testé l'identification phonologique apporte enfin des données pouvant susciter une réflexion sur l'effet plus général de ce type d'entraînement au niveau de la conscience phonologique de l'enfant.

### **1. Des gains importants pour la production phonologique**

Le logiciel « Ultraspeech-player » a permis de confirmer la capacité précoce des enfants à analyser une illustration visuelle échographique et a généré des bénéfices considérables sur la production phonologique, avec des variantes en fonction de la position de la séquence [tR] dans les mots.

#### **1.1. L'illustration visuelle échographique accessible aux plus jeunes**

Notre étude confirme que l'illustration visuelle est véritablement accessible et comprise par le jeune enfant (Kröger et al., 2008). Dans notre protocole, les patients ont été capables, dès 5 ans, d'intégrer et d'utiliser les informations visuelles échographiques fournies par le logiciel « Ultraspeech-player ». Elles leur ont permis de corriger la postériorisation du [tR] dans les logatomes à répéter. De plus, l'utilisation d'un outil informatique a suscité un grand intérêt chez nos patients et a favorisé leur investissement dans la rééducation. Cela est en accord avec l'idée de Schelstraete (2011) :

« Outre leur aspect ludique, l'intérêt des logiciels réside notamment dans le fait qu'ils sont en général mieux acceptés par l'enfant lorsqu'il s'agit de réaliser des exercices répétitifs de type drill et, que, dans certains cas, un feedback visuel peut être donné à l'enfant sur la qualité de sa production. »

#### **1.2. Bénéfices obtenus grâce au logiciel**

Plusieurs hypothèses ont été validées concernant la production phonologique : ceci reflète une influence positive de l'illustration visuelle sur la prononciation des patients, probablement par le biais d'une amélioration de leur conscience articulatoire.

Une amélioration significative est observée en fin de prise en charge pour nos deux groupes de patients. La rééducation sur deux séances a permis aux deux groupes de progresser significativement sur la tâche de production. Il aurait été intéressant de comparer ces résultats avec ceux d'un groupe contrôle n'ayant pas bénéficié de

---

« Ultraspeech-player » au cours des séances pour asseoir nos résultats, mais nous ne voulions pas priver certains patients d'un éventuel bénéfice. Par souci d'équité entre les groupes d'enfants, cette option n'a pas été retenue. L'absence de groupe contrôle ne permet peut-être pas d'affirmer que c'est le logiciel à lui seul qui a généré une telle progression entre le début et la fin de la prise en charge. Néanmoins, les résultats obtenus aux différents temps d'évaluation ont indiqué des gains directement liés à l'illustration visuelle.

Dès l'entraînement, le logiciel permettait de diminuer les erreurs de substitution. Sans « Ultraspeech-player », les patients avaient une tendance bien plus nette à maintenir la postériorisation de la séquence-cible dans les logatomes. Cette meilleure performance s'est retrouvée lors de l'épreuve de dénomination phonologique. Les améliorations observées sur la prononciation des mots contenant la séquence [tR] sont significatives suite à l'utilisation du logiciel en première séance et tendent vers la significativité suite à l'utilisation du logiciel en seconde séance. Ces gains sont dans tous les cas bien plus importants qu'après un entraînement classique basé sur la répétition sans support visuel.

Il est important de rappeler que l'entraînement, qu'il soit fait avec ou sans le logiciel, s'étendait sur une durée de 5 à 7 minutes seulement. Malgré la brièveté des exercices faits avec « Ultraspeech-player » et le peu de séances réalisées, le constat de telles améliorations met en exergue les bénéfices apportés par l'utilisation de l'illustration visuelle dans ce type de prise en charge. Avec plus de séances et des entraînements peut être moins courts, il semble très probable que les bénéfices puissent s'accroître. May Bernhardt et al. (2008) pensent en effet que les progrès sont plus importants avec un entraînement plus long.

Enfin, une amélioration des performances se poursuit une semaine plus tard, et ceci sans avoir proposé de nouvel entraînement entre temps. Pour les deux groupes, une baisse significative du taux d'erreurs en production est mise en évidence entre les deux dernières phases de test. Ceci va dans le sens d'une persistance des gains obtenus grâce au logiciel. Ce maintien des acquisitions avait également été observé dans l'étude de Katz et McNeil (2010).

### **1.3. Des bénéfices variables selon la position de la séquence-cible**

Selon la position du groupe d'occlusion dans les mots, les gains ont été sensiblement différents.

Le groupe 1 a amélioré significativement la production des mots commençant par [tR] suite à l'utilisation du logiciel. Une séance sans logiciel n'a pas produit de tels résultats, quel que soit l'ordre des séances. L'illustration visuelle semble donc avoir un réel impact sur la production de la séquence-cible en position initiale dans les mots. Cette particularité pourrait s'expliquer par le fait que « la première consonne des mots tend à être légèrement allongée » (Vaissière, J., 2010). Cet allongement, perçu dans les logatomes lors de l'entraînement avec « Ultraspeech-player » et effectué par l'examinatrice lors de la présentation des images, rendrait la séquence-cible plus saillante (Tallal, 1996). Par mimétisme, cela permettrait à l'enfant de mieux corriger son geste articulatoire.

---

Pour la production du groupe phonémique [tR] en position intervocalique, la remédiation, qu'elle soit réalisée avec ou sans logiciel, n'a pas entraîné d'amélioration significative. Cependant, les progrès du groupe 1 se rapprochent du seuil de significativité en fin de prise en charge. Pour ces mots, les bénéfices de l'illustration visuelle pourraient probablement se manifester plus nettement si l'on proposait davantage de séances. Cela est une nouvelle fois en accord avec l'idée de May Bernhardt, et al. (2008) sur le rapport de proportionnalité entre les progrès effectués et la durée d'entraînement proposée.

Concernant les items contenant la séquence-cible en position finale, on ne note pas de progrès significatif. Il faut cependant nuancer la portée de cette partie des résultats en raison du peu d'erreurs faites en première séance sur ces items : un effet plancher peut donc être évoqué. Il semblerait que le groupe diconsonantique [tR] soit plus facile à réaliser en fin de mot que dans une autre position. En effet, aucun phonème après le [R] ne vient perturber la co-articulation, ce qui pourrait être une explication. De plus, les erreurs observées en début de prise en charge n'étaient en majorité pas des substitutions, mais des simplifications du [tR] en [t].

## **2. Influence de la précocité d'utilisation du logiciel sur les performances**

Les résultats obtenus au test de dénomination phonologique mettent en lumière un effet d'ordre. En fait, l'intégration précoce du logiciel dans la prise en charge pour le groupe 1 a permis d'obtenir des bénéfices immédiats plus importants que ceux engendrés par une utilisation plus tardive du logiciel dans le groupe 2. L'utilisation de l'illustration visuelle dès le début de la rééducation permet de progresser plus rapidement, ceci dès la première séance, et d'obtenir de meilleures productions par la suite. De ce fait, à la fin de la prise en charge, les patients du groupe 1 avaient davantage progressé que ceux du groupe 2.

Cet effet d'ordre transparaît également lorsque l'on tient compte de la position de la séquence cible dans le mot. En effet, l'utilisation d' « Ultraspeech-player » en première séance optimise considérablement la production de la séquence-cible présentée en position initiale dans les mots. Cette précocité d'utilisation du logiciel engendre une amélioration significative instantanée que l'on retrouve aussi à la fin de notre intervention. Ce n'est pas le cas lorsque le logiciel était utilisé plus tardivement. Pour la production de la séquence-cible en position intervocalique, les seuls bénéfices observés qui tendaient vers la significativité concernaient le groupe 1 en fin de rééducation. Les résultats pour la production du [tR] en position finale ne sont pas concluants pour les raisons évoquées plus tôt. Quelle que soit la place de la cible dans le mot, l'utilisation précoce du logiciel apparaît ici plus favorable qu'une utilisation tardive.

En outre, les tests réalisés lors de la dernière séance révèlent la persistance significative des gains à moyen terme, uniquement pour le groupe qui a bénéficié de « Ultraspeech-player » en première séance. L'utilisation précoce du logiciel détermine donc bien en partie la significativité des progrès à court et à moyen termes.

---

### 3. La rééducation avec « Ultraspeech-player » a-t-elle un effet sur l'identification phonologique ?

Bien que les résultats à l'épreuve d'identification phonologique ne soient pas significatifs, des tendances sont observées concernant l'évolution des pourcentages d'erreurs et des temps de réponse enregistrés. Il est par conséquent nécessaire d'analyser les progrès observés d'un point de vue qualitatif et de mettre en lien l'évolution des pourcentages d'erreurs avec les temps de réponse associés.

Concernant l'exactitude des réponses tout d'abord, les deux groupes n'ont, à première vue, pas progressé sous l'impact de l'utilisation du logiciel. Cependant, les réponses tendent à devenir plus exactes, en particulier pour le [k], entre T3 et T4, c'est-à-dire à distance de l'entraînement. Il est possible que cela traduise une sorte de bénéfice apporté par la remédiation, ayant utilisé à un moment ou à un autre le logiciel, mais que ce bénéfice demande un peu de temps pour se manifester sur l'exactitude de l'identification de phonèmes en réception. En ce sens, la prise en charge intégrant une illustration visuelle a été bénéfique, à moyen terme.

Abstraction faite de l'absence de progrès significatif pour l'exactitude des réponses, l'observation des résultats en identification (tous items confondus) montre que le groupe 2 présente une légère progression qui s'opère de façon régulière. Ce n'est pas le cas du groupe 1, dont la progression des résultats est plus chaotique. Le groupe 2 est aussi le seul dont la courbe des résultats en termes d'exactitude progresse au fil des séances pour l'identification du phonème [t]. Etant donné la taille relativement faible de l'échantillon, il est possible que cela s'explique par des différences au niveau des stratégies d'apprentissage entre les enfants répartis dans l'un et l'autre groupe. Il est aussi possible d'interpréter cette différence de configuration comme traduisant le caractère déterminant du moment auquel le logiciel est introduit dans la remédiation. Toujours est-il que l'utilisation tardive du logiciel semble être plus bénéfique pour la justesse des réponses dans cette tâche qu'une utilisation précoce.

Il est également possible qu'un effet d'apprentissage ait pu influencer les performances du groupe 2 qui avait pu davantage se familiariser avec la tâche métaphonologique d'identification et avec ses consignes, à l'inverse du groupe 1. En effet, suite à une séance avec « Ultraspeech-player », les patients du groupe 2 avaient déjà passé trois fois le test d'identification alors que les patients du groupe 1 ne l'avaient passé qu'une seule fois. De plus, le premier temps de rencontre était toujours plus long et chargé en informations nouvelles que les autres séances. La fatigabilité des patients, leur impulsivité devant un exercice inconnu et des difficultés de compréhension des consignes peuvent avoir influencé les performances observées. Ces facteurs pourraient expliquer que l'impact du logiciel n'ait pas été le même selon son moment d'intégration dans la prise en charge. D'autres facteurs et différences inter-groupes peuvent avoir joué sur ces résultats. Cet aspect sera étudié dans la partie II. Regard critique, 1. Echantillon.

Il est difficile d'interpréter les résultats dans l'épreuve d'identification phonologique, car il faut tenir compte des deux aspects des performances : l'exactitude des réponses, mais aussi leur rapidité. S'il est vrai que l'utilisation du logiciel semble induire des progrès plus réguliers en exactitude chez les enfants du groupe 2, l'observation de l'évolution des

---

vitesses de réponse conduit à nuancer cette interprétation. C'est en effet le groupe 1 qui présente une accélération des réponses suite à l'utilisation du logiciel, et pourtant, le pourcentage d'erreurs est resté sensiblement le même entre le début et la fin de la première séance. Le logiciel utilisé en première séance a donc permis un gain en termes de vitesse. L'identification phonologique semble avoir été facilitée ou du moins accélérée par l'utilisation précoce du logiciel dans la rééducation. De plus, cette accélération s'accroît entre T1 et T2. En effet, en début de deuxième séance, la différence entre les deux groupes est très proche de la significativité. Si le logiciel déclenche un changement au niveau de la conscience phonologique des enfants au point de modifier leurs performances, ce dernier demande un peu de temps pour s'établir clairement : il est plus clair entre T0 et T2 qu'entre T0 et T1. Malheureusement, l'absence de renforcement due à l'arrêt de l'utilisation du logiciel par la suite semble empêcher la poursuite de ces progrès. En effet, au-delà de l'accélération encore observée à T2, les réponses ralentissent.

Il semble donc que ces deux groupes aient développé deux stratégies différentes selon le moment d'intégration de l'illustration visuelle dans la rééducation : une intégration précoce influencerait la rapidité des réponses, tandis qu'une intégration plus tardive influencerait plutôt la justesse des réponses.

Contrairement à nos hypothèses de départ, on relève que le temps de réponse a été augmenté entre le début et la fin de la prise en charge pour les deux groupes. Il faut mettre ce phénomène en lien avec une meilleure connaissance de la tâche par les enfants, une attention plus soutenue et une concentration plus entraînée, ainsi qu'avec le développement d'une métacognition phonologique. Gillon (2002) a en effet établi la pertinence du travail de la conscience phonologique et son développement dans la rééducation du trouble phonologique. Les enfants semblaient réfléchir davantage en fin de remédiation pour chaque stimulus entendu. Ils avaient l'air d'accorder plus d'importance à leurs performances et à leurs stratégies pour identifier le phonème cible qu'en début de rééducation. A moyen terme, on observe un maintien du temps de réponse pour les deux groupes. Les patients inhibaient toujours bien plus les réponses hasardeuses que lors de la première séance.

La discussion des résultats fait émerger un certain regard critique par rapport à notre étude.

## **II. Regard critique**

Au cours de notre étude, nous nous sommes aperçues que notre travail comportait certaines faiblesses dans la sélection de notre échantillon et dans l'élaboration de notre protocole.

### **1. Echantillon**

Pour un contrôle plus strict de notre échantillon, nous aurions pu contrôler d'autres paramètres de sélection qui pouvaient avoir un impact sur le développement langagier et donc sur les productions des enfants.

---

Tout d'abord, nous n'avons pas tenu compte de la catégorie socio-professionnelle des parents. En effet, selon la classe sociale, on relève des différences au niveau du lexique. Les mères de niveau social élevé – étant allées à l'université – parlent quantitativement plus à leurs enfants, ce qui a une influence sur le développement du lexique (Berstein, 1975). Notre épreuve de dénomination phonologique avait d'autant plus de chance d'être réussie si la forme phonologique des mots était déjà encrée dans le stock lexical des enfants.

Ensuite, concernant le facteur genre, nous n'avons pas pu suivre autant de filles que de garçons : 3 filles pour 11 garçons. Or, des études ont montré que le niveau langagier des filles était meilleur que celui des garçons à âge égal. Une des explications serait que les parents ont tendance à parler quantitativement plus à leurs enfants de sexe féminin que de sexe masculin (Bates, Bretherton, & Snyder, 1988). Suivre autant de filles que de garçons aurait sans doute permis d'éviter ce biais lié au sexe.

Par ailleurs, pour les enfants choisis, nous n'avons pas réussi à éliminer le biais du bilinguisme. Un certain nombre d'enfants sont en effet confrontés au sein de leur famille, à une deuxième langue, et parfois davantage. Cette seconde langue peut avoir une influence sur leurs productions (Chalumeau & Efthymiou, 2010). De plus, ces enfants bilingues sont quotidiennement moins confrontés à la langue française. Il aurait donc été pertinent de ne choisir que des enfants francophones monolingues ou bien de créer spécifiquement un groupe d'enfants bilingues.

La place dans la fratrie, et notamment le rang de naissance des enfants, n'a pas non plus été contrôlée, alors que ce facteur environnemental pourrait avoir une influence sur les productions de l'enfant. En effet, celui-ci développe son langage et sa parole en entrant en interaction avec ses pairs, et des études ont montré que les aînés auraient des compétences langagières supérieures à celles des puînés (Bates et al., 1988).

De plus, nous n'avons pas relevé la date de début de prise en charge orthophonique des enfants. En fait, nous n'avons pas la connaissance de ce qui avait été pratiqué lors des séances antérieures de rééducation. Nous ne connaissons donc pas le degré de sensibilisation oro-faciale proprioceptive de chaque enfant. Comme nous avons sélectionné des enfants sans trouble praxique ni trouble articulatoire (phonétique), ce qui nous importait était que la phonologie ne soit pas travaillée en séance entre les étapes de notre protocole. Nous avons donc veillé à ce que ce critère soit respecté.

En nous adaptant aux contraintes du calendrier institutionnel de notre formation, nous avons pu effectuer sur environ 3 ou 4 mois les passations de chacun de 14 enfants de notre échantillon. Il aurait été préférable d'avoir un échantillon d'au moins 20 enfants afin de pouvoir généraliser nos résultats de façon statistique et améliorer la fiabilité de notre étude. En effet, élargir le nombre d'enfants aurait permis de confirmer ou non les tendances qui ont été dégagées. Toutefois, les données obtenues avec 14 enfants ont mis en évidence des résultats intéressants.

Enfin, pour comparer les résultats obtenus grâce à notre protocole avec une quelconque évolution naturelle des scores et un effet d'apprentissage, il aurait été intéressant de former un groupe contrôle. Cependant, nous avons souhaité que tous les enfants volontaires pour notre étude utilisent les mêmes outils lors des séances, dans le but de ne

---

pas favoriser certains patients par rapport à d'autres. Seul le sens des séances a été inversé, ceci visant à prévenir un éventuel effet d'ordre.

## **2. Protocole**

Dans cette partie, nous tenterons de développer un regard critique en ce qui concerne notre protocole expérimental : l'entraînement, le test de dénomination phonologique et le test d'identification phonologique.

### **2.1. Entraînement**

Chaque séance de 30 minutes comportait une phase d'entraînement précédée et suivie de tests. L'entraînement, qu'il soit réalisé avec ou sans le logiciel, devait donc être très bref, afin que la passation des séances ne s'étende pas au-delà de 30 minutes. En effet, nous prenions en charge les enfants sur leur temps de séance habituelle, avec leur orthophoniste. Il nous a donc fallu limiter la durée de l'entraînement à environ 6 minutes, car les tests duraient environ 10 minutes avant et après l'entraînement. On peut considérer que cet entraînement est très court, mais les résultats obtenus aux tests mettent en évidence des progrès significatifs, notamment en production. Cependant, si nous avions eu plus de temps dédié à notre mémoire de recherche, nous aurions proposé aux enfants davantage de séances. Les études montrent en effet que les améliorations sont proportionnelles au temps d'entraînement (May Bernhardt et al., 2008). Cela aurait peut être permis de mettre en évidence des progrès plus marqués pour l'épreuve d'identification phonologique.

Il faut souligner que le travail de répétition demeure peu ludique pour l'enfant. Cependant, lorsqu'il est réalisé avec un logiciel, il est davantage apprécié par les enfants (Schelstraete, 2011). Cet entraînement, ciblé sur un travail de déconditionnement dans l'approche motrice (Maurin-Chérou, 1998) présente un caractère peu écologique et s'éloigne en quelque sorte de la réalité clinique des rééducations de retard de parole. En effet, il est ciblé davantage sur la forme que sur le contenu et l'utilisation (Bloom et Lahey, 1978). Il aurait été intéressant d'adapter la base de données du logiciel aux étapes ultérieures de la rééducation, qui sont le travail sur les mots, puis sur les phrases. Plusieurs professionnels rencontrés lors de nos interventions soutiennent que cette tâche formelle de répétition serait davantage adaptée à des troubles structurels comme la dysphasie. Cependant, son temps de réalisation très court a permis d'éviter une lassitude de la part des enfants.

Par ailleurs, il ne faut pas exclure le fait qu'il existe des sujets dits auditifs et des sujets dits visuels. Des études en gestion mentale (De La Garanderie, 1988) ont ainsi mis en évidence les différents processus mentaux que nous avons pour traiter les informations que nous percevons. En effet, un sujet auditif utiliserait plutôt des images mentales auditives pour donner sens à ce qu'il perçoit, alors qu'un sujet visuel se constituerait plutôt des évocations visuelles. Notre entraînement avec « Ultraspeech-player », présentant une illustration visuelle, serait donc plus à même de faciliter les évocations visuelles, alors que des explications données de façon exclusivement verbale engendreraient principalement des images mentales auditives. L'utilisation du logiciel serait par conséquent plus favorable aux sujets visuels.

---

Enfin, l'intégration d'un contour de visage sur l'image échographique au sein du logiciel permettrait une meilleure lisibilité de l'image par le jeune enfant et moins de contraintes pour le professionnel. C'est ce que pense en tout cas Bernhardt et al. (2005). Suite à notre demande, ce contour intégré au logiciel a été mis en place après le début de nos expérimentations avec les enfants. Cependant, pour ne pas créer de biais, nous avons conservé le contour superposé à l'écran, que nous avons utilisé avec les premiers patients.

## **2.2. Test de dénomination phonologique**

En ce qui concerne le test de dénomination phonologique, nous pouvons aborder quelques critiques.

Dans la cotation, il aurait été pertinent de tenir compte des moyens donnés pour faciliter la production des items, lorsque l'enfant se trouvait en difficulté lexicale. En effet, s'il ne parvenait pas spontanément à dénommer l'image qui lui était présentée, nous faisons appel à deux types de facilitation : en première aide, nous proposons une ébauche orale, et en dernier recours, une répétition. En répétition, la prononciation de la séquence [tR] était donc induite. Il aurait alors été pertinent de prendre en compte le paramètre de la répétition dans la cotation de cette épreuve, par exemple en ayant recours à un barème plus fin.

De plus, nous pouvons nous interroger sur l'influence des critères de sélection de l'échantillon dont nous n'avons pas tenu compte. Ceux-ci sont la catégorie sociale, le genre, le bilinguisme et le rang dans la fratrie (Cf. partie II. Regard critique, 1. Echantillon). Ils pourraient avoir eu un impact sur le développement lexical de l'enfant. Cette influence aurait pu se faire ressentir sur la production des mots lors de cette épreuve de dénomination phonologique. Malgré la présentation de tous les items en début de séance, le processus de la mémoire de travail entrainait en jeu et donc les aptitudes lexicales n'étaient pas les mêmes selon les enfants, dans le cadre de cette tâche. En effet, les bilans orthophoniques réalisés par les orthophonistes avant notre intervention mettaient en évidence des différences de performances inter-individuelles au niveau de la mémoire de travail. Cependant, nous avons pu mettre en évidence une différence non-significative entre les scores des enfants à T0.

Toutefois, la cotation utilisée et la présentation du lexique comme nous l'avons proposée ont permis aux deux groupes de commencer à T0 avec des taux d'erreurs ne différant pas significativement, ce qui a entraîné une meilleure comparaison inter-groupe de l'évolution des scores.

## **2.3. Test d'identification phonologique**

Cette épreuve était destinée à des patients à partir de 5 ans, et avec le recul, elle nous semble complexe pour cet âge. En effet, l'identification des phonèmes d'un mot ou d'un non-mot est une compétence métaphonologique qui se stabilise plus tardivement avec l'apprentissage de la lecture (Bogliotti, Messaoud-Galusi, & Serniclaes, 2002). Il s'agit donc là d'une tâche difficile pour les enfants de grande section de maternelle ayant de surcroît un retard de parole. Il aurait donc semblé plus adapté de proposer un test de

---

discrimination auditive (cf. Chapitre I, section I.2.3.) avec les mêmes logatomes. Toutefois, ce test aurait probablement connu un effet plafond et n'aurait pas pu mettre en valeur des différences significatives. Or, avec notre test, les enfants obtiennent des scores très bas en début de prise en charge, ce qui induit une marge de progression possible d'autant plus importante. La tâche d'identification phonologique est donc très sensible, sans risque d'effet plafond chez de jeunes enfants, et elle peut mettre en exergue des améliorations significatives.

Un des éléments qu'il convient également de relever est que plusieurs enfants répétaient les stimuli qu'ils entendaient dans le casque audio avant de choisir le phonème entendu. Ils produisaient alors très souvent des substitutions pour les séquences [tR] et [kR]. De ce fait, ils identifiaient le phonème [t] ou [k] non plus en fonction du stimulus entendu dans le casque, mais en fonction du logatome qu'ils produisaient. Cela a induit de nombreuses erreurs d'identification que l'on ne pourrait peut-être plus attribuer uniquement à une mauvaise perception.

Enfin, il est important de mentionner chez un certain nombre de patients l'impulsivité motrice ou la fatigabilité, inévitables en situation clinique. Du fait de l'utilisation d'un clavier informatique, le test demandait de mobiliser une attention soutenue et des capacités d'inhibition motrice. Pour plusieurs enfants, il était compliqué de rester concentré ou d'inhiber des réponses trop hâtives. De ce fait, nous avons souvent observé des réponses dues au hasard.

### **III. Apports personnels et professionnels**

La réalisation de notre mémoire de recherche nous a beaucoup apporté, autant personnellement que professionnellement.

Le tout premier apport de notre mémoire de recherche est de nous avoir fait découvrir la démarche scientifique expérimentale : trouver des références bibliographiques pertinentes pour servir la partie théorique et amener progressivement la problématique et les hypothèses, mettre en place un protocole expérimental, organiser et réaliser les passations, analyser les résultats et faire les liens ou les remises en questions qui en découlent. Nous pourrions appliquer cette même démarche de réflexion aux dernières avancées de la recherche, avec sans doute une plus grande rigueur, une lecture plus critique, et une meilleure compréhension de la démarche méthodologique.

Notre étude nous a également permis d'apprendre beaucoup sur le « visual biofeedback » et l'illustration visuelle, ainsi que sur leurs domaines d'application en orthophonie. Nous avons ainsi rencontré des chercheurs spécialisés dans ces domaines, Thomas Hueber et Pierre Badin, qui sont à l'origine de notre étude. Grâce à eux, nous avons découvert de nombreux outils, leurs intérêts et leurs limites. Aujourd'hui, nous avons acquis un regard expert quant à leur fonctionnement et nous avons bien intégré leurs possibilités d'utilisation en orthophonie. En effet, nous avons compris l'utilité de l'illustration visuelle, et nous l'utiliserons très certainement dans notre pratique professionnelle pour la rééducation de troubles variés : par exemple les troubles de la parole fonctionnels ou structurels, primaires ou secondaires (surdité, dyspraxie, dysarthrie) et les troubles de la déglutition.

---

Nous avons également élargi nos connaissances dans le domaine du trouble phonologique inclus dans le retard de parole chez l'enfant, que ce soit au niveau de l'évaluation ou de la rééducation. Les nombreuses recherches bibliographiques que nous avons effectuées et les contacts que nous avons pu avoir avec les enfants nous ont en effet permis d'établir de nombreux liens entre la théorie et la pratique. Nous avons aujourd'hui une représentation concrète, malgré les variations inter-individuelles, du développement de la phonologie, de ses perturbations, plus particulièrement du contexte d'apparition de la substitution de [tR] par [kR] et de son évolution lors d'une rééducation. Le matériel que nous avons créé pourra aussi être réutilisé et réadapté à des fins thérapeutiques dans le cadre de nos futures prises en charges du même type.

Une autre expérience appréciable est celle que nous avons pu avoir avec les jeunes enfants. Ces derniers ont été nos interlocuteurs privilégiés et malgré la standardisation du protocole, il était important et primordial que nous adaptions nos attitudes en tenant compte du vécu, de la personnalité et des capacités de chacun, dans le but d'entretenir au maximum la motivation et l'attention nécessaires au bon déroulement des passations. La prise en charge et les progrès observés chez les enfants ont véritablement été le moteur de notre investissement.

Grâce à notre travail, nous avons également approfondi l'utilisation du logiciel Excel. La réalisation de tableaux et de graphiques pourra être étendue à notre pratique professionnelle dans le cadre de la rédaction de comptes rendus de bilans. Cela nous permettra de mesurer, objectiver et visualiser l'évolution des capacités de nos futurs patients. Nous avons également pu nous familiariser avec des techniques tout à fait applicables à l'évaluation clinique en orthophonie : l'utilisation d'enregistreurs (cf. Chapitre III, Partie II.2.1.1.b.), qui nous a été d'une aide particulièrement appréciable pour l'analyse ultérieure des données.

Pour finir, lors de ces deux années d'études consacrées à notre mémoire de recherche, nous avons pris conscience de l'intérêt de la collaboration nécessaire au travail en binôme. Nous avons appris à découvrir nos points forts et nos points faibles, à nous entraider et nous soutenir, à nous répartir le travail pour optimiser notre efficacité et gérer convenablement nos emplois du temps très fournis, ainsi qu'à confronter nos points de vue pour faire émerger nos idées.

## **IV. Perspectives de recherches**

La critique apportée à notre étude, les résultats obtenus, les diverses possibilités d'utilisation de « Ultraspech-player » ainsi que la possibilité d'employer d'autres outils pour l'illustration visuelle ou le « visual biofeedback » amènent de nombreuses perspectives de recherches.

### **1. Pour compléter notre étude**

Nous avons évoqué plus tôt les différentes limites de notre travail. Elles suggèrent autant d'approfondissements possibles.

---

Tout d'abord, il serait intéressant de continuer notre recherche en incluant de nouveaux patients à chaque groupe. Cela fournirait de nouvelles données pour des résultats statistiques plus représentatifs. De plus, l'intégration d'un groupe contrôle qui ne bénéficierait pas d'entraînement mais seulement des tests, permettraient d'évaluer l'évolution naturelle de la phonologie des enfants et donc de différencier l'amélioration spontanée de celle induite par la remédiation.

S'il s'agissait par ailleurs de recommencer cette recherche, il faudrait tenir compte de plus de critères de sélection pour constituer l'échantillon. Il conviendrait alors de contrôler la catégorie socio-professionnelle des parents, le genre, le bilinguisme, le rang de naissance et le degré de sensibilisation oro-faciale antérieure, car ces facteurs ont une influence sur le développement langagier de l'enfant. De plus, différencier les sujets visuels des sujets auditifs en début de recherche pourrait s'avérer utile quant aux apports de l'illustration visuelle. Il serait cependant plus difficile de trouver un grand nombre de patients pour obtenir des résultats statistiques convenables. En effet, plus les critères de sélection sont nombreux, moins il est évident de constituer un échantillon de grande taille. Il s'agit donc de trouver le juste compromis entre critères de sélection et taille de l'échantillon.

En ce qui concerne le protocole, plusieurs points pourraient être améliorés. Proposer davantage de séances aux patients entraînerait très certainement des progrès significativement plus marqués. De plus, quelques adaptations du logiciel « Ultraspeech-player » seraient nécessaires. Il serait intéressant d'intégrer à la base de données des mots contenant les phonèmes [tR] et [kR], dans le but de poursuivre l'entraînement, non plus en déconditionnement sur des logatomes, mais à une échelle qui se rapprocherait davantage de l'utilisation de la parole au quotidien.

Enfin, si nous devons modifier une partie du protocole, ce serait pour mettre en place au niveau de la phonologie en perception, non pas un test de manipulation phonologique (identification), mais plutôt un test de discrimination phonologique, qui serait plus adapté à la tranche d'âge des patients. Les items utilisés pourraient être présentés deux à deux, par exemple [atRa] vs. [akRa] et l'enfant devrait décider s'il a entendu la même chose ou non. Nous pensons qu'un tel test pourrait offrir des résultats dont les améliorations seraient plus marquées, à condition que les items soient conçus ou présentés d'une façon qui rende la tâche suffisamment difficile pour que l'épreuve soit sensible à des progrès et échappe à un effet plafond.

## **2. L'étendue d'utilisation de « Ultraspeech-player » et d'autres outils**

Pour des raisons d'accessibilité de la population et de facilité d'interprétation et de différenciation des phonèmes [t] et [k] sur image échographique en coupe sagittale, il nous a paru presque évident de choisir des patients qui réalisaient la substitution phonologique de [tR] par [kR].

Toutefois, lorsque le sujet de mémoire nous a été proposé, le but n'était pas de tester l'outil « Ultraspeech-player » dans le cadre de ce type de prise en charge. Les populations cibles évoquées par les chercheurs Thomas Hueber et Pierre Badin (Gipsa-Lab, Grenoble) étaient plutôt les dyspraxiques, les dysarthriques ou personnes malentendantes. Il est vrai que cet outil peut être intégré dans de nombreuses prises en charge ayant attrait à la sphère bucco-lingo-faciale et à sa mise en fonction lors de la parole. Si des études

---

venaient poursuivre le travail que nous avons commencé, elles pourraient donc s'employer à tester le logiciel dans un autre type de rééducation orthophonique. Il faudrait alors créer de nouveaux protocoles expérimentaux, afin de savoir comment adapter la base de données de « Ultraspeech-player » aux pathologies en question. En effet, celle-ci est modulable et de nouveaux enregistrements peuvent être intégrés à la plateforme pour de multiples utilisations.

Les chercheurs qui nous ont encadrés ont également évoqué la possibilité de faire un mémoire de recherche sur l'intérêt en orthophonie du clone oro-facial présenté dans la partie théorique. Cette tête parlante a en effet aussi été élaborée au Laboratoire Gipsa-Lab à Grenoble par Badin et al (2010). Les recherches cliniques concernant le clone oro-facial en sont encore à leurs débuts. Une thèse est actuellement en cours sur le sujet « Retour articulaire visuel pour l'aide à la rééducation des troubles de la parole », dans le cadre d'une collaboration entre les laboratoires Gipsa-Lab et Dynamique Du Langage financée par l'ARC6 de la Région Rhône-Alpes. Le clone oro-facial a déjà montré son utilité pour l'apprentissage du Français par des élèves chinois (Wang, Hueber, & Badin, 2014). Toutefois, un autre des objectifs serait de l'utiliser dans un contexte de prise en charge orthophonique, afin de voir s'il peut s'inclure dans le parcours diagnostique du praticien et améliorer la conscience articulaire du patient en rééducation. Nous pouvons donc envisager que des études à venir s'intéresseront au clone oro-facial et à son utilité dans le cadre de pathologies variées incluant des erreurs de prononciation.

L'utilisation du « visual biofeedback » dans certains bilans orthophoniques peut également être une perspective de recherche. En effet, la visualisation des articulateurs internes pour la parole ou des éléments entrant en jeu pour la déglutition permettraient à l'orthophoniste d'observer clairement les mécanismes pathologiques chez le patient et de poser le diagnostic approprié. À côté de l'illustration visuelle, le retour visuel articulaire en temps réel reste donc une piste très prometteuse à exploiter.

---

## CONCLUSION

---

Certains outils de « visual biofeedback » et d'illustration visuelle ont déjà montré leur utilité dans la prise en charge orthophonique des troubles ayant trait à la sphère bucco-linguo-faciale et son utilisation dans la parole. Notre recherche avait pour but d'évaluer l'intérêt de l'illustration visuelle échographique permise grâce à « Ultraspeech-player » dans la prise en charge orthophonique. Nous avons décidé de tester ce logiciel en l'utilisant pour la rééducation du trouble phonologique et notamment pour celle de la substitution du groupe phonémique [tR] par [kR], phénomène fréquent chez les enfants présentant un retard de parole.

Notre étude a donc consisté en l'élaboration de séquences d'entraînement pour la rééducation incluant le logiciel « Ultraspeech-player ». Nous avons constitué deux groupes de 7 enfants chacun, âgés en moyenne de 70 mois. Nous nous sommes intéressées à l'influence d'un entraînement avec « Ultraspeech-player » sur la production phonologique de mots contenant la séquence [tR] et sur l'identification des phonèmes [t] et [k] au sein de logatomes contenant les séquences [tR] et [kR]. Nous avons également tenu compte de l'impact de la précocité d'utilisation du logiciel au cours des séances sur ces paramètres.

Les résultats obtenus révèlent que l'illustration visuelle échographique engendre des progrès immédiats et significatifs pour la production phonologique par rapport à une rééducation classique. En effet, les deux groupes de notre étude prononçaient bien mieux la séquence-cible [tR] dans les mots suite à notre intervention. Les améliorations les plus nettes ont été observées sur les mots contenant la séquence-cible en position initiale. Pour les positions intervocaliques et finales du [tR], nous avons aussi fait émerger des tendances à l'amélioration. L'utilisation du logiciel en séance a entraîné des bénéfices immédiats, plus importants qu'après une séance n'intégrant pas d'illustration visuelle. Notre étude a également mis en évidence un effet d'ordre : c'est l'utilisation précoce du logiciel qui a permis des gains significatifs et durables. Par rapport à l'autre groupe, les progrès des enfants n'ayant bénéficié du logiciel que tardivement n'étaient pas aussi significatifs et leurs résultats étaient moins bons en fin de rééducation. Cette influence de la précocité d'utilisation d' « Ultraspeech-player » sur les performances apparaît donc comme déterminante. L'initiation précoce des patients à l'illustration visuelle échographique a entraîné des bénéfices considérables du point de vue de la production, et ces améliorations ont été maintenues, voire accentuées, à moyen terme. Cependant les résultats significatifs obtenus pour cette étude concernaient exclusivement la prononciation. L'identification phonologique s'est révélée beaucoup moins sensible à ce type de rééducation puisque nous n'avons pu faire émerger que des tendances. La tâche demandée, complexe pour de jeunes enfants, a surtout fait émerger une amélioration du temps de réponse lors d'une utilisation précoce du logiciel, tandis qu'une utilisation tardive semblait influencer la justesse des réponses. Il serait bon pour les futures recherches dans ce domaine d'élaborer une tâche en réception moins sensible mais plus adaptée aux capacités des jeunes patients.

Cette étude a donc mis en lumière une influence très positive du logiciel « Ultraspeech-player » sur la production phonologique des patients qui postériorisaient la séquence [tR], et a fait émerger des pistes intéressantes concernant l'identification phonologique.

---

Grâce à notre travail, nous espérons avoir contribué au développement des outils à disposition des orthophonistes pour rééduquer des pathologies incluant des troubles de la prononciation. Les perspectives de recherches concernant l'utilisation de l'illustration visuelle en orthophonie sont multiples. Dans le but d'approfondir notre étude, il serait intéressant de tester l'illustration visuelle échographique dans la rééducation de pathologies comme la dysphasie, la dysarthrie, les troubles de l'audition... Enfin, il serait pertinent d'explorer l'apport d'autres outils d'illustration ou de retour visuels, afin de contribuer au perfectionnement du diagnostic et de la rééducation orthophoniques.

---

## REFERENCES

---

- Autesserre, D., Deltour, J.-J., & Lacert, P. (1989). *EDP 4-8, épreuve de discrimination phonémique pour les enfants de 4 à 8 ans*. Issy-Les-Moulineaux : Eurotests Editions.
- Badin, P., Ben Youssef, A., Bailly, G., Elisei, F., & Hueber, T. (2010), *Visual articulatory feedback for phonetic correction in second language learning*. Proceedings of L2SW (Tokyo, Japan).
- Bates, E., Bretherton, I., Snyder, L. S. (1988). *From first words to grammar*. New York : Cambridge University Press.
- Bernhardt, B., Gick, B., Bacsfalvi, P., & Adler-Bock, M. (2005). Ultrasound in speech therapy with adolescents and adults, *Clinical Linguistics & Phonetics*, 19(6/7), 605-617.
- Berstein, B. (1975). *Langage et classes sociales*. Paris : Editions de Minuit.
- Birkholz, P., Jackel, D., & Kröger, B.J. (2006). *Construction and control of a three-dimensional vocal tract model*. Proceedings of the International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, (Toulouse, France) pp. 873-876.
- Bloom, L., & Lahey, M. (1978). *Language development and language disorders*. New York : Wiley.
- Bogliotti, C., Messaoud-Galusi, S. & Serniclaes, W. (2002). *Relations entre la perception catégorielle de la parole et l'apprentissage de la lecture*. XXIVèmes Journées d'Etudes sur la Parole (JEP), Le Chesnay, France, INRIA, 197-200.
- Borel Maisonnny, S. (1990). *Langage oral et écrit, tome 1, épreuves sensorielles et tests de langage*. Paris : Delachaux et Niestlé.
- Bothorel, A., Simon, P., Wioland, F., & Zeling, J.P. (1986). *Cinéradiographie des voyelles et consonnes du français*. Strasbourg : IPS.
- Bressmann, T., Heng, C.-L. & Irish, J.C. (2005). Applications of 2D and 3D ultrasound imaging in speech-language pathology, *Journal of Speech Language Pathology and Audiology*, 29(4), 158-168.
- Brin-Henry, F., Courrier, C., & Lederlé, E. (1997) *Dictionnaire d'Orthophonie*. Isbergues : Ortho Edition.
- Camarata, S. (1993). The application of naturalistic conversation training to speech productions in children with speech disabilities. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 26, 173-182.
- Canault, M. (2010), *Le conduit vocal en action*. Retrieved 01, 15, 2014, from : [http://spiral.univ-lyon1.fr/files\\_m/M6169/Files/764587\\_1436.swf](http://spiral.univ-lyon1.fr/files_m/M6169/Files/764587_1436.swf)

---

Chalumeau, S., & Efthymiou, H. (2010). *Le bilinguisme précoce consécutif chez les enfants lusophones et turcophones : influence de la langue maternelle sur l'acquisition du français langue seconde*. Lyon : mémoire d'orthophonie n°1534.

Cleland, J., Timmins, C., Wood, S.E., Hardcastle, W.J., & Wishart, J.G. (2009), Electropalatographic therapy for children and young people with Down's syndrome, *Clinical Linguistics & Phonetics*, 23(12), 926-939.

Coquet, F., Ferrand, P., & Roustit, J. (2007). *EVALO 2-6*. Isbergues : Ortho Edition.

De La Garanderie, A., & Cattan, G. (1988). *Tous les enfants peuvent réussir*. Paris : Bayard Editions.

De Weck, G., & Marro, O. (2010). *Les troubles du langage chez l'enfant, description et évaluation*. Issy-les-Moulineaux : Masson.

Engwall, O. (2008). Can audio-visual instructions help learners improve their articulation ? – an ultrasound study of short term changes, *Interspeech*, 22-26, 2631-2634.

Fagel, S., & Madany, K. (2008). A 3-D Virtual Head as a Tool for Speech Therapy for Children, *Interspeech*, 22-26, 2643-2646.

Gibbon, F., Hardcastle, W. J., Crampin, L., Reynolds, B., Razzell, R., & Wilson, J. (2002). Visual feedback therapy using electropalatography (EPG) for articulation disorders associated with cleft palate, *Asia Pacific Journal of Speech, Language and Hearing*, 6(1), 53-58.

Gillon, G.T. (2005). Facilitating phoneme awareness development in 3- and 4-year-old children with speech impairment, *Language, Speech, and Hearing Services in School*, 36, 308-324.

Groupe Cogni-Sciences. (2010). *BALE, batterie analytique du langage écrit*. Grenoble : UPMF.

Guelfi, J.-D. (2004). *MINI DSM-IV-TR*. Paris : Masson.

Hewlett, N. (1992). Process of development and production. In P. Grunwell. (Ed.), *Developmental speech disorders* (pp.15-38). London : Whurr.

Hueber, T. (2011). *Ultraspeech Player*. Retrieved 09,19,2011, from <http://www.ultraspeech.com/player/>

Hueber, T., & Denby, B. (2009). Analyse du conduit vocal par imagerie ultrasonore. In A. Marchal, & C. Cavé (Eds.) *L'imagerie médicale pour l'étude de la parole* (pp. 147-174), Cachan : Lavoisier.

Katz, W.F., & McNeil, M.R. (2010). Studies of Articulatory Feedback Treatment for Apraxia of Speech Based on Electromagnetic Articulography, *Perspectives on Neurophysiology and Neurogenic Speech and Language Disorders*, 20(3), 73-79.

Khomsî, A. (2001). *ELO, évaluation du langage oral*. Montreuil : ECPA.

---

Kröger, B.J. (2003). Ein visuelles Modell der Artikulation. *Laryngo-Rhino-Otologie*. 82 : 402-407.

Kröger, B.J., Graf-Borttscheller, V., Lowit, A. (2008). Two- and Three-Dimensional Visual Articulatory Models for Pronunciation Training for Treatment of Speech Disorders, *Interspeech*, 22-26, 2639-2642.

Landercy, A., & Renard, R. (1977). *Eléments de phonétique*. Bruxelles : Didier.

Lété, B., Sprenger-Charolles, L., & Collé, P. (2004). Manulex : A grade-level lexical database from French elementary-school readers. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36, 156-166.

Manolson, A. (1997). *Parler, un jeu à deux*. Toronto : Editions Centre Hanen.

Maurin-Chérou, N. (1998). *Rééducation des troubles articulatoires isolés*. Isbergues : Ortho Edition.

May Bernhardt, B., Bacsfalvi, P., Adler-Bock, M., Shimizu, R., Cheney, A., Giesbrecht, N., O'Connell, M., Sirianni, J., & Radanov, B. (2008). Ultrasound as visual feedback in speech habilitation : Exploring consultative use in rural British Columbia, Canada, *Clinical Linguistics & Phonetics*, 22(2), 149-162.

Norris, J.A., & Hoffman, P.R. (2005). Goals and targets : Facilitating the self-organizing nature of a neuro-network. In A. Kamhi & K. Pollock (Eds.). *Phonological disorders in children : Clinical decision making in assessment and intervention*. Baltimore : Paul H. Brookes, pp. 77-87.

Rousseau, T. (2008). *Les approches thérapeutiques en orthophonie, Tome 1, prise en charge orthophonique troubles du langage oral*. Paris : Ortho Edition.

Ruscello, D. M. (2008). Nonspeech oral motor treatment issues related to children with developmental speech sound disorders, *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 39, 380-391.

Schelstraete, M.-A. (2011). *Traitement du langage oral chez l'enfant, interventions et indications cliniques*. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson.

Sicard, A., & Sicard, E. (2011). *Diadolab*. Retrieved 03, 08, 2014, from : [http://www.gerip.com/shop/article\\_diadolab\\_86.html](http://www.gerip.com/shop/article_diadolab_86.html)

Stone, M. (2004). A guide to Analysing Tongue Motion from Ultrasound Images, *Volume*, (19) 6-7, 455-502.

Tallal, P., Miller, S. L., Bedi, G., Byma, G., Wang, X., Nagarajan, S. S., Schreiner, C., Jenkins, W.M., & Merzenich, M.M. (1996). Language comprehension in language-learning impaired children with acoustically modified speech, *Science*, 271, 81-84.

Tubach, J. P. (1989). *La parole et son traitement automatique (CALLIOPE)*. Masson, Paris.

---

Ultrax. (2010). *Ultrax Speech*. Retrieved 03,18,2014, from : <http://www.ultrax-speech.org/>

Vaissière, J. (2010). Le français, langue à frontières par excellence. In N. Andrieux-Reix (Ed), *Frontières du linguistique au sémantique*. (pp.10-20). Paris : Lambert et Lucas.

Van Borsel, J. (1999). Troubles de l'articulation. In J.-A. Rondal & X. Seron (Eds.). *Troubles du langage, bases théoriques, diagnostic et rééducation*. Liège : Mardaga, pp. 471-503.

Vihman M.M., & Ferguson, C.A. (1986) Phonological development from babbling to speech: Common tendencies and individual. *Applied Psycholinguistics*, 7, 3-40

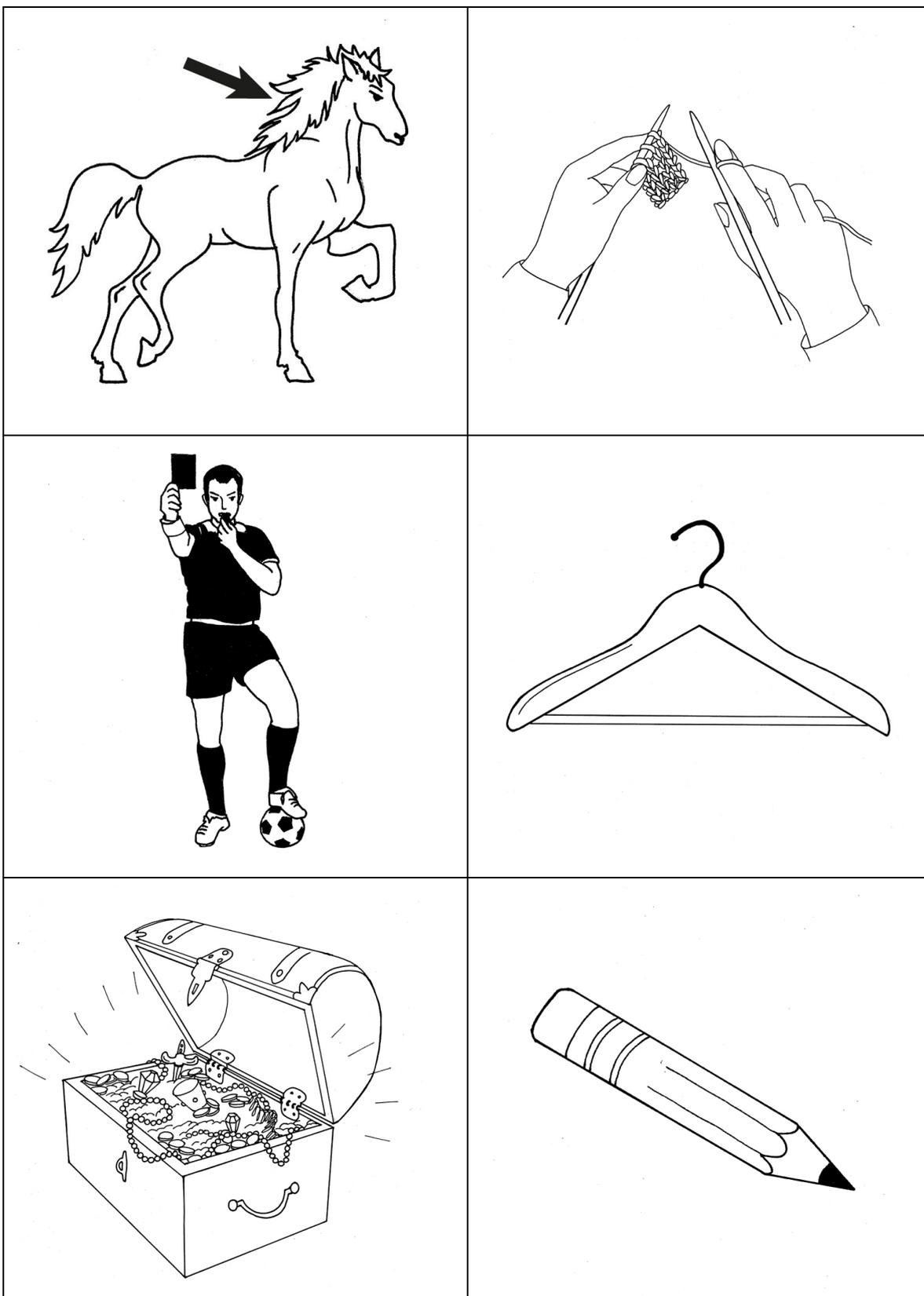
Wang, X., Hueber, T. & Badin, P. (2014). *On the use of an articulatory talking head for second language pronunciation training: the case of Chinese learners of French*. In 10th International Seminar on Speech Production, ISSP10, sous presse, Cologne, Germany.

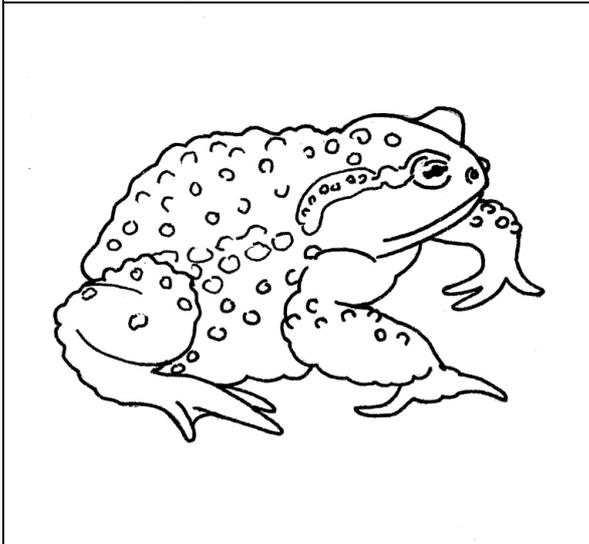
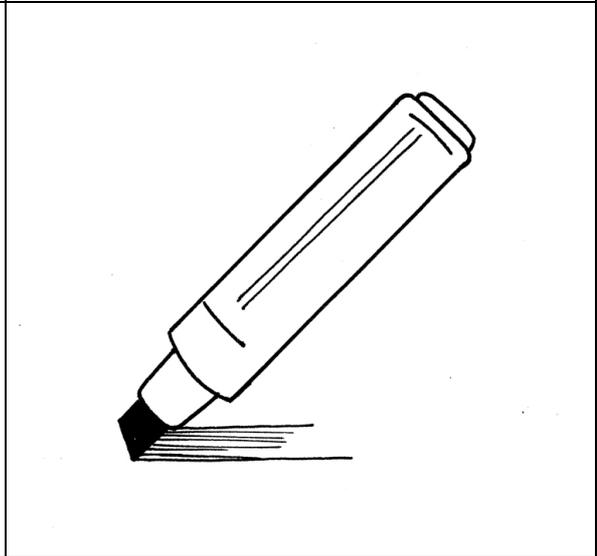
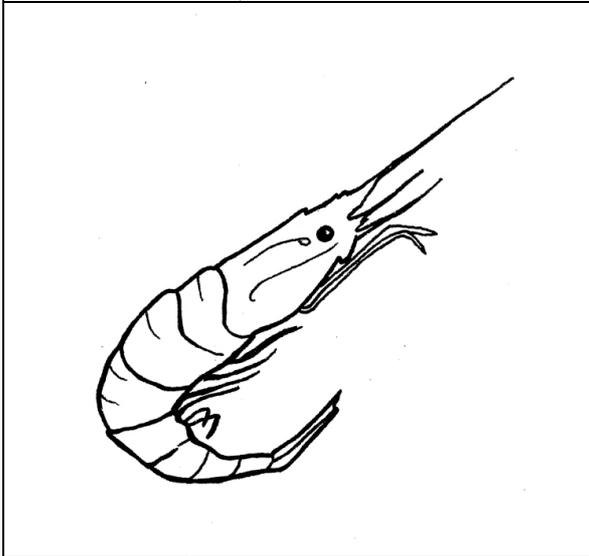
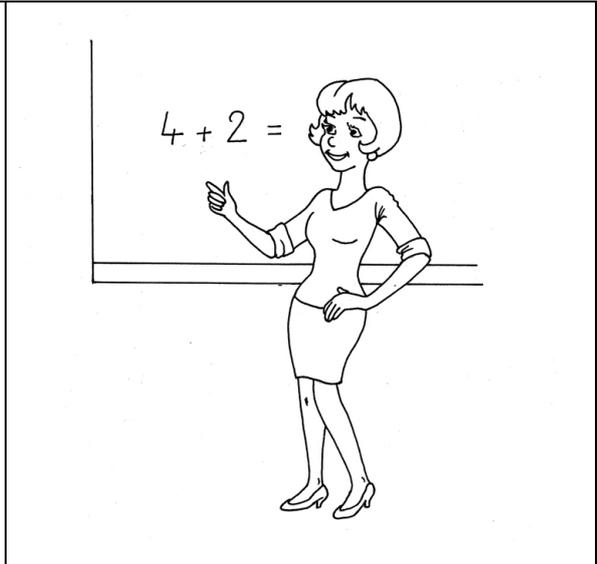
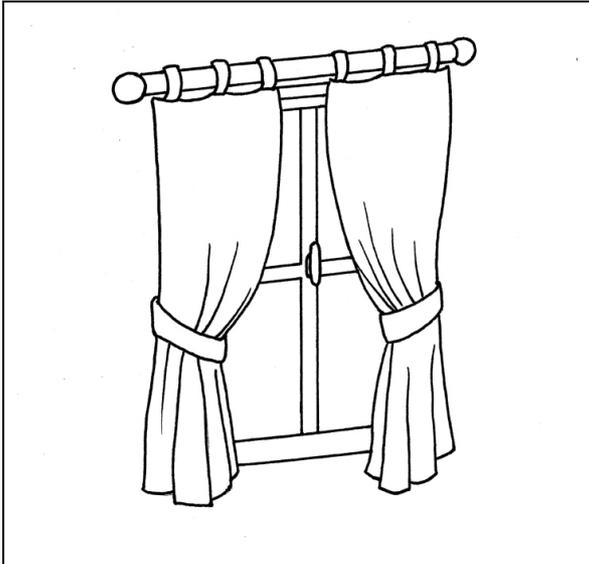
Wilcox, M.J., Davis, G.A. (1978). *Procedures for promoting communicative effectiveness in aphasic adult*. San Francisco : Miniseminar presented at the Annual Convention of American Speech and Hearing Association.

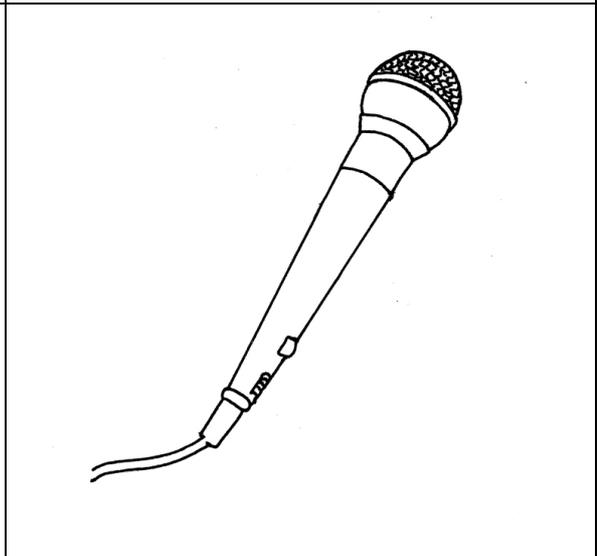
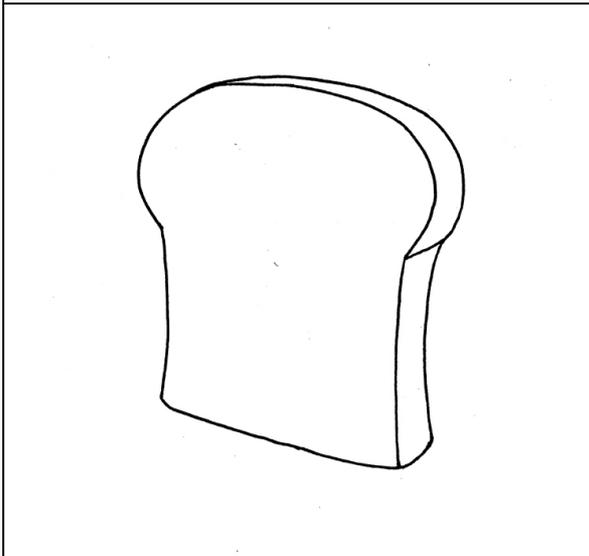
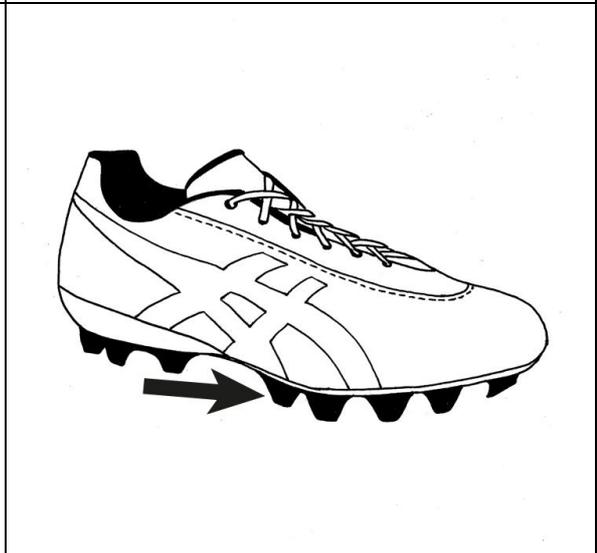
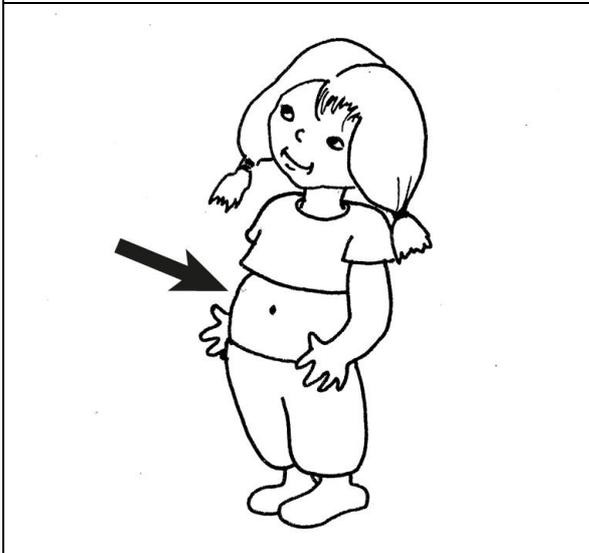
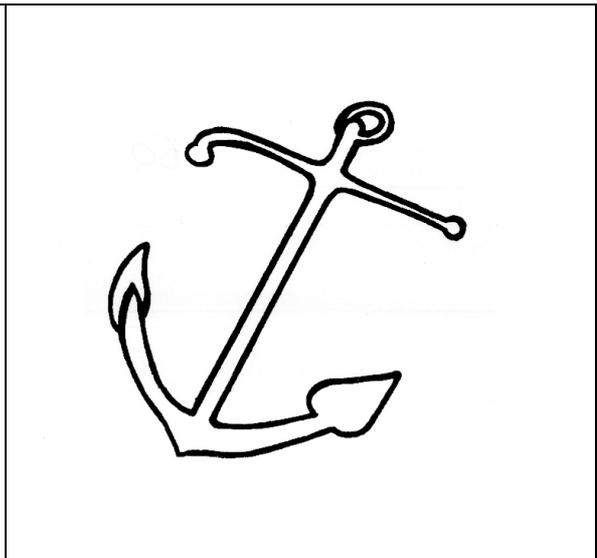
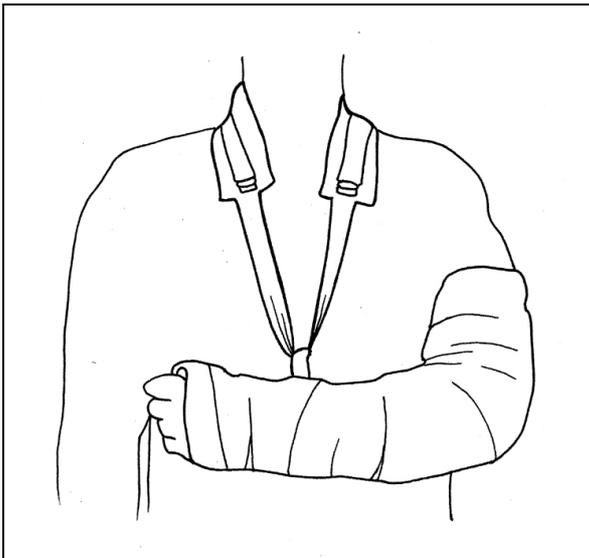
---

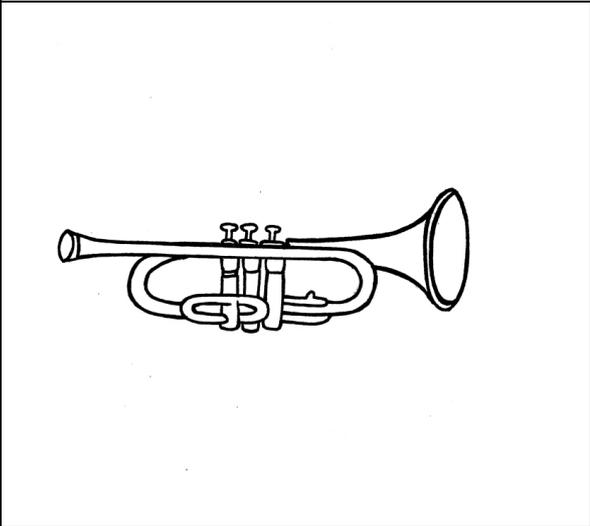
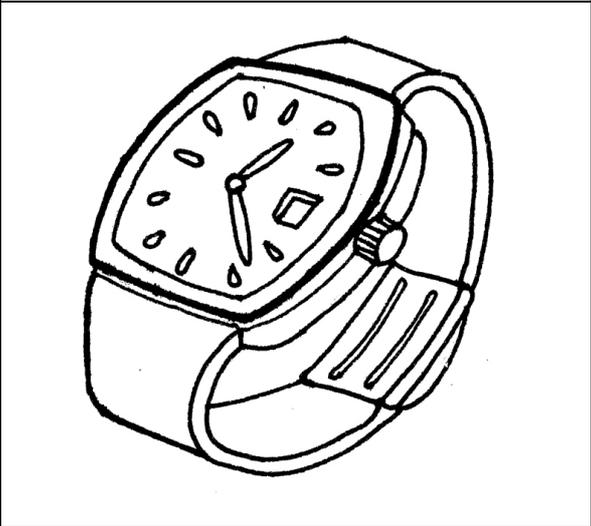
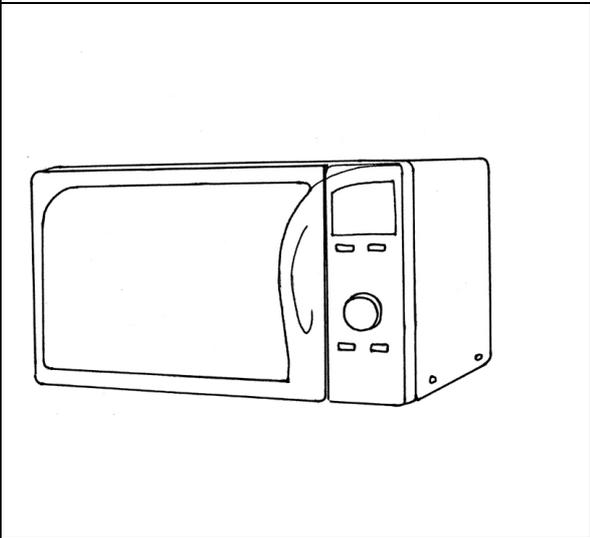
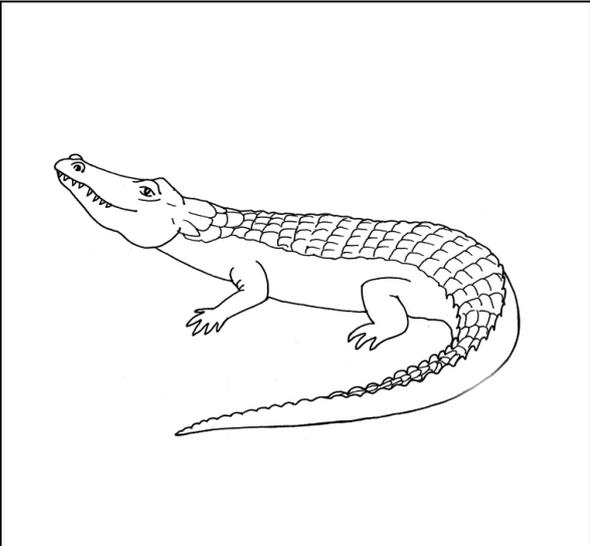
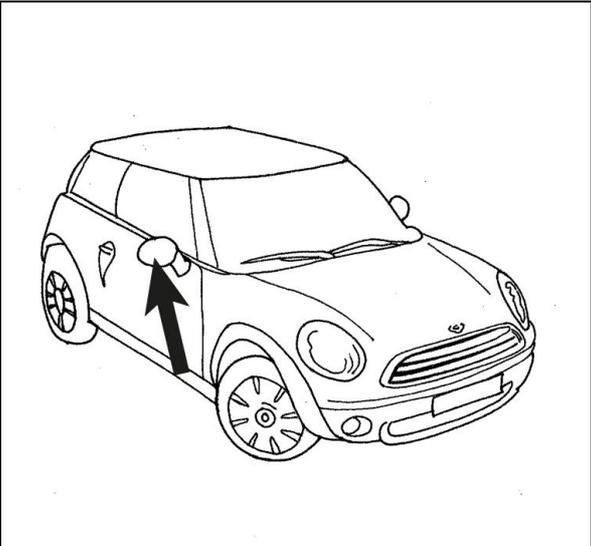
# ANNEXES

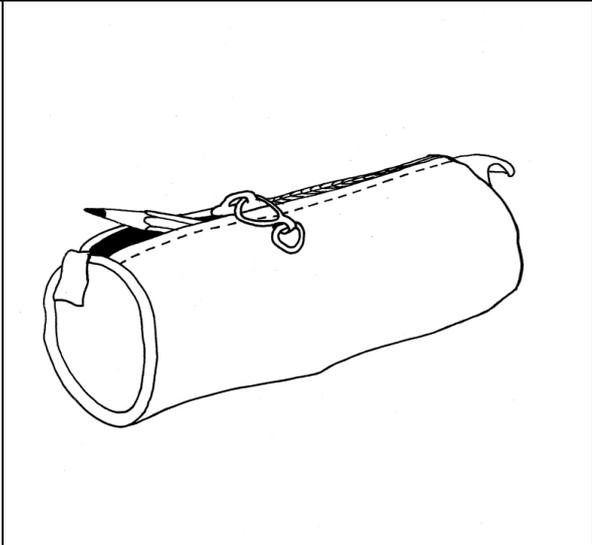
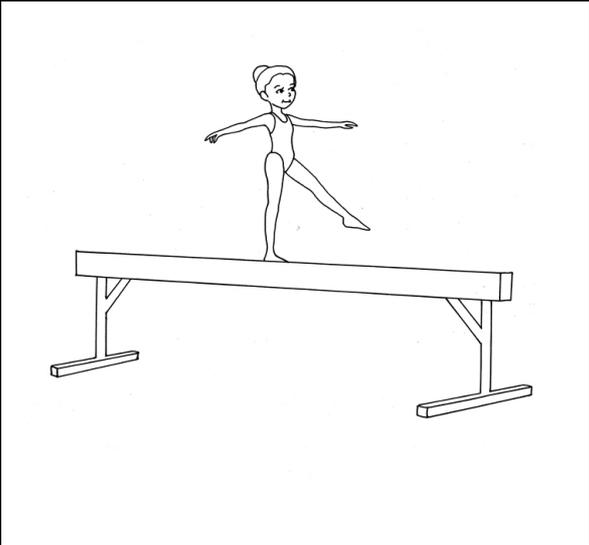
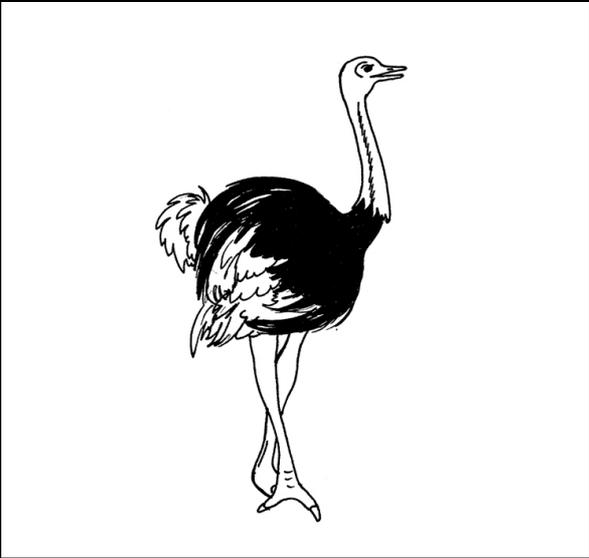
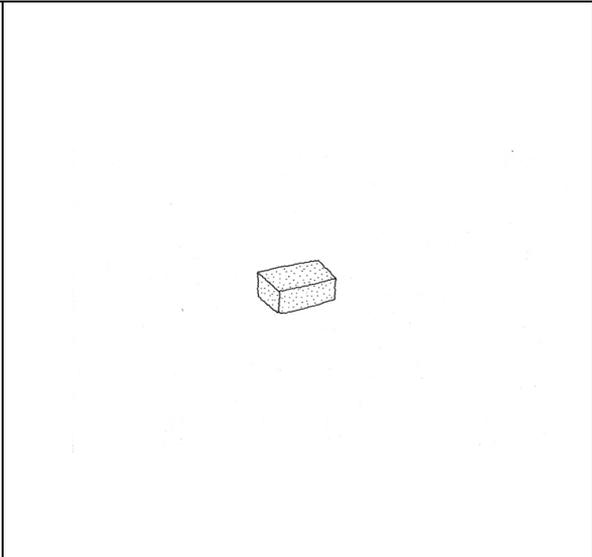
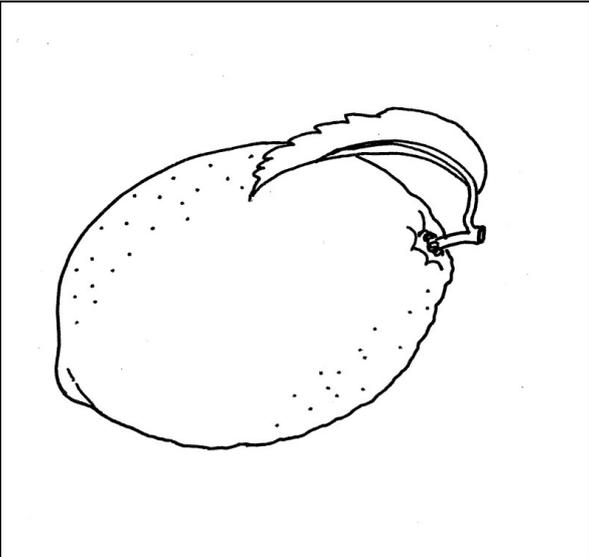
**Annexe I : Images présentées lors du test de dénomination phonologique**











---

## Annexe II : Protocole d'une séance avec « Ultraspeech-player »

### 1. Pré-tests

#### 1.1. Identification phonologique

« Tu vas écouter des mots qui ne veulent rien dire et qui contiennent soit le son [t], soit le son [k] (montrer sur le clavier). Tu mets tes deux doigts comme ça (faire le geste avec les deux index sur les touches). Tu écoutes bien les mots. Quand tu entends [t] dans le mot, tu appuies sur le T. Et quand tu entends [k] dans le mot, tu appuies que le K. Tu appuies le plus vite possible, mais fais attention. L'ordinateur enregistre ta rapidité. Si tu ne sais pas, tu appuies quand même sur une touche, celle que tu veux. On va faire 4 essais tous les deux, et après c'est à toi tout(e) seul(e). »

Item	Essais		
1'	[ka]		
2'	[ta]		
3'	[trø]		
4'	[krø]		
Rang de l'item	Bloc 1	Rang de l'item	Bloc 2
1	[te]	19	[tRã]
2	[ko]	20	[kRe]
3	[tã]	21	[kRo]
4	[ke]	22	[tRe]
5	[to]	23	[tRo]
6	[kã]	24	[kRã]
7	[tRe]	25	[otRo]
8	[kRo]	26	[ekRe]
9	[kRã]	27	[okRo]
10	[kRe]	28	[etRe]
11	[tRo]	29	[ãtRã]
12	[tRã]	30	[to]
13	[ekRe]	31	[tã]
14	[okRo]	32	[ke]
15	[ãtRã]	33	[te]
16	[etRe]	34	[kã]
17	[otRo]	35	[ko]
18	[ãkRã]	36	[ãkRã]

---

## 1.2. Dénomination phonologique

*« Je vais te dire le nom de toutes ces images. Retiens bien les mots que tu ne connais pas, parce qu'après, ce sera à toi de dire ce que tu vois sur ces images ».*

Item	Mot à produire
1	Crinière
2	Tricoter
3	Arbitre
4	Cintre
5	Trésor
6	Crayon
7	Fenêtre
8	Maîtresse
9	Crevette
10	Feutre
11	Crapaud
12	Travaux
13	Plâtre
14	Ancre
15	Ventre
16	Crampon
17	Tranche
18	Micro
19	Rétroviseur
20	Crocodile
21	Trottinette
22	Micro-onde
23	Montre
24	Trompette
25	Citron
26	Sucre
27	Autruche
28	Citrouille
29	Poutre
30	Trousse

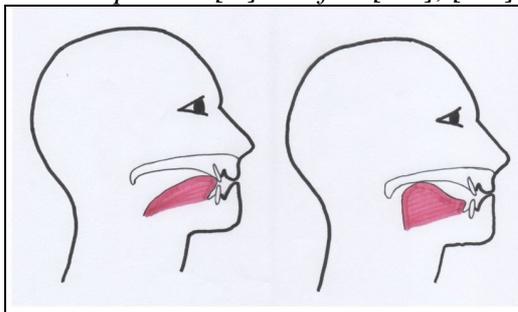
*« Maintenant, les images vont apparaître sur l'ordinateur, et c'est à toi de me dire le bon mot pour chaque image. Il faut bien le prononcer ».*

---

## 2. Entraînement

### 2.1. Description, identification et appropriation kinesthésique des cibles

« Je vais te montrer deux images de la langue. Chaque image correspond à un son différent : le [t] et le [k] (on met les étiquettes du t et du k sur la table, l'une en dessous de l'autre : le t au-dessus du k). Voilà les deux images (on place les images du t et du k l'une à côté de l'autre). On a dessiné comme si on voyait à l'intérieur de la bouche. Est-ce que tu peux me dire les différences entre cette position de langue et cette position de langue ? Par exemple, cette langue-là (t), elle touche quel endroit dans la bouche ? ... Oui, la pointe de la langue touche derrière les dents. Et cette langue-là (k), elle touche quel endroit dans la bouche ? ... Oui, le dessus de la langue touche le palais au fond de la bouche. Alors, maintenant, est-ce que tu peux me dire avec quelle photo tu mets le [t] ? ... Et donc avec quelle photo tu mets le [k] ? ... Très bien ! Donc, pour résumer, quand tu fais [t] [t] [t], vas-y fais-le, la pointe de la langue touche derrière les dents. Et quand tu fais [k] [k] [k], fais-le, le dessus de la langue touche le palais au fond de la bouche (encouragements). Maintenant, on va travailler le son [tR] : la langue touche derrière les dents pour le [t], puis elle recule pour le [R]. Ca fait [t-R], [t-R]. »



### 2.2. Présentation du logiciel « Ultraspech-player » à l'enfant

« On va utiliser un logiciel sur l'ordinateur qui montre la langue dans la bouche quand on parle. Ça va t'aider à mieux prononcer certains sons. Tu vas voir une vidéo en noir et blanc qui représente la langue de profil. Pour filmer la langue dans la bouche, on n'a pas pu utiliser une caméra normale. On a utilisé une technique qui s'appelle l'échographie et qui permet de voir la langue à travers la joue. C'est la même technique qui permet de voir le bébé à travers le ventre d'une maman quand elle est enceinte. On ouvre le logiciel. Je vais t'expliquer. Ce côté, tu n'as pas besoin de regarder, c'est pour moi. C'est ce côté qu'il faut que tu regardes. Ici, il y a un film de la langue de profil. On voit la langue en noir avec le dessus blanc (on montre avec le doigt). Ici c'est l'avant de la langue avec les dents et les lèvres juste devant, et là, c'est l'arrière de la langue, au fond de la bouche. Au-dessus de la langue, ce que tu vois là, c'est le palais. Tu peux le sentir avec le bout de ta langue en le balayant comme ça de l'avant vers l'arrière. (On fait le geste seul). Tu le fais avec moi ? (On le fait) Et puis là, c'est un film normal de la bouche quand on parle. Les mouvements des lèvres que tu vois là sont en même temps que les mouvements de la langue que tu vois ici. C'est la langue et la bouche de la même personne qui ont été filmées en même temps de deux façons différentes. Comme toi quand tu parles, tes lèvres et ta langue bougent en même temps. Toi, il faut que tu regardes le film de la langue quand elle bouge. C'est en faisant les mêmes mouvements que tu pourras bien placer ta langue et prononcer des sons plus facilement. »

### 2.3. Travail en répétition déconditionnée

« Je mets le son sur l'ordinateur, tu regardes bien le film et tu répètes le son en essayant de mettre ta langue au bon endroit dans ta bouche. »

2 fois lentement, et 2 fois normalement :

- [ti]
- [ta]
- [tu]

3 fois lentement, 2 fois moyennement lentement, et 2 fois normalement :

- [itRi]
- [atRa]
- [utRu]
- [tRi]
- [tRa]
- [tRu]

## 3. Post-tests

### 3.1. Identification phonologique

« C'est le même test que tout à l'heure. Tu mets tes 2 doigts comme ça (faire le geste avec les deux index sur le clavier). Quand tu entends [t] dans le mot, tu appuies sur le T. Et quand tu entends [k] dans le mot, tu appuies sur le K.»

Item	Essais		
1'	[ka]		
2'	[ta]		
3'	[trø]		
4'	[krø]		
Rang de l'item	Bloc 1	Rang de l'item	Bloc 2
1	[te]	19	[tRã]
2	[ko]	20	[kRe]
3	[tã]	21	[kRo]
4	[ke]	22	[tRe]
5	[to]	23	[tRo]
6	[kã]	24	[kRã]
7	[tRe]	25	[otRo]
8	[kRo]	26	[ekRe]
9	[kRã]	27	[okRo]
10	[kRe]	28	[etRe]
11	[tRo]	29	[ãtRã]
12	[tRã]	30	[to]
13	[ekRe]	31	[tã]
14	[okRo]	32	[ke]
15	[ãtRã]	33	[te]
16	[etRe]	34	[kã]
17	[otRo]	35	[ko]
18	[ãkRã]	36	[ãkRã]

---

### 3.2. Dénomination phonologique

« Je reprends les images de tout à l'heure sur l'ordinateur. Tu me dis le bon mot pour chaque image. Il faut bien le prononcer. »

Item	Mot à produire
1	Crinière
2	Tricoter
3	Arbitre
4	Cintre
5	Trésor
6	Crayon
7	Fenêtre
8	Maitresse
9	Crevette
10	Feutre
11	Crapaud
12	Travaux
13	Plâtre
14	Ancre
15	Ventre
16	Crampon
17	Tranche
18	Micro
19	Rétroviseur
20	Crocodile
21	Trottinette
22	Micro-onde
23	Montre
24	Trompette
25	Citron
26	Sucre
27	Autruche
28	Citrouille
29	Poutre
30	Trousse

---

## Annexe III : Protocole d'une séance sans « Ultraspeech-player »

### 1. Pré-tests

#### 1.1. Identification phonologique

: « Tu vas écouter des mots qui ne veulent rien dire et qui contiennent soit le son [t], soit le son [k] (montrer sur le clavier). Tu mets tes deux doigts comme ça (faire le geste avec les deux index sur les touches). Tu écoutes bien les mots. Quand tu entends [t] dans le mot, tu appuies sur le T. Et quand tu entends [k] dans le mot, tu appuies que le K. Tu appuies le plus vite possible, mais fais attention. L'ordinateur enregistre ta rapidité. Si tu ne sais pas, tu appuies quand même sur une touche, celle que tu veux. On va faire 4 essais tous les deux, et après c'est à toi tout(e) seul(e). »

Item	Essais		
1'	[ka]		
2'	[ta]		
3'	[trø]		
4'	[krø]		
Rang de l'item	Bloc 1	Rang de l'item	Bloc 2
1	[te]	19	[tRã]
2	[ko]	20	[kRe]
3	[tã]	21	[kRo]
4	[ke]	22	[tRe]
5	[to]	23	[tRo]
6	[kã]	24	[kRã]
7	[tRe]	25	[otRo]
8	[kRo]	26	[ekRe]
9	[kRã]	27	[okRo]
10	[kRe]	28	[etRe]
11	[tRo]	29	[ãtRã]
12	[tRã]	30	[to]
13	[ekRe]	31	[tã]
14	[okRo]	32	[ke]
15	[ãtRã]	33	[te]
16	[etRe]	34	[kã]
17	[otRo]	35	[ko]
18	[ãkRã]	36	[ãkRã]

---

## 1.2. Dénomination phonologique

Présentation préalable : « *Je vais te dire le nom de toutes ces images. Retiens bien les mots que tu ne connais pas, parce qu'après, ce sera à toi de dire ce que tu vois sur ces images* ».

Item	Mot à produire
1	Crinière
2	Tricoter
3	Arbitre
4	Cintre
5	Trésor
6	Crayon
7	Fenêtre
8	Maitresse
9	Crevette
10	Feutre
11	Crapaud
12	Travaux
13	Plâtre
14	Ancre
15	Ventre
16	Crampon
17	Tranche
18	Micro
19	Rétroviseur
20	Crocodile
21	Trottinette
22	Micro-onde
23	Montre
24	Trompette
25	Citron
26	Sucre
27	Autruche
28	Citrouille
29	Poutre
30	Trousse

« *Maintenant, les images vont apparaître sur l'ordinateur, et c'est à toi de me dire le bon mot pour chaque image. Il faut bien le prononcer* ».

---

## 2. Entraînement

### 2.1. Description et appropriation kinesthésique des cibles

Consigne : « On va essayer de ressentir comment est la langue dans la bouche. On va poser le bout de la langue derrière les dents, comme ça (on lui montre). Puis on va reculer le bout de la langue en balayant le palais. Comme ça (on le fait). Tu le fais avec moi ? (En même temps que l'enfant) On le fait plusieurs fois (encouragements). Maintenant, on va travailler deux positions de la langue avec deux sons différents : le [t] et le [k] (on met les étiquettes du t et du k sur la table, l'une en dessous de l'autre : le t au-dessus et le k en dessous). Alors, est-ce que tu peux me dire, quand tu fais le son [t], la langue touche quel endroit dans la bouche ? ... Oui, la pointe de la langue touche derrière les dents. Et quand tu fais le son [k], la langue touche quel endroit dans la bouche ? ... Oui, le dessus de la langue touche le palais au fond de la bouche. Donc, pour résumer, quand tu fais [t] [t] [t], vas-y fais-le, la pointe de la langue touche derrière les dents. Et quand tu fais [k] [k] [k], fais-le, le dessus de la langue touche le palais au fond de la bouche. On va travailler le son [tR] : la langue touche derrière les dents pour le [t], puis elle recule pour le [R]. Ca fait [t-R], [t-R] (encouragements). »

### 2.2. Travail en répétition déconditionnée

« Nous allons travailler le son [t] et le son [tR]. Tu répètes juste comme moi, d'accord ? Tu regardes bien ma bouche quand je fais le son et puis après c'est à toi. »

2 fois lentement, et 2 fois normalement :

- [ti]
- [ta]
- [tu]

3 fois lentement, 2 fois moyennement lentement, et 2 fois normalement :

- [it'Ri]
- [at'Ra]
- [ut'Ru]
- [tRi]
- [tRa]
- [tRu]

---

### 3. Post-tests

#### 3.1. Identification phonologique

« C'est le même test que tout à l'heure. Tu mets tes 2 doigts comme ça (faire le geste avec les deux index sur le clavier). Quand tu entends [t] dans le mot, tu appuies sur le T. Et quand tu entends [k] dans le mot, tu appuies sur le K.»

Item	Essais		
1'	[ka]		
2'	[ta]		
3'	[trø]		
4'	[krø]		
Rang de l'item	Bloc 1	Rang de l'item	Bloc 2
1	[te]	19	[tRã]
2	[ko]	20	[kRe]
3	[tã]	21	[kRo]
4	[ke]	22	[tRe]
5	[to]	23	[tRo]
6	[kã]	24	[kRã]
7	[tRe]	25	[otRo]
8	[kRo]	26	[ekRe]
9	[kRã]	27	[okRo]
10	[kRe]	28	[etRe]
11	[tRo]	29	[ãtRã]
12	[tRã]	30	[to]
13	[ekRe]	31	[tã]
14	[okRo]	32	[ke]
15	[ãtRã]	33	[te]
16	[etRe]	34	[kã]
17	[otRo]	35	[ko]
18	[ãkRã]	36	[ãkRã]

---

### 3.2. Dénomination phonologique

*« Je reprends les images de tout à l'heure sur l'ordinateur. Tu me dis le bon mot pour chaque image. Il faut bien le prononcer. »*

Item	Mot à produire
1	Crinière
2	Tricoter
3	Arbitre
4	Cintre
5	Trésor
6	Crayon
7	Fenêtre
8	Maîtresse
9	Crevette
10	Feutre
11	Crapaud
12	Travaux
13	Plâtre
14	Ancre
15	Ventre
16	Crampon
17	Tranche
18	Micro
19	Rétroviseur
20	Crocodile
21	Trottinette
22	Micro-onde
23	Montre
24	Trompette
25	Citron
26	Sucre
27	Autruche
28	Citrouille
29	Poutre
30	Trousse

---

## Annexe IV : Protocole de la troisième séance

### 1. Test d'identification phonologique

« C'est le même test que la dernière fois. Tu mets tes 2 doigts comme ça (faire le geste avec les deux index sur le clavier). Quand tu entends [t] dans le mot, tu appuies sur le T. Et quand tu entends [k] dans le mot, tu appuies sur le K.»

Item	Essais		
1'	[ka]		
2'	[ta]		
3'	[trø]		
4'	[krø]		
Rang de l'item	Bloc 1	Rang de l'item	Bloc 2
1	[te]	19	[tRã]
2	[ko]	20	[kRe]
3	[tã]	21	[kRo]
4	[ke]	22	[tRe]
5	[to]	23	[tRo]
6	[kã]	24	[kRã]
7	[tRe]	25	[otRo]
8	[kRo]	26	[ekRe]
9	[kRã]	27	[okRo]
10	[kRe]	28	[etRe]
11	[tRo]	29	[ãtRã]
12	[tRã]	30	[to]
13	[ekRe]	31	[tã]
14	[okRo]	32	[ke]
15	[ãtRã]	33	[te]
16	[etRe]	34	[kã]
17	[otRo]	35	[ko]
18	[ãkRã]	36	[ãkRã]

---

## 2. Test de dénomination phonologique

*« Je reprends les images de la dernière fois sur l'ordinateur. Tu me dis le bon mot pour chaque image. Il faut bien le prononcer. »*

Item	Mot à produire
1	Crinière
2	Tricoter
3	Arbitre
4	Cintre
5	Trésor
6	Crayon
7	Fenêtre
8	Maitresse
9	Crevette
10	Feutre
11	Crapaud
12	Travaux
13	Plâtre
14	Ancre
15	Ventre
16	Crampon
17	Tranche
18	Micro
19	Rétroviseur
20	Crocodile
21	Trottinette
22	Micro-onde
23	Montre
24	Trompette
25	Citron
26	Sucre
27	Autruche
28	Citrouille
29	Poutre
30	Trousse

## Annexe V : Tableaux généraux pour le test de dénomination phonologique

### 1. Pourcentages d'erreurs en production en fonction de la position de la séquence-cible et du moment du test pour les enfants du groupe 1

Enfants	T0			T1			T2			T3			T4		
	initiale	interne	finale	initiale	interne	finale	initiale	interne	finale	initiale	interne	finale	initiale	interne	finale
Groupe 1															
Loana	100	80	25	71,4285714	20	12,5	85,7142857	80	12,5	1	100	12,5	57,1428571	80	12,5
Thiery	100	100	25	85,7142857	100	0	85,7142857	100	12,5	85,7142857	100	0	85,7142857	80	12,5
Pub	100	100	100	85,7142857	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Mika	71,4285714	60	0	57,1428571	80	0	71,4285714	20	0	14,2857143	40	12,5	0	0	0
Simba	57,1428571	0	0	14,2857143	0	0	42,8571429	40	0	28,5714286	0	0	0	0	0
Ulysse	57,1428571	40	12,5	71,4285714	20	0	71,4285714	40	0	85,7142857	20	12,5	71,4285714	20	12,5
Lison	100	40	25	28,57	0	25	71,43	20	0	28,57	0	0	0	0	0
	83,6734694	60	26,7857143	59,1834694	45,7142857	19,6428571	75,5104082	57,1428571	17,8571429	49,1222449	51,4285714	19,6428571	44,8979592	40	19,6428571
	56,81972789			41,51353741			50,17013605			40,06455782			34,84693878		

### 2. Pourcentages d'erreurs en production en fonction de la position de la séquence-cible et du moment du test pour les enfants du groupe 2

Enfants	T0			T1			T2			T3			T4		
	initiale	interne	finale	initiale	interne	finale	initiale	interne	finale	initiale	interne	finale	initiale	interne	finale
Groupe 2															
Lola	71,4285714	100	12,5	71,4285714	80	0	85,7142857	60	0	57,1428571	60	0	28,5714286	0	12,5
Ben	100	100	50	100	100	62,5	100	100	50	85,7142857	100	37,5	100	80	25
Morgan	57,1428571	20	0	42,8571429	0	0	57,1428571	20	0	57,1428571	0	0	57,1428571	20	0
Rima	57,1428571	20	12,5	57,1428571	20	12,5	42,8571429	0	12,5	57,1428571	0	12,5	14,2857143	0	12,5
Efron	71,4285714	0	12,5	42,8571429	0	0	42,8571429	0	0	28,5714286	0	0	28,5714286	0	0
Giabi	71,4285714	100	0	100	60	12,5	100	100	12,5	100	100	12,5	100	100	12,5
Zinedine	28,5714286	0	75	28,5714286	0	75	14,2857143	0	37,5	14,2857143	0	25	0	0	25
	65,3061224	48,5714286	23,2142857	63,2653061	37,1428571	23,2142857	63,2653061	40	16,0714286	57,1428571	37,1428571	12,5	46,9387755	28,5714286	12,5
	45,69727891			41,20748299			39,77891156			35,5952381			29,33673469		

## Annexe VI : Tableaux généraux pour le test d'identification phonologique

### 1. Pourcentages d'erreurs en identification en fonction du phonème à identifier et du moment du test

Enfants	T0			T1			T2			T3			T4		
	Total	[k]	[t]	Total	[k]	[t]									
Groupe 1															
Loana	38,8888	33,3333	44,4444	44,4444	38,8889	50	50	44,4444	55,5556	41,6667	50	33,3333	50	38,8889	61,1111
Thiery	41,6666667	77,7777778	5,55555556	33,3333333	38,8888889	27,7777778	33,3333333	33,3333333	33,3333333	50	55,5555556	44,4444444	33,3333333	16,6666667	50
Ulysse	36,1111111	38,8888889	33,3333333	27,7777778	27,7777778	27,7777778	30,5555556	27,7777778	33,3333333	38,8888889	16,6666667	61,1111111	33,3333333	22,2222222	44,4444444
Pub	47,2222222	27,7777778	66,6666667	44,4444444	33,3333333	55,5555556	44,4444444	38,8888889	50	55,5555556	61,1111111	50	25	33,3333333	16,6666667
Mika	47,2222222	44,4444444	50	27,7777778	27,7777778	27,7777778	41,6666667	44,4444444	38,8888889	52,7777778	50	55,5555556			
Simba	33,3333333	11,1111111	55,5555556	47,2222222	22,2222222	72,2222222	27,7777778	27,7777778	33,3333333	22,2222222	44,4444444	38,8888889	22,2222222	55,5555556	
Lison	22,22	38,89	5,56	38,89	33,33	44,44	52,78	55,56	50	47,22	50	44,44	38,89	44,44	33,33
	38,0949079	38,8890429	37,3022159	37,6985651	31,7455571	43,6501587	40,0796825	38,8895175	41,2698476	45,6346079	43,6507937	47,6184079	36,5742593	29,6288907	43,5179611
		38,09538889			37,69809365			40,07968254			45,63460317			36,5737037	

Enfants	T0			T1			T2			T3			T4		
	Total	[k]	[t]												
Groupe 2															
Lola	50	55,5556	44,4444	36,1111	44,4444	27,7778	38,8889	44,4444	33,3333	47,2222	50	44,4444	30,5556	33,3333	27,7778
Ben	33,3333	33,3333	33,3333	36,1111	27,7778	44,4444	36,1111	38,8889	33,3333	44,4444	38,8889	50	22,2222	33,3333	11,1111
Morgan	8,3333	11,1111	5,5556	2,7778	5,5556	0	5,5556	5,5556	5,5555	2,7778	0	5,5555	2,7778	5,5556	0
Rima	41,6666667	22,2222222	61,1111111	30,5555556	33,3333333	27,7777778	25	27,7777778	22,2222222	50	55,5555556	44,4444444	33,3333333	16,6666667	50
Efron	55,5555556	61,1111111	50	38,8888889	38,8888889	38,8888889	61,1111111	61,1111111	61,1111111	33,3333333	33,3333333	33,3333333			
Giabi	52,7777778	55,5555556	50	61,1111111	55,5555556	66,6666667	36,1111111	38,8888889	33,3333333	27,7777778	33,3333333	22,2222222	50	50	50
Zinedine	41,6666667	38,8888889	44,4444444	41,6666667	38,8888889	44,4444444	44,4444444	44,4444444	44,4444444	38,8888889	38,8888889	38,8888889	50	50	50
	40,476181	39,6825397	41,2698365	35,3174603	34,9206381	35,7142825	35,3174667	37,3015889	33,3333159	34,9206286	35,7142873	34,1269698	31,4814889	31,4814778	31,4814833
		40,47618571			35,31746032			35,31745714			34,92062857			31,48148333	

## 2. Temps de réponse (ms) pour l'identification en fonction du phonème à identifier et du moment du test

Enfants	T0			T1			T2			T3			T4		
	Total	[k]	[t]	Total	[k]	[t]	Total	[k]	[t]	Total	[k]	[t]	Total	[k]	[t]
Groupe 1															
Loana	1345,09091	1401	1278	1125,95	1120,81818	1132,22222	1054,83333	977,6	1151,375	1019,7619	1136,44444	932,25	839,588235	851,181818	818,333333
Thiery	2016,33333	3383,25	1694,70588	2908,54167	3074,54545	2768,07692	1280,70833	1422,41667	1139	2546	2613,75	2491,8	1988,83333	2219,66667	1604,11111
Pub	957,954545	827,909091	1088	862,88	873,307692	851,583333	756,36	785,769231	724,5	2074,36364	1952,33333	2335,85714	1911,70833	1596,28571	2353,3
Mika	2719,94737	2282,23077	3668,33333	1029,6	964,5	1127,25	1485,85	1354,81818	1646	1196,9375	1004,42857	1346,66667	3648,7037	4047,25	3329,86667
Simba	903,684211	884,9	924,555556	1054,56	1321,76923	765,083333	687,95	760	615,9	746,5	751,777778	739,714286			
Ulysse	1040,45455	990,4	1147,71429	848,421053	799,857143	984,4	1425,30769	1593,61538	1257	2137,25	2582,28571	1514,2	1454,13636	1113,78571	2049,75
Lison	2796	2196	3184	1807	1675	1966	1215	871	1522	1637	1764	1522	2151	1962	2309
	1682,7807	1709,38427	1855,04415	1376,70753	1404,25681	1370,6594	1129,42991	1109,31707	1150,825	1622,54472	1686,43141	1554,64116	1998,99499	1965,02832	2077,39352
	1749,069706			1383,874583			1129,857325			1621,205761			2013,805611		

Enfants	T0			T1			T2			T3			T4		
	Total	[k]	[t]												
Groupe 2															
Lola	1379,16667	1529,125	1259,2	1726	2325,11111	1276,66667	1691,38095	1550,4	1819,54545	2008,21053	2403,11111	1652,8	1979,52	2445,66667	1549,23077
Ben	1050,54167	954,083333	1147	1302,54545	1390	1197,6	2035,69565	1855	2201,33333	1910,4	2052,36364	1736,88889	2465,71429	2637,25	2337,0625
Morgan	2422,24242	2239,25	2594,47059	2197,51429	2262	2136,61111	2202,32353	2344,17647	2060,47059	2041,08571	1962,55556	2124,23529	1841,25714	2040,64706	1652,94444
Rima	1288	1410,5	1043	1890,68	2083,66667	1712,53846	1558,66667	1734,15385	1395,71429	2546	2613,75	2491,8	1988,83333	2219,66667	1604,11111
Efron	1320,1875	1127,71429	1469,88889	1222,68182	1379	1066,36364	1587,78571	785,857143	2389,71429	1410,25	1352,91667	1467,58333			
Giabi	684,923077	725,142857	638	811	953,166667	668,833333	1129,95455	1465,6	850,25	1417,38462	1062,16667	1721,85714	1139,27778	1190,11111	1088,44444
Zinedine	1631,2381	1584,63636	1682,5	852,25	826,727273	883,444444	867,85	774,8	960,9	1341,77273	1314,72727	1368,81818	2439,38889	2153,33333	2725,44444
	1396,6142	1367,20741	1404,86564	1428,95308	1602,81025	1277,43681	1581,95101	1501,42678	1668,27542	1810,72908	1823,08442	1794,85469	1975,66524	2114,44581	1826,20629
	1389,562417			1436,400044			1583,884403			1809,556063			1972,105777		

---

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

---

Tableau 1 : Acquisition des phonèmes selon l'âge (Coquet, Ferrand et Roustit, 2007).....	10
Tableau 2 : Classification des processus phonologiques simplificateurs de substitution (Schelstraete, 2011) .....	13
Tableau 3 : Présentation de l'échantillon .....	28
Tableau 4 : Description et répartition des séances selon le groupe .....	29
Tableau 5 : Mots contenant les séquences phonémiques [tR] et [kR] dans différentes positions ..	30
Tableau 6 : Mots sélectionnés pour le test de dénomination phonologique.....	30
Tableau 7 : Items sélectionnés pour l'épreuve d'identification phonologique.....	32
Figure 1 : Une session avec EMA (Katz & McNeil, 2010).....	19
Figure 2 : Feedback obtenu par EMA (Levitt & Katz, 2008).....	19
Figure 3 : Exemples de feedback obtenu avec EPG (Cleland et al., 2009).....	19
Figure 4 : Exemples de feedback échographique (Hueber & Denby, 2009).....	19
Figure 5 : Exemple de vue sagittale générée par le modèle 2-D de Kröger (2003).....	19
Figure 6 : Animation 2-D du « conduit vocal en action » (Canault, 2010).....	20
Figure 7 : Vues frontale droite et latérale gauche proposées dans modèle 3D de Birkholz et al. (2006).....	20
Figure 8 : Tête virtuelle 3D de Fagel et Madany (2008).....	20
Figure 9 : Clone orofacial de Badin et al. (2010) .....	20
Figure 10 : Illustration proposée dans le logiciel « Diadolab » (Sicard & Sicard, 2011).....	20
Figure 11 : Capture-écran du logiciel « Ultraspeech-player » dans sa version initiale (1.0).....	23

---

Figure 12: Capture écran du logiciel « Ultraspeech-player » avec la base de données adaptée à notre étude.....	35
Figure 13 : Photographie de l'écran avec le contour de visage positionné sur l'image échographique de la langue .....	35
Figure 14 : Dessins représentant les points d'articulation des phonèmes [t] (à gauche) et [k] (à droite).....	36
Figure 15 : Pourcentages d'erreurs moyens en production dans le groupe 1 et le groupe 2 aux 5 étapes de tests .....	41
Figure 16 : Pourcentages d'erreurs moyens pour la production des cibles en position initiale dans le groupe 1 et le groupe 2 aux 5 étapes de tests .....	42
Figure 17 : Pourcentages d'erreurs moyens pour la production des cibles en position intervocalique dans le groupe 1 et le groupe 2 aux 5 étapes de tests .....	43
Figure 18 : Pourcentages d'erreurs moyens pour la production des cibles en position finale dans le groupe 1 et le groupe 2 aux 5 étapes de tests.....	44
Figure 19 : Pourcentages d'erreurs moyens pour l'identification des cibles tous items confondus dans le groupe 1 et le groupe 2 aux 5 étapes de tests.....	46
Figure 20 : Pourcentages d'erreurs moyens pour l'identification du phonème [k] dans le groupe 1 et le groupe 2 aux 5 étapes de tests.....	47
Figure 21 : Pourcentages d'erreurs moyens pour l'identification du phonème [t] dans le groupe 1 et le groupe 2 aux 5 étapes de tests.....	48
Figure 22 : Temps de réponses moyens pour l'identification tous items confondus dans le groupe 1 et le groupe 2 aux 5 étapes de tests .....	50
Figure 23 : Temps de réponses moyens pour l'identification du phonème [k] dans le groupe 1 et le groupe 2 aux 5 étapes de tests .....	51
Figure 24 : Temps de réponses moyens pour l'identification du phonème [t] dans le groupe 1 et le groupe 2 aux 5 étapes de tests .....	52

---

---

# TABLE DES MATIERES

---

<b>ORGANIGRAMMES .....</b>	<b>2</b>
1. <i>Université Claude Bernard Lyon1 .....</i>	2
1.1. Secteur Santé : .....	2
1.2. Secteur Sciences et Technologies : .....	2
2. <i>Institut Sciences et Techniques de Réadaptation FORMATION ORTHOPHONIE.....</i>	3
<b>REMERCIEMENTS.....</b>	<b>4</b>
<b>SOMMAIRE .....</b>	<b>5</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>8</b>
<b>PARTIE THEORIQUE .....</b>	<b>9</b>
I. LE TROUBLE PHONOLOGIQUE .....	11
1. <i>Généralités .....</i>	11
1.1. Phonétique et phonologie .....	11
1.2. Définition du trouble phonologique .....	11
1.3. Substitution de [tR] par [kR].....	13
2. <i>Evaluation du trouble phonologique.....</i>	13
2.1. Diagnostic différentiel.....	13
2.2. Evaluation de la phonologie en production.....	13
2.3. Evaluation de la phonologie en réception.....	14
3. <i>Prise en charge orthophonique du trouble phonologique .....</i>	14
3.1. Sensibilisation multisensorielle.....	15
3.1.1. Sensibilisation auditive par les gnosies.....	15
3.1.2. Sensibilisation kinesthésique : approches motrice et articulatoire .....	15
3.1.3. Autres supports : visuels et gestuels .....	16
3.2. Exercices progressifs pour une généralisation dans le langage spontané .....	17
II. LE « VISUAL BIOFEEDBACK » ET L'ILLUSTRATION VISUELLE .....	18
1. <i>« Visual biofeedback » versus illustration visuelle .....</i>	18
2. <i>Les outils .....</i>	18
2.1. Présentation des outils.....	18
2.1.1. Outils pour le « visual biofeedback » .....	19
a. L'articulographie électromagnétique.....	19
b. L'Electro PalatoGraphie .....	19
c. L'imagerie échographique.....	19
2.1.2. Outils pour l'illustration visuelle.....	19
a. Modèle 2D.....	19
b. Modèles 3D et clones oro-faciaux.....	20
2.2. Impact de la perception visuelle des articulateurs .....	20
2.3. Limites de ces outils et de ces études .....	21
III. L'ILLUSTRATION VISUELLE ECHOGRAPHIQUE AVEC « ULTRASPEECH-PLAYER » .....	22
1. <i>Description de l'outil « Ultraspeech-player » .....</i>	22
2. <i>Approche critique de l'outil.....</i>	23
<b>PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES .....</b>	<b>24</b>
I. PROBLEMATIQUE .....	25
II. HYPOTHESES GENERALES .....	25
III. HYPOTHESES OPERATIONNELLES .....	25
1. <i>Concernant la production des mots avec [tR] .....</i>	26
2. <i>Concernant l'identification de [t] et [k] dans des logatomes avec [tR] et [kR].....</i>	26
<b>PARTIE EXPERIMENTALE .....</b>	<b>27</b>
I. POPULATION .....	28
1. <i>Critères de sélection.....</i>	28
1.1. Critères d'inclusion .....	28
1.2. Critères d'exclusion .....	28
2. <i>Présentation de l'échantillon.....</i>	28
II. PROTOCOLE .....	29
1. <i>Méthode d'expérimentation.....</i>	29
2. <i>Matériel utilisé.....</i>	29

---

2.1.	Epreuves utilisées en phases pré et post-tests.....	29
2.1.1.	Test de dénomination phonologique.....	30
a.	Stimuli.....	30
b.	Procédure.....	31
2.1.2.	Test d'identification phonologique.....	32
a.	Stimuli.....	32
b.	Procédure.....	33
2.2.	Entraînements.....	33
2.2.1.	Entraînement sans « Ultraspeech-player ».....	33
a.	Description et appropriation kinesthésique des cibles.....	34
b.	Travail en répétition déconditionnée.....	34
2.2.2.	Entraînement avec « Ultraspeech-player ».....	35
a.	Description, identification et appropriation kinesthésique des cibles.....	36
b.	Présentation du logiciel « Ultraspeech-player » à l'enfant.....	36
c.	Travail en répétition déconditionnée.....	37
III.	RECUEIL DES RESULTATS.....	38
1.	<i>Test de dénomination phonologique.....</i>	38
2.	<i>Test d'identification phonologique.....</i>	38
<b>PRESENTATION DES RESULTATS .....</b>		<b>39</b>
I.	RESULTATS OBTENUS POUR L'EPREUVE DE PRODUCTION DE MOTS AVEC [tR].....	40
1.	<i>Pourcentages d'erreurs généraux.....</i>	41
2.	<i>Pourcentages d'erreurs en fonction de la position de la séquence [tR] dans le mot.....</i>	42
2.1.	Pourcentages d'erreurs pour les mots avec [tR] en position initiale.....	42
2.2.	Pourcentages d'erreurs pour les mots avec [tR] en position intervocalique.....	43
2.3.	Pourcentages d'erreurs pour les mots avec [tR] en position finale.....	44
II.	RESULTATS OBTENUS POUR L'EPREUVE D'IDENTIFICATION DES PHONEMES [T] ET [K] AU SEIN DE LOGATOMES AVEC [tR] ET [kR].....	45
1.	<i>Pourcentages d'erreurs pour l'identification des phonèmes.....</i>	45
1.1.	Pourcentages d'erreurs pour l'identification quel que soit le phonème.....	46
1.2.	Pourcentages d'erreurs pour l'identification du phonème [k].....	47
1.3.	Pourcentages d'erreurs pour l'identification du phonème [t].....	48
2.	<i>Temps de réponse pour l'identification des phonèmes.....</i>	49
2.1.	Temps de réponse pour l'identification quel que soit le phonème.....	50
2.2.	Temps de réponse pour l'identification du phonème [k].....	51
2.3.	Temps de réponse pour l'identification du phonème [t].....	52
III.	SYNTHESE DES RESULTATS.....	53
1.	<i>Résultats concernant la production phonologique.....</i>	53
2.	<i>Résultats concernant l'identification phonologique.....</i>	53
<b>DISCUSSION DES RESULTATS .....</b>		<b>55</b>
I.	IMPACT DE « ULTRASPEECH-PLAYER » DANS LA REEDUCATION.....	56
1.	<i>Des gains importants pour la production phonologique.....</i>	56
1.1.	L'illustration visuelle échographique accessible aux plus jeunes.....	56
1.2.	Bénéfices obtenus grâce au logiciel.....	56
1.3.	Des bénéfices variables selon la position de la séquence-cible.....	57
2.	<i>Influence de la précocité d'utilisation du logiciel sur les performances.....</i>	58
3.	<i>La rééducation avec « Ultraspeech-player » a-t-elle un effet sur l'identification phonologique ?</i>	59
II.	REGARD CRITIQUE.....	60
1.	<i>Echantillon.....</i>	60
2.	<i>Protocole.....</i>	62
2.1.	Entraînement.....	62
2.2.	Test de dénomination phonologique.....	63
2.3.	Test d'identification phonologique.....	63
III.	APPORTS PERSONNELS ET PROFESSIONNELS.....	64
IV.	PERSPECTIVES DE RECHERCHES.....	65
1.	<i>Pour compléter notre étude.....</i>	65
2.	<i>L'étendue d'utilisation de « Ultraspeech-player » et d'autres outils.....</i>	66
<b>CONCLUSION .....</b>		<b>68</b>
<b>REFERENCES.....</b>		<b>70</b>
<b>ANNEXES.....</b>		<b>74</b>

---

ANNEXE I : IMAGES PRESENTEES LORS DU TEST DE DENOMINATION PHONOLOGIQUE .....	75
ANNEXE II : PROTOCOLE D'UNE SEANCE AVEC « ULTRASPEECH-PLAYER » .....	80
1. <i>Pré-tests</i> .....	80
1.1. Identification phonologique .....	80
1.2. Dénomination phonologique.....	81
2. <i>Entraînement</i> .....	82
2.1. Description, identification et appropriation kinesthésique des cibles.....	82
2.2. Présentation du logiciel « Ultraspeech-player » à l'enfant.....	82
2.3. Travail en répétition déconditionnée .....	83
3. <i>Post-tests</i> .....	83
3.1. Identification phonologique .....	83
3.2. Dénomination phonologique.....	84
ANNEXE III : PROTOCOLE D'UNE SEANCE SANS « ULTRASPEECH-PLAYER » .....	85
1. <i>Pré-tests</i> .....	85
1.1. Identification phonologique .....	85
1.2. Dénomination phonologique.....	86
2. <i>Entraînement</i> .....	87
2.1. Description et appropriation kinesthésique des cibles .....	87
2.2. Travail en répétition déconditionnée .....	87
3. <i>Post-tests</i> .....	88
3.1. Identification phonologique .....	88
3.2. Dénomination phonologique.....	89
ANNEXE IV : PROTOCOLE DE LA TROISIEME SEANCE .....	90
1. <i>Test d'identification phonologique</i> .....	90
2. <i>Test de dénomination phonologique</i> .....	91
ANNEXE V : TABLEAUX GENERAUX POUR LE TEST DE DENOMINATION PHONOLOGIQUE.....	92
1. <i>Pourcentages d'erreurs en production en fonction de la position de la séquence-cible et du moment du test pour les enfants du groupe 1</i> .....	92
2. <i>Pourcentages d'erreurs en production en fonction de la position de la séquence-cible et du moment du test pour les enfants du groupe 2</i> .....	92
ANNEXE VI : TABLEAUX GENERAUX POUR LE TEST D'IDENTIFICATION PHONOLOGIQUE .....	93
1. <i>Pourcentages d'erreurs en identification en fonction du phonème à identifier et du moment du test</i> .....	93
2. <i>Temps de réponse (ms) pour l'identification en fonction du phonème à identifier et du moment du test</i> .....	94
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS.....</b>	<b>95</b>
<b>TABLE DES MATIERES.....</b>	<b>97</b>

---

---

Camille Bach

Lorène Lambourion

**L'ILLUSTRATION VISUELLE ECHOGRAPHIQUE EN ORTHOPHONIE :  
Un entraînement pour la prise en charge du trouble phonologique fonctionnel  
chez l'enfant**

100 Pages

Mémoire d'orthophonie -UCBL-ISTR- Lyon 2014

---

**RESUME**

---

Les outils de « visual biofeedback » et d'illustration visuelle multiplient leurs champs d'application et commencent à être exploités dans la pratique orthophonique. Les recherches montrent l'efficacité de ces supports sur la conscience articulatoire et la prononciation de sujets porteurs ou non de troubles de la parole. Dans le but d'adapter l'illustration visuelle aux besoins orthophoniques, Thomas Hueber, chercheur au Laboratoire Gipsa-Lab de Grenoble, a développé le logiciel « Ultraspeech-player » (2011). Celui-ci permet de visualiser les mouvements des articulateurs externes et internes lors de la parole. Les mouvements de langue rendus visibles par imagerie échographique sont accompagnés des sons produits par un locuteur de référence. Notre recherche s'est intéressée à l'impact de l'utilisation de ce logiciel dans la prise en charge orthophonique du trouble phonologique chez l'enfant. Nous avons créé un protocole de rééducation, dont nous avons fait bénéficier deux groupes de 7 enfants, âgés en moyenne de 70 mois, et présentant un retard de parole caractérisé par une substitution du groupe diconsonantique [tR] en [kR]. Nous avons voulu déterminer l'influence de l'illustration visuelle sur la production de mots contenant la séquence [tR] en différentes positions. Nous avons également observé l'incidence du logiciel sur l'identification des phonèmes [t] et [k] au sein de logatomes contenant les séquences [tR] et [kR]. La précocité d'utilisation du logiciel en séance constituait un des paramètres étudiés. Les résultats ont montré que « Ultraspeech-player » générait des gains significatifs et immédiats sur la production de la séquence [tR] en position initiale notamment, par rapport à une rééducation classique. L'utilisation précoce de l'illustration visuelle s'est révélée déterminante pour l'amélioration des performances des enfants dans cette tâche. Des tendances ont été observées sur le plan réceptif et fournissent des pistes à exploiter pour les futures recherches.

---

**MOTS-CLES**

---

Visual biofeedback, illustration visuelle échographique, trouble phonologique fonctionnel, retard de parole, substitution, production phonologique, identification phonologique.

---

**MEMBRES DU JURY**

---

Myriam Cartier, Agnès Witko, Jean-Laurent Astier

---

**DIRECTEUR DE MEMOIRE**

---

Mélanie Canault

---

**DATE DE SOUTENANCE**

---

26 JUIN 2014

---