République Républque Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la

Recherche Scientifique

Université Abdelhafid BOUSSOUF Mila

Faculté des Lettres et des langues

Département des Langues Étrangères

Filière : Langue française

Conception d'un modèle d'intelligence artificielle pour la reconnaissance et l'interprétation de la parole atypique chez les apprenants présentant des troubles du langage

Mémoire élaboré en vue de l'option du diplôme de Master en science du langage

Présenté par :

BOULAICHE Bouchra

BOUCEBIA Amale

Sous la direction de :

Dre. LABED Fatima Zohra

Devant le jury composé de :

Présidente : Dre. SENSRI Meriem

Examinateur : Dr. AZZOUZI Tarek

Représentant de l'incubateur : M. CHEBAH Bouzid

Partenaire économique : Représentant de la Direction de la santé et de l'éducation – Mila

Année universitaire : 2025/2026

Conception d’un modèle d’intelligence artificielle pour la reconnaissance et l’interprétation de la parole atypique chez les apprenants présentant des troubles du langage

Dédicace

Avec touts les termes et les expressions de gratitude et reconnaissances, je dédie ce modeste travail à :

Ma MERE ……. MA CHANDELLE ……MON REPÉRE……LA SOURCE DU SACRIFICE DU COURAGE, DE SAGESSE, qui ont couronné et dessiner les trait de mon existence, façonnée ma vie QU'Allah te protège, te garde pour nous.

Je respire grâce a ton amour inconditionnel chaque jour, chaque heure, chaque minute ……..Si j'en suis arrivée jusque-là c'est grâce à toi.

A mon MARIE, l'homme de ma vie qui n'a jamais cesser de me soutenir tous au long de mes cinq ans afin de réaliser mon rêve.

SALSABILE Mon ange ma fille ma chandelle, les battements de mon Cœur, mon amour, ainsi que BASMALA ma fille gâté.

A mes sœurs leurs fille et fils leurs maries

A mes demie sœur et frères leurs filles et fils, leurs maries et épouses

A ma binôme Amoul pour son cœur son sourire et sa présence

A tous ceux, qui quelque soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leurs exprimer mon amour sincère

Puisse Dieu que cela soit un bon souvenir pour les jours restant de ma vie .

BOULAICHE BOUCHRA

Dédicace

Je dédie ce modeste travail après Dieu, à moi -même, pour tous les efforts,la patience et la persévérance dont j'ai fait preuve atteindre cet objectif

À la mémoire de mes ***chers parents,*** *que Dieu leur accorde Sa miséricorde . Vous restez à jamais dans mon cœur et dans chacune de mes réussites.*

À mes ***frères et sœurs ,*** *ainsi qu'à leurs* ***époux ,et épouses et enfants*** *, pour leur amours et leur soutien.*

À mes chers amis et amies , D'abord à m'a chère amie , ***Bouchra Boulaiche*** *qui a partagé avec moi la fatigue de la réalisation de ce mémoire merci d'avoir été la meilleure*

Et pour aussi,, ***lyes Lalmi, Mohamed Amine, Wessal Kadri , Alma belguembour, Meryem.Boulkessob , Meryem Lemzeri, Soundous Mazyoud , Sara Allaka, Fadwa Mokhtari , Khadidja Fakraoui (Farachatie) , Meryem Kihel ،Amina Mattouke ,Chlighme Khadidja, Aicha Bouneadjate, Abir Rahmouni , Boucheche Adrifa et sa sœur Daloula, .*** ***,*** *pour leur présence et leurs encouragements . .****A monsieur Lemzeri Samir personnellement*** *merci pour votre patience avec moi.* ***Et*** *à une personne très proche de moi* ***Farouk Ganounne je lui dis merci infiniment pour votre aide .***

A mes enseignements , chacun de son nom, qui m'ont leurs connaissances et guidée dans mes études

À une personne très chère à mon cœur, qui m'a aidée à me relever , à retrouver l'espoir et à croire de nouveau en la vie. Merci infiniment pour ton soutien précieux.

À mon ancadrante ***Madame Labed Fatima -Zohra ,*** *pour ses conseils son accompagnement et se disponibilité.*

Enfin , à toutes les personnes qui ont contribué ,de près ou de loin , à la réalisation de ce mémoire.

Avec toute ma gratitude et mon affection .*.*

BOUCEBIA AMALE

Remerciements

Au terme de ce travail, nous rendons louange à Dieu le tout Puissant de nous avoir donné le courage et la volonté de l'avoir accompli.

Nous Souhaitons également notre profonde reconnaissance à notre directrice de recherche, Madame **LABED Fatima Zahra**, de nous avoir orienter avec une grande patience et honnête.

Nos Remerciements s'adressent également à l'ensemble des membres du jury, qui nous ont donner l'opportunité et le temps afin de présenter notre travail avec succée.

Enfin, on tient à exprimer avec respect et reconnaissance notre gratitude vert toutes les personnes qui de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail. Votre soutien et votre encouragement ont été précieux tout au long de ce parcours.

Merci

Déclaration

1. Ce mémoire est le fruit d'un travail personnel et constitue un document original.
2. Je sais que prétendre être l'auteur d'un travail écrit par une autre personne est une pratique sévèrement sanctionnée par **l'Arrêté N° 933 du 28 juillet 2016** fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat.
3. Les citations reprises mot à mot à d'autres auteurs figurent entre guillemets avec la mention, en bas de page, du nom de l'auteur, l'ouvrage et la page.

Nom : BOULAICHE **Prénom :** Bouchra **Signature :.....**

Nom : BOUCEBIA **Prénom :** Amale **Signature :.....**

Résumé

Ce mémoire, inscrit dans le champ des sciences du langage, porte sur la conception et la réalisation d'un prototype d'intelligence artificielle pour la correction phonétique de la parole chez des enfants présentant des troubles langagiers (troubles d'articulation, retard de parole, dysphasie). L'objectif est de développer une application mobile capable d'analyser les productions orales altérées et de proposer une correction en temps réel, afin de favoriser l'inclusion scolaire et sociale.

Une méthodologie interdisciplinaire a été adoptée, articulant clinique orthophonique et modélisation informatique. Un corpus de parole pathologique a été constitué à partir d'enregistrements. Les productions ont été transcrites, annotées et structurées en paires (erreur/cible). Une enquête auprès des acteurs concernés (orthophonistes, psychologues, pédiatres, enseignants, parents, informaticiens) a permis de valider la pertinence du projet.

Le prototype, désormais achevé, sera présenté et testé lors de la soutenance. Ce travail montre l'intérêt d'une approche hybride associant linguistique clinique et intelligence artificielle pour répondre aux besoins des personnes souffrant de troubles du langage.

Mots-clés : sciences du langage, linguistique clinique, intelligence artificielle, troubles du langage, prototype.

Liste des figures

Figure 1: Collecte des données sur les enfants atypiques et typologie des troubles étudiés... 44

Figure 1: Répartition des avis des acteurs sur l'application intelligente..... 50

Table des matières

Dédicace

Dédicace

Remerciements

Déclaration

Résumé

Liste des figures

Table des matières

Introduction générale 1

Chapitre I : Approche linguistique et clinique du langage, de la parole et des troubles langagiers

Introduction partielle 10

1. Le langage, la parole et la communication : concepts fondamentaux 12

2. Le fonctionnement du langage dans son état typique 14

2.1. Les étapes d'acquisition et de développement du langage et de la parole chez l'enfant typique 15

2.1.1. Langage réceptif (compréhension) 17

2.1.2. Langage expressif (expression) 19

3. Le dysfonctionnement linguistique du langage et de la parole 21

3.1. Définitions et classification des troubles du langage et de la parole 23

3.1.1. Le trouble d'articulation 24

3.1.2. Le retard de parole 24

3.1.3. Retard de langage 24

3.1.4. Le bégaiement 25

3.1.5. Trouble développemental du langage (TDL / dysphasie) 25

3.1.6. Dyslexie et troubles du langage écrit 26

3.1.7. Aphasie et troubles acquis du langage 26

3.1.8. Troubles liés à la déficience auditive 28

4. La dimension clinique des troubles du langage 28

4.1. Rôle de l'orthophoniste clinicien 29

4.2. Contribution du psychologue dans l'évaluation clinique 29

4.3. Entretien clinique avec les parents 30

4.4. Outils et méthodes d'évaluation orthophonique 30

4.5. Collaboration interdisciplinaire dans le diagnostic 31

Conclusion partielle du chapitre 1 32

Chapitre II : Approche expérimentale et développement d'un prototype intelligent 35

Introduction partielle

Introduction partielle 36

1. Lien entre la dimension clinique et la solution informatique 36

1.1. Importance des données orthophoniques 37

1.2. Rôle du diagnostic dans la conception du système 37

2. Collaboration avec les orthophonistes 37

2.1. Rôle des orthophonistes dans le projet 38

2.2. Entretien avec l'orthophoniste : vision clinique et perspectives de l'intelligence artificielle 38

2.2.1. Présentation de l'entretien et du profil professionnel 38

2.2.2. Vision clinique de l'orthophoniste sur les troubles du langage 39

2.2.3. Perception de l'orthophoniste sur l'intelligence artificielle et l'application de TAL 40

3. Collecte des données et constitution du corpus phonétique 42

3.1. Observation des séances thérapeutiques 42

3.2. Identification des troubles ciblés 42

3.3. Collecte des données vocales 43

3.3.1. Objectif de la collecte 43

3.3.2. Population ciblée 43

3.3.3. Outils utilisés pour l'enregistrement 45

3.4. Transcription phonétique des productions 46

3.5. Annotation des erreurs phonétiques 47

3.6. Création des paires 47

4. Enquête par questionnaire auprès des acteurs (orthophonistes, pédiatres, informaticiens, enseignants, parents) 48

4.1. Objectifs et méthodologie 48

4.2. Profil des répondants 49

4.3. Présentation des résultats 49

4.4. Analyse globale des résultats 50

4.5. Conclusion de l'enquête 51

5. Traitement automatique de la parole pathologique et conception du prototype 51

5.1. Prétraitement des données 51

5.1.1. Nettoyage audio 51

5.1.2. Normalisation des données 52

5.1.3. Segmentation des fichiers audio 52

5.2. Étude des algorithmes et des technologies utilisées 53

5.3. Intelligence artificielle et traitement vocal 53

5.4. Principe général du système intelligent 54

5.5. Conception et architecture de l'application 55

5.6. Réalisation et expérimentation 55

5.7. Limites du système : 56

Conclusion partielle du chapitre 2 56

Conclusion générale 61

Bibliographie 65

Annexes 69

Annexe 1 : Corpus des paires phonétiques (production erronée → forme cible)

Annexe 2 : Questionnaires de l'enquête

Annexe 3 : Document de référence de l'orthophoniste - repères développementaux du langage

Annexe 4 : Déclaration originale de l'orthophoniste – consentement

Annexe 5 : Corpus audio

Annexe 6 :

شهادة توطين / تحضين" مشروع مبتكر ضمن القرار
008المعدل والمتمم للقرار 1275"

Annexe 7:

شهادات المشاركة في الورشات والدورات التكوينية (بموجب القرار 008 المعدل والمتمم بالقرار
1275) - من طرف حاضنة الأعمال جامعة ميلة

Abstract 114

الملخص 115

Introduction générale

Introduction générale

Depuis les premières formes de communication gestuelle jusqu'aux technologies numériques contemporaines, la communication constitue le fondement de toute interaction humaine. Elle permet aux individus d'échanger des informations, d'exprimer leurs émotions, de transmettre leurs connaissances et de construire des relations sociales. Dans un monde marqué par l'accélération des échanges et le développement des technologies de l'information, communiquer ne consiste plus uniquement à transmettre un message, mais également à favoriser la compréhension mutuelle, l'inclusion et la participation de chacun à la vie sociale.

Au cœur de ce processus se trouve le langage, considéré comme l'un des outils les plus complexes et les plus essentiels du développement humain. Dès les premiers mois de la vie, l'enfant acquiert progressivement les compétences nécessaires pour comprendre son environnement, organiser sa pensée et interagir avec autrui. L'apprentissage du langage représente ainsi une étape fondamentale dans la construction cognitive, sociale et affective de l'individu.

Les travaux de Lev Vygotski (1934) ont mis en évidence le rôle central du langage dans le développement cognitif de l'enfant. Selon cet auteur, le langage constitue l'outil psychologique principal permettant la construction de la pensée et l'acquisition des connaissances. Dans la même perspective, Jerome Bruner (1983) souligne que l'apprentissage s'effectue à travers les interactions langagières et les échanges sociaux qui permettent à l'enfant d'accéder progressivement au monde culturel qui l'entoure. Les recherches de Jean Piaget, de Noam Chomsky et de nombreux spécialistes de l'acquisition du langage ont également démontré que le développement linguistique résulte de l'interaction entre les capacités cognitives, la maturation neurologique et l'environnement social.

Le langage constitue par conséquent le principal vecteur des apprentissages scolaires. L'école représente avant tout un espace de communication où l'enfant apprend à écouter, à parler, à lire, à écrire et à construire ses connaissances à travers des interactions constantes avec ses enseignants et ses pairs. Toute difficulté affectant le développement du langage est donc susceptible d'avoir des répercussions importantes sur la réussite scolaire, l'intégration sociale et l'autonomie de l'apprenant.

Cependant, tous les enfants ne développent pas leurs compétences langagières de manière identique. Certains présentent des troubles du langage qui entravent leur capacité à produire ou à comprendre les messages verbaux. Ces troubles peuvent affecter différents niveaux de la communication, notamment l'articulation, la phonologie, le lexique, la morphosyntaxe ou encore les compétences pragmatiques. Ils se manifestent par des difficultés plus ou moins importantes dans l'expression et la compréhension du langage oral, compromettant parfois les apprentissages scolaires et les interactions sociales.

En Algérie, les questions liées à l'inclusion scolaire des enfants présentant des besoins éducatifs particuliers occupent une place de plus en plus importante dans les préoccupations des institutions éducatives et sanitaires. Les enseignants, les orthophonistes, les psychologues, les pédiatres ainsi que les familles œuvrent quotidiennement pour accompagner ces apprenants et favoriser leur intégration dans les différents contextes de la vie scolaire. Malgré ces efforts, les difficultés de communication demeurent souvent un obstacle majeur à leur participation active aux activités pédagogiques et à leur insertion sociale.

Face à cette réalité, les avancées récentes dans le domaine de l'intelligence artificielle, du traitement automatique de la parole et du traitement automatique du langage naturel ouvrent de nouvelles perspectives d'assistance et d'accompagnement. Les systèmes de reconnaissance automatique de la parole connaissent aujourd'hui des performances remarquables lorsqu'ils sont appliqués à des locuteurs typiques. Toutefois, ces technologies restent encore peu adaptées

aux productions orales atypiques caractérisant de nombreux enfants présentant des troubles du langage. Les erreurs articulatoires, les substitutions phonétiques, les omissions de sons ou encore certaines simplifications phonologiques rendent souvent ces productions difficiles à interpréter par les systèmes conventionnels de reconnaissance vocale.

C'est dans cette perspective que s'inscrit notre recherche intitulée :

« Conception d'un modèle d'intelligence artificielle pour la reconnaissance et l'interprétation de la parole atypique chez les apprenants présentant des troubles du langage ».

Ce travail trouve son origine dans une double motivation, personnelle et scientifique. D'une part, l'observation directe des difficultés rencontrées par un enfant présentant un trouble langagier sévère a permis de prendre conscience des obstacles quotidiens liés à la communication, aux apprentissages scolaires et aux interactions sociales. Les efforts permanents déployés par l'enfant, sa famille et les professionnels pour comprendre et se faire comprendre ont suscité une réflexion profonde sur la nécessité de développer des outils adaptés à leurs besoins réels. D'autre part, cette expérience a nourri un intérêt scientifique pour l'étude des mécanismes linguistiques, phonétiques et cognitifs impliqués dans les troubles du langage ainsi que pour les possibilités offertes par les technologies de l'industrie du langage.

L'originalité de cette recherche réside dans son caractère interdisciplinaire. Elle se situe à la croisée de la linguistique clinique, de la phonétique, de l'orthophonie et de l'intelligence artificielle. Elle repose sur l'idée que les connaissances produites par le clinicien peuvent constituer une base scientifique essentielle à la conception de systèmes informatiques capables de traiter des productions orales atypiques. Ainsi, l'analyse linguistique et clinique de la parole devient un préalable indispensable à toute tentative de modélisation informatique.

Le point de départ de notre réflexion repose sur un constat simple : les systèmes actuels de reconnaissance automatique de la parole sont principalement conçus à partir de corpus vocaux standards et rencontrent souvent des difficultés lorsqu'ils doivent traiter des productions présentant des altérations phonétiques importantes. Pourtant, les observations cliniques montrent que ces productions atypiques ne relèvent pas du hasard. Elles présentent fréquemment des régularités phonologiques relativement stables qui peuvent être décrites, classifiées et modélisées.

Dès lors, la problématique centrale de cette recherche peut être formulée comme suit :

Comment l'analyse clinique des déviations phonétiques observées chez les enfants présentant des troubles du langage peut-elle être modélisée afin de concevoir un système d'intelligence artificielle capable de reconnaître et d'interpréter leur parole dans un objectif d'inclusion scolaire et sociale ?

Cette interrogation principale conduit à soulever plusieurs questions complémentaires :

- Comment se déroule le développement normal du langage et de la parole chez l'enfant typique ?
- Quels sont les principaux troubles du langage observés chez l'enfant au développement atypique ?
- Comment l'analyse clinique permet-elle d'identifier et de formaliser les déviations phonétiques présentes dans les productions orales atypiques ?
- Comment ces régularités linguistiques peuvent-elles être transformées en données exploitables par un système informatique ?
- Comment l'intégration des connaissances cliniques et linguistiques peut-elle améliorer les performances d'un modèle de reconnaissance automatique de la parole destiné aux apprenants présentant des troubles du langage ?

Afin d'apporter des éléments de réponse à ces interrogations, nous formulons les hypothèses suivantes :

Hypothèse 1 : Le développement du langage chez l'enfant typique suit une progression relativement prévisible fondée sur l'interaction entre maturation neurologique, développement cognitif et environnement social. La connaissance de cette trajectoire constitue un référentiel indispensable pour identifier les écarts observés chez les enfants présentant des troubles du langage.

Hypothèse 2 : Les productions orales atypiques observées chez les enfants présentant des troubles du langage présentent des régularités phonologiques stables qui peuvent être décrites et classées selon des critères linguistiques et cliniques précis.

Hypothèse 3 : L'analyse des troubles du langage nécessite une approche multidimensionnelle prenant en compte les caractéristiques linguistiques des productions orales, les facteurs cliniques associés et leurs répercussions sur les apprentissages scolaires ainsi que sur les interactions sociales.

Hypothèse 4 : La transcription phonétique fine à l'aide de l'Alphabet Phonétique International (API), associée à l'analyse clinique des productions verbales, permet d'identifier des schémas récurrents susceptibles d'être formalisés sous forme de règles phonologiques prédictibles.

Hypothèse 5 : L'intégration de ces connaissances linguistiques et cliniques dans un modèle d'intelligence artificielle améliore la capacité du système à reconnaître et à interpréter une parole atypique, ouvrant ainsi la voie à la conception d'un outil d'aide à la communication et à l'inclusion scolaire.

Afin de vérifier ces hypothèses, nous avons mené une étude de terrain au sein de l'établissement **Établissement El Djebel El Akhdar**, ainsi qu'auprès de plusieurs cabinets spécialisés en orthophonie, en psychologie et en pédiatrie. La population étudiée est constituée

d'enfants préalablement diagnostiqués comme présentant des troubles du langage et bénéficiant d'un accompagnement spécialisé.

Conformément aux principes éthiques de la recherche scientifique, aucun enregistrement n'a été effectué sans le consentement éclairé préalable des parents ou des représentants légaux. L'ensemble des données recueillies a été anonymisé et traité dans le strict respect des règles de confidentialité et du droit de retrait des participants.

Le corpus de recherche comprend vingt-trois enregistrements audio réalisés auprès d'enfants engagés dans un processus de prise en charge thérapeutique. Les productions verbales ont été recueillies à travers trois types d'activités complémentaires : des tâches de dénomination de phonèmes, des exercices de répétition de mots et de logatomes ainsi que des situations de parole spontanée observées dans le contexte scolaire. Les enregistrements ont été réalisés à l'aide d'un matériel numérique haute fidélité afin de garantir une qualité acoustique compatible avec les analyses phonétiques et informatiques envisagées.

Parallèlement, une enquête par questionnaires directifs et semi-directifs a été menée auprès de l'ensemble des acteurs impliqués dans l'accompagnement de ces apprenants, notamment les orthophonistes, les psychologues, les enseignants, les pédiatres, les spécialistes en informatique ainsi que les parents d'enfants présentant des troubles du langage. Cette démarche vise à identifier les difficultés communicationnelles rencontrées au quotidien, les stratégies de compensation mises en œuvre, les besoins observés sur le terrain ainsi que les attentes relatives à la conception d'un futur outil technologique d'aide à la communication.

Les données recueillies font ensuite l'objet d'un double traitement. Sur le plan linguistique, les productions orales sont transcrites de manière fine à l'aide de l'Alphabet Phonétique International afin d'identifier les différentes déviations phonétiques et phonologiques observées. Une analyse contrastive permet alors de mettre en évidence les

régularités présentes dans les productions atypiques. Sur le plan informatique, ces régularités sont formalisées sous forme de structures de données et de règles algorithmiques destinées à enrichir les modèles de reconnaissance automatique de la parole et à améliorer leur capacité à traiter des productions vocales non conventionnelles.

L'objectif final de cette recherche consiste à proposer les fondements théoriques, méthodologiques et technologiques d'un prototype capable d'analyser, de reconnaître et d'interpréter automatiquement les productions orales atypiques des enfants présentant des troubles du langage. Un tel dispositif pourrait constituer un outil d'aide à la communication, un support pédagogique pour les enseignants et un levier supplémentaire en faveur de l'inclusion scolaire.

Afin de répondre à notre problématique et de vérifier les hypothèses formulées, ce mémoire est structuré autour de deux chapitres complémentaires qui traduisent la progression logique de notre démarche de recherche, allant des fondements théoriques à la modélisation technologique.

Le premier chapitre, intitulé **« Fondements théoriques du langage, de la parole et des troubles langagiers »**, est consacré à l'étude du fonctionnement normal du langage et de la parole chez l'enfant typique. Il présente les principales étapes de l'acquisition et du développement langagier avant d'aborder les différentes formes de troubles du langage observées chez l'enfant au développement atypique. Ce chapitre constitue le cadre conceptuel indispensable à la compréhension des mécanismes linguistiques et communicationnels qui sous-tendent notre étude.

Le deuxième chapitre, intitulé **« Analyse clinique de la parole atypique et modélisation informatique du prototype »**, expose la démarche méthodologique adoptée dans le cadre de notre expérimentation. Il présente la population étudiée, les conditions de

constitution du corpus, les outils de collecte des données ainsi que les procédures d'analyse linguistique et clinique. Ce chapitre développe ensuite la formalisation des régularités phonétiques observées dans les productions orales atypiques et leur intégration dans une démarche de modélisation informatique. Enfin, il décrit l'architecture du prototype envisagé, son mode de fonctionnement, ainsi que les perspectives de développement et de contribution à l'inclusion scolaire des apprenants présentant des troubles du langage.

Ainsi, cette recherche ambitionne de démontrer que l'articulation entre les sciences du langage, la linguistique clinique et l'intelligence artificielle peut favoriser l'émergence de solutions innovantes destinées à améliorer la communication des enfants présentant des troubles du langage. En proposant une approche fondée sur la formalisation scientifique des déviations phonétiques et leur exploitation par des systèmes intelligents, ce travail entend contribuer à la fois à l'avancement des connaissances dans le domaine des sciences du langage et au développement d'outils concrets au service de l'inclusion scolaire et sociale.

.

Chapitre I :

Approche linguistique et clinique du langage, de la parole et des troubles langagiers

Introduction partielle

La compréhension scientifique des troubles du langage nécessite, avant toute démarche diagnostique ou thérapeutique, une connaissance approfondie du fonctionnement normal du langage. Comme le souligne David Crystal dans son ouvrage de référence Clinical Linguistics : « l'analyse scientifique des pathologies de la parole exige une description linguistique préalable des compétences normales ; sans cette référence, l'évaluation du déficit demeure intuitive et dépourvue de validité méthodologique » (Crystal, 1981, p. 12).

Cette exigence épistémologique fonde l'ensemble des recherches en linguistique clinique. En effet, identifier un écart pathologique suppose de disposer d'une norme développementale clairement établie. Or, cette norme ne peut être simplement intuitive : elle doit reposer sur des données observationnelles systématiques recueillies auprès de populations d'enfants au développement typique. C'est pourquoi nous consacrons une large place, dans ce chapitre, à la description des grandes étapes de l'acquisition phonologique, lexicale et syntaxique chez l'enfant normal. Sans cette référence, toute évaluation des troubles resterait subjective et toute tentative de modélisation informatique serait dépourvue de base scientifique solide.

Le langage représente l'une des fonctions les plus élaborées de l'être humain. Il ne constitue pas uniquement un moyen de communication, mais également un outil de structuration de la pensée, de transmission des connaissances et d'intégration sociale. Son acquisition résulte d'une interaction complexe entre des facteurs biologiques, cognitifs, affectifs, sociaux et culturels. Dès les premiers mois de vie, l'enfant construit progressivement ses compétences langagières grâce à la maturation neurologique et aux interactions permanentes avec son environnement.

La période allant de la naissance à l'entrée à l'école primaire est la plus critique pour l'acquisition du langage. Pendant ces quelques années, l'enfant passe d'une communication essentiellement non verbale (pleurs, regards, gestes) à la maîtrise de phrases complexes et de récits structurés. Ce bond qualitatif n'a pas d'équivalent dans le reste du règne animal. Les travaux de psycholinguistique développementale ont montré que cette trajectoire, bien que variable dans le rythme d'un enfant à l'autre, suit un ordre universel d'apparition des compétences : la perception précoce des contrastes phonétiques précède le babillage, qui précède les premiers mots, puis les combinaisons de deux mots, l'explosion lexicale, la maîtrise des flexions grammaticales, et enfin la capacité à produire des récits cohérents. Comprendre cette hiérarchie développementale est crucial pour le clinicien, car un retard ou un trouble peut affecter une ou plusieurs de ces étapes.

Dans le cadre de notre recherche consacrée à la conception d'un modèle d'intelligence artificielle destiné à la correction phonétique et à la traduction de la parole atypique, l'étude théorique du langage constitue une étape incontournable. La compréhension des mécanismes normaux d'acquisition permet d'identifier les différentes formes de dysfonctionnement susceptibles d'altérer l'intelligibilité de la parole et de compromettre les apprentissages scolaires.

Ainsi, ce premier chapitre poursuit un double objectif. D'une part, il vise à présenter les fondements théoriques du langage ainsi que les principales étapes de son développement chez l'enfant typique. D'autre part, il cherche à analyser les manifestations des troubles langagiers et les méthodes d'évaluation utilisées en linguistique clinique et en orthophonie.

Pour atteindre ces objectifs, ce chapitre s'organise autour de quatre axes complémentaires. Nous présenterons d'abord les fondements théoriques du langage, en examinant les principales approches linguistiques, cognitives et neurobiologiques. Nous étudierons ensuite le fonctionnement normal du langage et de la parole chez l'enfant typique à

travers les différentes étapes de leur acquisition. Dans un troisième temps, nous analyserons le dysfonctionnement langagier chez l'enfant au développement atypique ainsi que les principales catégories de troubles observées en clinique. Enfin, nous exposerons les méthodes d'analyse clinique utilisées par les professionnels du langage afin d'objectiver les manifestations pathologiques et d'en permettre une description scientifique rigoureuse.

L'ensemble de ces éléments constituera le socle théorique indispensable à la compréhension du volet expérimental présenté dans le chapitre suivant, consacré à l'analyse clinique des données recueillies et à leur exploitation dans le cadre de la modélisation informatique d'un prototype d'aide à la communication.

1. Le langage, la parole et la communication : concepts fondamentaux

Le langage, la parole et la communication forment un triptyque indissociable mais conceptuellement distinct, dont la compréhension est essentielle à toute approche clinique et thérapeutique des troubles oraux.

Le langage est « la fonction qui permet d'exprimer et de percevoir des états affectifs, des concepts, des idées au moyen de signes » (Rondal, 2006, p. 26). Il s'agit d'un système structuré de signes, régi par des règles (phonologiques, morphosyntaxiques, sémantiques et pragmatiques), permettant à l'être humain d'organiser et de transmettre sa pensée. Il puise sa force dans la relation arbitraire entre le signifiant (l'image acoustique) et le signifié (le concept), selon la dichotomie fondatrice de Saussure (1964, pp. 98-101). Ce système abstrait ne se réduit pas à une simple nomenclature ; il constitue le socle du développement intellectuel et social de l'enfant.

La parole correspond à la réalisation concrète, orale, de ce système langagier. Lors de l'expression, elle se met en exergue à l'aide d'un processus complet qui mobilise l'appareil phonatoire, les membranes respiratoires, l'articulation, ainsi que les organes de réception tels

que l'ouïe et la vue. Mais l'essentiel ne s'arrête pas uniquement à cette phase périphérique : certaines régions du système nerveux central interviennent dans la manipulation de ces processus, notamment dans le codage et le décodage de la parole. Autrement dit, il y a une compilation de gestes et de faits qui met en relation des appareils physiologiques et des états psychologiques, ainsi qu'une contribution au déchiffrage entre valeur symbolique et valeur verbale. Les membranes et les appareils qui assistent la production de la parole ne suffisent pas sans la contribution des différentes régions neurologiques du cerveau responsables du langage.

Distinguer langage et parole est essentiel en clinique. Un enfant peut avoir des compétences langagières préservées (il connaît le mot et sa structure) mais une parole altérée (il n'arrive pas à prononcer correctement). Inversement, certains troubles (dysphasie, TDL) touchent directement le système linguistique central. Cette distinction guide le diagnostic orthophonique et le choix des rééducations. Par exemple, un enfant qui produit « tata » pour « papa » alors qu'il comprend la différence entre les deux mots relève d'un trouble articulatoire ou d'un retard de parole. Un enfant qui utilise indifféremment « papa » et « maman » pour désigner tous les adultes, sans comprendre la distinction de genre, relève d'un trouble plus central du traitement sémantique. La linguistique clinique a formalisé cette distinction opérationnelle dès les travaux fondateurs de Crystal (1981).

La communication, quant à elle, englobe l'ensemble des moyens verbaux et non verbaux utilisés dans les interactions humaines. Elle dépasse le cadre strict du langage et de la parole pour intégrer le regard, la posture, les gestes, les expressions faciales et la prosodie. Le développement normal du langage dépend de plusieurs facteurs neurologiques, cognitifs, affectifs et environnementaux, mais la communication mobilise également des compétences sociales précoces. Chez le jeune enfant, la capacité à établir une attention conjointe – regarder ce que l'adulte montre – est un prédicteur majeur du développement lexical ultérieur (Tomasello, 2003, p. 56). Les troubles du spectre autistique illustrent bien cette dissociation :

certains enfants peuvent produire des phrases syntaxiquement correctes mais peinent à utiliser le langage à des fins sociales (tour de rôle, adaptation au contexte). La linguistique clinique doit donc considérer la dimension pragmatique au même titre que les dimensions phonologique et syntaxique.

Notre propre recherche, bien que centrée sur la phonétique et la correction articulatoire, ne perd pas de vue que l'intelligibilité améliorée doit servir in fine une meilleure interaction sociale. Un enfant qui parvient à être compris produit davantage d'énoncés et reçoit plus de feedback de la part de ses interlocuteurs, ce qui améliore l'ensemble de ses compétences langagières et communicatives. Toute perturbation dans ces mécanismes (qu'elle soit d'ordre phonétique, syntaxique, sémantique ou pragmatique) peut provoquer un dysfonctionnement linguistique affectant la qualité des échanges. Ainsi, en clinique comme dans la modélisation informatique, distinguer clairement les niveaux langagier, articulatoire et communicationnel permet de cibler précisément l'intervention et d'éviter les confusions diagnostiques.

2. Le fonctionnement du langage dans son état typique

Pour apprendre et évoluer normalement, l'enfant doit avoir dès la naissance des structures neuromatrices sensorielles et mentales normales, et il est important qu'il puisse les garder tout au long de son développement. Il existe des altérations transitoires chez l'enfant au cours de son développement langagier. Les troubles de l'évolution du langage peuvent être provoqués par de simples retards de la parole et du langage ou par des retards d'acquisition de la lecture. Ces troubles peuvent toucher le langage oral (dysphasie) ou le langage écrit (dyslexie, dysorthographie). Les troubles et retards de la parole liés à l'activité de lecture sont des questions importantes concernant le développement des jeunes enfants ; l'impact à long terme de ces troubles augmente l'importance des programmes destinés à soutenir l'acquisition du langage. Les enfants qui souffrent de ces troubles ont souvent des problèmes sociaux et comportementaux ainsi que des échecs scolaires, y compris des difficultés en alphabétisation.

C'est pourquoi nous mettons l'accent sur la nécessité d'aider ces personnes afin qu'elles puissent évoluer le plus normalement possible au sein de l'école et de la société.

L'expression « état typique » désigne le développement observé chez la majorité des enfants ne présentant aucune pathologie neurologique, sensorielle ou psychiatrique connue. Bien sûr, il existe des variations individuelles normales : certains enfants produisent leurs premiers mots à 10 mois, d'autres à 16 mois sans que cela soit pathologique. Toutefois, des décalages trop importants, associés à d'autres signes (absence de babillage, difficulté à pointer du doigt, absence de réponse à son prénom), doivent alerter les parents et les professionnels. Ce sont ces repères temporels qui permettent d'établir des seuils de dépistage. La notion d'« état typique » n'est pas normative au sens moral, mais statistique et clinique : elle désigne ce que l'on observe chez 85-90 % des enfants d'un âge donné. Les 10-15 % restants peuvent présenter soit une variation normale (lente mais sans pathologie), soit un trouble réel. Le rôle du clinicien est de distinguer les deux.

2.1. Les étapes d'acquisition et de développement du langage et de la parole chez l'enfant typique

L'acquisition du langage chez l'enfant évolue avec l'âge et passe par des étapes qui permettent ultérieurement une production du langage oral. Selon Bernicot et Marcos (1992, p. 45), l'enfant s'imprègne d'abord du stade pré-linguistique : il passe d'une communication corporelle à une communication vocale, puis à un début de compréhension verbale. Dans cette dernière phase, l'enfant débute l'appropriation des sons de sa langue maternelle, ce que Bruner (1983, p. 67 ; 1991, p. 32) désigne par l'entrée dans les mécanismes de base de la communication. C'est une étape primordiale puisque l'enfant va adapter ses messages non verbaux à l'interlocuteur. En d'autres termes, l'enfant n'a pas de capacité d'adaptation innée mais possède des dispositions qui le relient activement à son environnement, ces dispositions étant d'ordre visuel et sonore.

« Le bébé dès sa naissance a la particularité de détenir des mécanismes perceptifs et réceptifs qui lui permettent de distinguer les sons de la parole » (Mehler, 1978, p. 112), d'où son attachement à la voix maternelle, différenciée des autres voix humaines. L'activité orale, selon Bowlby (1969, p. 89), est en perpétuelle évolution : elle passe des cris et pleurs au babillage, puis à la manifestation d'un mot, de deux mots, de trois mots et finalement à la phrase. L'enfant contrôle alors davantage son articulation et son appareil phonatoire. Le langage de l'enfant se développe avec l'âge, ce qui le conduit parallèlement à un développement cognitif : sa compréhension, son processus de pensée, les concepts qu'il a en tête et ses connaissances se développent également.

Le développement du langage est un processus complexe qui suit une chronologie prédictible. Il comprend plusieurs dimensions essentielles : le développement phonologique (sons), lexical (vocabulaire), morphosyntaxique (structure des phrases) et pragmatique (usage du langage en contexte) (Bernicot & Bert-Erboul, 2009, p. 23). Ces composantes évoluent de manière interdépendante et contribuent à la maîtrise progressive du langage.

Avant d'entrer dans le détail des échelles de compréhension et d'expression, il convient de rappeler un principe général : la compréhension précède toujours l'expression. Un enfant peut comprendre une consigne bien avant de pouvoir la formuler lui-même. Cette asymétrie se maintient tout au long de la vie. En clinique, il est donc crucial d'évaluer séparément les versants réceptif et expressif, car ils peuvent être inégalement touchés. Par exemple, un enfant dysphasique peut avoir une compréhension quasi normale mais une production très pauvre, tandis qu'un autre peut avoir des difficultés en compréhension malgré une parole fluide.

Phases générales :

Nous nous sommes appuyées sur un document de l'orthophoniste avec laquelle nous avons travaillé (voir Annexe 3) pour établir les phases générales suivantes :

· Phase pré-linguistique (0-12 mois) : communication gestuelle, babillage, mise en place des bases de l'interaction (attention conjointe).

· Phase linguistique initiale (12-24 mois) : apparition des premiers mots et expansion du lexique.

· Développement de la syntaxe (2-5 ans) : construction de phrases de plus en plus complexes, maîtrise des règles grammaticales.

· Compétences métalinguistiques (à partir de 5-6 ans).

2.1.1. Langage réceptif (compréhension)

Ce que l'enfant comprend et comment il réagit aux sons et à son environnement (d'après les échelles développementales classiques) :

· De la naissance à 2 mois : L'enfant s'apaise aux sons de la voix de la personne qui lui parle, écoute attentivement ses parents, réagit au bruit et à l'environnement, regarde fixement son interlocuteur.

· De 3 à 5 mois : Il tourne la tête pour localiser l'origine d'un son, cherche du regard la personne qui s'exprime, commence à distinguer deux sens différents, explore les objets en les portant à sa bouche.

· De 6 à 8 mois : Il secoue ses jouets, s'arrête de jouer lorsqu'on l'appelle par son prénom, anticipe ce qui va se passer pendant une interaction, cherche des yeux la source d'un son qu'il ne voit pas.

· De 9 à 11 mois : Il regarde l'objet ou la personne dont on prononce le nom, comprend les gestes d'invitation (tendre les mains en disant « viens »), obéit à l'ordre « non », comprend les mots sociaux simples (ex. « bye bye »).

· De 1 an à 18 mois : Il s'intéresse à plusieurs jouets simultanément, répond aux consignes simples par des gestes, comprend à quoi servent les objets du quotidien, sait identifier un objet familier parmi une sélection.

· De 18 à 23 mois : Il peut désigner les parties de son corps (ou sur une poupée), comprend les mots d'arrêt (« stop », « c'est fini »), reconnaît les objets en photos, comprend les verbes d'action dans les phrases simples.

· De 2 ans à 2 ans et demi : Il reconnaît et identifie les différents vêtements, comprend des mots indiquant le lieu (haut, bas, dedans, dehors), identifie des objets à partir d'images, comprend des pronoms et des suites simples.

· De 2 ans et demi à 3 ans : Il comprend l'utilisation des objets, la relation partie-tout, les mots descriptifs simples (grand, petit), exécute une consigne en deux étapes sans geste.

· De 3 ans à 3 ans et demi : Il comprend les mots indiquant la quantité (un, beaucoup, tous), les pronoms (il, elle, leur), distingue l'affirmation et la négation dans une phrase.

· De 3 ans et demi à 4 ans : Il a la capacité de reconnaître les couleurs, de faire des inférences (déduction), de comprendre la classification, les images correspondantes ainsi que les comparatifs (plus que).

· De 4 ans à 4 ans et demi : Il comprend les phrases, les adjectifs (long/court), les formes, les notions spatiales (dessous, derrière, à côté).

· De 4 ans et demi à 5 ans : Il arrive à reconnaître les professions, comprendre le temps (jour et nuit), les phrases longues et composées (nom + deux adjectifs), désigner les objets à partir de leur description.

· De 5 ans à 5 ans et demi : Il identifie l'intrus dans un groupe (ce qui n'appartient pas à la catégorie), comprend des phrases contenant des nombres jusqu'à 3 ou 5, reconnaît un objet selon sa fonction et des phrases passives.

· De 5 ans et demi à 6 ans : Il ordonne une histoire (du plus grand au plus petit, chronologie), comprend les quantités (moitié, tout), les mots indiquant le temps (avant, après).

· De 6 ans à 6 ans et demi : Il reconnaît le premier son d'un mot, comprend un mot indiquant la localisation précise, distingue les sons proches (discrimination auditive).

· De 6 ans et demi à 7 ans : Il effectue des opérations simples (addition/soustraction jusqu'à 5), comprend les mots liés aux saisons, détecte les erreurs grammaticales dans une phrase.

Les jalons décrits ci-dessus (reconnaissance des sons à 2 mois, compréhension de mots simples à 9 mois, exécution de consignes en deux étapes à 3 ans) sont extraits des grandes échelles de développement (Brunet-Lézine, Denver, EDEI-R). Ils ne doivent pas être interprétés de façon rigide, mais ils fournissent des repères utiles pour le clinicien. Un enfant qui, à 2 ans, ne comprend aucune consigne verbale et ne réagit pas à son prénom doit être examiné attentivement. De même, un enfant de 4 ans qui ne comprend pas une consigne simple comme « pose la poupée sur la chaise » peut présenter un trouble réceptif. Ces échelles permettent également d'objectiver les progrès lors de la rééducation.

2.1.2. Langage expressif (expression)

Ce que l'enfant produit en termes de sons, de gestes et de mots (d'après les échelles développementales classiques) :

· De la naissance à 2 mois : Il tète sans s'étouffer, produit des sons doux (gazouillis), répond par un sourire social lorsqu'on lui parle.

· De 3 à 5 mois : Il varie ses pleurs selon ses besoins (ton long, court, aigu ou grave), exprime par des sons sa joie ou son mécontentement, s'agite avec plaisir en vocalisant quand on s'occupe de lui.

· De 6 à 8 mois : Il utilise des gestes ou des sons pour protester, commence à prononcer des voyelles (comme /a/ ou /o/), produit des consonnes distinctes (comme /b/ ou /d/), commence à combiner des sons pour former une syllabe.

· De 9 à 11 mois : Il tente activement d'attirer l'attention, participe à des jeux d'échange simples avec ses parents, communique principalement par une gestuelle riche.

· De 1 an à 18 mois : Il produit des sons articulés accompagnés de mouvements des bras et des jambes, reste engagé dans un jeu pendant 2 minutes, enchaîne deux syllabes, commence à dire son premier « vrai » mot, cherche à initier le jeu, produit des sons de consonnes variées.

· De 18 à 23 mois : Il produit des successions de syllabes variées (« jargon »), imite le rythme de la parole adulte, commence à imiter des mots simples, utilise des gestes et des mots pour réclamer à manger ou un jouet, possède un vocabulaire d'environ 5 à 10 mots.

· De 2 ans à 2 ans et demi : Il nomme les objets qu'il voit sur les images ou photos, utilise des mots et des phrases simples pour s'exprimer, utilise un langage pour communiquer, emploie des pronoms, pose des questions, produit des phrases de 3 à 4 mots, nomme des objets familiers.

· De 3 ans à 3 ans et demi : Il produit des phrases de 4 à 5 mots, nomme plusieurs objets dans une image, s'exprime clairement, comprend et utilise les quantités (plus/moins), utilise les pronoms possessifs, parle du passé.

· De 3 ans et demi à 4 ans : Il nomme les objets, répond logiquement aux questions, dit le contraire d'un mot, répond à des questions imaginaires.

· De 4 ans à 4 ans et demi : Il répond aux questions sur le lieu (où), complète des analogies, nomme les objets et décrit leur usage, exprime la fonction des objets.

· De 4 ans et demi à 5 ans : Il répond aux questions « pourquoi ? » avec explication, classe des groupes, décrit avec des adjectifs (long/court), répète des phrases correctement, parle du futur, utilise les noms d'agent (boulanger, enseignant, etc.).

· De 5 ans à 5 ans et demi : Il répond correctement aux questions, comprend ce qu'on lui dit, décrit des objets, nomme les éléments d'une même catégorie.

· De 5 ans et demi à 6 ans : Il utilise des adjectifs après le nom, compte correctement, nomme les nombres, corrige le sens d'une phrase (autocorrection).

· De 6 ans à 6 ans et demi : Il utilise les noms avec précision (singulier/pluriel), corrige ses erreurs grammaticales, utilise des mots exprimant la quantité (beaucoup, peu) et la comparaison (plus grand, meilleur).

· De 6 ans à 7 ans : Il exprime le temps (avant, après), raconte une histoire complète (début, milieu, fin), utilise correctement le pluriel irrégulier.

· De 7 ans à 7 ans et demi : Il produit des mots avec le même rythme sonore (rimes), utilise correctement les notions spatiales complexes (au milieu, autour), les pronoms relatifs et démonstratifs.

L'explosion lexicale (environ 18-24 mois) constitue un tournant : le vocabulaire passe de quelques dizaines de mots à plusieurs centaines en quelques mois. Les premières combinaisons de deux mots (« papa parti », « veux lait ») apparaissent ensuite, signant l'entrée dans la syntaxe. Ces étapes sont universelles, mais le rythme est influencé par l'environnement linguistique (quantité et qualité des interactions). Un enfant exposé à un riche bain linguistique (lectures d'histoires, conversations, jeux de mots) aura généralement un lexique plus étendu qu'un enfant moins stimulé, sans que cela soit pathologique. Toutefois, des différences trop marquées (un enfant de 3 ans qui ne produit aucune phrase de deux mots) doivent amener à consulter.

3. Le dysfonctionnement linguistique du langage et de la parole

La communication humaine repose sur un équilibre complexe entre les facultés cognitives, linguistiques et motrices. Dans le champ de la linguistique clinique, une distinction

fondamentale est établie entre les troubles de la parole (qui affectent l'exécution matérielle et sonore du message) et les troubles du langage (qui touchent la structure même du système symbolique : lexique, syntaxe, morphologie). Comme le soulignent Chevrie-Muller et Narbona (2007, p. 15) : « ces pathologies ne sont pas de simples variantes du développement normal, mais des dysfonctionnements qui nécessitent une analyse précise pour être différenciés ».

La distinction entre trouble et retard est fondamentale. Un retard simple correspond à un décalage temporel dans l'acquisition, mais l'enfant finit par rattraper son retard avec ou sans aide légère (exemple : les « retards de parole » qui se résorbent vers 5-6 ans). En revanche, un trouble (dysphasie, dyslexie, etc.) persiste malgré une stimulation adéquate et requiert une prise en charge spécialisée intensive. Cette distinction est parfois difficile à établir avant l'âge de 4-5 ans, car certains enfants très immatures peuvent sembler « en retard » puis rattrapent spontanément. C'est pourquoi les orthophonistes pratiquent des évaluations longitudinales sur plusieurs mois avant de conclure à un trouble structurel.

Pour apprendre et évoluer normalement, l'enfant doit avoir dès la naissance des structures neuromatrices sensorielles et mentales normales. Il existe des altérations transitoires chez l'enfant au cours de son développement langagier. Les troubles de l'évolution du langage peuvent être provoqués par de simples retards de la parole et du langage ou par des retards d'acquisition de la lecture. Ces troubles peuvent toucher le langage oral (dysphasie) ou le langage écrit (dyslexie, dysorthographie). Les enfants qui souffrent de ces troubles ont souvent des problèmes sociaux et comportementaux ainsi que des échecs scolaires.

Afin de réussir la conception du prototype pour la correction phonétique de la parole et du langage, nous allons procéder à une observation et à une classification des troubles du langage et de la parole nécessaires à l'adaptation et à la spécificité de chaque pathologie, qu'elle soit structurelle ou motrice.

Dans le cadre de notre projet, nous nous concentrons principalement sur les troubles affectant l'intelligibilité : troubles articulatoires, retards de parole, dysphasies phonologiques-syntaxiques. Le bégaiement, bien qu'important, ne relève pas directement de la correction phonétique au sens où nous l'entendons, car les erreurs ne sont pas des substitutions stables mais des ruptures de fluence. Notre modèle d'IA vise à reconnaître des productions erronées mais stables (exemple : /p/ pour /t/). De même, l'aphasie acquise chez l'enfant est rare et ne sera pas traitée en détail, même si certaines méthodes pourraient être adaptées.

3.1. Définitions et classification des troubles du langage et de la parole

Face à la diversité des manifestations pathologiques affectant la parole et le langage, une classification rigoureuse s'impose comme une étape préalable à toute analyse clinique et à toute modélisation informatique. En effet, les troubles ne partagent pas tous les mêmes mécanismes sous-jacents : certains relèvent d'un déficit moteur périphérique (troubles articulatoires), d'autres d'un dysfonctionnement dans l'organisation phonologique (retard de parole), d'autres encore d'une altération structurelle du système linguistique (dysphasie) ou d'une atteinte neurologique acquise (aphasie). La linguistique clinique a élaboré des grilles d'observation et de classification qui permettent de distinguer ces entités sur la base de critères précis : nature des erreurs (substitutions, omissions, distorsions, insertions), stabilité des processus, impact sur l'intelligibilité, âge d'apparition et évolution dans le temps. Cette classification n'est pas seulement utile au diagnostic ; elle oriente également les stratégies de remédiation et, dans le cadre de notre recherche, elle conditionne la conception du système informatique. Un trouble articulatoire, caractérisé par des erreurs stables et prévisibles, pourra être modélisé par des règles de transduction simples. Un retard de parole, où les erreurs dépendent du contexte phonétique et de la complexité syllabique, nécessitera un modèle plus sophistiqué intégrant des probabilités contextuelles. Enfin, une dysphasie, avec ses atteintes multiples (phonologiques, syntaxiques, sémantiques), exigera une approche multimodale. Les

sections qui suivent décrivent les principaux troubles rencontrés en clinique, en insistant sur leurs manifestations caractéristiques et sur leurs implications pour notre projet.

3.1.1. Le trouble d'articulation

Il s'agit d'une difficulté motrice spécifique à la réalisation d'un ou plusieurs phonèmes. Contrairement à la dysphasie, il s'agit d'une erreur de production mécanique et non d'une atteinte de la structure de la langue. Chevrie-Muller et Narbona (2007, p. 58) définissent le trouble d'articulation comme « une erreur permanente et systématique du mouvement requis pour la réalisation d'un phonème, résultant d'une incapacité motrice ou d'un défaut de positionnement des organes phonateurs ».

Les erreurs peuvent être de plusieurs types : omission (« ateau » pour « chapeau »), substitution (« capeau » pour « chapeau »), ou distorsion (son approximatif, non répertorié dans la langue). Le diagnostic repose sur un examen de l'appareil phonatoire et des praxies. Par exemple, un enfant qui ne parvient pas à sortir la langue pour produire le /l/ peut présenter un frein de langue trop court. Dans d'autres cas, il s'agit simplement d'une immaturité motrice qui se résorbera avec le temps. Les troubles articulatoires isolés n'affectent généralement pas la compréhension ni la syntaxe.

3.1.2. Le retard de parole

Il se distingue du trouble d'articulation par son origine : il ne s'agit pas d'une difficulté mécanique à produire un son isolé, mais d'une difficulté à organiser et à combiner les sons pour former des mots. L'enfant possède les sons, mais il les simplifie ou les inverse. Ingram (1989, p. 102) note que « le retard de parole se caractérise par la persistance, au-delà de l'âge normal d'acquisition, de simplifications phonologiques et de modifications de la structure des mots qui nuisent à l'intelligibilité du message ».

3.1.3. Retard de langage

Les processus de simplification (ex. « nono » pour « bonbon », « té » pour « café ») sont normaux jusqu'à environ 4 ans. Leur persistance au-delà de 5 ans, surtout s'ils réduisent l'intelligibilité, justifie une intervention. Le retard de parole peut être associé à un retard de langage plus général ou rester isolé. Dans notre corpus, nous avons rencontré plusieurs enfants dont le vocabulaire était riche et la syntaxe correcte, mais dont la parole était difficile à comprendre en raison de simplifications syllabiques (ex. « pa » pour « papa », « tapo » pour « chapeau »).

3.1.4. Le bégaiement

C'est un trouble de la fluence et du rythme de la parole, caractérisé par des ruptures involontaires dans le flux verbal. Montrais-Pfauwadel (2003, p. 33) souligne : « Le bégaiement n'est pas un trouble de la parole, mais un trouble de la communication qui affecte la coordination motrice nécessaire à l'expression fluide de la pensée. »

Le bégaiement développemental débute souvent entre 2 et 4 ans et peut disparaître spontanément chez 80 % des enfants. Dans les cas persistants, il peut évoluer vers des comportements d'évitement et de la honte. Les avancées en imagerie cérébrale montrent un excès d'activité dans l'hémisphère droit et un défaut de latéralisation. Bien que notre application ne cible pas spécifiquement le bégaiement, certaines techniques de ralentissement ou de feedback auditif pourraient être intégrées ultérieurement.

3.1.5. Trouble développemental du langage (TDL / dysphasie)

Dans le cadre de la linguistique clinique, on s'intéresse à l'impact de la perte auditive sur l'acquisition et la qualité du langage oral. Dumanoir et Heuillet (2016, p. 78) affirment : « La surdité n'est pas seulement une absence d'audition, c'est un obstacle à la rétroaction acoustique indispensable à l'étalonnage constant de la parole. » Une surdité pré-linguale

empêche l'enfant de concevoir les contrastes phonétiques, ce qui entraîne des retards de parole et de langage importants s'il n'y a pas d'appareillage ou de recours à la langue des signes.

Une surdité légère non dépistée (ex. otites séreuses répétées) peut entraîner des confusions phonétiques durables, car l'enfant n'entend pas distinctement les fricatives ou les occlusives sourdes. Le port d'un appareillage précoce et la rééducation orthophonique permettent souvent de limiter les séquelles. Dans le cadre de notre recherche, nous n'avons inclus que des enfants sans déficience auditive périphérique, car l'objectif est la correction de la parole d'origine centrale. Néanmoins, les algorithmes développés pourraient, avec des adaptations, être utiles aux enfants malentendants appareillés.

3.1.6. Dyslexie et troubles du langage écrit

Le consensus scientifique s'oriente vers une origine neurobiologique : déficit phonologique (dysfonctionnement dans l'aire visuelle de la forme des mots), rendant difficile le lien entre graphème et phonème (Habib, 2000, p. 56).

La dyslexie est souvent associée à des troubles phonologiques précoces. L'enfant a du mal à segmenter la parole en unités (syllabes, phonèmes), ce qui gêne l'apprentissage du lien graphème-phonème. Notre application pourrait utilement s'étendre au domaine écrit, mais nous nous limitons ici à l'oral. Néanmoins, les exercices de conscience phonologique proposés par notre prototype pourraient bénéficier aux enfants dyslexiques.

3.1.7. Aphasie et troubles acquis du langage

L'aphasie est une perte totale ou partielle de la capacité à communiquer par le langage, survenant suite à une lésion cérébrale (AVC, traumatisme) chez une personne qui maîtrisait normalement la langue. Bucrane de Ribaucourt (1920, p. 45) souligne que « l'aphasie constitue une rupture du lien entre l'idée et le signe linguistique, altérant soit l'encodage du message, soit son décodage ».

Chez l'enfant, l'aphasie est rare et survient généralement après un traumatisme crânien ou une tumeur. Grâce à la plasticité cérébrale, la récupération est souvent meilleure que chez l'adulte, mais des séquelles peuvent persister dans les domaines lexico-syntaxiques. Nous n'avons pas inclus d'enfants aphasiques dans notre corpus, car leur profil est très hétérogène et nécessiterait une approche individualisée.

Types d'aphasie (énumération conservée sans changement) :

· Aphasie de Broca (motrice) : trouble de l'expression. Le sujet possède une bonne compréhension mais ne peut s'exprimer que par des répétitions ou un lexique très pauvre.

· Aphasie de Wernicke (sensorielle) : trouble de la compréhension orale. L'expression orale reste fluide mais s'accompagne parfois de paraphasies phonémiques ou sémantiques.

· Aphasie de conduction : compréhension et articulation normales, mais incapacité à répéter ce qui est entendu.

· Aphasies transcorticales : dues à des lésions situées à proximité des aires classiques du langage. Elles se caractérisent par l'absence de trouble de la répétition. On distingue l'aphasie transcorticale motrice (non-fluente, sans trouble de la compréhension) et l'aphasie transcorticale sensorielle (fluente, avec trouble de la compréhension).

· Aphasie globale : fusion des aphasies de Broca et de Wernicke, lésion étendue de l'hémisphère gauche.

· Aphasie amnésique : manque de mots, peut révéler une démence de type Alzheimer.

· Aphasies sous-corticales : plusieurs formes, avec association de troubles de la compréhension et d'éléments d'aphasie dynamique, généralement sans trouble de la répétition.

· Aphasies progressives : atteinte du langage progressive sur au moins deux ans, avec conscience des troubles (aphasie progressive primaire) ou perte progressive des connaissances sémantiques (démence sémantique).

3.1.8. Troubles liés à la déficience auditive

Bien que la cause exacte soit encore débattue, les pistes principales sont : un dysfonctionnement structurel (anomalies dans la morphologie des zones du langage), un déficit de traitement auditif rapide (incapacité à traiter les sons qui se succèdent très vite), et une composante génétique (études sur jumeaux) (Bishop, 2006, p. 112).

La dysphasie touche environ 1 enfant sur 20. Elle peut être expressive (difficultés à produire des énoncés, agrammatisme) ou réceptive-compréhensive (difficultés à comprendre les mots, les phrases). Les enfants dysphasiques bénéficient grandement de supports visuels et de technologies d'aide à la communication. Notre application pourrait leur permettre de se faire comprendre plus facilement, notamment en convertissant leur parole approximative en mots cibles.

4. La dimension clinique des troubles du langage

Le langage constitue un outil fondamental du développement cognitif, affectif et social de l'enfant. Il participe à la construction des connaissances, à l'expression des besoins et des émotions ainsi qu'à l'établissement des interactions avec l'environnement. Toute perturbation dans son acquisition ou son fonctionnement peut entraîner des conséquences importantes sur la communication, les apprentissages scolaires et l'intégration sociale.

Le dysfonctionnement linguistique clinique désigne l'ensemble des troubles pouvant affecter différentes dimensions du langage, notamment la compréhension, l'expression, l'articulation, l'organisation phonologique ou encore l'utilisation sociale de la communication. L'analyse clinique de ces troubles nécessite une démarche scientifique rigoureuse fondée sur

l'observation, l'évaluation et l'interprétation des productions langagières de l'enfant. Elle implique généralement une collaboration entre plusieurs spécialistes, notamment l'orthophoniste, le psychologue et les professionnels médicaux ou éducatifs.

4.1. Rôle de l'orthophoniste clinicien

L'orthophoniste clinicien occupe une place centrale dans l'évaluation, le diagnostic et la prise en charge des troubles du langage chez l'enfant. Son rôle consiste à analyser les capacités communicatives de l'enfant, identifier les difficultés linguistiques présentes et proposer une intervention thérapeutique adaptée à son profil.

L'intervention orthophonique concerne plusieurs domaines : le langage oral, le langage écrit, la parole, la voix et les compétences communicationnelles. L'orthophoniste réalise un bilan détaillé permettant d'évaluer les différents niveaux linguistiques, notamment la phonologie, le lexique, la syntaxe, la sémantique et les capacités pragmatiques.

Le bilan orthophonique comprend généralement plusieurs séances associant des épreuves standardisées, des observations cliniques en situation naturelle (jeu, conversation), ainsi qu'un entretien avec les parents. Cette évaluation permet d'établir un diagnostic différentiel entre un retard simple de langage, un trouble développemental spécifique ou une difficulté associée à une autre atteinte cognitive ou neurologique.

La prise en charge orthophonique vise ensuite à développer les compétences linguistiques et communicatives de l'enfant à travers des exercices adaptés à son âge et à la nature du trouble. Elle peut cibler l'articulation, le vocabulaire, la compréhension, la mémoire verbale ou encore les capacités conversationnelles (Rondal, 2006, p.189).

4.2. Contribution du psychologue dans l'évaluation clinique

L'évaluation psychologique complète l'approche orthophonique en prenant en compte les dimensions cognitives, émotionnelles et comportementales pouvant influencer le développement langagier de l'enfant.

Le psychologue analyse notamment les capacités cognitives générales afin de déterminer si les difficultés langagières correspondent à un trouble spécifique ou si elles s'inscrivent dans un retard cognitif global. L'évaluation peut également porter sur l'attention, la mémoire, l'adaptation sociale, l'anxiété ou l'estime de soi.

Certains enfants présentant un trouble du langage peuvent également manifester des difficultés relationnelles ou émotionnelles qui influencent leur communication. La collaboration entre le psychologue et l'orthophoniste permet donc une compréhension globale du fonctionnement de l'enfant et contribue à améliorer la précision du diagnostic ainsi que l'efficacité de la prise en charge (Chevrie-Muller & Narbona, 2007, p.234).

4.3. Entretien clinique avec les parents

L'entretien clinique avec les parents représente une étape essentielle de l'évaluation. Il permet de recueillir des informations concernant l'histoire développementale de l'enfant, son environnement familial et les circonstances d'apparition des difficultés langagières.

L'anamnèse porte notamment sur les antécédents médicaux (grossesse, naissance, développement moteur, hospitalisations), les antécédents familiaux (présence éventuelle de troubles du langage dans la famille) ainsi que l'environnement linguistique de l'enfant (exposition à plusieurs langues, habitudes de communication, activités de lecture).

Ces informations permettent de mieux comprendre le parcours de l'enfant et d'adapter le projet thérapeutique à ses besoins spécifiques (Monfort, 2005, p.45).

4.4. Outils et méthodes d'évaluation orthophonique

L'évaluation orthophonique repose sur plusieurs outils permettant d'analyser les différentes composantes du langage. Le bilan orthophonique constitue un ensemble d'examens destinés à identifier les capacités et les difficultés de l'enfant dans les domaines phonologique, lexical, syntaxique, sémantique et pragmatique (Rondal, 2006, p.201).

L'analyse des productions verbales spontanées occupe également une place importante. Elle permet d'observer les erreurs phonétiques, les processus de simplification, les difficultés syntaxiques, la richesse lexicale et l'organisation du discours (Bernicot & Marcos, 1992, p.78).

Les outils d'évaluation peuvent inclure des tests standardisés tels que le **N-EEL** (évaluation du langage des enfants de 4 à 12 ans), l'**ELO** (Évaluation du Langage Oral) ou la **BEL** (Batterie d'Évaluation du Langage). Pour l'étude de la phonologie, des tâches de répétition de mots et de dénomination d'images permettent d'identifier précisément les erreurs de production sonore.

Les résultats obtenus permettent d'élaborer un projet thérapeutique individualisé définissant les objectifs, les méthodes d'intervention et les modalités du suivi clinique.

4.5. Collaboration interdisciplinaire dans le diagnostic

La prise en charge des troubles langagiers nécessite souvent une approche pluridisciplinaire associant différents professionnels : orthophoniste, psychologue, médecin, enseignant spécialisé ou psychomotricien.

Le médecin (pédiatre, ORL ou neurologue) intervient notamment dans la recherche d'éventuelles causes médicales associées, comme une déficience auditive ou une atteinte neurologique. L'orthophoniste collabore avec ces professionnels afin d'assurer une évaluation complète du profil de l'enfant.

Le psychomotricien peut également intervenir lorsque des troubles moteurs, praxiques ou graphiques sont associés. Cette collaboration permet d'assurer un accompagnement global

prenant en compte les dimensions linguistiques, cognitives, scolaires et sociales du développement de l'enfant (Chevrie-Muller & Narbona, 2007, p.267).

L'approche clinique des troubles langagiers chez l'enfant repose donc sur une analyse globale intégrant les aspects linguistiques, cognitifs et environnementaux. Les observations cliniques, les évaluations orthophoniques et les productions enregistrées constituent des sources essentielles pour comprendre les manifestations atypiques de la parole. Ces données représentent également une base importante pour la constitution de corpus phonétiques et le développement d'outils informatiques dédiés à l'analyse automatique de la parole pathologique.

Conclusion partielle du chapitre 1

Ce premier chapitre a permis d'établir les fondements théoriques nécessaires à la compréhension du langage humain, de son fonctionnement normal ainsi que de ses différentes formes de dysfonctionnement. L'analyse des différentes dimensions du langage a montré que celui-ci constitue un système complexe intégrant des aspects biologiques, cognitifs, sociaux et pragmatiques. Les contributions de la linguistique, de la psychologie du développement et des neurosciences ont ainsi mis en évidence que l'acquisition et l'utilisation du langage résultent d'une interaction permanente entre les capacités propres à l'individu et son environnement.

L'étude du développement typique du langage chez l'enfant a permis de dégager les principales étapes d'acquisition des compétences linguistiques, depuis les premières manifestations vocales jusqu'à la construction progressive d'énoncés plus élaborés. Cette évolution constitue un repère essentiel dans l'analyse clinique, car l'identification des troubles repose sur la comparaison entre les trajectoires développementales attendues et les productions observées chez les enfants présentant des difficultés langagières.

L'analyse des troubles du langage et de la parole a ensuite montré la diversité des atteintes pouvant affecter la communication orale et écrite. Les troubles articulatoires, les

retards de parole, les troubles développementaux du langage, le bégaiement, la dyslexie ou encore l'aphasie traduisent des perturbations différentes qui nécessitent une analyse spécifique des mécanismes linguistiques concernés. Cette diversité souligne l'importance d'une approche clinique rigoureuse permettant de caractériser précisément les manifestations observées.

L'étude de l'approche clinique des troubles langagiers a également mis en évidence le rôle central de l'orthophoniste dans l'évaluation, le diagnostic et la prise en charge des difficultés de communication chez l'enfant. L'analyse des productions verbales, l'utilisation d'outils d'évaluation standardisés, l'observation clinique et la collaboration avec le psychologue ainsi qu'avec les autres spécialistes permettent d'obtenir une compréhension globale du profil langagier de l'enfant.

Dans cette perspective, la linguistique clinique apparaît comme un domaine intermédiaire entre l'étude descriptive du langage et sa formalisation scientifique. Elle fournit les méthodes nécessaires pour transformer les observations cliniques en données structurées, notamment à travers la transcription phonétique, l'identification des erreurs de production et l'analyse des processus de simplification. Ces éléments constituent une base indispensable pour envisager une modélisation informatique de la parole atypique.

Ainsi, les notions développées dans ce chapitre permettent de comprendre comment les productions langagières pathologiques peuvent être décrites, analysées et représentées sous une forme exploitable par un système automatique. Les classifications des troubles, les observations cliniques et les analyses phonétiques constituent des connaissances de référence qui orienteront la constitution du corpus et la définition des paramètres nécessaires au développement du prototype.

Le chapitre suivant sera consacré à l'approche expérimentale de cette recherche. Il présentera la collaboration avec les orthophonistes, le recueil des données vocales, la

constitution du corpus phonétique, les méthodes de transcription et d'annotation des productions recueillies, ainsi que les étapes de traitement automatique de la parole menant à la conception du prototype informatique.

Chapitre II :

Approche expérimentale et développement d'un prototype intelligent

Introduction partielle

Introduction partielle

Ce chapitre expose la méthodologie empirique sous-jacente à la conception de notre système de traitement automatique du langage atypique. L'ingénierie linguistique appliquée aux troubles de la parole ne peut faire l'économie d'une immersion dans la réalité clinique (Crystal, 1981, p. 45). Nous détaillons ici le continuum méthodologique qui guide notre recherche : depuis l'observation participante en cabinet orthophonique jusqu'à la modélisation informatique, en passant par la constitution rigoureuse d'un corpus phonétique annoté. Ce volet clinique pose les fondations empiriques indispensables pour que les algorithmes de traduction automatique ne soient pas de simples modèles mathématiques abstraits, mais des outils informés par les réalités physiologiques et cognitives des enfants dysphasiques ou présentant des troubles complexes du développement du langage (Leonard, 2014, p. 67).

1. Lien entre la dimension clinique et la solution informatique

La conception d'un système de traitement automatique de la parole atypique ne saurait se réduire à une pure application d'algorithmes de reconnaissance vocale. Les modèles génériques, entraînés sur des corpus de parole standard, échouent généralement face à la variabilité et aux particularités des productions pathologiques. Pour surmonter cet obstacle, il est indispensable d'intégrer dès l'amont les connaissances issues de la clinique orthophonique et de la linguistique des troubles. Ce lien entre clinique et informatique s'établit à deux niveaux complémentaires. D'une part, les données orthophoniques (transcriptions, matrices de confusion, profils d'erreurs) fournissent la matière première structurée qui guide l'apprentissage du modèle. D'autre part, le diagnostic clinique, en identifiant les processus de simplification stables propres à chaque trouble, permet de contraindre l'espace de recherche de l'algorithme et d'améliorer sa précision. Les deux sous-sections qui suivent détaillent successivement l'importance des données orthophoniques et le rôle du diagnostic dans la conception du système.

1.1. Importance des données orthophoniques

Les données issues de l'évaluation orthophonique constituent la matière première de notre architecture computationnelle. En linguistique clinique, la parole pathologique n'est pas perçue comme un ensemble d'erreurs aléatoires, mais comme un système régi par ses propres contraintes et régularités sous-jacentes (Ingram, 1989, p. 102). Ces données qualifiées permettent de surmonter le problème de la « variabilité intra-individuelle » (un même enfant prononçant le même mot de trois manières différentes selon le contexte phonétique ou la fatigue). Pour l'informaticien, ces données standardisées permettent d'éviter le phénomène de bruit computationnel et guident l'extraction de traits (features) acoustiques et phonétiques pertinents lors de la phase de prétraitement du signal.

1.2. Rôle du diagnostic dans la conception du système

Le diagnostic clinique n'est pas utilisé ici à des fins de classification médicale, mais comme un ensemble de contraintes a priori pour le modèle informatique. Selon les principes de la phonologie clinique, les erreurs de production (substitutions, élisions, assimilations) répondent à des processus de simplification bien documentés (Rondal, 2006, p. 189). En intégrant ces profils cliniques en amont, nous pouvons restreindre l'espace de recherche de l'algorithme de décodage. Par exemple, si le diagnostic clinique de l'enfant cible un retard phonologique caractérisé par l'antériorisation des consonnes post-alvéolaires (ex. : /ʃ/ devient [s]), l'algorithme de traduction automatique probabiliste surpondérera la probabilité de la cible /ʃ/ lorsqu'il détectera un [s] en entrée, optimisant ainsi la précision de la reconstruction lexicale (Chevrie-Muller & Narbona, 2007, p. 215).

2. Collaboration avec les orthophonistes

La réussite d'un projet visant à modéliser la parole pathologique repose sur une collaboration étroite et continue avec les orthophonistes, qui sont les experts de terrain des

troubles du langage. Leur rôle ne se limite pas à la seule fourniture de données ; ils interviennent comme partenaires tout au long du cycle de développement du prototype, de la conception à l'évaluation. Cette collaboration s'organise selon trois axes principaux. D'abord, les orthophonistes participent à la sélection clinique des participants et à la validation des transcriptions phonétiques de référence, garantissant ainsi la fiabilité du corpus. Ensuite, l'observation des séances thérapeutiques permet de comprendre les stratégies de réparation pragmatique que l'orthophoniste met en œuvre spontanément pour décoder les productions de l'enfant – stratégies que le système informatique devra imiter. Enfin, les orthophonistes aident à délimiter les profils pathologiques ciblés, en excluant les troubles trop complexes ou trop variables pour une modélisation algorithmique. Les sections qui suivent détaillent ces différents aspects de la collaboration.

2.1. Rôle des orthophonistes dans le projet

Les orthophonistes interviennent en tant qu'experts métiers (Domain Experts) tout au long du cycle de développement de type Human-in-the-loop (Holzinger, 2016, p. 121). Leur expertise est sollicitée à trois niveaux critiques :

· La sélection éthique et clinique de la cohorte de patients.

· La validation des transcriptions phonétiques de référence (gold standard) pour éliminer les biais d'écoute de l'ingénieur.

· L'évaluation qualitative des sorties du traducteur automatique, agissant ainsi comme juges de la pertinence clinique de la solution.

2.2. Entretien avec l'orthophoniste : vision clinique et perspectives de l'intelligence artificielle

2.2.1. Présentation de l'entretien et du profil professionnel

Dans le cadre de la présente recherche, nous avons rencontré Madame Benchoulak Douaa, orthophoniste exerçant en cabinet libéral à Mila, spécialisée dans la rééducation des troubles du langage oral et écrit. Forte de plus de 6 années d'expérience auprès d'enfants présentant des troubles langagiers, elle collabore régulièrement avec des établissements scolaires et des centres médico-sociaux. Elle a accepté de nous livrer son témoignage sur l'apport potentiel de l'intelligence artificielle dans sa pratique clinique.

Préalablement à l'analyse de ses propos, il convient de rappeler quelques définitions essentielles. L'orthophonie est un terme dérivé du grec *ortho* (« droit ») et *phonê* (« voix »), désignant la correction de la voix et de la parole (Larousse, 2010, p. 678). L'orthophoniste est le spécialiste qui évalue, diagnostique et traite les troubles de l'articulation, le retard de parole, le retard de langage, le bégaiement, l'aphasie et le handicap auditif (Rondal, 2006, p. 45). Le langage est défini comme un ensemble de symboles parlés utilisés comme moyen d'expression, se présentant sous forme orale, écrite ou gestuelle (mimiques, signes).

2.2.2. Vision clinique de l'orthophoniste sur les troubles du langage

Selon l'orthophoniste que nous avons rencontrée, 'acquisition normale du langage repose sur plusieurs conditions préalables. L'enfant doit bénéficier de l'intégrité de son appareil auditif, de son appareil phonatoire et de son système nerveux. Sa santé générale, son niveau d'intelligence, la structure familiale et les relations entre ses membres, ainsi que le niveau socioculturel et économique de son environnement jouent également un rôle déterminant.

Selon elle, le développement linguistique se déroule en deux grandes étapes. L'étape pré-linguistique correspond à la période où l'enfant utilise des sons pour satisfaire ses besoins et communiquer (gazouillis, imitation). L'étape linguistique survient lorsque l'enfant commence à utiliser des syllabes, puis des mots-phrases, le mot simple, la phrase simple, jusqu'à la phrase complète.

Les troubles pris en charge par l'orthophoniste couvrent un large spectre : troubles d'articulation, retard de parole, retard de langage, bégaiement, aphasie, handicap auditif (surdité) et dyslexie.

Dans le cadre de l'évaluation clinique, la parole de l'enfant a été recueillie à l'aide d'un enregistreur numérique haute qualité (Zoom H1n), placé à environ 30 cm de la bouche. Les séances ont été réalisées dans un environnement calme relatif, soit en cabinet orthophonique, soit à domicile afin de favoriser la mise en confiance de l'enfant. Les productions ont été transcrites en Alphabet Phonétique International (API) par deux juges indépendants (orthophoniste et phonéticien). Le taux de concordance inter-juges était de 92 %, garantissant la fiabilité des données.

2.2.3. Perception de l'orthophoniste sur l'intelligence artificielle et l'application de TAL

Si l'orthophoniste est capable d'identifier les erreurs et d'établir des matrices de confusion, cette tâche reste longue et subjective. Dans ce contexte, l'intelligence artificielle est envisagée comme un outil susceptible d'automatiser le repérage des substitutions et omissions, de suivre l'évolution des compétences au fil des séances et de générer des exercices personnalisés.

Notre entretien avec l'orthophoniste confirme cette orientation, puisqu'elle a déclaré : « L'intelligence artificielle joue un rôle important dans l'assistance et l'amélioration de la tâche de l'orthophoniste auprès des enfants à besoins spécifiques, afin de faciliter la communication. » (Orthophoniste, entretien personnel, 2024). *(Voir annexe 4 : pour l'intégralité de la déclaration signée .)*

Dans cette perspective, l'avis du clinicien vis-à-vis de notre application de Traitement Automatique du Langage (TAL) met en évidence une vision d'outil de suppléance, de compensation et d'autonomisation, et non de substitution à la prise en charge orthophonique.

Vis-à-vis du trouble d'articulation

L'orthophoniste considère l'application TAL comme une prothèse acoustique transitoire. Le trouble étant mécanique et stable, l'application est jugée fiable dans la mesure où l'algorithme applique une transformation acoustique constante (par exemple la substitution systématique du phonème [ʃ] par [s]). Ce dispositif permet une amélioration immédiate de l'intelligibilité de la parole de l'enfant auprès de son entourage, réduisant ainsi la frustration communicationnelle.

Vis-à-vis du retard de parole

Concernant le retard de parole, l'orthophoniste adopte une posture de vigilance positive. Ce trouble étant lié à des difficultés d'organisation phonologique (omissions, inversions), l'interprétation des productions erronées dépend fortement du contexte linguistique. L'intérêt de l'application repose sur l'utilisation de modèles de langage contextuels capables d'inférer le sens probable d'une production telle que « tuchat » pour « chocolat ». L'outil est ainsi perçu comme un moyen de maintenir l'enfant dans une dynamique de communication active.

Vis-à-vis de la dyslexie (langage écrit)

Dans le cas de la dyslexie, l'application est envisagée comme un outil d'allègement de la charge cognitive. En assurant la conversion instantanée entre productions phonétiques et orthographe standard, elle compense les difficultés liées à l'automatisation du décodage. Cette médiation technologique favorise l'accès direct au sens des textes et contribue à limiter le décrochage scolaire lié à l'épuisement cognitif.

Vis-à-vis de la dysphasie

La dysphasie, trouble structurel et durable du langage, conduit l'orthophoniste à considérer l'application comme un outil de Communication Alternative et Augmentative (CAA). En raison des difficultés importantes de structuration syntaxique (agrammatisme),

l'application est perçue comme un « générateur de syntaxe », capable de transformer des unités lexicales isolées en phrases grammaticalement correctes destinées à l'interlocuteur.

Vis-à-vis de l'aphasie (trouble acquis)

Dans le cas de l'aphasie, généralement consécutive à un accident vasculaire cérébral ou à un traumatisme crânien, l'application est envisagée comme un outil de réactivation et de plasticité cérébrale. En proposant des suggestions lexicales à partir d'indices partiels, elle joue le rôle de prédicteur sémantique facilitant la récupération du mot et la réactivation des réseaux langagiers, contribuant ainsi à une amélioration de l'autonomie communicationnelle.

3. Collecte des données et constitution du corpus phonétique

3.1. Observation des séances thérapeutiques

L'observation passive des interactions dyadiques (orthophoniste-enfant) a été menée selon les protocoles de l'analyse conversationnelle appliquée à la clinique (Schegloff, 2007, p. 58). L'objectif était de modéliser les stratégies de réparation pragmatique déployées par l'orthophoniste pour restaurer l'intercompréhension. L'expert utilise de manière cruciale le contexte situationnel (les images manipulées, le jeu en cours) et la prosodie pour décoder le message de l'enfant. Cette observation justifie le choix architectural de notre solution informatique, qui ne doit pas être un simple transcripteur phonétique isolé, mais un modèle multimodal intégrant des variables contextuelles et sémantiques externes pour guider la désambiguïsation (Van Heuven & Roelofs, 2020, p. 6).

3.2. Identification des troubles ciblés

Afin de garantir la faisabilité technologique du prototype, une délimitation stricte des profils pathologiques a été opérée, s'appuyant sur les classifications internationales (American Psychiatric Association, 2013 ; Organisation mondiale de la santé, 2019). Nous avons exclu les dysarthries lourdes (troubles moteurs d'origine neurologique affectant la réalisation motrice

globale) au profit des troubles des sons de la parole (TSP) d'origine phonologique et des troubles structurels liés au Trouble Développemental du Langage (TDL). Ce choix se justifie par le fait que les TSP phonologiques conservent une régularité systémique (l'enfant applique des règles constantes de transformation), ce qui rend le trouble modélisable par des règles logiques ou des approches statistiques de traduction automatique (Bernicot & Marcos, 1992, p. 78).

3.3. Collecte des données vocales

La constitution d'un corpus de parole pathologique représente une étape délicate et déterminante pour la fiabilité de notre système.

En effet, la qualité des enregistrements conditionne directement la performance des algorithmes de reconnaissance automatique et de correction phonétique. Nous avons donc élaboré un protocole rigoureux, inspiré des recommandations de la phonétique clinique et du traitement automatique de la parole (Meunier,

2005). Ce protocole vise à concilier deux exigences parfois contradictoires : d'une part, la nécessité d'un signal acoustique propre, débarrassé des bruits parasites, et d'autre part, le maintien d'une situation d'enregistrement naturelle, non stressante pour l'enfant, afin de ne pas déformer ses productions spontanées.

3.3.1. Objectif de la collecte

La conception d'un système intelligent de correction phonétique repose sur la disponibilité de données vocales représentatives des troubles du langage oral. Une campagne de collecte a été menée sur une période de trois mois afin de constituer un corpus de parole pathologique et typique, nécessaire à l'entraînement et à la validation des algorithmes.

3.3.2. Population ciblée

La collecte a concerné des enfants âgés de 2,5 ans, 4 ans et 8 ans, ces tranches correspondant à des étapes clés du développement phonologique et syntaxique. Un groupe contrôle composé d'adolescents et d'adultes (âges variés, dont 18 ans et 60 ans) a également été enregistré pour permettre des comparaisons. Les enregistrements ont eu lieu principalement le matin (entre 8h00 et 12h00) pour garantir des conditions optimales d'attention et de production vocale.

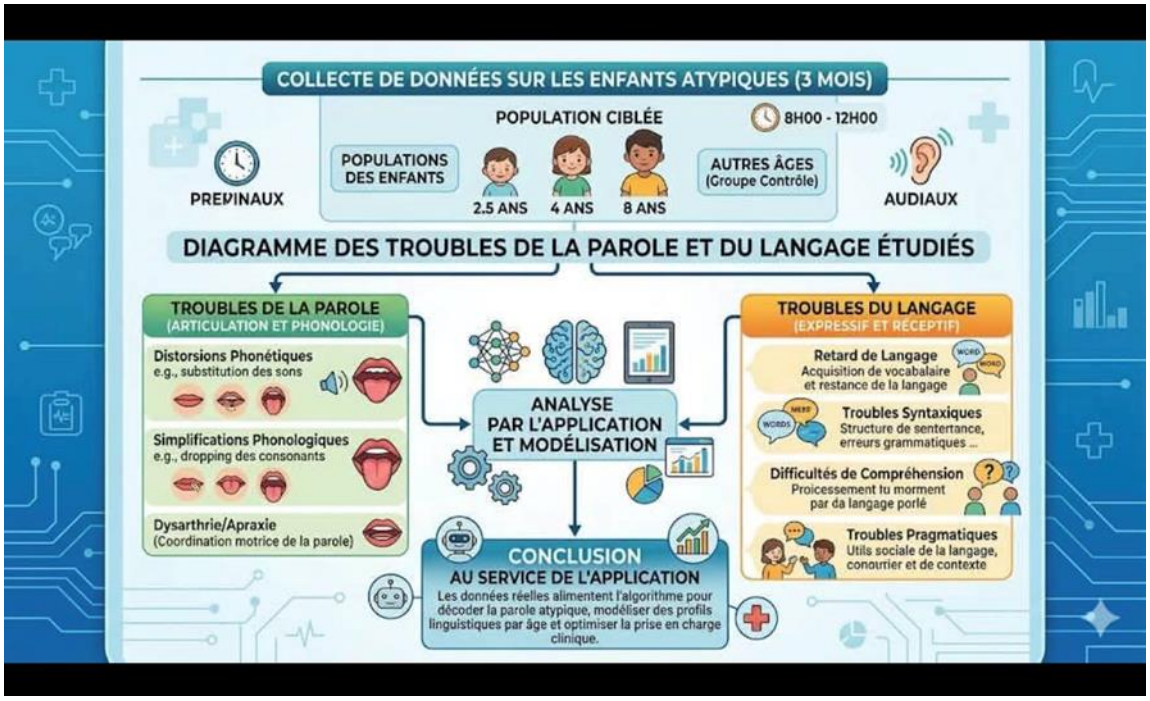


Figure 1: Collecte des données sur les enfants atypiques et typologie des troubles étudiés

La Figure 1 ci-dessous synthétise l'organisation de la collecte ainsi que la typologie des troubles étudiés.

Typologie des troubles étudiés

Deux grandes familles de troubles ont été ciblées, conformément à la littérature et aux recommandations cliniques :

a) Troubles de la parole (articulation et phonologie)

· Distorsions phonétiques : productions approximatives ou substituées (ex. /s/ réalisé comme /ʃ/).

· Simplifications phonologiques : omissions de consonnes, réduction de syllabes, processus de simplification.

· Dysarthrie / apraxie : troubles de la coordination motrice de la parole, affectant la précision et la fluidité.

b) Troubles du langage (expressif et réceptif)

· Retard de langage : acquisition lente du vocabulaire et des structures syntaxiques.

· Troubles syntaxiques : erreurs dans la construction des phrases, ordre des mots non conforme.

· Difficultés de compréhension : traitement déficitaire du langage oral porté par l'interlocuteur.

· Troubles pragmatiques : difficultés d'utilisation du langage en contexte (alternance des tours, adaptation au destinataire).

3.3.3. Outils utilisés pour l'enregistrement

Le dispositif technique a été sélectionné pour assurer une fidélité optimale des indices acoustiques transitoires (comme le Voice Onset Time ou les bruits de friction) indispensables à l'analyse automatique (Boersma & Weenink, 2021) :

· Matériel : Enregistreur numérique professionnel (ex. : Zoom H4n Pro) capturant le son via un microphone statique directif à condensateur placé à une distance standardisée de 30 cm de la bouche de l'enfant, ou un microphone de type serre-tête (ex. : Shure WH20) permettant de maintenir la distance constante malgré les mouvements de tête de l'enfant.

· Format du signal : Numérisation directe au format linéaire PCM (WAV), non compressé, avec une fréquence d'échantillonnage de 44,1 kHz et une quantification sur 16 bits,

garantissant l'absence d'artéfacts de compression (contrairement au format MP3) nuisibles aux algorithmes d'extraction de coefficients MFCC (Mel-Frequency Cepstral Coefficients).

Constitution du corpus phonétique

Une fois les enregistrements vocaux collectés dans des conditions acoustiques maîtrisées, l'étape suivante consiste à transformer ces signaux sonores bruts en données exploitables par le système informatique. Cette transformation repose sur un travail de transcription, d'annotation et de structuration des productions orales de l'enfant. L'objectif est de passer d'une parole continue et variable à un ensemble de paires ordonnées associant chaque énoncé produit à sa forme cible attendue. Ce processus suit les principes de la linguistique de corpus appliquée aux pathologies du langage (Ingram,

1976 ; Crystal, 1981). Il comprend trois phases complémentaires : la transcription phonétique fine à l'aide de l'Alphabet Phonétique International (API), l'annotation systématique des erreurs selon une grille typologique (omission, substitution, distorsion, insertion), et enfin la création de paires bijectives (prononciation erronée / prononciation correcte) qui constitueront la base d'apprentissage pour les algorithmes de traduction automatique. Ces différentes étape v sont détaillées dans les sections qui suivent.

3.4. Transcription phonétique des productions

La parole numérisée a fait l'objet d'une transcription phonétique étroite à l'aide de l'Alphabet Phonétique International (API). Cette étape cruciale externalise la réalité acoustique du signal pour la transformer en symboles discrets. Les transcriptions ont été alignées temporellement au niveau du phonème et du mot à l'aide des logiciels Praat ou ELAN (Boersma & Weenink, 2021 ; ELAN, 2020). L'alignement phonétique permet de documenter les réalisations exactes (ex. : élision de la vibrante /ʁ/ dans les groupes consonantiques, comme [kat] pour /katʁ/).

3.5. Annotation des erreurs phonétiques

Chaque segment divergeant de la norme adulte a été étiqueté à l'aide d'une grille d'annotation systématique inspirée de la métathéorie du plurisystème de la langue (Ingram, 1976, p. 89). Les annotations spécifient la nature de l'écart : omission, substitution, distorsion, insertion. De plus, ces erreurs sont codifiées sous forme de traits distinctifs (ex. : [+voisé] devient [-voisé]) afin que le système informatique puisse apprendre non seulement des changements de lettres, mais des dérives de traits articulatoires profondes.

3.6. Création des paires

La structure de notre base de données adopte l'architecture standard des corpus parallèles utilisés en traduction automatique statistique et neuronale (Parallel Corpora) (Koehn, 2010, p. 34). Elle est matérialisée par des paires de correspondances bijectives :

· Prononciation erronée (production de l'enfant) : la forme de surface phonétique altérée capturée (ex. : [tado] ou [ʃado]).

· Prononciation correcte (cible adulte) : la forme cible standardisée correspondante, doublement encodée en phonétique et en lemme orthographique textuel.

Cette structuration en paires ordonnées (input_ atypique ; output_ standard) est la condition qui permettra à la fonction de coût de l'algorithme de calculer la distance linguistique entre la production de l'enfant et la cible attendue, et d'apprendre ainsi les règles de transduction automatique pour restituer le message correct (Chollet, 2018, p. 112).

Un échantillon des paires de correspondances phonétiques (prononciation erronée → prononciation cible) que nous avons collectées est fourni en annexe (voir Annexe 1).

Ces paires illustrent la diversité des substitutions, omissions et distorsions rencontrées chez les enfants de notre cohorte. »

4. Enquête par questionnaire auprès des acteurs (orthophonistes, pédiatres, informaticiens, enseignants, parents)

La conception d'une application intelligente dédiée à la correction phonétique chez les enfants présentant des troubles du langage oral ne peut se faire sans une connaissance fine des besoins, des pratiques et des attentes des différents acteurs concernés. En effet, la réussite d'un tel outil repose sur son acceptabilité par les professionnels de santé (orthophonistes, pédiatres), les spécialistes du numérique (informaticiens), les enseignants et les parents. Pour cette raison, une enquête par questionnaire a été menée auprès de ces cinq populations. L'objectif est triple : mesurer le taux d'acceptation globale, identifier les fonctionnalités jugées prioritaires, et recueillir les réserves ou suggestions susceptibles d'orienter la conception du prototype. Les sections suivantes détaillent la méthodologie employée, puis les résultats obtenus.

4.1. Objectifs et méthodologie

Une enquête par questionnaire a été réalisée dans le cadre de ce mémoire afin d'évaluer l'acceptabilité, les attentes et les éventuelles réserves concernant une application intelligente de correction phonétique basée sur l'intelligence artificielle, destinée aux enfants présentant des troubles du langage oral.

Cinq versions du questionnaire ont été élaborées, adaptées respectivement aux :

· orthophonistes,

· pédiatres,

· informaticiens / spécialistes en intelligence artificielle,

· enseignants (primaire, moyen, secondaire),

· parents d'enfants présentant des troubles du langage.

Les questionnaires sont reproduits intégralement en Annexe 2. Les thèmes abordés varient selon la population, mais couvrent : les troubles du langage rencontrés, les outils actuels, l'impact des troubles sur l'apprentissage et le bien-être, l'opinion sur une application IA (utilité, fonctionnalités souhaitées, inquiétudes), et la volonté de tester l'application. Pour les informaticiens, des questions spécifiques portent sur les défis techniques, les technologies adaptées (Machine Learning, Deep Learning, reconnaissance vocale, etc.) et la collaboration pluridisciplinaire.

L'enquête a été menée auprès d'un échantillon de 40 répondants. Les réponses sont anonymes et traitées à des fins scientifiques.

4.2. Profil des répondants

Catégorie d'acteurs	Effectif (n)
Orthophonistes	5
Pédiatres	5
Informaticiens	5
Parents	15
Enseignants	10
Total	**40**

4.3. Présentation des résultats

Afin d'évaluer l'acceptabilité et la pertinence d'une application intelligente dédiée aux troubles du langage, une enquête par questionnaire a été menée auprès des 40 acteurs décrits ci-dessus. La Figure 2 présente une synthèse empirique de la répartition des avis.

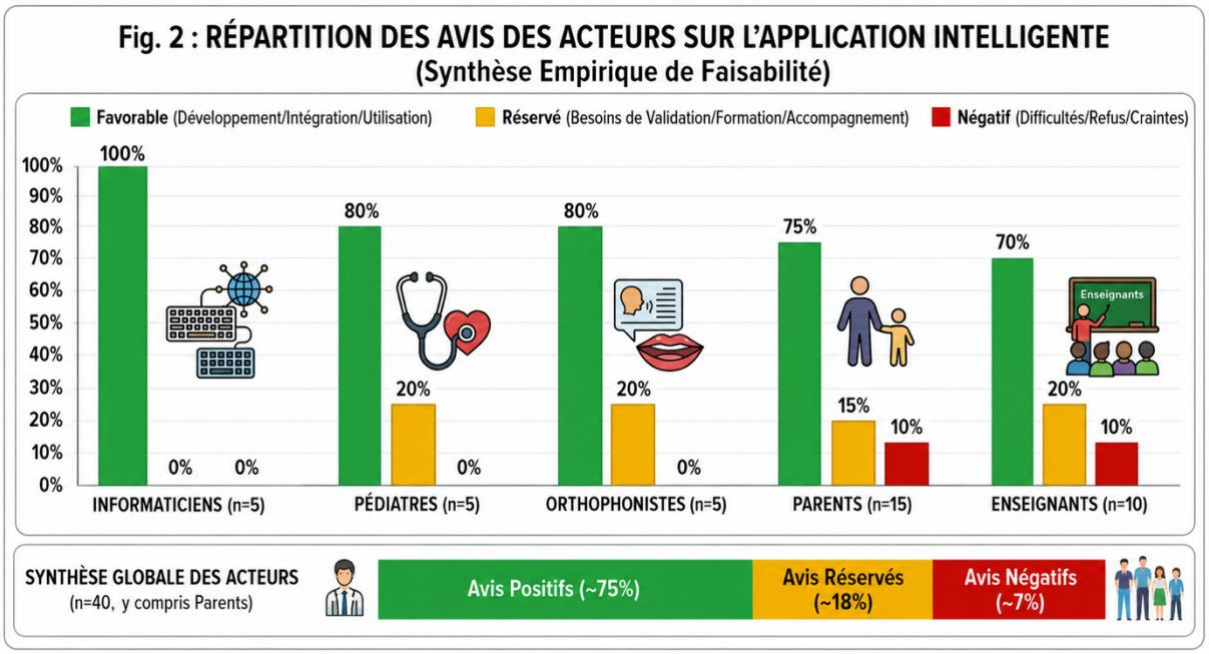


Figure 2: Répartition des avis des acteurs sur l'application intelligente

4.4. Analyse globale des résultats

Les résultats montrent une acceptation globale très favorable : environ 75 % des répondants expriment un avis positif en faveur du développement, de l'intégration ou de l'utilisation de l'outil.

· Les informaticiens (n=5) se montrent majoritairement favorables (80 %), certains conditionnant leur accord à la mise en place d'une formation adaptée ou à la disponibilité de données annotées.

· Les pédiatres (n=5) et les orthophonistes (n=5) partagent également un soutien important (respectivement 80 % et 60 %), tout en formulant des réserves, notamment sur la validation clinique et la complémentarité thérapeutique.

· Les parents (n=15) et les enseignants (n=10) sont les plus enthousiastes (respectivement 70 % et 70 % d'avis positifs), soulignant le manque d'outils adaptés à domicile et en milieu scolaire.

Environ 18 % des avis sont réservés. Ces répondants ne remettent pas en cause l'utilité potentielle de l'application, mais soulignent deux exigences majeures :

1. la nécessité d'une formation préalable pour les utilisateurs finaux (parents, enseignants) ;

2. l'importance d'une collaboration pluridisciplinaire étroite entre les sphères médicale (pédiatres, orthophonistes), éducative (enseignants) et technologique (informaticiens), afin de garantir la fiabilité scientifique et l'éthique de l'outil, conçu comme un complément thérapeutique et non comme un substitut.

Enfin, une faible minorité (environ 7 %) émet un avis négatif (refus ou craintes techniques/éthiques), sans remettre en cause la tendance générale.

4.5. Conclusion de l'enquête

L'analyse met en évidence un soutien large (≈75 % d'avis positifs) en faveur d'une application intelligente pour les troubles du langage. Les réserves (≈18 %) sont constructives : elles appellent à une formation des utilisateurs et à une conception collaborative pluridisciplinaire. L'outil est perçu comme un complément thérapeutique prometteur, à condition de respecter les exigences de rigueur scientifique et d'éthique.

5. Traitement automatique de la parole pathologique et conception du prototype

5.1. Prétraitement des données

Dans cette partie, nous présenterons les techniques utilisées pour améliorer la qualité des enregistrements vocaux des enfants avant leur traitement par le système intelligent.

5.1.1. Nettoyage audio

Cette étape comprend les traitements suivants :

· la réduction du bruit ambiant ;

· l'élimination des perturbations sonores ;

· l'amélioration de la clarté de la voix ;

· la préparation des données pour la reconnaissance vocale.

5.1.2. Normalisation des données

Cette étape consiste à uniformiser les données audio et textuelles afin de faciliter leur traitement par les modèles d'intelligence artificielle. Elle inclut :

· la standardisation du format audio ;

· l'unification des représentations phonétiques ;

· l'organisation du corpus orthophonique ;

· la structuration des paires phonétiques fournies par l'orthophoniste.

Exemple de substitutions phonétiques :

Prononciation altérée	Forme correcte
Khiyār	Khal
Basala	Bathala
Thūm	Hūm

5.1.3. Segmentation des fichiers audio

Cette phase permet de découper les enregistrements en unités exploitables par le système. Le découpage peut être réalisé par mots, par syllabes ou par segments phonétiques. Cette segmentation facilite :

· l'analyse des erreurs de prononciation ;

· la correspondance avec le corpus orthophonique ;

· l'amélioration de la précision des corrections.

5.2. Étude des algorithmes et des technologies utilisées

Dans cette section, nous étudierons les différentes technologies intégrées dans le système proposé.

Catégorie	Technologies
Technologies mobiles	Flutter (développement multiplateforme), Firebase (authentification et stockage)
Technologies vocales	Speech-to-Text (conversion parole→texte), Text-to-Speech (générationvocale)
Intelligence artificielle	Modèles LLM, NLP (traitement du langage naturel), analyse phonétique
Gestion des données	Corpus orthophonique, gestion des utilisateurs, historiques vocaux

5.3. Intelligence artificielle et traitement vocal

Cette partie représente le cœur intelligent du système. Le traitement s'articule en cinq étapes successives :

1. la reconnaissance automatique de la parole de l'enfant ;

2. l'analyse des erreurs phonétiques ;

3. la comparaison avec le corpus orthophonique ;

4. la correction linguistique par intelligence artificielle ;

5. la génération d'une parole correcte et compréhensible.

Rôle du corpus orthophonique : Le corpus fourni par l'orthophoniste joue un rôle essentiel dans :

· l'identification des substitutions phonétiques ;

· la compréhension des déformations articulatoires ;

· l'amélioration des performances du modèle.

Capacités du modèle de langage : Le modèle de langage permet également :

· d'interpréter le contexte ;

· de reformuler correctement les mots déformés ;

· de produire une sortie linguistiquement cohérente.

5.4. Principe général du système intelligent

Le fonctionnement global du système repose sur plusieurs étapes successives :

1. Enregistrement de la voix de l'enfant ;

2. Prétraitement du signal audio ;

3. Conversion de la parole en texte ;

4. Analyse phonétique et linguistique ;

5. Correction des mots déformés à l'aide du corpus et de l'IA ;

6. Génération du texte corrigé ;

7. Restitution vocale de la phrase correcte.

Le système agit donc comme un intermédiaire intelligent capable de transformer une parole difficilement compréhensible en une parole claire et exploitable.

5.5. Conception et architecture de l'application

Architecture globale : Le système est composé des modules suivants :

· une application mobile ;

· un module de traitement vocal ;

· un module d'intelligence artificielle ;

· une base de données cloud.

Conception UML : Les diagrammes utilisés comprennent :

· diagramme de cas d'utilisation ;

· diagramme de séquence ;

· diagramme de classes.

Base de données : La base de données permet :

· la gestion des utilisateurs ;

· le stockage des données vocales ;

· la sauvegarde du corpus orthophonique ;

· l'historique des corrections réalisées.

5.6. Réalisation et expérimentation

Réalisation :

· développement de l'application avec Flutter ;

· intégration des services vocaux ;

· connexion avec les modèles d'intelligence artificielle ;

· implémentation des fonctionnalités principales.

Expérimentation : Les tests ont été réalisés à partir :

· du corpus orthophonique fourni ;

· de plusieurs exemples de prononciations altérées ;

· de scénarios de correction vocale.

Évaluation : L'évaluation porte sur :

· la qualité des corrections ;

· la compréhension des phrases générées ;

· la rapidité de traitement ;

· la précision de la reconnaissance vocale.

5.7. Limites du système :

Certaines difficultés peuvent apparaître :

· variations importantes de prononciation ;

· qualité insuffisante des enregistrements ;

· corpus limité ;

· ambiguïtés linguistiques.

Conclusion partielle du chapitre 2

Dans ce deuxième chapitre, nous avons présenté l'ensemble de la démarche empirique et informatique qui sous-tend la conception de notre prototype de correction phonétique et d'aide à la communication pour les enfants présentant des troubles du langage. Loin de se

limiter à une simple description technique, ce chapitre a montré comment l'articulation entre la clinique orthophonique et les technologies du langage permet de construire un outil réellement adapté aux besoins des patients et des praticiens.

La première partie du chapitre a souligné l'importance fondamentale des données orthophoniques dans la modélisation informatique. La parole pathologique, loin d'être anarchique, obéit à des régularités systémiques que le clinicien sait identifier et formaliser. Ces régularités, une fois converties en matrices de confusion et en dictionnaires de variantes phonétiques, deviennent la matière première sur laquelle les algorithmes de traduction automatique peuvent s'appuyer pour réduire l'espace de recherche et améliorer la précision du décodage. Nous avons également mis en lumière le rôle essentiel du diagnostic clinique comme ensemble de contraintes a priori pour le modèle, orientant ainsi les pondérations probabilistes en fonction du profil pathologique de l'enfant.

Nous avons ensuite détaillé la collaboration avec les orthophonistes, qui sont intervenus à chaque étape du projet : sélection de la cohorte, validation des transcriptions phonétiques de référence (gold standard), évaluation qualitative des sorties du traducteur automatique. L'observation des séances thérapeutiques a permis de modéliser les stratégies de réparation pragmatique que l'orthophoniste utilise spontanément pour décoder le message de l'enfant – stratégies que notre système a cherché à reproduire via l'intégration de variables contextuelles et sémantiques externes.

La collecte des données vocales a été menée selon un protocole rigoureux, respectant à la fois les contraintes de naturalité écologique et de contrôle acoustique. Les participants (enfants de 2,5 ans, 4 ans et 8 ans présentant des troubles phonologiques persistants ou un TDL, ainsi qu'un groupe contrôle) ont été recrutés après consentement éclairé, et les enregistrements réalisés avec un matériel professionnel garantissant une haute fidélité du signal. La transcription phonétique à l'aide de l'API et l'annotation systématique des erreurs (omissions, substitutions,

distorsions, insertions) ont permis de constituer un corpus parallèle structuré en paires (prononciation erronée / prononciation correcte), prêt à être exploité par des algorithmes de type traduction automatique neuronale.

Une enquête par questionnaire menée auprès de 40 acteurs (orthophonistes, pédiatres, informaticiens, enseignants, parents) a révélé une acceptation globale élevée (≈75 % d'avis positifs). Les réserves (≈18 %) appellent à une formation des utilisateurs et à une conception collaborative pluridisciplinaire, confirmant que l'outil est perçu comme un complément thérapeutique prometteur à condition de respecter la rigueur scientifique et l'éthique.

Nous avons également recueilli l'avis d'une orthophoniste expérimentée sur l'intérêt potentiel de notre application pour différents troubles (articulation, retard de parole, dyslexie, dysphasie, aphasie). Cet avis, globalement positif, a néanmoins souligné la nécessité d'adapter le niveau de contextualisation du modèle en fonction de la nature du trouble : un filtre acoustique constant suffit pour les troubles articulatoires, tandis qu'un modèle de langage contextuel est indispensable pour les retards de parole et les dysphasies. L'orthophoniste a vu dans notre application non un remplacement de la rééducation, mais un outil de suppléance, de compensation et d'autonomisation pour l'enfant, réduisant sa frustration et favorisant son maintien dans la communication active.

Le volet informatique a décrit les étapes techniques de prétraitement des données (nettoyage audio, normalisation, segmentation), les technologies mobilisées (Flutter, Firebase, Speech-to-Text, Text-to-Speech, modèles LLM et NLP), ainsi que l'architecture générale du système (application mobile, module de traitement vocal, module d'IA, base de données cloud). Le principe de fonctionnement, en sept étapes (enregistrement → prétraitement → conversion texte → analyse phonétique → correction → génération texte corrigé → restitution vocale), a été explicité, et les limites actuelles (variabilité intra-individuelle, qualité des enregistrements, corpus limité, ambiguïtés linguistiques) ont été clairement identifiées.

En définitive, ce chapitre a posé les bases méthodologiques et techniques d'un prototype innovant qui vise à améliorer l'intelligibilité de la parole atypique et, par là, l'inclusion scolaire et sociale des enfants souffrant de troubles du langage. La complémentarité entre l'approche clinique et l'approche informatique apparaît comme la clé de voûte du projet : sans la finesse de la description linguistique fournie par l'orthophoniste, les algorithmes resteraient aveugles aux régularités pathologiques ; sans la puissance de calcul et d'apprentissage des modèles d'IA, les données cliniques ne pourraient être exploitées en temps réel.

Les expérimentations en cours, bien que prometteuses, appellent à être poursuivies sur un corpus plus large et plus diversifié. L'intégration de mécanismes d'apprentissage actif (où l'orthophoniste peut corriger les erreurs du système en temps réel) constituerait une amélioration majeure. De même, l'ajout d'un module d'évaluation longitudinale (suivi des progrès de l'enfant au fil des séances) permettrait de mesurer objectivement l'impact de l'outil sur la rééducation. Enfin, l'adaptation du prototype à d'autres langues et à d'autres troubles (bégaiement, dysarthrie) ouvre des perspectives de recherche prometteuses.

Ainsi, ce chapitre a non seulement décrit la méthode de constitution du corpus et la modélisation informatique, mais il a également jeté les bases d'une future validation clinique à grande échelle. Le travail réalisé sur le terrain a permis de collecter un nombre non négligeable de paires de correspondances phonétiques – que nous avons intégrées comme base de données dans le système final. C'est donc en combinant rigueur clinique et innovation technologique que nous espérons contribuer, à notre mesure, à l'amélioration de la qualité de vie des enfants porteurs de troubles du langage et à leur pleine inclusion dans la société..

Conclusion générale

Conclusion générale

L'objectif de ce mémoire était de concevoir un modèle d'intelligence artificielle capable de corriger phonétiquement la parole atypique d'enfants présentant des troubles du langage, et de proposer un prototype d'application favorisant leur inclusion scolaire et sociale. Pour y parvenir, nous avons articulé notre travail autour de deux chapitres complémentaires : le premier a posé les fondements théoriques et cliniques du langage et de ses troubles ; le second a décrit la méthodologie de recueil et d'analyse des données vocales, ainsi que la modélisation informatique du système.

Notre recherche s'inscrit dans le constat d'une rupture fréquente entre les compétences langagières réelles de l'enfant et son intelligibilité orale, rupture qui génère des obstacles majeurs dans les apprentissages et les interactions. Partant de ce constat, nous avons formulé la problématique suivante : comment utiliser l'intelligence artificielle pour analyser la parole d'un apprenant et lui proposer une correction phonétique adaptée en temps réel ? Les hypothèses associées postulaient que les productions atypiques obéissent à des régularités stables, que l'analyse clinique permet d'extraire des constantes linguistiques, et qu'un modèle de reconnaissance automatique intégrant une matrice de correspondances phonétiques peut être entraîné à reconnaître et corriger la parole pathologique.

Les résultats obtenus confirment l'ensemble de ces hypothèses. Dans le premier chapitre, nous avons montré que le développement normal du langage suit une trajectoire chronologique bien documentée, servant de référentiel indispensable pour identifier les écarts pathologiques. L'étude du dysfonctionnement langagier a mis en évidence la diversité des troubles (articulatoires, retard de parole, dysphasie, dyslexie, etc.) et la nécessité d'une classification rigoureuse. La linguistique clinique, à travers des outils comme l'Alphabet Phonétique International et l'analyse des processus de simplification, permet de formaliser les

régularités sous-jacentes à la parole atypique, transformant des productions apparemment chaotiques en un ensemble de règles prédictibles.

Le second chapitre a concrétisé cette formalisation en présentant la méthodologie de recueil du corpus : enregistrements en milieu clinique, transcription phonétique, annotation systématique des erreurs, et création de paires (prononciation erronée / forme cible). L'avis d'une orthophoniste expérimentée a validé l'intérêt de l'application pour différents troubles, tout en soulignant la nécessité d'adapter le niveau de contextualisation du modèle. Le volet informatique a décrit les étapes de prétraitement, les technologies mobilisées (Flutter, Firebase, Speech-to-Text, modèles LLM), ainsi que l'architecture du système. Les algorithmes – c'est-à-dire l'ensemble des paires de correspondances phonétiques collectées – constituent la base de données essentielle qui permettra au système d'apprendre les règles de transduction entre production altérée et production cible.

Ainsi, notre travail apporte plusieurs contributions. Sur le plan théorique, il montre que la parole pathologique n'est pas un bruit aléatoire mais un système linguistique alternatif, doté de ses propres régularités, et que la linguistique clinique fournit les outils pour le décrire méthodiquement. Sur le plan méthodologique, il propose un protocole interdisciplinaire articulant observation clinique, transcription phonétique et modélisation algorithmique. Sur le plan appliqué, il jette les bases d'un prototype concret susceptible d'aider les enfants souffrant de troubles du langage à se faire comprendre plus facilement, réduisant leur frustration et favorisant leur maintien dans les interactions communicatives.

À l'issue de ce travail, nous avons le plaisir d'annoncer que le développement du prototype est désormais achevé. L'application, fonctionnelle et opérationnelle, sera testée et présentée en condition réelle lors de la soutenance de ce mémoire. Cette démonstration en direct permettra d'évaluer concrètement la capacité du système à traiter des énoncés

pathologiques en temps réel et à restituer une forme intelligible, incarnant ainsi le passage de la modélisation théorique à une solution technique opérationnelle.

Cependant, notre recherche comporte certaines limites. Le corpus, bien que conséquent (vingt-trois enregistrements et plusieurs centaines de paires phonétiques), reste restreint à une tranche d'âge et à une langue (l'arabe dialectal algérien). La variabilité intra-individuelle et la qualité variable des enregistrements peuvent affecter la généralisation des résultats. De plus, l'évaluation de l'application n'a pas encore été menée à grande échelle auprès des utilisateurs finaux (enfants, orthophonistes, enseignants).

Plusieurs perspectives s'ouvrent à l'issue de ce travail. À court terme, nous envisageons d'élargir le corpus à un plus grand nombre d'enfants et à d'autres profils pathologiques (dysarthries légères, bégaiement). À moyen terme, l'intégration de mécanismes d'apprentissage actif, où l'orthophoniste pourrait corriger les erreurs du système en temps réel, améliorerait l'adaptabilité du modèle. Enfin, une version mobile du prototype, testée en conditions écologiques (en classe, à la maison), permettrait d'évaluer son impact réel sur la communication quotidienne et l'inclusion scolaire.

En définitive, ce mémoire a démontré qu'une approche combinant rigueur clinique et intelligence artificielle peut transformer la parole atypique en un message compréhensible. Loin de vouloir remplacer l'orthophoniste, notre application se veut un outil de suppléance et d'autonomisation, au service des enfants, de leurs familles et des professionnels. Elle illustre la fécondité des ponts entre sciences du langage et technologies numériques pour répondre à un besoin humain essentiel : celui de communiquer et d'être compris. La démonstration prévue lors de la soutenance constituera une étape clé dans la validation de ce prototype et ouvrira la voie à de futures améliorations**.**

Bibliographie

Bibliographie

American Psychiatric Association. (2013). *Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux* (5e éd.). Auteur. [DSM-5]

Bernicot, J., & Bert-Erboul, A. (2009). *L'acquisition du langage chez l'enfant*. Presses Universitaires de France.

Bernicot, J., & Marcos, H. (1992). *Les échanges verbaux chez l'enfant*. Presses Universitaires de France.

Bishop, D. V. M. (2006). *Quelles sont les causes du trouble développemental du langage chez l'enfant ?* Current Directions in Psychological Science, 15(5), 217–221.

Boersma, P., & Weenink, D. (2021). Praat : *Faire de la phonétique par ordinateur* (Version 6.1.38) [Logiciel]. Université d'Amsterdam.

Bowlby, J. (1969). *Attachement et perte* (Vol. 1). Basic Books.

Broca, P. (1861). *Remarques sur le siège de la faculté du langage articulé*. Bulletins de la Société Anatomique, 6, 330–357.

Bruner, J. S. (1983). *Le langage de l'enfant : Apprendre à utiliser le langage*. Oxford University Press.

Bruner, J. S. (1991). *Car la culture donne forme à l'esprit*. Eshel.

Chevrie-Muller, C., & Narbona, J. (2007). *Le langage de l'enfant : Aspects normaux et pathologiques*. Masson.

Chollet, F. (2018). *Deep learning avec Python* (trad. française). Manning Publications.

Chomsky, N. (1965). *Aspects de la théorie syntaxique*. MIT Press.

Crystal, D. (1981). *Linguistique clinique*. Springer-Verlag.

Dumanoir, Y., & Heuillet, G. (2016). *La surdité chez l'enfant : Dépistage, appareillage et rééducation*. Masson.

ELAN. (2020). *ELAN* (Version 6.0) [Logiciel]. Institut Max Planck de psycholinguistique.

Grice, H. P. (1975). *Logique et conversation*. In P. Cole & J. L. Morgan (Éds.), Syntaxe et sémantique (Vol. 3, pp. 41–58). Academic Press.

Habib, M. (2000). *La dyslexie*. Solal.

Halliday, M. A. K. (1978). *Le langage comme sémiotique sociale*. Edward Arnold.

Holzinger, A. (2016). *Apprentissage machine interactif pour l'informatique de santé : Quand l'humain est-il dans la boucle ? Brain Informatics*, 3(2), 119–131.

Ingram, D. (1976). *Le handicap phonologique chez l'enfant*. Elsevier.

Ingram, D. (1989). *L'acquisition du langage premier : Méthode*, description et explication. Cambridge University Press.

Jakobson, R. (1963). *Essais de linguistique générale*. Éditions de Minuit.

Koehn, P. (2010). *Traduction automatique statistique*. Cambridge University Press.

Leonard, L. B. (2014). *Les enfants avec un trouble spécifique du langage* (2e éd.). MIT Press.

Mehler, J. (1978). *Le bébé et la parole*. La Recherche, 9(88), 110–118.

Meunier, C. (2005). *Recueil et traitement de la parole pathologique*. In Traitement automatique de la parole pathologique (pp. 45–62). Hermès.

Monfort, M. (2005). *L'évaluation du langage chez l'enfant*. Ortho Édition.

Montrais-Pfauwadel, M. C. (2003). *Le bégaiement : Approche plurielle*. Solal.

Organisation mondiale de la santé. (2019). *Classification internationale des maladies* (11e éd.). OMS.

Plaget, J. (1923). *Le langage et la pensée chez l'enfant*. Delachaux et Niestlé.

Piaget, J. (1947). *La psychologie de l'intelligence*. Armand Colin.

Price, C. J. (2012). *Revue et synthèse des vingt premières années d'études en TEP et IRMf sur la parole entendue*, le langage parlé et la lecture. NeuroImage, 62(2), 816–847.

Rondal, J. A. (2006). *Le développement du langage chez l'enfant*. Mardaga.

Saussure, F. de. (1916). *Cours de linguistique générale*. Payot. (Réédition 1964)

Schegloff, E. A. (2007). *L'organisation séquentielle dans l'interaction : Une introduction à l'analyse conversationnelle*. Cambridge University Press.

Searle, J. R. (1969). Les actes de langage : Essai de philosophie du langage. Cambridge University Press.

Tomasello, M. (2003). *Construire le langage : Une théorie de l'acquisition basée sur l'usage*. Harvard University Press.

Van Heuven, V. J., & Roelofs, A. (2020). *Facteurs contextuels dans la perception de la parole : De l'invariance acoustique à l'écoute située*. Journal of Phonetics, 78, 100934.

Vygotski, L. S. (1934). *Pensée et langage. La Dispute*. (Traduction française 1997)

Wernicke, C. (1874). *Le complexe symptomatique aphasique*. Cohn & Weigert.

World Medical Association. (2013). *Déclaration d'Helsinki de l'Association médicale mondiale : Principes éthiques applicables à la recherche médicale impliquant des êtres humains*. JAMA, 310(20), 2191–2194.

Annexes

Annexes

Annexe 1 : Corpus des paires phonétiques (production erronée → forme cible)

Légende : La forme entre crochets droits [ ] est la production altérée de l'enfant. La forme après = est la cible adulte standard attendue.

1. Aliments (fruits, légumes, plats)

[Felfel] = [Foufou] [Fulful]

[Batāta] = [Batātā] [Batāta]

[Tamātim] = [Tamāta] [Tamātim]

[Thūm] = [Toum] [Thūm]

[Fūl] = [Fooul] [Fūl]

[Tshīna] = [Tīna] [Tshīna]

[Banān] = [Bā'ān] [Banān]

[Bīttīkh] = [Bīttī] [Bittīkh]

[Anānās] = [Anānā] [Anānās]

[Basala] = [Bathala] [Basala]

[Khiyār] = [Khal] [Khiyār]

[Salāta] = [Salwāta] [Salāta]

[Tamātim] = [Tamtam] / [Matātim] [Tamātim]

[Khiyār] = [Khiyāl] / [Hiyāl] [Khiyār]

[Basala] = [Balālā] / [Batala] [Basala]

[Fulful] = [Fafal] [Fulful]

[Tuffāha] = [Fāha] / [Tuffāfha] [Tuffāha]

[Tuffāh] = [Thuffāh] [Tuffāh]

[Khiyār] = [Khiyābī] [Khiyār]

[Thūm] = [Tam] [Thūm]

[Blūl] = [Būl] [Blūl]

[Bādhinjān] = [Bājān] / [Djāl] [Bādhinjān]

[Sinnāriya] = [Anāriya] / [Tinnāriya] [Sinnāriya]

[Lūbiyā] = [Lūbā] [Lūbiyā]

[Khūkh] = [Khūt] [Khūkh]

[Ijāss] = [Klāj] [Ijāss]

[Mishmāsh] = [Māsh] / [Mishmūsh] [Mishmāsh]

[Frīz] = [Flīz] [Frīz]

[Lenjāss] = [Lenjās] [Lenjāss]

[Kartūss] = [Kātūss] [Kartūss]

[Thūt] = [Kūs] / [Thūs] [Thūt]

[‘Inab] = [‘Arab] [‘Inab]

2. Animaux et nature

[Dajāja] = [Majāja] / [Q-jāja] / [Sājā] / [Dalāja] / [Jāja] [Dajāja]

[Samā’] = [Sammā] / [Thamā] [Samā’]

[Jazara] = [Jajjara] [Jazara]

[Dallā‘] = [Dallāl] / [Lā‘] [Dallā‘]

[Baqara] = [Buqara] / [Bakara] / [Baqlah] / [Balla] / [Balālā] [Baqara]

[Kharūf] = [Khalūf] [Kharūf]

[Hashīsh] = [Hasīs] [Hashīsh]

[Wahsh] = [Wahh] / [Wahss] [Wahsh]

[Hisān] = [Sān] / [Hassān] / [Dāb] [Hisān]

[Kalb] = [Thalb] / [Halb] [Kalb]

[Bazzāf] = [Badāf] [Bazzāf]

[Qitta] = [Tatta] / [Katta] [Qitta]

[Ghazāla] = [Azāla] [Ghazāla]

[Arnab] = [Alnab] [Arnab]

[Hūta] = [Ūta] [Hūta]

[Samaka] = [Hūta] [Samaka]

[Sinjāb] = [Sijāb] [Sinjāb]

[Kanghar] = [Kadhar] [Kanghar]

[Halazūn] = [Lazūn] / [Az-zūn] [Halazūn]

[Nasr] = [Nasr] (arrêt sur N) [Nasr]

[Bitrīq] = [Trīq] [Bitrīq]

[Hayawān] = [Aywān] [Hayawān]

[Namir] = [Namal] / [Amir] [Namir]

[Hūriyya] = [Ūriyya] [Hūriyya]

[Dūda] = [Dūd] [Dūda]

[Asad] = [Abad] [Asad]

[Zarrāfa] = [Farāsha] [Zarrāfa]

[Sulhufāt] = [Al-hufāt] [Sulhufāt]

[Nammāla] = [Mannāla] [Nammāla]

3. Transport et objets

[Tayyāra] = [Tayyāh] / [Tayyāna] / [Tayyāla] / [Tayyā'] / [Tāra] [Tayyāra]

[Kāmiyū] = [Koumiyū] / [Thāmiyū] [Kāmiyū]

[Qītār] = [Kītār] / [Kīthār] / [Kthār] / [Ktār] / [Thīthār] / [Bītār] [Qītār]

[Fīlū] = [Drāja] / [Bīlū] [Fīlū]

[Muwāsalāt] = [Mulāwsāt] [Muwāsalāt]

[Sayyāra] = [Sayyāla] [Sayyāra]

[Sārūkh] = [Sarkh] / [Rūkh] [Sārūkh]

[Safīna] = [Samīna] / [Sabīna] / [Savīna] [Safīna]

[Kār] = [Kāl] / [Tār] / [Kāār] [Kār]

[Mūtū] = [Mūtū] (M aminci) / [Tūtū] / [Mutū] [Mūtū]

[Mahfadha] = [Kartabl-atū] / [Tartābal] / [Katāya] [Mahfadha]

[Zarbiyya] = [Kabbiyya] [Zarbiyya]

[Tabla] = [Taliya] [Tabla]

[Aqlām] = [Aklām] [Aqlām]

[Kursī] = [Samakī] / [Kallass] [Kursī]

[Sallūm] = [Sallū] [Sallūm]

[Hadīd] = [Hadīd] (H expiré) [Hadīd]

[Khizāna] = [Khithāna] / [Khuzāna] [Khizāna]

[Mā‘unkhāmjīn] = [Mākhjīn] [Mā‘unkhāmjīn]

[Ad-dār] = [Ad-dāl] [Ad-dār]

[Tāqa] = [Qāta] / [Tāka] [Tāqa]

[Furn] = [Furn] (F/M aminci) [Furn]

[Daqīqa] = [Dakīka] [Daqīqa]

[Miqlama] = [Miklama] [Miqlama]

[Mashdūd] = [Masdūr] [Mashdūd]

[Miftāh] = [Mitāh] / [Nafāt] [Miftāh]

[Qar‘a] = [Kal‘a] [Qar‘a]

[Nabūla] = [Būla] [Nabūla]

[Waraqa] = [Walka] / [Walqa] [Waraqa]

[Tilfizyūn] = [Tilfizyū] [Tilfizyūn]

[Brūklū] = [Rūklū] [Brūklū]

[Tāksī] = [Tātsī] [Tāksī]

4. Couleurs et formes

[Asfar] = [Affar] / [Ashfar] / [Asfal] [Asfar]

[Wardī] = [Wadi] / [Bedī] / [Wedī] / [Awdī] [Wardī]

[Azraq] = [Azzaq] / [Azra’] / [Azlak] / [Arrata] [Azraq]

[Dā’ira] = [Dā’ir] / [Darara] / [Dā’ila] [Dā’ira]

[Murabba‘] = [Burabba‘] / [Barba‘] / [Mabba‘] / [Marlaba‘] [Murabba‘]

[Muthallath] = [Mothallal] / [Mulath] / [Muthalt] [Muthallath]

[Mustatīl] = [Mou’īl] / [Mutattīl] [Mustatīl]

[Ahmar] = [Ahmal] / [Hammal] / [Wadī] [Ahmar]

[Bunnī] = [Bannī] / [Bunniyya] [Bunnī]

[Ramādī] = [Lamādī] [Ramādī]

[Hamrā’] = [Hamlā] [Hamrā’]

[Burtuqālī] = [Thānī] [Burtuqālī]

[Aswadfaqat] = [Awadfakāt] [Aswadfaqat]

[Sawdā’] = [Sawthāk] [Sawdā’]

[Lawnuhū] = [Nawnuhū] [Lawnuhū]

[Al-akhdar] = [Adhar] [Al-akhdar]

[Banafsajī] = [Banasjī] [Banafsajī]

[Tshīnī] = [Shīna] [Tshīnī]

[Safrā’] = [Savrā] [Safrā’]

[Dawriyya] = [Dawliyya] [Dawriyya]

5. Verbes, nombres et actions

[Kassara] = [Kassal] [Kassara]

[Thalātha] = [Thahātha] / [Thātha] [Thalātha]

[Batal] = [Tatal] [Batal]

[Tamūt] = [Mūt] [Tamūt]

[Nākul] = [Tākul] [Nākul]

[‘Addī] = [‘Abbī] [‘Addī]

[Khabbī] = [Habbī] [Khabbī]

[Yuhuttū] = [Yutū] [Yuhuttū]

[Tasālahū] = [Salahū] [Tasālahū]

[Nakhāf] = [Khāf] [Nakhāf]

[Tatatghadda] = [Ghadā] [Tatatghadda]

[Khabbīhādhihī] = [Habbīhādī] [Khabbīhādhihī]

[Darabahū] = [Darū] [Darabahū]

[Ta‘ālā] = [Ta‘āl] [Ta‘ālā]

[Yasfiku] = [Yathfiku] [Yasfiku]

[Yakhbitu] = [Akhbitu] [Yakhbitu]

[Wāhid] = [Wā’id] [Wāhid]

[Sitta] = [Tath-tha] / [Thanth] [Sitta]

[Khamsa] = [Hamsa] [Khamsa]

[Ihdā ‘ashar] = [Hidāshar] [Ihdā ‘ashar]

[Alf] = [Afal] [Alf]

6. Corps humain

[‘Ayn] = [‘Aynī] / [Ū] [‘Ayn]

[Anf] = [Ash-sham] [Anf]

[Udun] = [Wdīn] [Udun]

[Fam] = [Afam] / [Hum] [Fam]

[Yad] = [Aydī] / [Ad] [Yad]

[Rijl] = [Rijī] / [Lajul] [Rijl]

[Ra’s] = [Nanās] [Ra’s]

[Khashm] = [Hashm] / [Kham] [Khashm]

7. Expressions, démonstratifs et divers

[Hādhihī] = [Hādhī] / [Hāthī] [Hādhihī]

[A‘tīnī] = [‘Atīnī] / [A‘dūnī] [A‘tīnī]

[Hunā] = [Hanā] (H ouvert) [Hunā]

[Bravo] = [Blāfō] [Bravo]

[Ma‘andīsh] = [‘Adīsh] [Ma‘andīsh]

[Hāhiya ‘aynuhū] = [Hāhuwa ‘aynuhū] [Hāhiya ‘aynuhū]

[Hīnamā] = [Hīnahā] [Hīnamā]

[YāRabb] = [Ya Rabb] [YāRabb]

[Turāb] = [Turab] [Turāb]

[Mā-nahdar-sh] = [Ma-hdar-sh] [Mā-nahdar-sh]

[Mā’] = [Mū] [Mā’]

[Rājel] = [Rjel] [Rājel]

[Dubb] = [B] / [D] [Dubb]

[Rōz] = [Ghōz] [Rōz]

[Samā’] = [Thamā] [Samā’]

[Ard] = [Arrd] [Ard]

[Al-qalam] = [Al-qam] [Al-qalam]

[Imra’a] = [Arma] [Imra’a]

[Al-bihār] = [Al-bihāl] [Al-bihār]

[‘Alā] = [‘Al] [‘Alā]

[Aswad] = [Athwad] [Aswad]

[Qur’ān] = [Qān] [Qur’ān]

8. Règles phonologiques générales (substitutions observées)

[R] → [L] [Al-ibdāl]

[Q] → [K] [Al-ibdāl]

[Kh] → [H] [Khiyār] → [Hiyāl]

[Y] → [L] [Yad] → [Lad] (inféré)

[J] → [Z] [Jazara] → [Zazara] (inféré)

[Sh] → [S] [Shīna] → [Sīna]

[L] → [Y] [Lu‘ba] = [Yu‘ba], [Layl] = [Yayl]

[L] → [R] [Layl] → [Rayl] (inféré)

[T] → [Th] [Al-ibdāl]

[R] → [L] [Rijl] → [Lijil] (inféré)

Annexe 2 : Questionnaires de l'enquête

1. Questionnaire destiné aux orthophonistes

Informations générales

1. Sexe :
• Homme
• Femme

2. Nombre d'années d'expérience :
• Moins de 2 ans
• 2–5 ans
• 5–10 ans
• Plus de 10 ans

3. Type de patients suivis :
• Enfants
• Adolescents
• Adultes
• Tous
Troubles du langage

4. Quels troubles du langage rencontrez-vous le plus souvent ?
• Retard de langage
• Dysphasie• Troubles phonologiques
• Bégaiement
• Autre : _____

5. Les difficultés de prononciation affectent-elles l'apprentissage scolaire ?
• Oui beaucoup
• Oui modérément
• Peu
• Pas du tout

6. Quels sons ou difficultés phonétiques observez-vous le plus souvent ?
_____

Méthodes de prise en charge

7. Quels outils utilisez-vous actuellement ?
• Exercices papier
• Jeux éducatifs
• Applications numériques
• Travail oral direct
• Autre : _____

8. Utilisez-vous des technologies numériques dans vos séances ?
• Souvent
• Parfois
• Rarement
• Jamais

9. Quelles limites rencontrez-vous dans les outils actuels ?
_____

Intelligence artificielle et application proposée

10. Pensez-vous qu'une application IA de correction phonétique pourrait aider les patients
?
• Oui
• Non
• Peut-être

11. Quelles fonctionnalités seraient les plus utiles ?
• Correction immédiate• Retour audio
• Visualisation des erreurs
• Suivi des progrès
• Exercices personnalisés

12. Seriez-vous prêt(e) à tester une telle application ?
• Oui
• Non
• Peut-être

13. Suggestions ou remarques :
_____

2. Questionnaire destiné aux enseignants

Informations générales

1. Niveau enseigné :
• Primaire
• Moyen
• Secondaire

2. Nombre d'années d'expérience :
• Moins de 5 ans
• 5–10 ans
• Plus de 10 ans

Observation des troubles

3 Avez-vous déjà eu des élèves présentant des troubles du langage oral ?

• Oui
• Non

4. Ces troubles impactent-ils :
• La lecture
• La participation orale
• Les relations sociales
• Les résultats scolaires

5. Quels comportements observez-vous le plus souvent ?
_____

Accompagnement pédagogique

6. L'établissement dispose-t-il de moyens adaptés ?
• Oui
• Non
• Partiellement

7. Travaillez-vous avec des orthophonistes ou les parents ?
• Souvent
• Parfois
• Jamais

8. Quelles difficultés rencontrez-vous dans l'accompagnement de ces élèves ?

Technologies et IA

9. Pensez-vous qu'une application intelligente pourrait aider les élèves ?
• Oui
• Non
• Peut-être

10. Quels avantages attendez-vous ?• Amélioration de la prononciation
• Autonomie de l'élève
• Motivation
• Suivi personnalisé

11. Quelles inquiétudes pourriez-vous avoir concernant l'utilisation de l'IA ?
_____

12. Suggestions ou remarques :

_____

3. Questionnaire destiné aux parents

Informations générales

1. Âge de l'enfant :
• 3–5 ans
• 6–8 ans
• 9–12 ans

2. L'enfant suit-il des séances d'orthophonie ?
• Oui
• Non

Difficultés observées

3. Quels problèmes remarquez-vous chez votre enfant ?
• Difficulté à prononcer certains sons
• Difficulté à communiquer
• Retard de langage
• Difficultés scolaires
• Autre : _____

4. Ces difficultés affectent-elles :
• La confiance en soi
• Les relations sociales
• Les apprentissages scolaires

Utilisation des technologies

5. Votre enfant utilise-t-il des applications éducatives ?
• Souvent
• Parfois
• Jamais

6. Seriez-vous intéressé(e) par une application de correction phonétique basée sur l'IA ?
• Oui
• Non
• Peut-être

7. Quelles fonctionnalités seraient importantes pour vous ?

• Simplicité d'utilisation
• Exercices ludiques
• Suivi des progrès

• Conseils pour les parents
• Feedback audio

8. Quelles difficultés rencontrez-vous dans le suivi de votre enfant ?
_____

9. Suggestions ou remarques
_____

4. Questionnaire destiné aux médecins Pédiatres

Informations générales

1. Sexe :
• Homme
• Femme

2. Nombre d'années d'expérience :
• Moins de 5 ans
• 5–10 ans
• Plus de 10 ans

3. Lieu d'exercice :
• Hôpital
• Cabinet privé
• Centre spécialisé
• Clinique
• Autre : _____

Observation des troubles du langage

4. Rencontrez-vous des enfants présentant des troubles du langage oral ?
• Très souvent
• Souvent
• Parfois
• Rarement

5. Quels troubles observez-vous le plus fréquemment ?
• Retard de langage
• Troubles phonologiques
• Troubles de prononciation
• Troubles neurologiques associés
• Troubles du développement
• Autre : _____

6. À quel âge les troubles du langage sont-ils généralement détectés ?

• Avant 3 ans• Entre 3 et 5 ans
• Après 5 ans

7. Selon vous, le dépistage précoce est-il important ?
• Très important
• Important
• Peu important
• Pas important

Prise en charge et collaboration

8. Orientez-vous les enfants vers :
• Orthophonistes
• Psychologues cliniciens
• Neuropédiatres
• Enseignants spécialisés
• Autres spécialistes

9. Existe-t-il des difficultés dans la prise en charge multidisciplinaire ?
• Oui
• Non
Si oui, lesquelles ?

10. Pensez-vous que les parents sont suffisamment sensibilisés aux troubles du langage ?
• Oui
• Partiellement
• Non

Technologies et intelligence artificielle

11. Pensez-vous qu'une application basée sur l'IA pourrait aider dans :
Le suivi des progrès
La motivation de l'enfant
La rééducation à domicile
Le soutien aux spécialistes

12. Quelles fonctionnalités seraient les plus utiles ?
• Analyse automatique de la parole
• Feedback immédiat
• Historique des progrès
• Exercices adaptés
• Tableau de suivi pour les parents et spécialistes

13. Avez-vous des inquiétudes concernant l'utilisation de l'IA chez les enfants ?
• Oui

• Non
Si oui, lesquelles ?

14. Recommanderiez-vous l'utilisation d'une telle application comme outil complémentaire de suivi ?
• Oui
• Non
• Peut-être

15. Suggestions ou remarques
_____

5. Questionnaire destiné aux informaticiens / spécialistes en intelligence artificielle

Informations générales

1. Sexe :
• Homme
• Femme

2. Domaine de spécialisation :
• Intelligence artificielle
• Développement web
• Développement mobile
• Data Science
• Traitement du signal / parole
• Sécurité informatique
• Autre : _____

3. Nombre d'années d'expérience :
• Moins de 2 ans
• 2–5 ans
• 5–10 ans
• Plus de 10 ans

4. Avez-vous déjà travaillé sur des applications utilisant l'intelligence artificielle ?
• Oui
• Non

Connaissances et expérience

5. Connaissez-vous les technologies de reconnaissance vocale ou de traitement automatique de la parole ?
• Oui
• Partiellement

• Non

6. Selon vous, l'IA peut-elle contribuer à la correction phonétique et aux troubles du langage ?
• Oui• Non
• Peut-être

7. Quels domaines technologiques vous semblent les plus adaptés pour ce type d'application ?
• Machine Learning
• Deep Learning
• Reconnaissance vocale
• Traitement du signal audio
• Traitement automatique du langage naturel (NLP)
• Applications mobiles
• Cloud computing

Développement de l'application

8. Quelles fonctionnalités techniques seraient importantes ?
• Analyse vocale en temps réel
• Détection automatique des erreurs
• Feedback audio immédiat
• Historique des progrès
• Tableau de bord
• Interface intuitive

9. Quels défis techniques pourraient être rencontrés ?
• Qualité des données audio
• Variabilité de la prononciation
• Temps réel
• Sécurité des données
• Performance du modèle IA
• Compatibilité mobile

10. Pensez-vous qu'il est important de collaborer avec :
• Orthophonistes
• Psychologues cliniciens
• Enseignants
• Parents
• Médecins pédiatres

Utilisation et impact

11. Une telle application pourrait-elle améliorer :
L'autonomie de l'enfantL'accessibilité des soins

Le suivi des progrès
La motivation des enfants

12. Avez-vous des préoccupations concernant l'utilisation de l'IA dans ce contexte ?
• Oui
• Non
Si oui, lesquelles ?

13. Recommanderiez-vous le développement d'une telle solution ?
• Oui
• Non
• Peut-être

14. Suggestions ou remarques
_____

Annexe 3 : Document de référence de l'orthophoniste - repères développementaux du langage

	فقرات اختبار اللغة الاستقبالية		فقرات اختبار اللغة التعبيرية
	من الولادة - شهرين		
☐	1- يشير(يلوح) بيديه ناحية المتحدث	☐	1-الطفل يستطيع الرضاعة بدون شرقة
☐	2- الطفل يستمتع باتباه الأبوين إليه	☐	2-الطفل يصدر أصوات ناعمة ويناغي (المناغاة)
☐	3- مع أصوات في البيئة (هل ينتبه الطفل لاي صوت التفاعل)	☐	3-الطفل يستجيب للمتحدث اليه بالابتسام
☐	4- ينظر الطفل للمتحدث		
	من 3 شهور – 5 شهور		
☐	5- الطفل يدير رأسه لتحديد مصدر الصوت	☐	4-الطفل يستطيع تنويع نغمة البكاء (أحيانا طويل وأحيانا قصير واحيانا عالي وأحيانا منخفض)
☐	6-الطفل يبحث عن الشخص الذي يتحدث	☐	5-الطفل يصدر اصواتا تدل على السعادة أو عدم السعادة (الحزن)
☐	7-الطفل يستطيع التمييز بين صوتين مختلفين	☐	6- الطفل يصدر اصواتا عند التحدث اليه مع تحريك يديه ورجليه
☐	8-الطفل يضع الأشياء في فمه للتعرف عليها		
	من 6 شهور – 8 شهور		
☐	9-الطفل يهز الأشياء التي يلعب بها	☐	7-الطفل يعترض باستخدام إشارات أو أصوات
☐	10-الطفل يوقف اللعب عندما تنادي عليه	☐	8-الطفل ينطق صوتين متحركين مثل (/a/ - /O/)
☐	11-الطفل يتوقع ما سيحدث في الخطوة القادمة أثناء اللعب معه	☐	9- الطفل ينطق صوتين ساكنين مختلفين مثل (/b/ - /d/)
☐	12-الطفل يبحث عن مصدر الصوت الذي لا يراه	☐	10-الطفل يمزج الأصوات لتكوين مقطع
	من 9 شهور – 11 شهور		
☐	13-الطفل ينظر إلى الشخص أو اللعبة التي تنطق الأم اسمها وتشير إليها	☐	11-الطفل يحاول جذب انتباه الآخرين له
☐	14- يفهم الطفل قصدك لما تمد إيدك وتقول تعالى معي	☐	12-يستطيع الطفل ممارسة لعبة بسيطة مع الأم
☐	15 – الطفل يستجيب لأمر النهي "لا"	☐	13-يكلم الآخرين عن طريق حركات وإشارات
☐	16 – الطفل يفهم كلمه معينة لفرد في الأسرة أو شي مألوف أو كلمة مثل (باى باى)		
	من سنة – سنة و5 شهور		
☐	17 – الطفل يلعب بأكثر من لعبة فى نفس التوقيت	☐	14 – الطفل قادر على اصدار صوت (يناغى) مصاحبة حركة اليدين و الرجلين
☐	18 يستجيب الطفل للأوامر المألوفة بالاشارة	☐	15 – الطفل يشارك في لعبة مألوفة مع شخص آخر لمدة دقيقة إلى دقيقتين
☐	19 – يستطيع الطفل فهم الاستخدام الصحيح للأشياء أثناء اللعب	☐	16 – يصدر الطفل مقطعين متصلين
☐	20 - التعرف على الأشياء المألوفة من وسط أشياء متنوعة	☐	17 – لديه مفردات لغوية على الأقل كلمة واحدة
		☐	18 – الطفل يحاول يبدأ هو اللعب
		☐	19 – يلتف نظر الأبوين لوجود لعبة أو شئ معين عن طريق الاشارة اليه
		☐	20 – يصدر أصوات ساكنة متنوعة
	من سنة و6 شهور – وحتى سنة و11 شهور		
☐	21 – الطفل يتعرف على اجزاء الجسم (على نفسه، أو دبدوب)	☐	21 – يستطيع اخراج مقاطع عديدة مكونة من ساكن ومتحرك أو ساكن ومتحرك وساكن او ساكن ومتحرك وساكن ومتحرك
☐	22 – الطفل يفهم كلمات المنع مثل : (بس ، لا ، كفاية)	☐	22- ينطق الطفل مقاطع قصيرة مشابهة لكلام الام
☐	23 – يتعرف على صور الأشياء المألوفة	☐	23-الطفل يستطيع تقليد الكلمات
☐	24 – يستطيع فهم الأفعال الموجودة فى الجملة الحوارية	☐	24 – يستخدم الفاظ أو إشارات لطلب لعبة أو طعام
		☐	25- يستخدم الطفل حوالي 5 – 10 كلمات فى موقف معين
	من سنتين – سنتين و5 شهور		
☐	25 – يتعرف الطفل على الملابس	☐	26 - يسمى الطفل الاشياء الموجودة بالصور

مهارات
Mahara

☐	26 – الطفل يفهم كلمات تدل على المكان (جوه – بره – فوق)	☐	27 – يستخدم الطفل كلمات و عبارات التخاطب أكثر من الإشارة
☐	27 يستطيع الطفل التعرف على أحداث من خلال صور	☐	28 – يستخدم الطفل أسلوب الاستفهام
☐	28 الطفل يفهم ضمائر متصلة ومنفصلة متنوعة	☐	29 – الطفل يستخدم أساليب تدل على تطور البلاغة في لغته
		☐	30 – يعبر الطفل بجمل متنوعة أثناء الكلام التلقائي واللعب
من سنتين و6 شهور – وحتى سنتين و11 شهور			
☐	29 – الطفل يفهم استخدام الأشياء	☐	31 – الطفل يستخدم الجمل المنتظم
☐	30 - يستطيع الطفل فهم علاقة الجزء / الكل	☐	32 – الطفل يستطيع النطق بجمل من 3 – 4 كلمات أثناء الكلام التلقائي
☐	31 – يستطيع الطفل فهم كلمات الوصف البسيطة (كبير، صغير)	☐	33 – يستطيع الطفل الاجابة على صيغة الاستفهام ماذا (ايه) – أين (فين)
☐	32 – الطفل ينفذ أمر مكون من خطوتين بدون الاستعانه بالاشارة	☐	34 – يسطتيع الطفل استخدام الفعل الدال على المضارع
		☐	35 – يستطيع الطفل استخدام أسماء متنوعة، و أفعال، و ضمائر، صفات أثناء الكلام التلقائي
من 3 سنوات – 3 سنوات و5 شهور			
☐	33 – الطفل يفهم الكلمات الدالة على الكم (واحد، باقى، كل شوية)	☐	36 – الطفل يستطيع النطق بجملة من 4-5 كلمات
☐	34 – الطفل يفهم الضمائر (هو، هى، بتاعه، بتاعها)	☐	37 – الطفل يسمى أشياء متعددة موجودة فى صور
☐	35 – الطفل يفهم النفى فى الجملة	☐	38 – يستطيع الطفل التعبير عن كيفية عن استخدام الشئ
		☐	39 – الطفل يعبر عن مفهوم الكم بكلمات مثل (كثير، قليل، بذكر عدد)
		☐	40 – الطفل يستخدم الملكية باضة المالك للشئ (جزامة الولد)
		☐	41 – يعبر الطفل عن زمن الفعل الماضى
من 3 سنوات و6 شهور – وحتى 3 سنوات و11 شهور			
☐	36 – الطفل يتعرف على الالوان	☐	42 – الطفل يستخدم الكليمات الدالة على الحال
☐	37 – الطفل لدية قدرة على الاستنتاج	☐	43 – الطفل يجيب على الأسئلة بطيقة منطقية مع استخدام النفي
☐	38 – يستطيع الطفل فهم التصنيف	☐	44 – يستطيع الطفل التعبير عن عكس الكلمة (المعكوسات)
☐	39 – الطفل يفهم الصورة المتناظرة	☐	45 – الطفل يجيب اسئلة عن الاحداث الافتراضية
☐	40 – الطفل يفهم كلمات التفضيل مثل (أكثر من)		
من 4 سنوات – 4 سنوات و5 شهور			
☐	41 – يستطيع الطفل فهم الجمل الطويلة	☐	46 – الطفل يستجيب للسوال عن المكان (أين ؟)
☐	42 – يفهم الطفل الكلمات الدالة على الصفة (طويل – قصير)	☐	47 – يستطيع الطفل اكمال المتناظرات (الجمل باستخدان مهارة التداعي السمعي)
☐	43 – يفهم الطفل الكلمات الدالة على الاشكال	☐	48 – يستطيع الطفل تسمية الاشياء بعد وصف استخدامها
☐	44 – يستطيع الطفل فهم كلمات الدالة على (ظرف مكان) (تحت، وراء، جنب، قدام)	☐	49 – يستطيع الطفل التعبير عن المبنى للمجهول
من 4 سنوات و6 شهور – وحتى 4 سنوات و11 شهور			
☐	45 – يستطيع الطفل فهم المهن	☐	50 – يستجيب الطفل للاستفهام بلماذا ويعطى تفسير
☐	46 –يستطيع الطفل ادراك مفهوم الوقت (ليل – ونهار)	☐	51 – يستطيع الطفل تصنيف المجموعات
☐	47 – يستطيع الطفل فهم الجمل الطويلة	☐	52 – الطفل يعبر عن الصفات المتنوعة مثل (طويل – قصير)
☐	48 – يفهم الطفل جملة مكونة من اسم + صفتين	☐	53 – يستطيع الطفل تكرار جمل بنطق صحيح وقواعد صحيحة بدون تبسيط
☐	49 – يفهم ويتعرف الطفل على الاشياء من خلال وصفها	☐	54 – يستطيع الطفل التعبير عن المثنى
		☐	55 – يستطيع الطفل استخدام اسم الفاعل (المهنة) فى كلامه

مهارات
Maharat

من 5 سنوات – 5 سنوات و5 شهور			
☐	50 – يستطيع الطفل التعرف على الشئ الذي لا ينتمي إلى نفس المجموعة الضمنية	☐	56 – يستطيع الطفل صياغة السؤال بطريقة صحيحة ومفهوم وبقواعد سلمية استجابة للتنبيه بالصور
☐	51 – يستطيع الطفل فهم الكلمات التى تدل على العدد ثلاثة ، خمسة	☐	57 – الطفل يستطيع وصف المتشابهات
☐	52 – يتعرف الطفل على أجزاء جسمه الاصعب	☐	58 – يستطيع الطفل تسمية الأشياء المكونة لكل مجموعة ضمنيه
☐	53 – يستطيع الطفل فهم الجمل المبنية للمجهول		
من 5 سنوات و6 شهور – وحتى 5 سنوات و11 شهور			
☐	54 – يتطيع الطفل ترتيب الصور من الأكبر إلى الأصغر	☐	59 – يستطيع الطفل نطق اسم الشئ بعد نطق الصفة الخاصة به
☐	55 – يفهم الطفل الكلمات التى تدل على الكمية (النصف ، الكل)	☐	60 – يعد (يحصى) الطفل ويعطى الرقم الصحيح ويسمى الاشكال والالوان
☐	56 – يفهم الطفل الكلمات الدالة على الترتيب الزمني (أول ، آخر)	☐	61 – يستطيع الطفل إصلاح المعاني (المفهوم) الخاطئة في الجملة
من 6 سنوات – 6 سنوات و5 شهور			
☐	57 – يتعرف الطفل على الصوت الاول فى الكلمة	☐	62 – يستطيع الطفل تعريف الأسماء مع ذكر صفتين للشئ أو استخدامين
☐	58 – يستطيع الطفل فهم الكلمة الدالة على التحديد	☐	63 – يستطيع الطفل تصحيح أخطاء القواعد فى الجمل
☐	59 – يدرك الطفل الاصوات التى لها نفس الوزن	☐	64 – يستطيع الطفل التعبير باستخدام كلمات تدل على الكمية (فاضيه ، مليانه، اكثر من)
		☐	65 – يستطيع الطفل التعبير عن التفضيل (أكبر واحدة ، أطولهم)
من 6 سنوات و6 شهور – وحتى 6 سنوات و11 شهور			
☐	60 – يستطيع الطفل جمع وطرح أعداد الى العدد خمسة	☐	66 – يستطيع الطفل التعبير عن ظرف الزمان (قبل و بعد)
☐	61 – يفهم الطفل الكلمات الدالة على فصول السنة	☐	67 – يستطيع الطفل سرد قصة (تشمل مقدمة،تسلسل أحداث ، خاتمة)
☐	62 – يستطيع الطفل فهم الجملة الخطأ من ناحية القواعد	☐	68 – يستخدم الطفل الجمع الغير منتظم (التكسير)
من 7 سنوات – 7 سنوات و5 شهور			
☐		☐	69 – يستطيع الطفل اتباع الوزن (نفس نغمة الكلمة)
☐		☐	70 - يستطيع الطفل التعبير عن ظرف المكان (فى الوسط + حولين)
☐		☐	71 – يستطيع الطفل التعبير عن الاسم الموصول واسم الاشارة

اسم الطفل:
تاريخ التقييم:
تاريخ الميلاد:
العمر الزمني:

	الدرجة الخام	الدرجة المعيارية	العمر اللغوي المكافئ	نقطة الحد الفاصل
اللغة الاستقبالية				
اللغة التعبيرية				
المجموع				

نقاط الضعف باللغة الاستقبالية للطفل:

نقاط الضعف باللغة التعبيرية للطفل:

مهارات
Maharat

برنامج
التأهيل اللغوي



إعداد

أخصائي النطق واللغة

عبد العظيم مصطفى

٢٠١٢

برنامج التأهيل اللغوي

مقدمة :

انطلاقاً من حرصنا على تقديم الدعم والإرشاد ، وإيماناً بدورنا فى التأهيل ، ومن مبدأ العمل التكاملي قمت بوضع برنامج للتأهيل اللغوي للمتأخرين لغوياً يتضمن بعض الاستراتيجيات والفنيات البسيطة التي يستطيع الجميع القيام بها ، وقُسم البرنامج إلى مراحل هي :

١ -مرحلة تطوير المهارات الأولية

- تنمية الانتباه والتركيز .
- تنميه الإدراك البصري .
- تنميه الإدراك السمعي .
- تطوير المهارات الوظيفية .
- تكوين المفاهيم والعلاقات .

٢ - مرحلة بناء اللغة الاستقبالية

- تنمية مهارة الربط والتعرف
- التعرف على الفعل والفاعل
- التعرف على الصيغ الكلامية

٣ -مرحلة بناء اللغة التعبيرية :

- تسميه الأشياء المنتمية إلى فئات مختلفة .
- استخدام الأفعال وتكوين الجمل .
- استخدام المفرد والمثنى و الجمع .
- استخدام الظروف والضمائر وحروف الجر .
- استخدام الصفات والمتضادات .
- سرد والأحداث القصص .

3bdel3zim@gmail.com

الأنشطة التطبيقية

I. مرحلة تطوير المهارات الأولية :

الهدف التدريبي :

هو تكوين أو تطوير مهارات تعليمية أولية يحتاجها كل طفل في سنواته الأولي ولا غنى عنها في تنمية المهارات اللغوية والاجتماعية والاتصالية والمعرفية .

أولا : تنمية الانتباه والتركيز

- الجلوس على الكرسي باستقلالية وهدوء.
- تعزيز السلوك المستحب للطفل بالمكافأة وتجاهل السلوك الغير مستحب .
- التواصل البصري مع المدرب أو الأدوات المستخدمة في التدريب .
- تنمية الانتباه بالأنشطة الآتية :
  - العاب المكعبات والبازل
  - العاب المتاهات والمطابقة
  - نشاط لضم الخرز الملون
  - رسم وتلوين الأشكال المختلفة

ثانياً : تنمية الإدراك البصري :

- ترتيب المكعبات مختلفة الأحجام من الصغير إلى الكبير والعكس .
- ألعاب البازل والتعقب البصري و توجيه انتباه الطفل .
- التأزر البصري الحركي في رسم خطوط مستقيمة أو دائرية .
- إصابة الهدف من أبعاد مختلفة .
- أنشطة الأشكال ، وأمثلة ذلك :
  - التعرف و التمييز بين الأشكال الهندسية.
  - تتبع الأشكال الهندسية بالإصبع .
  - تتبع نقط الأشكال بالقلم .
  - مضاهاة الأشكال المتشابهة .
  - تلوين أشكال مرسومة .
- أنشطة الأحجام ، وأمثلة ذلك :
  - مضاهاة الأحجام المتشابهة .
  - ترتيب الأحجام في تسلسل .
- أنشطة الألوان ، وأمثلة ذلك :
  - مطابقة مكعبات مختلفة الألوان .
  - تجميع الأشكال ذات اللون الواحد.
  - ربط الألوان مع الأشياء.

ثالثاً : تنمية الإدراك السمعي :

- **الاستقبال السمعي :**
  - يطلب من الطفل الاستجابة لفظيا أو الإشارة عند سماع المؤثر .
- **تحديد مصدر الصوت :**
  - إصدار أصوات في اتجاهات مختلفة. يستخدم المدرب التوجيه اليدوي لمساعده الطفل في التعرف على اتجاه الصوت .
- **التمييز السمعي :**
  - التميز بين أصوات بيئية (حيوانات ، أشخاص ، مواصلات)
  - التمييز بين الكلمات أو الجمل حسب قدرات الطفل بأن يحدد إذا كانت الأصوات أو الكلمات أو الجمل متشابهه / مختلفة.
- **الإدراك السمعي :**
  - تدريب الطفل على إعادة ما سمع من الأصوات والكلمات أو الجمل.

رابعاً : تطوير المهارات الوظيفية :

- تنميه المهارات الحركية المشي ، القفز ، الوقوف داخل أو خارج أشكال مختلفة الأحجام .
- التدريب على القص و التلوين و رسم الأشكال الهندسية و الصور .
- التآزر البصري الحركي عن طريق :
  - الرسم بالإصبع ، بناء الأبراج بالمكعبات
  - ألعاب البازل ، التلوين و القص ، اللعب بالدمى
  - اللعب بالآلات الموسيقية البسيطة ، اللعب بالصلصال
  - رمي الحلقات على العمود ، رمي أكياس الرمل داخل وعاء كبير أو صغير.
- تنمية الأداء الوظيفي النطقي من خلال :
  - تمرينات تقوية عضلة اللسان
  - تمرينات تقوية النفس (النفخ و الشفط)
  - تمرينات تقوية عضلات الشفاه والخدين
  - تقوية حركة الفكين

خامساً : تكوين المفهوم :

- **المطابقة والمضاهاة :**
  - المجسمات و الصور المتشابهة .
  - الأدوات بالنسبة للوظيفة .
- **التصنيف والفئة :**
  - المجسمات و الصور المنتمية إلى فئات مختلفة مثل : الفاكهة ، الخضروات..... الخ .
- **مفهوم التشابه و الاختلاف :**
  - معرفه أوجه الشبه و الاختلاف بين المجسمات أو الصور المنتمية إلى فئات مختلفة.
- **مفهوم المكانية :**
  - مثل : أعلى / أسفل .
- **مفهوم الزمنية :**
  - مثل : النهار / الشمس .
- **السبب والنتيجة :**
  - معرفة الصلة بين النتائج والمسببات ، مثل : مفهوم قبل وبعد .

3bdel3zim@gmail.com

II. مرحلة بناء اللغة الاستقبالية :

الهدف التدريبي :
هو إيجاد قدرة على الفهم اللغوي من خلال التعرف على الأشياء وتمييزها وربطها بمدلولاتها اللفظية .

- **تنمية مهارة الفهم والاستيعاب والتعرف على المجموعات الضمنية :**

أفراد الأسرة ، أجزاء الجسم ، الملابس ، الحيوانات و الطيور ، الفاكهة و الخضروات ، المأكولات و المشروبات ، أجهزة المنزل و الأثاث ، أدوات الطعام ، وسائل المواصلات ، الألوان ، الأشكال و الأحجام ..... ، ويتم ذلك من خلال :

- **التعرف على الألعاب والمجسمات و الصور المألوفة :**
  - يقوم المدرب بتدريب الطفل على معرفه المجموعات السابقة

- **ربط الألعاب والمجسمات مع الصور :**
  - يقوم المدرب بوضع ٢- ٣ من أدوات اللعب على الطاولة في الجانب الأيسر، ثم يضع الصور المماثلة على الطاولة في الجانب الأيمن.
  - يطلب من الطفل أن يطابق اللعبة من اليسار بالصورة المماثلة باليمين
    مثال : مطابقة (مجسم قطه) مع صورة القطة .

- **التمييز بين أدوات اللعب و الصور :**
  - يقوم المدرب باختيار عدد من أدوات اللعب المجسمة أو الصور من المجموعات .
  - يضع المدرب هذه المؤثرات على الطاولة / الأرض أمام الطفل
  - يحدد المدرب عنصر ويطلب من الطفل أن يشير إليه . يستخدم المدرب في هذه المرحلة اللغة المفهومة للطفل ، مثال : أين الـ ..... ؟؟ ، أشر على ..... ، أعطني الـ .....
  - تزداد صعوبة هذا التمرين مع تطور استجابة الطفل إلي :
    - ما هو الشيء الذي تسمع به ؟ .... تشوف به ؟ ... تشم به ؟ .... الخ
    - أين الحيوانات اللي نركبها ؟
    - أين الطيور اللي نأكلها ؟
    - أين الحيوان اللي نأخذ منه الحليب ؟
    - أين المواصلات اللي نركبها ؟

- **التعرف على الفعل ومن يقوم به :**

  - أفعال الحياة اليومية (يصحو ، يأكل ، يشرب ، يلعب ، يشاهد ، ينام)
  - أفعال المشاعر (يضحك ، يبكى ، يصرخ ، يبتسم ، يتألم)
  - أفعال المطبخ (تطبخ ، تقطع ، تغطى ، ترمى ، تشوى)
  - أفعال المدرسة (يقرأ ، يكتب ، يرسم ، يجيب ، يركب الباص)
  - أفعال الحديقة (يركض ، يلعب بالكرة ، يقفز ، يتسلق ، يتزلج)
  - أفعال الأدوات (يفتح الباب ، يقطع بالسكين ، يستحم بالصابون)
  - أفعال الاستقلالية (يغسل وجهه ، ينظف أسنانه ، يقص أظافره ، يغسل يديه)
  - أفعال مهنية (يصلح السيارة ، يخبز الخبز ، يقطع اللحم ، يبيع يشترى)
  - أفعال حركية (يقف ، يجلس ، ينام ، يرفع يده ، يركل)
  - أفعال رياضية (يسبح ، يركض ، يرمى ، يفوز ، يخسر)

التدريب :

- تجهيز صور لمجموعة الأفعال السابقة
- يقوم المدرب باختيار ٤ صور من مجموعة الأفعال
- يضع المدرب هذه المؤثرات على الطاولة أمام الطفل
- يطلب من الطفل أن يشير إلى المؤثر الذي يذكره .

III.برنامج بناء اللغة التعبيرية :

الهدف التدريبي :

هو تطوير المستوي الفونولوجي والمورفولوجي وإنتاج وحدات لغوية لها دلالة ومعنى .

١ - تسمية المفردات :

أفراد الأسرة ، أجزاء الجسم ، الملابس ، الفاكهة و الخضروات ، المأكولات و المشروبات ، أجهزة المنزل و الأثاث ، أدوات الطعام ، الحيوانات و الطيور ، وسائل المواصلات ، الألوان ، الأشكال و الأحجام ، الأعداد

التدريب :

- يقوم المدرب باختيار ٢-٣ من أدوات اللعب أو الصور
- يطلب من الطفل تسمية الأشياء
- إذا لم يتمكن الطفل من تسميه الشيء فيمكن مساعدته بالتالي :

- تكرار الكلمة .
- إعطاء الصوت أو المقطع الأول للكلمة.
- تقليد مواضع النطق .

٢ - التوسيع اللفظي :

يقوم المدرب بتدريب الطفل على تكوين جمل بسيطة من كلمتين مع إعطائه معلومات جديدة . من خلال الاستجابة للأسئلة ، مثال :

- عندك كم يد ؟ ، كم أذن ؟ ، كم فم ؟
- ماذا تعطينا البقرة ؟
- ماذا فطرت اليوم ؟..... الخ من الأسئلة الحوارية .

٣ - بناء الجملة المركبة :

يقوم المدرب بتدريب الطفل على تكوين الجمل الصحيحة و تعلم القواعد اللغوية الأتية :

١. استخدام الأفعال والمفعول به .
٢. استخدام حروف الجر والعطف .
٣. استخدام جمل المثنى و الجمع .
٤. استخدام الضمائر و الصفات .
٥. استخدام الظروف المكانية .
٦. استخدام زمن الفعل .

٤ - سرد الأحداث والقصص :

- تدريب الطفل على سرد الأحداث التي مر بها يومياً .
- تدريب الطفل علي سرد بعض القصص المصورة البسيطة .

٥ - استخدام اللغة في سياق الكلام التلقائي .

3bdel3zim@gmail.com

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
مديرية التربية لولاية ميلة
وحدة الكشف والمتابعة
ثانوية مغلاوة رمضان.

تقرير نفسي

الأخصائي النفسي: هيوال كنزة
لقب واسم الطفل: لحماري نور الهدى.
السن: 15 سنة.
سنة التمدرس: رابعة متوسط.
السكن: ميلة.
الطفلة تعاني من إعاقة حركية.
سبب الإحالة على الفحص:
- تأخر حركي.
- تأخر لغة وعيوب كلام.

إجراءات التقييم:
المقابلة العيادية كانت بحضور الأم.
المقابلة مع الطفلة كانت بتقييم عام للمهارات المكتسبة والغير مكتسبة من أجل تحديدها ووضع خطة علاجية تتماشى ومكتسباتها.
من حيث التطور والمكتسبات وتطور القدرات النمائية والعمليات العقلية الكبرى كان التقييم باستعمال بعض

المقاييس والإختبارات واستعمال أدوات القياس

بالنسبة للقدرات والعمليات العقلية العليا التي تتمثل في الإنتباه والتركيز والفهم جيدة.

التمييز الصوتي جيد.

الجانب الإدراكي جيد.

تتفاعل مع الأنشطة المقدمة لها تلبي الأوامر مدركة لما يطلب منها.

تقييم الجانب اللغوي.

متمكنة من أغلب المسميات للمجموعة الضمنية.

توجد بعض العيوب الكلامية.

بالنسبة للتطور الحركي يوجد تأخر وتأخر في الحركات الدقيقة.

تحتاج إلى متابعة من أجل تطوير الجانب اللغوي والجانب الحركي وتطور مهارة الحركات الدقيقة.

الأخصائية



تقرير حالة

أجرى هذا التقرير في إطار البحث العلمي (مذكرة تخرج) للطفلة لحماري سلسبيل البالغة من العمر 18 مستواها الدراسي ثالثة ثانوي.

تبين أن الحالة تعاني من تأخر في النمو النفس حركي وذلك يتضح من خلال الفحوصات الطبية المكملة التي أجريت لها والتقييم الأرطفوني.

أثناء الملاحظة العيادية تبين لنا:

مستوى الانتباه والتفاعل مع الفاحص متوسط، النمو الحركي متوسط فهي تحتاج إلى المساعدة أحيانا أثناء المشي وأحيانا أخرى لا، التواصل البصري مستقر الاستجابة للتعليمات البصرية فورية في مواضع وتحتاج إلى تكرار في مواضع أخرى، السلوك العام يحتاج إلى توجيه مستمر كما أن الحركات الدقيقة ضعيفة جدا خاصة على مستوى اليدين.

من ناحية اللغة والتواصل: - اللغة الاستقبالية: فهم التعليمات البسيطة، تمييز المفردات الأساسية للغة.

- اللغة التعبيرية: صعوبة كبيرة في النطق بالإضافة إلى كلام غير واضح وغير مفهوم. تركيب الجمل سليم يعتمد على جمل بسيطة وغير مفهومة التواصل غير اللفظي غير موجود (لغة الإشارة) تعابير الوجه محدودة عدد المفردات المستعملة كاف نوعا ما صعوبة واضحة أثناء الكلام: ريتم غير منتظم مع وجود ارتفاع حاد للصوت ونبرة مرتفعة هذا كله يؤدي إلى لغة غير مفهومة للشخص الآخر مع وجود اضطراب نطقي يمس بعض الفونيمات مثل: [sh] [ʒ] [S] [ʕ] [γ] [Z] مع وجود اضطرابات أخرى مثل عسر الكتابة، عسر القراءة

BOUSSAHA W
Ep DJEBBAR
Spécialiste Orthophoniste

Annexes

- https://youtu.be/NlFqgcFy9Zk?feature=shared
- https://vm.tiktok.com/ZNRc9QGsd/
- https://vm.tiktok.com/ZNRc9CDcJ/
- https://www.tiktok.com/@orthophoniste.b.d/video/7552256846568901910?_r=1&u_code=ed8fi99em4g40l&preview_pb=0&sharer_language=fr&_d=elk2bhm29fd534&share_item_id=7552256846568901910&source=h5_m&timestamp=1781345620&item_author_type=1&utm_source=messenger&tt_from=messenger&enable_checksum=1&utm_medium=ios&share_link_id=6B00EC51-A629-4EF4-A5A6-152913FF6AF3&user_id=7349676218863944737&sec_user_id=MS4wLjABAAAAeD3iL6s78ChIgwJtFQCf7ZWA46rPAnOEMUZ5sd0dN7Zsee12D_4rxjXnsTGrUgM4&social_share_type=0&ug_btm=b8727,b2878&utm_campaign=client_share&link_reflow_popup_iteration_sharer=%7B%22click_empty_to_play%22:1,%22profile_clickable%22:1,%22dynamic_cover%22:1,%22follow_to_play_duration%22:-1%7D&share_app_id=1233&sp_root_share_link_id=6B00EC51-A629-4EF4-A5A6-152913FF6AF3&sp_root_d=elk2bhm29fd534&sp_level=1&sp_root_u=ed8fi99em4g40l
- https://vm.tiktok.com/ZNRc9Ubkb/
- https://www.tiktok.com/@orthophoniste.b.d/video/7580049463851519254?_r=1&u_code=ed8fi99em4g40l&preview_pb=0&sharer_language=fr&_d=elk2bhm29fd534&share_item_id=7580049463851519254&source=h5_m&timestamp=1781345674&item_author_type=1&utm_source=messenger&tt_from=messenger&enable_checksum=1&utm_medium=ios&share_link_id=45F378FF-9CFE-4B3D-BD6D-1DE40DC51AD3&user_id=7349676218863944737&sec_user_id=MS4wLjABAAAAeD3iL6s78ChIgwJtFQCf7ZWA46rPAnOEMUZ5sd0dN7Zsee12D_4rxjXnsTGrUgM4&social_share_type=0&ug_btm=b8727,b2878&utm_campaign=client_share&link_reflow_popup_iteration_sharer=%7B%22click_empty_to_play%22:1,%22profile_clickable%22:1,%22dynamic_cover%22:1,%22follow_to_play_duration%22:-1%7D&share_app_id=1233&sp_root_share_link_id=45F378FF-9CFE-4B3D-BD6D-1DE40DC51AD3&sp_root_d=elk2bhm29fd534&sp_level=1&sp_root_u=ed8fi99em4g40l

Annexe 4 : Déclaration originale de l'orthophoniste – consentement

دور الذكاء الاصطناعي في مساعدة عمل
الأخصائي الأرطفوني وتحسين تواصل
ذوي الاحتياجات الخاصة.

Rôle de l'intelligence artificielle dans l'assistance et l'amélioration de la tâche des orthophoniste auprès des enfants et l'amélioration de la communication chez les enfants à besoins spécifique.

تعريف الأرطفونيا : الأرطفونيا مصطلح مشتق من الكلمة اليونانية ortho التي تعني تقويم و phonie التي تعني الصوت وعليه يقصد بها تقويم الصوت.

المختص الأرطفوني

المختص الأرطفوني هو ذلك الذي يقيم ويشخص ويعالج الاضطرابات النطقية، تأخر الكلام، تأخر اللغة، التأتأة، الحبسة، الإعاقة السمعية.

تعريف اللغة :

تعرف على أنها مجموعة من الرموز المنطوقة تستخدم كوسائل للتعبير، وهي قد تشمل لغة الكتابة، أو لغة الحركات المعبرة (الايماءات، الإشارات).

شروط اكتساب اللغة

- سلامة الجهاز السمعي
- سلامة جهاز النطق
- سلامة الجهاز العصبي
- الصحة العامة للطفل
- الذكاء
- تركيب الأسرة والعلاقة بين أفرادها.
- جنس الطفل.
- المستوى الثقافي والاقتصادي.

مراحل النمو اللغوي عند الطفل

تنقسم إلى مرحلتين أساسيتين وهما المرحلة قبل اللغوية والمرحلة اللغوية، حيث يستخدمه كوسيلة لتلبية حاجياته والتواصل خاصة مع الأم، تليها مرحلة المناغاة التي يصدر فيها أصوات تكون في بدايتها عشوائية ثم تتمايز لتصبح وسيلة للتواصل مع الغير، ثم تليها مرحلة التقليد الذي يقوم بها بتعزيز من الراشد، وفي المرحلة اللغوية يبدأ الطفل في استخدام المقاطع المكونة من لمعنى الصوت بعدها يستخدم تشبه الكلمات مثلا كلمة بيبا هي تدل على الحليب، ثم ينتقل إلى الكلمة وبعدها إلى الجملة البسيطة إلى أن يصل إلى تكوين جمل كاملة وتصبح لغته تشبه لغة الراشد إلى حد كبير.

الإضطرابات التي يتكفل بها المختص الأرطفوني

- الإضطرابات النطقية (Les troubles d'artication)
- تأخر الكلام (retard de parole)
- تأخر اللغة (retard de langage).
- التأتأة (bégaiement).
- الحبسة (L'aphasie).
- الإعاقة السمعية (La Surdité).
- عسر القراءة (La dyslexie).

خاتمة الأخصائية الأرطفونية

في الختام بعد تصميم تطبيق يثبت على جهاز خاص موجه لمساعدة الأطفال ذوي الاحتياجات الخاصة الذين يعانون من مشاكل في اللغة خطوة مهمة نحو تحقيق تكافؤ الفرص وتعزيز إدماجهم في الوسط المدرسي.

فالتكنولوجيا اليوم ليست مجرد وسيلة ترفيه، بل أداة فعالة تسمح لنا بإضافة الخوارزمية التي تسمح لنا بترجمة لغة الطفل المشوهة للتواصل بشكل أفضل مع محيطهم.

ومن هنا، فإن تشجيع استعمال الذكاء الاصطناعي هو دعم حقيقي لمستقبل أكثر شمولا وإنصافا للجميع.

حتى يقع

أ/ أخصائية الأرطفونيا

عيادة أرطفونية
العنوان: شارع القدس
الهاتف: 0670.62.18.37
رقم الإعتماد: 175
من شولاق وهاب



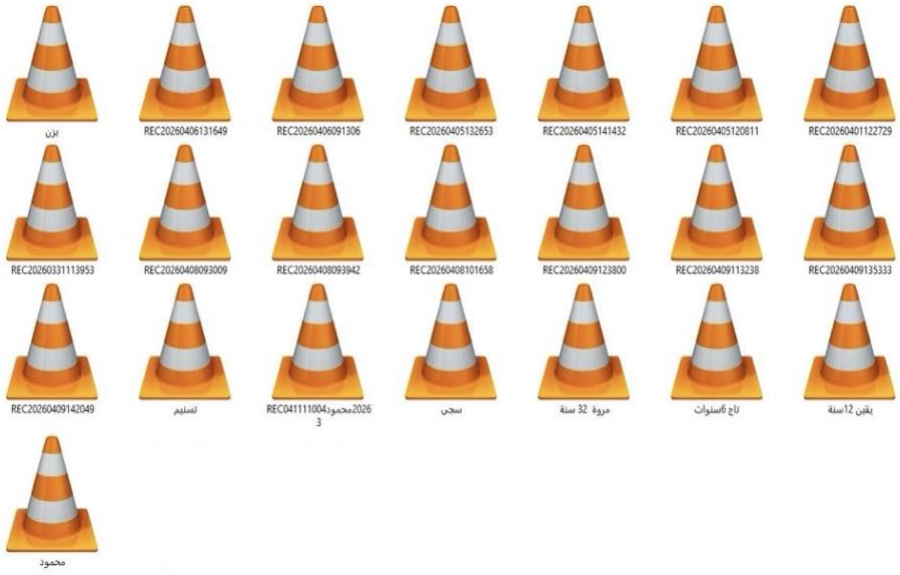
Certificat d'appreciation

La clinique de confort psychologique et sous la supervision de l'orthophoniste Dr Cheick Lehouine Amel, remet ce certificat d'apprécition à Mme Joulaïche Jouchra au vu de ses efforts pendant la période d'attente.

Dr Cheick Lehouine Amel

LAIRACHE ADNANE
Psychologue Clinicien

Annexe 5 : Corpus audio



Annexe 6: شهادة توطين / تحضين" مشروع مبتكر ضمن القرار 0081275 "المعدل والمتمم للقرار

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة المجاهد عبد الحفيظ بوالصوف-ميلة
حاضنة الاعمال الجامعية

BUSINESS INCUBATOR
حاضنة الأعمال لجامعة ميلة
business incubator, university of mila

رقم:2026/08

شهادة توطين / تحضين" مشروع مبتكر ضمن القرار 008المعدل والمتمم للقرار 1275"

أنا الممضي اسفله، السيد(ة): **بوسميد أحلام**
مسير (ة) حاضنة الأعمال: **جامعة -ميلة.**
المقر الاجتماعي /العنوان: ص.ب رقم RP.26 ميلة 43000 الجزائر.
رقم علامة الحاضنة : **0708243127**
تاريخ تسليم العلامة : **11 أوت 2024**
أشهد أن الطالب:

الاسم واللقب	تاريخ ومكان الازدياد	الطور	التخصص	الكلية
بوالعيش بشرى	1972-06-08 فرجيوة	الثانية ماستر	لغة فرنسية	الاداب واللغات
بوصبيعة امال	194-01-17 رجاص			

تحت اشراف الأستاذ / الاساتذة التالية أسمائهم:

الاسم واللقب	الرتبة	المعهد
العابد فاطمة الزهراء	أستاذ محاضر قسم أ	الأداب واللغات

- تم احتضانهما على مستوى حاضنة الأعمال لجامعة- ميلة بمشروع تحت اسم:

Conception d' un modèle d'intelligence artificielle pour la correction phonétique de la parole chez les apprenants présentant des troubles langagier

خلال السنة الجامعية **2025- 2026** الى يومنا هذا

سلمت هذه الشهادة بطلب من المعني(ة) للإدلاء بها في حدود ما يسمح به القانون.

حرر في ميلة: 2026-04-08

مديرة حاضنة الأعمال

مديرة حاضنة أعمال المركز الجامعي عبد الحفيظ بوالصوف ميلة
الدكتورة بوسميد أحلام

Objet: Demande d'autorisation pour étude de terrain – Master 2 Sciences du langage

Madame, Monsieur,

Dans le cadre de notre mémoire de Master 2 en Sciences du langage, nous réalisons un projet de recherche portant sur la conception d'une application dédiée à l'interprétation du langage d'enfants scolarisés présentant des troubles langagiers, nous sollicitons par la présente une autorisation officielle afin de mener une étude de terrain auprès de :

- ORTHOPHONISTES, PSYCHOLOGUES, CLINICISTS, PRIVES OU ETATIQUE
- CENTRE RAS EI Ma WILLAYA DE SETIF
- CENTRE de MILA DENFANTS TRESIMIES
- TOUS LES ETABLISSEMTS SCOLAIRE OU LES ENFANTS QUI REPRESENTENT
- LES TROUBLES LANGAGIERS AU NIVEAU DE LA WILLAYA DE MILA
- MEDECINS SPECIALISES DANS LE DOMAINES DES RETARDS PSYCHOMOTEURS

Ce travail de terrain a pour objectif de recueillir des données scientifiques nécessaires à la conception et à la validation de notre projet. Il comprendra :

- La collecte d'un corpus linguistique à travers des enregistrements audio d'enfants présentant des troubles langagiers ;
- La réalisation d'entretiens directifs ou semi-directifs avec des orthophonistes et des médecins spécialisés ;
- L'observation de séances de prise en charge, sous réserve d'accord préalable ;
- L'analyse qualitative et quantitative des données recueillies à des fins strictement académiques et scientifiques.

Nous nous engageons à respecter l'ensemble des principes éthiques en vigueur, notamment :

- L'anonymisation complète des données collectées ;
- Le respect strict de la confidentialité et de la protection des informations personnelles ;
- L'utilisation exclusive des données dans le cadre de ce projet universitaire.

وزارة التضامن الوطني و الأسرة و قضايا المرأة
المركز النفسي البيداغوجي ميلة

2026 ماي 14

مدير المركز
السيد . بوناب يوسف

Cette autorisation nous permettra de contacter officiellement les centres concernés et d'y effectuer les travaux nécessaires à la réalisation de notre projet.

Nous restons à votre disposition pour toute information complémentaire.

Nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur, l'expression de notre considération distinguée.

Nom et Prénom : BOULAICHE Bouchra

Nom et prénom : BOSBIA Amale

شباط ياسمينة
نفسانية عيادية

ZIANI AICHA
Spécialiste en Orthophonie

SOUIKI Halima
Psychologue Clinicienne

مديرة حاضنة أعمال المركز الجامعي
عبد الحفيظ بوالصوف - ميلة
الدكتورة بوسميد أحلام

Objet: Demande d'autorisation pour étude de terrain – Master 2 Sciences du langage

Madame, Monsieur,

Dans le cadre de notre mémoire de Master 2 en Sciences du langage, nous réalisons un projet de recherche portant sur la conception d'une application dédiée à l'interprétation du langage d'enfants scolarisés présentant des troubles langagiers, nous sollicitons par la présente une autorisation officielle afin de mener une étude de terrain auprès de :

- ORTHOPHONISTES, PSYCHOLOGUES, CLINICISTS, PRIVES OU ETATIQUE
- CENTRE RAS EI Ma WILLAYA DE SETIF
- CENTRE de MILA DENFANTS TRESIMIES
- TOUS LES ETABLISSEMTS SCOLAIRE OU LES ENFANTS QUI REPRESENTENT
- LES TROUBLES LANGAGIERS AU NIVEAU DE LA WILLAYA DE MILA
- MEDECINS SPECIALISES DANS LE DOMAINES DES RETARDS PSYCHOMOTEURS

Ce travail de terrain a pour objectif de recueillir des données scientifiques nécessaires à la conception et à la validation de notre projet . Il comprendra :

- La collecte d'un corpus linguistique à travers des enregistrements audio d'enfants présentant des troubles langagiers ;
- La réalisation d'entretiens directifs ou semi-directifs avec des orthophonistes et des médecins spécialisés ;
- L'observation de séances de prise en charge, sous réserve d'accord préalable ;
- L'analyse qualitative et quantitative des données recueillies à des fins strictement académiques et scientifiques.

Nous nous engageons à respecter l'ensemble des principes éthiques en vigueur, notamment :

- L'anonymisation complète des données collectées ;
- Le respect strict de la confidentialité et de la protection des informations personnelles ;
- L'utilisation exclusive des données dans le cadre de ce projet universitaire.

Cette autorisation nous permettra de contacter officiellement les centres concernés et d'y effectuer les travaux nécessaires à la réalisation de notre projet.

Nous restons à votre disposition pour toute information complémentaire.

Nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur, l'expression de notre considération distinguée.

Nom et Prénom : BOULAICHE Bouchra

Nom et prénom : BOSBIA Amale

LATRACHE AOUNANE
Psychologue Clinicien

مديرة ماضنة أعمال المركز الجامعي
عبد الحفيظ بوالصوف - ميلة
الدكتورة: بوسعيد أحلام

Orthophoniste Amel Benchaich

عيادة أرطفونية
العنوان : شارع القدس
الهاتف : 0670.62.18.37
رقم الاعتماد: 176

Annexe 7 :

شهادات المشاركة في الورشات والدورات التكوينية (بموجب القرار 008 المعدل والمتمم بالقرار 1275) - من طرف حاضنة الأعمال جامعة ميلة







الجمهوريـــة الجزائريـــة الديمقـــراطيـــة الشعبيـــة
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
حاضنة الأعمال لجامعة عبد الحفيظ بوالصوف -ميلة

University of Mila

BUSINESS INCUBATOR
حاضنة الأعمال لجامعة ميلة
business incubator, university of mila

شهادة مشاركة

منحت هذه الشهادة للطالب(ة): بوالعيش بشرى
بجامعة عبد الحفيظ بوالصوف- ميلة نظير مشاركته (ا) بدورة علمية منهجية
ضمن القرار 008 المعدل والمتمم للقرار1275 حول: كيفية إنشاء شركة والاطار
لقانوني المنظم لها يوم: الأحد 15 فيفري 2026

مديرة حاضنة الأعمال

مديرة حاضنة أعمال المركز الجامعي
عبد الحفيظ بوالصوف - ميلة
الدكتورة: بوسميد أحلام



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
حاضنة الأعمال لجامعة عبد الحفيظ بوالصوف -ميلة

University of Mila

شهادة مشاركة

منحت هذه الشهادة للطالب(ة): بوصبيعة أمال

بجامعة عبد الحفيظ بوالصوف- ميلة نظير مشاركته (ا) لورشة عملضمن القرار 008 المعدل

والمتمم للقرار1275 حول: تطوير نموذج العمل التجاري BMC المنظم لها

يوم: الثلاثاء 17 فيفري 2026

مديرة حاضنة الأعمال

مديرة حاضنة أعمال المركز الجامعي
عبد الحفيظ بوالصوف - ميلة
الدكتورة: بوسميد أحلام

BUSINESS INCUBATOR
حاضنة الأعمال لجامعة ميلة
business incubator, univesity of mila



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
حاضنة الأعمال لجامعة عبد الحفيظ بوالصوف -ميلة

University of Mila

BUSINESS INCUBATOR
حاضنة الأعمال لجامعة ميلة
business incubator, univesity of mila

شهادة مشاركة

منحت هذه الشهادة للطالب(ة): بوصبيعة امال

بجامعة عبد الحفيظ بوالصوف- ميلة نظير مشاركته (ا) بدورة علمية منهجية

ضمن القرار 008 المعدل والمتمم للقرار1275 حول: كيفية إنشاء شركة والاطار

لقانوني المنظم لها يوم: الأحد 15 فيفري 2026

مديرة حاضنة الأعمال

مديرة حاضنة أعمال المركز الجامعي
عبد الحفيظ بوالصوف - ميلة
الدكتورة: بوسميد أحلام



الجمهوريـــة الجزائريـــة الديمقـــراطيـــة الشعبيـــة
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
حاضنة الأعمال لجامعة عبد الحفيظ بوالصوف -ميلة

شهادة مشاركة

منحت هذه الشهادة للطالب(ة): بوصبيعة أمال
بجامعة عبد الحفيظ بوالصوف- ميلة نظير مشاركته (ا) بالدورة التكوينية
ضمن القرار 008 المعدل والمتمم للقرار1275 حول: كيفية الحصول على وسم-لابل
مشروع مبتكر ليوم: الثلاثاء 03 فيفري 2026

مديرة حاضنة الأعمال

مديرة حاضنة أعمال المركز الجامعي
عبد الحفيظ بوالصوف - ميلة
الدكتورة: بوسميد أحلام

BUSINESS INCUBATOR
حاضنة الأعمال لجامعة ميلة
business incubator, univesity of mila

Abstract

This thesis, situated within the field of language sciences, focuses on the design and implementation of an artificial intelligence prototype for phonetic speech correction in children presenting with language disorders (articulation disorders, speech delay, dysphasia). The objective is to develop a mobile application capable of analyzing impaired oral productions and proposing real-time correction, in order to promote educational and social inclusion.

An interdisciplinary methodology was adopted, bridging clinical speech therapy and computational modeling. A corpus of pathological speech was compiled from audio recordings. The oral productions were transcribed, annotated, and structured into pairs (error/target). A survey involving relevant stakeholders (speech therapists, psychologists, pediatricians, teachers, parents, computer scientists) helped validate the relevance of the project.

The prototype, which is now complete, will be presented and tested during the defense. This work demonstrates the value of a hybrid approach combining clinical linguistics and artificial intelligence to meet the needs of individuals suffering from language disorders.

Keywords: language sciences, clinical linguistics, artificial intelligence, language disorders, prototype.

.

.

الملخص

تندرج هذه المذكرة ضمن حقل علوم اللغة، وتتمحور حول تصميم وإنجاز نموذج أولي قائم على الذكاء الاصطناعي للتصحيح الصوتي للكلام لدى الأطفال الذين يعانون من اضطرابات لغوية (اضطرابات النطق، تأخر الكلام، الديسفازيا/عسر الكلام). يكمن الهدف في تطوير تطبيق هاتفي قادر على تحليل الإنتاجات الشفوية المضطربة واقتراح تصحيح لها في الوقت الفعلي، من أجل تعزيز الإدماج المدرسي والاجتماعي.

تم اعتماد منهجية متعددة التخصصات، تجمع بين الممارسة العيادية الأرطوفونية (علاج النطق) والنمذجة الحاسوبية. كما تم بناء مدونة كلام مرضي انطلاقاً من تسجيلات صوتية، حيث نُسخت الإنتاجات اللغوية ودُونت وهُيكلت في شكل أزواج (الخطأ/الهدف). وقد سمح استبيان شمل الفاعلين المعنيين (أخصائيي علاج النطق، أطباء نفسيين، أطباء أطفال، معلمين، أولياء أمور، ومختصين في الإعلام الآلي) بالمصادقة على وجاهة هذا المشروع وأهميته.

سيتم عرض النموذج الأولي، الذي اكتمل إنجازه الآن، واختباره أثناء جلسة المناقشة. يُظهر هذا العمل مدى أهمية المقاربة الهجينة التي تجمع بين اللسانيات العيادية والذكاء الاصطناعي لتلبية احتياجات الأشخاص الذين يعانون من اضطرابات اللغة.

الكلمات المفتاحية : علوم اللغة، اللسانيات العيادية، الذكاء الاصطناعي، اضطرابات اللغة، نموذج أولي.

.