



HAL
open science

État de l'art sur les applications dédiées à la rééducation de personnes aphasiques

Ben Aziza Oussama, Isabelle Pecci, Benoît Martin

► To cite this version:

Ben Aziza Oussama, Isabelle Pecci, Benoît Martin. État de l'art sur les applications dédiées à la rééducation de personnes aphasiques. Actes de la 32e conférence francophone sur l'Interaction Humain-Machine (IHM'20.21), Apr 2021, Virtual Event, France. pp.12:1-25, 10.1145/3450522.3451327 . hal-03567061

HAL Id: hal-03567061

<https://hal.science/hal-03567061>

Submitted on 11 Feb 2022

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

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

État de l'art sur les applications dédiées à la rééducation de personnes aphasiques

State Of The Art Review On Applications Dedicated To The Rehabilitation Of People With Aphasia

Ben Aziza, B.A., Oussama
Laboratoire de Conception,
Optimisation et Modélisation des
Systèmes, Université de Lorraine,
Metz

Isabelle, I., Pecci
Laboratoire de Conception,
Optimisation et Modélisation des
Systèmes, Université de Lorraine,
Metz

Benoît, B., Martin
Laboratoire de Conception,
Optimisation et Modélisation des
Systèmes, Université de Lorraine,
Metz

ABSTRACT

Aphasia is a language disorder that often occurs following a stroke. The objective of our study is to give an overview of the use of desktop technologies, oriented towards augmented, mixed or virtual reality. An exploratory search of medical and computer article databases (Google Scholar, ResearchGate, Taylor and Francis, PubMed and ACM digital library) found 1728 articles on the subject. A multi-criteria selection method identified 44 relevant articles. Based on these articles, this paper presents the interaction techniques used for rehabilitation. It also presents the methods used with a description of the user tests carried out: protocol, participants and results. Our study shows that the use of computer programs can help rehabilitate aphasic people. But little research has been done on the use of innovative technologies based on augmented, mixed or virtual reality. We conclude with recommendations and suggestions to further the research in this subject.

CCS CONCEPTS

• **Human-centered computing**; • **Human computer interaction (HCI)**; • **Interaction paradigms, Human-centered computing**; • **Interaction technique**;

KEYWORDS

State of the Art Review, Aphasia, Rehabilitation, Virtual Reality, Mixed Reality, Tangible Interface

RÉSUMÉ

L'aphasie est un trouble du langage qui apparaît souvent à la suite d'un Accident Vasculaire Cérébral (AVC). L'objectif de notre étude est de donner un aperçu sur l'usage des technologies de type bureau, orientées réalité augmentée, mixte ou virtuelle. Une recherche exploratoire dans des bases de données d'articles médicaux et informatiques (Google Scholar, Researchgate, Taylor and Francis, PubMed et ACM digital library) a permis de trouver 1728 articles sur le sujet. Une méthode de sélection multicritères a dégagé 44 articles pertinents. À partir de ces articles, ce papier présente les techniques d'interaction utilisées pour la rééducation. Il présente également

les méthodes utilisées avec une description des tests utilisateurs réalisés : protocole, participants et résultats. Notre étude montre que l'utilisation de programmes informatiques peut aider à rééduquer des personnes aphasiques. Mais peu de recherches portent sur l'utilisation de technologies innovantes à base de réalité augmentée, mixte ou virtuelle. Nous concluons par des recommandations et suggestions pour approfondir la recherche sur ce sujet.

MOTS-CLÉS

État de l'art, Aphasie, Rééducation, Réalité virtuelle, Réalité Mixte, Interface tangible

1 INTRODUCTION

Après un accident vasculaire cérébral ou un traumatisme cérébral, il existe un risque élevé que les personnes atteintes développent une aphasie. Il s'agit d'un handicap qui affecte les facultés linguistiques de ceux qui en souffrent. La compréhension et l'expression du langage peuvent être perturbées à un degré variable. Dans les cas graves comme l'aphasie globale, les deux sont gravement compromises [1]. En France, on estime que 30000 personnes développent chaque année une aphasie à la suite d'un accident vasculaire cérébral [2].

L'ampleur du déficit linguistique, qu'il soit sémantique, phonologique ou de compréhension, détermine le type d'aphasie. Il existe de nombreux types qu'il est difficile de clairement identifier tant les recoupements entre eux sont fréquents. Par contre, il est important de noter que ces types d'aphasie se répartissent en deux grands volets : l'aphasie fluente et l'aphasie non fluente. L'aphasie fluente est caractérisée par une paraphasie phonémique et sémantique qui se manifeste en discours contenant des mots dénués de sens mais ressemblant phonétiquement à la langue parlée. Le taux de parole par minute varie de normal à élevé. L'aphasie non fluente se caractérise par un faible taux de mots par minute et les phrases produites sont agrammatiques. L'aphasie de Wernicke et l'aphasie de Broca sont des exemples notables respectivement d'aphasie fluente et non fluente [3].

IHM '20.21, April 13–16, 2021, Virtual Event, France

© 2021 Copyright held by the owner/author(s). Publication rights licensed to ACM. This is the author's version of the work. It is posted here for your personal use. Not for redistribution. The definitive Version of Record was published in *Actes de la 32e conférence Francophone sur l'interaction Humain-Machine (IHM'20.21), April 13-16, 2021, Virtual Event, France.*
<https://doi.org/10.1145/3450522.3451327>

L'aphasie a de graves répercussions sur la capacité d'une personne à communiquer dans son environnement de travail ainsi que sur sa capacité à établir et/ou à maintenir des relations sociales. Elle entraîne donc un sentiment de solitude et d'isolement qui peut se transformer en dépression [4]. Vu la sévérité de cette maladie, des recherches considérables ont été menées pour améliorer et trouver de nouvelles méthodes de thérapie utilisant à la fois les techniques classiques appliquées par les orthophonistes dans un cadre clinique mais aussi de nouvelles basées sur des technologies informatiques.

Il existe des états de l'art sur le sujet, mais ceux-ci restent soit trop généralistes comme la rééducation dans le cas de déficits neurologiques [5], soit très ciblés comme l'utilisation de la réalité virtuelle (RV) pour des pathologies liées au langage en incluant des articles sur la thérapie physique [6], ou encore comme l'analyse détaillée des applications faites pour la télééducation en cas d'aphasie [7]. Dans ce contexte, la télééducation se définit comme un traitement comprenant une communication pendant le traitement synchrone, asynchrone, directe et/ou indirecte à distance avec un orthophoniste.

Notre revue de l'état de l'art vise à explorer et à analyser les applications informatiques utilisées pour le traitement de l'aphasie. Il s'agit d'identifier les avancées en termes de nouvelles techniques d'interaction et en particulier de voir si des solutions exploitant la réalité augmentée (RA), la RV ou les interactions tangibles existent et fonctionnent dans ce type de traitement. Pour y parvenir, notre étude explore la thérapie mise en œuvre en termes de techniques d'interaction et de techniques de rééducation afin de comprendre le niveau d'efficacité et l'impact sur les personnes aphasiques.

2 MÉTHODES DE RÉÉDUCATION CONVENTIONNELLE DE L'APHASIE

Les patients atteints d'aphasie suivent des séances de rééducation auprès d'orthophonistes. Vu la diversité des manifestations de l'aphasie chez chaque patient, il n'existe pas de méthode de rééducation unique pouvant être appliquée à grande échelle. Ainsi les orthophonistes adoptent une approche spécifique à chaque patient. Ils appliquent divers exercices sémantiques basés sur les relations contextuelles des mots, en conjonction avec des exercices phonétiques et syllabiques. L'aphasie sévère peut également nécessiter des exercices de renforcement des capacités cognitives. Il est également important de noter que chaque centre de traitement de l'aphasie et chaque orthophoniste libérale utilisent leurs propres approches.

Afin de procéder à une compréhension complète de l'analyse effectuée sur les articles vus dans cette étude, il est nécessaire de définir les techniques de rééducation qui sont mentionnées dans les articles examinés. Certaines méthodes de thérapie mentionnées peuvent être adaptées différemment ou mises à jour selon le cas d'utilisation spécifique.

2.1 La méthode SFA

La méthode SFA (Semantic Feature Analysis) capitalise sur la connexion entre les caractéristiques lexicales des mots ou des concepts pour stimuler le réseau sémantique du cerveau afin d'aider au rappel des mots. Cela se fait par l'utilisation de schémas d'analyse des caractéristiques qui contiennent des questions relatives au mot

recherché, comme ses caractéristiques, ses propriétés et ses associations [8].

Généralement, SFA est appliquée en montrant au patient une image (par exemple, «une fourchette») et en lui demandant de décrire certaines de ses caractéristiques, comme ses utilisations («manger»), des mots avec lesquels il peut être associé («nourriture») ou son apparence («métallique»). En répondant à ces questions, oralement ou par écrit, le patient pourrait trouver le mot.

2.2 La méthode PCA

La méthode PCA (Phonological Component Analysis) utilise une approche inspirée du SFA, mais qui repose sur des principes fondamentaux différents. Au lieu d'utiliser des stimuli sémantiques, elle s'appuie sur des indices phonologiques comme les phonèmes au début ou fin du mot (par exemple [f] pour le début et [t] pour la fin) ou le rappel de mots qui riment avec le mot recherché («Achète»). La méthode PCA exploite le processus lexico-phonologique du cerveau [9].

2.3 La méthode VNeST

La méthode VNeST (Verb Network Strengthening Treatment) s'appuie sur les réseaux sémantiques autour des verbes transitifs. De par leur nature, les verbes nécessitent un sujet et un complément pour être utilisés dans une phrase. Ainsi, la méthode VNeST applique la théorie selon laquelle travailler autour de la construction de phrases à partir d'un verbe transitif facilitera la production de plusieurs mots puisqu'ils peuvent s'utiliser avec le verbe.

Une application de la méthode VNeST présentée dans [10] consiste à donner au patient un verbe transitif (par exemple «Examiner») et à lui demander d'ajouter le sujet (par exemple «Ingénieur», «Médecin», «DéTECTIVE») et des compléments d'objet (par exemple respectivement «Moteur», «Patient», «Scène»). Parmi les phrases produites («Un ingénieur examine un moteur», «un médecin examine un patient», «un détective examine une scène»), une d'entre elle est choisie («un médecin examine un patient») et le patient est ensuite invité à répondre à des questions de type où («à l'hôpital»), quand («la nuit») et pourquoi («pour se soigner»).

2.4 La méthode ST

La méthode ST (Script Training) est la répétition de phrases ou de mots à l'aide de stimulations textuelles ou auditives. Des scripts de communication sont proposés (par exemple, acheter des légumes au supermarché); ils contiennent généralement des phrases et des mots utiles pour la communication courante et sont utiles pour aider les personnes aphasiques à développer des phrases familières et faciles à mémoriser (cf. quelques exemples dans [11]).

2.5 Les méthodes CILT et ILAT

Les méthodes CILT (Constraint-Induced Language Therapy) et ILAT (Intensive Language-Action Therapy) sont toutes deux basées sur la méthode CIMT (Constraint-Induced Movement Therapy). Il s'agit d'une méthode thérapeutique visant à récupérer l'usage des membres affectés par un accident vasculaire cérébral en limitant l'utilisation des membres fonctionnels pour forcer le patient à n'utiliser intensément que les membres touchés.

La méthode CILT interdit l'utilisation de tout moyen de communication autre que la parole dans les exercices. Ces exercices se présentent généralement sous la forme d'un jeu de cartes et sont effectués avec un régime intense. Par exemple, l'objectif du jeu de cartes décrit dans [12] est de collecter le plus grand nombre de paires de cartes identiques. Le patient doit communiquer les caractéristiques des cartes qu'il souhaite sélectionner parmi les cartes des autres joueurs et il ne peut le faire que verbalement.

L'utilisation des jeux de cartes comme moyen d'encourager la communication verbale est inspirée de la méthode ILAT [13]. La différence la plus pertinente entre les deux méthodes est que la méthode ILAT n'interrompt pas la communication non verbale si elle est utilisée.

2.6 La méthode CH

La méthode CH (Cueing Hierarchy) utilise des indices sémantiques, phonologiques, visuels et/ou gestuels pour faciliter le rappel des mots. Les indices sont ordonnés en fonction de leur utilité dans le contexte de stimulation choisi pour trouver un mot [14]. Il existe ainsi de nombreuses variantes en fonction de la relation d'ordre utilisée. Par exemple, pour trouver le mot « chat », l'orthophoniste peut proposer des indices de plus en plus forts avant de demander le mot à haute voix et de le faire répéter :

- Un indice visuel : Une photo d'un chat.
- Un indice sémantique : « C'est un animal de compagnie ».
- La première lettre : C _ _ _ _.
- Un indice phonologique : « Répétez le premier phonème : [ʃ] »

2.7 La méthode CT

La méthode CT (Conversation Therapy) se focalise sur le renforcement des capacités d'interactions sociales des personnes aphasiques et sur l'amélioration de leurs compétences conversationnelles quotidiennes. Cela inclut parfois l'ajout d'un partenaire de conversation pour mieux communiquer avec les personnes aphasiques [15]. Il s'agit d'une discussion ouverte souvent sur des sujets qui touchent le patient.

3 PROCÉDURE DE SÉLECTION DES ARTICLES

Dans cette section, nous décrirons la procédure utilisée pour la sélection des articles, notamment les bases de données et les moteurs de recherche utilisés pour recueillir les informations, les critères d'inclusion et les mots clés utilisés. Cet article étant une revue de l'état de l'art, une approche non exhaustive a été adoptée dans le processus de sélection des articles. Les principaux critères utilisés pour la sélection finale sont la nouveauté de la technologie et la date de publication. Dans le cas où plusieurs articles sont écrits par les mêmes auteurs, qui ne sont pas suffisamment distincts au niveau de la technologie ou la méthode utilisée, le plus récent a été conservé. Nous avons sélectionné des articles centrés sur la récupération de la parole et des compétences linguistiques par opposition aux approches pragmatiques qui n'utilisent pas la parole (les gestes, etc.)

Les bases de données et moteurs de recherche utilisés sont les suivants : "Google Scholar", "ResearchGate", "Taylor & Francis",

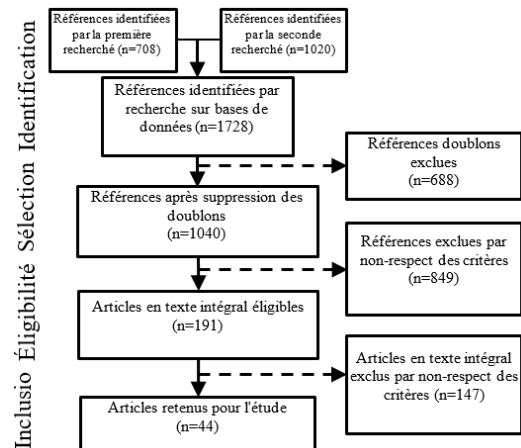


Figure 1: Processus de sélection des articles

"PubMed" et "ACM Digital Library". Nous avons effectué deux recherches avec les requêtes suivantes :

- Aphasia AND (Rehabilitation OR Therapy) AND (Virtual Reality OR Augmented Reality OR Human Computer Interaction OR Tangible Interaction OR Computer Science OR Mixed Reality)
- Aphasia AND (Rehabilitation OR Therapy) AND X où X ∈ {Pc Based, Virtual Reality, Head Mount Display, Augmented Reality, Tangible Interface, Tablet, Smartphone}

Pour la première recherche nous avons utilisé une seule requête alors que pour la seconde nous avons utilisé plusieurs requêtes avec une base commune en introduisant une variabilité sur le type de dispositif. Tous les résultats ont été enregistrés pour tous les moteurs sauf "Google Scholar". Pour ce dernier, nous avons utilisé une heuristique basée sur les citations/année [16] en raison du nombre considérable de résultats, ce qui nous a permis de retenir les 100 premiers résultats pour la première recherche et les 50 premiers résultats pour chaque équation utilisée dans la seconde recherche.

Au début de notre recherche, les articles ne contenant pas de tests cliniques ont été exclus. Mais comme très peu de tests cliniques ont été menés sur des participants aphasiques en utilisant des technologies comme la RV immersive (i.e. utilisant un casque de RV) et la RA, le critère d'inclusion exigeant l'existence d'un test clinique a été supprimé et les articles décrivant une preuve de concepts et la qualité de l'expérience utilisateur ont été pris en compte.

Les critères d'exclusion et inclusion sont :

- L'article doit cibler un aspect de la réhabilitation de l'aphasie. Cela inclut les facultés liées au langage comme la parole, l'écriture, la compréhension.
- L'article doit être rédigé en anglais ou en français.
- L'article doit utiliser un programme et une technologie basés sur l'Interaction Humain Machine (IHM).
- Les articles des mêmes auteurs qui n'ajoutent pas d'informations significatives sont exclus.
- Les articles qui utilisent des stimuli externes comme les médicaments sont exclus.

- Les articles qui utilisent une technologie obsolète sont exclus.

La Figure 1 montre les différentes étapes de la procédure de recherche d'articles. Les deux recherches combinées ont donné un total de 1728 résultats. 688 doublons ont été supprimés. Nous avons ensuite retiré 849 articles qui n'étaient pas conformes à nos critères d'exclusion et inclusion par lecture du titre et du résumé. Sur les 191 articles restants, 44 articles ont été retenus pour notre étude et 147 ont été exclus selon les raisons suivantes :

- 10 n'étaient pas rédigés en français ou en anglais.
- 19 étaient des travaux réalisés par les mêmes auteurs qui ne présentent pas de nouvelles informations concernant les applications ou les méthodes de rééducation
- 69 ne répondaient pas aux critères, à savoir être centrés sur la rééducation de l'aphasie.
- 29 ne comportaient pas suffisamment d'informations sur l'application utilisée ou la thérapie appliquée.
- 1 article ne décrivait que les procédures d'un futur essai clinique.
- 19 articles n'étaient pas disponibles en texte intégral.

4 RÉSULTATS

Dans cette section, nous analysons les articles que nous avons sélectionnés dans le but de comprendre les approches utilisées par les chercheurs, d'identifier les points communs entre eux en termes de technologies, de techniques de thérapie utilisées et de techniques d'interaction. Il s'agit d'identifier aussi s'il y a des approches plus efficaces que d'autres ou peu explorées. Pour analyser les 44 articles retenus, nous nous sommes intéressés à 4 thèmes divisés en plusieurs catégories :

- Le type d'application. Il s'agit ici de voir le degré d'immersion proposé à l'utilisateur.
- Le support principal utilisé pour interagir.
- Le degré d'autonomie de la personne aphasique.
- Le type de test effectué.

Le Tableau 1 montre la répartition des articles dans les différentes catégories. Concernant le type d'application de rééducation, 68.2% des applications sont plutôt classiques en proposant à l'utilisateur une interface 2D, de type bureau. Peu de solutions immersives sont proposées. Les études qui intègrent les participants dans un monde virtuel 3D en utilisant un casque sont considérées comme de la RV immersive et nous n'en avons trouvé aucun. La RV non immersive est proche en définition des jeux vidéo en 3D, où les participants interagissent avec des mondes ou des objets virtuelles 3D via écran ou projecteurs. Sur les 12 études utilisant des applications de RA, RV ou d'interaction tangible, seules 8 applications sont différentes.

Les supports proposés sont massivement classiques avec l'utilisation d'un ordinateur (51.1%) ou d'une tablette (40.4%). Nous n'avons trouvé qu'un seul article utilisant un smartphone [17] où les auteurs déclarent que l'utilisation d'une tablette aurait été plus adaptée pour ce type d'utilisateurs. On ne note que 3 applications qui utilisent des supports moins anodins comme des lunettes électroniques [18], un stylo numérique [19] et des objets tangibles avec une table tactile [20].

La classification par assistance est basée sur les procédures décrites dans les articles. Le degré d'autonomie de la personne aphasique est quant à lui variable, mais elle est majoritairement

assistée à différents niveaux d'importance qu'il s'agisse de télééducation (20.45+31.8%) ou de présentiel (20.45+11.4%). Dans ce contexte, l'assistance totale signifie que l'intervention directe de l'orthophoniste est nécessaire dans le processus de rééducation. L'aide pour le déblocage, la configuration ou personnalisation de l'application et le support technique est considéré comme une assistance partielle. Peu d'applications proposent une autonomie totale (15.9%) c'est-à-dire une indépendance totale des orthophonistes ou d'autres aides pendant la thérapie.

Les tests effectués dans les 44 études sont à relativiser, car (22.7%) ne sont que des études de cas (moins de 4 participants) et (54.6%) des études n'ont pas utilisé un groupe de contrôle pour comparer les résultats. Afin de réaliser une analyse plus fine des études les plus représentatives, le Tableau 2 disponible en annexe propose une description plus détaillée des objectifs, des procédures, des méthodes de thérapie et des résultats, ainsi que des informations sur les participants, telles que leur âge et le diagnostic de leur aphasie. Nous avons choisi de les trier par type de Supports, car c'est une variable qui est étroitement lié au type d'application.

4.1 Thérapie employée et efficacité

La majorité des études sélectionnées montrent que l'utilisation d'applications informatiques est un moyen efficace d'administrer le traitement de l'aphasie. En excluant les études de type preuve de concept, tous les articles montrent des améliorations positives dans les mesures des résultats (cf. Tableau 2 colonne "Résultats" en annexe), qui sont principalement basées sur la précision de la dénomination ou en effectuant des tests de compétences linguistiques avant et après le traitement. Toutes les études appliquent les mêmes principes fondamentaux issus des méthodes de rééducation utilisées par les orthophonistes (cf. Tableau 2 colonne "Méthodes de rééducation"). Les travaux réalisés dès 2001-2004 [22, 27, 49] montrent qu'il était possible de numériser ces méthodes. Aussi les méthodes de rééducation qui suivent des procédures plus rigides ont été appliquées avec succès. Les travaux de [59] a mis en œuvre à la fois les méthodes VNeST et SFA avec des améliorations observées dans les résultats, tandis que [36] n'a appliqué que SFA. La méthode CILT a également été utilisée dans deux des articles avec [25] qui reste proche du format original et [57] qui emploie un dérivé. Cela montre que certaines personnes aphasiques sont capables de supporter un usage prolongé et intensif de programmes de rééducation informatisés. Certains articles décrivent une application nommée "EVA Park" avec des capacités de communication vocale à distance [53, 54, 58, 59] et [21, 31, 39] qui utilisent des logiciels de vidéoconférence qui permettent l'utilisation de la méthode CT. CT a également été appliquée à l'aide d'applications de communication augmentative et alternative qui offrent des indices pour stimuler la recherche de mots dans les conversations [46, 48]. L'application de la méthode ST est également possible comme le montrent les études dans [50, 51] qui emploient un orthophoniste virtuel capable de réciter des phrases pour aider le patient. La méthode CH a été mise en œuvre dans les articles [27, 44] et dans [24, 28, 30] sur l'application "MossTalk". Un article notable est [43] qui applique les méthodes CT, SFA, PCA et CILT ainsi que d'autres méthodes dans un programme complet de thérapie de l'aphasie. Le programme de rééducation décrit dans cet article

Table 1: Répartition des articles par catégorie.

	Catégories (%)	Liste des articles concernés
Type d'application	Application 2D classique (68.2%)	[17, 21–49]
	Orthophoniste virtuelle (4.54%)	[50, 51]
	Réalité virtuelle non immersive (18.18%)	[52–59]
	Interface tangible (4.54%)	[19, 20]
	Réalité augmentée (4.54%)	[18, 60]
	Réalité virtuelle immersive	Aucun
Support	Ordinateur (51.1%)	[21–32, 41, 49–55, 57–60]
	Tablette (40.4%)	[32–40, 42–48, 51, 56, 60]
	Smartphone (2.1%)	[17]
	Autre (6.4%)	[18–20]
Assistance	Totale	
	Télééducation (20.45%)	[21, 25, 31, 39, 47, 53, 54, 58, 59]
	Présentiel (20.45%)	[18–20, 24, 27, 30, 43, 46, 48]
	Partielle	
Télééducation (31.8%)	[17, 26, 28, 32, 33, 35, 37, 38, 40, 42, 45, 49, 51, 56]	
Présentiel (11.4%)	[29, 41, 50, 52, 60]	
	Sans assistance (15.9%)	[22, 23, 34, 36, 44, 55, 57]
Type de test	Sans groupe de contrôle (54.6%)	[17, 18, 20, 21, 24, 28, 29, 31, 33–38, 40, 43, 45, 46, 49, 51, 53–55, 60]
	Avec groupe de contrôle (22.7%)	[26, 27, 32, 41, 42, 47, 48, 50, 56, 57]
	Étude de cas (22.7%)	[19, 22, 23, 25, 30, 39, 44, 52, 58, 59]

comprend également une thérapie physique qui n'est pas basée sur l'informatique.

Les autres études décrites dans le Tableau 2 optent pour le développement d'exercices uniques qui ne suivent pas strictement les méthodes décrites dans la section 2. Mais elles sont toujours basées sur les concepts fondamentaux de stimuli visuels, sémantiques et phonologiques pour la recherche de mots, la complétion de phrases et/ou la correspondance d'images.

22.7% des articles qui diffèrent en termes de méthode de thérapie utilisée, de type d'aphasie des patients et d'applications informatiques utilisées ont effectué une étude clinique avec un groupe de contrôle. Parmi ces études, les travaux de [26, 27, 32, 41, 42, 50, 56, 57] contenaient des comparaisons directes entre les interventions conventionnelles et leur méthode de rééducation de l'aphasie. Leurs résultats ont montré que leurs interventions étaient équivalentes à des thérapies cliniques.

Aucun des articles que nous avons inclus cible les personnes aphasiques se trouvant au stade préliminaire de la maladie. Cela tient au fait que les personnes aphasiques ont besoin en premier lieu de soins urgents pour les aider à se remettre de lésions cérébrales qui peuvent avoir des conséquences autres que l'aphasie, comme la perte de fonctions motrices, cognitives et visuelles [61].

4.2 Axes de recherche récents

La Figure 2 met en évidence pour chaque catégorie présentée dans le Tableau 1 l'évolution des axes de recherche dans le temps. Selon les informations présentées dans la Figure 2, nous pouvons voir une tendance se développer avec d'avantage de recherches axées sur la télééducation comme moyen de traiter l'aphasie. De 2014 à 2020, 19 des 23 articles employant la télééducation ont été publiés.

Parmi ces études, [17, 32, 35, 37, 40, 42, 45, 51, 56] proposent une gestion et un suivi asynchrones par l'orthophoniste, ce qui signifie que les personnes aphasiques peuvent exercer les tâches qui leur sont confiées de manière autonome. Ainsi ces applications permettent de varier le degré d'autonomie ou d'aide à apporter. Les deux applications "Constant therapy platform" [42] et "StepbyStep" [26, 32, 49] décrites dans le Tableau 2 sont également capables de fournir une thérapie individualisée avec des exercices de langage qui peuvent être personnalisés à distance par des orthophonistes. Elles offrent un traitement de l'aphasie comparable aux méthodes conventionnelles. Les études sur "EVA Park", même si elles ne sont pas conçues pour être utilisées de manière autonome, elles permettent aux participants d'utiliser leur application en dehors du temps de thérapie [53, 54, 58, 59].

Certains des auteurs mentionnent les avantages potentiels de réduction des coûts due à l'utilisation de la télééducation [26, 32]. Ces méthodes peuvent réduire l'utilisation de l'espace dans les cliniques et contribuer à alléger la charge de travail des orthophonistes, mais elles peuvent également s'avérer bénéfiques pour les personnes aphasiques en réduisant leurs propres frais médicaux tout en leur permettant de pratiquer leurs compétences linguistiques dans un environnement moins stressant comme leur maison.

4.3 Applications innovantes

L'objectif principal de cette revue est d'explorer les dernières innovations dans le domaine de l'IHM pour la rééducation de personnes aphasiques, en particulier à base de réalité augmentée, virtuelle ou d'interfaces tangibles. Sur les 44 articles sélectionnés, 14 seulement correspondent.

L'application la plus remarquable est celle de [53], "EVA Park", qui propose aux personnes aphasiques un environnement de RV

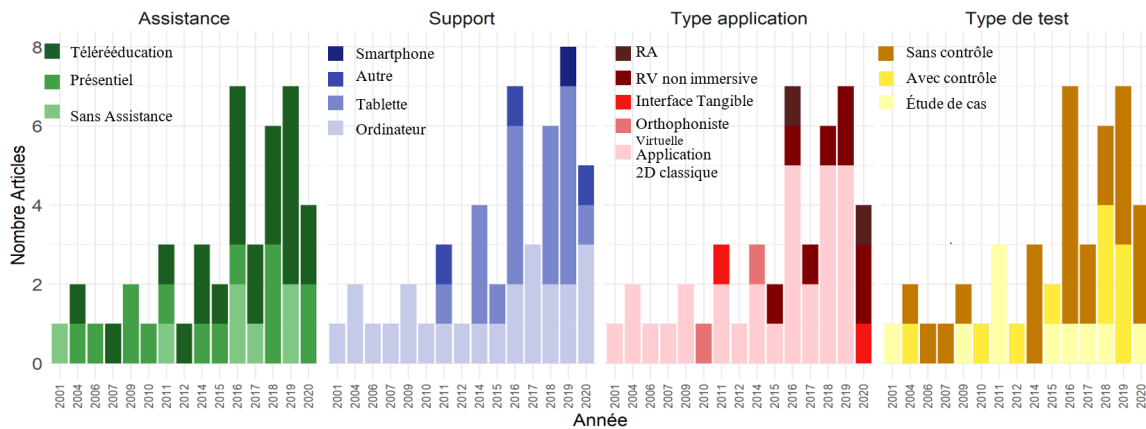


Figure 2: Nombre d'articles dans chaque catégorie par année.

non immersif interactif avec de nombreux espaces simulant la vie réelle comme les cafés, les centres de santé et autres bâtiments typiques. Grâce à un avatar 3D, la personne peut explorer ce monde et interagir avec des objets, d'autres personnes dans le voisinage par la voix, texte ou des gestes de l'avatar 3D [54]. Des accessoires peuvent également être introduits comme des tableaux ou des vidéos projecteurs virtuels [58]. Cette application peut servir en mode de télééducation pour permettre à l'orthophoniste de faire à distance des séances de rééducation avec des méthodes telles que VNeST et SFA [59]. "EVA Park" favorise la communication spontanée des personnes aphasiques en leur donnant la possibilité de se connecter à volonté [54]. Elle encourage aussi l'interaction sociale et aide à combattre le sentiment d'isolement et de dépression fréquent chez les personnes aphasiques qui se sentent diminuées par la perte de leurs capacités de communication.

D'autres études utilisent la RV non immersive [55, 57] avec le dispositif de capture de mouvement Kinect¹. Les personnes aphasiques y sont représentées par un avatar 3D qui imite les mouvements de leurs mains et leur permet d'interagir avec des objets 3D. Toujours sur le principe d'interactions multimodales, deux personnes jouent ensemble à un jeu où ils doivent communiquer le nom des objets virtuels 3D pour que l'autre joueur puisse les sélectionner. L'étude [52] utilise des manettes et un projecteur pour permettre aux participants aphasiques de jouer à divers jeux de la librairie "BrightBrainer", dont certains sont axés sur la thérapie linguistique. Les manettes manipulent deux mains virtuelles qui permettent au participant d'interagir dans le jeu. Le système a été conçu pour permettre aux personnes souffrant de handicaps moteurs tels que des bras faibles de l'utiliser : par exemple une interaction équivalente est proposée pour remplacer celle nécessitant l'appui sur les boutons de la manette.

L'article utilisant la tablette VRRS [56] décrit un type d'exercices plus traditionnel ainsi que certains exercices demandant au participant d'utiliser l'écran tactile ou un détecteur magnétique pour déplacer des bâtons colorés ou des billets de banque. Bien que la tablette contienne des exercices en 3D, les auteurs n'ont appliqué que les exercices en 2D. Les travaux de [51] et [50] se concentrent

quant à eux sur la méthode ST et la production de phrases données par un orthophoniste virtuel capable d'imiter l'articulation de la bouche humaine correspondant à la sortie phonologique attendue d'une personne lisant un texte.

Des deux études utilisant une forme d'interaction tangible [20], "CreaTable" [20] vise à canaliser la production créative et artistique des personnes aphasiques afin de promouvoir l'interaction sociale. Elle est encore en phase de prototypage, mais elle s'appuie sur l'association entre les objets tangibles, les images, les sons et les textes que l'utilisateur doit parcourir afin de créer de l'art numérique. Elle peut être à la fois un nouveau moyen d'expression et éventuellement améliorer la récupération du langage par les associations sémantiques et phonologiques. L'autre étude [19] décrit l'utilisation d'un stylo numérique qui peut déclencher un retour audio au contact de feuilles de papier préparées. Le stylo permet à la personne aphasique qui l'utilise d'enregistrer sa propre voix et de faire ses propres exercices. Il s'est toutefois avéré peu maniable et difficile à utiliser, de l'avis de l'orthophoniste et de la personne aphasique qui l'utilise.

Le premier article appliquant la RA vise à fournir aux personnes aphasiques des indices utiles en milieu de conversation [18]. Les lunettes électroniques "Google glass" sont utilisées pour projeter des images d'objets et d'actions qui peuvent aider à stimuler la recherche de mots pour les personnes aphasiques. Les personnes atteintes d'hémiplégie du côté droit ne pouvaient pas utiliser la surface tactile des "Google glass" pour interagir. Il a donc fallu ajouter une manette adaptée. Même si la procédure de test a été courte, cette technologie est apparue comme un outil pour aider les personnes aphasiques à trouver les bons mots sans interrompre les conversations et sans être trop gênantes à utiliser. Le second article utilisait la RA pour faciliter l'apprentissage des verbes : des objets physiques munis d'un marqueur pouvaient être utilisés pour montrer un objet 3D en mouvement mimant l'action associée à un verbe [60]. Il n'est cependant pas clair comment les participants aphasiques ont utilisé l'application. Les figures dans cet article montrent une tablette utilisée mais la procédure décrite par les auteurs indique qu'un écran d'ordinateur affichait les objets 3D et l'action effectuée pour scanner les cartes ou les cubes avec la caméra n'est pas définie.

¹Kinect : Dispositif de capture de mouvement.

4.4 Techniques d'interaction

Les accidents vasculaires cérébraux peuvent endommager plus que la partie linguistique du cerveau. Une personne aphasique peut également souffrir d'un problème de coordination visuelle et motrice [62]. Il est donc intéressant d'identifier les techniques d'interaction utilisées dans nos 44 articles pour voir les capacités des personnes aphasiques à manipuler des technologies informatiques plus ou moins innovantes.

Dans cette section, nous allons décrire les techniques d'interaction utilisées dans les articles sélectionnés en nous appuyant sur la définition de Nigay et al. qui définit une technique d'interaction ou modalité comme un couple $\langle d, l \rangle$ où d désigne le dispositif et l le langage d'interaction utilisé pour traduire l'information transmise par d [63]. Les articles étudiés ne contiennent pas toujours une description suffisamment détaillée pour permettre d'identifier toutes les fonctionnalités des applications utilisées. Ainsi, le Tableau 3 disponible en annexe présente les principales techniques d'interaction décrites.

Les travaux de [23, 27, 36–38, 44, 49, 51] même s'ils utilisent des supports et des applications différentes, ont des modalités d'entrée très similaires. Ces modalités d'entrée comprennent des actions simples comme des sélections par clic de souris ou touches d'écran de tablette. L'idée sous-jacente pourrait être de rendre leurs applications aussi faciles à utiliser que possible afin de toucher un plus grand nombre de personnes aphasiques. Ils ont cependant des modalités de sortie variées, certains ayant beaucoup de retours visuels et sonores qui sont utilisés pour donner des indices aux personnes aphasiques. L'article [51] prévoit une modalité de sortie unique avec un orthophoniste virtuel qui les assiste.

On peut constater que certaines personnes atteintes d'aphasie sont capables de naviguer dans des mondes en 3D et de manipuler des objets en 3D. Dans les travaux de [53, 54, 58, 59], les personnes aphasiques ont pu déplacer les représentations de leur avatar en 3D à l'aide de la souris et du clavier tout en recevant beaucoup d'informations sur les modalités de sortie. Ces retours incluent les voix des autres participants et des orthophonistes, les sons de l'environnement virtuel et les scènes 3D. Les personnes aphasiques ont également pu jouer à des jeux de RV non immersifs. Dans ces deux articles [55, 57], nous constatons qu'elles sont capables de manipuler des avatars qui imitent les mouvements de leur corps. Les travaux de [52] montrent qu'ils sont même capables d'effectuer des tâches complexes à l'aide de manettes.

L'utilisation des lunettes électroniques "Google glass" s'est avérée difficile, comme décrit dans [18], spécifiquement pour les tâches en entrée. Mais l'ajout d'un dispositif personnalisé complémentaire aux lunettes a facilité l'exécution des tâches d'entrée. Les modalités de sortie n'ont posé quant à elles aucun problème ; l'écran des lunettes a permis d'afficher des indices pour faciliter la reconnaissance de mots.

Les personnes aphasiques ont pu utiliser des éléments tangibles pour les tâches de saisie [20]. Même si le système était complexe avec deux écrans, un tableau interactif et des éléments tangibles, elles ont trouvé le tout assez intuitif.

5 DISCUSSION

L'objectif de cette revue de l'état de l'art était de trouver des articles visant à traiter l'aphasie par l'utilisation de technologies IHM et d'identifier les approches les plus pertinentes et efficaces. Nous avons poursuivi cet objectif en classant les articles et en analysant les procédures, les méthodes de thérapie appliquées et les modalités d'interaction. Cette étude a montré que le traitement informatisé de l'aphasie est non seulement efficace, mais qu'il est également applicable à une large partie du spectre de l'aphasie (cf. Tableau 2 colonne "Résultats, Type et sévérité de l'aphasie" en annexe). Nous avons vu des études appliquées sur des cas sévères d'aphasie avec des résultats montrant des améliorations tangibles dans les compétences linguistiques. Il est intéressant de noter que la grande majorité des procédures décrites dans ces articles ont été appliquées à des personnes aphasiques qui avaient un AVC d'au moins 6 mois. Il y a quelques exceptions [22, 40, 42] pour lesquelles certains participants ont reçu un diagnostic d'aphasie un mois à peine après leur AVC mais ce n'était que sur un nombre réduit de patients. En ce qui concerne les capacités cognitives des participants, seuls ceux avec un niveau de compréhension orale et écrite suffisant pour être capables de comprendre les tâches qu'ils devaient accomplir ont été choisis pour participer aux essais. Les articles suivants [22, 31, 34, 44, 46, 47, 53–58] l'indiquent clairement dans les critères d'inclusion des participants.

L'autre facteur qui pourrait être davantage pris en compte est celui des capacités motrices, mais la majorité des articles examinés n'ont pas approfondi ce point. Il serait intéressant de comprendre comment gérer les handicaps physiques dont souffrent beaucoup de personnes atteintes d'aphasie et quelles adaptations doivent être apportées aux logiciels ou aux supports pour surmonter ces handicaps. Parmi les exceptions, trois études ont dû gérer des troubles moteurs :

- L'étude de [51] a mis en place des techniques d'interactions alternatives pour faciliter le déplacement de l'utilisateur atteint de troubles moteur en utilisant un seul bouton sur le clavier d'ordinateur ou en touchant n'importe où l'écran d'une tablette.
- L'application présentée dans [52] permet non seulement d'autres possibilités d'interaction pour les personnes souffrant d'apraxie des membres supérieurs, mais permet également de contrôler la correspondance entre le mouvement des manettes et celui des mains virtuelles.
- Les auteurs de [18] ont inclus une autre façon d'interagir en utilisant une manette adaptée suite aux difficultés rencontrées par les utilisateurs pour utiliser les "Google glass".

Il existe différents supports pour la rééducation de l'aphasie, mais les plus courants restent les ordinateurs et les tablettes. Les auteurs du seul article utilisant un smartphone [17] ont réalisé, à l'issue des entretiens, que l'utilisation d'une tablette serait mieux adaptée aux personnes aphasiques généralement âgées. Par ailleurs nous constatons que les participants aux tests des 44 articles étudiés sont des personnes âgées (cf. Tableau 2 colonne "Participants" en annexe). L'aphasie touchant aussi des personnes jeunes, il serait intéressant de voir comment leurs aptitudes aux nouvelles technologies comme la RA et la RV pourraient être exploitées.

L'une des facettes à explorer est l'inclusion de la famille et des amis des patients. Seuls deux articles en font mention. [46] inclut les membres de la famille dans les conversations administrées dans le cadre de la thérapie et le principe même de l'application est qu'elle présente à l'utilisateur aphasique des suggestions de mots basées sur les commentaires des médias sociaux. [21] inclut également les partenaires dans chaque séance de télééducation avec l'orthophoniste. Le fait d'avoir des partenaires engagés dans la thérapie pourrait potentiellement faciliter l'utilisation des applications de la thérapie car ils peuvent aider à résoudre les difficultés techniques et de mise en place tout en offrant un soutien moral qui peut augmenter le taux de conformité.

Nous pouvons émettre quelques recommandations basées sur la discussion préalable et les déficiences motrices et cognitives potentielles qui peuvent être présentes :

- Il est important d'ajouter différents niveaux de difficulté dans les exercices et les tâches à accomplir afin de cibler le plus grand sous-ensemble du spectre de personnes aphasiques. Le spectre de l'aphasie est trop large pour qu'une application soit applicable à tous les patients possibles.
- Quel que soit le dispositif choisi, l'application devrait être aussi simple à utiliser que possible et présenter à l'utilisateur un contenu visuel et auditif clair et simple afin de ne pas encombrer les personnes aphasiques qui peuvent présenter des difficultés de compréhension.
- En raison du grand nombre de personnes aphasiques qui n'ont que très peu ou pas d'usage d'un de leurs membres supérieurs, il est recommandé de proposer des modes d'interaction alternatifs et toute application basée sur la RA ou RV qui utilise des manettes devrait permettre l'utilisation à une main.
- La prise en compte de l'écosystème des personnes aphasiques permettra une meilleure adaptation des applications.

Bien que nous ayons mené un protocole de recherche favorisant la découverte d'articles utilisant de nouvelles technologies, nous n'avons trouvé que peu d'articles traitant de la RA [18, 60] et d'interactions tangibles [19, 20], et aucun utilisant la RV immersive. Cela pourrait être dû au manque de familiarité avec les applications informatiques en général, la majorité des personnes atteintes d'aphasie étant des personnes âgées. Néanmoins, il y a eu suffisamment de recherches sur des applications de RV non immersive pour donner de la crédibilité à l'argument que les personnes aphasiques pourraient bénéficier de telles applications. Ces applications sont non seulement une solution efficace pour récupérer les capacités linguistiques, mais les articles ont également montré [53, 54] que la RV non immersive aidait à stimuler la confiance sociale et la communication. Ces articles mentionnent également que l'on peut y accéder depuis son domicile, ce qui signifie qu'elles bénéficient des mêmes avantages que ceux des applications de télééducation que nous avons évoquées auparavant.

6 CONCLUSION

Cette revue nous a montré que les exercices multimodaux informatisés reposant sur les bases des relations sémantiques, phonétiques et logiques d'une langue sont une méthode efficace pour la rééducation des personnes aphasiques. Des recherches approfondies ont été

menées utilisant les ordinateurs et tablettes avec des applications classiques ou des applications de RV non immersives similaires aux jeux vidéo. Cependant, même si récemment quelques études innovantes sur la RV non immersives, RA et les interfaces tangibles sont apparues, la RV immersive reste encore peu explorée. Il existe un potentiel pour plus d'applications de RV ou RA qui peuvent être utilisées simultanément pour la réadaptation motrice, linguistique et cognitive. Les patients aphasiques suivent généralement une thérapie physique et cognitive immédiatement après un AVC. Ainsi, la RV et la RA pourraient être utilisées pour un programme de thérapie complet ciblant tous ces aspects. Ce type d'application pourrait également répondre à un public aphasique plus jeune non présent dans les études et qui peut avoir du mal avec des méthodes plus conventionnelles à destination de personnes âgées. Étant plus familiers avec ces nouvelles technologies, ces applications seraient sans doute plus stimulantes pour ces jeunes aphasiques. De plus, avec l'émergence des technologies immersives, le futur public de personnes âgées sera aussi, d'ici quelques années, familier de ces technologies. Enfin, ces applications pourraient également être modélisées autour de l'écosystème des participants en simulant leur environnement professionnel et familial et en sollicitant le soutien de leurs proches dans la réalisation du programme de thérapie.

RÉFÉRENCES

- [1] Flamand, C.: L'aphasie en phase aiguë de l'accident vasculaire cérébral: Nouvelles données, outils d'évaluation et perspectives: deuxième partie: retour d'expérience de recherche. Presented at the (2015).
- [2] Ferriere, L.: Fédération Nationale des Aphasiques de France. 12.
- [3] Swanberg, M.M., Nasreddine, Z.S., Mendez, M.F., Cummings, J.L.: Chapter 6 - Speech and Language. In: Goetz, C.G. (ed.) *Textbook of Clinical Neurology* (Third Edition). pp. 79–98. W.B. Saunders, Philadelphia (2007). <https://doi.org/10.1016/B978-141603618-0.10006-2>.
- [4] Shehata, G.A., El Mistikawi, T., Risha, A.S.K., Hassan, H.S.: The effect of aphasia upon personality traits, depression and anxiety among stroke patients. *J. Affect. Disord.* 172, 312–314 (2015). <https://doi.org/10.1016/j.jad.2014.10.027>.
- [5] Choi, M.J., Kim, H., Nah, H.-W., Kang, D.-W.: Digital Therapeutics: Emerging New Therapy for Neurologic Deficits after Stroke. *J. Stroke.* 21, 242–258 (2019). <https://doi.org/10.5853/jos.2019.01963>.
- [6] Bryant, L., Brunner, M., Hemsley, B.: A review of virtual reality technologies in the field of communication disability: implications for practice and research. *Disabil. Rehabil. Assist. Technol.* 1–8 (2019). <https://doi.org/10.1080/17483107.2018.1549276>.
- [7] Kearns, A., Kelly, H., Pitt, I.: Self-reported feedback in ICT-delivered aphasia rehabilitation: a literature review. *Disabil. Rehabil.* 1–15 (2019). <https://doi.org/10.1080/09638288.2019.1655803>.
- [8] Boyle, M.: Semantic feature analysis treatment for aphasic word retrieval impairments: what's in a name? *Top. Stroke Rehabil.* 17, 411–422 (2010). <https://doi.org/10.1310/tsr1706-411>.
- [9] Leonard, C., Rochon, E., Laird, L.: Treating naming impairments in aphasia: Findings from a phonological components analysis treatment. *Aphasiology.* 22, 923–947 (2008). <https://doi.org/10.1080/02687030701831474>.
- [10] Edmonds, L.A., Nadeau, S.E., Kiran, S.: Effect of Verb Network Strengthening Treatment (VNeST) on lexical retrieval of content words in sentences in persons with aphasia. *Aphasiology.* 23, 402–424 (2009). <https://doi.org/10.1080/02687030802291339>.
- [11] Goldberg, S., Haley, K.L., Jacks, A.: Script Training and Generalization for People With Aphasia. *Am. J. Speech Lang. Pathol.* 21, 222–238 (2012). [https://doi.org/10.1044/1058-0360\(2012\)11-0056](https://doi.org/10.1044/1058-0360(2012)11-0056).
- [12] Pulvermüller Friedemann, Neinger Bettina, Elbert Thomas, Mohr Bettina, Rockstroh Brigitte, Koebbel Peter, Taub Edward: Constraint-Induced Therapy of Chronic Aphasia After Stroke. *Stroke.* 32, 1621–1626 (2001). <https://doi.org/10.1161/01.STR.32.7.1621>.
- [13] Difrancesco, S., Pulvermüller, F., Mohr, B.: Intensive language-action therapy (LAT): The methods. *Aphasiology.* 26, 1317–1351 (2012). <https://doi.org/10.1080/02687038.2012.705815>.
- [14] Patterson, J.P.: The Effectiveness of Cueing Hierarchies as a Treatment for Word Retrieval Impairment. *Perspect. Neurophysiol. Neurogenic Speech Lang. Disord.* 11, 11–18 (2001). <https://doi.org/10.1044/nnsld11.2.11>.

- [15] Savage, M.C., Donovan, N.J., Hoffman, P.R.: Preliminary results from conversation therapy in two cases of Aphasia. *Aphasiology*. 28, 616–636 (2014). <https://doi.org/10.1080/02687038.2013.843153>.
- [16] WittmannF: WittmannF/sort-google-scholar. (2020).
- [17] Garcia, M.: A Speech Therapy Game Application for Aphasia Patient Neurorehabilitation – A Pilot Study of an mHealth App. *Int. J. Simul. Syst. Sci. Technol.* 20, (2019). <https://doi.org/10.5013/IJSSST.a.20.S2.05>.
- [18] Williams, K., Moffatt, K., Hong, J., Farooqi-Shah, Y., Findlater, L.: The Cost of Turning Heads: A Comparison of a Head-Worn Display to a Smartphone for Supporting Persons with Aphasia in Conversation. In: *Proceedings of the 18th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*. pp. 111–120. ACM, Reno Nevada USA (2016). <https://doi.org/10.1145/2982142.2982165>.
- [19] Piper, A.M., Weibel, N., Hollan, J.D.: Write-N-Speak: Authoring Multimodal Digital-Paper Materials for Speech-Language Therapy. *ACM Trans. Access. Comput.* 4, 1–20 (2011). <https://doi.org/10.1145/2039339.2039341>.
- [20] Neate, T., Roper, A., Wilson, S., Marshall, J., Cruice, M.: CreaTable Content and Tangible Interaction in Aphasia. In: *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. pp. 1–14. Association for Computing Machinery, Honolulu, HI, USA (2020). <https://doi.org/10.1145/3313831.3376490>.
- [21] Rogalski, E.J., Saxon, M., McKenna, H., Wieneke, C., Rademaker, A., Corden, M.E., Borio, K., Mesulam, M.-M., Khayum, B.: Communication Bridge: A pilot feasibility study of Internet-based speech-language therapy for individuals with progressive aphasia. *Alzheimers Dement. N. Y. N.* 2, 213–221 (2016). <https://doi.org/10.1016/j.trci.2016.08.005>.
- [22] Pedersen, P.M., Vinter, K., Olsen, T.S.: Improvement of oral naming by unsupervised computerised rehabilitation. *Aphasiology*. 15, 151–169 (2001). <https://doi.org/10.1080/02687040042000106>.
- [23] Choe, Y., Stanton, K.: The effect of visual cues provided by computerised aphasia treatment. *Aphasiology*. 25, 983–997 (2011). <https://doi.org/10.1080/02687038.2011.569893>.
- [24] Raymer, A.M., Kohen, F.P., Saffell, D.: Computerised training for impairments of word comprehension and retrieval in aphasia. *Aphasiology*. 20, 257–268 (2006). <https://doi.org/10.1080/02687030500473312>.
- [25] Pitt, R., Theodoros, D., Hill, A.J., Rodriguez, A.D., Russell, T.: The feasibility of delivering constraint-induced language therapy via the Internet. *Digit. Health*. 3, 205520761771876 (2017). <https://doi.org/10.1177/2055207617718767>.
- [26] Palmer, R., Enderby, P., Cooper, C., Latimer, N., Julious, S., Paterson, G., Dimairo, M., Dixon, S., Mortley, J., Hilton, R., Delaney, A., Hughes, H.: Computer therapy compared with usual care for people with long-standing aphasia poststroke: a pilot randomised controlled trial. *Stroke*. 43, 1904–1911 (2012). <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.112.650671>.
- [27] Doesborgh, S., van de Sandt-Koenderman, M., Dippel, D., van Harskamp, F., Koudstaal, P., Visch-Brink, E.: Cues on request: The efficacy of Multicue, a computer program for wordfinding therapy. *Aphasiology*. 18, 213–222 (2004). <https://doi.org/10.1080/02687030344000580>.
- [28] Ramsberger, G., Marie, B.: Self-administered cued naming therapy: a single-participant investigation of a computer-based therapy program replicated in four cases. *Am. J. Speech Lang. Pathol.* 16, 343–358 (2007). [https://doi.org/10.1044/1058-0360\(2007\)038](https://doi.org/10.1044/1058-0360(2007)038).
- [29] Archibald, L.M.D., Orange, J.B., Jamieson, D.J.: Implementation of computer-based language therapy in aphasia. *Ther. Adv. Neurol. Disord.* 2, 299–311 (2009). <https://doi.org/10.1177/1756285609336548>.
- [30] Jökel, R., Cupit, J., Rochon, E., Leonard, C.: Relearning lost vocabulary in nonfluent progressive aphasia with MossTalk Words®. *Aphasiology*. 23, 175–191 (2009). <https://doi.org/10.1080/02687030801943005>.
- [31] Macoir, J., Sauvageau, V.M., Boissy, P., Tousignant, M.: In-Home Synchronous Telespeech Therapy to Improve Functional Communication in Chronic Poststroke Aphasia: Results from a Quasi-Experimental Study. *Telemed. E-Health*. 23, 630–639 (2017). <https://doi.org/10.1089/tmj.2016.0235>.
- [32] Palmer, R., Dimairo, M., Cooper, C., Enderby, P., Brady, M., Bowen, A., Latimer, N., Julious, S., Cross, E., Alshreef, A., Harrison, M., Witts, H., Chater, T.: Self-managed, computerised speech and language therapy for patients with chronic aphasia post-stroke compared with usual care or attention control (Big CACTUS): a multicentre, single-blinded, randomised controlled trial. *Lancet Neurol.* 18, (2019). [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(19\)30192-9](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(19)30192-9).
- [33] Kurland, J., Wilkins, A., Stokes, P.: iPractice: Piloting the Effectiveness of a Tablet-Based Home Practice Program in Aphasia Treatment. *Semin. Speech Lang.* 35, 051–064 (2014). <https://doi.org/10.1055/s-0033-1362991>.
- [34] Stark, B.C., Warburton, E.A.: Improved language in chronic aphasia after self-delivered iPad speech therapy. *Neuropsychol. Rehabil.* 28, 818–831 (2018). <https://doi.org/10.1080/09602011.2016.1146150>.
- [35] Pugliese, M., Ramsay, T., Shamloul, R., Mallet, K., Zakutney, L., Corbett, D., Dukelow, S., Stotts, G., Shamy, M., Wilson, K., Guerin, J., Dowlatshahi, D.: RecoverNow: A mobile tablet-based therapy platform for early stroke rehabilitation. *PLOS ONE*. 14, e0210725 (2019). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210725>.
- [36] Lavoie, M., Bier, N., Macoir, J.: Efficacy of a self-administered treatment using a smart tablet to improve functional vocabulary in post-stroke aphasia: a case-series study: Using a smart tablet to improve functional vocabulary in post-stroke aphasia. *Int. J. Lang. Commun. Disord.* 54, 249–264 (2019). <https://doi.org/10.1111/1460-6984.12439>.
- [37] Gerber, S.M., Schütz, N., Uslu, A.S., Schmidt, N., Röthlisberger, C., Wyss, P., Perny, S., Wyss, C., Koenig-Bruhin, M., Urwyler, P., Nyffeler, T., Marchal-Crespo, L., Mosimann, U.P., Müri, R.M., Nef, T.: Therapist-Guided Tablet-Based Telerehabilitation for Patients With Aphasia: Proof-of-Concept and Usability Study. *JMIR Rehabil. Assist. Technol.* 6, e13163 (2019). <https://doi.org/10.2196/13163>.
- [38] Kurland, J., Liu, A., Stokes, P.: Effects of a Tablet-Based Home Practice Program With Telepractice on Treatment Outcomes in Chronic Aphasia. *J. Speech Lang. Hear. Res.* 61, 1140–1156 (2018). https://doi.org/10.1044/2018_JSLHR-L-17-0277.
- [39] Dechène, L., Tousignant, M., Boissy, P., Macoir, J., Héroux, S., Hamel, M., Brière, S., Pagé, C.: Simulated In-Home Teletreatment for Anomia. *Int. J. Telerehabilitation*. 3, 3–10 (2011). <https://doi.org/10.5195/IJT.2011.6075>.
- [40] Choi, Y.-H., Park, H.K., Paik, N.-J.: A Telerehabilitation Approach for Chronic Aphasia Following Stroke. *Telemed. E-Health*. 22, 434–440 (2016). <https://doi.org/10.1089/tmj.2015.0138>.
- [41] De Luca, R., Aragona, B., Leonardi, S., Torrisi, M., Galletti, B., Galletti, F., Accorinti, M., Bramanti, P., De Cola, M.C., Calabrò, R.S.: Computerized Training in Poststroke Aphasia: What About the Long-Term Effects? A Randomized Clinical Trial. *J. Stroke Cerebrovasc. Dis.* 27, 2271–2276 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2018.04.019>.
- [42] Des Roches, C.A., Balachandran, I., Ascenso, E.M., Tripodis, Y., Kiran, S.: Effectiveness of an impairment-based individualized rehabilitation program using an iPad-based software platform. *Front. Hum. Neurosci.* 8, 1015 (2014). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.01015>.
- [43] Hoover, E.L., Carney, A.: Integrating the iPad into an intensive, comprehensive aphasia program. *Semin. Speech Lang.* 35, 25–37 (2014). <https://doi.org/10.1055/s-0033-1362990>.
- [44] Routhier, S., Bier, N., Macoir, J.: Smart tablet for smart self-administered treatment of verb anomia: two single-case studies in aphasia. *Aphasiology*. 1–21 (2014). <https://doi.org/10.1080/02687038.2014.973361>.
- [45] Hill, A.J., Breslin, H.M.: Refining an Asynchronous Telerehabilitation Platform for Speech-Language Pathology: Engaging End-Users in the Process. *Front. Hum. Neurosci.* 10, (2016). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00640>.
- [46] Mooney, A., Bedrick, S., Noethe, G., Spaulding, S., Fried-Oken, M.: Mobile technology to support lexical retrieval during activity retrain in primary progressive aphasia. *Aphasiology*. 32, 666–692 (2018). <https://doi.org/10.1080/02687038.2018.1447640>.
- [47] Meltzer, J.A., Baird, A.J., Steele, R.D., Harvey, S.J.: Computer-based treatment of poststroke language disorders: a non-inferiority study of telerehabilitation compared to in-person service delivery. *Aphasiology*. 32, 290–311 (2018). <https://doi.org/10.1080/02687038.2017.1355440>.
- [48] Dietz, A., Vannest, J., Maloney, T., Altaye, M., Holland, S., Szaflarski, J.P.: The feasibility of improving discourse in people with aphasia through AAC: clinical and functional MRI correlates. *Aphasiology*. 32, 693–719 (2018). <https://doi.org/10.1080/02687038.2018.1447641>.
- [49] Mortley, J., Wade, J., Enderby, P.: Superhighway to promoting a client-therapist partnership? Using the Internet to deliver word-retrieval computer therapy, monitored remotely with minimal speech and language therapy input. *Aphasiology*. 18, 193–211 (2004). <https://doi.org/10.1080/02687030344000553>.
- [50] Thompson, C.K., Choy, J.J., Holland, A., Cole, R.: Sentactics®: Computer-automated treatment of underlying forms. *Aphasiology*. 24, 1242–1266 (2010). <https://doi.org/10.1080/02687030903474255>.
- [51] van Vuuren, S., Cherney, L.R.: A Virtual Therapist for Speech and Language Therapy. In: Bickmore, T., Marsella, S., and Sidner, C. (eds.) *Intelligent Virtual Agents*. pp. 438–448. Springer International Publishing, Cham (2014). https://doi.org/10.1007/978-3-319-09767-1_55.
- [52] Burdea, G.C., Polistico, K., House, G.P., Liu, R.R., Muñoz, R., Macaro, N.A., Slater, L.M.: Novel integrative virtual rehabilitation reduces symptomatology of primary progressive aphasia - a case report. *Int. J. Neurosci.* 125, 949–958 (2015). <https://doi.org/10.3109/00207454.2014.993392>.
- [53] Marshall, J., Booth, T., Devane, N., Galliers, J., Greenwood, H., Hilari, K., Talbot, R., Wilson, S., Woolf, C.: Evaluating the Benefits of Aphasia Intervention Delivered in Virtual Reality: Results of a Quasi-Randomised Study. *PLOS ONE*. 11, e0160381 (2016). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160381>.
- [54] Marshall, J., Devane, N., Talbot, R., Caute, A., Cruice, M., Hilari, K., MacKenzie, G., Maguire, K., Patel, A., Roper, A., Wilson, S.: A randomised trial of social support group intervention for people with aphasia: A Novel application of virtual reality. *PLOS ONE*. 15, e0239715 (2020). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239715>.
- [55] Grechuta, K., Bellaster, B.R., Munne, R.E., Bernal, T.U., Hervas, B.M., Segundo, R.S., Verschuer, P.F.M.J.: The effects of silent visuomotor cueing on word retrieval in Broca's aphasies: A pilot study. In: *2017 International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR)*. pp. 193–199. IEEE, London (2017). <https://doi.org/10.1109/ICORR.2017.8009245>.
- [56] Maresca, G., Maggio, M.G., Latella, D., Cannavò, A., De Cola, M.C., Portaro, S., Stagnitti, M.C., Silvestri, G., Torrisi, M., Bramanti, A., De Luca, R., Calabrò, R.S.: Toward Improving Poststroke Aphasia: A Pilot Study on the Growing Use

- of Telerehabilitation for the Continuity of Care. *J. Stroke Cerebrovasc. Dis.* 28, 104303 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2019.104303>.
- [57] Grechuta, K., Rubio Ballester, B., Espín Munne, R., Usabiaga Bernal, T., Molina Hervás, B., Mohr, B., Pulvermüller, F., San Segundo, R., Verschure, P.: Augmented Dyadic Therapy Boosts Recovery of Language Function in Patients With Non-fluent Aphasia: A Randomized Controlled Trial. *Stroke*. 50, 1270–1274 (2019). <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.118.023729>.
- [58] Carragher, M., Steel, G., Talbot, R., Devane, N., Rose, M.L., Marshall, J.: Adapting therapy for a new world: storytelling therapy in EVA Park. *Aphasiology*. 1–26 (2020). <https://doi.org/10.1080/02687038.2020.1812249>.
- [59] Marshall, J., Devane, N., Edmonds, L., Talbot, R., Wilson, S., Woolf, C., Zwart, N.: Delivering word retrieval therapies for people with aphasia in a virtual communication environment. *Aphasiology*. 32, 1054–1074 (2018). <https://doi.org/10.1080/02687038.2018.1488237>.
- [60] Park, H.J., Oh, C.R., Kwon, S.B.: The Effect of Augmented Reality Contents on Verb Naming in People With Aphasia. *J. Speech-Lang. Hear. Disord.* 29, 27–35 (2020). <https://doi.org/10.15724/jslhd.2020.29.3.027>.
- [61] Hillis, A.E., Tippett, D.C.: Stroke Recovery: Surprising Influences and Residual Consequences. *Adv. Med.* 2014, 1–10 (2014). <https://doi.org/10.1155/2014/378263>.
- [62] Peters, S., Handy, T.C., Lakhani, B., Boyd, L.A., Garland, S.J.: Motor and Visuospatial Attention and Motor Planning After Stroke: Considerations for the Rehabilitation of Standing Balance and Gait. *Phys. Ther.* 95, 1423–1432 (2015). <https://doi.org/10.2522/ptj.20140492>.
- [63] Nigay, L., Coutaz, J.: A generic platform for addressing the multimodal challenge. In: *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems - CHI '95*. pp. 98–105. ACM Press, Denver, Colorado, United States (1995). <https://doi.org/10.1145/223904.223917>.

A ANNEXE

A.1 détails des articles

Table 2: Description des articles les plus représentatifs.

Supports	Etude	Objectif	Participants (âge moyen et DS)	Protocole expérimental	Résultats	Type et sévérité de l'aphasie	Méthodes de rééducation
Tablette	[42]	Tester l'efficacité de l'application "Constant therapy platform" pour la rééducation avec une tablette.	42 participants dans le groupe expérimental : (63,6 ± 10,8) 9 participants dans le groupe de contrôle : (67,1 ± 10)	Traitement consistait en 10 semaines de thérapie avec des séances réparties entre des séances à domicile de 6 heures et une thérapie en clinique d'une heure, toutes deux utilisant la "Constant therapy platform". Le groupe de contrôle a suivi une thérapie conventionnelle de l'aphasie d'une heure par semaine.	Le groupe expérimental a montré une amélioration sur un plus grand nombre de tâches que le groupe de contrôle. Améliorations significatives des tests linguistiques.	Aphasie non spécifiée. Sévérité légère à sévère.	Les exercices de recherche de mots, de lecture et de planification de phrases comprennent 20 sous-tâches au total.
Tablette	[38]	Tester l'efficacité d'une méthode de télééducation utilisant des tablettes.	21 participants dans le groupe expérimental : (66,4 ± 8,4)	Traitement a duré six mois, au cours desquels chaque participant a dû s'exercer à utiliser un logiciel de livre électronique interactif. Chaque participant a pratiqué 2 livres contenant chacun 20 chapitres ; chaque chapitre contient deux mots : un représentant et une action et un représentant un objet. Les patients ont participé depuis leur domicile.	Augmentation de la précision de la dénomination des mots traités et non traités pour la plupart des participants pendant la phase d'entraînement à domicile.	Aphasie de Broca, de Wernicke, de conduction et transcorticale mixte. Sévérité légère à sévère.	La thérapie individualisée comprenant des exercices de recherche de mots, de sémantique et de phonétique.
Tablette	[36]	Tester l'efficacité de l'application "iTSA" en autonomie.	4 participants dans le groupe expérimental : (66,5 ± 5,67)	Traitement consistait à faire des exercices de recherche de mots auto-administrés sur une application Android 4 fois par semaine pendant 4 semaines. La durée de chaque session n'a pas été précisée, mais pendant chaque session, 60 mots ont été entraînés. Les patients ont participé depuis leur domicile.	Amélioration des capacités de dénomination des mots préparés. Généralisation de dénomination sur des mots nouveaux pour deux participants.	Aphasie anomique. Sévérité Modéré à sévère.	Traitement basé sur la SFA.
Tablette	[46]	Tester une application de proposition de mots "CoChat" sur tablette qui utilise des suggestions basées sur les commentaires des médias sociaux.	6 participants dans le groupe expérimental : (68 ± 7,59)	Les participants ont été répartis en deux groupes de 3. Chaque groupe a visité 6 endroits pour prendre des photos et tester les suggestions proposées par l'application en conversations. Le premier groupe a été testé 3 fois, sans l'application, avec les photos uniquement et avec les photos et des suggestions. Le second groupe a effectué les mêmes tâches dans un ordre différent.	Production d'avantage de mots suggérés pertinents dans les conversations suivant les interventions.	Aphasie primaire progressive. Sévérité non précisée.	Traitement basé sur CT. Exercices de dénomination.

Table 2: *Continued*

Tablette	[48]	Comparer les effets sur la capacité de conversation d'une application d'assistance aux traitements conventionnels.	42 participants dans le groupe expérimental : (54 ± 8.38) 9 participants dans le groupe de contrôle : (60.1 ± 7.42)	Traitement pour les deux groupes consistait en 3 sessions par semaine pendant 4 semaines. Le groupe expérimental s'est entraîné à raconter des histoires et des événements à l'aide de l'application. Ils ont été encouragés à utiliser le mot suggéré par l'application dans leurs conversations. Le groupe de contrôle a suivi une thérapie conventionnelle	Améliorations équivalentes ou supérieures aux mesures de langues et de conversations par rapport au contrôle.	Aphasie de Broca, de Wernicke, conduction, global et anomie. Sévérité légère à sévère.	Traitement basé sur CT. Exercices de dénomination.
Tablette	[45]	Tester l'application "eSALT" utilisant des tablettes et personnalisable par les orthophonistes. L'objectif était d'avoir les retours d'information des participants aphasiques et des orthophonistes afin d'améliorer l'application.	5 participants atteints d'aphasie : (70.8 ± 3.96) 3 participants Orthophonistes.	Le traitement consistait en une thérapie personnalisée sur une période de 3 semaines. Après le traitement, un interview semi-structuré d'une durée de 50 à 70 minutes a été mené avec les deux groupes de participants, ainsi que des enquêtes sur la facilité d'utilisation du programme.	La plupart des personnes aphasiques utilisent l'application en autonomie. Satisfaction des orthophonistes quant à la facilité d'utilisation.	Type d'aphasie non spécifié. Sévérité non précisée.	Thérapie individualisée comprenant des exercices de dénomination à base sémantique et phonétique et des exercices de compréhension et de lecture.
Tablette	[44]	Tester l'efficacité d'une méthode sur la tablette pour l'écriture et la dénomination des verbes en autonomie. L'objectif secondaire était de comparer l'utilisation de CH avec des exercices sans indice.	2 participant : (51 et 61 respectivement)	Le traitement consistait à faire des exercices dénomination 4 jour par semaine pendant 5 semaines à domicile. Les sessions duraient en moyenne 60 minutes. Deux listes de mots ont été utilisées, l'une n'appliquant pas la CH.	Un participant a montré une amélioration significative sur la dénomination des verbes prévus pour la méthode CH. L'autre n'a pas montré de progrès.	Type d'aphasie non spécifié. Sévérité non précisée.	Traitement basé sur CH.
Tablette	[43]	Tester l'application des programmes de thérapie de l'aphasie basés sur l'ipad dans le cadre d'une thérapie intensive et complète de l'aphasie	20 participants dans le groupe expérimental : (57)	Traitement de 6 heures 5 jours par semaine pendant 4 semaines. Ce traitement comprend une thérapie linguistique avec une thérapie physique et nutritionnelle. Les tablettes ont été intégrées dans la thérapie linguistique pour 3 heures par jour.	Amélioration sur toutes les mesures linguistiques testées. 19 participants ont continué l'intégration de l'iPad dans leur vie quotidienne après la fin de l'étude actuelle.	Type d'aphasie non spécifié. Sévérité légère à sévère.	Traitement basé sur CT, SFA, PCA, CILT et autres avec une thérapie individualisée sur diverses applications.
Tablette	[37]	Tester l'application "Bern Aphasia App" sur tablettes et personnalisable par les orthophonistes.	15 participants atteints d'aphasie : (53 ± 10) 11 participants Orthophonistes.	Pas de détails précis. L'application a été utilisée par 166 patients pour un total de 3,96 +- 21,88 heures. Les participants aphasiques et les orthophonistes ont rempli un questionnaire d'utilisation et 5 des 15 participants aphasiques ont rempli un questionnaire de motivation intrinsèque.	Utilisabilité de l'application jugées positive. Les personnes aphasiques ont apprécié l'application.	Type d'aphasie non spécifié. Sévérité modérée à sévère.	Thérapie individualisée comprenant des exercices de correspondance mot à image, de dénomination, d'écriture et de compréhension.

Table 2: Continued

Tablette -VRRS	[56]	Comparer des exercices linguistiques et cognitifs en 2D et 3D sur tablettes et utilisant la méthode CT avec des traitements conventionnels.	15 participants dans le groupe expérimental : (51.1 ± 10.3) 15 participants dans le groupe de contrôle : (51.4 ± 12.7)	L'étude a duré 6 mois et comportait 2 phases, d'une durée de 12 semaines chacune, avec 5 sessions par semaine de 50 minutes. Au cours de la première phase, le groupe expérimental a utilisé la tablette VRRS en effectuant des exercices linguistiques et cognitifs Dans la deuxième phase, le groupe expérimental a continué à utiliser la tablette mais avec des exercices de difficulté variable pour chaque patient. Le groupe de contrôle a fait les mêmes type exercices sans tablette.	Améliorations en termes de dénomination, de lecture, de compréhension, d'écriture et de répétition et en termes de vitesse d'exécution des exercices.	Type d'aphasie non spécifié. Sévérité non précisée.	Exercices de dénomination, d'écriture, de lecture et d'arithmétique.
Ordinateur ou Tablette	[51]	Tester l'efficacité de l'application "AphasiaRx" basée sur la méthode ST qui utilise un orthophoniste virtuel.	8 participants dans le groupe expérimental : (52 ± 14)	Traitement consistait en 6 semaines de ST, 5 jours par semaine, avec 3 séances de 90 minutes par jour. Les 6 semaines de thérapie en été divisées entre condition à forte indication et faible indication "strong and weak cueing".	Meilleurs résultats pour répéter les scénarios avec forte indication.	Type d'aphasie non spécifié. Sévérité modérée à sévère.	Traitement basé sur ST.
Ordinateur ou Tablette	[32]	Comparer 3 traitements différents de l'aphasie. thérapie conventionnelle, thérapie conventionnelle plus télééducation avec l'application "StepbyStep" et thérapie conventionnelle plus traitement d'attention.	83 participants dans le groupe expérimental de télééducation : (64 ± 9) 86 participants dans le groupe de contrôle : (64 ± 9) 71 participants dans le groupe d'exercice d'attention : (63 ± 8)	Les participants du groupe expérimental ont complété leurs traitements conventionnels par 20 à 30 minutes d'exercices de téléadaptation tous les jours pendant une période de 6 mois. Les exercices de télééducation étaient basés sur 100 mots problématiques pour chaque participant. les deux autres groupes ont reçu un traitement d'une durée similaire.	Amélioration en termes de dénomination des mots pour le group expérimental par rapport aux deux autres groupes.	Aphasie de Broca, de Wernicke et anomie. Sévérité légère à sévère.	Thérapie individualisée comprenant des exercices de dénomination.
Ordinateur	[22]	Tester l'efficacité du traitement de l'anomie sur ordinateur.	3 participant : (68.5 , 70.1 et 70.6 respectivement)	Traitement consiste en des exercices de recherche de mots qui ont duré jusqu'à ce que les participants atteignent un seuil de précision de dénomination.	Amélioration en termes de dénomination des mots pour les 3 participants.	Aphasie anomique. Sévérité modérée.	Thérapie individualisée comprenant des exercices de dénomination à base sémantique et phonétique
Ordinateur	[49]	Tester l'application "StepbyStep" qui permet aux orthophonistes de suivre les progrès de leurs patients et de gérer de nouveaux exercices.	7 participants dans le groupe expérimental : (61.71 ± 4.33)	Traitement a duré 27 semaines, avec une moyenne de 74 heures et 20 minutes. Les patients ont participé depuis leur domicile.	Amélioration en termes de dénomination des mots mais pas de généralisation pour des mots nouveaux.	Type d'aphasie non spécifié. Sévérité modérée à sévère.	Thérapie individualisée comprenant des exercices de correspondance mot à image, de dénomination et de complétion de mots.

Table 2: Continued

Ordinateur	[26] Comparer l'application "StepbyStep avec la thérapie conventionnelle.	15 participants dans le groupe expérimental : (69.5 ± 12.2) 13 participants dans le groupe de contrôle : (66.2 ± 12.3)	Traitement de 20 minutes avec l'application "Stepbystep", 3 fois par semaine pendant 5 mois, en plus de la thérapie conventionnelle. Ils ont également eu accès à l'assistance technique de volontaires sur la manière d'utiliser le programme. Le groupe de contrôle n'a suivi qu'une thérapie conventionnelle.	Meilleure dénomination des mots avec la méthode classique à court terme, mais à long terme (8 mois) la précision diminue alors qu'elle augmente pour le groupe expérimental.	Aphasie fluente et non fluente. Sévérité modérée à sévère.	Thérapie individualisée comprenant des exercices de correspondance mot à image, de dénomination et de complétion de mots.
Ordinateur	[24] Tester l'efficacité de l'application "Mosstalks".	5 participants dans le groupe expérimental : (70.8 ± 10.83)	Traitement consistait en 12 sessions d'exercices de dénomination divisée en deux phases pour chaque participant, la première phase comprenant 1 à 2 sessions par semaine et la seconde phase comprenant 3 à 4 sessions par semaine. Les deux phases étaient séparées par une pause d'un mois.	Amélioration non significative de la précision de la dénomination des mots répétés ou non.	Aphasie de Broca, de conduction et transcorticale mixte. Sévérité non précisée.	Traitement basé sur CH. Exercices de correspondance de mots et d'images
Ordinateur	[28] Comparer un programme de thérapie de l'aphasie à domicile intense et non intense sur l'application "Mosstalks"	4 participants dans le groupe expérimental : (67.5 ± 4.71)	Les participants ont été répartis en deux groupes égaux. Le premier recevant 5 sessions par semaine pour un total de 15. Le second, 2 sessions par semaine pour un total de 20.	Amélioration en termes de dénomination des mots mais pas de généralisation pour des mots nouveaux. pas de différence significative entre le traitement intense et le traitement non intense.	Aphasie de Broca, de Wernicke, de conduction et Aphasie anomique. Sévérité modérée à sévère.	Traitement basé sur CH. Exercices de correspondance de mots et d'images
Ordinateur	[41] Tester l'application "Power-Afa" et son effet à long terme.	17 participants dans le groupe expérimental : (52.7 ± 15.2) 15 participants dans le groupe de contrôle : (50.5 ± 14.3)	Traitement du groupe expérimental consistait en 3 sessions de 45 minutes, 3 fois par semaine pendant 8 semaines. Le groupe de contrôle a bénéficié d'un traitement conventionnel.	Augmentation des capacités de répétition et de lecture des mots. Meilleure assimilation des compétences acquises, sauf pour la dénomination après 3 mois, par rapport à la méthode classique.	Type d'aphasie non spécifié. Sévérité modérée à sévère.	Exercices de dénomination à base sémantique et phonétique et des exercices de compréhension et de lecture.
Ordinateur	[29] Tester l'efficacité de l'application "AphasiaMate".	8 participants dans le groupe expérimental : (71.125 ± 10.39)	Traitement consistait en 15 semaines de thérapie avec au moins une heure par semaine. Les participants avaient la possibilité d'utiliser le programme depuis leur domicile ou depuis la clinique.	Résultats incohérents entre participants mais légères améliorations dans l'ensemble.	Aphasie de Broca, de Wernicke, de conduction et Aphasie anomique. Sévérité modérée à sévère.	Exercices de correspondance de mots et d'images, correspondance de mots et de phrases, complétion de mots et d'arithmétique.
Ordinateur	[27] Tester de l'efficacité de l'application "Multicue" basée sur la méthode CH.	8 participants dans le groupe expérimental : (62 ± 9) 10 participants dans le groupe de contrôle : (65 ± 12)	Le groupe de contrôle n'a reçu aucun traitement alors que le groupe expérimental a reçu 10 à 11 séances sur "Multicue" d'une durée de 30 à 45 minutes avec 2 à 3 séances par semaine sur une période de 2 mois.	Amélioration significative de la dénomination des mots nouveaux par rapport à la méthode classique. Pas de changement dans les capacités de communication.	Type d'aphasie non spécifié. Sévérité modérée à sévère.	Traitement basé sur CH. Exercices de dénomination à base sémantique et phonétique.

Table 2: *Continued*

Ordinateur	[23] Comparaison des indices audio et indices avec vidéo de prononciation pour la thérapie de recherche de mots.	2 participant : (55 et 56 respectivement)	Le premier participant a assisté à 5 sessions par semaine pendant 4 semaines. Le second participant a assisté à 10 sessions sur 4 semaines. Les séances étaient réparties entre le stimulus audio uniquement et vidéo.	Amélioration de la précision de dénomination. Un participant s'est suffisamment amélioré pour ne plus avoir besoin de l'aide d'indices.	Aphasie de Broca. Sévérité légère à modérée.	Traitement basé sur CH. Exercices de dénomination à base sémantique et phonétique.
Ordinateur	[53] Tester l'efficacité de l'application de RV non immersive "EVA Park".	10 participants dans un groupe d'intervention décalée : (59 ± 13) 10 participants dans le groupe d'intervention immédiate : (56,6 ± 9.73)	Traitement consistait en 5 semaines dans le monde virtuel d'Eva Park. Les participants se connectaient 1 heure par jour, 5 jours par semaine, pour un total de 25 heures. Les participants étaient répartis en deux groupes et chaque groupe était divisé en deux cohortes, le premier groupe recevant une intervention immédiate tandis que le second groupe recevait une intervention deux semaines plus tard. Les patients ont participé depuis leur domicile. Les participants pouvaient également accéder à "EVA Park" en dehors de l'heure allouée.	Amélioration de la fluidité verbale et des compétences de conversation pour les deux groupes relativement à la durée de leur traitement.	Aphasie fluent et non fluente. Sévérité légère à modérée.	Traitement basé sur CT et exercices de dénomination.
Ordinateur	[54] Tester l'application de réalité non immersive "EVA Park" comme moyen de stimuler l'interaction sociale, l'initiative et les capacités de conversation des personnes aphasiques.	16 participants dans un groupe d'intervention décalée : (51) 18 participants dans le groupe d'intervention immédiate : (65)	Le traitement consistait en 14 sessions dans le monde virtuel d'"Eva Park" répartis sur 6 mois pour un total de 21 heures de rééducation. Les participants étaient répartis en deux groupes et chaque groupe était divisé en deux cohortes, le premier groupe recevant une intervention immédiate tandis que le second groupe recevait une intervention deux mois plus tard. Les patients ont participé depuis leur domicile. Les participants pouvaient également accéder à "EVA Park" en dehors de l'heure allouée.	Cinq mesures ont été prises, dont quatre portaient sur le bien-être mental et compétences de conversation et une sur les capacités linguistiques. Les deux groupes ont montré des améliorations significatives sur toutes les mesures. Les tests effectués après la période de non-intervention pour le premier groupe ont montré une certaine perte de gains.	Type d'aphasie non spécifié. Sévérité légère à modérée.	Traitement basé sur CT. Encouragement d'interaction sociale en groupe.

Table 2: Continued

Ordinateur	[59]	Tester l'application de réalité non immersive "EVA Park" pour appliquer les méthodes SFA modifiée et VNeST modifiée.	2 participants dans le groupe expérimental : (60 et 54 respectivement)	La première étude de cas consistait à tester une thérapie SFA modifiée, où les participants ont reçu 20 séances d'une heure sur 5 semaines ; chaque séance était suivie de 10 minutes de pratique de généralisation où il était demandé aux participants d'identifier et/ou de nommer des objets et des articles "Eva Park". La deuxième étude de cas testait une thérapie VNeST modifiée : les participants ont reçu le même nombre de séances, mais pour la généralisation, il leur a été demandé d'identifier les actions effectuées par les objets et les animaux dans "Eva Park". Les deux participants ont été connectés à distance à "EVA Park" depuis leur domicile.	L'application est adaptée aux méthodes SFA modifié et VNeST modifié. Le participant soumis à la thérapie SFA modifiée a montré une Amélioration significative dans la dénomination des mots entraînés avec la méthode SFA modifié. Amélioration marginale avec à la méthode VNeST modifiée. Aucune amélioration significative quelle que soit la méthode pour des mots nouveaux.	Aphasie fluente et non fluente. Sévérité légère à modérée.	Traitement basé sur SFA et VNeST.
Ordinateur et Tablette	[60]	Comparer une application de RA pour la dénomination des verbes avec des exercices conventionnels.	12 participants dans le groupe expérimental : (56.6 ± 14.5)	Les participants se sont exercés avec 4 types de verbes différents. 10 verbes non accusatifs, 10 verbes inergatifs, 10 verbes non instrumentaux et 10 verbes instrumentaux. L'article ne contenait pas suffisamment d'informations sur le temps que les participants ont passé à s'entraîner et sur le fonctionnement de l'application.	Les participants ont montré une meilleure dénomination des verbes avec l'application de RA par rapport à l'utilisation de cartes d'images.	Aphasie de Broca. Sévérité légère à modérée.	Exercices de dénomination de verbes.
Ordinateur	[21]	Tester la faisabilité d'un programme de télééducation avec vidéoconférence et intégrant les partenaires des personnes aphasiques.	34 participants dans le groupe expérimental : (67.2 ± 6.9)	6 mois de télééducation en vidéoconférences. Les partenaires des participants ont été encouragés à être présents lors des sessions. Les participants ont également été chargés de faire 3 exercices à domicile par semaine. Les participants et partenaires ont mené des entretiens semi-structurés post-thérapeutiques.	Amélioration de la conversation quotidienne fonctionnelle mais résultats inconsistants sur la dénomination. Les retours subjectifs ont été majoritairement positifs.	Aphasie primaire progressive. Sévérité non précisée	Exercices de dénomination à base sémantique et phonétique exercices de prononciation, exercices de ST et traitement basé sur CT.

Table 2: Continued

Ordinateur	[25]	Tester la faisabilité de la méthode CILT sur un ordinateur pour la télééducation.	2 participants dans le groupe expérimental : (41 et 78 respectivement)	Traitement consistait en 3 heures de thérapie par jour pendant 5 jours pendant 2 semaines. Les participants accédaient à l'application depuis leur domicile. Les deux participants jouaient un jeu de carte sous la supervision d'un orthophoniste et l'un des participants était remplacé par l'orthophoniste en cas de difficulté. À la fin de l'expérience, les participants ont répondu à un questionnaire de satisfaction.	Légère amélioration des capacités linguistiques globales des participants. Avis positif sur l'application.	Type d'aphasie non spécifié. Sévérité légère à modérée.	Traitement basé sur CILT.
Ordinateur Kinect	[55]	Tester de la thérapie par stimuli visuels de prononciation non vocalisée dans une application de RV non immersive.	4 participants dans le groupe expérimental : (57.8)	Traitement consistait en des séances de 40 minutes avec 5 séances par semaine pendant 4 semaines. Les deux participants jouaient à un jeu consistant à nommer et à se passer des objets virtuels en 3D. Pour 50 % des tâches, des stimuli visuels silencieux liés à l'articulation ont été administrés.	Amélioration de la précision de dénomination des objets, mais pas de différence significative entre les tâches qui ont été complétées ou non des stimuli visuels de prononciation non vocalisée.	Aphasie de Broca. Sévérité légère à sévère.	Traitement basé sur ILAT. Exercice d'identification d'objets avec indication par des stimuli visuels de prononciation non vocalisée
Ordinateur Kinect	[57]	Comparer ILAT appliquée à travers un jeu de RV non immersif avec un traitement conventionnel.	9 participants dans le groupe expérimental : (55.22 ± 8.53) 8 participants dans le groupe de contrôle : (53.5 ± 11.33)	Traitement consistait en des séances de 30 à 40 minutes avec 5 séances par semaine pendant 8 semaines. Les deux participants jouaient à un jeu consistant à nommer et à se passer des objets virtuels en 3D. Le groupe de contrôle a reçu une quantité similaire de thérapie conventionnelle.	Augmentation de la performance linguistique globale. Pas de différence significative avec la méthode classique.	Aphasie non fluente. Sévérité modérée à sévère.	Traitement basé sur ILAT. Exercice d'identification d'objets.
Ordinateur Manette de jeux Vidéo Projecteur	[52]	Tester l'application "BrightBrainer" qui utilise des jeux sérieux dans un contexte de RV non immersive avec une personne atteinte d'aphasie progressive. Chaque jeu vise à réhabiliter une fonction spécifique.	1 participant : (51)	Traitement consistait en 16 séances deux fois par semaine pendant 8 semaines. Les séances durent 20 minutes au début de la thérapie, puis passent à 40 minutes. Au cours de ces séances, le participant a joué à des jeux visant à réhabiliter diverses fonctions cognitives.	Maîtrise des jeux pour le participant. Augmentation de la concentration sur les tâches et de la communication. Aucune conclusion sur l'efficacité de la méthode, car aucun test empirique n'a été effectué.	Aphasie primaire progressive. Sévérité non précisée.	Exercices de compréhension et de mémoire.
Ordinateur	[50]	Tester l'application "Sentatic" utilisant la méthode ST avec un orthophoniste virtuel.	8 participants dans le groupe expérimental : (50.5) 9 participants dans le groupe de contrôle (48.5)	Les participants recevaient quatre sessions d'une heure par semaine. Les sessions se poursuivaient pour un maximum de 20 ou jusqu'à ce que 80 % de précision de récitation. Le groupe de contrôle n'a reçu aucun traitement.	Amélioration de la précision de récitation des phrases entraînées mais pas de généralisation. Pas d'amélioration du groupe sans traitement.	Aphasie de Broca. Sévérité modérée à sévère.	Exercices de correspondance de phrase à images.

Table 2: Continued

Ordinateur Jetons tangibles Table avec LED.	[20]	Développer et tester l'interface tangible "CreaTable" qui permet aux personnes aphasiques de créer des contenus numériques audiovisuels.	11 participants dans le groupe expérimental : (50.5)	Les participants ont été répartis en 3 groupes, deux groupes de 4 et un groupe de 3, où les groupes ont utilisé les interactions tangibles offertes par "Createable" pour créer des œuvres d'art numériques composées d'images, de sons et de textes. Les interactions tangibles ont parfois été provoquées par les chercheurs et toutes les interactions ont été capturées par vidéo.	Retour d'information subjectif. Plaisir dans le processus créatif et objectif du dispositif atteint. Autonomie des participants pour près de la moitié des interactions tangibles réalisées.	Aphasie fluente et non fluente. Sévérité modérée à sévère.	Aucune.
Google glass Manette person- nalisée Smartphone	[18]	Comparer une application de soutien conversationnel pour personnes aphasiques utilisant des lunettes électroniques ou smartphone.	20 participants dans le groupe expérimental : (56.6 ± 14.5)	Tester le programme d'assistance conversationnelle dans une partie de "go fish" contre les chercheurs. Procédure a duré au maximum 90 minutes par participant et comprenait un test de base et une familiarisation avec les appareils et le programme, 10 minutes étant finalement allouées pour le jeu de "go fish". Des entretiens semi-structurés ont été menés après les jeux.	Taux de Précision de dénomination avec le smartphone marginalement supérieur aux Google glass. Facilité d'utilisation des Google glass dans une conversation.	Type d'aphasie non spécifié. Sévérité non précisée.	Traitement basé sur CT. Exercices de dénomination.
Stylo numérique Live- scribe Pulse	[19]	Tester l'utilisation d'un stylo numérique avec l'application "Write-N-Speak" proposant des exercices de rééducation multimodaux sur papier.	1 participant	L'essai de l'appareil par le participant et l'orthophoniste s'est étalé sur une période de 12 semaines pour un total de 349 minutes.	Appareil difficile à utiliser pour le patient aphasique et l'orthophoniste.	Type d'aphasie non spécifié. Sévérité non précisée.	Une thérapie individualisée comprenant des exercices de dénomination à base sémantique et phonétique et des exercices de compréhension, de lecture et écriture.
Smartphone	[17]	Tester l'efficacité d'une application de jeu mobile "THERAPHASIA" pour la rééducation de l'aphasie	5 participants dans le groupe expérimental : (58.35 ± 10.7)	Les participants ont effectué 10 à 15 minutes de thérapie une fois par jour pendant 8 semaines. Des entretiens semi-structurés ont été menés après le traitement.	Amélioration sur toutes les mesures linguistiques testées. Des améliorations ont été suggérées, comme l'ajout d'options d'accessibilité et l'utilisation d'une tablette.	Aphasie non fluente. Sévérité non précisée.	Exercices de correspondance mot à image, de dénomination, compréhension de phrase et lecture.

A.2 Interactions

Table 3: Tâches et techniques d'interactions

Étude	Tâches d'entrée	Technique d'interaction en entrée	Tâches de sortie	Technique d'interaction en sortie
[57]	Demander un objet virtuel de l'autre participant en plaçant une représentation virtuelle 3D de la main du participant sur un objet virtuel. Donner à l'autre participant un objet virtuel en plaçant une représentation virtuelle 3D de la main du participant sur un objet virtuel.	<voix, langage naturel> <kinect, Manipulation d'objets virtuels 3D>	Écouter la demande l'autre participant pour un objet virtuelle 3D. Recevoir un objet virtuelle 3D.	<voix, langage naturel> <écran d'ordinateur, graphique 3D>
[55]	Demander un objet virtuel de l'autre participant en plaçant une représentation virtuelle 3D de la main du participant sur un objet virtuel. Donner à l'autre participant un objet virtuel en plaçant une représentation virtuelle 3D de la main du participant sur un objet virtuel.	<kinect, manipulation d'objets virtuels 3D> <kinect, manipulation d'objets virtuels 3D>	Écouter la demande l'autre participant pour un objet. Recevoir un stimulus de prononciation non vocalisé.	<voix, langage naturel> <écran d'ordinateur, graphique 2D>
[25]	Communiquer avec l'autre joueur dans le cadre du jeu "go fish". Sélectionner une carte du jeu de l'utilisateur ou sélectionner une carte du jeu des autres joueurs. Tirer une nouvelle carte du jeu virtuel.	<micro de casque, langage naturel> <souris, manipulation graphique 2D> <clavier, texte> <caméra, flux vidéo en direct> <souris, manipulation graphique 2D>	Écouter ou lire la demande de carte d'un autre participant Recevoir un objet virtuelle 3D. Écouter ou lire la demande de carte d'un autre participant Recevoir une carte de l'autre participant.	<écran d'ordinateur, graphique 3D> <casque, langage naturel> <écran d'ordinateur, flux vidéo en direct> <écran d'ordinateur, langage naturel> <écran d'ordinateur, graphique 2D> <écran d'ordinateur, texte>
[27]	Reconnaître un mot à partir de 4 indices et une image Aucune réponse spécifique n'est nécessaire. Demander un indice en cliquant sur l'icône correspondante.	<souris, manipulation graphique 2D> <souris, manipulation graphique 2D> <souris, manipulation graphique 2D>	Voir une image de l'objet recherché. Voir des indices sur le mot recherché.	<écran d'ordinateur, graphique 2D> <écran d'ordinateur, graphique 2D> <écran d'ordinateur, texte>

Table 3: Continued

[49]	Sélectionner des images qui sont liées sémantiquement aux mots Composer un mot par une séquence de lettres. L'utilisateur sélectionne les lettres affichées sur un clavier virtuel.	<souris, manipulation graphique 2D> <souris, manipulation graphique 2D>	Voir des images d'objets ayant une relation sémantique. Voir une image et une séquence de lettre.	<écran d'ordinateur, graphique 2D> <écran d'ordinateur, graphique 2D> <écran d'ordinateur, texte> <haut-parleurs, indices audio> <écran d'ordinateur, langage pseudo-naturel > <haut-parleur, langage pseudo-naturel >
[23]	Prononcer un mot correcte.	<voix, langage naturel>	Voir une image et un vidéo de la prononciation d'un mot.	<écran d'ordinateur, graphique 2D> <écran d'ordinateur, flux vidéo> <haut-parleur, langage naturel>
	Parcourir des diapositives PowerPoint contenant un stimulus vidéo	<souris, manipulation graphique 2D>	Voir une image et écouter la prononciation d'un mot.	<écran d'ordinateur, graphique 2D> <haut-parleur, langage naturel>
	Parcourir des diapositives PowerPoint contenant un stimulus audio	<souris, manipulation graphique 2D>	Voir une vidéo avec des questions indicatives.	<écran d'ordinateur, graphique 2D> <écran d'ordinateur, flux vidéo> <haut-parleur, langage naturel>
			Écouter un enregistrement audio avec des questions indicatives.	<écran d'ordinateur, graphique 2D> <haut-parleur, langage naturel>
[59]	Tâches du participant Déplacer un avatar 3D vers une zone du monde virtuel d'"EVA Park" dédiée aux l'exercice. Identifier au moins six caractéristiques sémantiques d'un élément à partir d'une image dans un schéma de SFA. Nommée un élément et vérifier avec l'orthophoniste.	<souris et clavier, manipulation d'avatar 3D> <micro, langage naturel> <clavier, langage pseudo-naturel> <micro, langage naturel> <clavier, langage naturel>	Tâches du participant Voir le schéma de l'exercice SFA dans la zone pour exercices d'"EVA Park". Recevoir les indices de six caractéristiques sémantiques demandée de l'orthophoniste. Recevoir l'avis de l'orthophoniste sur le mot communiqué.	<écran d'ordinateur, graphique 3D> <écran d'ordinateur, graphique 2D> <écran d'ordinateur, langage naturel> <haut-parleur, langage naturel> <écran d'ordinateur, langage naturel>

Table 3: Continued

	Identifier un sujet et des compléments d'objet direct ou indirect, complément circonstanciel de lieu et un complément circonstanciel de temps à partir d'un verbe.	<micro, langage naturel> <clavier, langage pseudo-naturel>		Recevoir des indices les sur les compléments proposés par le participant.	<écran d'ordinateur, langage naturel> <haut-parleur, langage naturel>
	Écrire et réciter une phrase à partir d'un verbe et des compléments identifiés et vérifier avec l'orthophoniste dans le cadre un exercice VNeST.	<micro, langage naturel> <clavier, langage naturel>		Recevoir l'avis de l'orthophoniste sur la phrase communiquée.	<haut-parleur, langage naturel> <écran d'ordinateur, langage naturel>
Tâches de l'orthophoniste	Déplacer un avatar 3D vers une zone du monde virtuel d'"EVA Park" dédiée aux l'exercice.	<souris et clavier, manipulation d'avatar 3D>	Tâches de l'orthophoniste	Recevoir les propositions du participant sur les caractéristiques sémantiques.	<haut-parleur, langage naturel> <écran d'ordinateur, langage naturel>
	Vérifier les caractéristiques sémantiques données par le participant.	<micro, langage naturel> <clavier, langage naturel>		Recevoir le mot recherché de la part du participant.	<haut-parleur, langage naturel> <écran d'ordinateur, langage naturel>
	Aider le participant en lui indiquant une caractéristique sémantique du mot chercher.	<souris et clavier, manipulation d'avatar 3D> <micro, langage naturel> <clavier, langage naturel>		Recevoir les propositions du participant sur les compléments de phrases.	<haut-parleur, langage naturel> <écran d'ordinateur, langage naturel>
	Vérifier le mot donné par le participant.	<micro, langage naturel> <clavier, langage naturel>		Recevoir la phrase recherchée de la part du participant.	<haut-parleur, langage naturel> <écran d'ordinateur, langage naturel>
	Aider le participant donnant des indications sur les compléments qu'il a identifié.	<micro, langage naturel> <clavier, langage naturel>			
	Vérifier la phrase donnée par le participant.	<micro, langage naturel> <clavier, langage naturel>			

Table 3: Continued

[53]	Déplacer un avatar 3D pour explorer le monde virtuel d'"EVA Park" Manipulation d'objets interactifs dans le monde virtuel.	<souris et clavier, manipulation d'avatar 3D>	Voir le monde 3D d'"EVA Park".	<écran d'ordinateur, graphique 3D>
	Communiquer avec d'autres participants ou avec des orthophonistes.	<souris et clavier, manipulation d'avatar 3D> <souris et clavier, manipulation d'objets virtuels 3D>	Voir le retour audio et visuel de l'interaction avec les articles.	<écran d'ordinateur, graphique 3D> <haut-parleur de casque, icône sonore>
[51]	Choisir un script à écouter. Réciter les phrases tout en suivant l'orthophoniste virtuel.	<micro, langage naturel> <souris, manipulation graphique 2D>	Entendre les voix des autres participants émanant de leurs Avatars 3D. Voir le texte du script.	<haut-parleur de casque, langage naturel> <écran d'ordinateur, graphique 3D> <écran d'ordinateur, langage naturel> <écran d'ordinateur, avatar 3D> <haut-parleur, langage naturel>
	Choisir un mot du script pour vous entraîner.	<souris, manipulation graphique 2D>	Écouter la prononciation d'un mot et voir les mouvements de bouche de l'orthophoniste virtuel.	<écran d'ordinateur, avatar 3D> <haut-parleur, langage naturel>
	Choisir un enregistrement fait par l'utilisateur pour l'écouter.	<souris, manipulation graphique 2D>	Écouter la récitation du script d'un utilisateur.	<écran d'ordinateur, avatar 3D> <haut-parleur, langage naturel>
[52]	Tâches pour le jeu "Submarine Rescue" Choisir la boîte avec le nombre correct.	<manette de jeux, manipulation d'objets virtuels 3D>	Tâches pour le jeu "Submarine Rescue"² Identifier l'équation arithmétique nécessaire pour trouver le bon numéro de la boîte à jeter.	<projecteur vidéo, graphique 3D>
	Déplacer les boîtes dans la zone d'éjection.	<manette de jeux, manipulation d'objets virtuels 3D>	Entendre les sons du jeu. Identifier les boîtes.	<haut-parleur de casque, langage naturel> <projecteur vidéo, graphique 3D>
	Tirez sur un levier pour se débarrasser des caisses.	<manette de jeux, manipulation d'objets virtuels 3D>	Identifier le levier d'éjection.	<projecteur vidéo, graphique 3D>
[19]	Tapoter du papier numérique préparé avec le stylo digital pour identifier des noms d'articles ou des images ou écoutez des phrases grâce au feedback audio. Enregistrer sa voix pour l'associer au papier numérique.	<papier et stylo numériques, manipulation d'objets 2D> <papier et stylo numériques, manipulation d'objets 2D>	Écouter des enregistrements audios.	<haut-parleur de stylo numérique, langage naturel>

²Un jeu sur un sous-marin qui coule. Le joueur doit le maintenir à flot.

Table 3: Continued

[20]	Placer un objet tangible sur une table interactive pour ajouter une image, un son, des mots à une composition artistique numérique. Tourner un bouton électronique pour jouer la composition numérique d'images, de sons et de mots.	<jetons tangibles, manipulation d'objets 3D> <table interactive, manipulation d'objets 3D> <bouton de contrôle électronique, manipulation d'objets 3D>	Voir les effet texte, son, image des jetons sur la composition. Voir et écouter la composition.	<écran d'ordinateur, graphique 2D> <écran d'ordinateur, langage naturel> <haut-parleur, icône sonore> <écran d'ordinateur, graphique 2D> <écran d'ordinateur, langage naturel > <haut-parleur, icône sonore>
[18]	Parcourir les listes des images et des indices audios classés Choisir un indice pour le voir ou l'écouter.	<Manette personnalisée, manipulation graphique 2D> <Manette personnalisée, manipulation graphique 2D>	Voir la liste des icônes contenant des indices. Voir ou/et écouter les indices associés à une icône choisie.	<écran google glass, graphique 2D> <écran google glass, langage naturel> <écran google glass, graphique 2D> <haut-parleur google glass, langage naturel > <écran google glass, langage naturel> <écran google glass, flux vidéo>
[40]	Naviguer dans l'application et sélectionnez un verbe à entraîner. Cliquer sur la vidéo et regarder l'action effectué. Cliquez sur l'icône de l'oreille pour entendre une phrase qui utilise le verbe. Cliquez sur l'icône de l'oreille une deuxième fois pour entendre le premier phonème. Cliquez sur l'icône du stylo pour voir le verbe écrit. Cliquez sur l'icône de l'oreille une troisième fois pour entendre le verbe. Essayer de prononcer le verbe associé à une image d'action.	<écran de tablette, manipulation graphique 2D> <écran de tablette, manipulation graphique 2D> <écran de tablette, manipulation graphique 2D> <écran de tablette, manipulation graphique 2D> <voix, langage naturel>	Voir une vidéo d'une action. Voir la première lettre d'un verbe suivie de tirets représentant les lettres manquantes. Écouter une phrase qui utilise le verbe Écouter le premier phonème du verbe. Voir le verbe en entiers. Écouter une prononciation du verbe.	<haut-parleur de tablette, langage naturel> <écran de tablette, 2D graphique> <haut-parleur de tablette, langage naturel> <haut-parleur de tablette, langage naturel> <écran de tablette, langage naturel> <haut-parleur de tablette, langage naturel>

Table 3: Continued

[56]	Composer un mot par une séquence de lettres en déposant des lettres dans des espaces vides pour former des mots.	<écran de tablette, manipulation graphique 2D> <détecteur magnétique, manipulation graphique 2D>	Voir des lettres d'un mot.	<écran de tablette, langage naturel>
	Composer un mot en utilisant la liste complète des lettres en déposant des lettres dans des espaces vides pour former des mots.	<écran de tablette, manipulation graphique 2D> <détecteur magnétique, manipulation graphique 2D>	Voir des pièces et de billets.	<écran de la tablette, 2D graphique>
	Déplacer les représentations de pièces et de billets pour collecter une somme d'argent indiquée.	<écran de tablette, manipulation graphique 2D> <détecteur magnétique, manipulation graphique 2D>	Voir un bâton coloré et des numéros.	<écran de la tablette, 2D graphique>
	Faire correspondre un bâton coloré à un numéro.	<écran de tablette, manipulation graphique 2D> <détecteur magnétique, manipulation graphique 2D>	Écouter des indices audio.	<haut-parleur de tablette, icône sonores>
[37]	Sélectionner les images et les mots correspondants à l'aide d'indices audio et visuels.	<écran de tablette, manipulation graphique 2D>	Voir des images sélectionnables.	<écran de la tablette, 2D graphique>
	Compléter des mots ou des phrases en arrangeant les lettres ou les mots	<écran de tablette, manipulation graphique 2D>		
	S'exercer à copier et à mémoriser des mots en écrivant sur l'écran de la tablette.	<écran de la tablette, écriture naturel>	Voir des mots et lettres sélectionnables.	<écran de la tablette , langage naturel> <écran de la tablette , langage pseudo-naturel>
	S'exercer à la répétition des mots à l'aide d'indices audio et visuels.	Pas d'entrée.	Voir une confirmation de l'écriture correcte d'un mot.	<écran de la tablette, 2D graphique> <haut-parleur de tablette, icône sonores>
	L'utilisateur pratique la compréhension en sélectionnant la réponse à des questions logiques à l'aide d'indices audio et visuels.	<écran de tablette, manipulation graphique 2D>	Voir une séquence d'images ayant un sens logique.	<écran de la tablette, 2D graphique>

Table 3: Continued

[36]	Répondre à une question relative à une image affichée.	<écran de tablette, manipulation graphique 2D>	Écouter des indices audio.	<écran de la tablette, 2D graphique>
	Prononcer un mot correcte.	<écran de tablette, manipulation graphique 2D>	Voir du texte et une image qui montrent le résultat des réponses aux questions oui ou non.	<écran de la tablette, 2D graphique> <haut-parleur de tablette, langage naturel>
	Enregistrer un mot.	<écran de tablette, langage naturel> <écran de tablette, manipulation graphique 2D>	Écouter la prononciation d'un mot.	<écran de la tablette, 2D graphique>
[38]	Trouver une image qui correspond à un mot	<écran de tablette, manipulation graphique 2D>	Voir des images sélectionnables.	<écran de la tablette, 2D graphique>
	Trouver le mot qui correspond à une image.	<écran de tablette, manipulation graphique 2D>	Voir de mots sélectionnables.	<écran de la tablette, 2D graphique>
	Trouver le mot qui n'appartient pas au groupe d'images.	<écran de tablette, manipulation graphique 2D>	Voir une question sur le mot	<écran de la tablette, langage naturel>
	Activer une vidéo d'un mot.	<écran de tablette, manipulation graphique 2D>	Voir une séquence de lettres qui se remplit à mesure que vous progressez Écouter et voir la prononciation d'un mot.	<écran de la tablette, langage pseudo-naturel> <écran de la tablette, vidéo> <haut-parleur de tablette, langage naturel>
[46]	Prendre une photo d'un lieu	<écran de tablette, manipulation graphique 2D> <camera de tablette, manipulation graphique 2D>	Voir les mots suggérés autour d'un photo.	<écran de la tablette, 2D graphique><écran de tablette, langage naturel>