

Louvain School of Management

Etude d'un nouveau vocabulaire de gestes pour un bracelet connecté innovant : le Kinemic

Quels sont les gestes préférés par les utilisateurs pour interagir avec une série d'appareils électroniques courants en utilisant un bracelet connecté ?

Auteur : Benjamin Alaerts
Promoteur : Jean Vanderdonckt
Année académique 2021-2022
Travail de fin d'études (TFE) en vue d'obtenir le titre de
Master [120] en Ingénieur de gestion, à finalité spécialisée
Horaire de jour

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier particulièrement mon promoteur, le professeur Jean Vanderdonckt, pour sa grande disponibilité et ses réponses toujours très rapides et détaillées qui ont été une aide précieuse tout au long du travail de recherche et tout au long de l'écriture de ce mémoire.

Je tiens aussi à remercier Santiago Villarreal Narvaez, assistant et chercheur, qui a accepté de me prêter son local dans le bâtiment de la LSM pour que je puisse y réaliser mon étude, et m'a donné de précieux conseils afin que celle-ci se déroule bien.

Merci à ma famille pour leurs nombreux encouragements, leur participation aux études, et la relecture de ce mémoire.

Merci à mes amis Emilien Caudron, Emma Gastoud et Mathilde Van Hijfte qui m'ont soutenu en rédigeant leurs mémoires à mes côtés, et qui ont participé à toutes les études de ce travail.

Finalement, merci à toutes les personnes qui ont prêté de leur temps en participant aux études de ce mémoire.

Table des matières

Chapitre 1	: Introduction.....	1
1.1	Contextualisation de la problématique	1
1.2	Question de recherche	2
1.3	Méthodologie de recherche.....	2
1.4	Motivation de la recherche.....	3
1.5	Aperçu général du mémoire	3
Chapitre 2	: Etude théorique	6
2.1	L'interaction par les gestes avec un système d'information (SI).....	6
2.2	Le bracelet Kinemic	8
2.2.1	Description du dispositif Kinemic Band.....	8
2.3	Potentiels usages futurs.....	12
2.3.1	Interaction avec des Smart TV.....	12
2.3.2	Aider des personnes handicapées	12
2.3.3	Drone	13
2.3.4	Jouer à un jeu vidéo	14
2.3.5	Composition de musique dans un environnement 3D	14
2.3.6	Intégration dans des systèmes multi-senseurs	15
2.4	Catalogue théorique de gestes	15
2.4.1	Classification par capteur.....	16
2.4.2	Classification par plateforme.....	17
2.4.3	Classification par utilisateurs.....	18
2.5	Conclusion du chapitre	19
Chapitre 3	: Etude empirique	20
3.1	Etude d'élicitation de gestes.....	20
3.2	Participants	21
3.3	Environnement et équipement de test	22
3.4	Références.....	23

3.5	Procédure de test	25
3.6	Le biais d'héritage.....	28
Chapitre 4	: Analyse des résultats de l'étude d'élicitation.....	30
4.1	Analyse des participants	30
4.1.1	Niveau de familiarité avec des systèmes interactifs.....	30
4.1.2	Réponses au questionnaire IBM-PSSUQ	32
4.2	Etablissement d'un consensus entre les gestes	36
4.2.1	Niveau d'agrément entre participants	39
4.2.2	Niveau de coagrément.....	42
4.3	Analyse du temps de réflexion	44
4.3.1	Analyse du temps de réflexion par référent	44
4.3.2	Relation entre le temps de réflexion et le niveau d'agrément par référent.....	47
4.4	Niveau d'adaptation	49
4.5	Facilité d'exécution.....	51
4.6	Taxonomie des gestes proposés	52
4.6.1	Amplitude de mouvement	53
4.6.2	Latéralité	53
4.6.3	Forme	54
4.6.4	Temporalité	54
4.6.5	Nature	55
4.7	Aperçu et analyse des gestes sélectionnés par les participants	57
4.7.1	Etablissement d'un catalogue de gestes par référent	57
4.7.2	Taxonomie des gestes définitifs	61
4.7.3	Comparaison homme-femme	62
4.8	Comparaison avec les résultats d'autres études similaires	65
4.8.1	Etudiants du cours LINFO1311	65
4.8.2	User-Defined Gestures for Augmented Reality	68
Chapitre 5	: Analyse des résultats de l'étude d'identification.....	69

5.1	Procédure.....	69
5.2	Participants	69
5.2.1	Niveau de familiarité avec des systèmes interactifs.....	71
5.3	Consensus entre les gestes	72
5.4	Taxonomie des gestes.....	74
5.5	Nouveau catalogue final de gestes.....	76
Chapitre 6	: Discussion et recommandations.....	78
6.1	Dimensions des gestes élicités	78
6.2	Conseils relatifs au catalogue final de gestes.....	78
Chapitre 7	: Conclusion	81
7.1	Bref résumé du mémoire.....	81
7.2	Pistes de réflexion et limites du mémoire	82

Chapitre 1 : Introduction

1.1 Contextualisation de la problématique

Depuis la création du premier ordinateur en 1946 [20], la technologie n'a pas cessé de progresser et de faciliter notre vie de tous les jours. On constate d'année en année que la technologie rend les tâches quotidiennes de plus en plus rapides et faciles. Prenons un exemple simple et utilisé par tous : la télécommande, inventée dans les années 1950 permet de regarder la télévision sans nécessiter aucun effort de notre part. Cependant, au fur et à mesure des avancées technologiques, des fonctionnalités de plus en plus nombreuses et avancées sont disponibles, au point que d'anciennes technologies comme la télécommande sont devenues bien plus complexes et demandent un effort d'apprentissage de plus en plus conséquent de la part des utilisateurs afin de pouvoir les utiliser de manière optimale.

C'est pourquoi ces dernières décennies, suite au désir global d'interfaces toujours plus simples d'utilisation permettant de contrôler différents types d'objets connectés (applications, appareils multimédias, appareils électroniques), sont apparus des systèmes d'interaction de plus en plus efficaces. Ce désir est en grande partie ce qui anime la recherche en matière d'interactions homme-machine (IHM) et a facilité le développement de certains senseurs comme le Kinect créé en 2010 par Microsoft qui est capable de détecter les gestes du corps humain pour les transformer en commandes informatisées.

Aujourd'hui, ces mécanismes se reposent essentiellement sur des algorithmes génériques de reconnaissance de gestes qui permettent la détection d'un catalogue de gestes prédéfinis, souvent minimal et spécifique aux senseurs utilisés. Un des grands défis de notre époque est donc d'élargir ces catalogues en y rajoutant des gestes intuitifs et faciles d'utilisation pour le grand public.

A cet effet, Wobbrock et al. [51] a développé en 2006 une méthodologie permettant de développer de nouveaux vocabulaires de gestes à l'aide d'étude d'élicitation de gestes centrée sur les utilisateurs. Cette méthode est aujourd'hui largement employée dans le monde scientifique [52] [28] [16] et est en général vue comme la plus efficace pour établir les catalogues de gestes de nouveaux senseurs.

La recherche réalisée dans ce mémoire se concentrera sur l'élaboration d'un catalogue de gestes pour le bracelet Kinemic, qui est un nouveau dispositif innovant permettant de capter les mouvements du bras et du poignet et de les transformer en commandes interprétables pour des objets connectés. Le Kinemic est un dispositif assez récent dont le catalogue de gestes est encore très restreint, limitant ses applications, d'où l'intérêt d'en définir un nouveau.

1.2 Question de recherche

La question de recherche de ce mémoire est la suivante :

« Quels sont les gestes préférés par les utilisateurs pour interagir avec une série d'appareils électroniques courants en utilisant un bracelet connecté ».

1.3 Méthodologie de recherche

Nous commençons par une revue de la littérature sur les études d'élicitation afin de rassembler le plus de gestes possibles qui pourraient convenir au Kinemic dans un nouveau catalogue théorique de gestes. Nous ne considérons essentiellement que les gestes qui peuvent probablement être détectés par le Kinemic, donc les gestes du bras et du poignet. Nous utilisons également la littérature pour étudier les utilisations potentielles du bracelet Kinemic dans différents domaines.

Pour la partie empirique de ce mémoire, nous utilisons la méthode d'élicitation définie par Wobbrock et Vatavu [47]. Cette méthode consiste à présenter à une série de participants, qui sont des utilisateurs lambda, des actions pour lesquelles ils doivent proposer un geste. Ces actions sont appelées *référents* dans le cadre de l'étude et concernent toutes sortes d'interactions communes avec des appareils connectés (Allumer une télévision, Augmenter le volume, ...)

Ensuite, nous avons réalisé une deuxième étude souvent effectuée en complément d'une étude d'élicitation dans la littérature [12][1]. Cette étude, appelée étude d'identification, reprend les gestes les plus proposés lors de l'élicitation et demande à une série de participants lambda de faire un choix parmi ceux-ci pour chaque référent.

Le résultat de cette recherche empirique sera un catalogue de gestes définis par les utilisateurs qui associera un geste final à chaque référent. Ce catalogue ainsi que les observations réalisées durant

cette étude serviront de source d'inspiration aux chercheurs et ingénieurs travaillant sur le développement de nouveaux senseurs et qui ont besoin de créer des vocabulaires de gestes pour ceux-ci. L'avantage de ce mémoire est que le marché de l'interaction par les gestes avec des systèmes d'information via des senseurs est en continuelle évolution et cette étude permettra d'amener des éléments qui aideront son développement

1.4 Motivation de la recherche

J'ai choisi de réaliser mon mémoire sur ce sujet car j'ai toujours porté un intérêt aux nouvelles technologies et les senseurs de gestes font partie d'une série de nouveaux dispositifs très innovants qui demandent encore beaucoup de recherche afin de les faire fonctionner de manière optimale.

C'est mon promoteur qui m'a mis sur la voie du bracelet Kinemic qui est technologie encore très récente et qui nécessite encore un développement conséquent pour atteindre ses pleines capacités.

Etant donné que je ne suis pas un étudiant en informatique, il aurait été peu logique et peu pratique pour moi de travailler directement sur l'implémentation de gestes dans le bracelet lui-même, c'est pourquoi mon promoteur m'a proposé de travailler sur un autre plan : celui de l'élicitation de gestes.

Ainsi, en réalisant une étude d'élicitation (ainsi qu'une revue de la littérature), je pourrais contribuer au progrès du bracelet Kinemic en développant une partie essentielle de celui-ci : son catalogue de gestes.

Un autre avantage de cette étude d'élicitation est qu'elle a des implications managériales. En effet, l'organisation de l'étude peut s'apparenter à une gestion de projet. Il faut faire venir un grand nombre de participants pour une durée qu'ils peuvent trouver relativement longue afin qu'ils participent à l'étude. Ensuite, l'analyse des résultats de l'étude est très longue. Il faut encoder tous les gestes un par un pour chaque participant en visionnant la vidéo, à cela s'ajoute toute une série de données sur les participants eux-mêmes. Tous ces aspects prennent énormément de temps, ce qui demande une bonne organisation de son temps. De plus, la recherche demandée par ce mémoire demande une rigueur scientifique équivalente à celle d'autres domaines comme le marketing ou la finance, me préparant indirectement à mes futures aspirations professionnelles.

1.5 Aperçu général du mémoire

Cette section reprend les différents chapitres du mémoire et décrit leur contenu dans le but d'offrir une vision plus structurée du mémoire.

Chapitre 2 : Dans ce chapitre, nous présentons l'interaction par les gestes avec un système d'information, nous présentons 3 types de senseurs (2D, 3D passifs, 3D actifs) avec des exemples. Ensuite, nous détaillons le Kinemic sur lequel ce mémoire se concentre et expliquons ses particularités, ses utilisations actuelles et les raisons pour lesquelles nous l'avons choisi. Ensuite nous nous basons sur la littérature pour présenter une série d'utilisations potentielles du Kinemic et établir un catalogue théorique de gestes qui pourraient être utilisés par celui-ci.

Chapitre 3 : Dans ce chapitre, nous présentons toutes les informations relatives à l'étude d'élicitation effectuée. Nous détaillons les caractéristiques démographiques des participants sélectionnés, puis nous expliquons dans quel environnement et avec quel équipement nous leur faisons passer l'étude. Ensuite, nous expliquons quel référent nous utilisons pendant l'expérience et comment nous les avons choisis. Finalement nous détaillons la procédure exacte employée lors de l'expérience et expliquons un point théorique, le biais d'héritage, qui sera très important lors de l'analyse des résultats du chapitre 4.

Chapitre 4 : Dans ce chapitre, nous retrouvons l'analyse complète des résultats de l'étude d'élicitation. Nous commençons par analyser les participants selon leurs taux de satisfaction et leur familiarité avec certains appareils électroniques. Ensuite, nous analysons le consensus entre les gestes pour chaque référent à l'aide d'une mesure appelée le niveau d'agrément, puis nous analysons toute une série de mesures pour chaque référent : le temps de réflexion, le niveau d'adaptation, la facilité d'exécution. Nous avons calculé la corrélation de toutes ces mesures avec le niveau d'agrément pour voir si un lien existait. Ensuite, nous classons toutes les propositions de gestes faites par les participants selon plusieurs critères (taxonomie) tels que l'amplitude de mouvement, la nature ou la latéralité. Nous finissons par déterminer un catalogue final de gestes suite à cette étude, classons ces gestes selon notre taxonomie et effectuons une comparaison homme-femme. Finalement, nous comparons nos résultats avec ceux d'autres études similaires issues de la littérature.

Chapitre 5 : Dans ce chapitre, nous expliquons la procédure de notre étude d'identification qui sert à tester les résultats de notre étude d'élicitation. Ensuite, nous analysons les participants et les résultats de cette étude de façon similaire au chapitre 4 (niveau d'agrément, taxonomie). Finalement,

nous établissons un nouveau catalogue final de gestes et comparons ses différences par rapport au catalogue final de l'étude d'élicitation.

Chapitre 6 : Dans ce chapitre, nous discutons les résultats du mémoire et formulons quelques conseils vis-à-vis du design de gestes pour senseurs inertiels, dont le Kinemic fait partie. Nous détaillons les dimensions préférées des utilisateurs et nous fournissons une série de gestes conseillés avec des niveaux d'agrément élevés.

Chapitre 7 : Dans ce chapitre, se trouve la conclusion de ce mémoire qui résume brièvement ce dernier, présente ses limites et propose certaines pistes de réflexion pour des travaux futurs.

Chapitre 2 : Etude théorique

Avant d'entrer dans la partie empirique, nous allons tout d'abord définir ce que sont les systèmes d'informations basés sur l'interaction par les gestes, ce qu'est le bracelet Kinemic et pourquoi nous l'avons choisi comme sujet de cette étude. Ensuite, nous expliquerons la méthodologie appliquée pour la création du catalogue théorique de gestes.

2.1 L'interaction par les gestes avec un système d'information (SI)

Le domaine dans lequel se positionne ce mémoire est l'interaction par les gestes avec un système d'information (SI), domaine qui fait partie de la recherche sur les interactions homme-machine (IHM). Au cœur de ce domaine, on retrouve les systèmes de reconnaissance de gestes, composés d'un capteur capable de reconnaître des gestes effectués par différentes parties du corps (bras, main, doigts, corps entier), et capable de transmettre une commande déduite de ces gestes à un système extérieur, comme une télévision ou un ordinateur **(44)**. Il existe 3 grandes catégories de capteurs : Les capteurs en 2D, en 3D passifs et en 3D actifs.

- Les capteurs de gestes en 2D sont capables de détecter et de différencier des gestes effectués sur deux dimensions, ignorant la profondeur. Typiquement ces gestes sont effectués sur des surfaces tactiles avec un doigt ou un stylet. Certains capteurs 2D sont capables de détecter des gestes effleurant une surface sans la toucher. Ce type de capteur est très répandu, notamment, sous la forme de smartphones, tablettes sur lesquels la navigation se fait à l'aide de balayages ou de touches sur un écran tactile **(45)**
- Les capteurs de gestes en 3D passifs utilisent essentiellement des systèmes utilisant la vision pour détecter les gestes, certains utilisent aussi le son et la lumière. Récemment, l'utilisation de caméras de profondeur capables d'extraire des représentations 3D d'un utilisateur (contrairement à de simples caméras) afin d'effectuer un suivi des différentes parties du corps a été développée. L'exemple le plus connu est le MS Kinect, développé par Microsoft, qui utilise un système de lumière structurée, c'est-à-dire que la caméra projette un rayonnement infrarouge et est ensuite capable de détecter les déformations dans le motif de la lumière infrarouge projetée pour en extraire des formes 3D [30].

- Les senseurs de gestes en 3D actifs sont composés de capteurs portables, généralement équipés d'accéléromètre, de gyroscopes et de manomètres avec lesquels peuvent être combinés des capteurs tactiles ou de vision pour obtenir une solution plus complète. Les smartwatches [35], laptops, smartphones et tablettes possèdent des accéléromètres et gyroscopes permettant de déterminer la position et l'orientation de ces objets dans l'espace, en plus d'y coupler pour certains des capteurs tactiles et de vision (caméras, webcams). Certains senseurs peuvent capter les mouvements des doigts, comme le MyoArmband et ses capteurs électromyographiques [6] ou certains anneaux connectés [13]. D'autres senseurs moins fins détectent juste les mouvements des mains, comme les télécommandes de la console de jeu Wii. Finalement certains senseurs, les plus avancés, sont capables de détecter les gestes de tout le corps, mais cela demande souvent une installation encombrante pour l'utilisateur à cause du nombre de capteurs nécessaires.



Figure 1: Senseurs dans l'ordre : Un smartphone tactile, une Nintendo DS tactile au stylet, une smartwatch et le MyoArmband des senseurs 3D actifs, et le MS Kinect un senseur 3D passif

Le développement de ces systèmes d'interaction par les gestes est motivé par leur utilisation qui a pour but d'être plus naturelle et intuitive [19] que les systèmes classiques comme la télécommande. Cependant, la faille de beaucoup de ces systèmes, surtout pour ceux qui ont été conçus depuis peu, est le manque d'un catalogue complet de gestes intuitifs. Le Kinemic, qui est un système assez récent, rencontre ce problème que nous nous attelons à pallier dans la suite de mémoire.

2.2 Le bracelet Kinemic

2.2.1 Description du dispositif Kinemic Band

Dans cette étude nous nous concentrons sur le bracelet Kinemic [25], créé par la société Kinemic GmbH, et essayons d'élargir son catalogue de gestes. Le Kinemic est un capteur 3D actif mains-libres assez récent et qui, en conséquent, ne possède encore qu'un catalogue réduit de gestes (Figure 4) et qui n'a pas été défini par des utilisateurs potentiels, cela limite ses usages et son utilisation. C'est pourquoi nous avons choisi de nous concentrer sur le développement d'un catalogue de gestes plus étendu au travers d'une étude d'élicitation et d'une revue de littérature compilant des gestes tirés d'études d'élicitation préexistantes.



Figure 2: Le Kinemic band, appelé bracelet Kinemic en français

D'un point de vue technique, le Kinemic est équipé d'un accéléromètre fonctionnant sur 3 dimensions (X, Y, Z) et d'un capteur gyroscopique, ces derniers délivrent des signaux robustes et directs des mouvements de la partie du corps auquel ils sont accrochés [2]. Ces capteurs sont connectés à une plateforme de calcul mobile (RaspberryPi) qui gère le processus de détection de gestes. Le bracelet dispose d'un accès Bluetooth avec une lumière LED indiquant s'il est connecté ou non, ainsi il peut communiquer avec différents appareils connectés, typiquement des tablettes, des smartphones, des lunettes connectées (smart glasses) et des ordinateurs. Cela permet à tout moment de continuer d'utiliser certains des appareils précédemment cités sans devoir interrompre un travail en cours grâce aux propriétés portatives et mains-libres du Kinemic. Par exemple, plutôt que de lâcher ses outils pour encoder dans un ordinateur chaque produit emballé sur une chaîne de production, cela peut simplement être effectué d'un balayage de la main grâce au Kinemic. Ce progrès ergonomique est le principal avantage du bracelet Kinemic. Un autre grand avantage du

Kinemic par rapport à d'autres senseurs inertiels comme les smartwatches, est sa grande modularité. En effet, le bracelet dispose d'un kit de développement logiciel gratuitement accessible sous de nombreuses formes (Windows UWP et Desktop, Android, Linux, Unity, iOS, macOS) qui permet à un utilisateur avisé de le programmer selon ses désirs.

Actuellement, le catalogue de gestes du bracelet ne comporte que 12 gestes distincts (Figure 4Figure 2), ce qui limite la quantité d'usages différents possibles. Ne disposant pas de capteurs permettant un traçage très fin, il est logique que le catalogue de gestes du Kinemic soit moins varié que ceux d'appareils comme le MyoArmband qui permet un suivi des doigts via des capteurs électromyographiques détectant les mouvements des muscles de l'avant-bras [14]. Cependant, grâce à la fonction « AirMouse » qui permet de reconnaître le tracé de lettres et de formes dans les airs, il est possible d'entrer du texte, ce qui augmente malgré tout assez fortement le nombre de gestes différents possibles, mais ces derniers seront en général bien moins pratiques/ergonomiques qu'un balayage ou qu'une rotation.

Les applications actuelles du bracelet se trouvent dans le domaine de l'industrie. Sur le site officiel du bracelet, 5 catégories d'utilisation sont détaillées [25] :

- *Assemblage* : Le bracelet Kinemic permet de naviguer facilement à travers des plans d'assemblage en permettant d'effectuer des zooms, des rotations de modèles 3D, d'entrer des commentaires et des valeurs, ... Tout cela sans devoir lâcher ses outils et arrêter la tâche en cours pour consulter les instructions.
- *Contrôle de qualité* : Le Kinemic permet de simplifier et d'accélérer les contrôles de qualité en supprimant totalement l'utilisation d'un clavier, d'écran tactiles ou de papier. Pour indiquer qu'un élément est OK, il suffit de tracer une coche (✓) dans les airs et en cas de problèmes, les codes d'erreur peuvent être encodés directement en traçant les chiffres dans les airs. Tout cela permet de gagner du temps, de conserver de l'énergie en évitant des allers-retours à un terminal et de réduire les chances de symptômes fréquents comme les troubles musculosquelettiques.
- *Processus d'inspection* : En couplant le Kinemic avec des outils d'inspection et des smart glasses comme les RealWear HMT-1, le Kinemic permet d'entrer les données d'une inspection de manière confortable, en évitant de devoir lâcher des outils en cours d'utilisation.

- *Hygiène alimentaire* : Grâce à des entrées de données mains-libres, le Kinemic permet d'éviter des contaminations en réduisant très fortement le nombre de contacts avec différentes surfaces dans les chaînes de production alimentaires. Comme pour les précédentes catégories, le bracelet permet aussi de gagner du temps.
- *Téléassistance* : Globalement, le Kinemic peut être programmé afin d'être utilisé comme une de télécommande pour un très grand nombre d'objets connectés.

Le site officiel montre un exemple concret d'implémentation réalisée pour le bracelet Kinemic : le projet KARL (Figure 3). Dans le cadre de ce projet, le bracelet Kinemic est utilisé pour compter le nombre de vis dans un projet en cours. Un grand atout est qu'aucune interaction n'est demandée à l'utilisateur, le Kinemic déduit lui-même qu'une vis a été vissée à partir du mouvement descendant de la main et des vibrations de la visseuse électrique.



Figure 3: Projet KARL, comptage de vis via le Kinemic.

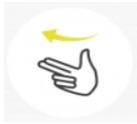
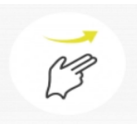
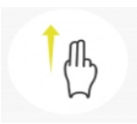
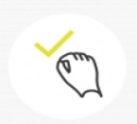
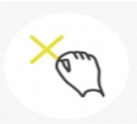
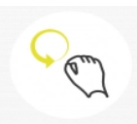
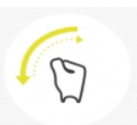
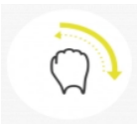
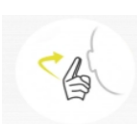
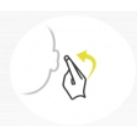
Nom du geste	Image	Description
Balayer à gauche		Etendre l'index et le majeur puis bouger le poignet vers la gauche.
Balayer à droite		Etendre l'index et le majeur puis bouger le poignet vers la droite.
Balayer vers le haut		Etendre l'index et le majeur puis bouger le poignet vers le haut.
Balayer vers le bas		Etendre l'index et le majeur puis bouger le poignet vers le bas.
Check mark		Faire semblant de tenir un morceau de craie et de dessiner un check (✓).
Marque croix		Faire semblant de tenir un morceau de craie et de dessiner une croix (X).
Entourer en sens horaire		Faire semblant de tenir un morceau de craie et de dessiner un cercle en sens horaire.
Entourer en sens anti-horaire		Faire semblant de tenir un morceau de craie et de dessiner un cercle en sens anti-horaire.
Rotation gauche-droite		Partir d'une orientation verticale de la main de sorte à avoir le pouce au sommet, tourner de 90° vers la gauche puis revenir en position de départ en un seul geste.
Rotation droite-gauche		Partir d'une orientation horizontale de la main de sorte que la paume soit face au sol, tourner de 90° vers la droite puis revenir en position de départ en un seul geste.
Toucher l'oreille droite		Commencer le mouvement au niveau de la hanche et monter la main jusqu'à l'oreille droite.
Toucher l'oreille gauche		Commencer le mouvement au niveau de la hanche et monter la main jusqu'à l'oreille gauche.

Figure 4: Gestes de base du Kinemic

2.3 Potentiels usages futurs

Cette section compile des usages potentiels qui pourraient être faits du bracelet Kinemic sur base de la littérature existante.

En dehors des deux articles scientifiques utilisés ci-dessus pour décrire le Kinemic et ses capacités [2][14] et du site officiel du bracelet [25], il n’y a aucune information de qualité disponible sur ce dernier. Pour cette raison, nous nous basons sur des articles concernant des senseurs 3D passifs et actifs qui utilisent des gestes détectables par le Kinemic.

2.3.1 Interaction avec des Smart TV

Dans leur article « User-Defined Body Gestures for TV-based Applications » Wu et Wang [53] ont élicités des gestes du corps entier auprès d’utilisateurs lambda afin de définir un nouveau vocabulaire gestuel pour capteur 3D visuel qui permettrait de contrôler des télévisions. Cependant, leur catalogue final de gestes s’est révélé être exclusivement composé de gestes de la main, dont la grande majorité sont facilement détectables via un accéléromètre ou un gyroscope dont le Kinemic est équipé. Parmi les gestes proposés, on en retrouve plusieurs qui font partie du set de base du Kinemic : Les balayages vers le haut, le bas, la gauche, et la droite. On en trouve également plusieurs qui ont été fréquemment proposés par les participants lors de l’étude d’élicitation décrite dans la section 4, comme faire signe de la main ou croiser les bras.

En sachant qu’en plus de cela le bracelet Kinemic est facilement programmable pour se connecter à tous types d’objets connectés, on en déduit qu’il serait un appareil adapté pour permettre à des utilisateurs d’interagir avec une télévision.

2.3.2 Aider des personnes handicapées

Dim et al. [11] ont élicité des gestes auprès de personnes aveugles afin de déterminer leurs préférences pour contrôler une télévision. Leur objectif est de remplacer les télécommandes à boutons afin d’adresser un problème récurrent où les personnes aveugles confondent les boutons entre eux et/ou en oublient les emplacements exacts. A cet effet, ils ont commencé par essayer de

comprendre la cartographie mentale des personnes aveugles à l'aide d'une étude d'élicitation de gestes aériens. Cependant, une limite majeure à cette méthode est apparue lorsque les participants ont rencontré beaucoup de difficulté et de stress à proposer leur propres gestes, résultant en un consensus assez faible entre les propositions de gestes, sauf pour les commandes très familières aux utilisateurs. Les examinateurs ont alors tenté une seconde étude d'élicitation basée sur les choix où les participants ont dû sélectionner des gestes parmi une série proposée.

Le vocabulaire de gestes résultant de cette étude indique une forte préférence pour les gestes métaphoriques, c'est-à-dire mimant des actions réelles comme décrocher le téléphone. Globalement, le catalogue final de gestes correspond très bien aux capacités de détection du Kinemic et inclut même des gestes de base de celui-ci (Balayages à gauche et à droite, mettre les mains sur ses oreilles) et du catalogue final de gestes décrit au point 4.7.1 (lever/baisser la main paume à plat, dessiner un cercle, taper dans ses mains).

2.3.3 Drone

Dans leur étude Cauchard et al. [8] étudient les interactions possibles avec un drone. Ils estiment que dans le futur, les drones seront largement autonomes dans l'exécution de leurs actions mais requerront quand même des commandes afin de déterminer quelle action effectuer. Par exemple, dans le cas d'un drone qui pourrait accompagner une personne en tant que coach personnel pendant une course et qui donnerait du feedback en temps réel, il serait peu pratique d'utiliser une télécommande pour piloter le drone.

C'est pourquoi développer un set de commandes naturelles leur paraît être une nécessité, ils ont à cet effet effectué une étude d'élicitation avec 19 participants en utilisant la méthode du magicien d'OZ. Les participants ont affiché préférer une série de commandes vocales (appeler le drone) combinée à une série de gestes de la main. Ces gestes de la main sont tout à fait reconnaissables par le bracelet Kinemic (Baisser la main, tendre le bras pour pointer une location, ...).

Finalement, les chercheurs viennent à la conclusion qu'il serait idéal de coupler un système de reconnaissance de gestes (comme le Kinemic) et de reconnaissance vocale pour créer un groupe de commandes le plus naturel possible.

2.3.4 Jouer à un jeu vidéo

Sung [43] explique comment les nouvelles générations de console de jeux intègrent de plus en plus de systèmes de contrôles alternatifs aux contrôleurs physiques classiques. Les consoles de jeux Wii et PlayStation avec leur manettes Wiimote et PlayStation move qui sont équipées de gyroscopes et d'accéléromètres, comme le Kinemic, ainsi que la Xbox 360 et sa caméra Kinect en sont les principaux exemples.

Ionescu et al. [17] tentent d'améliorer les capacités de reconnaissance de ces systèmes en expliquant qu'une manette équipée d'un gyroscope et d'un accéléromètre ne constitue pas un système de reconnaissance de gestes parfait à cause de la tendance du gyroscope à dévier petit à petit. Cela force l'utilisateur à faire de petits gestes pour éviter de faire dévier le gyroscope trop vite et de devoir trop souvent le réinitialiser à sa position de départ. Le système PlayStation Move essaye de corriger cela en attachant une boule lumineuse au bout de la manette qui est détectée par une caméra placée face au joueur, ainsi le système peut évaluer la position de la manette par rapport à sa position de départ pour limiter la déviation du gyroscope.

Ionescu propose une autre solution multimodale, combinant des senseurs visuels avec des senseurs combinant accéléromètres et gyroscopes, qui est encore plus efficace que celle du système PlayStation move. En effet, son système permet de traquer à l'aide d'une caméra 3D customisée la manette sans avoir besoin d'un repère lumineux et d'estimer sa position avec une grande précision. On peut facilement imaginer que le Kinemic, qui possède les mêmes capteurs que les manettes précédemment citées, puisse aussi être utilisé pour jouer à des jeux vidéo, surtout lorsqu'on sait que la technologie équipée à bord du Kinemic est beaucoup plus récente que les manettes Wii (2006) et PlayStation move (2008).

2.3.5 Composition de musique dans un environnement 3D

Les environnements de réalité virtuelle créés à l'aide de dispositifs comme l'Oculus Rift or l'HTC vive sont souvent parcourus à l'aide de télécommande équipées de gyroscopes et d'accéléromètres. Leong et al. [32] ont étudié les gestes qui pourraient convenir aux utilisateurs pour composer de la musique dans ces environnements 3D. Un grand nombre de gestes ont été élicités auprès de 15 participants pour 50 référents portant sur la musique tels que « augmenter/diminuer d'une octave, jouer une note, ... ». Beaucoup des gestes sélectionnés au terme de cette étude sont détectables par

le Kinemic comme des balayages ou des rotations de poignet, ce qui pourrait indiquer la possible utilisation du Kinemic à des fins de compositions musicales dans un environnement 3D.

2.3.6 Intégration dans des systèmes multi-senseurs

Comme nous l'avons déjà suggéré, il pourrait être intéressant, dans certains cas, de combiner le Kinemic avec d'autres types de senseurs pour obtenir des systèmes d'assistance plus précis. Gollan et al. [14], en plus de décrire ses capacités actuelles, expliquent qu'il est possible de combiner le Kinemic avec d'autres interfaces de manière assez efficace. Un exemple déjà réalisé est l'utilisation de smart glasses RealWear HMT-1 en combinaison avec le bracelet lors d'opérations de maintenance. Le projet Karl précédemment cité propose une combinaison entre une tablette tactile et le Kinemic.

2.4 Catalogue théorique de gestes

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons consulté un grand nombre de publications scientifiques portant sur les études d'élicitation de gestes. Nous avons recensé une grande quantité d'articles contenant des gestes pouvant être détectés et donc utilisables par le bracelet Kinemic. Afin de trouver ces articles, nous avons effectué des recherches par mots-clés dans des bibliothèques spécialisées telles que ACM, Springer et IEEE, nous avons aussi tiré une série d'article de la bibliographie d'un article de Vanderdonckt et al. [49] qui consiste en une revue systématique des études d'élicitation présentes dans la littérature. A cause de la nouveauté du Kinemic, très peu d'articles se sont penchés dessus, nous avons donc dû nous résoudre à nous baser sur des études d'élicitation créées pour d'autres senseurs mais dont le set de gestes final correspondait bien aux capacités de détection du Kinemic. Nous avons analysé 30 publications [50] [18] [22] [1] [48] [3] [10] [6] [32] [21] [43] [40] [35] [34] [42] [13] ; [56] [38] [53] [39] [23] [8] [11] [33] [12] [54] [9] [24] [46] [28] dont 14 ont été reprises (celles après le point-virgule) car elle contenait des gestes précis qui étaient détectables par les senseurs inertiels du Kinemic. Ces publications se concentrent systématiquement sur un ou plusieurs des 3 types de senseurs suivants : senseurs inertiels équipés d'accéléromètres et de gyroscopes ; senseurs visuels sous la forme de caméras de profondeur ; senseurs électromyographiques capables de détecter les mouvements des muscles de l'avant-bras et donc des doigts. Le catalogue théorique de gestes comporte 122 entrées dont 43 gestes uniques dont 8 font partie des gestes de base du Kinemic (Figure 4), le tableau regroupant les gestes se trouve dans l'annexe C.

Le tableau comporte les informations suivantes pour chaque geste : le nom donné au geste dans la référence d'où il est extrait, le nom commun donnés à tous les gestes (quasi)-identiques, une image du geste, une description du geste, si le geste appartient au catalogue de base de gestes du Kinemic, le référent auquel le geste est attribué dans la référence, la référence, l'année de parution de la référence. Les quatre autres colonnes servent à classer les gestes :

- La colonne « Senseur » indique pour quel type de senseur l'éllicitation a été pensée (visuel, inertiel, électromyographique),
- La colonne « Plateforme » indique quel objet est censé être commandé par les gestes élicités, comme une télévision ou un smartphone,
- La colonne « Utilisateurs » indique pour quel type d'utilisateur l'éllicitation a été pensée.

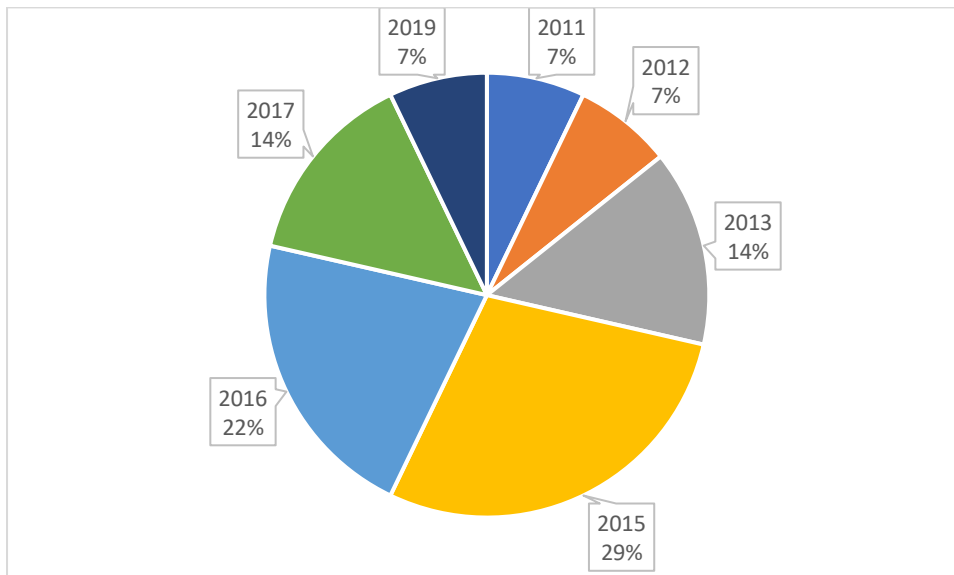


Figure 5: Répartition par année des articles utilisés

2.4.1 Classification par senseur

Le tableau comporte une majorité de gestes élicités pour des senseurs visuels, avec un total de 99 entrées pour 36 gestes uniques dans le tableau. Dix articles concernent des processus d'éllicitation pour senseurs visuels [12] [8] [46] [24] [54] [11] [39] [28] [9] [56]. Ce type d'étude est très fréquente notamment grâce à la popularité du Kinect [39] [9] qui est un senseur visuel très souvent cité dans le domaine des interactions homme-machine et qui est régulièrement utilisé, les caméras de profondeur en général sont populaires dans les études d'éllicitation et une grande partie des gestes qui sont élicités à leur effet sont détectables à des senseurs inertiels comme le Kinemic.

Ensuite, les senseurs inertiels sont les deuxièmes plus représentés avec 32 entrées pour 22 gestes uniques. Quatre articles incluent des senseurs inertiels [24] [38] [23] [33], notamment des smartphones [23][38] et une smartwatch [24].

Finalement seules 19 entrées dont 16 gestes uniques concernent les senseurs électromyographiques. En réalité, toutes ces entrées viennent du même article [24] qui est un article réalisant une élicitation de gestes très large visant à la fois des senseurs visuels, inertiels et électromyographiques.

2.4.2 Classification par plateforme

Parmi les plateformes pour lesquelles des élicitations ont été réalisées nous en distinguons 6 :

- Les smartphones
- Les télévisions
- Les smartwatches
- Les environnements en réalité augmentée
- Les drones
- Les consoles de jeux

Cinq articles [12] [53] [54] [11] [56] ont pour objectif de mieux comprendre les préférences des utilisateurs en termes de gestes de mains et de doigts pour contrôler une télévision. Ces articles se basent exclusivement sur des senseurs visuels. C'est assez car aujourd'hui beaucoup de nouvelles télévisions sont équipées de caméra intégrée et de nombreux senseurs tel que le Kinect ou le Leap motion [56] sont disponibles. Au total, ces articles comptabilisent 50 entrées dans le catalogue.

Deux articles [38][23] portent sur l'élicitation de gestes pour smartphones à l'aide des senseurs inertiels de ceux-ci. En effet, aujourd'hui les smartphones sont équipés d'accéléromètres et de gyroscopes mais ces derniers sont sous-utilisés et très peu de gestes adaptés sont connus, c'est pourquoi ces articles cherchent à définir une taxonomie de gestes définis par des utilisateurs.

Un article [24] porte sur les smartwatches, cet article vise à développer un set de gestes du bras qui pourrait remplacer les gestes tactiles des smartwatches. La motivation derrière cette recherche est la réduction extrême de la taille des écrans tactiles sur les smartwatches qui les rend difficiles d'utilisation. De plus, les gestes tactiles nécessitent l'utilisation de deux mains alors que lors de certaines activités, sportives par exemple, l'utilisateur peut être encombré et ne pourrait réaliser un

geste qu'avec un seul bras et non les deux. L'étude réalise une élicitation participative avec 26 participants qui proposent des gestes pour 46 tâches communes aux smartwatches.

Un article [28] concerne le design de gestes pour des environnement en réalité augmentée. Les auteurs cherchent à pallier au manque d'un catalogue de gestes naturels et qui ne serait pas juste utilisé comme une extension à une série de commandes vocales, mais bien comme un vocabulaire à part entière. Les auteurs réalisent, comme dans les articles précédents une étude d'élicitation de gestes en 3D.

Un article [46] concerne le design de gestes pour des consoles de jeux. Dans cet article, les auteurs cherchent à pallier le manque de gestes mains-libres pour des systèmes de jeux. En effet, la plupart des gestes existant sont des gestes effectués avec des manettes telles que les télécommandes Wii, ou avec des surfaces tactiles. L'apport de cette recherche est une étude d'élicitation de gestes mains-libres incluant 20 participants dont environ la moitié sont de formation technique et l'autre moitié de formation non-technique, afin d'observer les différences entre les deux groupes.

Un article [8] concerne le contrôle d'un drone, il a déjà été décrit au point 2.3.3.

2.4.3 Classification par utilisateurs

La plupart des études consultées n'indiquent pas sur quel type d'utilisateur s'est portée l'étude. Seules trois études [33] [46] [11] le font. La première indique effectuer l'étude avec des étudiants. En effet, par facilité, les auteurs ont choisi de travailler avec les étudiants de leur campus universitaire. La deuxième, comme décrit au point 2.4.2, regroupe des participants de formations technique et non-technique pour étudier les différences entre leurs réponses.

Finalement, la dernière étude [11] indique travailler avec des aveugles pour définir un catalogue de gestes permettant de contrôler la TV qui leur conviendrait. La motivation derrière cette recherche est que les aveugles rencontrent souvent des difficultés à se souvenir de tous les boutons présents sur des télécommandes classiques et ont donc du mal à utiliser la télévision. L'étude vise à comprendre le mapping-mental des personnes aveugles lorsqu'ils conçoivent des gestes 3D et mains-libres. Au final, les examinateurs ont dû se résoudre à effectuer une étude d'élicitation fermée avec des

propositions de gestes parmi lesquelles les participants devaient choisir, car les personnes aveugles avaient beaucoup de difficulté à imaginer des gestes.

2.5 Conclusion du chapitre

Nous avons pu constater dans ce chapitre que le bracelet Kinemic offre un très grand nombre de possibilités d'utilisation différentes, surtout s'il est couplé avec d'autres senseurs ou appareils électroniques comme des smartglasses dans des environnements multimodaux. Nous nous rendons également compte que l'actuel catalogue de gestes du Kinemic est très petit et n'est pas défini par des utilisateurs, ce qui limite fortement ses utilisations. Un premier pas pour réduire cette faiblesse a été la création d'un catalogue théorique de gestes, présent dans l'annexe C, à partir de la littérature. Dans la suite de ce mémoire, nous continuerons à élargir ce catalogue de gestes grâce à une étude d'éllicitation [51] et une étude d'identification [1] auprès d'utilisateurs potentiels. Cela nous permettra normalement d'obtenir un catalogue de gestes plus intuitifs que celui créé par les développeurs du Kinemic.

Chapitre 3 : Etude empirique

Dans ce chapitre, nous présentons la méthodologie de l'étude empirique réalisée dans le cadre du travail de recherche de ce mémoire. Nous présentons, dans l'ordre, les caractéristiques des participants ayant pris part à l'étude, l'environnement, l'équipement de test, les référents employés et finalement la procédure complète suivie lors de l'étude d'élicitation. Ensuite, nous décrivons la procédure de l'étude d'identification basée sur les résultats de celle d'élicitation.

3.1 Etude d'élicitation de gestes

Dans ce mémoire, nous utilisons une étude d'élicitation de gestes pour obtenir un catalogue de gestes préférés par les participants. Pour illustrer cette méthodologie, nous proposons l'exemple suivant :

Un groupe de scientifiques cherche à étendre le nombre de gestes détectables par un nouveau type de caméra de profondeur. Ces gestes permettront de commander une série de fonctions pour une télévision intelligente, comme « augmenter le volume » ou « changer de chaîne ».

Nous regroupons alors 30 participants appartenant à des catégories de population que l'on peut considérer comme des utilisateurs potentiels de cette nouvelle caméra de profondeur. Un par un, chacun de ces participants va se voir présenter, un à un, les effets d'une série de fonctions, que nous appelons référents. Par exemple, pour la fonction « augmenter le volume », le niveau sonore émis par la télévision est augmenté. Il est alors demandé au participant de proposer un geste devant la caméra pour chacun des référents proposés, disons que cet exemple comprend 10 référents ce qui donnera $10 \text{ référents} \times 30 \text{ participants} = 300 \text{ gestes proposés}$.

Ensuite, les examinateurs regroupent ces propositions de gestes en plusieurs catégories de gestes plus générales telle que « balayer à gauche » ou « tourner le poignet vers la droite » et observent le nombre de fois que chacune de ces catégories est proposée. Ils déterminent quels sont les catégories de gestes les plus populaires, notamment à l'aide du niveau d'agrément décrit dans la section 4.2.1, pour créer un nouveau catalogue de gestes dans lequel chaque référent se voit attribuer un geste. L'avantage de ce catalogue final de gestes défini par des utilisateurs est qu'il est plus intuitif qu'un catalogue créé de toutes pièces par l'examineur. Ainsi, on peut supposer que les gestes de ce catalogue final seront plus facilement devinés et appris par d'autres utilisateurs ne faisant pas partie de l'étude.

3.2 Participants

L'étude n'a pas été limitée à un type de participant spécifique, nous avons cependant évité de sélectionner des participants trop âgés qui sont souvent peu habitués à utiliser des objets technologiques et ne font pas partie du groupe ciblé par le Kinemic. Au cours de l'étude, 30 participants ont été interviewés. On peut dénoter une parité quasi égale de 16 femmes (53%) pour 14 hommes (47%). L'âge des participants varie de 17 à 52 ans avec une moyenne de 26,60 ans, une médiane de 22 ans et un écart-type de 10,86 ans. La tranche d'âge des 28-24 ans est fortement surreprésentée (comme on peut le voir sur le graphe ci-dessous) avec 23 participants (77%) y appartenant. La raison de cette disparité est que les personnes sélectionnées étaient essentiellement des amis qui sont encore essentiellement des étudiants et des proches.

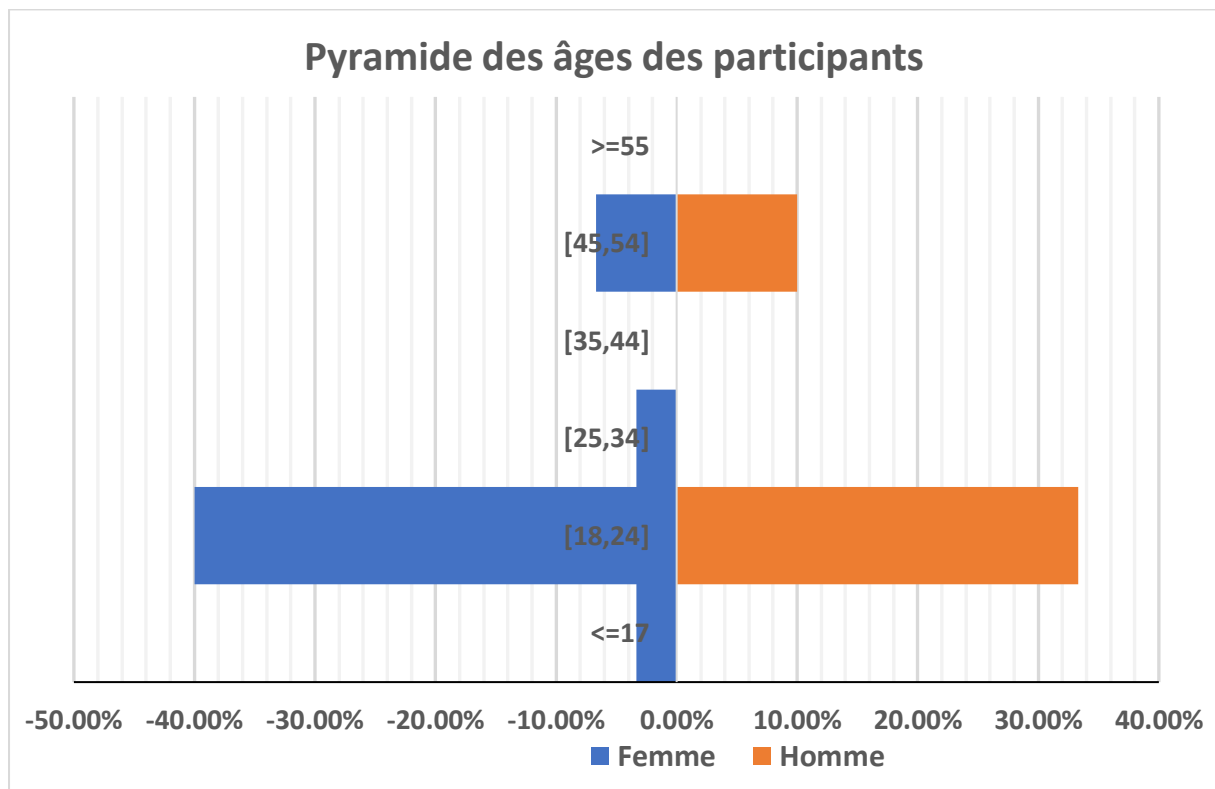


Figure 6 : Pyramide des âges des participants à l'étude d'éllicitation

Du côté des occupations, les étudiants forment une majorité (70%) comme le laissait présager la répartition des âges, suivi des employés (17%) puis des cadres (13%). Il est tout de même intéressant de remarquer que parmi les étudiants une grande variété d'études est représentée : ingénieur civil, ingénieur de gestion, ingénieur industriel, sciences informatiques, langues romanes, kinésithérapie,

logopédie et soins infirmiers. Vingt-six participants sur 30 ont obtenu un diplôme de niveau universitaire.

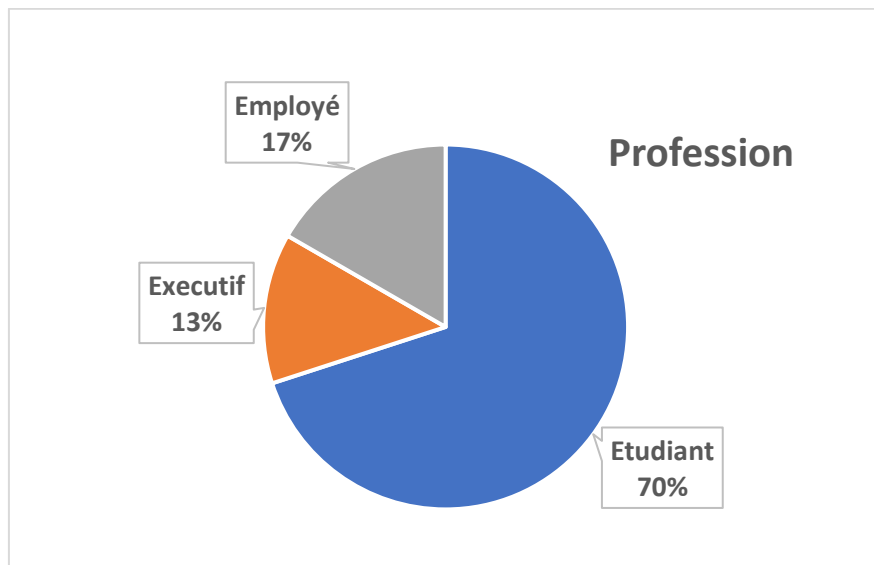


Figure 7: Profession des participants

3.3 Environnement et équipement de test

L'étude a été menée dans un local de la Louvain School of Management au bâtiment Doyen à Louvain-la-Neuve. L'ensemble des participants se sont déplacés et ont pris part à l'étude dans le même local. L'intérêt est de conserver des conditions équivalentes pour chacun des participants, qui doivent tous être influencés par un même décor. C'est particulièrement important dans le cas d'une étude comportant un aspect créatif comme celle que nous menons ici. En effet, les participants lorsqu'ils n'ont pas d'idée immédiate ont tendance à observer leurs alentours et à s'inspirer d'objets présents dans la pièce.

Le désavantage de cette méthode est la difficulté à faire venir certains types de participants. En effet, beaucoup de personnes n'ont pas le temps ou l'envie de se déplacer jusqu'à Louvain-la-Neuve pour participer à une étude pouvant durer plus de 30 minutes. De plus, l'étude étant réalisée sur base volontaire, il n'était pas possible d'inciter financièrement les participants à venir. Cela a eu pour conséquence que la plupart des participants font partie de ma famille ou de mon cercle d'amis, qui est majoritairement constitué d'étudiants louvanistes. De même, cela a mené à un échantillonnage légèrement biaisé vers le groupe des 18-25 ans, ce qui n'est pas forcément une mauvaise chose car c'est une des tranches d'âge utilisant et achetant le plus d'objets connectés. Il est à noter que tous ces étudiants sont issus de domaines d'études très variés comme vu au point 3.1.

Lors du test, il n'y a que deux personnes dans la pièce : l'examineur et le participant. Le participant se tient debout face à une caméra et a, à sa gauche, un ordinateur affichant les référents, comme on peut l'observer sur la Figure 9. La caméra est posée sur un trépied qui est disposé à l'extrémité opposée de la pièce par rapport au participant. Le but est de filmer l'angle le plus large possible pour capter tous les gestes, y compris ceux de grande amplitude qui pourraient sortir du champ de la caméra. L'appareil utilisé pour filmer est un OnePlus 8 équipé d'une caméra à 48 mégapixels pour filmer jusqu'en 4K. L'étude a cependant été filmée en 720P car cela permet de ne pas surcharger la mémoire de l'appareil et suffit largement pour reconnaître les gestes des participants. Les commentaires oraux des participants sont directement enregistrés par le même appareil. Le bracelet Kinemic n'a pas été donné aux participants pour réaliser cette étude. Il n'était en effet pas nécessaire, car le but de l'expérience était d'imaginer de nouveaux gestes pour ce dernier, et ces gestes n'auraient de toute façon pas été reconnaissables par le bracelet puisqu'ils n'étaient pas encore implémentés. Nous avons tout de même proposé aux participants un bracelet à mettre sur le bras qu'ils utiliseraient pour effectuer les gestes afin de leur permettre de mieux s'imaginer en situation.

3.4 Référents

Lors de l'élicitation de gestes auprès des participants, nous utilisons des référents qui représentent les effets d'une commande, comme allumer la télévision. Les participants doivent, suite à l'affichage de ces référents, trouver des gestes qui leur paraissent adaptés.

Pour choisir les référents, nous nous sommes basés sur une étude d'élicitation précédemment réalisée par des étudiants en informatique dans le cadre du cours LINFO1311 [44], cette étude a aussi cherché à éliciter des gestes du bras et du poignet auprès de participants anonymes. La raison derrière ce choix est que les études d'élicitation ont tendance à donner des résultats assez différents. Cela est dû au fait que l'effort demandé au participant est créatif, et les gestes proposés peuvent fortement varier d'une personne à l'autre. L'intérêt est donc dans la comparaison des similitudes entre les résultats des deux études. Nous testons donc la reproductibilité de l'étude du cours LINFO1311 [44] en effectuant une procédure aussi similaire que possible, les seules différences étant l'examineur faisant passer l'étude aux participants et l'environnement dans lequel les participants se trouvent lors de l'élicitation.

Ces référents se trouvent sur la Figure 8, on constate qu'une partie d'entre eux sont indifférents aux applications, c'est-à-dire qu'ils décrivent une action sans détailler exactement sur quel appareil et

dans quel contexte il sera utilisé, par exemple le référent 14 « Accepter ». Cependant, la majorité des référents sont liés à une application, plus précisément tous les référents sauf le 14 et le 15. Ils contiennent en effet tous une action et son application comme augmenter le volume, allumer la télévision ou éteindre la lumière. Les référents sont tous liés à des actions fréquemment effectuées au quotidien, l'avantage est que cela réduit les chances d'incompréhension des référents par les participants et cela permet de déterminer des gestes dans un domaine pour lequel le Kinemic n'est pas encore utilisé. Nous avons présenté les référents dans un ordre aléatoire aux participants, le but est d'éviter que l'ordre des référents n'influence les résultats. En effet, alors que pour les premiers référents affichés, le participant a une liberté de choix totale, les derniers sont « désavantagés » car certains gestes qui auraient pu leur être adaptés ont déjà été utilisés. On évite donc que les résultats soient faussés pour les référents qui, sans ce facteur aléatoire, seraient systématiquement placés en dernier dans l'ordre d'affichage.

Une caractéristique importante parmi les référents de cette étude est la présence de référents dits « contraires ». C'est-à-dire qu'ils représentent deux actions opposées, comme les référents 4 « augmenter le volume » et 5 « diminuer le volume ». Ces référents contraires ont systématiquement été placés l'un à la suite de l'autre, malgré la répartition aléatoire des référents. Ainsi les numéros 4 et 5 se suivront toujours, tout comme pour les référents 1-2, 6-7, 8-9, 10-11, 12-13, 14-15, 18-19. La raison de ce placement est que les référents contraires ont souvent des gestes opposés ou identiques. Afin que le participant puisse se souvenir du geste proposé pour le premier référent d'une paire de référents contraires, il ne faut pas que le second soit affiché trop longtemps après. Cela permet d'éviter une frustration de la part des participants qui pourraient oublier leurs gestes, et également de gagner du temps sur la durée totale de l'expérience.

Parmi les référents contraires de cette étude, on peut distinguer une catégorie particulière : les référents portant sur l'action Allumer/Eteindre. Ces référents se voient en effet souvent attribuer le même geste plutôt que deux gestes opposés, de la même façon que pour allumer ou éteindre un appareil électronique (TV, air conditionné, ...) il n'y a bien souvent qu'un seul bouton exerçant les deux fonctions. Les paires de référents 1-2, 8-9 et 10-11 sont de ce type.

1. Allumer la télévision	11. Eteindre la lumière
2. Eteindre la télévision	12. Augmenter la luminosité
3. Lancer une vidéo	13. Diminuer la luminosité
4. Augmenter le volume	14. Accepter
5. Diminuer le volume	15. Refuser
6. Passer à l'élément suivant d'une liste	16. Dessiner une lettre
7. Passer à l'élément précédent d'une liste	17. Dessiner une forme
8. Allumer l'air conditionné	18. Ecrire "OK"
9. Eteindre l'air conditionné	19. Ecrire "KO"
10. Allumer la lumière	/

Figure 8: Référents de l'étude d'élicitation

3.5 Procédure de test

Au début de chaque séance, le participant remplit un formulaire déclarant qu'il consent à l'utilisation de ses données dans le cadre de ce mémoire ainsi qu'un formulaire où il indique ses données personnelles. En plus de ses données personnelles, il est demandé au participant d'estimer sa fréquence d'utilisation d'une série d'appareils électroniques : les smartphones, les tablettes, les ordinateurs, les consoles de jeux, et certains appareils détectant les mouvements comme le Kinect, la Nintendo switch et la Wii. La fréquence d'utilisation est jugée sur une échelle de Likert de 1 (rarement) à 7 (très fréquent). Il est aussi demandé au participant s'il connaît le bracelet Kinemic, et si oui, à quelle fréquence l'utilise-t-il sur la même échelle de Likert. Finalement, le but et le déroulement de l'expérience sont expliqués au participant.

Pendant l'expérience, le participant utilise le bras de son choix pour effectuer des gestes correspondants aux référents qui lui sont montrés. Les participants ont systématiquement choisi d'utiliser leur bras dominant dans cette étude. Il est expliqué aux participants qu'ils doivent s'imaginer avec un bracelet autour du poignet qui est capable de détecter les mouvements de leur bras et de le leur poignet. La seule contrainte est que le bras équipé du bracelet imaginaire doit bouger lors de chaque geste, sinon tout est permis. Nous aurions pu poser d'autres contraintes pour essayer d'éviter que des gestes non détectables par le Kinemic ne soient proposés. Par exemple, nous aurions pu interdire les gestes à deux bras pour lesquels seul un bras est détectable, nous aurions aussi pu interdire la réutilisation du même geste pour plusieurs référents afin obtenir un catalogue de gestes avec le moins de conflits possible, nous aurions aussi pu préciser que le bracelet ne détecte pas les mouvements de doigts et demander que les participants ne les utilisent pas. Cependant, nous n'avons posé aucune de ces contraintes et avons volontairement été vague quant

aux capacités de reconnaissance de gestes du Kinemic. Le but est d'éviter de limiter la créativité des participants. En effet, si trop de contraintes sont appliquées il y a de fortes chances que les participants aient du mal à imaginer des gestes et que ceux qu'ils proposent soient peu naturels, réduisant le consensus entre les participants et de ce fait, la qualité du catalogue de gestes résultant de l'étude. On évite ainsi ce qu'on appelle le « gouffre d'exécution » [53]. De plus, même quand certaines parties d'un geste sont non-déTECTABLES par le Kinemic, d'autres peuvent l'être, permettant malgré toute la reconnaissance du geste, le rendant utilisable.

Une fois le participant installé debout face à la caméra, les référents lui sont affichés un par un sur l'écran d'un ordinateur se trouvant à côté de lui, accompagnés d'une image et d'une phrase les décrivant. Les référents sont, comme expliqué dans la section précédente, affichés dans un ordre aléatoire qui diffère entre chaque participant, afin d'éviter qu'un ordre de passage constant influence les résultats de l'expérience.

La méthode d'élicitation utilisée durant l'expérience n'était pas la seule possible, nous avons pensé à trois méthodes différentes.

La première, qui est aussi la plus simple, aurait été de présenter les référents à haute voix au participant. Cette méthode demande le moins de préparation de la part de l'examineur, et est également la plus rapide. Cependant, cette méthode est la moins efficace vis-à-vis de la compréhension des référents par le participant, qui peut mal les interpréter si l'explication n'est pas bien faite.

La deuxième méthode, que nous avons utilisée pour notre étude, consiste à montrer sur un écran une image du référent et le nom de ce référent. L'examineur n'intervient alors pas pour expliquer les référents sauf si un participant demande une clarification. Cette méthode est plus avantageuse que la première car elle permet une meilleure compréhension des référents grâce à leur représentation visuelle. Cependant, elle demande plus de préparation de la part de l'examineur.

Finalement, la troisième méthode est appelée « méthode du Magicien d'Oz ». Cette méthode est aujourd'hui utilisée dans beaucoup d'études [44] [12] [53] [26] [23] et est probablement la plus efficace en ce qui concerne la compréhension des référents par le participant. Le principe de cette méthode est que lorsqu'un participant effectue le geste qu'il a choisi pour un référent donné, l'examineur enclenche réellement l'action que le geste est censé provoquer, par exemple en allumant la lumière ou l'air conditionné avec une télécommande. L'examineur peut choisir de

cache le fait qu'il est celui qui déclenche les actions pour faire croire au participant que ses gestes sont réellement la cause de ces actions. Il peut aussi décider d'effectuer les actions avant que le participant ne propose de geste pour s'assurer que la participant ait bien compris un référent. Bien que cette méthode soit très efficace, elle est aussi de très loin celle qui représente la charge de travail la plus importante pour l'examineur.

Nous avons décidé d'utiliser la deuxième méthode en présentant chaque référent sur une slide comportant le nom du référent et une image illustrant le référent. Pour chaque référent, il est demandé au participant d'indiquer quand il a trouvé un geste, afin de mesurer le temps de réflexion. Ensuite, le participant effectue le geste face à la caméra et donne deux notes subjectives entre 1 et 7 à son geste qui estiment le niveau d'adaptation du geste à son référent et la facilité d'exécution du geste. Une fois l'étude terminée, le participant remplit un formulaire IBM-PSSUQ pour mesurer sa satisfaction vis-à-vis de l'expérience.

Sur les FiguresFigure 9 etFigure 10 on peut observer des participants à l'étude en train d'effectuer le geste qu'ils ont imaginé pour un référent.



Figure 9: Participante réalisant un geste pour le référent « éteindre la lumière »



Figure 10: Participante réalisant un geste pour le référent « allumer l'air conditionné »

3.6 Le biais d'héritage

Un élément auquel toute étude d'élicitation est confrontée est le biais d'héritage. Le biais d'héritage a été défini par Morris et al. [36] comme « *le biais créé par l'expérience des utilisateurs avec de précédentes interfaces et technologies, particulièrement les interfaces WIMP (windows, icons, menus, et pointing) qui sont le standard pour les ordinateurs traditionnels* ». Ce biais décrit donc le phénomène de transfert présent chez beaucoup de participants qui réutilisent des gestes déjà existants pour d'autres systèmes lors de l'expérience. Il y a plusieurs raisons à cela selon Morris et Al. [36]. La première raison est un désir explicite de transférer les connaissances d'un ancien système à un nouveau. Ensuite, le fait de réutiliser des gestes connus permet de réduire la charge mentale et physique sur le participant. Finalement, certains participants ne comprennent pas toujours les nouvelles capacités de détection de nouvelle technologie et ne réalisent pas qu'ils peuvent essayer de nouveaux gestes inutilisables pour de précédents systèmes.

Morris et al. [36] proposent trois techniques permettant d'améliorer la qualité des études d'élicitation grâce à une réduction du biais d'héritage : Production, Priming et Partner. En utilisant ces techniques, un examinateur devrait théoriquement obtenir plus de gestes nouveaux.

La technique de Production consiste à obliger les participants à proposer plusieurs gestes pour chaque référent, ainsi ils seront poussés à dépasser les gestes hérités de l'utilisation d'anciens systèmes et à réfléchir plus profondément. La technique de Priming consiste à inciter les utilisateurs à penser de façon plus approfondie aux capacités de détection de la technologie pour laquelle l'étude d'élicitation est réalisée, par exemple en faisant au participant une démonstration de toutes les façons possibles d'utiliser la nouvelle technologie. Finalement, la technique Partners consiste à grouper les participants lorsqu'ils passent l'étude. Il a été observé que cette méthode booste la créativité des participants qui s'appuient sur les idées de chacun pour créer de nouveaux gestes.

Une autre étude réalisée par Köpsel et Bubalo [27] indique que le biais d'héritage n'est pas uniquement un facteur limitant. En effet, un catalogue de gestes fortement inspiré de gestes déjà existants aura tendance à être plus intuitif pour de nouveaux utilisateurs. De plus, le biais d'héritage permet de réduire le temps et l'effort nécessaires à l'apprentissage d'un nouveau système.

Nous n'avons pas essayé de réduire le biais d'héritage lors de cette étude, par peur que cela résulte en un consensus entre participants trop faible. De plus, les avantages cités plus hauts permettent à l'étude de se dérouler plus rapidement et avec moins de frustration pour les participants.

Chapitre 4 : Analyse des résultats de l'étude d'éllicitation

4.1 Analyse des participants

Dans cette section, nous analysons les réponses des participants aux questions sur leur fréquence d'utilisation de différents appareils électroniques (ordinateur, smartphone, tablette, console de jeux, Kinect et Kinemic). Les fréquences d'utilisation sont mesurées sur une échelle de Likert à 7 points où 1 est associé à une utilisation rare et 7 à une utilisation fréquente. Ensuite, nous analysons les réponses des participants au questionnaire IBM-PSSUQ (Post-Study System Usability Questionnaire) qui est utilisé couramment dans le monde scientifique pour mesurer la satisfaction des participants vis-à-vis de différents aspects d'une étude.

4.1.1 Niveau de familiarité avec des systèmes interactifs

Les niveaux de familiarité des participants par appareil électronique sont représentés sur la Figure 11 ci-dessous. Comme expliqué précédemment, chaque participant a estimé sa fréquence d'utilisation pour 6 appareils différents sur une échelle de Likert à 7 points.

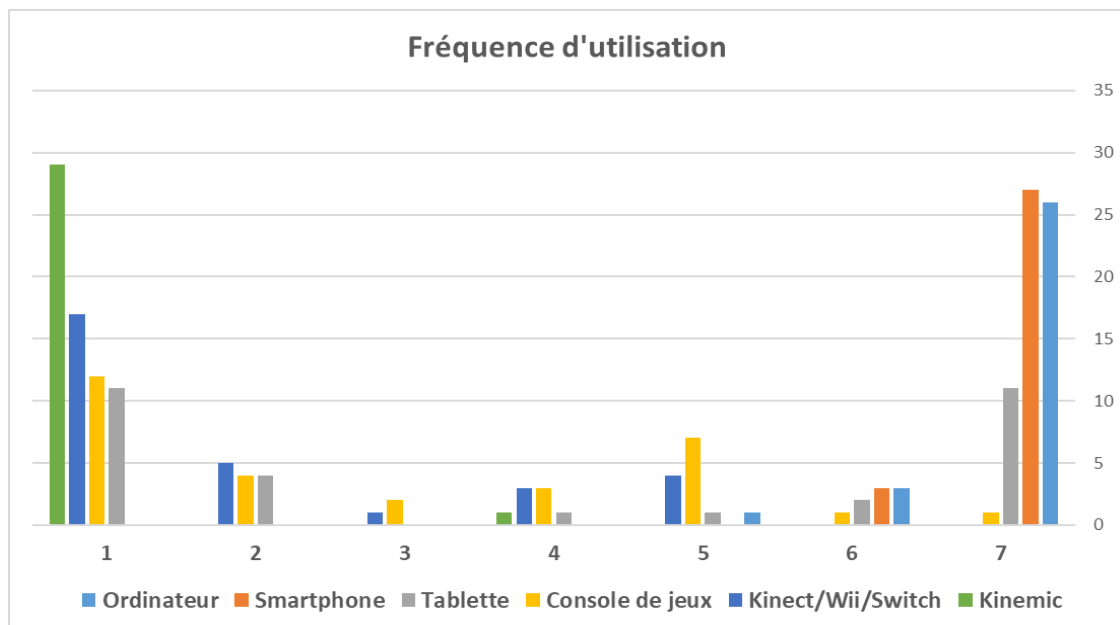


Figure 11: Fréquence d'utilisation de différents appareils électroniques par les participants

Les smartphones sont très clairement les appareils les plus fréquemment utilisés par les participants qui les utilisent très fréquemment (score de 7, donné par 27 participants) ou fréquemment (score de 6, donné par 3 participants). Ensuite, l'ordinateur est le deuxième appareil le plus utilisé avec 26 participants l'utilisant très fréquemment (score de 7), 3 participants l'utilisant fréquemment (score de 6) et 1 participant l'utilisant plutôt fréquemment (score de 5).

On constate alors une nette diminution de la fréquence d'utilisation parmi les appareils suivants. Les tablettes obtiennent un score moyen avec 14 participants les utilisant fréquemment ou très fréquemment et 15 participants les utilisant rarement (score de 2) ou très rarement (score de 1).

Les consoles de jeux sont nettement moins utilisées avec seulement 2 participants les utilisant très fréquemment ou fréquemment, 7 les utilisant plutôt fréquemment et 18 participants les utilisant plus rarement (scores entre 1 et 3).

Le dernier appareil électronique autre que le Kinemic mentionné dans ces questions est en fait un groupement de différentes consoles de jeux qui utilisent un système de reconnaissance de mouvements (Kinect, Wii et la Nintendo switch). Il a été expliqué aux participants que peu importait la console de jeux qu'ils utilisaient. Tant que celle-ci détectait les mouvements du corps pour interagir avec le jeu, elle était considérée comme éligible. Malgré la popularité de beaucoup de ces consoles, popularité illustrée par les ventes combinées de Nintendo switch, Wii et Kinect qui ont dépassé les 220 millions avec comme marchés principaux l'Europe, les Etats-Unis et le Japon [29][31] les fréquences d'utilisation reportées sont faibles, 23 participants les utilisent rarement (score entre 1 et 3) et parmi les 7 participants restants : 3 utilisent parfois (score de 4) ces appareils et 4 les utilisent plutôt fréquemment (score de 5).

Finalement, en ce qui concerne la fréquence d'utilisation du Kinemic, seulement 3 participants connaissaient le système et parmi ces derniers seul 1 participant l'utilisait plus que rarement en lui attribuant un score de 4.

L'intérêt de connaître les fréquences d'utilisation des appareils électroniques ci-dessus est d'estimer le biais d'héritage qui sera présent lors de l'étude. En effet, si beaucoup de participants utilisaient déjà le Kinemic, on risquerait d'avoir beaucoup de gestes proposés faisant partie des gestes déjà existants du Kinemic. Les autres appareils dont une utilisation fréquente risquerait d'entraîner un biais d'héritage important sont les appareils détectant les mouvements (Kinect, Wii, Nintendo Switch). Et dans une moindre mesure, les appareils à écran tactile (Smartphones et tablettes) dont sont inspirés les gestes de type balayage (swipe en anglais).

Dans cette étude, le biais d'héritage lié à l'utilisation d'appareils détectant les mouvements devrait être plutôt faible, mais celui lié aux appareils tactiles est élevé. Il est de toute façon quasi impossible d'éviter ce dernier car les smartphones sont extrêmement répandus aujourd'hui.

4.1.2 Réponses au questionnaire IBM-PSSUQ

Sur la Figure 12, nous avons repris les réponses au questionnaire IBM-PSSUQ complété par les participants à la fin de l'étude. L'étude de ces réponses va nous permettre de déterminer la satisfaction des participants sur de nombreux aspects de l'étude ainsi que sur son déroulement. Les participants ont répondu aux questions sur une échelle de Likert à 7 points où le 1 signifie un désaccord total et le 7 un accord total. L'intérêt est d'observer si la moyenne de chaque question dépasse (ou non) le point neutre et d'en comprendre les raisons. La moyenne globale est de 6.28, la médiane de 7.00, l'écart-type de 0.84 et la variance de 1.04.

Pour chacune des questions, nous avons effectué un test de student bilatéral afin de vérifier leur significativité. Des 16 questions, quinze sont statistiquement très hautement significatives (p-valeur inférieure à 0.001 et une (la question 7) est significative avec une p-valeur de 0.02, la raison de cette différence est un échantillon plus petit (seulement 19 réponses sur 30 possibles).

Il est important de noter que comme les participants n'ont pas directement utilisé le Kinemic, beaucoup ont à la place jugé le déroulement de l'étude et sa procédure à travers ce questionnaire. Analysons pour chaque question :

- La question 1 « Globalement, je suis satisfait de la facilité d'utilisation de ce système » a une moyenne de 6.50, un écart-type de 0.72. La moyenne étant significative et largement supérieure à 4, on peut en déduire que les participants sont satisfaits de la facilité d'utilisation du système de commandes gestuelles avec lequel fonctionne Kinemic.
- La question 2 « Le système était simple à utiliser » à une moyenne de 6.73 et un écart-type de 0.44. La moyenne étant significative et largement supérieure à 4, on peut en déduire que les participants ont trouvé que les gestes du bras, du poignet ou de la main permettant d'interagir avec le Kinemic faciles à exécuter.
- La question 3 « J'ai pu réaliser les tâches et les scénarios rapidement avec ce système » a une moyenne de 6.47, un écart-type de 0.47. La moyenne étant significative et largement supérieure à 4, on peut en déduire que les participants ont très vite compris comment proposer des gestes pour l'étude.

- La question 4 « Je me suis senti à l'aise avec ce système » a une moyenne de 6.47 et un écart-type de 0.76. La moyenne étant significative et largement supérieure à 4, on peut en déduire que les participants n'ont pas éprouvé de gêne lors de leurs propositions de gestes pour le Kinemic.
- La question 5 « Le système était facile à apprendre » a une moyenne de 6.63 et un écart-type de 0.6. La moyenne étant significative et largement supérieure à 4, on peut en déduire que les participants ont rapidement compris le mode de fonctionnement du Kinemic.
- La question 6 « Je pense devenir rapidement productif en utilisant ce système » a une moyenne de 5.32 et un écart-type de 1.06. La moyenne étant significative et supérieure à 4, on peut en déduire que les participants pensent pouvoir rapidement maîtriser le Kinemic au point d'en augmenter leur productivité.
- La question 7 « Le système m'a fourni des messages d'erreur clairs pour résoudre les problèmes » a une moyenne 4.95 et un écart-type de 1.57. La moyenne étant significative et supérieure à 4, on peut en déduire que les participants ont trouvé que l'aide apportée lorsqu'ils avaient une question ou un problème était plutôt claire.
- La question 8 « J'ai pu corriger chaque erreur simplement et rapidement » a une moyenne de 5.86 et un écart-type de 1.39. La moyenne étant significative et supérieure à 4, on peut en déduire que les participants ont pu facilement rectifier leurs propositions de gestes lorsqu'ils s'étaient trompés.
- La question 9 « L'information fournie par le système, telle que l'aide en ligne, les messages, la documentation, était clairement fournie par le système » a une moyenne de 6.19 et un écart-type de 1.06. La moyenne étant significative et largement supérieure à 4, on peut en déduire que l'explication fournie aux participants sur l'étude et le Kinemic était claire.
- La question 10 « J'ai trouvé facilement l'information dont j'avais besoin » a une moyenne de 6.75 et un écart-type de 0.43. La moyenne étant significative et largement supérieure à 4, on peut en déduire que les participants ont facilement obtenu les informations nécessaires pour que leur participation se déroule bien.
- La question 11 « L'information m'a été utile pour réaliser les tâches et scénarios » a une moyenne de 6.59 et un écart-type de 0.62. La moyenne étant significative et largement supérieure à 4, on peut en déduire que les participants ont trouvé que les informations communiquées n'étaient pas superflues et étaient utiles pour leur participation à l'étude.
- La question 12 « L'information était clairement présentée à l'écran » a une moyenne de 6.77 et un écart-type 0.50. La moyenne étant significative et largement supérieure à 4, on peut en déduire que les participants ont trouvé les informations présentées à l'écran claires. Ici, la

plupart des participants ont jugé la qualité des slides PowerPoint utilisées pour présenter les référents. Cette question a la valeur moyenne la plus élevée, c'est probablement dû au fait que les participants avaient un élément très concret à juger (les slides) contrairement aux autres questions.

- La question 13 « L'interface du système était agréable » a une moyenne de 6.41 et un écart-type de 0.89. La moyenne étant significative et largement supérieure à 4, on peut en déduire que les participants ont trouvé les outils utilisés pendant l'étude comme clairs. Ici, les participants ont à nouveau principalement jugé les slides Powerpoint.
- La question 14 « J'ai aimé utiliser l'interface du système » a une moyenne de 6.25 et un écart-type de 0.99. La moyenne étant significative et largement supérieure à 4, on peut en déduire que les participants ont apprécié la façon dont étaient présentées les slides ou la façon dont ils pouvaient interagir avec le bracelet Kinemic.
- La question 15 « Le système disposait de toutes les fonctions que je souhaitais » a une moyenne de 6.09 et un écart-type de 1.06. La moyenne étant significative et largement supérieure à 4, on peut en déduire que les participants ont estimé que le Kinemic offrait des possibilités de gestes assez nombreuses à leur goût.
- La question 16 « Globalement, je suis satisfait du système » a une moyenne 6.50 et un écart-type de 0.72. La moyenne étant significative et largement supérieure à 4, on peut en déduire que les participants ont globalement apprécié l'étude et les caractéristiques du bracelet Kinemic.

Les questions du formulaire sont classées en 3 catégories plus globales (Figure 13) l'utilité du système pour les questions 1 à 6, la qualité de l'information pour les questions 7 à 12, et la qualité de l'interface pour les questions 13 à 15. Ensemble, les seize questions forment la satisfaction globale du participant.

Les questions 1 à 6 ont une moyenne de 6.40, largement supérieure au point neutre 4, indiquant une bonne utilité du système estimée par les participants. Les questions 7 à 12 ont une moyenne de 6.28, largement supérieure au point neutre 4, indiquant une bonne qualité de l'information estimée par les participants. Les questions 13 à 15 ont une moyenne de 6.26, largement supérieure au point neutre 4, indiquant une bonne qualité de l'interface estimée par les participants.

On notera que les questions 7 (19 réponses), 6 (22 réponses), 8 (22 réponses) et 15 (23 réponses) ont des taux d'abstention plutôt élevés. En effet certains participants ne jugeant pas ces questions adaptées à l'étude ont préféré ne pas y répondre :

- Pour la question 7 « Le système m'a fourni des messages d'erreur clairs pour résoudre les problèmes ». De nombreux participants estimaient que, n'ayant utilisé aucun système informatique/électronique, il ne pouvait pas y avoir de messages d'erreur. Parmi les participants qui ont répondu, certains ont estimé la capacité de l'examineur à répondre à leurs questions plutôt que celle d'un hypothétique bracelet.
- Pour les questions 6 « Je pense devenir rapidement productif en utilisant ce système » et 8 « J'ai pu corriger chaque erreur rapidement et simplement ». A nouveau, n'ayant pas utilisé de système, certains participants n'ont pas vu comment ils auraient pu juger leur productivité ou leur capacité à modifier leurs erreurs.
- Pour la question 15 « Le système disposait de toutes les fonctions que je souhaitais ». A nouveau, certains participants, n'ayant pas directement utilisé le Kinemic, n'ont pas voulu juger des fonctions de celui-ci.

Ce sont aussi les questions avec les moyennes les plus faibles, certaines personnes ont en effet expliqué avoir répondu avec des valeurs faibles (<4) ou neutres (=4) plutôt que de s'abstenir pour signifier le caractère inadapté de la question. Une corrélation positive de 0.916 très significative (p -valeur = 0.0000006<0.001) a été calculée entre le nombre de réponses et le score moyen obtenu, confirmant cette relation.

Globalement, les scores moyens sont très élevés, signifiant que les participants ont apprécié et bien compris l'étude, mais il est aussi probable que beaucoup de participants, proches de l'examineur, n'aient pas voulu mettre de scores trop faibles.

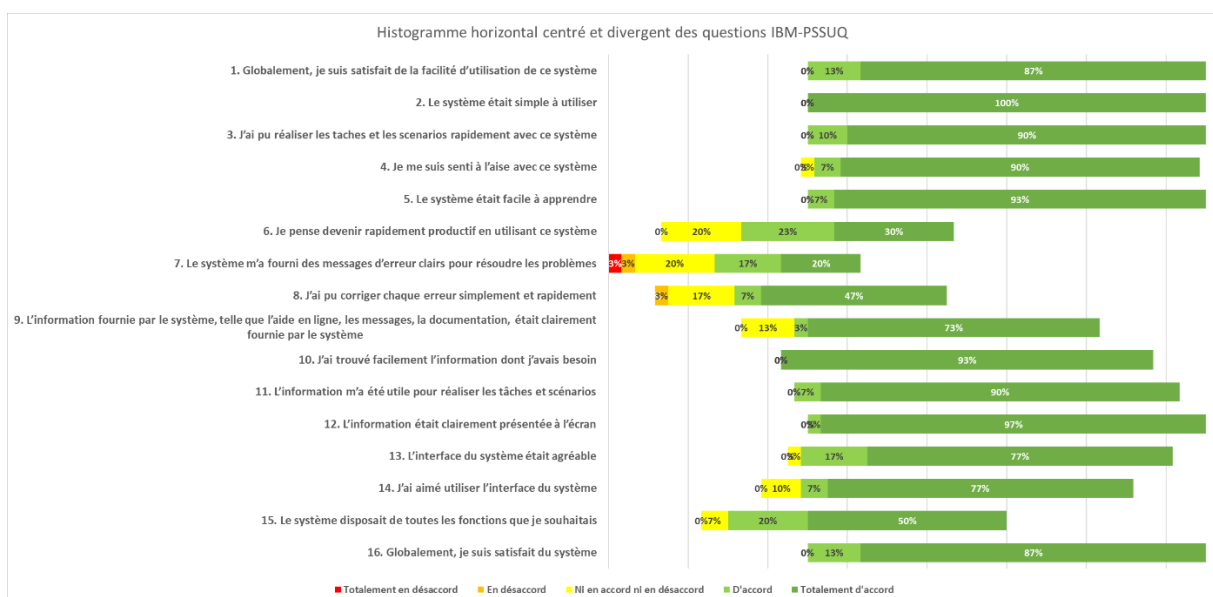


Figure 12: Réponses des participants au questionnaire IBM- PSSUQ

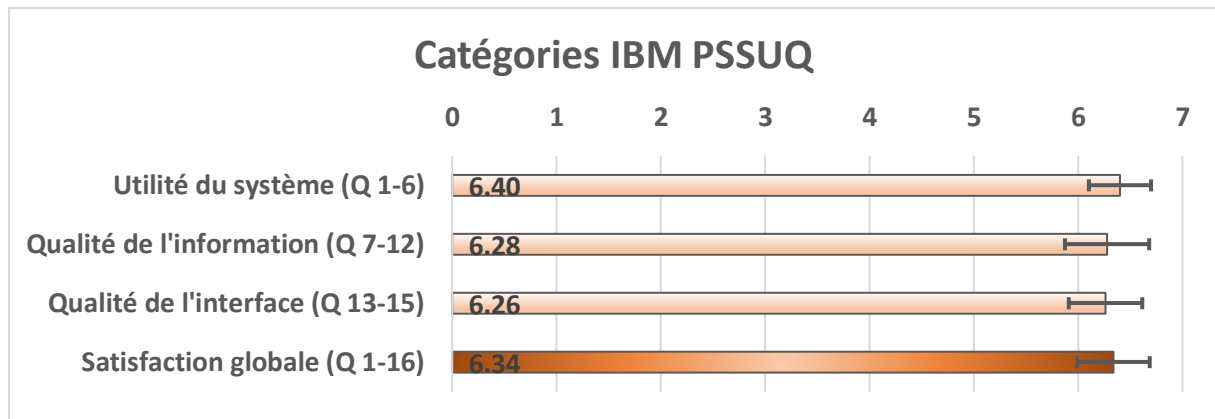


Figure 13: Catégories IBM PSSUQ

4.2 Etablissement d'un consensus entre les gestes

Afin d'établir un catalogue final de gestes, plusieurs étapes ont été requises. Tout d'abord, il est important de savoir que pratiquement chaque geste proposé par un participant peut être considéré comme unique si l'on en retient tous les détails tels que l'orientation de la main et du poignet, la position des doigts, la position du bras dans l'espace, ou encore le tracé exact du geste effectué.

C'est pourquoi nous avons cherché des similitudes entre les différents gestes pour les classer dans des catégories de gestes plus générales. Ainsi certains balayages comme « balayer à droite avec le bras et la main ouverte », « balayer à droite avec le bras et l'index tendu » ou « balayer à droite avec le bras et deux doigts tendus » se retrouvent tous dans la même catégorie : « balayer à droite ». C'est la direction du geste qui a été retenue comme facteur déterminant (haut, bas, droite, gauche). De même, le geste « taper dans ses mains » regroupe toutes les propositions où un participant tape dans ses mains, et cela peu importe le nombre de fois qu'il l'a exécuté.

On retient donc l'intention principale du geste plus que ses détails fins pour essayer de détecter des similitudes. Ignorer certains des détails pour regrouper les gestes en fonction de leurs parties communes est particulièrement pertinent dans le cas de cette étude sur le Kinemic car beaucoup de détails des gestes relèvent de la position des doigts (index tendu, main fermée, main ouverte, ...) que le Kinemic peine à détecter.

Ce processus de classification peut être rigide ou flexible. Un processus de classement rigide impose plusieurs critères stricts comme ceux établis dans l'étude [13] qui étudie un set de gestes définis par des utilisateurs pour des anneaux connectés et qui utilise 5 critères pour grouper les propositions en catégories plus générales : le sens de la main, la direction, l'échelle, la position de la main et l'utilisation de l'anneau. Cependant, ce type de classification rigide entraîne généralement des taux d'agrément considérablement plus faibles [13] que des critères plus flexibles [38] [45] [46]. C'est pourquoi nous avons fait le choix d'opter pour un système de classification flexible en n'imposant pas une liste de critères précis pour regrouper les gestes.

Il est important lors d'une étude d'élicitation d'identifier les critères d'évaluation des gestes les plus adaptés et d'en prioriser certains en fonction des circonstances de l'étude dans le but d'établir un catalogue adapté de gestes. Dans les sections qui suivent, nous utilisons le niveau d'agrément de Wobbrock [47] pour mesurer un consensus entre les gestes, consensus qui nous permettra d'établir notre catalogue final de gestes. Cependant, il est important de noter qu'il existe d'autres critères décrits dans [55][44] permettant de juger de la qualité des gestes et d'affiner le catalogue de gestes, même si nous ne les utilisons¹ pas dans cette étude pour effectuer le choix final des gestes. Xia et al. [55] ont regroupé ces critères en 4 catégories comportant 13 facteurs :

- Les 3 facteurs situationnels : Cette catégorie concerne les facteurs imposés par l'examineur lors de son étude pour atteindre les objectifs de sa recherche. On y dénombre trois facteurs :
 - le *contexte* dans lequel l'élicitation est effectuée,
 - les *modalités* utilisées pour réaliser les gestes (par exemple le bras, la voix, un écran tactile sur lequel dessiner, ...),
 - l'*acceptabilité sociale* qui englobe les facteurs culturels et sociétaux influençant l'utilisateur lors de l'élicitation, notamment lorsque qu'une audience est présente pendant celle-ci.
- Les 4 facteurs cognitifs : Cette catégorie regroupe les facteurs affectés par la compréhension cognitive du système qu'ont les participants :
 - la *découvrabilité* qui correspond à la facilité pour un utilisateur de deviner un geste pour un référent alors qu'il n'avait pas connaissance de ce geste au préalable,

¹ Nous nous sommes tout de même intéressés à l'*adaptabilité/intuitivité* (facteur cognitif) et à la *facilité d'exécution/complexité* (facteur physique) des gestes en demandant aux participants de la noter sur une échelle de 1 à 7, cependant cette note n'a pas influencer le classement des gestes finaux.

- l'*intuitivité* d'un geste est fonction de l'utilisation que ce geste utilise des connaissances préalables, le rendant plus logique aux yeux d'un participant,
 - la *vitesse d'apprentissage* réfère à la facilité pour un nouvel utilisateur de prendre en main rapidement un nouveau geste et de l'utiliser correctement,
 - la *transférabilité* réfère à la possibilité pour un geste d'être utilisé dans de nouveaux contextes.
- Les 4 facteurs physiques : Cette catégorie regroupe les facteurs influencés par les mouvements physiques des utilisateurs :
 - la *complexité* prend en compte la difficulté de mémorisation d'un geste ainsi que la difficulté de son mouvement,
 - l'*efficacité* d'un geste est lié à la précision et aux efforts physiques et mentaux nécessaires à sa réalisation, un geste efficace est plus court et réduit les chances d'erreurs de reconnaissance. Par exemple, entourer des éléments pour les sélectionner est moins efficace que simplement appuyer dessus car cela demande un geste plus long et qui est plus sujet à des erreurs de sélection,
 - l'*ergonomie* d'un geste, c'est une mesure qui détermine à quel point un geste correspond bien aux caractéristiques anatomiques de l'humain et à ses capacités physiques. Ainsi, l'utilisateur se sent physiquement bien, sans aucune pression, en effectuant le geste,
 - l'*occlusion* détermine à quel point un geste obstrue un système lorsqu'il est effectué. Par exemple, lorsque l'on définit des gestes pour un écran tactile de taille réduite, comme pour celui d'une smartwatch, il est important que les gestes obstruent le moins possible l'écran pour que l'utilisateur puisse voir ce que se passe.
- Les 2 facteurs systémiques :
 - le *feedback* est une mesure de la communication qu'un système (ici le Kinemic) établit avec un utilisateur à la suite des actions de ce dernier. C'est un élément important car le feedback permet au participant de constater que la fonctionnalité réelle du système correspond à celle qu'il imaginait,
 - la *reconnaissance* est le processus de suivi d'un geste et de transformation de ce geste en une commande reconnaissable sémantiquement. Ce facteur juge de la capacité qu'un système a de reconnaître les gestes. Cela permet d'écarter ceux dont il ne peut pas reconnaître certains éléments importants. Le Kinemic, par exemple, détecte les mouvements du bras et du poignet selon l'évolution de leur position sur une base

orthonormée, mais est incapable de détecter certains mouvements plus fins comme ceux des doigts.

4.2.1 Niveau d'agrément entre participants

La mesure principale que nous utilisons pour déterminer les gestes les plus appropriés à chaque référent s'appelle le niveau d'agrément. Cette mesure est dérivée du score d'agrément initialement proposée par J. Wobbrock dans son article [51] et dont l'équation est la suivante :

$$A(r) = \sum_{P_i \subseteq P} \left(\frac{|P_i|}{|P|} \right)^2$$

Figure 14: Formule du score d'agrément

Source : (20)

Où r est un référent donné,

P représente l'ensemble des propositions de geste pour le référent r ,

$|P|$ est le nombre de gestes contenu dans P ,

P_i l'ensemble de gestes de la catégorie i pour le référent r ,

$A(r)$ est le score d'agrément.

Cette équation permet d'estimer d'une manière assez fidèle le consensus présent pour un référent en fonction de la partition de son ensemble de gestes proposés.

P. Wobbrock l'explique de la manière suivante : « Par exemple, sur 20 propositions pour le référent r , si 15/20 sont d'une certaine forme et 5/20 sont d'une autre forme, l'accord devrait être plus élevé que si 15/20 sont d'une forme, 3/20 d'une autre et 2/20 d'une troisième. L'équation 1 en rend compte. » [51, p.1871].

Cette formule, bien que pratique et intuitive, possède des défauts. C'est pourquoi Wobbrock et Vatavu l'amélioreront en 2015 [47] en y rajoutant deux facteurs correcteurs qui la rendent plus précise. On obtient alors la formule du niveau d'agrément :

$$AR(r) = \frac{|P|}{|P| - 1} \sum_{P_i \subseteq P} \left(\frac{|P_i|}{|P|} \right)^2 - \frac{1}{|P| - 1}$$

Figure 15: Formule du niveau d'agrément

Source : (20)

C'est avec cette mesure que le degré de consensus pour chaque référent est communément représenté à travers la littérature. Elle est toujours comprise entre 0 et 1, où 1 signifie que tous les

gestes proposés sont identiques et 0 signifie que tous les gestes proposés sont différents. Cette mesure donne des valeurs légèrement inférieures au scores d'agrément à cause des facteurs correcteurs.

Ci-dessous (Figure 16) se trouve le graphe représentant les niveaux d'agrément des référents de notre étude rangés par ordre décroissant, la moyenne globale est de 0.254 et son écart-type de 0.2443. Ces valeurs ont été calculées avec le programme AGATe (Agreement analysis toolkit) développé par J. Wobbrock et R-D. Vatavu qui permet de calculer automatiquement les niveaux d'agrément ainsi que d'autres mesures appelées niveaux de coagrément et désagrément.

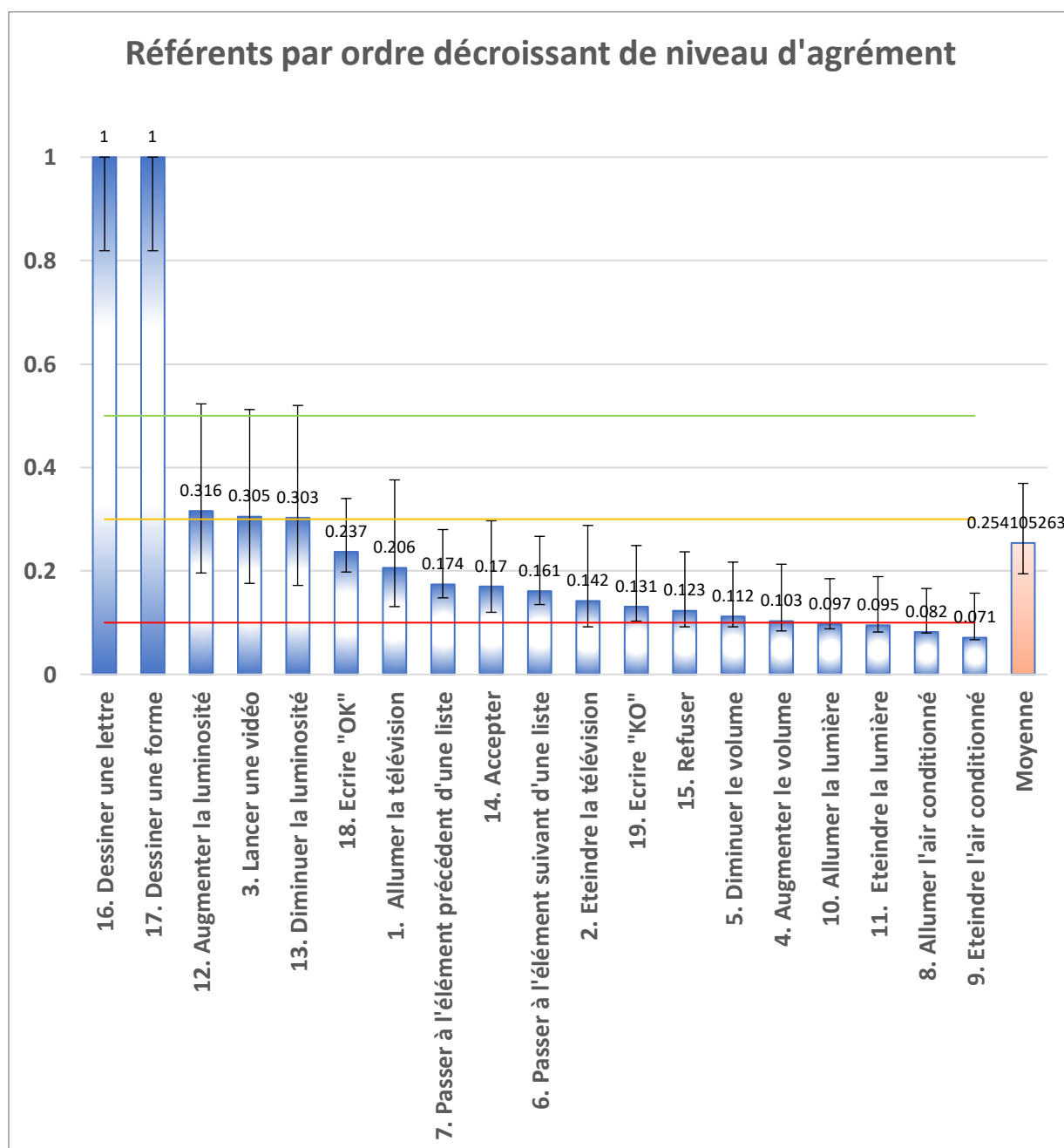


Figure 16: Référents par ordre décroissant de niveau d'agrément

En se basant sur de nombreuses études d'élicitation ayant utilisé le niveau d'agrément afin d'atteindre un consensus entre les gestes, Wobbrock et Vatavu découpent les niveaux d'agrément en quatre paliers [47] :

- Faible niveau d'agrément pour des valeurs inférieures à 0.1 (en dessous de la ligne rouge sur la Figure 16)
- Niveau d'agrément moyen pour des valeurs comprises entre 0.1 et 0.3 (entre les lignes rouge et orange)
- Niveau d'agrément élevé pour des valeurs comprises entre 0.3 et 0.5 (entre les lignes orange et verte)
- Niveau d'agrément très élevé pour des valeurs supérieures à 0.5 (au-dessus de la ligne verte)

Sur base de ces paliers, nous pouvons analyser la qualité² des gestes sélectionnés pour chaque référent. Dans notre étude, la moyenne est de 0.254 et s'inscrit parmi les taux d'agrément moyens. Deux référents se placent parmi les niveaux d'agréments très élevés : le 16 « *dessiner une lettre* » et le 17 « *dessiner une forme* » avec une valeur de 1. Cela s'explique par l'homogénéité parfaite des gestes proposés pour ces deux référents. Chacun des 30 participants (voir Figure 17) leur a proposé le geste « *dessiner une lettre ou une forme* ». Un taux d'agrément aussi élevé peut s'expliquer par le peu de possibilités de gestes différents qui viennent à l'esprit lorsqu'il faut « dessiner » quelque chose. Intuitivement, tous les participants ont effectué un tracé dans les airs avec leur index ou leur poing. Il aurait peut-être fallu choisir une autre phrase pour décrire ces référents en utilisant le verbe « représenter » plutôt que « dessiner » par exemple.

Ensuite, trois référents s'inscrivent dans la catégorie niveau d'agrément élevé : le 12 « *Augmenter la luminosité* », le 3 « *lancer une vidéo* », et le 13 « *diminuer la luminosité* » avec des valeurs respectives de 0.316, 0.305, et 0.303. Il n'est pas étonnant que ces référents se voient attribuer une valeur aussi élevée car pour chacun d'entre eux, le geste le plus fréquent a été proposé par plus de 50 % des participants, 17 fois pour être exact. La légère différence de niveau d'agrément entre ces trois référents est liée à la fréquence des gestes les plus fréquents au-delà du premier. Ainsi les cinq gestes les plus fréquents du référent 12 ont été proposés par 27 participants, contre 25 pour les référents 3 et 13.

Dix référents ont un niveau d'agrément considéré comme moyen et quatre comme faible. Le référent avec la valeur la plus basse (0.071) est le 9 « *éteindre l'air conditionné* ». Si on observe la

² Un geste avec un niveau d'agrément plus élevé est censé être plus intuitif et facile à reproduire.

fréquence de proposition combinée de ses cinq gestes les plus fréquents on obtient 18, qui est la valeur la plus basse de tous les référents. Cela peut s'expliquer par la rareté des appareils à air conditionné en Belgique, ce qui fait que les participants, peu habitués à les utiliser, n'ont pas d'idée de gestes usuels à proposer ; il n'y a pas de biais d'héritage.

Référent	Geste 1	Geste 2	Geste 3	Geste 4	Geste 5	Total
1. Allumer la télévision	13	5	3	1	1	23
2. Eteindre la télévision	11	3	3	3	2	22
3. Lancer une vidéo	17	3	3	1	1	25
4. Augmenter le volume	8	5	3	3	2	21
5. Diminuer le volume	8	5	3	3	3	22
6. Passer à l'élément suivant d'une liste	9	6	6	4	3	28
7. Passer à l'élément précédent d'une liste	9	7	6	4	3	29
8. Allumer l'air conditionné	6	4	3	3	3	19
9. Eteindre l'air conditionné	6	4	3	3	2	18
10. Allumer la lumière	6	5	5	4	2	22
11. Eteindre la lumière	6	6	4	3	3	22
12. Augmenter la luminosité	17	3	3	2	2	27
13. Diminuer la luminosité	17	3	2	2	1	25
14. Accepter	10	7	3	3	1	24
15. Refuser	7	7	3	3	2	22
16. Dessiner une lettre	30	0	0	0	0	30
17. Dessiner une forme	30	0	0	0	0	30
18. Ecrire "OK"	9	9	8	2	1	29
19. Ecrire "KO"	9	5	4	4	3	25

Figure 17: Fréquence de proposition des cinq gestes les plus proposés pour chaque référent

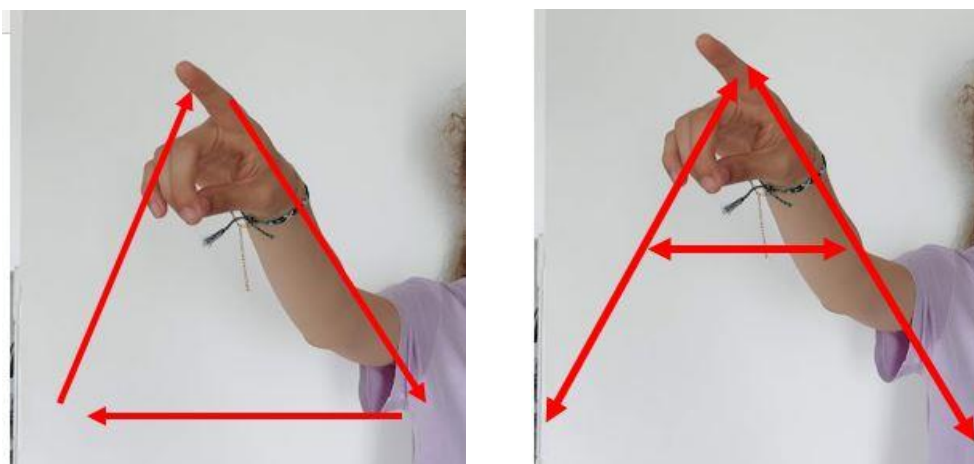


Figure 18: Photos des gestes associés avec les référents aux plus hauts niveaux d'agrément : Dessiner une forme (triangle) et Dessiner une lettre (A)

Une autre mesure proposée par Wobbrock et Vatavu [47] est le niveau de coagrément. Cette mesure permet d'estimer si les participants ayant proposé le même geste pour un référent seront aussi d'accord pour un autre référent. Par exemple, si deux participants choisissent le geste « *pouce vers le haut* » pour le référent 14 « *Accepter* », choisiront-ils le même geste pour le référent 15 « *Refuser* » ? C'est donc une mesure du consensus entre les participants qui regroupe les référents par paires, contrairement au niveau d'agrément qui mesure le consensus des référents en isolation.

Nous avons ci-dessous (Figure 19) regroupé tous les référents contraires par deux afin d'estimer leur niveau de coagrément. Ce sont les référents pour lesquels il est le plus susceptible que deux participants ayant choisi le même geste pour l'un soient également d'accord sur le geste proposé pour l'autre.

La moyenne globale est de 0.125. 5 des 8 paires sont en dessous de la moyenne, cela s'explique par le fait que la paire « *Augmenter la luminosité & Diminuer la luminosité* » a un niveau de coagrément considérablement plus élevé que toutes les autres paires.

Référents	Taux de coagrément
12. Augmenter la luminosité & 13. Diminuer la luminosité	0.303
6. Passer à l'élément suivant d'une liste & 7. Passer à l'élément précédent d'une liste	0.161
1. Allumer la télévision & 2. Eteindre la télévision	0.131
18. Ecrire "OK" & 19. Ecrire "KO"	0.105
4. Augmenter le volume & 5. Diminuer le volume	0.101
14. Accepter & 15. Refuser	0.099
10. Allumer la lumière & 11. Eteindre la lumière	0.052
8. Allumer l'air conditionné & 9. Eteindre l'air conditionné	0.047

Figure 19: Niveaux de coagrément par référent

Cette paire a un niveau de coagrément de 0.303, ce qui signifie que $100\% (= \frac{0.303}{0.303})$ des participants utilisant le même geste pour le référent 13 « *Diminuer la luminosité* » (AR = 0.303) ont également proposé un geste commun pour le référent 12 « *Augmenter la luminosité* ». Cependant, seuls $96\% (= \frac{0.303}{0.316})$ des participants ayant choisi le même geste pour le référent 12 (AR = 0.316) proposeront aussi un geste commun pour le référent 13. La relation n'est donc pas identique dans les deux sens.

En calculant ces relations pour toutes les paires, on obtient qu'en moyenne 77% du temps lorsque deux participants sont d'accord sur un même geste pour un référent, ils seront également d'accord sur un geste pour son référent contraire.

Dans le tableau ci-dessus, deux référents forment une paire particulière : la paire « 18. *Ecrire OK* & 19. *Ecrire KO* ». Les participants étant d'accord sur le geste pour le référent OK ne sont d'accord que 44% du temps pour le référent KO, alors que les participants d'accord sur le geste pour le référent KO sont également d'accord à 80% pour le référent OK. Cela peut s'expliquer par l'absence de geste contraire évident au signe OK (qui s'effectue en touchant l'extrémité de son pouce avec l'extrémité de son index), le contraire étant le signe OK inversé en pointant la main vers le sol. Ainsi un certain nombre de participants ayant proposé le signe OK pour le référent 18 n'ont pas trouvé le signe OK inversé et ont proposé des gestes très variés à la place, mais toutes les personnes ayant trouvé le signe OK inversé ont pensé au signe OK classique, ce qui est logique car ce dernier est le plus évident des deux.

4.3 Analyse du temps de réflexion

Lors du processus d'élicitation de gestes, une mesure du temps de réflexion de chaque participant a été prise. Cette mesure peut être définie comme le temps pris par un participant pour réfléchir à un geste après l'affichage du référent sur l'écran d'ordinateur. Le chrono est lancé au moment où la touche permettant d'afficher l'image du référent est appuyée et il est arrêté au moment où le participant indique avoir trouvé un geste. Chaque participant avait été averti au préalable d'indiquer immédiatement quand il avait déterminé le geste qu'il désirait utiliser. Le temps nécessaire à l'exécution du geste n'est donc pas pris en compte.

Nous proposons deux analyses du temps de réflexion. Une première est de calculer le temps de réflexion moyen par référent ce qui permet de constater quels référents demandent plus d'efforts aux participants pour leur trouver un geste. Ensuite, comme proposé dans de précédentes études [56][48], une comparaison est faite entre le niveau d'agrément et le temps de réflexion pour déterminer la relation entre les deux mesures. Il pourrait aussi être intéressant de comparer les temps de réflexions des différentes tranches d'âges mais dû à la très grande majorité des participants (24 sur 30) se situant dans la tranche des 18-24 ans, les autres tranches d'âge ne sont pas assez représentatives pour être utilisées dans une comparaison.

4.3.1 Analyse du temps de réflexion par référent

Nous avons calculé pour chaque référent la moyenne, l'écart-type et l'intervalle de confiance du temps de réflexion des 30 participants, ils peuvent être observés sur la Figure 20. Les données globales regroupant tous les référents ont aussi été calculées et sont les suivantes : 10.24 secondes pour la moyenne, 10.25 secondes pour l'écart-type et 3.67 secondes pour l'intervalle de confiance.

On distingue 9 référents dont la moyenne est inférieure à la moyenne globale, ce sont les numéros 2, 5, 7, 11, 13, 15, 16 et 17. Parmi ces référents, tous sauf deux (le 16 et le 17) sont des référents miroirs ou contraires, c'est-à-dire qu'ils correspondent à l'opposé d'un autre référent. Or, dans cette étude, les référents contraires ont systématiquement été placés juste l'un à la suite de l'autre afin de faciliter le déroulement de l'étude (augmentation de la vitesse de réflexion et réduction de la frustration des participants qui n'oublent ainsi pas le geste qu'ils avaient utilisé pour l'un des deux référents contraires) et de permettre la création d'un catalogue plus logique de gestes. Cela a découlé en un temps de réflexion beaucoup plus rapide lors de l'affichage du second référent d'une paire de référents contraires car le participant sait à quoi s'attendre et peut réfléchir au préalable à un geste et/ou simplement proposer le geste opposé à celui qu'il vient de faire (ex. monter la main et descendre la main, balayer à gauche et balayer à droite, ...). Ainsi, le référent « *éteindre la télévision* » toujours listé après « *allumer la télévision* » est lié à un temps de réflexion 37% plus rapide que ce dernier, « *diminuer le volume* » est 60% plus rapide que « *augmenter le volume* », « *passer à l'élément précédent d'une liste* » est 51% plus rapide que « *passer à l'élément suivant d'une liste* », ...

Une autre raison permettant d'expliquer un temps de réflexion éloigné de la moyenne est la familiarité d'un geste. En effet, tous les référents utilisés lors de cette étude sont des actions effectuées plus ou moins couramment dans la vie de tous les jours. En fonction de la fréquence à laquelle une action dépeinte par un référent est vécue dans la vie de tous les jours, le temps de réflexion apparaît comme plus long (pour une fréquence plus faible) ou plus court (pour une fréquence élevée). Ainsi, le référent « *Allumer l'air conditionné* » a induit les temps de réflexion les plus longs de la part des participants avec une moyenne globale de 18.24 secondes. Cela s'explique par le très faible nombre d'appareils à air conditionné installés dans les habitations belges, ce qui fait que les participants n'avaient que rarement interagi avec ce type d'appareil et n'avait aucun geste familier leur venant à l'esprit pour en allumer un. Pendant l'expérience, la plupart des participants ont été très surpris lorsque le référent leur a été présenté, certains ont même voulu passer le référent sans lui attribuer de geste car aucun ne leur venait à l'esprit.

Ce phénomène où la familiarité aux actions représentées par les référents influence le temps de réflexion peut être expliqué par un concept découvert par [36] qui s'appelle le « Biais d'héritage ». Ce biais est la formulation de l'idée qu'un participant basera souvent ses propositions de gestes sur ses précédentes expériences avec des systèmes interactifs. Un exemple concret sont les actions de balayage vers le haut, le bas, la gauche, et la droite qui sont constamment employées pour naviguer entre les menus d'un smartphone. Ainsi les référents 6 et 7 « *passer à l'élément suivant d'une liste* » et « *passer à l'élément précédent d'une liste* » se sont vu attribuer des balayages comme gestes car ils correspondent à des actions souvent effectuées sur des appareils à écran tactiles qui sont largement répandus aujourd'hui (smartphones, tablettes, ...). Les référents 1 et 2 « *allumer la télévision* » et « *éteindre la télévision* » se sont aussi vu attribués un geste fréquemment utilisé dans la vie de tous les jours : appuyer sur le bouton d'une télécommande (imaginaire dans ce cas-ci). Réfléchir à un geste que l'on connaît déjà prend généralement moins de temps qu'en créer un nouveau de toutes pièces.

Les deux seuls référents se situant sous la moyenne et n'étant pas des référents contraires sont les numéros 16 et 17 à savoir « *Dessiner une lettre* » et « *Dessiner une forme* ». Leurs temps de réflexion moyens sont respectivement 10.01 et 8.55 secondes. Ce qui pourrait expliquer cette brièveté de réflexion est le manque d'options possibles quand il s'agit de « dessiner » une lettre ou une forme. En effet, tous les participants ont effectué un geste similaire : tracer dans les airs une forme ou une lettre avec l'index ou le poing fermé. Il aurait peut-être fallu préciser une forme ou une lettre particulière pour voir les participants proposer plusieurs façons de l'écrire ou simplement utiliser un autre mot que « dessiner » pour décrire l'action du référent car ce dernier incite probablement les participants à ne proposer qu'un seul type de geste.

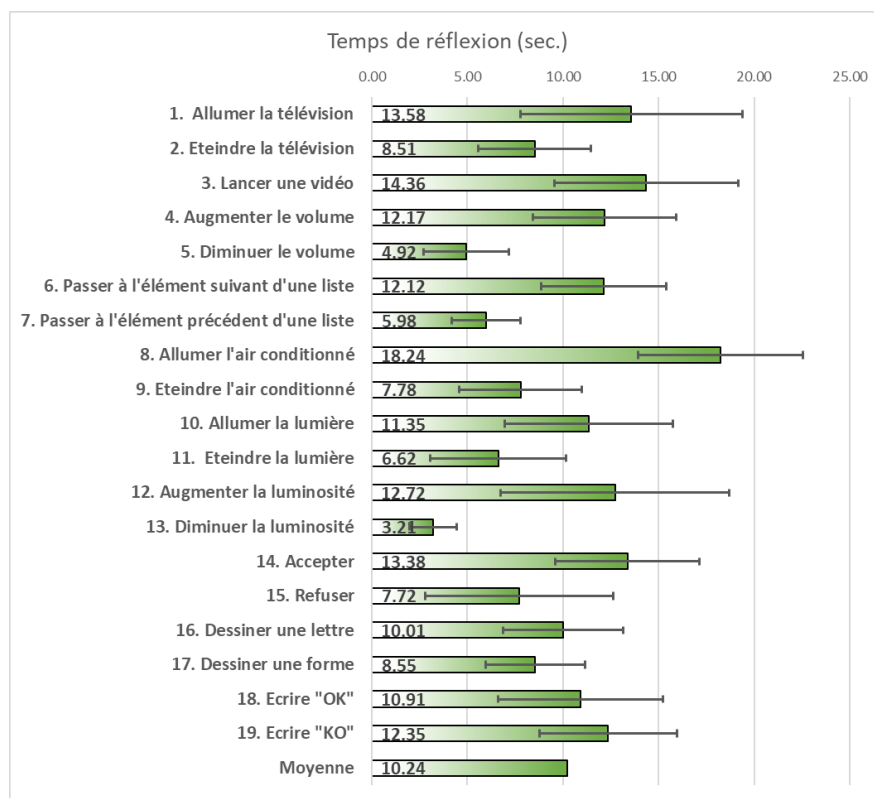


Figure 20: Temps de réflexion par référent

4.3.2 Relation entre le temps de réflexion et le niveau d'agrément par référent

Nous avons d'abord calculé la corrélation de Pearson entre le temps de réflexion et le niveau d'agrément des 19 référents. Nous avons obtenu un r de -0.08 avec une p -valeur égale à 0.75, comme ces résultats ne sont pas significatifs, on ne peut donc rien en déduire.

Cependant, une caractéristique de la procédure utilisée pendant l'étude fausse la corrélation entre les deux mesures : la présentation systématique aux participants des référents contraires l'un à la suite de l'autre. Cela a pour effet de réduire artificiellement le temps de réflexion pour le deuxième référent contraire présenté car le participant s'y attend et peut réfléchir à un geste à l'avance ou proposer l'inverse du geste imaginé pour le référent précédent.

Nous avons alors retiré tous les référents qui étaient systématiquement présentés après leur contraire, c'est-à-dire : 2, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 19. Nous avons aussi retiré le référent 12 « *augmenter la luminosité* » car il a très souvent été confondu avec le référent 10 « *allumer la lumière* » et a demandé que l'examineur explique la différence entre les deux après l'affichage de l'image du référent alors même que le chrono mesurant le temps de réflexion était déjà lancé. Cela résulte en une mesure plus élevée qui comprend un temps d'explication par l'examineur en plus du temps de réflexion du participant. Nous aurions pu retirer quelques secondes du temps de réflexion moyen du

réfèrent 12 pour essayer de prendre en compte cet aspect mais, il est dur de savoir exactement combien de secondes il aurait fallu soustraire pour retirer le temps pris par l'explication de l'examineur. Dès lors, nous avons préféré le retirer complètement de l'analyse de corrélation.

En calculant la même corrélation avec les dix référents restants (1, 3, 4, 6, 8, 10, 14, 16, 17, 18) (Figure 21: Comparaison entre le temps de réflexion et le niveau d'agrément par référent), nous obtenons un $r = -0.64$ pour une p-valeur de 0.046, ce qui signifie que la corrélation est statistiquement significative, ce qui nous permet de rejeter l'hypothèse nulle. Le temps de réflexion et le niveau d'agrément sont donc corrélés négativement, ce qui est assez surprenant car cela signifie qu'une réflexion plus longue et profonde mène à des gestes moins adaptés qu'une réflexion rapide. Deux hypothèses formulées par [56] pourraient expliquer ce phénomène :

- Lorsqu'un participant réfléchit longuement, il cherche à être plus créatif et produit en général un geste plus complexe et moins commun, qui a beaucoup plus de chances d'être différent des gestes proposés par d'autres participants. Le référent 8 « allumer l'air conditionné » qui a le temps de réflexion moyen le plus élevé en est l'exemple parfait. Il s'est vu proposer une myriade de gestes différents et souvent assez complexes se déroulant en plusieurs étapes, comme le geste proposé par le participant 6 qui n'a été proposé par aucun autre participant et se déroule en trois étapes : lever la main ouverte au plafond - fermer la main – redescendre la main ; cela après 16.22 secondes de réflexion, largement au-dessus de la moyenne globale.
- Le premier choix d'un participant, c'est-à-dire le premier geste qu'il propose après un temps de réflexion minimal, a plus de chance d'être lié à un mécanisme auquel peuvent aussi penser les autres participants. Un exemple sont les gestes issus d'un biais d'héritage tels que les balayages directionnels inspirés de la navigation sur smartphone pour passer à un élément suivant/précédent (référents 6 et 7), ou encore l'utilisation d'un bouton sur une télécommande imaginaire pour allumer ou éteindre la télévision pour les référents 1 et 2.

Pour ces raisons, un référent où tous les participants réfléchissent longuement avant de produire un geste risque d'avoir de piètres résultats en termes de niveau d'agrément, et à l'inverse un court temps de réflexion présage un niveau d'agrément plus élevé.

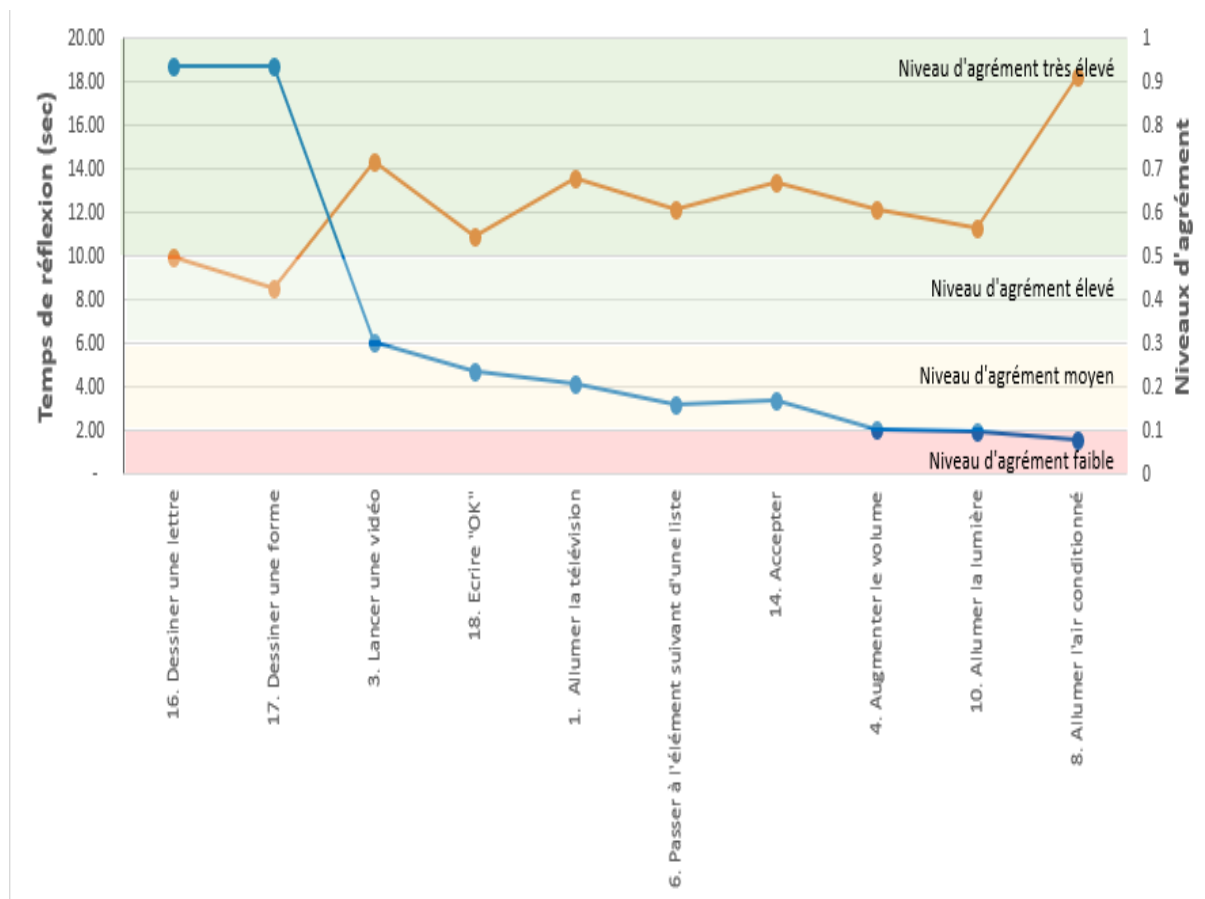


Figure 21: Comparaison entre le temps de réflexion et le niveau d'agrément par référent

4.4 Niveau d'adaptation

Le niveau d'adaptation du geste, traduit de l'anglais « Goodness of fit », est une mesure subjective que les participants ont dû donner après chaque proposition de geste. Il leur était demandé de juger sur une échelle de Likert à 7 points à quel point le geste qu'ils venaient de proposer était adapté/convenait (1 = pas du tout adapté, 7 = totalement adapté) au référent auquel il était attribué. C'est en quelque sorte une mesure de la confiance que les participants portent en leurs gestes [13]. Il semblerait que cette mesure soit grandement influencée par la confiance en soi d'un participant à l'autre.

Sur la Figure 22 sont reprises les valeurs moyennes des niveaux d'adaptation pour chaque référent. La moyenne globale est de 5.39 et l'écart-type de 1.22.

La valeur la plus élevée, 6.23, est attribuée au référent 16 « *dessiner une lettre* ». Cela s'explique par le caractère contraignant du référent qui impose de « dessiner » une lettre et laisse penser aux participants que le seul geste acceptable est de faire le tracé d'une lettre avec l'index ou le poing

fermé. Le résultat est que la plupart des participants estiment avoir réalisé le seul geste possible pour ce référent et ont confiance en leur proposition, augmentant le niveau d'adaptation. Le même raisonnement est applicable au référent 17 « dessiner un forme ».

La plupart des autres référents sont assez proches de la moyenne (5.39) sauf les référents 8 « allumer l'air conditionné » et 9 « éteindre l'air conditionné » qui sont respectivement avant-dernier et dernier avec des niveaux d'adaptation de 4.20 et 4.17. Cet écart par rapport au reste des référents s'explique par la rareté des appareils à air conditionné en Belgique qui signifie que les participants n'ont pas l'habitude d'en utiliser et ont rarement une idée immédiate (pas de biais d'héritage) de geste à proposer. Ils finissent alors par proposer des gestes plus complexes en lesquels ils sont moins confiants car ils paraissent bizarres/peu naturels à leurs yeux.

Nous avons calculé la corrélation entre le niveau d'agrément et le niveau d'adaptation moyen de chaque référent. Nous obtenons un $r = 0.6043$ avec une p-valeur significative = 0.006. On en déduit donc que les référents pour lesquels les propositions de gestes se sont vues attribuées de hauts niveaux d'adaptation, atteignent des niveaux d'agrément plus élevés. Une supposition qui pourrait expliquer ce phénomène est qu'un référent avec un haut niveau d'adaptation est souvent un référent que les participants ont l'habitude de croiser dans la vie de tous les jours et pour lequel un ou plusieurs gestes communs existent déjà (comme les balayages directionnels, qui sont issus du catalogue de gestes des smartphones et tablettes, et sont utilisés pour passer d'un élément à l'autre d'une liste, c'est-à-dire les référents 6 et 7). C'est donc le biais d'héritage qui influencerait cette relation.

Il y a aussi le cas des référents 16 et 17 où le choix de gestes est tellement restreint que les participants pensent avoir choisi le bon geste (qui serait le seul possible).

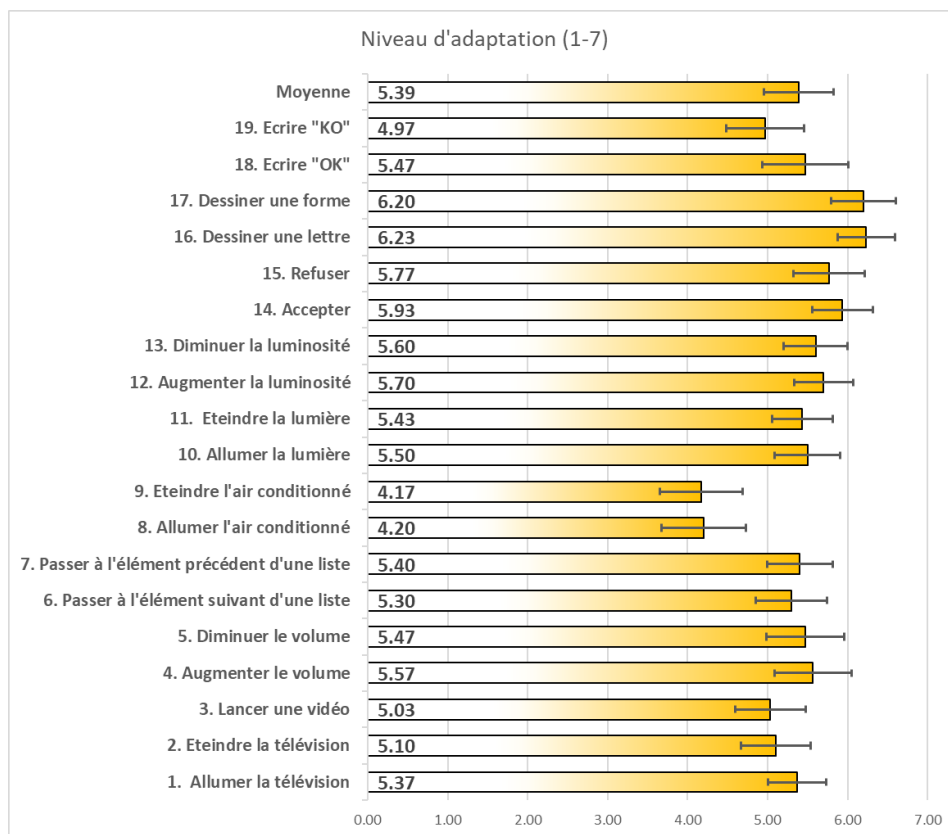


Figure 22: Niveau d'adaptation du geste par référent

4.5 Facilité d'exécution

Lors de l'étude, il a été demandé aux participants d'estimer pour chacun des gestes qu'ils proposent, la facilité d'exécution de ces derniers. Cette mesure subjective détermine à quel point il est facile de reproduire un geste, aussi bien d'un point de vue de la coordination du bras/du poignet/de la main que de l'effort physique requis.

La Figure 23 reprend les scores moyens de facilité d'exécution pour chaque référent. La moyenne globale est de 6.17 et l'écart-type de 1.08.

Le référent avec la valeur la plus élevée, 6.50, est le numéro 17 « *dessiner une forme* ». Cette valeur élevée peut s'expliquer par un geste systématiquement proposé pour ce référent : effectuer le tracé d'une forme avec le poing ou l'index dans les airs. Ce geste est facile à retenir et à effectuer. En effet, dessiner une forme comme un triangle ou un carré ne prend que quelques traits et le geste n'a pas besoin d'être de grande envergure. Le référent 16 « *dessiner une lettre* » qui s'est vu attribuer le même geste que le référent 17 a une facilité d'exécution plus faible (6.23). On peut supposer que c'est parce que les traits d'une lettre doivent être placés d'une manière plus précise, ce qui est moins pratique.

La plupart des référents ont des valeurs proches de la moyenne (6.17) sauf les référents 8 « Allumer l'air conditionné » (5.80) et 9 « Eteindre l'air conditionné » (5.67), étant par ailleurs les référents ayant les valeurs les plus faibles. Ces référents, pour des raisons déjà expliquées dans les points 4.3.2 et 4.4, semblent mener à des propositions de gestes plus complexes avec plusieurs étapes, ce qui les rend plus difficiles à effectuer.

Nous avons calculé la corrélation entre la facilité d'exécution et le niveau d'agrément. Le r est de 0.38 mais la p -valeur n'est malheureusement pas significative : 0.101, on ne peut donc rien en déduire.

Cette mesure de la facilité d'exécution a été perçue comme superflue pour beaucoup des participants car la plupart des gestes ne demandaient aucun effort à effectuer, si ce n'est de mémorisation.

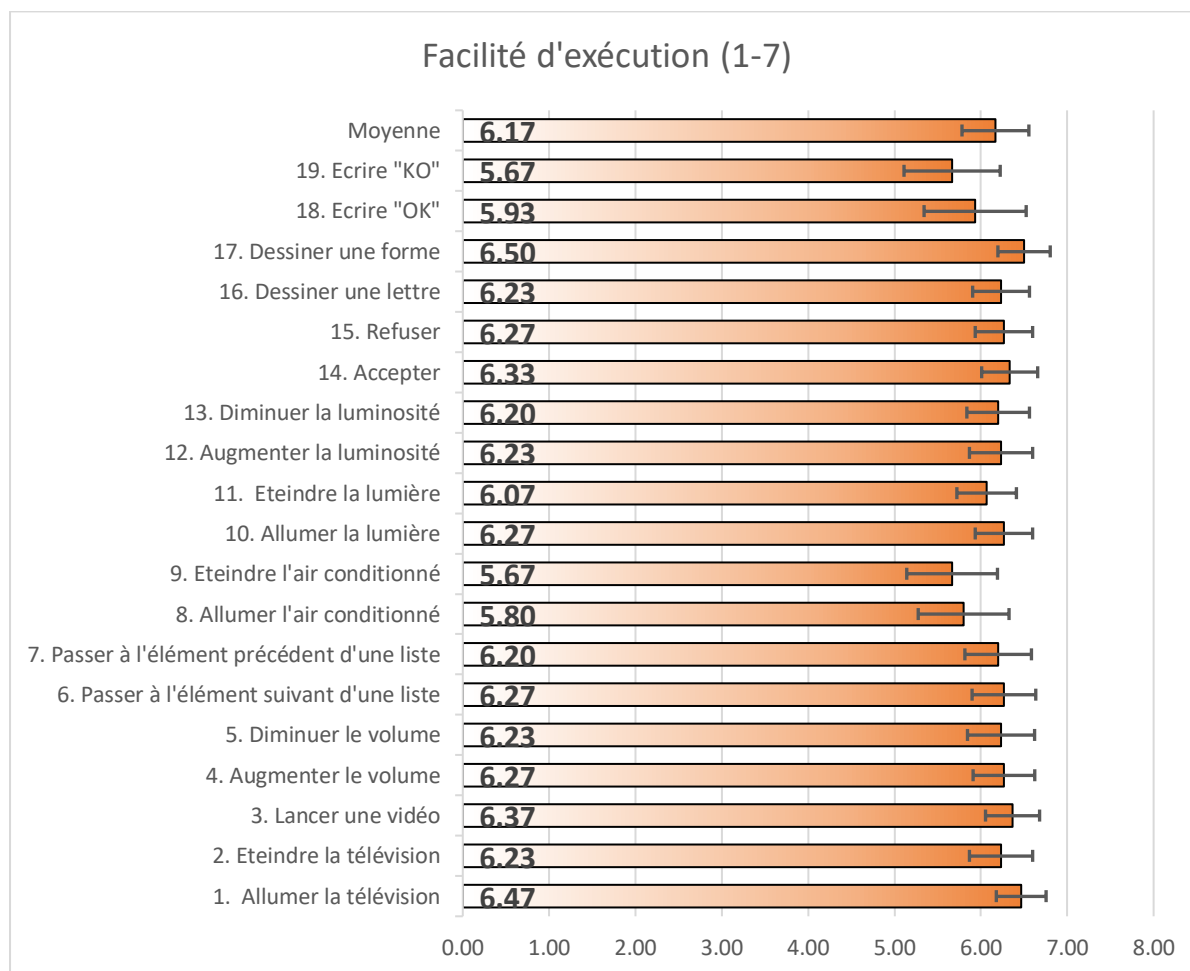


Figure 23: Facilité d'exécution du geste par référent

4.6 Taxonomie des gestes proposés

Afin de mieux comprendre la variété des gestes proposés, de nombreuses dimensions ont été utilisées pour les classer à travers la littérature. Dans cette étude, nous avons choisi de classer tous les gestes proposés selon 5 dimensions que nous avons découvert grâce aux recherches de [52] [13] [53] [38] [5].

Ces dimensions sont : l'amplitude de mouvement, la latéralité, la forme, la temporalité et la nature.

4.6.1 Amplitude de mouvement

Cette dimension catégorise les gestes proposés en fonction de la taille du mouvement effectué. Dans le cas d'un geste effectué en ne bougeant rien de plus que le poignet et les doigts de la main, on parle d'une *petite* amplitude de mouvement. Par exemple un balayage s'effectuera souvent en ne bougeant que le poignet et la main. Parallèlement, les gestes ouvrir et fermer la main sont de petite amplitude car ils ne font que bouger les doigts. Un geste de *moyenne* amplitude implique un mouvement de l'avant-bras en plus de mouvements, optionnels, du poignet et de la main. Le geste « dessiner une lettre » fait partie de cette catégorie. Finalement, les gestes de *grande* amplitude impliquent un mouvement du bras entier, généralement en effectuant une extension complète comme pour lever la main au plafond.

La plupart des gestes (67%) se trouvent dans la catégorie des *petites* amplitudes pour 27% de *grandes* amplitudes et seulement 12% de *moyennes* amplitudes.

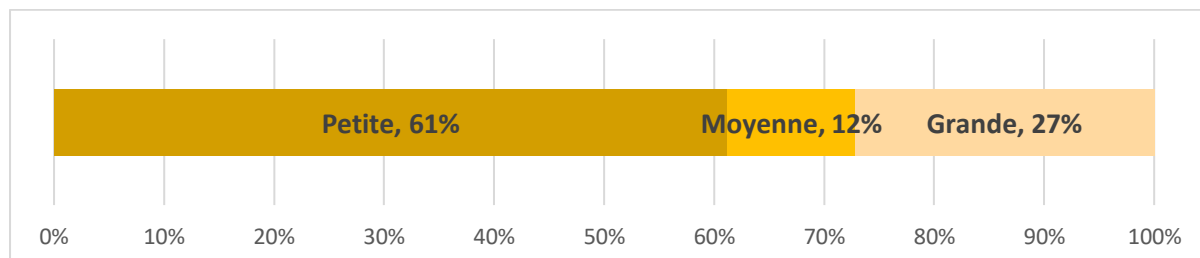


Figure 24: Fréquence des gestes par amplitude de mouvement

4.6.2 Latéralité

La dimension de latéralité classe les gestes en fonction de la main utilisée pour les effectuer. Les gestes dans la catégorie *dominant unimanuel* sont les gestes effectués avec la main dominante, la catégorie *non-dominant unimanuel* regroupe les gestes effectués avec la main non-dominante. Ensuite, il existe deux catégories pour les gestes utilisant les deux mains, la catégorie *Symétrique bimanuel* reprend les gestes utilisant les deux mains mais où celles-ci effectuent un mouvement

symétrique, par exemple le geste « taper dans ses mains ». Finalement la catégorie *asymétrique bimanuel* regroupe tous les gestes utilisant les deux mains mais où ces dernières n'effectuent pas des mouvements symétriques.

Lors de cette étude, bien que le bracelet Kinemic ne puisse pas détecter les mouvements des deux mains en même temps, nous avons autorisé les mouvements bimanuels si le participant désirait en proposer.

La répartition en fonction de la latéralité est très inégale, avec 93% des gestes dans la catégorie *dominant unimanuel* et 7% des gestes dans la catégorie *symétrique bimanuel*.

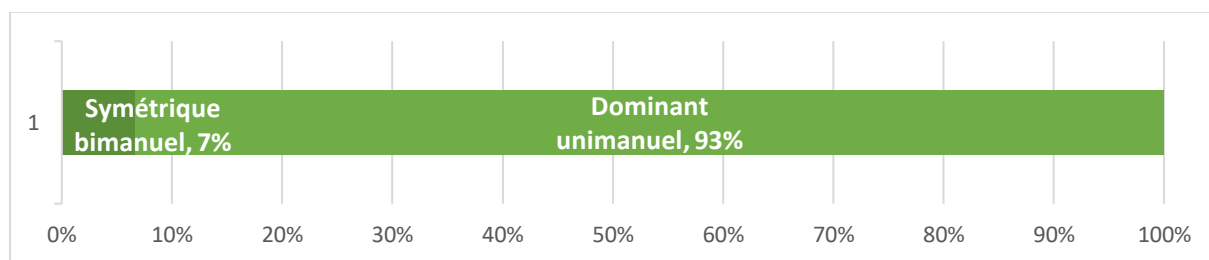


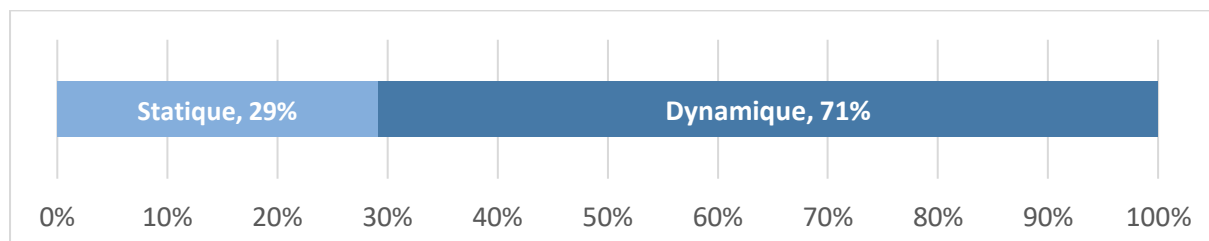
Figure 25: Fréquence des gestes par latéralité

4.6.3 Forme

La dimension de la forme détermine si un mouvement a lieu pendant le geste. Afin de déterminer cela, il est nécessaire de savoir si c'est la position finale d'un geste qui importe (ex : Croiser ses bras pour former une croix) ou si c'est le mouvement qui importe (ex : dessiner un cercle). Il y a bien évidemment du mouvement dans chaque geste mais le but est de savoir si ce mouvement fait partie du geste ou sert simplement à mettre les bras/mains/doigts en position.

Les gestes pour lesquels le mouvement importe sont classés comme *dynamiques*, et les gestes pour lesquels la position importe sont classés comme *statiques*.

Nos participants ont essentiellement proposé des gestes dynamiques (71%).



4.6.4 Temporalité

La dimension de la temporalité prend en compte le lien entre le geste et le référent qu'il permet d'effectuer. Les gestes pour lesquels l'action commandée s'effectue en même temps sont placés dans la catégorie *continu*. Un exemple est la rotation du poignet dans le sens horaire pour augmenter le volume, tant que le poignet tourne vers la droite, le volume augmentera. La deuxième catégorie de gestes comprend ceux pour lesquels l'action qui leur est liée s'effectue une fois l'exécution du geste terminée, ils sont dans la catégorie *discret*. Des gestes tels que taper dans ses mains (pour allumer la lumière) sont discrets. En effet la lumière ne s'allumera qu'une fois le geste terminé.

La plupart des actions où il faut augmenter/diminuer quelque chose mène à des gestes continus, mais pas toujours. Il est possible d'augmenter le volume par crans en effectuant plusieurs gestes discrets successivement, par exemple en balayant vers le haut, ou en montant la main vers le haut par à-coup plutôt que de manière continue. Certains gestes peuvent être discrets dans certains cas et continus dans d'autres, en fonction de l'action qui leur est liée.

Dans notre étude, 83% des gestes sont discrets, malgré la faible proportion de gestes continus, 4 référents se démarquent car ils se sont vu attribuer la plupart des gestes continus. Ces référents sont le 4 et le 5 « Augmenter/Diminuer le volume » ainsi que 12 et le 13 « Augmenter/Diminuer la luminosité ». Pour ces 4 référents, 53% des gestes sont continus. Si on omet ces référents, 92% des gestes récoltés pendant l'étude sont discrets. Les participants ont donc une forte préférence pour les gestes discrets sauf dans le cas des 4 référents présentés, à cause des actions augmenter et diminuer qu'ils représentent.

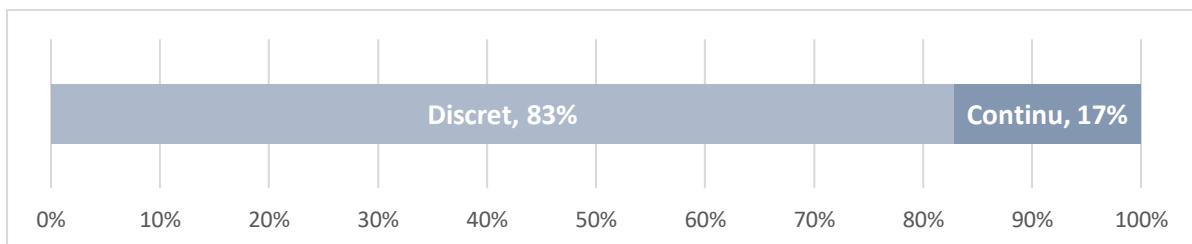


Figure 26: Fréquence des gestes par temporalité

4.6.5 Nature

La dimension nature décrit la signification d'un geste à l'aide de quatre catégories : *symbolique*, *métaphorique*, *physique*, et *abstrait*. Les gestes appartenant à la catégorie *symbolique* dépeignent des symboles communément acceptés et dont la signification est comprise de tous. Par exemple, le signe « OK » qui consiste à former un rond avec ses doigts en touchant l'extrémité de son pouce avec l'extrémité de son index et qui sert à exprimer son accord. Un autre exemple sont les balayages avec

l'index (peu importe la direction) qui sont une convention sur smartphone pour passer d'un menu à un autre. Ensuite, les gestes *métaphoriques* sont ceux qui imitent des actions de la vie réelle, comme appuyer sur le bouton d'une télécommande imaginaire pour allumer la télévision ou tourner un bouton imaginaire pour augmenter ou diminuer le volume. La catégorie *physique* concerne les gestes agissant en temps réel, c'est-à-dire que l'action liée au geste s'effectue en même temps que le geste. Un exemple est le geste « lever la main au plafond avec la paume orientée au plafond » pour augmenter la luminosité d'une lampe : la luminosité augmente au fur et à mesure que la main monte. Cette classification est très similaire aux gestes classés comme *continus* dans la dimension temporalité. Finalement, la catégorie des gestes *abstraites* regroupe tous les gestes ne rentrant dans aucune des catégories précédentes, c'est-à-dire les gestes auxquels aucune signification évidente ne peut être attribuée.

Au total, nous avons une majorité de gestes dynamiques (71%), discrets (83%), dominant unimanuel (93%) et de petite amplitude (61%). Si l'on compare ces résultats avec ceux obtenus par Wu et Wang [53], on voit qu'ils correspondent pour les dimensions communes aux deux recherches (forme, temporalité et latéralité, Wu et Wang n'ont pas utilisé l'amplitude de mouvement). Cependant, pour la dimension nature, qui est également utilisée dans les deux recherches, les résultats sont fort différents. Alors que Wu et Wang obtiennent une majorité de gestes physiques (52%), avec peu de gestes métaphoriques (19%) et très peu de gestes symboliques (8%), nous obtenons essentiellement des gestes symboliques (34%) et métaphoriques (31%) pour une minorité de gestes physiques (17%). Cette différence peut s'expliquer par la possibilité de classer certains gestes dans plusieurs catégories, Wu et Wang ont par exemple classé le geste « Balayer vers le haut » dans la catégorie physique car dans leur étude, il a souvent été utilisé pour augmenter le volume en temps réel. Au contraire, dans notre étude, nous avons classé ce geste dans la catégorie symbolique car il est communément accepté comme un moyen de navigation entre différents menus sur smartphone et a été fréquemment proposé pour le référent 7 « passer à l'élément précédent d'une liste ». Dans notre étude, comme dans celle de Wu et Wang, il y a relativement peu de gestes abstraits (18% et 21%) ce qui signifie que les examinateurs respectifs ont plutôt bien compris les intentions/significations derrière les gestes de leurs participants.

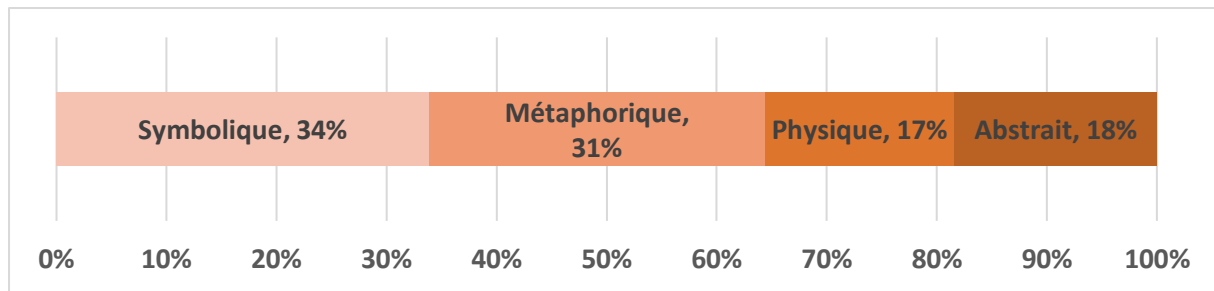


Figure 27: Fréquence des gestes par nature

4.7 Aperçu et analyse des gestes sélectionnés par les participants

Cette section a pour but de répondre à la question de recherche de ce travail : « Quels gestes mains libres définis par les utilisateurs sont les plus populaires pour effectuer une série d'actions récurrentes lors l'utilisation d'appareils électroniques » en déterminant les gestes les plus populaires parmi les participants pour chaque référent.

4.7.1 Etablissement d'un catalogue de gestes par référent

Le tableau ci-dessous (Figure 28) reprend pour chaque référent la catégorie de geste (voir 4.2) la plus fréquemment proposée par les participants. La colonne la plus à droite reprend le nombre de fois que chacune des catégories de gestes gagnante a été proposée par les participants pour un référent, la fréquence de proposition moyenne est de 12 avec un écart-type de 7.13.

Il est important de rappeler que ces catégories finales de gestes attribuées à chaque référent regroupent tous les gestes proposés par les participants qui leurs sont similaires, mais pas forcément identiques.

Le tableau ci-dessous n'est pas parfait car il en émerge certains conflits. Premièrement, certains référents (le 11 et le 15) ont deux catégories de gestes attribuées car ces dernières sont ex-aequo pour la fréquence la plus élevée, nous avons choisi lors de cette étape de conserver les deux catégories. Elles apparaissent séparées d'un « ET » dans le tableau.

Référents	Geste le plus fréquent	Fréquence
1. Allumer la télévision	Appuyer sur le bouton d'une télécommande imaginaire avec son pouce	13
2. Eteindre la télévision	Appuyer sur le bouton d'une télécommande imaginaire avec son pouce	11
3. Lancer une vidéo	Tendre le bras pour appuyer sur un bouton devant soi	17
4. Augmenter le volume	Monter la main vers le haut avec la paume à plat et orientée vers le plafond	8
5. Diminuer le volume	Descendre la main vers le sol avec la paume à plat et orientée vers le sol	8
6. Passer à l'élément suivant d'une liste	Balayer vers le bas	9
7. Passer à l'élément précédent d'une liste	Balayer vers le haut	9
8. Allumer l'air conditionné	Lever le bras au plafond	6
9. Eteindre l'air conditionné	Lever le bras au plafond	6
10. Allumer la lumière	Frapper dans ses mains/Aplaudir	6
11. Eteindre la lumière	Fermer la main ET Descendre la main vers le sol avec la paume à plat et orientée vers le sol	6
12. Augmenter la luminosité	Monter la main vers le haut avec la paume à plat et orientée vers le plafond	17
13. Diminuer la luminosité	Descendre la main vers le sol avec la paume à plat et orientée vers le sol	17
14. Accepter	Pouce vers le haut	10
15. Refuser	Pouce vers le bas ET Dessiner une croix (X)	7
16. Dessiner une lettre	Dessiner une lettre ou une forme	30
17. Dessiner une forme	Dessiner une lettre ou une forme	30
18. Ecrire "OK"	Faire le signe "ok" en touchant son index avec son pouce ET Dessiner une lettre ou une forme	9
19. Ecrire "KO"	Dessiner une lettre ou une forme	9

Figure 28: Catalogue provisoire de gestes par référent

Afin d'éviter une confusion entre les actions effectuées par chaque geste, il est important qu'une même catégorie de geste ne soit pas appliquée à plus d'un référent. Pour éviter cela, il y a deux solutions :

- Modifier les critères classant les gestes proposés en différentes catégories de gestes en les rendant plus précis. Cela augmenterait les chances d'obtenir des catégories de gestes distinctes mais, cela se ferait au détriment du consensus global. En effet, de précédentes études [13] ont montré que des critères de classification trop rigides étaient nuisibles au niveau d'agrément, ce que nous cherchons à éviter. De plus, modifier les critères de classification changerait complètement le catalogue de gestes, et nous ne serions pas à l'abri de nouveaux conflits entre référents qui n'existeraient pas auparavant. Nous n'utiliserons donc pas cette méthode à cause des désavantages précédemment cités.
- La deuxième option est de sélectionner la seconde catégorie de geste la plus fréquente pour l'un des deux référents en conflit. Ainsi, il ne faut pas réeffectuer tout le classement des

gestes et le niveau d'agrément global reste le même. Afin de déterminer quel référent gardera sa première catégorie de geste et quel référent se verra attribuer sa deuxième catégorie de geste, nous regardons pour lequel des deux référents la catégorie de geste disputée est la plus fréquente, et nous la lui assignons. Nous avons choisi cette méthode de résolution des conflits pour sa conservation du consensus et sa charge de travail plus faible.

Parmi nos référents, des conflits existent entre les numéros 1-2, 4-12, 5-11-13, 8-9, ainsi que dans la série 16-17-18-19. De ces conflits, seuls les numéros 4,5,13 et 12 posent un problème qui devra être résolu avec la méthode expliquée plus haut. En effet, les numéros 1-2 et 8-9 sont des référents contraires concernant l'activation et la désactivation d'appareils électroniques (TV et air conditionné). Or, dans ce cas-là, il est acceptable qu'un même geste soit utilisé car en fonction de l'état (ON ou OFF) de l'appareil qui reçoit la commande, on pourra programmer facilement d'allumer ou d'éteindre l'appareil avec un même geste. Ce comportement est équivalent au bouton ON/OFF d'une télécommande de télévision. Le numéro 11 possède deux gestes sélectionnés, dont un : « fermer la main », n'entre en conflit avec aucun autre référent, ce sera donc ce geste que nous sélectionnerons. Pour ce qui est des numéros 16-17-18 et 19, ils se sont tous vu attribuer le geste « Dessiner une lettre ou une forme », cette catégorie de geste est un peu particulière car elle permet en réalité beaucoup de variations facilement différenciables : Tracer les lettres « OK » avec l'index est très différent de tracer un triangle, par exemple. Ainsi nous pouvons laisser ces quatre référents partager la même catégorie de geste car il ne risque pas d'y avoir de problèmes de reconnaissance par le Kinemic lorsque ces gestes seront effectués.

Sur la Figure 29: Catalogue de gestes définitif par référent, on retrouve le catalogue final de gestes obtenu à la suite de notre étude d'élicitation de gestes. La moyenne globale de la fréquence des catégories de gestes sélectionnées est de 11.68 et l'écart-type de 7.36. Cette moyenne légèrement inférieure à celle de la Figure 28 est due au changement de catégories de gestes pour les référents 4 et 5 « Augmenter/Diminuer le volume » qui ont des fréquences plus faibles (5) que celles des catégories de gestes précédemment attribuées (8).

On constate dans ce catalogue de gestes que les référents contraires ont, dans la majorité des cas :

- Soit des catégories de gestes identiques pour les référents contraires de type ON/OFF, comme pour les référents 1 et 2 « Allumer/Eteindre la télévision » qui ont tous les deux la catégorie de geste « Appuyer sur le bouton d'une télécommande imaginaire avec son pouce » attribuée.

- Soit des catégories de gestes opposées pour les autres types de référents contraires, comme les référents 4 et 5 « Augmenter/Diminuer le volume » qui se sont vus attribuer les catégories de gestes « faire pivoter son poignet dans le sens horaire » et « faire pivoter son poignet dans le sens anti-horaire ».

Cela correspond aux résultats des études [13] [53] [44] où les référents contraires ont également des gestes soit opposés, soit identiques.

On constate que les gestes finaux obtenus sont assez simples : balayer vers le haut, faire pivoter son poignet, lever le bras, dessiner une lettre ou une forme, ... Aucun de ces gestes ne demande un mouvement compliqué et n'est difficile à retenir car tous sont fréquemment effectués dans la vie de tous les jours. C'est finalement assez logique car un geste pratique et facile à retenir est par définition simple.

Référents	Geste le plus fréquent	Fréquence
1. Allumer la télévision	Appuyer sur le bouton d'une télécommande imaginaire avec son pouce	13
2. Eteindre la télévision	Appuyer sur le bouton d'une télécommande imaginaire avec son pouce	11
3. Lancer une vidéo	Tendre le bras pour appuyer sur un bouton devant soi	17
4. Augmenter le volume	Faire pivoter son poignet dans le sens horaire	5
5. Diminuer le volume	Faire pivoter son poignet dans le sens anti-horaire	5
6. Passer à l'élément suivant d'une liste	Balayer vers le bas	9
7. Passer à l'élément précédent d'une liste	Balayer vers le haut	9
8. Allumer l'air conditionné	Lever le bras au plafond	6
9. Eteindre l'air conditionné	Lever le bras au plafond	6
10. Allumer la lumière	Frapper dans ses mains/Aplaudir	6
11. Eteindre la lumière	Fermer la main	6
12. Augmenter la luminosité	Monter la main vers le haut avec la paume à plat et orientée vers le plafond	17
13. Diminuer la luminosité	Descendre la main vers le sol avec la paume à plat et orientée vers le sol	17
14. Accepter	Pouce vers le haut	10
15. Refuser	Pouce vers le bas	7
16. Dessiner une lettre	Dessiner une lettre ou une forme	30
17. Dessiner une forme	Dessiner une lettre ou une forme	30
18. Ecrire "OK"	Dessiner une lettre ou une forme	9
19. Ecrire "KO"	Dessiner une lettre ou une forme	9

Figure 29: Catalogue de gestes définitif par référent

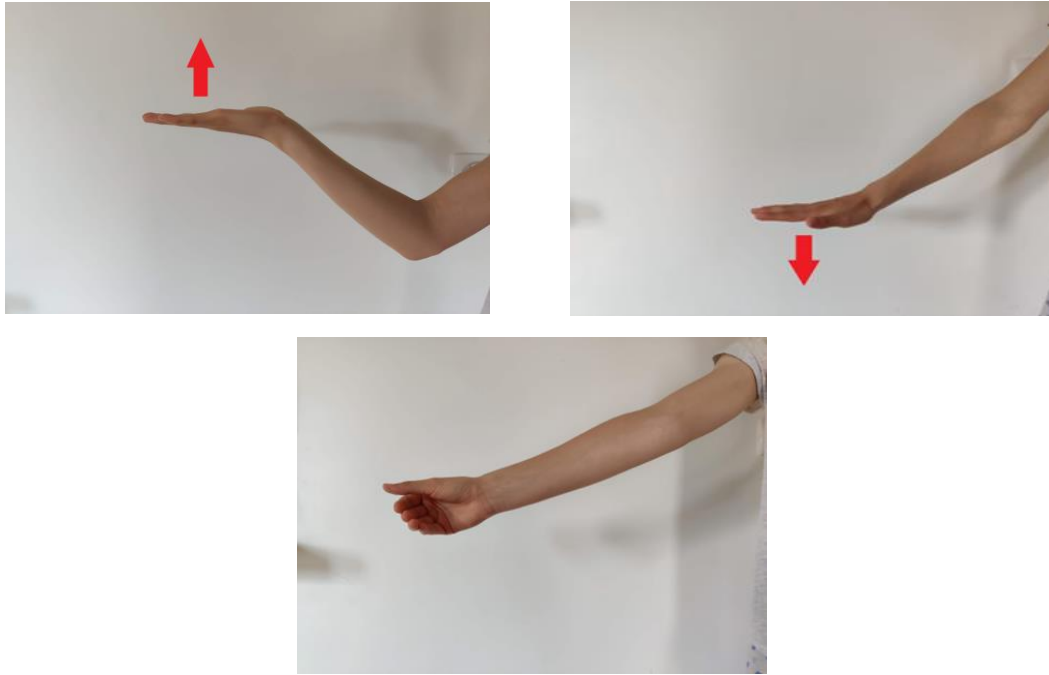


Figure 30: Quelques photos de gestes, dans l'ordre : Monter la main vers le haut avec la paume à plat orientée vers le plafond ; Descendre la main vers le sol avec la paume à plat orientée vers le sol ; Appuyer sur le bouton d'une télécommande imaginaire avec son pouce

En observant les dimensions du catalogue définitif de gestes (Figure 31), nous constatons qu'une majorité de gestes possède une petite amplitude, c'est logique car de petits gestes sont généralement plus simples à effectuer et nous avons vu que les participants semblaient rechercher de la simplicité. La plupart des gestes sont dominant unimanuel, un résultat direct du fait que les participants étaient informés que seul un bras pouvait porter le Kinemic et être détecté. Une préférence claire est établie pour les gestes dynamiques, et cela bien que ces derniers soient généralement plus durs à effectuer que les gestes statiques. Les participants pensent peut-être que cela est nécessaire pour que le geste soit facilement détectable par le Kinemic. Ensuite, pour la dimension temporalité, on constate que très peu de gestes sont continus, sauf pour les référents où il faut augmenter/diminuer un élément.

Finalement, pour la dimension nature, on voit que la majorité des gestes est métaphorique, suivi par les gestes symboliques et physiques. Lorsqu'un référent concerne une action d'augmentation ou de diminution, des gestes physiques lui sont souvent attribués (tout comme les gestes continus). Alors que dans le reste des cas les participants cherchent soit à imiter une action réelle comme utiliser une télécommande (geste métaphorique) soit à utiliser un symbole connu (geste symbolique).

Référents	Amplitude du mouvement	Latéralité	Forme	Temporalité	Nature
1. Allumer la télévision	Petite	Dominant unimanuel	Statique	Discret	Métaphorique
2. Eteindre la télévision	Petite	Dominant unimanuel	Statique	Discret	Métaphorique
3. Lancer une vidéo	Grande	Dominant unimanuel	Statique	Discret	Métaphorique
4. Augmenter le volume	Petite	Dominant unimanuel	Dynamique	Continu	Physique
5. Diminuer le volume	Petite	Dominant unimanuel	Dynamique	Continu	Physique
6. Passer à l'élément suivant d'une liste	Petite	Dominant unimanuel	Dynamique	Discret	Symbolique
7. Passer à l'élément précédent d'une liste	Petite	Dominant unimanuel	Dynamique	Discret	Symbolique
8. Allumer l'air conditionné	Grande	Dominant unimanuel	Dynamique	Discret	Abstrait
9. Eteindre l'air conditionné	Grande	Dominant unimanuel	Dynamique	Discret	Abstrait
10. Allumer la lumière	Moyenne	Symétrique bimanuel	Dynamique	Discret	Symbolique
11. Eteindre la lumière	Petite	Dominant unimanuel	Statique	Discret	Abstrait
12. Augmenter la luminosité	Grande	Dominant unimanuel	Dynamique	Continu	Physique
13. Diminuer la luminosité	Grande	Dominant unimanuel	Dynamique	Continu	Physique
14. Accepter	Petite	Dominant unimanuel	Statique	Discret	Symbolique
15. Refuser	Petite	Dominant unimanuel	Statique	Discret	Symbolique
16. Dessiner une lettre	Petite	Dominant unimanuel	Dynamique	Discret	Métaphorique
17. Dessiner une forme	Petite	Dominant unimanuel	Dynamique	Discret	Métaphorique
18. Ecrire "OK"	Petite	Dominant unimanuel	Dynamique	Discret	Métaphorique
19. Ecrire "KO"	Petite	Dominant unimanuel	Dynamique	Discret	Métaphorique

Figure 31: Dimensions du catalogue définitif de gestes par référent

4.7.3 Comparaison homme-femme

Dans les tableaux ci-dessous (Figure 32 et Figure 33), nous avons classé les catégories définitives de gestes choisies pour chaque référent par les participants de sexe féminin et de sexe masculin respectivement. Nous nous sommes intéressés ici aux différences potentielles de choix entre les deux sexes.

Les gestes proposés sont différents pour les référents 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15 et 18. Ces référents ont tous un taux d'agrément plus faible que la moyenne et se placent soit dans la catégorie des niveaux d'agrément faibles ou des niveaux d'agrément moyens. L'intégralité des référents avec des niveaux d'agrément considérés comme élevés ou très élevés, ainsi que certains avec des niveaux d'agrément moyens, se sont vu attribuer la même catégorie de geste par les hommes et les femmes. Il est assez logique que ce soient les référents avec des niveaux d'agrément plus élevés qui soient en communs chez les deux sexes.

Référent	Geste le plus fréquent	Fréquence
1. Allumer la télévision	Appuyer sur le bouton d'une télécommande imaginaire avec son pouce	7
2. Eteindre la télévision	Appuyer sur le bouton d'une télécommande imaginaire avec son pouce	7
3. Lancer une vidéo	Tendre le bras pour appuyer sur un bouton devant soi	9
4. Augmenter le volume	Monter la main vers le haut avec la paume à plat et orientée vers le plafond	4
5. Diminuer le volume	Descendre la main vers le sol avec la paume à plat et orientée vers le sol	4
6. Passer à l'élément suivant d'une liste	Balayer vers la droite	4
7. Passer à l'élément précédent d'une liste	Balayer vers la gauche	5
8. Allumer l'air conditionné	Lever le bras au plafond	3
9. Eteindre l'air conditionné	Balayer vers la gauche	3
10. Allumer la lumière	Tendre le bras pour appuyer sur un bouton devant soi	4
11. Eteindre la lumière	Fermer la main	5
12. Augmenter la luminosité	Monter la main vers le haut avec la paume à plat et orientée vers le plafond	10
13. Diminuer la luminosité	Descendre la main vers le sol avec la paume à plat et orientée vers le sol	10
14. Accepter	Pouce vers le haut	5
15. Refuser	Dessiner une croix (X)	5
16. Dessiner une lettre	Dessiner une lettre ou une forme	16
17. Dessiner une forme	Dessiner une lettre ou une forme	16
18. Ecrire "OK"	Faire le signe "ok" en touchant son index avec son pouce	5
19. Ecrire "KO"	Dessiner une lettre ou une forme	5

Figure 32: Fréquence des gestes proposés pour les participants de sexe féminin

Référent	Geste le plus fréquent	Fréquence
1. Allumer la télévision	Appuyer sur le bouton d'une télécommande imaginaire avec son pouce	6
2. Eteindre la télévision	Appuyer sur le bouton d'une télécommande imaginaire avec son pouce	4
3. Lancer une vidéo	Tendre le bras pour appuyer sur un bouton devant soi	9
4. Augmenter le volume	Faire pivoter son poignet dans le sens horaire	5
5. Diminuer le volume	Faire pivoter son poignet dans le sens anti-horaire	5
6. Passer à l'élément suivant d'une liste	Balayer vers le bas	6
7. Passer à l'élément précédent d'une liste	Balayer vers le haut	6
8. Allumer l'air conditionné	Faire un mouvement en arc de cercle avec son avant-bras	3
9. Eteindre l'air conditionné	Lever le bras au plafond	3
10. Allumer la lumière	Frapper dans ses mains/Aplaudir	4
11. Eteindre la lumière	Descendre la main vers le sol avec la paume à plat et orientée vers le sol	4
12. Augmenter la luminosité	Monter la main vers le haut avec la paume à plat et orientée vers le plafond	7
13. Diminuer la luminosité	Descendre la main vers le sol avec la paume à plat et orientée vers le sol	7
14. Accepter	Pouce vers le haut	5
15. Refuser	Pouce vers le bas	3
16. Dessiner une lettre	Dessiner une lettre ou une forme	15
17. Dessiner une forme	Dessiner une lettre ou une forme	15
18. Ecrire "OK"	Dessiner une lettre ou une forme	5
19. Ecrire "KO"	Dessiner une lettre ou une forme	5

Figure 33: Fréquence des gestes proposés par les participants de sexe masculin

Nous avons aussi calculé les niveaux d'agrément pour chacun des deux sexes (Figure 34). L'objectif était de savoir qui des sujets masculins et des sujets féminins proposait le plus souvent les mêmes gestes. On constate que le niveau d'agrément moyen des femmes (0.26) est un peu plus élevé que celui des hommes (0.219).

Certains référents ont un niveau d'agrément clairement plus élevé pour l'un des deux sexes. Par exemple pour les référents 10 et 11 « Allumer/Eteindre la lumière » les femmes ont un niveau d'agrément significativement plus élevé que celui des hommes (0.2 contre 0.4 et 0.192 contre 0.383). Pour le référent 6 « Passer à l'élément suivant d'une liste » on observe le contraire : le niveau d'agrément masculin est clairement plus élevé (0.2 contre 0.125).

En conclusion, on constate qu'il existe des différences claires entre les hommes et les femmes pour certains référents, peut-être cela est-il dû à certains types d'actions plus effectuées par un sexe que par l'autre dans la vie quotidienne. Il faudrait réaliser une étude plus approfondie sur le sujet pour obtenir des résultats vraiment probants.

Référent	Niveau d'agrément pour les sujets masculins	Niveau d'agrément pour les sujets féminins
1. Allumer la télévision	0.158	0.183
2. Eteindre la télévision	0.083	0.175
3. Lancer une vidéo	0.3	0.317
4. Augmenter le volume	0.15	0.075
5. Diminuer le volume	0.15	0.092
6. Passer à l'élément suivant d'une liste	0.2	0.125
7. Passer à l'élément précédent d'une liste	0.2	0.158
8. Allumer l'air conditionné	0.067	0.075
9. Eteindre l'air conditionné	0.05	0.058
10. Allumer la lumière	0.083	0.117
11. Eteindre la lumière	0.083	0.108
12. Augmenter la luminosité	0.2	0.4
13. Diminuer la luminosité	0.192	0.383
14. Accepter	0.117	0.175
15. Refuser	0.058	0.158
16. Dessiner une lettre	0.875	1
17. Dessiner une forme	0.875	1
18. Ecrire "OK"	0.192	0.217
19. Ecrire "KO"	0.133	0.125
Moyenne	0.219263158	0.260052632
Ecart-type	0.233270758	0.270836419

Figure 34: Niveaux d'agrément homme-femme

4.8 Comparaison avec les résultats d'autres études similaires

Cette section vise à comparer les résultats de l'étude d'élicitation avec ceux d'autres études similaires. Nous avons sélectionné des études d'élicitation de gestes ayant un maximum de référents semblables et nous avons comparé pour chacun de ces référents similaires, les gestes qui leur avaient été associés dans chaque étude.

Nous nous sommes basés sur le catalogue définitif de gestes (Figure 29) pour comparer les gestes.

4.8.1 Etudiants du cours LINFO1311

Comme nous l'avions expliqué dans le point 3.3, nous avons tiré nos référents d'une étude réalisée par des étudiants dans le cadre du cours LINFO1311. L'intérêt étant de comparer les résultats obtenus à la suite de la reproduction (aussi fidèle que possible) des conditions de cette étude. Les étudiants avaient également élicité des gestes pour 30 participants.

Les 19 référents sont donc identiques pour les deux études. La Figure 35 présente un tableau comparant les gestes élicités pour chaque référent.

Etonnamment, pour la plupart des référents, les gestes obtenus dans les deux études sont différents. Par exemple, pour « allumer et éteindre la télévision », l'étude LINFO1311 a obtenu les gestes « balayer vers le haut » et « balayer vers le bas » alors que dans notre étude nous avons obtenu le geste « appuyer sur le bouton d'une télécommande imaginaire avec son pouce ». Pour le référent 3 « lancer la vidéo », nous avons obtenu le geste « tendre son bras pour appuyer sur un bouton » alors que les étudiants ont obtenu le geste « Dessiner une forme dans les airs ». Beaucoup de référents (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11) se sont vu attribuer des balayages dans l'étude LINFO1311, alors que ces gestes sont uniquement utilisés pour les référents 6 et 7 (passer à l'élément suivant/précédent d'une liste) de notre étude. De plus, ce ne sont même pas les mêmes balayages, nous avons attribué des balayages vers le haut et vers le bas alors que l'étude LINFO1311 attribue des balayages vers la gauche et vers la droite. Nous avons cependant reçu beaucoup de propositions de balayages vers la gauche et vers la droite pour ces référents lors de notre étude, on peut donc y constater une certaine similarité entre les deux études. On pourrait aussi considérer que le référent 9 « allumer l'air conditionné », a reçu des gestes similaires avec « Lever le bras au plafond » d'un côté et « Balayer vers le haut » de l'autre.

Quatre référents se sont vu attribuer des gestes identiques dans les deux études : les 16, 17, 18 et 19 avec le geste « Dessiner une lettre ou une forme » qui peut être considéré comme équivalent aux gestes « Ecrire dans les airs » et « Dessiner une forme dans les airs » de l'étude LINFO1311. Pour le référent 14 « accepter », le geste proposé par l'étude LINFO1311 « Dessiner une coche » n'a pas été choisi comme geste dans le catalogue final de gestes de notre étude mais, cela aurait pu être le cas car il est ex-aequo avec le geste « pouce vers haut » comme indiqué dans le catalogue provisoire de gestes (Figure 28).

On constate que tous les gestes sélectionnés au terme de l'étude LINFO1311 appartiennent au catalogue de base du Kinemic. Si les examinateurs ont effectivement volontairement cherché à rester dans le catalogue de base lors de leur sélection finale de gestes, on comprend pourquoi les gestes proposés sont si différents des nôtres vu que nous n'avons pas limité les gestes pouvant être élicités/sélectionnés.

Finalement, il est aussi intéressant de comparer le niveau d'agrément. La moyenne de l'étude LINFO1311, 0.296, est supérieure à celle de notre étude, 0.2541. Il est difficile d'expliquer pourquoi cette différence est présente car nous ne connaissons pas exactement les contraintes appliquées lors de l'étude LINFO1311.

En ce qui concerne les niveaux d'agrément par référent, nous incluons le graphique des niveaux d'agrément de l'étude LINFO1311 sur la Figure 36, on constate que leur classement est plus ou moins semblable à celui de notre étude. Les référents 17 et 16 culminent avec des niveaux d'agrément très élevés (1 et 0.933), les référents 8 et 9 se retrouvent en bas du classement avec des niveaux d'agrément très faibles (0.067 et 0.064) ainsi que les référents 10 et 11 (0.055 et 0.076) dont le premier a le niveau d'agrément le plus faible de tous. En revanche, les référents 19 et 18 ont un niveau d'agrément particulièrement élevé dans l'étude LINFO1311 (0.648 et 0.616) ce qui est le double (voir le triple) de ceux obtenus dans notre étude. Pour le reste des référents, les niveaux d'agrément sont similaires dans les deux études.

Analyser ces niveaux d'agrément nous permet de confirmer la facilité ou la difficulté pour les participants à comprendre et/ou imaginer des gestes pour certains référents. Les référents pour lesquels les deux études se recoupent de manière évidente sont les n°8, 9, 10 et 11 pour lesquels les

participants semblent avoir de grandes difficultés à imaginer des gestes, et les référents 16, 17, 18 pour lesquels au contraire les participants semblent avoir des facilités.

Référents	Geste le plus fréquent	Geste de l'étude LINFO 1311
1. Allumer la télévision	Appuyer sur le bouton d'une télécommande imaginaire avec son pouce	Balayer vers le haut
2. Eteindre la télévision	Appuyer sur le bouton d'une télécommande imaginaire avec son pouce	Balayer vers le bas
3. Lancer une vidéo	Tendre le bras pour appuyer sur un bouton devant soi	Dessiner une forme dans les airs
4. Augmenter le volume	Faire pivoter son poignet dans le sens horaire	Balayer vers le haut
5. Diminuer le volume	Faire pivoter son poignet dans le sens anti-horaire	Balayer vers le bas
6. Passer à l'élément suivant d'une liste	Balayer vers le bas	Balayer vers la droite
7. Passer à l'élément précédent d'une liste	Balayer vers le haut	Balayer vers la gauche
8. Allumer l'air conditionné	Lever le bras au plafond	Balayer vers le haut
9. Eteindre l'air conditionné	Lever le bras au plafond	Appuyer deux fois
10. Allumer la lumière	Frapper dans ses mains/Aplaudir	Balayer vers le haut
11. Eteindre la lumière	Fermer la main	Balayer vers le bas
12. Augmenter la luminosité	Monter la main vers le haut avec la paume à plat et orientée vers le plafond	Tourner le poignet en sens horaire
13. Diminuer la luminosité	Descendre la main vers le sol avec la paume à plat et orientée vers le sol	Tourner le poignet en sens anti-horaire
14. Accepter	Pouce vers le haut	Dessinez une coche (✓)
15. Refuser	Pouce vers le bas	Dessiner une croix (X)
16. Dessiner une lettre	Dessiner une lettre ou une forme	Ecrire dans les airs
17. Dessiner une forme	Dessiner une lettre ou une forme	Dessiner une forme dans les airs
18. Ecrire "OK"	Dessiner une lettre ou une forme	Ecrire dans les airs
19. Ecrire "KO"	Dessiner une lettre ou une forme	Ecrire dans les airs

Figure 35: Tableau comparant les gestes élicités avec ceux de l'étude LINFO1311

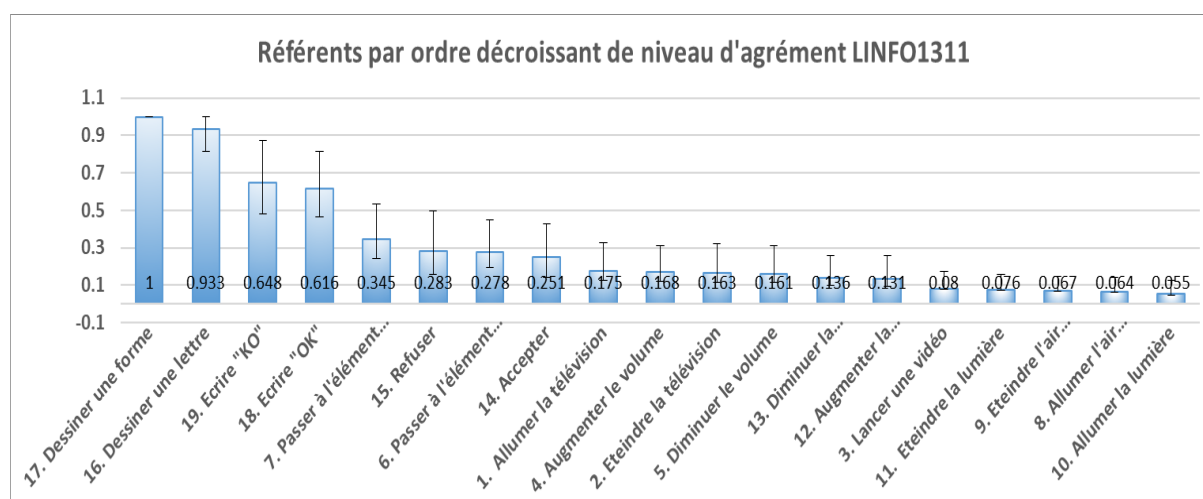


Figure 36: Référents de l'étude LINFO1311 par ordre décroissant de niveau d'agrément

4.8.2 User-Defined Gestures for Augmented Reality

Tiré du livre « Human-Computer Interaction – INTERACT 2013 » [28], cette recherche par Piumsomboon et al. se concentre sur le design d'un nouveau vocabulaire de gestes pour des environnements en réalité augmentée. A cet effet, les expérimentateurs ont effectué une étude d'élicitation de gestes auprès de vingt participants en leur montrant des animations 3D des référents. L'étude comprend 40 référents dont 5 sont identiques aux nôtres : Lancer la vidéo, revenir à l'élément précédent, passer à l'élément suivant, accepter, et refuser.

Pour les référents « accepter » et « refuser », les gestes sont identiques dans les deux études : Pouce vers le haut et pouce vers le bas. Pour le référent « lancer la vidéo » le geste proposé, « tracer cercle en sens horaire », est différent du nôtre : « Tendre le bras pour appuyer sur un bouton imaginaire ». Cependant, certains de nos participants avaient également proposé le geste tracer un cercle en sens horaire pour ce référent, on peut donc remarquer une légère similarité.

Pour les référents « Passer à l'élément suivant » et « Revenir à l'élément précédent », les gestes proposés sont également différents, alors que nous avons obtenu « Balayer vers le haut/bas » cette étude a obtenu « Balayer vers la gauche/droite », ces propositions ne sont cependant pas si différentes et nous avons aussi eu un grand nombre de participants proposant des balayages vers la gauche et la droite. Cette différence de direction s'explique probablement par la présentation de référent que nous avons utilisée (voir Annexe A6) qui présente l'image d'une liste.

D'autres gestes identiques à ceux que nous avons élicités, bien qu'issus de référents différents, ont aussi été obtenus au terme de cette étude : Ouvrir la main, fermer la main, tracer un cercle en sens-anti-horaire.

Pour les niveaux d'agrément, il est assez difficile de comparer les deux études car Piumsomboon et al. ont utilisé le score d'agrément, qui est toujours légèrement plus élevé que le niveau d'agrément calculé pour des même référents, et ils n'ont pas indiqué de moyenne. On constate malgré tout grâce à un graphique présent dans le document que les référents « Passer à l'élément suivant » et « Revenir à l'élément précédent » ont un score d'agrément très élevé de 1, ce qui n'est pas le cas dans notre étude (0.161 et 0.174). On constate une autre disparité pour le référent « Lancer la vidéo » qui a un score d'agrément très faible (en dessous de 0.1) et est classé dernier de tous les

référents chez Piumsomboon et al. alors qu'il a un des niveaux d'agrément les plus élevés dans notre étude (4^{ème} place avec 0.305).

Chapitre 5 : Analyse des résultats de l'étude d'identification

5.1 Procédure

Pour donner suite à l'étude d'élicitation dont nous analysons les résultats dans le Chapitre 4, nous effectuons aussi une étude d'identification dont l'objectif premier est de tester les résultats de l'élicitation avec des questions à choix multiples et non plus des questions à choix ouverts comme pour l'étude d'élicitation.

L'étude se passe via un questionnaire en ligne envoyé aux participants, la première partie du questionnaire porte sur les données personnelles des utilisateurs ainsi que sur leur fréquence d'utilisation de certains appareils électroniques (les mêmes que pour l'étude d'élicitation) sur une échelle de Likert de 1 à 7. La deuxième partie contient une question par référent avec, pour chacun d'entre eux, quatre ou cinq propositions de gestes dont une seule peut être sélectionnée par les participants, ce nombre de choix est identique à celui d'autres études d'identification similaires [12] [1]. Il existe une seule exception : les référents 16 et 17 n'ont pas été inclus dans le questionnaire car ils se sont tous deux vu attribuer le même geste par chacun des 30 participants. Les propositions de gestes qui ont été reprises dans ce questionnaire sont celles qui sont apparues le plus fréquemment lors de l'étude d'élicitation.

Tout comme pour l'étude d'élicitation précédemment réalisée, nous n'avons pas imposé de contraintes sur les gestes proposés dans la question à choix multiples, ainsi certains gestes à deux mains comme « taper dans ses mains » sont inclus. L'intérêt est de garder l'étude orientée utilisateur en influençant le moins possible les résultats. Dans le même but, l'ordre des propositions a été déterminé de manière aléatoire et aucun exemple de remplissage du questionnaire n'a été communiqué aux participants.

5.2 Participants

Tout comme pour l'étude d'éllicitation, nous n'avons pas limité l'étude à un type de participant spécifique, mais nous avons évité les participants trop âgés qui ne sont pas vraiment susceptibles d'utiliser de nouvelle technologie comme le Kinemic. Nous avons à nouveau fait passer l'étude à 30 participants, dont une série avait déjà participé à l'étude d'éllicitation. Nous avons une parité homme-femme parfaite. L'âge des participants varie de 17 à 52 ans avec une moyenne de 27.50, une médiane de 23 ans et un écart-type de 10.7 ans. La tranche d'âge des 18-24 ans est fortement surreprésentée (Figure 37) avec 21 participants (70%). La raison de cette disparité, est comme pour l'étude d'éllicitation, que la plupart des participants sélectionnés étaient des amis, pour la plupart étudiants.

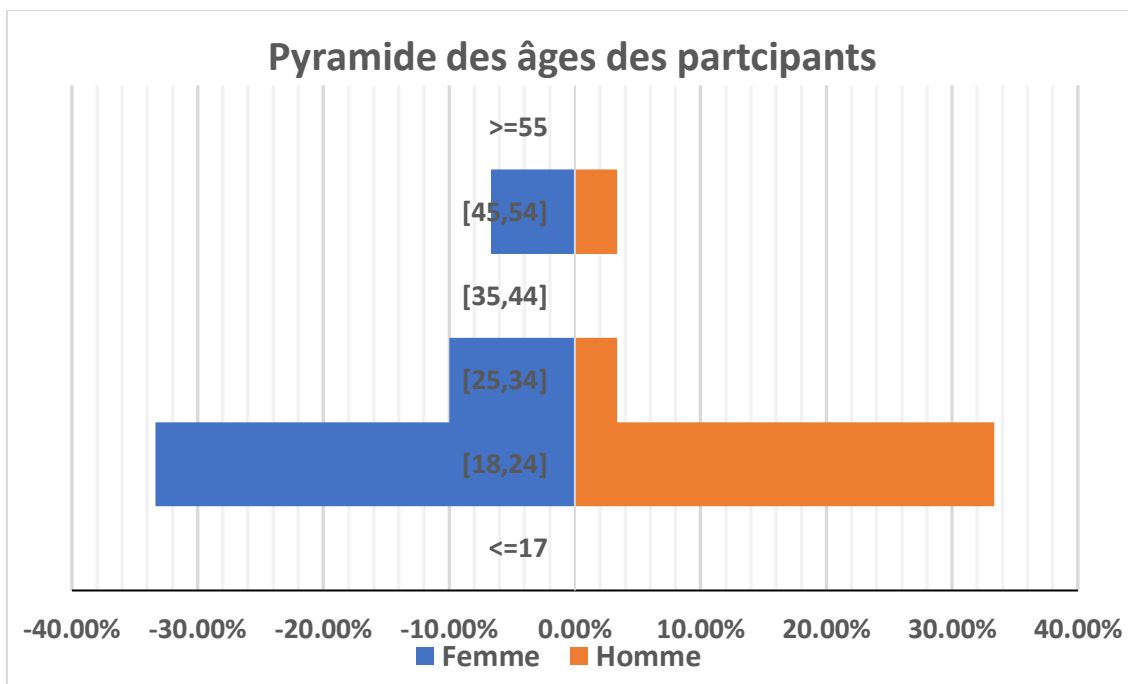


Figure 37: Pyramide des âges des participants à l'étude d'identification

Du côté des occupations, les étudiants forment une majorité (70%) comme le laissait présager la répartition des âges, suivi des employés (17%) puis des cadres (13%). Il est tout de même intéressant de remarquer que parmi les étudiants une grande variété d'études est représentée : ingénieur civil, ingénieur de gestion, ingénieur industriel, sciences informatiques, langues romanes, kinésithérapie, logopédie et soins infirmiers. Vingt-cinq participants sur 30 ont obtenu un diplôme de niveau universitaire.

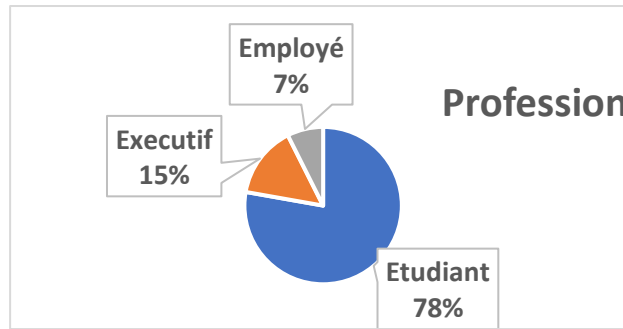


Figure 38: Profession des participants à l'étude d'identification

5.2.1 Niveau de familiarité avec des systèmes interactifs

Nous avons, comme pour l'étude d'éllicitation, demandé aux participants d'indiquer leur fréquence d'utilisation d'une série d'appareils interactifs (ordinateur, smartphone, tablette, console de jeu, Kinect, Kinemic) sur une échelle de Likert de 1 à 7 où 4 est la valeur neutre.

Les résultats sont très similaires à ceux de l'étude d'éllicitation avec une utilisation particulièrement fréquente des ordinateurs et des smartphones (100% des réponses au-dessus de 4), suivis d'une utilisation moins fréquente des tablettes avec 50% des réponses au-dessus de 4 et 47% en dessous.

Les consoles de jeux et les appareils à détection de mouvements (Kinect, Wii, Switch) sont très peu utilisés avec respectivement 73% et 77% des utilisateurs ayant répondu avec une valeur inférieure à 4. Finalement, le bracelet Kinemic n'est pratiquement pas utilisé avec 28 participants ayant répondu 1, la valeur la plus basse, et deux participants (6%) ayant répondu respectivement 2 et 3, également des valeurs basses. Les participants sont donc très peu habitués à utiliser le Kinemic ou d'autres senseurs de gestes, ce qui réduit partiellement le biais d'héritage, ce dernier étant tout de même élevé vu la forte utilisation d'appareils à surface tactile.

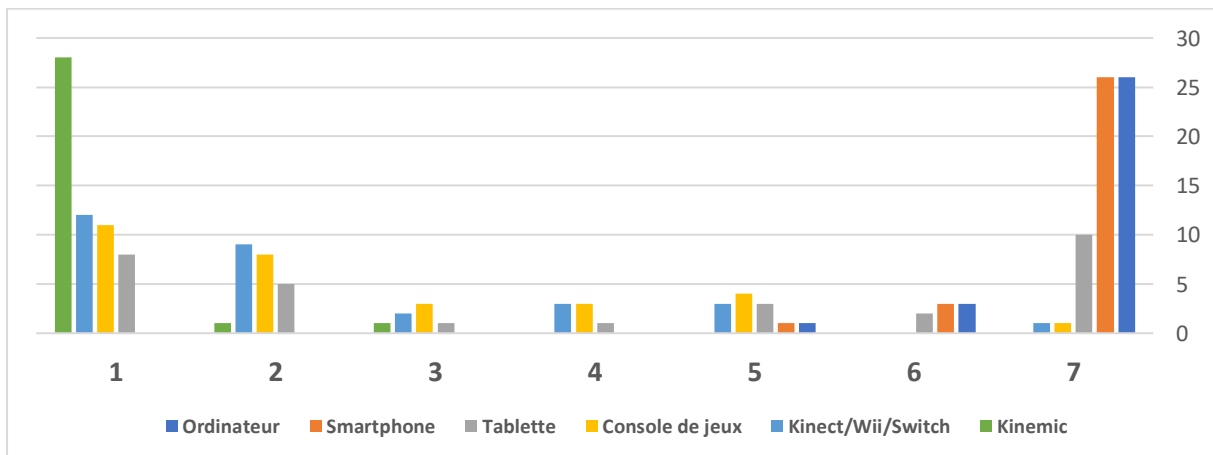


Figure 39: Fréquence d'utilisation de différents appareils électroniques par les participants à l'étude d'identification

5.3 Consensus entre les gestes

Nous utilisons à nouveau le niveau d'agrément vu dans le point 4.2.1 pour mesurer le consensus existant pour chaque référent (Figure 40). La moyenne est de 0.360 avec un écart-type de 0.341. Si l'on compare cela à notre première étude, on constate qu'ici le niveau d'agrément est beaucoup plus élevé, c'est logique car les participants n'avaient que 4 ou 5 choix de gestes par référents, alors que pour l'étude d'élicitation certains référents avaient plus de 15 propositions de gestes différentes. Ces taux d'agrément plus élevés pour des études basées sur des choix sont récurrents dans la littérature, les articles [12] [11] ont notamment obtenu des moyennes de 0.56 et 0.42.

Pour rappel, les référents 16 et 17 « Dessiner une lettre/forme » n'ont pas été repris dans le questionnaire de l'étude d'identification car ils n'avaient qu'un seul et même geste proposé par tous les participants dans la première étude.

Nous reprenons les 4 paliers vu à la section 4.2.1, à savoir :

- Faible niveau d'agrément pour des valeurs inférieures à 0.1
- Niveau d'agrément moyen pour des valeurs comprises entre 0.1 et 0.3
- Niveau d'agrément élevé pour des valeurs comprises entre 0.3 et 0.5
- Niveau d'agrément très élevé pour des valeurs supérieures à 0.5

L'intégralité des référents ont un niveau d'agrément supérieur à 0.2 et se retrouvent donc au minimum avec un niveau d'agrément moyen.

Le niveau d'agrément le plus faible est associé au référent 19 « Ecrire KO », avec une valeur de 0.204. Ce référent prêtait déjà à confusion lors de la première étude mais pas au point d'être classé dernier. Il est difficile d'expliquer précisément pourquoi il se retrouve en dernier ici, mais nous pouvons supposer que « écrire KO » n'étant pas une action commune, les participants ne sont pas d'accord sur quel geste choisir car le biais d'héritage est faible. Le même raisonnement est applicable au référent 9 « éteindre l'air conditionné » qui a la deuxième valeur la plus faible. Lors de la première étude, ce référent était classé dernier. Si l'on observe les référents 8 et 18 qui sont les contraires des 9 et 19 que nous venons d'étudier, ils ont tous deux des valeurs plus élevées (0.282 et 0.247). Cette différence peut s'expliquer par l'ordre de présentation où le premier référent présenté se voit attribuer le geste le plus évident mais, pour le deuxième certains participants ne veulent pas attribuer le même geste, ce qui diversifie les réponses entre les participants gardant le même geste et ceux choisissant volontairement un geste différent pour les deux référents.

Il est particulièrement intéressant de voir qu'entre la première étude et celle-ci, le référent 8 « allumer l'air conditionné » a des classements complètement différents par rapport aux autres référents. Dans l'étude d'élicitation, il se trouve classé avant-dernier alors qu'ici, il se trouve au milieu. On suppose que le geste majoritairement sélectionné par les participants : « lever le bras au plafond » paraît simple et adapté. De plus, on sait que l'action de ce référent est très peu fréquente pour nos participants et possède un faible biais d'héritage, ce qui créait des situations où les participants n'arrivaient pas à proposer un geste cohérent (et créaient toutes sortes de gestes complexes et difficiles à reproduire). Ce problème n'apparaît pas dans l'étude d'identification car le participant n'a pas à réfléchir à des gestes par lui-même. Ce constat ressemble à celui fait dans l'étude (50) où les participants (des utilisateurs aveugles) ont eu beaucoup plus facile à sélectionner des gestes parmi plusieurs choix plutôt que d'en proposer.

Ensuite, les 4 référents les plus élevés sont les numéros 10, 14, 15 et 11 (0.602, 0.574, 0.574, 0.531) « Allumer la lumière », « Accepter », « Refuser », et « Eteindre la lumière ». Ces référents comportent tous un biais d'héritage élevé et ont reçu des gestes qui leurs sont fréquemment associés tel que « Taper dans ses mains » ou « Pouce vers le haut ». Le n°10 est le référent avec le plus haut taux d'agrément. Il est surprenant que le référent 11 ait un niveau d'agrément assez bien plus bas que celui du n°10. On peut supposer que c'est à cause de l'ordre de présentation, comme expliqué plus haut, où un biais d'héritage plus faible (dans les films on voit plus souvent un personnage taper dans ses mains pour aller la lumière plutôt que pour l'éteindre). Ces quatre référents ont un niveau d'agrément considéré comme très élevé.

Le reste des référents se classe soit dans un niveau d'agrément élevé ou un niveau d'agrément moyen. Parmi ceux-ci, trois référents, les numéros 12, 13 « augmenter/diminuer la luminosité » et 3 « lancer la vidéo », étaient classés assez haut lors de la première étude (3^e, 4^e, et 5^e) et se retrouvent beaucoup plus bas ici (9^e, 11^e, et 14^e). Cela peut s'expliquer par le fait que les gestes qui leur ont été attribués étaient plus difficiles à comprendre/visualiser par écrit, comme « Descendre la main vers le sol avec la paume à plat et orientée vers le sol », ce qui, nous supposons, a empêché certains participants de les sélectionner, faute de compréhension. Au contraire, des gestes associés aux référents 10 et 14 comme « Taper dans ses mains » et « pouce vers le haut » sont très faciles à comprendre.

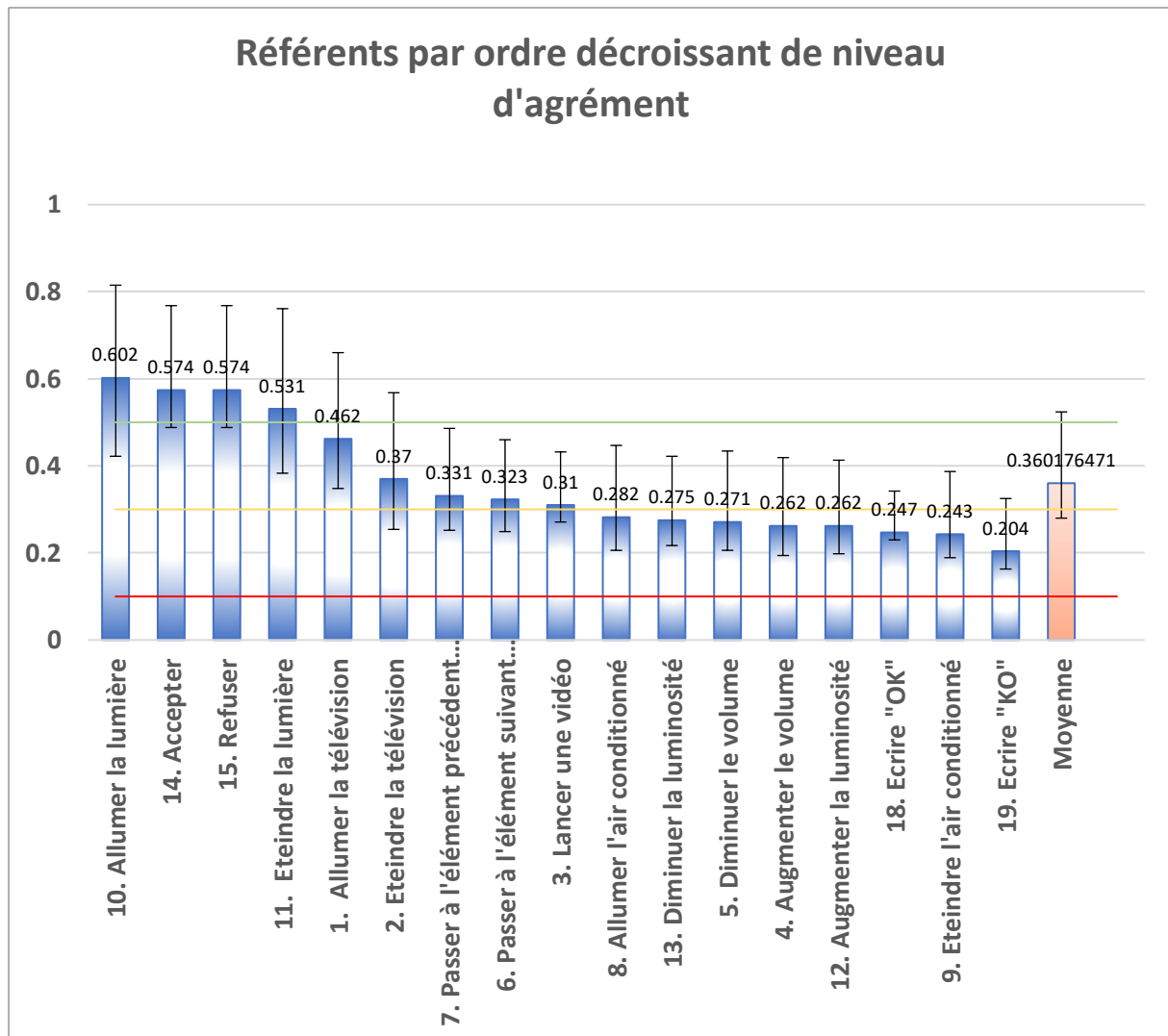


Figure 40: Référent par ordre décroissant de niveau d'agrément de l'étude d'identification

5.4 Taxonomie des gestes

Nous utilisons la même taxonomie pour les propositions gestes que lors de l'étude d'éllicitation (4.6).

En ce qui concerne *l'amplitude de mouvement*, nous avons à nouveau une majorité de gestes de petite amplitude (57%), suivi de gestes de grande amplitude (23%) puis de gestes de moyenne amplitude (20%).

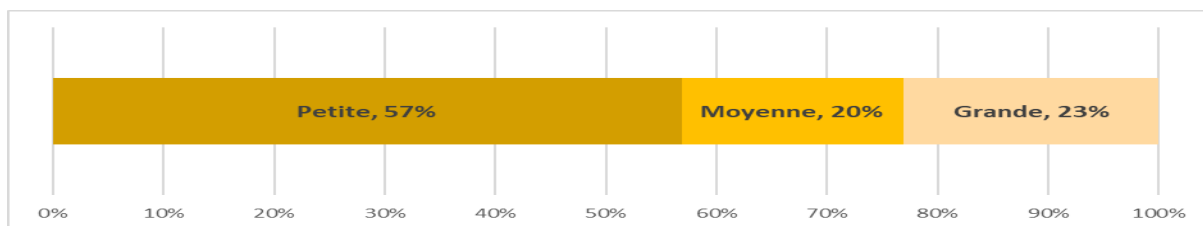


Figure 41: Amplitude de mouvement des gestes de l'étude d'identification

En ce qui concerne la *latéralité*, nous avons à nouveau une majorité de gestes dominants unimanuels (86%) suivi de gestes symétriques bimanuels (14%).

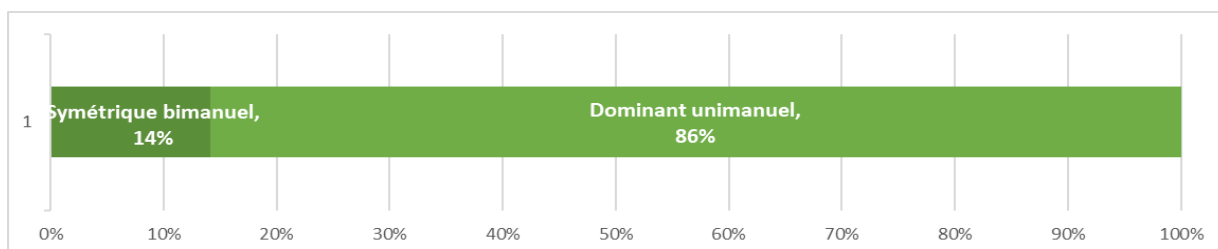


Figure 42: Latéralité des gestes de l'étude d'identification

Pour la *forme*, nous conservons une majorité de gestes dynamiques (65%), suivi par les gestes statiques (35%).

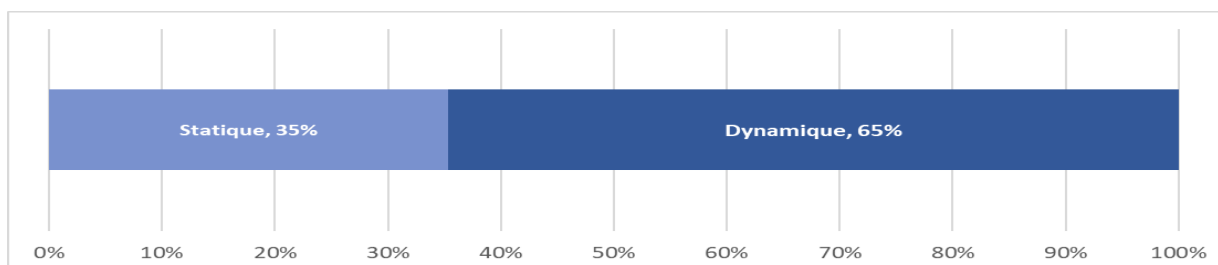


Figure 43: Forme des gestes de l'étude d'identification

Au niveau de la temporalité, nous avons à nouveau une majorité de gestes discrets (81%), suivis par les gestes continus (17%).

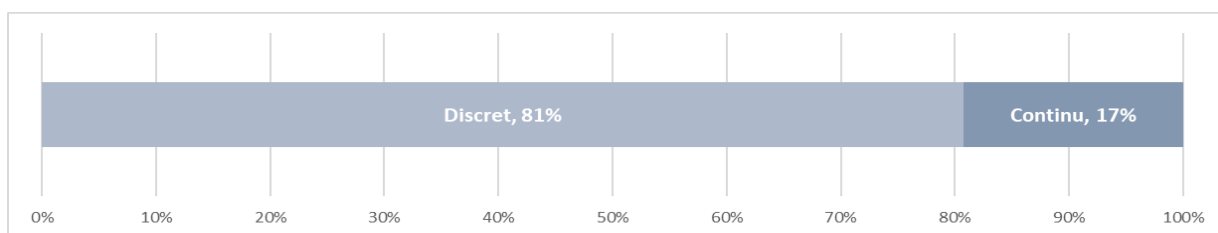


Figure 44: Temporalité des gestes de l'étude d'identification

Finalement, la dimension nature est la seule où l'on peut constater un vrai changement entre les deux études. La dimension métaphorique est beaucoup moins représentée (alors qu'elle est quasi la première ex-aequo avec la dimension symbolique lors de la première étude (34% et 31%). Ici, nous avons une majorité de gestes symboliques (46%), suivi de gestes physiques (19%), puis de gestes abstraits (18%) et métaphoriques (16%). Cela s'explique en grande partie par l'omission des référents 16 et 17 qui comptabilisaient à eux deux 60 gestes métaphoriques « Dessiner une forme ou une lettre ».

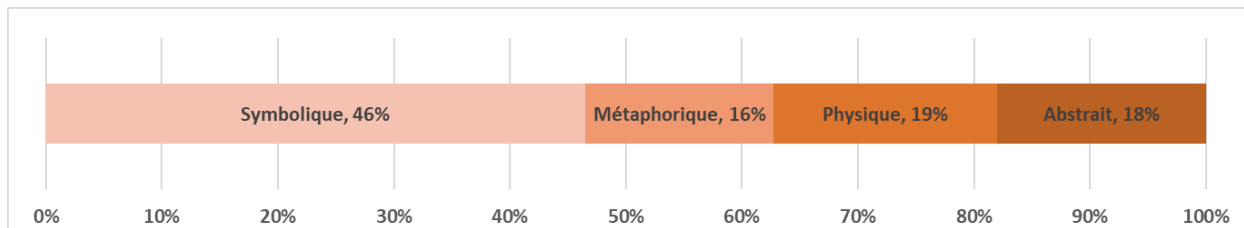


Figure 45: Nature des gestes de l'étude d'identification

5.5 Nouveau catalogue final de gestes

Ci-dessous (Figure 46 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) se trouve le nouveau catalogue final de gestes pour chaque référent (sauf les référents 16 et 17) à la suite de l'étude d'identification. Au total, 5 référents ont des gestes différents de ceux de l'étude d'élicitation : les numéros 6, 7, 11, 18 et 19.

Pour les référents 6 et 7 « Passer à l'élément suivant/précédent d'une liste », les gestes « balayer vers la gauche/droite » devancent les gestes « balayer vers le haut/bas » précédemment sélectionnés. Cela confirme notre hypothèse que la façon dont nous avons présenté le référent lors de l'étude d'élicitation, avec une liste verticale, avait grandement influencé les participants. Les nouveaux gestes correspondent beaucoup mieux à ce que nous avons pu observer dans la littérature pour ces référents.

Pour le référent 11 « Eteindre la lumière », les participants ont choisi d'abandonner le geste « fermer la main » au profit du geste « taper dans ses mains » qui est aussi celui attribué pour le référent 10 « allumer la lumière » qui est le contraire du 11. Ainsi cela soutient notre observation que les référents contraires ON/OFF ont souvent le même geste attribué.

Pour les référents 18 et 19 « Ecrire OK/KO » les participants ont complètement renoncé aux gestes précédents, respectivement 3 et 5 participants ont voté pour les gestes « Dessiner une forme ou une lettre », alors que les gestes symboliques « Faire le signe OK » et « Dessiner une croix (X) » ont reçu 10 et 11 votes. Ce changement est aussi en partie responsable de la réduction du nombre de gestes métaphoriques.

Référents	Geste le plus fréquent	Fréquence
1. Allumer la télévision	Appuyer sur le bouton d'une télécommande imaginaire avec son pouce	20
2. Eteindre la télévision	Appuyer sur le bouton d'une télécommande imaginaire avec son pouce	18
3. Lancer une vidéo	Tendre le bras pour appuyer sur un bouton devant soi	13
4. Augmenter le volume	Faire pivoter son poignet dans le sens horaire	14
5. Diminuer le volume	Faire pivoter son poignet dans le sens anti-horaire	14
6. Passer à l'élément suivant d'une liste	Balayer vers la gauche	14
7. Passer à l'élément précédent d'une liste	Balayer vers la droite	15
8. Allumer l'air conditionné	Lever le bras au plafond	15
9. Eteindre l'air conditionné	Lever le bras au plafond	13
10. Allumer la lumière	Frapper dans ses mains/Applaudir	24
11. Eteindre la lumière	Frapper dans ses mains/Applaudir	22
12. Augmenter la luminosité	Monter la main vers le haut avec la paume à plat et orientée vers le plafond	14
13. Diminuer la luminosité	Descendre la main vers le sol avec la paume à plat et orientée vers le sol	14
14. Accepter	Pouce vers le haut	21
15. Refuser	Pouce vers le bas	21
18. Ecrire "OK"	Faire le signe "ok" en touchant son index avec son pouce	10
19. Ecrire "KO"	Dessiner une croix (X)	11

Figure 46: catalogue final de gestes de l'étude d'identification

Globalement l'étude d'identification fournit des résultats similaires en termes de gestes sélectionnés et de taxonomie, le tout avec un taux d'agrément par référent et une fréquence des gestes finaux beaucoup plus élevée, à cause du nombre de choix limités.

Chapitre 6 : Discussion et recommandations

Certaines recommandations découlent des résultats de ce mémoire, elles seront intéressantes à prendre en compte lors du design d'un catalogue de gestes pour senseurs inertiels.

6.1 Dimensions des gestes élicités

Tout d'abord, en ce qui concerne l'amplitude de mouvement, nous conseillons d'essayer tant que possible de créer un catalogue de gestes de petite amplitude, les participants les préfèrent largement aux gestes moyens et grands, car ils sont plus pratiques à effectuer.

Ensuite, pour la latéralité des gestes, nous avons obtenu une majorité de gestes dominant unimanuels. Cependant, nous conseillons, si possible, de permettre aux participants d'effectuer des gestes à deux mains car dans beaucoup de situations, ils auraient aimé en proposer mais, ils se sont sentis obligés de se limiter à des gestes à une main.

Au niveau de la *forme*, les gestes dynamiques sont largement préférés aux gestes statiques, seules quelques exceptions (pouce vers le haut) sont présentes dans les catalogues finaux de gestes.

Pour la *temporalité*, nous conseillons d'utiliser des gestes continus pour les tâches consistant à augmenter ou diminuer quelque chose (le volume, la luminosité, ...). Cela peut être sous la forme d'une rotation ou d'un mouvement d'élévation/de descente de la main. Le reste des référents devraient de préférence se voir attribuer des gestes discrets.

Finalement, pour la *nature*, les gestes symboliques semblent être les plus populaires (34% dans la première étude, 46% dans la deuxième). Ensuite, les gestes métaphoriques (31% et 16%) paraissent être préférés (notamment pour allumer la télévision ou lancer une vidéo). Les gestes physiques sont conseillés pour les référents de type augmenter/diminuer, comme pour les gestes continus.

6.2 Conseils relatifs au catalogue final de gestes

Le but de cette étude est d'ouvrir de nouvelles options de gestes pour différents référents, sans non plus imposer à chaque référent les gestes du catalogue final que nous avons obtenu à la suite de nos deux études. Nous nous basons sur le catalogue final de la deuxième étude pour nos recommandations car il est plus abouti que le premier, nous nous basons aussi sur les recherches théoriques que nous avons effectuées.

En premier lieu, nous recommandons chaudement les paires référent-geste suivantes :

- Allumer/éteindre la télévision – Appuyer sur le bouton d'une télécommande imaginaire avec le pouce,
- Allumer/éteindre la lumière – Frapper dans ses mains,
- Accepter/refuser – Pouce vers le haut/le bas.

Toutes ces paires ont obtenu des niveaux d'agrément très élevés avec des fréquences de proposition allant de 18 à 24 dans le catalogue final de gestes de l'étude d'identification. Dans l'étude d'élicitation, ces paires avaient aussi été fréquemment proposées par les participants et cela, de manière très spontanée, indiquant leur intuitivité.

Ensuite, nous recommandons également les paires :

- Passer à l'élément suivant/précédent – Balayer à gauche/à droite, cette paire est également très présente dans la littérature. Cependant, le choix de la direction (gauche ou droite) est parfois inversé (droite pour suivant et gauche pour précédent),
- Augmenter/diminuer la luminosité – Monter/baisser la main avec la paume orientée vers le plafond/sol,
- Augmenter/diminuer le volume – Faire pivoter son poignet dans le sens (anti-)horaire.

Pour les référents « augmenter/diminuer le volume/la luminosité », les gestes sont en effet interchangeables. « Augmenter le volume » et « augmenter la luminosité » ont obtenu quasi le même nombre de propositions pour les gestes « pivoter le poignet dans le sens horaire » et « monter la main avec la paume orientée vers le plafond ». Il en est de même pour les référents « diminuer le volume » et « diminuer la luminosité » avec les gestes « pivoter le poignet dans le sens anti-horaire » et « baisser la main avec la paume orientée vers le sol ».

Finalement, nous ne recommandons pas les paires suivantes, vu leurs faibles niveaux d'agrément dans les 2 études mais, surtout dans l'étude d'identification :

- Lancer la vidéo – Tendre le bras pour appuyer sur un bouton devant soi,
- Ecrire « OK » - Faire le signe « OK » en touchant son index avec son pouce,

- Ecrire « KO » - Dessiner une croix (X).

Beaucoup de gestes différents sont proposés pour ces référents et il faudrait plus de recherches pour déterminer pour chaque référent le geste le plus adapté. En attendant, il est difficile pour nous de nous prononcer de manière définitive sur ces combinaisons.

Chapitre 7 : Conclusion

7.1 Bref résumé du mémoire

Dans ce travail, nous avons cherché à répondre à la question « Quels sont les gestes les plus acceptés par les utilisateurs pour interagir avec une série d'appareils électroniques courants en utilisant un bracelet connecté ».

Nous avons choisi de nous concentrer sur le Kinemic, un bracelet équipé de capteurs inertiels (accéléromètres et gyroscope) permettant de détecter les mouvements de la main, du bras et du poignet. Suite à la lecture de la littérature sur les études d'élicitation de gestes, nous avons détaillé les utilisations actuelles du bracelet ainsi que ses utilisations futures potentielles. Nous avons également compilé un catalogue théorique de gestes (Annexe C) en nous basant sur cette littérature. Comme très peu d'articles portaient sur le Kinemic, nous avons dû nous résoudre à utiliser des articles portant sur des senseurs aux capacités de détection relativement semblables à celles du Kinemic (senseurs visuels et inertiels).

Pour répondre à notre question de recherche, nous avons effectué deux études : une étude d'élicitation et une étude d'identification dont le but était de vérifier/confirmer les résultats de notre première étude.

Lors de l'étude d'élicitation, nous avons présenté à 30 participants des « référents » décrivant une action. Pour chacun de ces référents, les participants devaient proposer un geste qui leur paraissait adapté. Cette façon de procéder nous a permis de créer un nouveau catalogue de gestes en tenant compte de l'avis d'utilisateurs potentiels du Kinemic.

L'étude d'identification consistait en un questionnaire proposant sous forme de choix les gestes les plus élicités pour chacun des référents utilisés lors de la première étude. Trente participants dont une partie avait déjà participé à l'étude d'élicitation ont répondu à ce questionnaire. Cette étude a permis d'affiner le catalogue final de gestes de l'étude d'élicitation en modifiant certains gestes et en renforçant la validité de certains autres.

Dans l'analyse de ces deux études, nous avons utilisé le niveau d'agrément pour mesurer le consensus présent pour chaque référent et déterminer quel étaient les gestes les plus populaires. Nous avons également utilisé toute une série d'autres mesures, telle qu'une taxonomie des gestes élicités pour déterminer les types de gestes préférés des participants. Nous avons ainsi pu établir une

série de recommandations qui permettront d'aider à créer de nouveaux vocabulaires de gestes dans le futur, notamment en mettant en évidence 11 gestes (très) souvent proposés par les participants.

Nous avons également comparé nos résultats (essentiellement ceux de l'étude d'élicitation) avec des études similaires, nous permettant de renforcer certaines de nos découvertes et de valider que nos mesures avaient des valeurs plausibles.

7.2 Pistes de réflexion et limites du mémoire

Notre étude présente une série de points pouvant être amélioré. Premièrement, il serait intéressant de réaliser nos études avec des groupes de participants plus hétérogènes. Nous avons essentiellement interrogé des participants du même groupe d'âge (18-24ans) et du même milieu (étudiants). Ce défaut est dû à la difficulté de trouver 30 personnes différentes prêtes à se déplacer pour venir réaliser une étude de 30 minutes gratuitement à Louvain-la-Neuve. Nous avons donc un certain biais d'échantillonnage. D'un autre côté, le groupe d'âge 18-24 ans est l'un des plus susceptibles d'utiliser de nouvelles technologies comme le Kinemic. Ce groupe représente donc plutôt correctement une partie de la base des utilisateurs potentiels.

Ensuite, nous avons rappelé un certain nombre de participants à l'étude d'élicitation pour répondre à l'étude d'identification. Il serait intéressant de voir si les résultats seraient les mêmes avec 100% de participants différents entre les deux études.

D'un point de vue théorique, il serait possible d'étendre le catalogue de gestes avec plus de recherches pour obtenir une base plus solide. Ici, nous avons dû nous limiter à cause d'un temps restreint.

Finalement, il serait intéressant d'effectuer des études d'élicitation avec d'autres modalités. Par exemple, en utilisant deux bracelets Kinemic (un pour chaque bras), ce qui permettrait aux participants de proposer plus de gestes bimanuels qu'ils préféreraient peut-être utiliser. Il pourrait aussi être intéressant de mener des élicitations multimodales où le Kinemic serait couplé avec un autre type de capteur, comme une caméra de profondeur, pour permettre une gamme plus large de gestes (incluant des mouvements de doigts par exemple).

Bibliographie

- [1] Ali, A. X., Morris, M. R., & Wobbrock, J. O. (2019). Crowdlcit : A System for Conducting Distributed End-User Elicitation and Identification Studies. *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1-12. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300485>
- [2] Amma, C., Georgi, M., Lenz, T., & Winnen, F. (2016). Kinemic Wave : A Mobile Freehand Gesture And Text-Entry System. *Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 3639-3642. <https://doi.org/10.1145/2851581.2890263>
- [3] Aslan, I., Schmidt, T., Woehrle, J., Vogel, L., & André, E. (2018). Pen + Mid-Air Gestures : Eliciting Contextual Gestures. *Proceedings of the 20th ACM International Conference on Multimodal Interaction*, 135-144. <https://doi.org/10.1145/3242969.3242979>
- [4] Berman, S., & Stern, H. (2012). Sensors for Gesture Recognition Systems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 42(3), 277-290. <https://doi.org/10.1109/TSMCC.2011.2161077>
- [5] Billinghurst M. (2018). *Gesture based interaction*. <http://www.macs.hw.ac.uk/~ruth/year4VEs/Resources/input14.Gesture.pdf>
- [6] Boyali, A., Hashimoto, N., & Matsumoto, O. (2015). Hand posture and gesture recognition using MYO armband and spectral collaborative representation based classification. *2015 IEEE 4th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, 200-201. <https://doi.org/10.1109/GCCE.2015.7398619>
- [7] Cafaro, Francesco & Lyons, Leilah & Kang, Raymond & Radinsky, Joshua & Roberts, Jessica & Vogt, Kristen. (2014). Framed guessability: Using embodied allegories to increase user agreement on gesture sets. *TEI 2014 - 8th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction, Proceedings*. 197-204. 10.1145/2540930.2540944.

- [8] Cauchard, J. R., E, J. L., Zhai, K. Y., & Landay, J. A. (2015). Drone & me : An exploration into natural human-drone interaction. *Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing - UbiComp '15*, 361-365. <https://doi.org/10.1145/2750858.2805823>
- [9] Chen, Z., Ma, X., Peng, Z., Zhou, Y., Yao, M., Ma, Z., Wang, C., Gao, Z., & Shen, M. (2018). User-Defined Gestures for Gestural Interaction : Extending from Hands to Other Body Parts. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 34(3), 238-250. <https://doi.org/10.1080/10447318.2017.1342943>
- [10] Connell, S., Kuo, P.-Y., Liu, L., & Piper, A. M. (2013). A Wizard-of-Oz elicitation study examining child-defined gestures with a whole-body interface. *Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children*, 277-280. <https://doi.org/10.1145/2485760.2485823>
- [11] Dim, N. K., Silpasuwanchai, C., Sarcar, S., & Ren, X. (2016). Designing Mid-Air TV Gestures for Blind People Using User- and Choice-Based Elicitation Approaches. *Proceedings of the 2016 ACM Conference on Designing Interactive Systems*, 204-214. <https://doi.org/10.1145/2901790.2901834>
- [12] Dong, H., Danesh, A., Figueroa, N., & El Saddik, A. (2015). An Elicitation Study on Gesture Preferences and Memorability Toward a Practical Hand-Gesture Vocabulary for Smart Televisions. *IEEE Access*, 3, 543-555. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2015.2432679>
- [13] Gheran, B.-F., Vanderdonckt, J., & Vatavu, R.-D. (2018). Gestures for Smart Rings : Empirical Results, Insights, and Design Implications. *Proceedings of the 2018 Designing Interactive Systems Conference*, 623-635. <https://doi.org/10.1145/3196709.3196741>
- [14] Gollan, B., Haslgruebler, M., Ferscha, A., & Heftberger, J. (2018). Making Sense : Experiences with Multi-Sensor Fusion in Industrial Assistance Systems: *Proceedings of the 5th International Conference on Physiological Computing Systems*, 64-74. <https://doi.org/10.5220/0007227600640074>

- [15] Goodman, S. N., Fanelli, D., & Ioannidis, J. P. A. (2016). What does research reproducibility mean? *Science Translational Medicine*, 8(341). <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.aaf5027>

- [16] Guérit, Robin & Cierro, Alessandro & Vanderdonckt, Jean & Perez Medina, Jorge Luis. (2019). Gesture Elicitation and Usability Testing for an Armband Interacting with Netflix and Spotify: Helping Teachers Develop Research Informed Practice. 10.1007/978-3-030-11890-7_60.

- [17] Hoffman, M., Varcholik, P., & LaViola, J. J. (2010). Breaking the status quo : Improving 3D gesture recognition with spatially convenient input devices. *2010 IEEE Virtual Reality Conference (VR)*, 59-66. <https://doi.org/10.1109/VR.2010.5444813>

- [18] Hou, W., Feng, G., & Cheng, Y. (2019). A fuzzy interaction scheme of mid-air gesture elicitation. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 64, 102637. <https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2019.102637>

- [19] Huang, J., Jaiswal, P., & Rai, R. (2019). Gesture-based system for next generation natural and intuitive interfaces. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 33(1), 54-68. <https://doi.org/10.1017/S0890060418000045>

- [20] Interstices. (2016). *50 ans d'interaction homme-machine : retours vers le futur*. <https://interstices.info/50-ans-dinteraction-homme-machine-retours-vers-le-futur/#:~:text=Aussi%20l'histoire%20de%20l,machine%20ex%C3%A9cutant%20un%20logiciel%20complexe>, consulté le 16 juillet 2022.

- [21] Ionescu, D., Ionescu, B., Gadea, C., & Islam, S. (2011). Multimodal control of virtual game environments through gestures and physical controllers. *2011 IEEE International Conference on Virtual Environments, Human-Computer Interfaces and Measurement Systems Proceedings*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/VECIMS.2011.6053846>

- [22] Jahani, H., & Kavakli, M. (2018). Exploring a user-defined gesture vocabulary for descriptive mid-air interactions. *Cognition, Technology & Work*, 20(1), 11-22. <https://doi.org/10.1007/s10111-017-0444-0>

- [23] Katsuragawa, K., Kamal, A., & Lank, E. (2017). Effect of Motion-Gesture Recognizer Error Pattern on User Workload and Behavior. *Proceedings of the 22nd International Conference on Intelligent User Interfaces*, 439-449. <https://doi.org/10.1145/3025171.3025234>

- [24] Kerber, F., Löchtefeld, M., Krüger, A., McIntosh, J., McNeill, C., & Fraser, M. (2016). Understanding Same-Side Interactions with Wrist-Worn Devices. *Proceedings of the 9th Nordic Conference on Human-Computer Interaction*, 1-10. <https://doi.org/10.1145/2971485.2971519>

- [25] Kinemic GmbH. (2022). *Kinemic band*. <https://kinemic.com/en/kinemic-band>, consulté le 16 juillet 2022.

- [26] Klemmer, S. R., Sinha, A. K., Chen, J., Landay, J. A., Aboobaker, N., & Wang, A. (2000). Suede : A Wizard of Oz prototyping tool for speech user interfaces. *Proceedings of the 13th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology - UIST '00*, 1-10. <https://doi.org/10.1145/354401.354406>

- [27] Köpsel, A., & Bubalo, N. (2015). Benefiting from legacy bias. *Interactions*, 22(5), 44-47. <https://doi.org/10.1145/2803169>

- [28] Kotzé, P., Marsden, G., Lindgaard, G., Wesson, J., & Winckler, M. (Éds.). (2013). *Human-Computer Interaction – INTERACT 2013 : 14th IFIP TC 13 International Conference, Cape Town, South Africa, September 2-6, 2013, Proceedings, Part II* (Vol. 8118). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-40480-1>

- [29] LaLibre. (2010). *Kinect: Microsoft relève ses objectifs après un million d'unités vendues*. <https://www.lalibre.be/economie/entreprises-startup/2010/11/16/kinect-microsoft-releve-ses-objectifs-apres-un-million-dunites-vendues-W4GHFX7HQNCPPQWI4OEJAIQOI/>, consulté le 16 juillet 2022

- [30] LaViola, J. J. (2013). 3D Gestural Interaction : The State of the Field. *ISRN Artificial Intelligence*, 2013, 1-18. <https://doi.org/10.1155/2013/514641>

- [31] LeMonde. (2022). *Nintendo Switch : les ventes ont dépassé celles de la Wii*. https://www.lemonde.fr/pixels/article/2022/02/04/nintendo-les-ventes-de-la-switch-ont-depasse-celles-de-la-wii_6112328_4408996.html, consulté le 16 juillet 2022.
- [32] Leng, H. Y., Norowi, N. M., & Jantan, A. H. (2017). A User-Defined Gesture Set for Music Interaction in Immersive Virtual Environment. *Proceedings of the 3rd International Conference on Human-Computer Interaction and User Experience in Indonesia*, 4451. <https://doi.org/10.1145/3077343.3077348>
- [33] Liu Q., Katsuragawa K., and Lank E. 2019. Eliciting Wrist and Finger Gestures to Guide Recognizer Design. In *Proceedings of the 45th Graphics Interface Conference on Proceedings of Graphics Interface 2019 (GI'19)*. Canadian Human-Computer Communications Society, Waterloo, CAN, Article 9, 1–9. <https://doi.org/10.20380/GI2019.09>.
- [34] Magrofuoco, N., Perez-Medina, J.-L., Roselli, P., Vanderdonckt, J., & Villarreal, S. (2019). Eliciting Contact-Based and Contactless Gestures With Radar-Based Sensors. *IEEE Access*, 7, 176982-176997. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2951349>
- [35] Malu, M., Chundury, P., & Findlater, L. (2018). Exploring Accessible Smartwatch Interactions for People with Upper Body Motor Impairments. *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1-12. <https://doi.org/10.1145/3173574.3174062>
- [36] Morris, M. R., Danielescu, A., Drucker, S., Fisher, D., Lee, B., schraefel, m. c., & Wobbrock, J. O. (2014). Reducing legacy bias in gesture elicitation studies. *Interactions*, 21(3), 40-45. <https://doi.org/10.1145/2591689>
- [37] Morris, Meredith & Wobbrock, Jacob & Wilson, Andrew. (2010). Understanding users' preferences for Surface gestures. *Proceedings of Graphics Interface*. 2010. 261-268. https://www.researchgate.net/publication/221474806_Understanding_users'_preferences_for_Surface_gestures
- [38] Ruiz, J., & Vogel, D. (2015). Soft-Constraints to Reduce Legacy and Performance Bias to Elicit Whole-body Gestures with Low Arm Fatigue. *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, 3347-3350. <https://doi.org/10.1145/2702123.2702583>

- [39] Ruiz, J., Li, Y., & Lank, E. (2011). User-defined motion gestures for mobile interaction. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 197-206. <https://doi.org/10.1145/1978942.1978971>
- [40] Silpasuwanchai, C., & Ren, X. (2015). Designing concurrent full-body gestures for intense gameplay. *International Journal of Human-Computer Studies*, 80, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2015.02.010>
- [41] Steeman, Sarah ; Chauvaux, Chloé. Uni/Bi-manual wrist gesture interaction for one/two users : application to Kinemic. Ecole polytechnique de Louvain, Université catholique de Louvain, 2022. Prom. : Vanderdonckt, Jean.
- [42] Sun, K., Wang, Y., Yu, C., Yan, Y., Wen, H., & Shi, Y. (2017). Float : One-Handed and Touch-Free Target Selection on Smartwatches. *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 692-704. <https://doi.org/10.1145/3025453.3026027>
- [43] Sung, K. (2011). Recent Videogame Console Technologies. *Computer*, 44(2), 91-93. <https://doi.org/10.1109/MC.2011.55>
- [44] Tsandilas, T., & Dragicevic, P. (2022). Gesture Elicitation as a Computational Optimization Problem. *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1-13. <https://doi.org/10.1145/3491102.3501942>
- [45] Vatavu, R.-D. (2012). User-defined gestures for free-hand TV control. *Proceedings of the 10th European Conference on Interactive Tv and Video - EuroITV '12*, 45. <https://doi.org/10.1145/2325616.2325626>
- [46] Vatavu, R.-D. (2013). A comparative study of user-defined handheld vs. Freehand gestures for home entertainment environments. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 5(2), 187-211. <https://doi.org/10.3233/AIS-130200>
- [47] Vatavu, R.-D., & Wobbrock, J. O. (2015). Formalizing Agreement Analysis for Elicitation Studies : New Measures, Significance Test, and Toolkit. *Proceedings of the 33rd Annual*

ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, 1325-1334.
<https://doi.org/10.1145/2702123.2702223>

- [48] Vatavu, R.-D., & Zaiti, I.-A. (2014). Leap gestures for TV : Insights from an elicitation study. *Proceedings of the 2014 ACM International Conference on Interactive Experiences for TV and Online Video - TVX '14*, 131-138. <https://doi.org/10.1145/2602299.2602316>
- [49] Villarreal-Narvaez, S., Vanderdonckt, J., Vatavu, R.-D., & Wobbrock, J. O. (2020). A Systematic Review of Gesture Elicitation Studies : What Can We Learn from 216 Studies? *Proceedings of the 2020 ACM Designing Interactive Systems Conference*, 855-872.
<https://doi.org/10.1145/3357236.3395511>
- [50] Vogiatzidakis, P., & Koutsabasis, P. (2018). Gesture Elicitation Studies for Mid-Air Interaction : A Review. *Multimodal Technologies and Interaction*, 2(4), 65.
<https://doi.org/10.3390/mti2040065>
- [51] Wobbrock, J. O., Aung, H. H., Rothrock, B., & Myers, B. A. (2005). Maximizing the guessability of symbolic input. *CHI '05 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 1869-1872. <https://doi.org/10.1145/1056808.1057043>
- [52] Wobbrock, J. O., Morris, M. R., & Wilson, A. D. (2009). User-defined gestures for surface computing. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1083-1092. <https://doi.org/10.1145/1518701.1518866>
- [53] Wu, H., & Wang, J. (2012). User-Defined Body Gestures for TV-based Applications. *2012 Fourth International Conference on Digital Home*, 415-420.
<https://doi.org/10.1109/ICDH.2012.23>
- [54] Wu, H., Wang, J., & Zhang, X. (2016). User-centered gesture development in TV viewing environment. *Multimedia Tools and Applications*, 75(2), 733-760.
<https://doi.org/10.1007/s11042-014-2323-5>
- [55] Xia, H., Glueck, M., Annett, M., Wang, M., & Wigdor, D. (2022). Iteratively Designing Gesture Vocabularies : A Survey and Analysis of Best Practices in the HCI Literature. *ACM*

Transactions on Computer-Human Interaction, 29(4), 1-54.
<https://doi.org/10.1145/3503537>

- [56] Zaiți, I.-A., Pentiuc, Ș.-G., & Vatavu, R.-D. (2015). On free-hand TV control : Experimental results on user-elicited gestures with Leap Motion. *Personal and Ubiquitous Computing*, 19(5-6), 821-838. <https://doi.org/10.1007/s00779-015-0863-y>

- [57] Zhai, S. (2012). Foundational Issues in Touch-Surface Stroke Gesture Design—An Integrative Review. *Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction*, 5(2), 97-205. <https://doi.org/10.1561/11000000012>

Annexes

Annexe A : Éléments utilisés lors de l'étude d'élicitation

Annexe A1 : Formulaire de consentement complété par les participants

**UCLouvain**
Louvain Research Institute
in Management and Organizations



CONSENTEMENT A PARTICIPER A UNE EXPERIENCE SCIENTIFIQUE

Titre de l'étude: Elicitation de gestes Kinemic
Professeur: Prof. Jean Vanderdonckt, UCLouvain
Expérimentateurs: Benjamin Alaerts
Email de contact: benjamin.alaerts@student.uclouvain.be

Nous vous remercions de contribuer à la recherche scientifique en participant à cette expérience. L'expérimentateur vous expliquera le but de l'expérience et les questionnaires à remplir. Posez vos questions éventuelles à l'expérimentateur avant de débiter l'expérience. Vous pouvez obtenir une copie de ce formulaire de consentement et vous y référer à tout moment.

Par la présente, j'accepte de prendre part à l'expérience qui m'a été expliquée. Je peux l'arrêter à tout moment en notifiant l'expérimentateur sans conséquence. Une fois ce consentement signé, un identifiant anonyme sera assigné de sorte que mon nom et mon prénom n'apparaîtront nulle part ailleurs que sur ce formulaire. Je consens à ce que les données recueillies dans cette expérience soient traitées à des fins scientifiques, de manière strictement confidentielles et en accord avec la réglementation du respect de la vie privée de l'UCLouvain et du Règlement général de protection des données (RGPD). Toute photo ou vidéo enregistrée lors de l'expérience ne permettra pas d'identifier le participant, notamment en évitant la tête ou en la floutant.

☐ Veuillez cocher cette case si vous acceptez d'être éventuellement contacté ultérieurement pour d'autres expériences menées à l'UCLouvain ou pour une interview.
Le cas échéant, adresse e-mail:

Déclaration du Participant:
Je, soussigné, atteste que l'expérience susmentionnée m'a été expliquée, que je l'ai comprise, et que j'accepte d'y prendre part. J'ai lu les termes ci-dessus et les formulaires accompagnant et je comprends ce que l'expérience va analyser.

Signature: Date:

Déclaration de l'Expérimentateur:
Je, soussigné, confirme avoir expliqué le but de l'expérience, sa procédure et ses questionnaires et, le cas échéant, les risques prévisibles de l'expérience proposée au participant.

Signature: Date:

Identifiant assigné au participant :



LOUVAIN-LA-NEUVE | BRUXELLES | MONS | TOURNAI | CHARLEROI | NAMUR
Place des Doyens, 1 bte L2.01.02, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgique
Tél. +32 (0)10 47 85 25 – jean.vanderdonckt@uclouvain.be – www.uclouvain.be/jean.vanderdonckt



Annexe A2 : Formulaire démographique complété par les participants



UCLouvain

Louvain Research Institute
in Management and Organizations



QUESTIONNAIRE POUR PARTICIPER A L'EXPERIENCE

Titre de l'étude: Elicitation de gestes Kinemic
Professeur: Prof. Jean Vanderdonckt, UCLouvain
Expérimentateurs: Benjamin Alaerts
Email de contact: benjamin.alaerts@student.uclouvain.be

Données personnelles (qui seront anonymisées)

Code anonyme: (à attribuer par l'expérimentateur)
Prénom: (anonymisés dans la base de données)
Nom de famille:
Genre: ☐ Femme ☐ Homme
Age: (années)
Profession: ☐ Etudiant ☐ Cadre ☐ Employé
☐ Indépendant ☐ Pensionné ☐ Chômeur
☐ Autre: (préciser s.v.p.)
Domaine d'activité: (p. ex., administration, enseignement)
Etudes: (domaine de votre dernier diplôme)

J'utilise un ordinateur fréquemment:	Pas d'accord	1	2	3	4	5	6	7	D'accord
J'utilise un smartphone fréquemment:	Pas d'accord	1	2	3	4	5	6	7	D'accord
J'utilise une tablette fréquemment:	Pas d'accord	1	2	3	4	5	6	7	D'accord
J'utilise une console de jeux fréquente:	Pas d'accord	1	2	3	4	5	6	7	D'accord
J'utilise une Kinect/Wii/Switch fréquente:	Pas d'accord	1	2	3	4	5	6	7	D'accord

Données expérimentales

Connaissez-vous l'appareil utilisé dans l'expérience ☐ Oui ☐ Non
Combien de fois l'utilisez-vous? Rarement 1 2 3 4 5 6 7 Fréquemment



LOUVAIN-LA-NEUVE | BRUXELLES | MONS | TOURNAI | CHARLEROI | NAMUR
Place des Doyens, 1 bte L2.01.02, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgique
Tél. +32 (0)10 47 85 25 – jean.vanderdonckt@uclouvain.be – www.uclouvain.be/jean.vanderdonckt

Annexe A3 : Questionnaire IBM-PSSUQ complété par les participants à l'étude d'éllicitation.



Louvain Research Institute
in Management and Organizations



Questionnaire Post-test sur l'utilisabilité (PSSUQ)

Titre de l'étude: Elicitation de gestes
Professeur: Prof. Jean Vanderdonckt, UCLouvain
Expérimentateurs:
Identifiant :

Ce questionnaire a pour but d'exprimer votre satisfaction relative à l'utilisabilité du système que vous avez testé. Vos réponses nous aideront à comprendre quels aspects du système vous avez appréciés ou non. Dans la mesure du possible, pensez aux tâches ou actions que vous avez réalisées avec le système lorsque vous répondrez aux questions. Veuillez lire chaque énoncé et indiquer dans quelle mesure vous êtes totalement d'accord ou en désaccord en suivant une échelle de réponse à 7 positions (1=totalement en désaccord, 7=totalement d'accord). Merci beaucoup à vous!

ID	Enoncé	Totalement en désaccord				Totalement d'accord			Non approprié
		1	2	3	4	5	6	7	
1	Globalement, je suis satisfait de la facilité d'utilisation de ce système	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
2	Le système était simple à utiliser	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
3	J'ai pu réaliser les tâches et les scénarios rapidement avec ce système	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
4	Je me suis senti à l'aise avec ce système	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
5	Le système était facile à apprendre	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
6	Je pense devenir rapidement productif en utilisant ce système	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
7	Le système m'a fourni des messages d'erreur clairs pour résoudre les problèmes	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
8	J'ai pu corriger chaque erreur simplement et rapidement	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
9	L'information fournie par le système, telle que l'aide en ligne, les messages, la documentation, était clairement fournie par le système	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
10	J'ai trouvé facilement l'information dont j'avais besoin	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
11	L'information m'a été utile pour réaliser les tâches et scénarios	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
12	L'information était clairement présentée à l'écran	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
13	L'interface du système était agréable	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
14	J'ai aimé utiliser l'interface du système	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
15	Le système disposait de toutes les fonctions que je souhaitais	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
16	Globalement, je suis satisfait du système	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	

LOUVAIN-LA-NEUVE | BRUXELLES | MONS | TOURNAI | CHARLEROI | NAMUR
Place des Doyens, 1 bte L2.01.02, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgique
Tél. +32 (0)10 47 85 25 – jean.vanderdonckt@uclouvain.be – www.uclouvain.be/jean.vanderdonckt

Listez les trois aspects les plus négatifs que vous avez éprouvé

1.
2.
3.

Listez les trois aspects les plus positifs que vous avez éprouvés

1.
2.
3.

Annexe A4 : Formulaire utilisé pour noter les gestes, leurs scores et leurs temps de réflexion lors de l'éllicitation



UCLouvain
Louvain Research Institute
in Management and Organizations



GESTURE CAPTURE SHEET

Participant ID: - Experiment name: - Date: - Part ... of

Gesture ID:	Textual description:	Gesture ID:	Textual description:
Thinking time:	Score (1..7):	Thinking time:	Score (1..7):
Gesture ID:	Textual description:	Gesture ID:	Textual description:
Thinking time:	Score (1..7):	Thinking time:	Score (1..7):
Gesture ID:	Textual description:	Gesture ID:	Textual description:
Thinking time:	Score (1..7):	Thinking time:	Score (1..7):
Gesture ID:	Textual description:	Gesture ID:	Textual description:
Thinking time:	Score (1..7):	Thinking time:	Score (1..7):

LOUVAIN-LA-NEUVE | BRUXELLES | MONS | TOURNAI | CHARLEROI | NAMUR
 Place des Doyens, 1 bte L2.01.02, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgique
 Tél. +32 (0)10 47 85 25 – jean.vanderdonckt@uclouvain.be – www.uclouvain.be/jean.vanderdonckt

Participant ID: - Experiment name: - Date: - Part ... of



Gesture ID:	Textual description:	Gesture ID:	Textual description:
Thinking time:	Score (1..7):	Thinking time:	Score (1..7)
Gesture ID:	Textual description:	Gesture ID:	Textual description:
Thinking time:	Score (1..7):	Thinking time:	Score (1..7):
Gesture ID:	Textual description:	Gesture ID:	Textual description:
Thinking time:	Score (1..7):	Thinking time:	Score (1..7):
Gesture ID:	Textual description:	Gesture ID:	Textual description:
Thinking time:	Score (1..7):	Thinking time:	Score (1..7):

Annexe A5 : Exemple de tous les documents de l'étude d'éllicitation complétés

**UCLouvain**
Louvain Research Institute
in Management and Organizations



CONSENTEMENT A PARTICIPER A UNE EXPERIENCE SCIENTIFIQUE

Titre de l'étude: Elicitation de gestes Kinemic
Professeur: Prof. Jean Vanderdonckt, UCLouvain
Expérimentateurs: Benjamin Alaerts
Email de contact: benjamin.alaerts@student.uclouvain.be

Nous vous remercions de contribuer à la recherche scientifique en participant à cette expérience. L'expérimentateur vous expliquera le but de l'expérience et les questionnaires à remplir. Posez vos questions éventuelles à l'expérimentateur avant de débiter l'expérience. Vous pouvez obtenir une copie de ce formulaire de consentement et vous y référer à tout moment.

Par la présente, j'accepte de prendre part à l'expérience qui m'a été expliquée. Je peux l'arrêter à tout moment en notifiant l'expérimentateur sans conséquence. Une fois ce consentement signé, un identifiant anonyme sera assigné de sorte que mon nom et mon prénom n'apparaîtront nulle part ailleurs que sur ce formulaire. Je consens à ce que les données recueillies dans cette expérience soient traitées à des fins scientifiques, de manière strictement confidentielles et en accord avec la réglementation du respect de la vie privée de l'UCLouvain et du Règlement général de protection des données (RGPD). Toute photo ou vidéo enregistrée lors de l'expérience ne permettra pas d'identifier le participant, notamment en évitant la tête ou en la floutant.

☒ Veuillez cocher cette case si vous acceptez d'être éventuellement contacté ultérieurement pour d'autres expériences menées à l'UCLouvain (interview).
Le cas échéant, adresse e-mail: benjamin.alaerts@student.uclouvain.be

Déclaration du participant:
Je, soussigné [redacted], atteste que l'expérience susmentionnée m'a été expliquée, que je l'ai comprise, et que j'accepte d'y prendre part. J'ai lu les termes ci-dessus et les formulaires accompagnant et je comprends ce que l'expérience va analyser.

Signature: [Signature] Date: 4/10/21

Déclaration de l'Expérimentateur:
Je, soussigné Benjamin Alaerts, confirme avoir expliqué le but de l'expérience, sa procédure et ses questionnaires et, le cas échéant, les risques prévisibles de l'expérience proposée au participant.

Signature: [Signature] Date: 4/10/21
Identifiant assigné au participant : 1



LOUVAIN-LA-NEUVE | BRUXELLES | MONS | TOURNAI | CHARLEROI | NAMUR
Place des Doyens, 1 bte L2.01.02, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgique
Tél. +32 (0)10 47 85 25 – jean.vanderdonckt@uclouvain.be – www.uclouvain.be/jean.vanderdonckt

QUESTIONNAIRE POUR PARTICIPER A L'EXPERIENCE

Titre de l'étude: Elicitation de gestes Kinemic
Professeur: Prof. Jean Vanderdonckt, UCLouvain
Expérimentateurs: Benjamin Alaerts
Email de contact: benjamin.alaerts@student.uclouvain.be

Données personnelles (qui seront anonymisées)

Code anonyme: 1 (à attribuer par l'expérimentateur)
Prénom: [redacted] (anonymisés dans la base de données)
Nom de famille: [redacted]
Genre: ☒ Femme ☐ Homme
Age: 26 (années)
Profession: ☒ Etudiant ☐ Cadre ☐ Employé
☐ Indépendant ☐ Pensionné ☐ Chômeur
☐ Autre: _____ (préciser s.v.p.)
Domaine d'activité: _____ (p. ex., administration, enseignement)
Etudes: Logopédie (domaine de votre dernier diplôme) (bachelier)
J'utilise un ordinateur fréquemment: Pas d'accord 1 2 3 4 5 6 7 D'accord
J'utilise un smartphone fréquemment: Pas d'accord 1 2 3 4 5 6 7 D'accord
J'utilise une tablette fréquemment: Pas d'accord 1 2 3 4 5 6 7 D'accord
J'utilise une console de jeux fréquente: Pas d'accord 1 2 3 4 5 6 7 D'accord
J'utilise une Kinect/Wii/Switch fréquente: Pas d'accord 1 2 3 4 5 6 7 D'accord

Données expérimentales

Connaissez-vous l'appareil utilisé dans l'expérience ☐ Oui ☒ Non
Combien de fois l'utilisez-vous? Rarement 1 2 3 4 5 6 7 Fréquemment

Questionnaire Post-test sur l'utilisabilité (PSSUQ)

Titre de l'étude: Elicitation de gestes Kinemic
Professeur: Prof. Jean Vanderdonckt, UCLouvain
Expérimentateurs: Benjamin Alaerts
Identifiant: *1*

Ce questionnaire a pour but d'exprimer votre satisfaction relative à l'utilisabilité du système que vous avez testé. Vos réponses nous aideront à comprendre quels aspects du système vous avez appréciés ou non. Dans la mesure du possible, pensez aux tâches ou actions que vous avez réalisées avec le système lorsque vous répondrez aux questions. Veuillez lire chaque énoncé et indiquer dans quelle mesure vous êtes totalement d'accord ou en désaccord en suivant une échelle de réponse à 7 positions (1=totalement en désaccord, 7=totalement d'accord). Merci beaucoup à vous!

ID	Énoncé	Totalement en désaccord				Totalement d'accord			Non approprié
		1	2	3	4	5	6	7	
1	Globalement, je suis satisfait de la facilité d'utilisation de ce système	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	
2	Le système était simple à utiliser	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	
3	J'ai pu réaliser les tâches et les scénarios rapidement avec ce système	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	
4	Je me suis senti à l'aise avec ce système	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	
5	Le système était facile à apprendre	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	
6	Je pense devenir rapidement productif en utilisant ce système	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	
7	Le système m'a fourni des messages d'erreur clairs pour résoudre les problèmes	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	
8	J'ai pu corriger chaque erreur simplement et rapidement	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	
9	L'information fournie par le système, telle que l'aide en ligne, les messages, la documentation, était clairement fournie par le système	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	
10	J'ai trouvé facilement l'information dont j'avais besoin	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	
11	L'information m'a été utile pour réaliser les tâches et scénarios	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	
12	L'information était clairement présentée à l'écran	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	
13	L'interface du système était agréable	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	
14	J'ai aimé utiliser l'interface du système	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	
15	Le système disposait de toutes les fonctions que je souhaitais	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	
16	Globalement, je suis satisfait du système	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	

GESTURE CAPTURE SHEET

Participant ID: _____ Experiment name: _____ Date: 25/01/2014 - Part 1 of 1

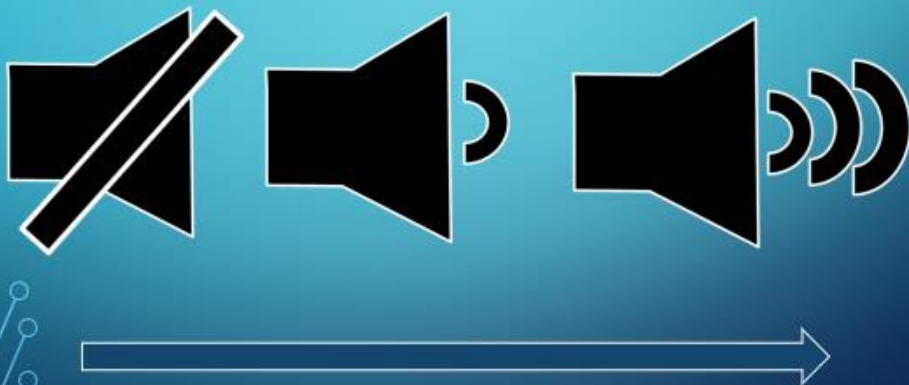
Gesture ID: <u>Volcan up</u> index clic	Textual description: <u>25.60</u> sec.	Gesture ID: <u>Volc down</u> index clic + bas	Textual description: <u>16.73</u> sec
Thinking time: <u>6.45</u>	Score (1..7):	Thinking time: <u>6.45</u>	Score (1..7):
Gesture ID: <u>"OK"</u> OK main	Textual description: <u>6.55</u>	Gesture ID: <u>"KO"</u> pouce bas	Textual description: <u>8.33</u> sec
Thinking time: <u>6.47</u>	Score (1..7):	Thinking time: <u>6.51</u>	Score (1..7):
Gesture ID: <u>main up</u> main hand plot.	Textual description: <u>7</u> sec	Gesture ID: <u>main down</u> main hand plot.	Textual description: <u>2.78</u> sec
Thinking time: <u>6.51</u>	Score (1..7):	Thinking time: <u>6.56</u>	Score (1..7):
Gesture ID: <u>A index on</u> spiral index horizontal	Textual description: <u>27.37</u>	Gesture ID: <u>A index off</u> spiral index on horizontal	Textual description: <u>3.13</u>
Thinking time: <u>6.66</u>	Score (1..7):	Thinking time: <u>6.66</u>	Score (1..7):



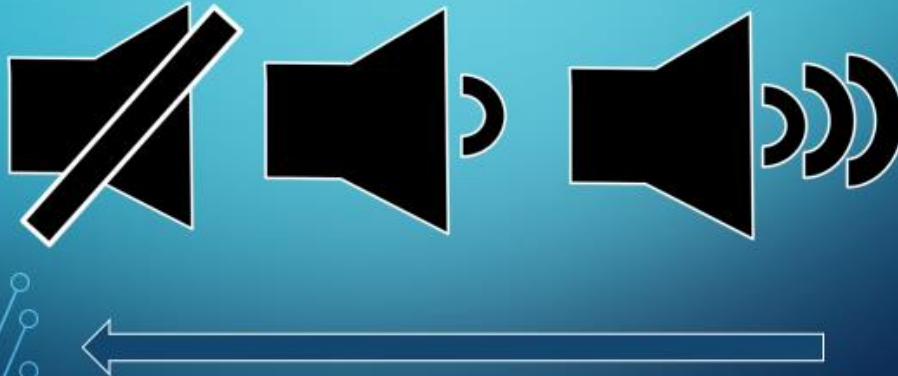
LANCER UNE VIDÉO



AUGMENTER LE VOLUME



DIMINUER LE VOLUME



PASSER À L'ÉLÉMENT SUIVANT D'UNE LISTE

The diagram illustrates the concept of navigating to the next item in a list. It shows two identical tables side-by-side, with a blue arrow pointing from the first table to the second table, indicating a transition to the next item.

	Acrobat Reader DC	11-12-20 01:02	Raccourci	3 Ko
	Anki	26-03-21 00:37	Raccourci	1 Ko
	Google Chrome	01-08-20 00:24	Raccourci	3 Ko
	Microsoft Edge	18-09-21 11:44	Raccourci	3 Ko
	Microsoft Teams	14-09-21 20:11	Raccourci	3 Ko
	Spotify	13-02-19 22:58	Raccourci	2 Ko
	TeamSpeak 3 Client	23-02-19 17:32	Raccourci	1 Ko

	Acrobat Reader DC	11-12-20 01:02	Raccourci	3 Ko
	Anki	26-03-21 00:37	Raccourci	1 Ko
	Google Chrome	01-08-20 00:24	Raccourci	3 Ko
	Microsoft Edge	18-09-21 11:44	Raccourci	3 Ko
	Microsoft Teams	14-09-21 20:11	Raccourci	3 Ko
	Spotify	13-02-19 22:58	Raccourci	2 Ko
	TeamSpeak 3 Client	23-02-19 17:32	Raccourci	1 Ko

PASSER À L'ÉLÉMENT PRÉCÉDENT D'UNE LISTE

Acrobat Reader DC	11-12-20 01:02	Raccourci	3 Ko
Anki	26-03-21 00:37	Raccourci	1 Ko
Google Chrome	01-08-20 00:24	Raccourci	3 Ko
Microsoft Edge	18-09-21 11:44	Raccourci	3 Ko
Microsoft Teams	14-09-21 20:11	Raccourci	3 Ko
Spotify	13-02-19 22:58	Raccourci	2 Ko
TeamSpeak 3 Client	23-02-19 17:32	Raccourci	1 Ko



Acrobat Reader DC	11-12-20 01:02	Raccourci	3 Ko
Anki	26-03-21 00:37	Raccourci	1 Ko
Google Chrome	01-08-20 00:24	Raccourci	3 Ko
Microsoft Edge	18-09-21 11:44	Raccourci	3 Ko
Microsoft Teams	14-09-21 20:11	Raccourci	3 Ko
Spotify	13-02-19 22:58	Raccourci	2 Ko
TeamSpeak 3 Client	23-02-19 17:32	Raccourci	1 Ko

ALLUMER L'AIR CONDITIONNÉ



ÉTEINDRE L'AIR CONDITIONNÉ



OFF

ALLUMER LA LUMIÈRE



ÉTEINDRE LA LUMIÈRE



AUGMENTER LA LUMINOSITÉ



DIMINUER LA LUMINOSITÉ



ACCEPTER



REFUSER



DESSINER UNE LETTRE

A B C D E
F G H I J
K L M N
O P Q R
S T U V
W X Y Z

A decorative graphic on the left side of the slide, consisting of a network of white lines and small circles on a blue gradient background, resembling a circuit board or a stylized tree structure.

DESSINER UNE FORME

A decorative graphic on the left side of the slide, consisting of a network of white lines and small circles on a blue gradient background, resembling a circuit board or a stylized tree structure.

ECRIRE « OK »



ECRIRE « KO »

Annexe B : Questionnaire utilisé lors de l'étude d'identification

Données personnelles	⌵	⋮
Description (facultative)		
Nom de famille *		
Réponse courte		
Prénom *		
Réponse courte		
Genre *		
☐ Homme		
☐ Femme		
☐ Autre...		
Âge (années) *		
Réponse courte		
Profession *		
☐ Etudiant		
☐ Employé		
☐ Cadre		
☐ Indépendant		
☐ Pensionné		
☐ Chômeur		
☐ Autre...		

Réponse courte

Réponse courte

[illegible][illegible][illegible][illegible][illegible]

Connaissez vous l'appareil utilisé dans l'expérience : le bracelet Kinemic *

- ☐ Oui
- ☐ Non

Utilisez-vous fréquemment ? *

- | | | | | | | | | |
|--------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| Jamais | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | Fréquemment |

Association action - geste



Les questions suivantes portent chacune sur une action qui peut être appelée via un geste détectable par le bracelet Kinemic.

L'objectif est que vous choisissiez parmi les proposition un geste pour chaque action. Sélectionnez celui qui vous paraît le plus adapté/logique/pratique.

Imaginez-vous avoir un bracelet Kinemic autour du poignet et faire des gestes avec votre main, bras et poignet dans les airs.

Allumer la télévision *

- ☐ Appuyer sur le bouton d'une télécommande imaginaire avec son pouce
- ☐ Frapper dans ses mains/Aplaudir
- ☐ Tendre le bras pour appuyer sur un bouton devant soi

Eteindre la télévision *

- ☐ Appuyer sur le bouton d'une télécommande imaginaire avec son pouce
- ☐ Fermer la main
- ☐ Frapper dans ses mains/Aplaudir
- ☐ Tendre le bras pour appuyer sur un bouton devant soi
- ☐ Descendre la main vers le sol avec la paume à plat et orientée vers le sol

Lancer une vidéo *

- ☐ Tendre le bras pour appuyer sur un bouton devant soi
- ☐ Claquer des doigts
- ☐ Secouer la main

Lancer une vidéo *

- ☐ Tendre le bras pour appuyer sur un bouton devant soi
- ☐ Claquer des doigts
- ☐ Secouer la main

Augmenter le volume *

- ☐ Monter la main vers le haut avec la paume à plat et orientée vers le plafond
- ☐ Faire pivoter son poignet dans le sens horaire
- ☐ Balayer vers le haut (du poignet ou du bras)
- ☐ Dessiner un cercle avec son index dans le sens horaire
- ☐ Secouer la main

Diminuer le volume *

- ☐ Descendre la main vers le sol avec la paume à plat et orientée vers le sol
- ☐ Faire pivoter son poignet dans le sens anti-horaire
- ☐ Fermer la main
- ☐ Balayer vers le bas (du poignet ou du bras)
- ☐ Dessiner un cercle avec son index dans le sens anti-horaire

Passer à l'élément suivant d'une liste *

- ☐ Balayer vers le bas (du poignet ou du bras)
- ☐ Balayer vers le haut (du poignet ou du bras)
- ☐ Balayer vers la droite (du poignet ou du bras)
- ☐ Balayer vers la gauche (du poignet ou du bras)
- ☐ Faire un mouvement en arc de cercle avec son avant-bras (comme des essuie-glaces)

Passer à l'élément précédent d'une liste *

- ☐ Balayer vers le haut (du poignet ou du bras)
 - ☐ Balayer vers la gauche (du poignet ou du bras)
 - ☐ Balayer vers le bas (du poignet ou du bras)
 - ☐ Balayer vers la droite (du poignet ou du bras)
 - ☐ Faire un mouvement en arc de cercle avec son avant-bras (comme des essuie-glaces)
-

Allumer l'air conditionné *

- ☐ Lever le bras au plafond
 - ☐ Faire un mouvement en arc de cercle avec son avant-bras (comme des essuie-glaces)
 - ☐ Secouer la main
 - ☐ Dessiner un cercle avec son index dans le sens horaire
 - ☐ Balayer vers la droite (du poignet ou du bras)
-

Eteindre l'air conditionné *

- ☐ Lever le bras au plafond
 - ☐ Faire un mouvement en arc de cercle avec son avant-bras (comme des essuie-glaces)
 - ☐ Dessiner un cercle avec son index dans le sens anti-horaire
 - ☐ Balayer vers la gauche (du poignet ou du bras)
 - ☐ Secouer la main
-

Allumer la lumière *

- ☐ Frapper dans ses mains/Aplaudir
 - ☐ Ouvrir la main
 - ☐ Tendre le bras pour appuyer sur un bouton devant soi
 - ☐ Monter la main vers le haut avec la paume à plat et orientée vers le plafond
 - ☐ Balayer vers le bas (du poignet ou du bras)
-

Eteindre la lumière *

- ☐ Fermer la main
 - ☐ Descendre la main vers le sol avec la paume à plat et orientée vers le sol
 - ☐ Frapper dans ses mains/ Applaudir
 - ☐ Balayer vers le bas (du poignet ou du bras)
 - ☐ Tendre le bras pour appuyer sur un bouton devant soi
-

Augmenter la luminosité *

- ☐ Monter la main vers le haut avec la paume à plat et orientée vers le plafond
 - ☐ Tendre le bras pour appuyer sur un bouton devant soi
 - ☐ Ouvrir la main
 - ☐ Faire pivoter son poignet dans le sens horaire
 - ☐ Balayer vers le haut (du poignet ou du bras)
-

Diminuer la luminosité *

- ☐ Descendre la main vers le sol avec la paume à plat et orientée vers le sol
- ☐ Fermer la main
- ☐ Faire pivoter son poignet dans le sens anti-horaire
- ☐ Tendre le bras pour appuyer sur un bouton devant soi

Accepter *

- ☐ Pouce vers le haut
- ☐ Dessinez une coche (✓)
- ☐ Balayer vers la droite (du poignet ou du bras)

Refuser *

- ☐ Pouce vers le bas
- ☐ Dessiner une croix (X)
- ☐ Secouer la main
- ☐ Balayer vers la gauche (du poignet ou du bras)
- ☐ Faire signe/coucou de la main

Ecrire "OK" *

- ☐ Faire le signe "OK" en touchant son index avec son pouce
- ☐ Dessiner les lettres O et K
- ☐ Pouce vers le haut
- ☐ Dessinez une coche (✓)

Ecrire "KO" *

- ☐ Dessiner une lettre ou une forme
- ☐ Pouce vers le bas
- ☐ Secouer la main
- ☐ Dessiner une croix (X)
- ☐ Faire le signe "OK" vers le bas (la main pointe vers le sol)

Annexe C : Catalogue de gestes théorique

ID	Nom dans la référence	Nom commun	Image	Description	Référent	Senseur	Plateforme	Source	Année	Geste de base du Kinemic	Utilisateurs
1	Avancer la paume	Avancer la paume		Avancer la paume vers l'avant	Ouvrir le menu principal	Senseur visuel (webcam)	Smart television	12	2015	Non	Non précisé
2	Stop	Avancer la paume		Avancer la paume vers l'avant	Stop	Senseur visuel	Drone	8	2015	Non	Non précisé
3	Pousser vers l'avant	Avancer la paume		Avancer la paume vers l'avant	Allumer la TV / Sélectionner une chaîne / Pause / Reprendre / Jouer une musique	Non précisé	Télévision	53	2012	Non	Non précisé
4	Pousser dans l'air	Avancer la paume		Avancer la paume vers l'avant	Sélectionner un élément	Senseur visuel	Console de jeu	46	2013	Non	Non précisé
5	Pousser sa main à plat vers l'avant	Avancer la paume		Avancer la paume vers l'avant	Supprimer	Senseur visuel, inertiel et électromyographique	Smartwatch	24	2016	Non	Non précisé
6	Lever/baisser la main	Lever/baisser la paume		Lever et baisser la main avec la paume à la verticale	Monter/descendre	Senseur visuel (webcam)	Smart television	12	2015	Non	Non précisé
7	Lever la main	Lever/baisser la paume		Lever et baisser la main avec la paume à la verticale	Augmenter le volume	Senseur visuel	Télévision	54	2016	Non	Non précisé

ID	Norm dans la références	Norm commun	Image	Description	Référent	Senseur	Plateforme	Source	Année	Geste de base du Kinemio	Utilisateurs
8	Baisser la main	Lever/baisser la paume		Lever et baisser la main avec la paume à la verticale	Baisser le volume	Senseur visuel	Télévision	54	2016	Non	Non précisé
9	Monter la main	Lever/baisser la paume		Lever et baisser la main avec la paume à la verticale	Augmenter le volume	Non précisé	Télévision	53	2012	Non	Non précisé
10	Baisser la main	Lever/baisser la paume		Lever et baisser la main avec la paume à la verticale	Baisser le volume	Non précisé	Télévision	53	2012	Non	Non précisé
11	Monter et descendre la main	Lever/baisser la paume		Lever et baisser la main avec la paume à la verticale	Augmenter/baisser le volume	Senseur visuel	Console de jeu	46	2013	Non	Non précisé
12	Pointer	Pointer		Tendre le bras pour pointer avec l'index	Ouvrir les options/sous-menu	Senseur visuel (webcam)	Smart television	12	2015	Non	Non précisé
13	Appuyer dans les airs	Pointer		Tendre le bras pour pointer avec l'index	Ouvrir/fermer	Senseur visuel (webcam)	Smart television	11	2016	Non	Aveugles
14	Appuyer avec un doigt	Pointer		Tendre le bras pour pointer avec l'index	Ouvrir	Pas de senseur particulier	Non précisé	9	2017	Non	Non précisé

ID	Nom dans la référence	Nom commun	Image	Description	Référent	Senseur	Plateforme	Source	Année	Geste de base du Kinemic	Utilisateurs
15	Pointer	Pointer		Tendre le bras pour pointer avec l'index	Allumer/éteindre la télévision	Senseur visuel	Télévision	54	2016	Non	Non précisé
16	Pointer	Pointer		Tendre le bras pour pointer avec l'index	Préciser une localisation	Senseur visuel	Drone	8	2015	Non	Non précisé
17	Pointer avec l'index	Pointer		Tendre le bras pour pointer avec l'index	Désactiver l'appareil	Senseur visuel, inertiel et électromyographique	Smartwatch	24	2016	Non	Non précisé
18	Pointer	Pointer		Tendre le bras pour pointer avec l'index	Sélectionner	Senseur visuel (Kinect)	Non précisé	39	2015	Non	Non précisé
19	Pointer avec l'index	Pointer		Tendre le bras pour pointer avec l'index	Non précisé	Senseur visuel (RGB camera)	Réalité augmentée	28	2013	Non	Non précisé
20	Pousser et pointer	Pousser et pointer		Avancer la paume vers l'avant puis pointer avec l'index	Ouvrir les options/sous-menu	Senseur visuel (webcam)	Smart television	12	2015	Non	Non précisé
21	Déplacer la main à gauche et à droite	Balayer vers la gauche ou la droite		Balayer de la main vers la gauche et/ou la droite	Chaine suivante/précédente	Senseur visuel (webcam)	Smart television	12	2015	Non	Non précisé

ID	Nom dans la référence	Nom commun	Image	Description	Référent	Senseur	Plateforme	Source	Année	Geste de base du Kinemic	Utilisateurs
22	Déplacer la main à gauche et à droite	Balayer vers la gauche ou la droite		Balayer de la main vers la gauche et/ou la droite	Suivant/précédent	Senseur visuel (webcam)	Smart television	11	2016	Non	Aveugles
23	Déplacer la main à gauche et à droite horizontalement	Balayer vers la gauche ou la droite		Balayer de la main vers la gauche et/ou la droite	Faire un panoramique	Senseur visuel (Kinect)	Non précisé	9	2017	Non	Non précisé
24	Déplacer la main horizontalement vers la droite	Balayer vers la gauche ou la droite		Balayer de la main vers la gauche et/ou la droite	Retour	Senseur visuel (Kinect)	Non précisé	9	2017	Non	Non précisé
25	Balayer vers la droite	Balayer vers la gauche ou la droite		Balayer de la main vers la gauche et/ou la droite	Revenir à la chaîne précédente	Senseur visuel	Télévision	54	2016	Non	Non précisé
26	Balayer vers la gauche	Balayer vers la gauche ou la droite		Balayer de la main vers la gauche et/ou la droite	Passer à la chaîne suivante	Senseur visuel	Télévision	54	2016	Non	Non précisé
27	Balayer vers la droite	Balayer vers la gauche ou la droite		Balayer de la main vers la gauche et/ou la droite	Fermer	Senseur visuel	Console de jeu	46	2013	Non	Non précisé
28	Balayer de l'extérieur vers l'intérieur	Balayer vers la gauche ou la droite		Balayer de la main vers la gauche et/ou la droite	Ouvrir l'application	Senseur visuel, inertiel et électromyographique	Smartwatch	24	2016	Non	Non précisé

ID	Nom dans la référence	Nom commun	Image	Description	Référent	Senseur	Plateforme	Source	Année	Geste de base du Kinemic	Utilisateurs
28											
29	Balayer vers la gauche	Balayer vers la gauche ou la droite		Balayer de la main vers la gauche et/ou la droite	Déplacer vers la gauche	Senseur visuel (Kinect)	Non précisé	39	2015	Non	Non précisé
30	Secouer sont avant-bras de gauche à droite	Balayer vers la gauche ou la droite		Balayer de la main vers la gauche et/ou la droite	Piste audio suivante	Senseur visuel, inertiel et électromyographique	Smartwatch	24	2016	Non	Non précisé
31	Déplacer la main de gauche à droite	Balayer vers la gauche ou la droite		Balayer de la main vers la gauche et/ou la droite	Précédent	Senseur visuel (leap motion)	Television	56	2015	Non	Non précisé
32	Déplacer la main de droite à gauche	Balayer vers la gauche ou la droite		Balayer de la main vers la gauche et/ou la droite	Suivant	Senseur visuel (leap motion)	Television	56	2015	Non	Non précisé
33	Balayer vers l'extérieur (gauche)	Balayer vers la gauche ou la droite		Balayer de la main vers la gauche et/ou la droite	Ouvrir le menu horizontal	Senseur visuel (RGB camera)	Réalité augmentée	28	2013	Non	Non précisé
34	Balayer vers l'intérieur (droite)	Balayer vers la gauche ou la droite		Balayer de la main vers la gauche et/ou la droite	Fermer le menu horizontal	Senseur visuel (RGB camera)	Réalité augmentée	28	2013	Non	Non précisé
35	Balayer vers la droite	Balayer vers la droite avec la paume verticale		Déplacer la main vers la droite avec la paume à la verticale	Passer à la chaîne précédente / Passer à la chanson précédente	Non précisé	Télévision	53	2012	Non	Non précisé

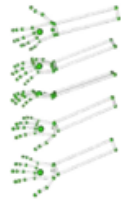
ID	Nom dans la référence	Nom commun	Image	Description	Référent	Senseur	Plateforme	Source	Année	Geste de base du Kinemio	Utilisateurs
35	Balayer vers la gauche	Balayer vers la gauche avec la paume verticale		Déplacer la main vers la gauche avec la paume à la verticale	Passer à la chaîne suivante / Passer à la chanson suivante	Non précisé	Télévision	53	2012	Non	Non précisé
36	Double balayage vers la droite	Double balayage vers la droite avec la paume verticale		Déplacer la main vers la droite, puis la gauche, puis la droite avec la paume à la verticale	Avance rapide	Non précisé	Télévision	53	2012	Non	Non précisé
37	Double balayage vers la gauche	Double balayage vers la gauche avec la paume verticale		Déplacer la main vers la gauche, puis la droite, puis la gauche avec la paume à la verticale	Rembobinage rapide	Non précisé	Télévision	53	2012	Non	Non précisé
38	Accouper vers la gauche	Accouper vers la gauche		Similaire à un balayage vers la gauche mais avec un mouvement de très petite taille, seul le poignet bouge, pas l'avant bras	Préédent	Senseur inertielle	Smartphone	38	2011	Oui	Non précisé
39	Accouper vers la gauche	Accouper vers la gauche		Similaire à un balayage vers la gauche mais avec un mouvement de très petite taille, seul le poignet bouge, pas l'avant bras	Non précisé	Senseur inertielle : gyroscope + accéléromètre	Smartphone	23	2017	Oui	Non précisé
40	Accouper vers la gauche	Accouper vers la gauche		Similaire à un balayage vers la gauche mais avec un mouvement de très petite taille, seul le poignet bouge, pas l'avant bras	Suivant	Senseur visuel	Console de jeu	46	2013	Oui	Non précisé
41	Accouper vers la droite	Accouper vers la droite		Similaire à un balayage vers la droite mais avec un mouvement de très petite taille, seul le poignet bouge, pas l'avant bras	Suivant	Senseur inertielle	Smartphone	38	2011	Oui	Non précisé

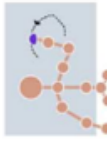
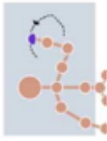
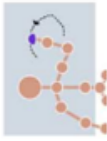
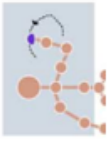
ID	Nom dans la référence	Nom commun	Image	Description	Référent	Senseur	Plateforme	Source	Année	Geste de base du Kinemio	Utilisateurs
43	Accouper vers la droite	Accouper vers la droite		Similaire à un balayage vers la droite mais avec un mouvement de très petite taille, seul le poignet bouge, pas l'avant bras	Non précisé	Senseur inertiel : gyroscope + accéléromètre	Smartphone	23	2017	Oui	Non-précisé
44	Accouper vers la droite	Accouper vers la droite		Similaire à un balayage vers la droite mais avec un mouvement de très petite taille, seul le poignet bouge, pas l'avant bras	Précédent	Senseur visuel	Console de jeu	46	2013	Oui	Non-précisé
45	Mouvement circulaire de la main	Mouvement circulaire de la main		Tracer un cercle avec la main dont la paume est verticale	Revenir à la dernière chaîne visionnée	Senseur visuel (webcam)	Smart television	12	2015	Non	Non-précisé
46	Signe au revoir de la main	Faire signe de la main		Faire signe de la main en la bougeant de gauche à droite avec la paume verticale	Eteindre la TV	Senseur visuel (webcam)	Smart television	12	2015	Non	Non-précisé
47	Signe au revoir de la main	Faire signe de la main		Faire signe de la main en la bougeant de gauche à droite avec la paume verticale	Geste CN	Senseur visuel (Kinect)	Non précisé	9	2017	Non	Non-précisé
48	Signe au revoir de la main	Faire signe de la main		Faire signe de la main en la bougeant de gauche à droite avec la paume verticale	Eteindre la TV	Non précisé	Télévision	53	2012	Non	Non-précisé
49	Signe de la main	Faire signe de la main		Faire signe de la main en la bougeant de gauche à droite avec la paume verticale	Cacher le menu / Non	Senseur visuel (leap motion)	Television	56	2015	Non	Non-précisé

ID	Nom dans la référence	Nom commun	Image	Description	Référent	Senseur	Plateforme	Source	Année	Geste de base du Kinemio	Utilisateurs
50	Lever la main	Lever la main, paume vers le haut		Monter la main avec la paume orientée vers le plafond	Augmenter le volume	Senseur visuel (webcam)	Smart television	12	2015	Non	Non précisé
51	Lever la paume	Lever la main, paume vers le haut		Monter la main avec la paume orientée vers le plafond	Augmenter le volume	Senseur visuel (webcam)	Smart television	11	2016	Non	Aveugles
52	Déplacer la main vers le haut	Lever la main, paume vers le haut		Monter la main avec la paume orientée vers le plafond	Augmenter le volume	Senseur visuel (Kinect)	Non précisé	9	2017	Non	Non précisé
53	Monter la main	Lever la main, paume vers le haut		Monter la main avec la paume orientée vers le plafond	Rapprocher	Senseur visuel	Drone	8	2015	Non	Non précisé
54	Bouger le bras de bas en haut	Lever la main, paume vers le haut		Monter la main avec la paume orientée vers le plafond	Revenir à l'élément précédent (slider)	Senseur visuel, inertiel et électromyographique	Smartwatch	24	2016	Non	Non précisé
55	Monter la main	Lever la main		Monter la main avec la paume orientée vers le sol	Augmenter le volume	Senseur visuel (leap motion)	Television	56	2015	Non	Non précisé
56	Baisser la main	Baisser la main, paume vers le bas		Baisser la main avec la paume orientée vers le sol	Baisser le volume	Senseur visuel (webcam)	Smart television	12	2015	Non	Non précisé

ID	Nom dans la référence	Nom commun	Image	Description	Référent	Senseur	Plateforme	Source	Année	Geste de base du Kinemic	Utilisateurs
57	Baisser la paume	Baisser la main		Baisser la main avec la paume orientée vers le sol	Baisser le volume	Senseur visuel (webcam)	Smart television	11	2016	Non	Aveugles
58	Balayage lent vers le bas	Baisser la main		Baisser la main avec la paume orientée vers le sol	Sélectionner un objet	Senseur visuel, Inertiel et électromyographique	Smartwatch	24	2016	Non	Non précisé
59	Baisser la main	Baisser la main		Baisser la main avec la paume orientée vers le sol	Diminuer le volume	Senseur visuel (leap motion)	Television	56	2015	Non	Non précisé
60	Mettre sa main devant sa bouche	Mettre sa main devant sa bouche		Mettre sa main devant sa bouche	Désactiver/activer le volume	Senseur visuel (webcam)	Smart television	12	2015	Non	Non précisé
61	Déplacer sa main sur sa bouche	Mettre sa main devant sa bouche		Mettre sa main devant sa bouche	Refaire	Senseur visuel, Inertiel et électromyographique	Smartwatch	24	2016	Non	Non précisé
62	Amener son téléphone à sa bouche	Mettre sa main devant sa bouche		Mettre sa main devant sa bouche	Recherche vocale	Senseur Inertiel	Smartphone	38	2011	Non	Non précisé
63	Fermer la paume	Fermer la main		Fermer la main	Reprendre	Senseur visuel (webcam)	Smart television	11	2016	Non	Aveugles

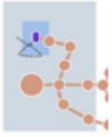
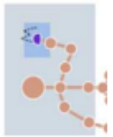
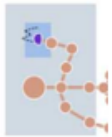
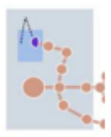
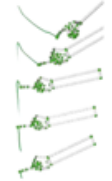
ID	Nom dans la référence	Nom commun	Image	Description	Référent	Senseur	Plateforme	Source	Année	Geste de base du Kinemic	Utilisateurs
64	Former un poing	Fermer la main		Fermer la main	Agrandir	Senseur visuel, inertielle et électromyographique	Smartwatch	24	2016	Non	Non précisé
65	Fermer la paume	Fermer la main		Fermer la main	Fermer	Senseur visuel (leap motion)	Television	56	2015	Non	Non précisé
66	Ouvrir la paume	Ouvrir la main		Ouvrir la main	Mettre sur pause	Senseur visuel (webcam)	Smart television	11	2016	Non	Aveugles
67	Ouvrir la main	Ouvrir la main		Ouvrir la main	Ouvrir le menu	Senseur visuel	Console de jeu	46	2013	Non	Non précisé
68	Ecarter les doigts	Ouvrir la main		Ouvrir la main	Monter d'un élément dans une liste	Senseur visuel, inertielle et électromyographique	Smartwatch	24	2016	Non	Non précisé
69	Ouvrir la paume	Ouvrir la main		Ouvrir la main	Ouvrir	Senseur visuel (leap motion)	Television	56	2015	Non	Non précisé
70	Ouvrir la main doigts écartés	Ouvrir la main		Ouvrir la main	Non précisé	Senseur visuel (RGB camera)	Réalité augmentée	28	2013	Non	Non précisé

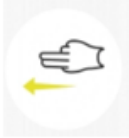
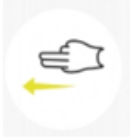
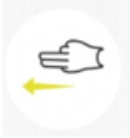
ID	Nom dans la référence	Nom commun	Image	Description	Référent	Senseur	Plateforme	Source	Année	Geste de base du Kinemic	Utilisateurs
71	Faire tourner le bouton des chaînes	Effectuer une rotation du poignet		Faire tourner son poignet de 90° vers la gauche ou la droite	Changer de chaîne	Senseur visuel (webcam)	Smart television	11	2016	Oui	Non précisé
72	Double flip	Effectuer une rotation du poignet		Faire tourner son poignet de 90° vers la gauche ou la droite	Non précisé	Senseur inertiel : gyroscope + accéléromètre	Smartphone	23	2017	Oui	Non précisé
73	Faire un rotation de l'avant bras vers l'extérieur lentement (supination)	Effectuer une rotation du poignet		Faire tourner son poignet de 90° vers la gauche ou la droite	Annuler	Senseur visuel inertiel et électromyographique	Smartwatch	24	2016	Oui	Non précisé
74	Faire un rotation de l'avant bras vers l'intérieur (supination)	Effectuer une rotation du poignet		Faire tourner son poignet de 90° vers la gauche ou la droite	Descendre d'un élément (liste)	Senseur visuel inertiel et électromyographique	Smartwatch	24	2016	Oui	Non précisé
75	Rotation du poignet (supination)	Effectuer une rotation du poignet		Faire tourner son poignet de 90° vers la gauche ou la droite	Non précisé	Senseur inertiel et électromyographique	Non précisé	33	2019	Oui	Etudiants
76	Rotation du poignet (pronation)	Effectuer une rotation du poignet		Faire tourner son poignet de 90° vers la gauche ou la droite	Non précisé	Senseur inertiel et électromyographique	Non précisé	33	2019	Oui	Etudiants
77	Rotation de la paume d'une orientation vers le sol à une orientation vers le plafond	Rotation du poignet de 180° en supination		Faire tourner son poignet de 180° vers la droite	Aller sur une chaîne aléatoire	Senseur visuel (leap motion)	Television	56	2015	Oui	Non précisé

ID	Nom dans la référence	Nom commun	Image	Description	Référent	Senseur	Plateforme	Source	Année	Geste de base du Kinemic	Utilisateurs
78	Dessiner un cercle	Dessiner un petit cercle		Dessiner un petit cercle avec son index, en ne bougeant presque pas l'avant bras	TV Guide	Senseur visuel (webcam)	Smart television	11	2016	Oui	Aveugles
79	Dessiner un cercle en sens horaire	Dessiner un petit cercle		Dessiner un petit cercle avec son index, en ne bougeant presque pas l'avant bras	Augmenter la vitesse	Senseur visuel (RGB camera)	Réalité augmentée	28	2013	Oui	Non précisé
80	Dessiner un cercle en sens anti-horaire	Dessiner un petit cercle		Dessiner un petit cercle avec son index, en ne bougeant presque pas l'avant bras	Diminuer la vitesse	Senseur visuel (RGB camera)	Réalité augmentée	28	2013	Oui	Non précisé
81	Dessiner un cercle anti-horaire	Dessiner un cercle anti-horaire		Dessiner un cercle anti-horaire de rayon relativement grand en bougeant sont avant-bras	Annuler	Senseur visuel	Console de jeu	46	2013	Non	Non précisé
82	Mouvement circulaire de l'avant-bras vers l'intérieur	Dessiner un cercle		Dessiner un cercle anti-horaire de rayon relativement grand en bougeant sont avant-bras	Baisser le volume	Senseur visuel, inertiel et électromyographique	Smartwatch	24	2016	Non	Non précisé
83	Dessiner un cercle anti-horaire	Dessiner un cercle		Dessiner un cercle anti-horaire de rayon relativement grand en bougeant sont avant-bras	Annuler	Senseur visuel (Kinect)	Non précisé	39	2015	Non	Non précisé
84	Dessiner un cercle anti-horaire	Dessiner un cercle		Dessiner un cercle anti-horaire de rayon relativement grand en bougeant sont avant-bras	Chaine précédente	Senseur visuel (leap motion)	Television	56	2015	Non	Non précisé

ID	Nom dans la référence	Nom commun	Image	Description	Préférent	Senseur	Plateforme	Source	Année	Geste de base du Kinemic	Utilisateurs
85	Taper dans ses mains	Taper dans ses mains		Taper dans ses mains	Chaine favorite	Senseur visuel (webcam)	Smart television	11	2016	Non	Aveugles
86	Ouvrir un livre	Ecarter ses deux mains		Ecarter ses deux mains jointes, comme pour ouvrir un livre	Menu	Senseur visuel (webcam)	Smart television	11	2016	Non	Aveugles
87	Séparer ses deux pour imiter ouvrir un livre	Ecarter ses deux mains		Ecarter ses deux mains jointes, comme pour ouvrir un livre	Copier	Senseur visuel (RIGB camera)	Réalité augmentée	28	2013	Non	Non précisé
88	Signe OK	Signe OK		Faire le signe OK en touchant son pouce et son index	Oui	Senseur visuel (webcam)	Smart television	11	2016	Non	Aveugles
89	Signe OK	Signe OK		Faire le signe OK en touchant son pouce et son index	Confirmer	Senseur visuel	Télévision	54	2016	Non	Non précisé
90	Mains sur les oreilles	Mettre sa main sur son oreille		Mettre sa main sur son oreille	Guide audio	Senseur visuel (webcam)	Smart television	11	2016	Oui	Aveugles
91	Déplacer sa main sur son oreille	Mettre sa main sur son oreille		Mettre sa main sur son oreille	Ouvrir le menu	Senseur visuel, inertiel et électromyographique	Smartwatch	24	2016	Oui	Non précisé

ID	Nom dans la référence	Nom commun	Image	Description	Référent	Senseur	Plateforme	Source	Année	Geste de base du Kinemic	Utilisateurs
92	Placer le téléphone au niveau de l'oreille	Mettre sa main sur son oreille		Mettre sa main sur son oreille	Répondre à un appel / Lancer un appel	Senseur inertielle	Smartphone	38	2011	Oui	Non précisé
93	Croiser les bras	Croiser les bras ou les mains		Croiser ses bras ou ses mains (forme X)	Geste OFF	Senseur visuel (Kinect)	Non précisé	9	2017	Non	Non précisé
94	Croiser les mains	Croiser les bras ou les mains		Croiser ses bras ou ses mains (forme X)	Désactiver/activer le volume	Non précisé	Télévision	53	2012	Non	Non précisé
95	Dessiner un point d'interrogation	Dessiner une forme ou un lettre		Faire le tracé dans les airs d'une forme ou d'un lettre	Aide	Senseur visuel (Kinect)	Non précisé	9	2017	Air mouse	Non précisé
96	Dessiner un point d'interrogation	Dessiner une forme ou un lettre		Faire le tracé dans les airs d'une forme ou d'un lettre	Aide	Senseur visuel	Console de jeu	46	2013	Air mouse	Non précisé
97	Dessiner un point d'interrogation	Dessiner une forme ou un lettre		Faire le tracé dans les airs d'une forme ou d'un lettre	Panorama	Senseur visuel, inertielle et électromyographique	Smartwatch	24	2016	Air mouse	Non précisé
98	Dessiner un rectangle	Dessiner une forme ou un lettre		Faire le tracé dans les airs d'une forme ou d'un lettre	Créer nouveau	Senseur visuel	Console de jeu	46	2013	Air mouse	Non précisé

ID	Nom dans la référence	Nom commun	Image	Description	Préférent	Senseur	Plateforme	Source	Année	Geste de base du Kinemic	Utilisateurs
99	Dessiner une croix	Desiner une forme ou une lettre		Faire le tracé dans les airs d'une forme ou d'un lettre	Fermer	Senseur visuel	Console de jeu	46	2013	Air mouse	Non précisé
100	Dessiner un M	Desiner une forme ou une lettre		Faire le tracé dans les airs d'une forme ou d'un lettre	Ouvrir le menu	Senseur visuel	Console de jeu	46	2013	Air mouse	Non précisé
101	Dessiner la lettre M	Desiner une forme ou une lettre		Faire le tracé dans les airs d'une forme ou d'un lettre	Ouvrir le menu	Senseur visuel (leap motion)	Television	56	2015	Air mouse	Non précisé
102	Dessiner une flèche pointée vers la droite	Desiner une forme ou une lettre		Faire le tracé dans les airs d'une forme ou d'un lettre	Lancer la vidéo/l'audio	Senseur visuel	Console de jeu	46	2013	Air mouse	Non précisé
103	Dessiner un 7	Desiner une forme ou une lettre		Faire le tracé dans les airs d'une forme ou d'un lettre	Aller sur la chaine n°7	Senseur visuel (leap motion)	Television	56	2015	Air mouse	Non précisé
104	Balayer vers le bas avec la main	Balayer vers le bas		Déplacer sa main vers le bas	Accès menu	Senseur visuel (Kinect)	Non précisé	9	2017	Oui	Non précisé
105	Balayer lent vers le bas	Balayer vers le bas		Déplacer sa main vers le bas	Sélectionner un objet	Senseur visuel, inertiel et électromyographique	Smartwatch	24	2016	Oui	Non précisé

ID	Nom dans la référence	Nom commun	Image	Description	Référent	Senseur	Plateforme	Source	Année	Geste de base du Kinemic	Utilisateurs
106	Accouper vers le bas	Balayer vers le bas		Déplacer sa main vers le bas	Désactiver le son	Senseur visuel, inertielle et électromyographique	Smartwatch	24	2016	Oui	Non précisé
107	Pousser vers le bas	Balayer vers le bas		Déplacer sa main vers le bas	Fermer le menu vertical	Senseur visuel (RGB camera)	Réalité augmentée	28	2013	Oui	Non précisé
108	Accouper vers le haut	Balayer vers le haut		Déplacer sa main vers le haut	Non précisé	Senseur actif : gyroscope + accéléromètre	Smartphone	23	2017	Oui	Non précisé
109	Accouper vers le haut	Balayer vers le haut		Déplacer sa main vers le haut	Appel d'urgence	Senseur visuel, inertielle et électromyographique	Smartwatch	24	2016	Oui	Non précisé
110	Tirer vers le haut	Balayer vers le haut		Déplacer sa main vers le haut	Ouvrir le menu vertical	Senseur visuel (RGB camera)	Réalité augmentée	28	2013	Oui	Non précisé
111	Entourer des éléments en dessinant un lasso	Entourer		Entourer des éléments en traçant une forme autour avec sa main	Sélectionner un groupe	Senseur visuel	Console de jeu	46	2013	Non	Non précisé
112	Pouce vers le haut	Pouce vers le haut		Tourner son poignet pour que son pouce tendu pointe vers le plafond	Sélectionner un groupe	Senseur visuel	Console de jeu	46	2013	Non	Non précisé

ID	Nom dans la référence	Nom commun	Image	Description	Référent	Senseur	Plateforme	Source	Année	Geste de base du Kinemic	Utilisateurs
113	Pouce vers le haut	Pouce vers le haut		Tourner son poignet pour que son pouce tendu pointe vers le plafond	Sélectionner plusieurs objets	Senseur visuel, inertiels et électromyographique	Smartwatch	24	2016	Non	Non précisé
114	Pouce vers le haut	Pouce vers le haut		Tourner son poignet pour que son pouce tendu pointe vers le plafond	Oui	Senseur visuel (leap motion)	Television	56	2015	Non	Non précisé
115	Pouce vers le haut	Pouce vers le haut		Tourner son poignet pour que son pouce tendu pointe vers le plafond	Accepter	Senseur visuel (RGB camera)	Réalité augmentée	28	2013	Non	Non précisé
116	Pouce vers le bas	Pouce vers la bas		Tourner son poignet pour que son pouce tendu pointe vers le sol	Sélectionner un groupe	Senseur visuel	Console de jeu	46	2013	Non	Non précisé
117	Pouce vers le bas	Pouce vers la bas		Tourner son poignet pour que son pouce tendu pointe vers le sol	Sélectionner un objet numéroté	Senseur visuel, inertiels et électromyographique	Smartwatch	24	2016	Non	Non précisé
118	Pouce vers le bas	Pouce vers la bas		Tourner son poignet pour que son pouce tendu pointe vers le sol	Réfuser	Senseur visuel (RGB camera)	Réalité augmentée	28	2013	Non	Non précisé
119	Secouer	Secouer		Agiter sa main de gauche à droite	Menu principal	Senseur inertiels	Smartphone	38	2011	Non	Non précisé

ID	Nom dans la référence	Nom commun	Image	Description	Référent	Senseur	Plateforme	Source	Année	Geste de base du Kinemio	Utilisateurs
120	Amener le téléphone vers le visage le long de l'axe z	Approcher la main du visage		Approcher la main de son visage sur un axe perpendiculaire au visage (profondeur)	Agrandir	Senseur inertielle	Smartphone	38	2011	Non	Non précisé
121	Ecarter le téléphone vers le visage le long de l'axe z	Ecarter la main du visage		Ecarter la main de son visage sur un axe perpendiculaire au visage (profondeur)	Rétrécir	Senseur inertielle	Smartphone	38	2011	Non	Non précisé
122	Déplacer l'index sur une diagonale	Balayage diagonal de la main		Balayage diagonal de la main de haut en bas et vers la gauche ou de bas en haut vers la droite	Sélectionner tout	Senseur visuel (RGB camera)	Réalité augmentée	28	2013	Non	Non précisé

UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN
Louvain School of Management

Place des Doyens, 1 bte L2.01.01, 1348 Louvain-la-Neuve
Boulevard Emile Devreux 6, 6000 Charleroi, Belgique
Chaussée de Binche 151, 7000 Mons, Belgique

www.uclouvain.be/lsm