

SORBONNE UNIVERSITÉ
MASTER ANDROIDE

RAPPORT DE PROJET
M1 ANDROIDE

Interaction Humain-Machine : Fitts 2.0

Etudiants :

Bellut Quentin
Ling Juliette

Encadrant :

Gori Julien



2022

Table des Matières

1	Introduction - Description du projet	4
1.1	Remerciement	4
1.2	Concepts de base : Loi de Fitts	5
2	Etat de l'art	6
2.1	L'expérience de Fitts, 1954	6
2.2	Disposition des cibles	7
2.2.1	Disposition en cercle	7
2.2.2	Disposition avec des distracteurs	7
2.3	Techniques d'interaction	9
2.3.1	Bubble Cursor	9
2.4	Précision et Rapidité	10
3	Contribution	12
3.1	Les cibles	12
3.2	Le curseur	12
3.3	Créer une expérience	13
3.3.1	Disposition des cibles	13
3.4	Différents Modes	15
3.4.1	Mode sous la contrainte de temps	16
3.5	Création d'une séquence d'expérience	17
4	Conclusion	20
5	Annexe A : Cahier des charges	22
5.1	Description de la demande	22
5.1.1	Les objectifs	22
5.1.2	Produit du projet	22
5.1.3	Disposition des cibles	22
5.1.4	Modes avec temps limité	24
5.1.5	Exploitation des données	24
5.2	Contraintes	25

5.2.1	Contraintes de délais	25
5.2.2	Autres contraintes	25
5.2.3	Ressources	25
6	Annexe B : Manuel utilisateur	26
6.1	Création de cible	26
6.1.1	Création cibles en cercle	26
6.1.2	Création cibles avec des distracteurs	26
6.2	Création de la fenêtre	26
6.2.1	Classe Game	26
6.2.2	Classe GameExperiment	27
6.3	Création d'expérience	27
6.3.1	Lecture d'un fichier de configuration	27
6.3.2	Formatage d'un fichier de configuration	27
7	Annexe C : Cahier de bord	30
7.1	Introduction	30
7.2	Mots clés	30
7.3	Descriptif de la recherche documentaire	32
7.4	Evaluation des sources	32

1 | Introduction - Description du projet

Actuellement, le numérique a une place importante et il existe plusieurs façons d'interagir avec des éléments sur un moniteur, comme une souris, un touchpad ou encore un écran tactile. Avec tous ces moyens d'interaction, il est important de savoir lesquels sont utiles. Ainsi les experts en évaluent leur performance qui peut être caractérisée par le temps de mouvement d'un utilisateur en fonction des techniques d'interaction et des périphériques d'entrée. Parmi ces lois, nous utilisons la loi de Fitts. La loi de Fitts décrit une relation entre le temps de mouvement mis par un individu à atteindre une cible, la distance de la cible et les capacités motrices de l'individu. Cette loi permet la prédiction du temps d'interaction et permet l'évaluation et la comparaison de techniques d'interaction et de périphériques d'entrée. Cette loi est utilisée dans plusieurs et différentes thématiques telles que l'Interaction Homme-Machine, l'ergonomie, la visualisation des fenêtres, les sciences cognitives, la motricité et l'apprentissage.

Dans le cadre du projet de master, nous avons travaillé sur le projet intitulé “**Interaction Humain-Machine : Fitts 2.0**” encadré par Julien Gori. Le projet consiste à créer un logiciel qu'un expérimentateur peut utiliser pour mettre en place des expériences de Fitts qui soient adaptables à ses besoins. En d'autres termes, l'objectif est de faire un "jeu" de pointage de cibles en laissant la possibilité à l'expérimentateur d'utiliser des layouts personnalisés et de contrôler au maximum son expérience. Le curseur pourra être contrôlé par une souris, un touchpad, un stylet ou encore une manette qui devra être indiqué dans les résultats des expériences. L'utilisateur devra atteindre les cibles l'une après l'autre le plus rapidement possible. Cette expérience nous amène à la problématique suivante : quel outil permet d'atteindre le plus rapidement la cible ? Par la suite, nous souhaiterions porter cette expérience en réalité virtuelle, où la souris sera remplacée par un système de pointage avec une manette, puis sans manette avec une IA permettant le suivi des mains (Hand Tracking).

Voici le lien *GitHub* du projet : https://github.com/NeSTPoPs/ANDROIDE_Project_HCI_Fitts2.0

1.1 Remerciement

Nous tenons à remercier notre encadrant Julien Gori, chercheur au CNRS et à l'ISIR, qui a contribué au déroulement de ce projet et nous a accompagné durant toute la phase de conception. Nous le remercions très sincèrement pour son temps et sa patience.

1.2 Concepts de base : Loi de Fitts

La loi de Fitts vient d'une analogie entre le système moteur et un canal de transmission d'information. Voici sa définition mathématique :

$$MT = a + b * ID \quad (1.1)$$

avec MT le temps de mouvement, ID l'indice de difficulté et a et b des réels qui sont déterminés empiriquement.

La forme la plus commune de l'indice de difficulté est la formulation de Shannon, proposée par Scott MacKenzie, et s'écrit :

$$ID = \log_2\left(1 + \frac{D}{W}\right) \quad (1.2)$$

avec D la distance entre le curseur et la cible et W la taille de la cible.

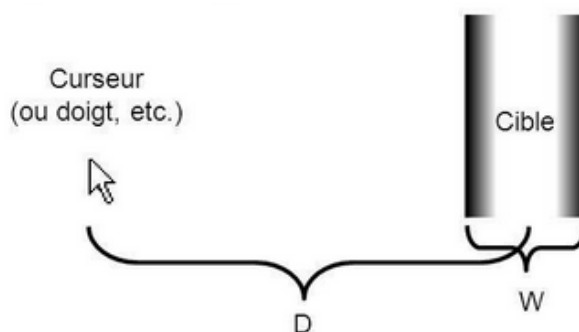


FIGURE 1.1 – Exemple des variables de la loi de Fitts

Les valeurs a et b sont des coefficients déterminées empiriquement. Ces variables sont acquises lors d'observations et donc changent selon les effets de certaines conditions expérimentales sur l'utilisateur, le matériel utilisé lors de l'expérience (une souris, un touchpad ou un stylet) et des capacités de l'utilisateur (ses habitudes, son âge, etc.).

Pour estimer la difficulté d'une tâche, nous observons l'indice de difficulté ID . En effet, plus l'indice est grand, plus le temps de mouvement MT est grand, ce qui implique que l'utilisateur mettra plus de temps à atteindre la cible. Nous faisons aussi des expériences dans le but de mesurer l'effet de certaines conditions sur a et b .

2 | Etat de l'art

Paul Fitts est un psychologue qui a étudié le lien entre la mécanique de l'homme et la prédiction du mouvement. En 1954, il réalisa une expérience et a été le premier à donner un modèle mathématique simple de la loi de Fitts, une relation entre la rapidité et la précision du mouvement.

Il existe différentes expériences liées à la loi de Fitts qui peuvent être réalisés. Par exemple, dans le domaine de la psychologie expérimentale, de l'ergonomie et dans notre cas, de l'interaction Homme-machine avec différentes dispositions de cibles et également différents types de moyen d'interaction.

2.1 L'expérience de Fitts, 1954

Cette expérience a été réalisé par Paul Fitts. C'était une expérience unidimensionnelle (Figure 2.1)¹, c'est-à-dire que la main ne pouvait bouger que horizontalement. Il avait testé l'expérience avec un stylet et différentes distances entre les cibles.

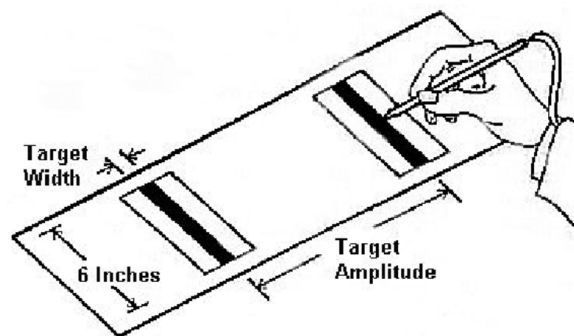


FIGURE 2.1 – Expérience unidimensionnelle

1. réalisé par Paul Fitts, "Journal of Experimental Psychology". June 1954.1

2.2 Disposition des cibles

L'expérience de Fitts peut être différente d'une expérience unidimensionnelle (des expériences en 2D et 3D sont même plutôt courantes). Elle peut être réalisée sous différentes dispositions pour chaque expérience.

2.2.1 Disposition en cercle

Dans le cadre de notre projet, nous donnons la possibilité à l'expérimentateur d'utiliser plusieurs disposition de cible. Dans la disposition en cercle, les cibles forment un disque. Comme exemple, dans la figure 5.1² ci-dessous, nous avons 25 cibles de diamètre W positionnées en forme de cercle de diamètre D .

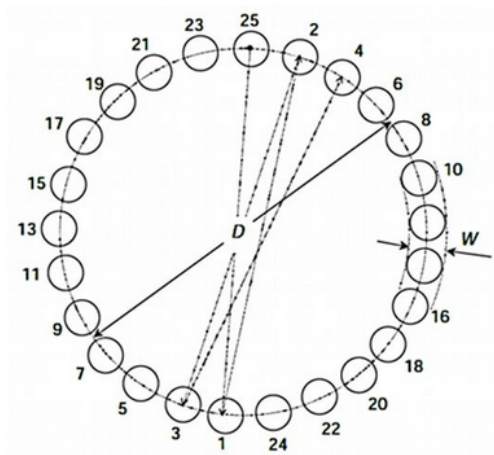


FIGURE 2.2 – Cibles disposées en cercle

2.2.2 Disposition avec des distracteurs

Dans cette disposition, nous créons d'autres cibles sur le support. L'intérêt est d'étudier l'impact de la présence de distracteurs pendant l'expérience. Dans la figure 5.2³, la cible bleue est le point de départ, la cible rose est le point d'arrivée et les cibles en grises sont des distracteurs.

2. réalisés par Soukoreff et Mackenzie, " Towards a standard for pointing device evaluation, perspectives on 27 years of Fitts' law research in HCI ", en 2004.³

3. réalisés par Renaud Blanch et Michael Ortega, " Benchmarking Pointing Techniques with Distractors : Adding a Density Factor to Fitts' Pointing Paradigm ", en 2011. ⁴

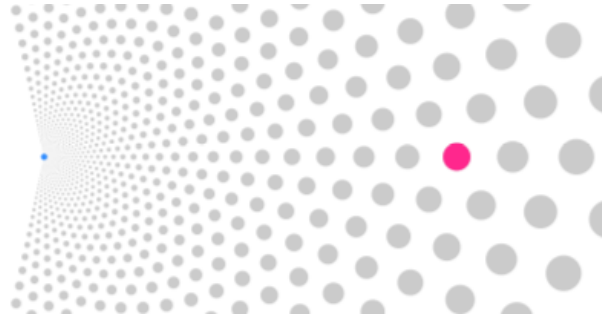


FIGURE 2.3 – Cibles disposées selon une densité

L'objectif est d'étudier la performance de pointage avec plusieurs cibles distracteurs. La création de cette disposition est faite avec des variables indépendantes, dont l'amplitude A , l'indice de difficulté ID , la densité ρ des distracteurs et une position de départ pos_depart .

Les tailles des cibles sont créées telles que : $\forall i \in \mathbf{Z}, A_i = A * (1 + \frac{1}{(2^{ID}-1)*\rho-1/2})^i$ et $W_i = \frac{A_i}{2^{ID}-1}$. Les positions des cibles sont créées suivant α et β tels que : $\beta = \frac{2\alpha}{\rho_t}$ où $\rho_t = \sqrt{\frac{\rho}{k}}$ qui est la densité tangentielle ; et $\alpha = \sin^{-1} \frac{W/2}{A}$

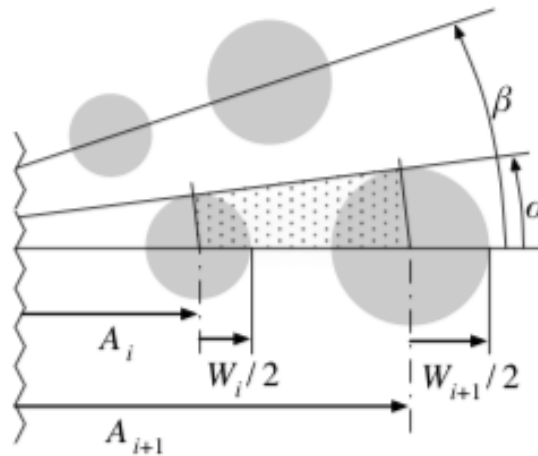


FIGURE 2.4

Ainsi nous obtenons les cibles et leur positions définies par :
 $\forall i \in \mathbf{Z}$ tel que $j * \beta \in]-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$ et $\forall j \in \mathbf{Z}$:

$$A_{i,j} = \begin{cases} A * r^i & \text{si } j \text{ est pair} \\ A * r^{i+1/2} & \text{si } j \text{ est impair} \end{cases}$$

$$W_{i,j} = \frac{A_{i,j}}{2^{ID-1}}$$

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}_{i,j} = A_{i,j} * \begin{pmatrix} \cos \beta j \\ \sin \beta j \end{pmatrix}$$

2.3 Techniques d'interaction

Nous avons aussi la possibilité de changer la zone de sélection. Par défaut, cette zone est le pixel où pointe le curseur. Mais il existe plusieurs méthodes de sélection.

2.3.1 Bubble Cursor

La méthode d'interaction appelée *BubbleCursor*⁴ consiste à ne plus prendre en considération un pixel de sélection mais plutôt une zone de sélection, c'est-à-dire un disque. Ainsi une cible est atteinte si cette cible se trouve dans ce cercle. Par exemple, dans la figure 2.5, nous avons un disque gris qui est la zone de sélection (et la croix correspond à son centre). La situation (a) correspond à la sélection d'une cible qui le disque vert car elle est dans la zone grise et il n'y a pas d'autre cible puisque l'autre cible est hors de la zone et est un cercle verte de centre blanc. Tant dis que la situation (b) nous avons deux cibles dans la zone grise donc aucune est sélectionnée, c'est pour cela qu'elles restent des cercles verts de centre blanc.

Ainsi il faut faire varier la taille du disque, c'est-à-dire changer son rayon. Ce rayon va varier selon la position du curseur et elle correspond à la distance de la cible la plus proche. Cela implique qu'il ne peut y avoir qu'une cible à la fois dans la zone. Par exemple dans la situation (c) de la figure 2.5, la zone grise est devenue plus petit mais assez pour sélectionner une cible.

Dans la situation (d) de la figure 2.5, la zone grise sélectionne la cible la plus proche et l'élargie (en ajoutant une zone grise autour de la cible atteinte) pour avoir une bonne visualisation de la cible sélectionnée.

Visuellement, c'est ce qu'il se passe lorsque l'on regarde le disque gris, mais il est possible de l'exprimer autrement en partitionnant l'espace en un diagramme de Voronoi (exemple figure 2.6⁵). Un diagramme de Voronoi consiste à créer des zones entourant chaque cible, de telle manière à ce que les frontières de ces zones correspondent aux endroits où nous sommes exactement entre deux cibles ou plus. L'espace sera formée de plusieurs cellules contenant comme noyau une cible. La cible contenue dans la zone où se situe le curseur est la cible sélectionnée.

4. réalisés par Tovi Grossman et Ravin Balakrishnan, "The Bubble Cursor : Enhancing Target Acquisition by Dynamic Resizing of the Cursor's Activation Area", en 2005. 7

5. issue du même document réalisé par Tovi Grossman et Ravin Balakrishnan

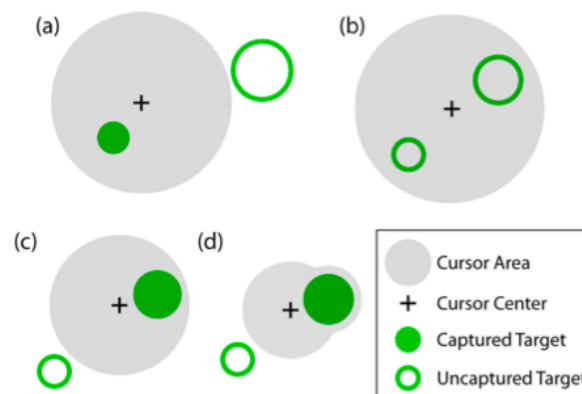


FIGURE 2.5 – Bubble Cursor

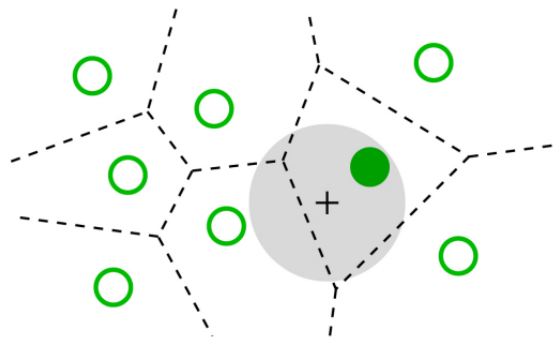


FIGURE 2.6 – Exemple de diagramme de Voronoi où chaque noyau représente une cible

2.4 Précision et Rapidité

La loi de Fitts mesure le temps de mouvement. Qu'en est-il de la précision et de la vitesse de mouvement ? Dans la figure 2.7⁶, Julien Gori a étudié la variance au cours du temps du signal de position du curseur et en a établi ce modèle. Cette étude est basée sur une expérience où des participants effectuent 25 mouvements dans 5 conditions différentes allant de très rapide à très précis. Ce modèle apporte plusieurs avantages à la loi de Fitts notamment l'information sur toute la trajectoire contrairement à Fitts qui ne caractérise que les points d'arrivée, ce qui explique pourquoi l'appellation de ce projet est *Fitts : 2.0*. On prédit que l'on pourra estimer les paramètres de la loi de Fitts plus rapidement avec ce modèle. L'un des buts du logiciel est de valider ce modèle dans des conditions différentes de celles utilisées pour le papier.

6. réalisés par Gori Julien, et Olivier Rioul. "A Feedback Information-Theoretic Transmission Scheme (FITTS) for Modeling Trajectory Variability in Aimed Movements", en décembre 2020. 5

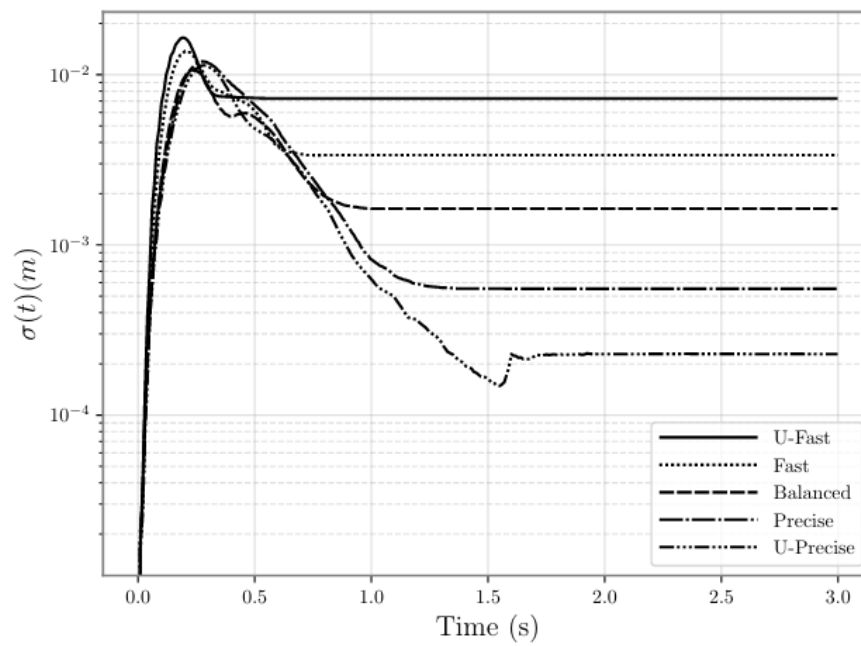


FIGURE 2.7 – Variation du signal de position au cours du temps.

3 | Contribution

Dans ce chapitre, nous détaillerons notre contribution et notre développement d'un logiciel sur Python en utilisant une méthode de programmation orienté objet. Nous avons utilisé les bibliothèques *Pygame* pour l'interface et *Selenium* pour la disposition de cibles avec une URL. Ce logiciel est capable de créer des expériences de Fitts en utilisant plusieurs méthodes d'affichage des cibles, de recueillir et d'en extraire des données.

3.1 Les cibles

Dans notre logiciel, les cibles sont des objets provenant de notre classe *Cible* pouvant être cliqués et dessinées. Elles ont deux couleurs qui définissent si elles sont le point d'arrivée ou non. Une cible est initialisée avec une position et un rayon. Pour le développement d'une disposition suivant un URL, nous avons dû créer une classe fille de *Cible*, nommé *CibleRect*, qui modifie son apparence en un rectangle.

3.2 Le curseur

Dans le cadre d'une expérience contrôlée comme celle-ci, le choix du pointeur et de son fonctionnement est très important. Pour permettre encore plus de choix dans les conditions de l'expérience, nous utilisons un curseur virtuel. La classe *Cursor* met en place un simple curseur utilisant une image et une taille pouvant être personnalisées. Par exemple, dans la figure 3.1, nous avons changé le curseur en une cible de tir.

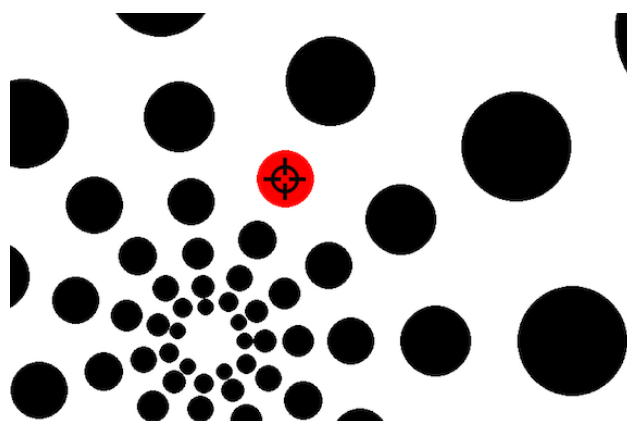


FIGURE 3.1 – Souris allant à gauche mais la souris virtuelle part à droite

Sa classe fille *SensitiveCursor* peut avoir une sensibilité modifiée sur les deux axes X et Y. Ainsi, l'expérimentateur peut faire une expérience qui peut modifier la sensibilité de la souris, mais aussi sa méthode de déplacement. Cela laisse la porte ouverte à l'implémentation d'autres techniques d'interaction, comme l'objet pointing, le semantic pointing, etc... Mais aussi l'implémentation de techniques qui cherchent à guider le curseur en fonction d'une cible prédite par le système.

3.3 Créer une expérience

Pour créer une expérience, l'expérimentateur doit indiquer une disposition de cible (se caractérisant par une liste de *Cible*). Pour permettre des configurations rapides, nous avons mis en place des méthodes pour quelques dispositions.

3.3.1 Disposition des cibles

Nous avons implémenté les différentes dispositions de cibles demandées par notre encadrant : disposition en cercle, disposition avec des distracteurs et disposition suivant un URL. Ces trois méthodes sont assez génériques et peuvent être appelées facilement par l'expérimentateur pour générer rapidement une ou plusieurs expérience.

Disposition en cercle

Cette disposition a été proposée par Soukoreff et Mackenzie¹. Les cibles sont des disques disposées sur un disque dont nous contrôlons le rayon. L'expérimentateur peut choisir le rayon du disque, le rayon des cibles, le nombre de cible et la position du centre du disque sur l'écran.

1. "Towards a standard for pointing device evaluation, perspectives on 27 years of Fitts' law research in HCI", en 2004.³

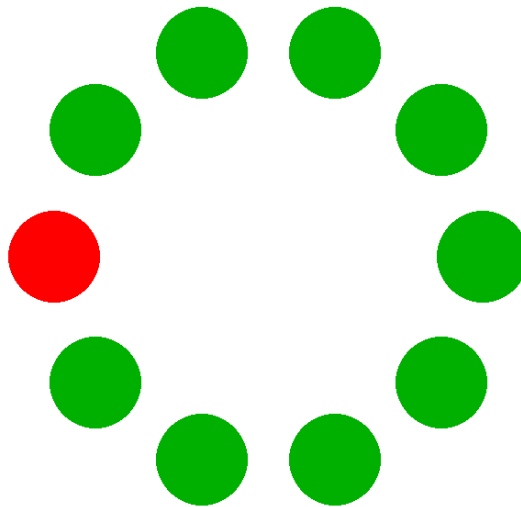


FIGURE 3.2 – Cibles disposées en cercle

Disposition avec des distracteurs

Cette disposition a été proposée par Renaud Blanch et Michael Ortega². Nous avons besoin d'une position (par défaut cette position correspond au centre de l'écran), puis autour de cette position nous créons des cibles petites et rapprochées qui deviennent de plus en plus grandes et espacées entre elles. L'expérimentateur doit fournir les variables indépendantes (évoquées dans l'état de l'art) qui sont l'incidence de difficulté ID , A une amplitude et ρ une densité. Il doit également fournir une position afin de propager les cibles à partir de cette position.

². " Benchmarking Pointing Techniques with Distractors : Adding a Density Factor to Fitts' Pointing Paradigm ", en 2011.⁴

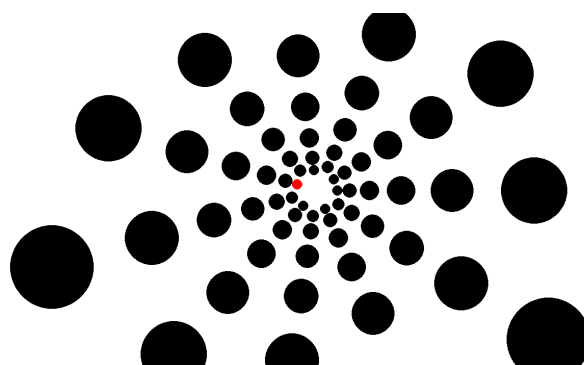


FIGURE 3.3 – Cibles avec des distracteurs

Cibles générées avec un URL

Cette disposition nous a été demandé par notre encadrant. Nous avons manipulé *Selenium* qui est un framework développé en java offrant des passerelles pour s'exécuter avec différents langages, dans notre cas en *Python*. Il fournit des outils de lecture pour créer des tests fonctionnels pour tester des applications Web. Avec l'utilisation de *Selenium*, nous avons pu créer des cibles à partir d'un site URL, en récupérant la position et la taille des liens hypertextes. Cette expérience souligne que ces liens sont considérés comme de vraies cibles à atteindre dans notre quotidien. L'intérêt de cette disposition de cibles nous permet d'avoir une expérience plus réaliste, c'est-à-dire avoir une expérience vraiment centrée sur le quotidien en utilisant une disposition de cibles bien différente d'une disposition théorique prédéfinie. L'expérimentateur n'aura besoin que de fournir un URL.

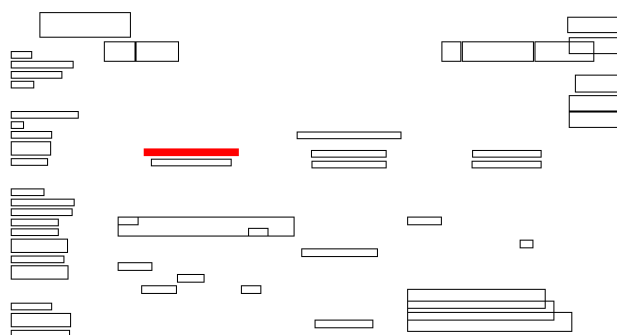


FIGURE 3.4 – Cibles avec le site Wikipédia

3.4 Différents Modes

Après avoir implémenté les dispositions des cibles, nous avons créé différents modes de pointage.

3.4.1 Mode sous la contrainte de temps

Mode Survie

Nous avons placé un chronomètre qui augmente lorsque la cible à atteindre a été sélectionnée, sinon le temps diminue à chaque instant. L'objectif du mode survie est d'atteindre un maximum de cible avant que le temps ne soit écoulé.

Mode Rapidité

Dans ce mode, l'objectif sera d'atteindre un maximum de cible avant que le temps ne soit écoulé. La différence avec le mode survie est que le temps ne peut pas augmenter, elle ne peut que diminuer. Cette expérience à l'avantage d'être plus contrôlée que la précédente, puisque l'on détermine à l'avance le temps de l'expérience.

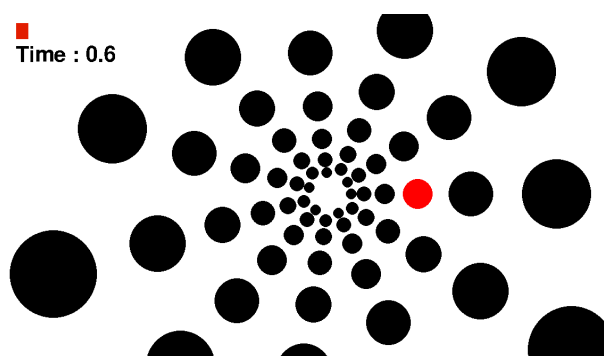


FIGURE 3.5 – Mode Rapidité

Mode Réactif

Le mode réactif demande plus d'attention que les deux modes précédents. Auparavant, la disposition des cibles était fixée, elle restait la même pendant toute l'expérience. Alors que dans ce mode, nous avons des cibles disposées en densité en fonction du point de départ (le premier point de départ étant au centre de l'écran). Lorsque nous atteignons une cible, le point de départ devient l'emplacement de la cible et la disposition est mise à jour par rapport à ce nouveau point (exemple figures 3.6 et 3.7).

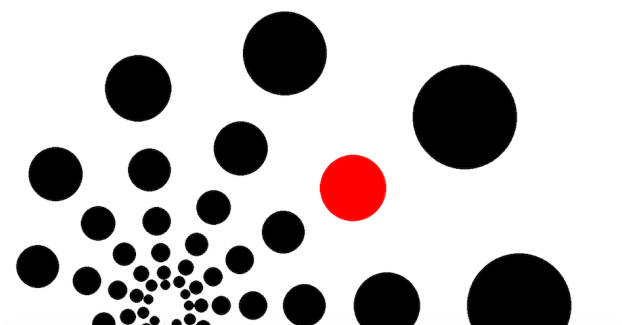


FIGURE 3.6 – Mode Réactif avant avoir atteint la cible

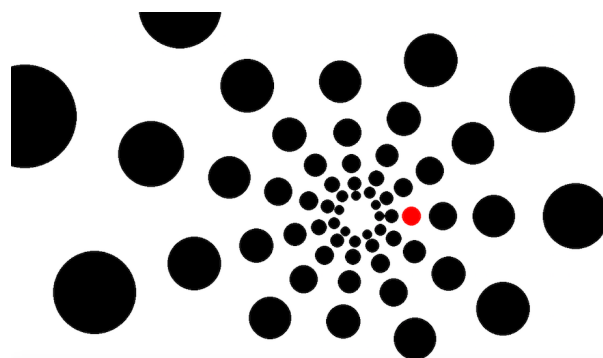


FIGURE 3.7 – Mode Réactif après avoir atteint la cible

3.5 Création d'une séquence d'expérience

Après avoir créé les dispositions des cibles et les modes, nous pouvons créer une séquence d'expérience avec des temps de pause entre chaque expérience. Cette séquence peut être générée à partir d'un fichier de configuration³. Le but est de modifier des conditions expérimentales entre chaque expérience et d'en étudier les effets.

Après avoir créé cette séquence, l'utilisateur se trouve dans l'interface de la figure 3.8. Il appuie sur le bouton *Begin* pour commencer la première expérience de la séquence. Par exemple, dans la figure 3.9, l'utilisateur est face à une disposition en cercle. Quand l'utilisateur aura fini cette expérience 3.9, il va avoir une autre interface qui est la figure 3.10. Il devra appuyer sur la barre espace pour continuer la prochaine expérience 3.11. De plus l'expérimentateur pourra définir des temps de pause entre les expériences et en choisir la durée 3.12.

3. Voir en annexe manuelle utilisateur6

You will encounter multiple experiments. You will have to click as fast as possible on the red targets.

Thank you for your participation, click on BEGIN to start.



FIGURE 3.8 – Début d'une expérience

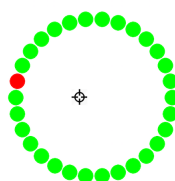


FIGURE 3.9 – Utilisateur réalise l'expérience

Ready ?
Press SPACE to begin next experiment



FIGURE 3.10 – Utilisateur appuie sur la barre d'espace pour commencer l'expérience suivante

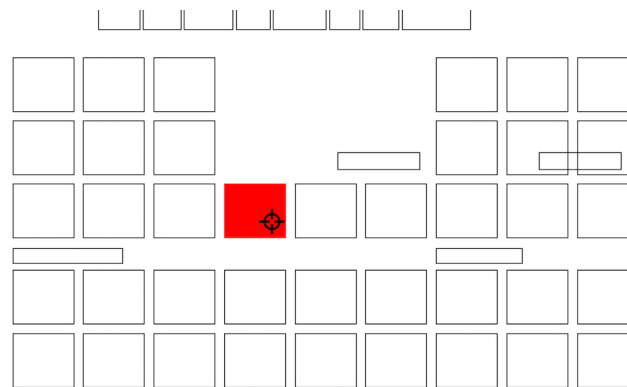


FIGURE 3.11 – Utilisateur réalise la pointage d'une disposition de cible avec URL (celui de <https://www.jeu.fr/>)

Pause time !
Begin in 5 secondes



FIGURE 3.12 – Utilisateur a un temps de pause

4 | Conclusion

Nous avons pu découvrir et comprendre la loi de Fitts. Nous l'avons évoqué durant l'UE **Interaction Homme Machine** à Sorbonne Université lors de ce second semestre de première année du Master ANDROIDE et grâce à ce projet, nous avons pu l'approfondir nos connaissances et mieux comprendre cette loi. Nous avons également découvert de nouvelles techniques d'interaction, comme le *BubbleCursor*, et différentes dispositions possibles des cibles, comme celui fait à partir d'une URL ou celle avec une densité plus élevée sur le point de départ. Le projet fut à la fois amusant et intéressant. Nous avons pris plaisir à le faire et avons un peu considéré ce logiciel comme un "jeu". Nous aurions voulu avoir plus de temps pour le passage sur *Unity* afin d'approfondir la partie réalité virtuelle. Nous avons également des idées d'améliorations possibles comme pouvoir mettre les différents modes dans les expériences, la possibilité d'ajouter d'autres formes de cible assez simple (comme un triangle ou une ellipse) mais aussi des formes plus complexes (comme une étoile ou d'autres symboles). Nous pourrions également appliquer des rotations au cible ou ajouter plusieurs cibles à atteindre au lieu d'atteindre qu'une seule cible à la fois durant une expérience. Nous pourrions également améliorer l'interface et aussi définir un ordre de cible à atteindre que l'utilisateur peut voir grâce à des couleurs ou des numéros indiquant l'ordre dans lesquels les cibles doivent être sélectionnées.

Bibliographie

- [1] Fitts Paul M. "Journal of Experimental Psychology". June 1954, vol. 47, no 6, p. 381-91.
- [2] Bonnetblanc F. "Conflit vitesse-précision et loi de Fitts". Science Motricité, no 63, 2008, p. 63-82
- [3] Soukoreff R. William, et MacKenzie I. S. "Towards a Standard for Pointing Device Evaluation, Perspectives on 27 Years of Fitts' Law Research in HCI". International Journal of Human-Computer Studies, vol. 61, no 6, décembre 2004, p. 751-89.
- [4] Renaud Blanch, Michael Ortega, "Benchmarking Pointing Techniques with Distractors : Adding a Density Factor to Fitts' Pointing Paradigm" Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, ACM, 2011, p. 1629-38. DOI.org (Crossref)
- [5] Gori Julien, et Olivier Rioul. "A Feedback Information-Theoretic Transmission Scheme (FITTS) for Modeling Trajectory Variability in Aimed Movements". Biological Cybernetics, vol. 114, no 6, décembre 2020, p. 621-41
- [6] Vella Frédéric, Collignon A., David A., Chabbert V. et Vigouroux N. "Pour Une Meilleure Utilisabilité Des Pages Web Par Des Handicapés Moteurs : Modèle de Fitts et Méthodes de Conception Centrée-Utilisateur". Proceedings of the 17th Conference on 17ème Conférence Francophone Sur l'Interaction Homme-Machine - IHM 2005, ACM Press, 2005, p. 239-42
- [7] Grossman, Tovi, et Ravin Balakrishnan. "The Bubble Cursor : Enhancing Target Acquisition by Dynamic Resizing of the Cursor's Activation Area". Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, ACM, 2005, p. 281-90
- [8] Alonso R., Terrier P., Parise R. et Cellier J.M. "Adaptation à un changement d'échelle en situation de contrôle du mouvement à distance". Le travail humain, vol. 73, no 3, 2010, p. 193
- [9] Chapuis Olivier. "Gestion Des Fenêtres : Enregistrement et Visualisation de l'interaction". Proceedings of the 17th Conference on 17ème Conférence Francophone Sur l'Interaction Homme-Machine - IHM 2005, ACM Press, 2005, p. 255-58
- [10] Teather Robert J., Stuerzlinger W. et Pavlovych A. "Fishtank Fitts : A Desktop VR Testbed for Evaluating 3D Pointing Techniques". CHI '14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, ACM, 2014, p. 519-22
- [11] Lu Yiqin, Yu Chun et Shi Yuanchun, "Investigating Bubble Mechanism for Ray-Casting to Improve 3D Target Acquisition in Virtual Reality". IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR) - 2020, p. 35-43

5 | Annexe A : Cahier des charges

5.1 Description de la demande

5.1.1 Les objectifs

Nous cherchons à développer un code qui permet au client, dans notre cas l'encadrant Julien GORI, de créer facilement et efficacement des expériences de test pour des participants. Le client aura la liberté de créer ces mini tests, c'est-à-dire la possibilité de choisir la disposition des cibles et le nombre de répétition associée. Ainsi il pourrait créer une expérience avec plusieurs mini-tests et avoir la possibilité de mettre des temps de pause entre chaque test.

Le client souhaiterait également récupérer les informations d'une expérience, c'est-à-dire l'identifiant du participant et récupérer ses performances, plus précisément le temps de chaque mouvement et la trajectoire du curseur.

5.1.2 Produit du projet

Nous devons créer plusieurs boutons avec différents modes et différentes cibles.

Par la suite, nous n'aurons plus la possibilité de choisir les modes ou les cibles. Le choix des modes, le choix des cibles et le nombre de répétition associée seront choisis en amont dans un fichier afin de créer une expérience de jeu de pointage.

5.1.3 Disposition des cibles

Cibles disposées en cercle

Les cibles sont en forme de disque. La disposition des cibles forme un cercle. Dans la figure 5.1¹, nous avons 24 cibles de rayon W positionnées en forme de cercle de rayon D .

1. utilisé par Soukoreff et Mackenzie, "Towards a standard for pointing device evaluation, perspectives on 27 years of Fitts' law research in HCI", en 2004.



23 / 33

Cibles selon un site avec l'URL

Les cibles sont des rectangles correspondant à des liens hypertextes d'un site web. En donnant l'URL d'un site, nous pouvons obtenir les différentes cibles cliquables sur le site et ainsi reprendre la même disposition de ces cibles.

5.1.4 Modes avec temps limité

Mode Survie

Dans ce mode, nous avons plusieurs cibles dont une à atteindre (repérable avec une couleur différente des autres cibles). Le but est d'atteindre cette cible avant que le temps ne soit écoulé. Lorsque l'on atteint cette cible, l'utilisateur reçoit un bonus de temps qui est de moins en moins long, afin d'allonger le temps de jeu et aussi d'en garantir sa fin.

Mode Rapide

Le but de ce mode est d'atteindre un nombre maximal de cible dans un temps limité. Contrairement au mode survie, l'utilisateur ne reçoit pas de bonus lorsqu'il atteint une cible. Ce mode offre une expérience plus contrôlée puisque l'on sait exactement combien de temps dure l'expérience.

Mode selon un point d'arrivé

Ce mode utilise la disposition selon une densité. Lorsque l'on atteint une cible, la position de départ se met à jour sur la position de cette cible. Ainsi la disposition des cibles change entre chaque mouvement.

Mode Experience

A travers les différents modes et différentes cibles, le client pourra choisir ou créer une expérience qui correspond à une séquence de test. Ainsi le client pourra modifier plusieurs conditions d'expérience et en observer les effets.

5.1.5 Exploitation des données

Nous récupérerons les informations de l'expérience dans un fichier en format JSON. Ce fichier contient l'identifiant du participant, les différents tests qu'il a réalisés avec ses performances. Les informations de l'expérience sont référencés ainsi que le détail des mouvements commis par le participant. Nous pouvons retrouver la trajectoire et le temps de chaque mouvement du participant, l'emplacement des cibles que vise le participant, et d'autres informations comme les formes des cibles ou des informations sur le curseur virtuel utilisé lors de l'expérience.

5.2 Contraintes

5.2.1 Contraintes de délais

Nous avons le délai du rendu de rapport de projet avant le 18 mai 2022, qui est la semaine d'examens.

5.2.2 Autres contraintes

Il faut avoir un peu de connaissance en web (HTML, Xpath, ...) pour pouvoir créer des cibles à partir des URL.

5.2.3 Ressources

Nous utilisons Python3 et manipulons des bibliothèques proposées par l'encadrant, comme *Pygame* pour créer l'interface du logiciel et *Selenium* pour récupérer les informations d'un site web.

6 | Annexe B : Manuel utilisateur

6.1 Création de cible

La création de cible est faite à partir du fichier *target_dipsosition.py*.

6.1.1 Création cibles en cercle

La disposition de cibles en cercle est faite par la méthode *make_circle_target_list(pos, circle_r, nb_of_target, t_color, t_size)*.

L'expérimentateur doit fournir une position de départ *pos*, le rayon du disque *circle_r*, le nombre de cibles *nb_of_target*, la couleur des cibles *t_color* et le rayon d'une cible *t_size*.

6.1.2 Création cibles avec des distracteurs

La disposition de cible avec des distracteurs est faite par la méthode *make_2D_distractor_target_list(dimen, pos_depart, ID, A, p, t_color, jmax=20)*.

L'expérimentateur doit fournir une dimension *pos_depart*, l'indice de difficulté *ID*, l'amplitude *A*, la densité ρ , la couleur des cibles *t_color* et une borne maximale *jmax*.

6.2 Création de la fenêtre

Avant de pouvoir manipuler les classes *Game* ou *GameExperiment*, il faut en amont faire l'initialisation de *Pygame* avec **pygame.init()**. Ensuite, nous pouvons créer un objet de classe *Game* pour des expériences génériques ou *GameExperiment* pour des expériences personnalisées.

6.2.1 Classe Game

Cette classe permet de manipuler les différents modes. Il faut fournir la longueur et la largeur de la fenêtre lors de l'initialisation.

Le choix des modes se fait par la méthode **game.menu("chooseMode")** qui appellera la méthode **game.chooseMode()**. Cette action place l'utilisateur sur un écran de choix de mode (qui pourront être sélectionné par des boutons par défaut).

6.2.2 Classe GameExperiment

La manipulation de cette classe nécessite une liste d'expérience pouvant être générée par un fichier de configuration 6.3.1 puis l'expérience commence avec la méthode **game.menu("chooseMode")**. Contrairement au menu de la classe *Game*, celle-ci accueille le participant avec un message de bienvenu et d'un unique bouton permettant de lancer la première expérience de la liste.

6.3 Création d'expérience

6.3.1 Lecture d'un fichier de configuration

La lecture du fichier est faite avec la méthode **readFileExperiment** dont nous fournissons un fichier texte **.txt**, une longueur et une largeur de l'interface. Cette méthode se trouve dans le fichier *readFileExperiment.py*.

6.3.2 Formatage d'un fichier de configuration

Un fichier appelé **fichier_configTEST.txt** est à disposition. A l'intérieur, il y a la syntaxe pour créer une expérience suivi d'un exemple. Une expérience correspond à une ligne du fichier de configuration.

Mettre une pause

L'expérimentateur choisit le temps de pause ainsi que le moment de pause. C'est-à-dire que l'expérimentateur choisit après quel expérience il y aura une pause dont il définit le temps dans le fichier de configuration de la manière suivante : **pause : NbTemps**
Par exemple : **pause :20** Il y aura une pause de $NbTemps = 20$ secondes.

Créer une expérience avec une URL

La syntaxe pour créer une expérience à partir d'une URL est :
exp_id **url** **https://www.exemple.com nbMouvement**.

Il faut écrire en premier un identifiant d'expérience **exp_id** puis écrire **url** pour préciser que la disposition est faite par une URL puis fournir l'URL et pour finir avec le nombre de répétition de l'expérience **nbMouvement**.

Par exemple : **experience1 url https://www.jeu.fr/ 5**

Nous avons une expérience d'identifiant **experience1** avec une disposition de cible avec une URL qui est **https://www.jeu.fr/** et cette expérience va être répétée 5 fois.

Créer une expérience avec les cibles en densité

Pour la disposition avec densité, nous utilisons une position de départ. Si nous vous la préciser, avons une position précise (**position_depart**) pour que la densité soit faite par rapport à ce point. Par défaut, elle sera mise au centre de l'écran. La ligne permettant de générer une telle disposition

avec un point de départ donné est :

exp_id cible densite pos_depart ID A p jmax nbMouvement.

exemple : pour **experience1 cible densite (500,500) 3 40 0.25 20 3** nous avons une expérience d'identifiant **experience1** puis **cible** puis **densite**, qui sera faite à la position *pos_depart* = (500, 500) puis les paramètres qui sont l'indice de difficulté *ID* = 3, l'amplitude *A* = 40, la densité $\rho = 0.25$, une borne maximale *jmax* = 20 et pour finir le nombre de répétition de l'expérience *nbMouvement* = 5.

Dans le cas contraire, si nous n'avons pas de position de départ, il faudra écrire de la façon suivante :

exp_id cible densite ID A ρ jmax nbMouvement

L'expérimentateur doit fournir un identifiant **exp_id** puis mettre **cible** puis le type de disposition, dans notre cas **densite**, puis ajouter les paramètres qui sont l'indice de difficulté **ID**, l'amplitude **A**, la densité ρ , une borne maximale **jmax** et pour finir le nombre de répétition de l'expérience **nbMouvement**.

Par exemple : **experience1 cible densite 3 40 0.25 20 3**

Nous avons une expérience d'identifiant **experience1** puis **cible** puis **densite**, puis les paramètres qui sont l'indice de difficulté *ID* = 3, l'amplitude *A* = 40, la densité $\rho = 0.25$, une borne maximale *jmax* = 20 et pour finir le nombre de répétition de l'expérience *nbMouvement* = 5.

Créer une expérience avec les cibles en cercle

Pour créer une disposition de cibles en cercle, si l'expérimentateur veut préciser le centre du disque, appelé **pos_centre**) il faut écrire de la manière suivante :

exp_id cible cercle cercle rayon_D rayon nombreCibles pos_centre nbMouvement

C'est-à-dire l'expérimentateur doit fournir un identifiant **exp_id** puis **cible** puis le type de disposition **cercle**, puis la forme des cibles qui est **cercle**(car pour l'instant nous n'avons que les cibles en forme de cercle). Nous fournissons les paramètres qui sont le rayon du disque **rayon_D**, le rayon des cibles **rayon**, le nombre de cibles **nombreCibles**, la position du centre **pos_centre** et pour finir le nombre de répétition de l'expérience **nbMouvement**.

Par exemple : **experience1 cible cercle cercle 150 50 5 (300,300) 10**

Nous avons une expérience d'identifiant **experience1** puis **cible**, la disposition **cercle**, la forme des cibles **cercle**, le rayon du disque *rayon_D* = 150, le rayon des cibles *rayon* = 50, le nombre de cibles *nombreCibles* = 5, la position du centre du disque *pos_centre* = (300, 300) et pour finir le nombre de répétition de l'expérience *nbMouvement* = 10.

Si l'expérimentateur ne précise pas le centre du disque, elle sera par défaut mise au centre de l'écran, ainsi il devra écrire de la manière suivante :

exp_id cible cercle cercle rayon_D rayon nombreCibles nbMouvement

L'expérimentateur doit fournir un identifiant **exp_id**, **cible**, le type de disposition **cercle**, la forme des cibles qui est **cercle**(car pour l'instant nous n'avons que les cibles en forme de cercle), le rayon du disque **rayon_D**, le rayon des cibles **rayon**, le nombre de cibles **nombreCibles** puis le nombre de répétition de l'expérience **nbMouvement**.

Par exemple : **experience1 cible cercle cercle 150 50 5 10**

Nous avons une expérience d'identifiant **experience1** puis **cible** puis la disposition **cercle**, le type de cible **cercle**, le paramètre sur le rayon du disque $rayon_D = 150$, puis le rayon d'une cible $rayon = 50$, le nombre de cibles $nombreCibles = 5$ et enfin le nombre de répétition de l'expérience $nbMouvement = 10$.

7 | Annexe C : Cahier de bord

7.1 Introduction

Dans le cadre du projet de master, nous travaillons sur le projet intitulé “**Interaction Humain-Machine : Fitts 2.0**”. C’est une expérience basée sur la loi de Fitts. Cette loi décrit le temps de mouvement d’un individu pour réaliser une tâche. La tâche peut être plus ou moins difficile. La loi de Fitts intervient dans plusieurs et différentes thématiques tel que l’interaction homme-machine, l’ergonomie, la visualisation des fenêtres, les sciences cognitives, la motricité ou l’apprentissage. Nous allons créer un jeu de pointage de cibles. La difficulté varie selon la taille de la cible et la distance entre le curseur et la cible. Nous plaçons plusieurs cibles dans l’interface et l’utilisateur devra atteindre les cibles l’une après l’autre le plus rapidement possible. Le choix du curseur sera choisi au préalable. Nous avons différentes possibilités comme la souris, le touchpad, un stylet ou une manette. Cette expérience nous amène à la problématique : quel est l’outil qui permet d’atteindre le plus rapidement la cible ? Par la suite, nous souhaiterions porter cette expérience en réalité virtuelle, où la souris sera remplacée par un système de pointage avec une manette, puis sans manette avec une IA permettant le suivi des mains (Hand Tracking).

7.2 Mots clés

Nous avons décidé de disposer les mots clés dans une carte heuristique. Mais la carte heuristique est grande, elle a été mise à la page suivante pour une meilleure visualisation.

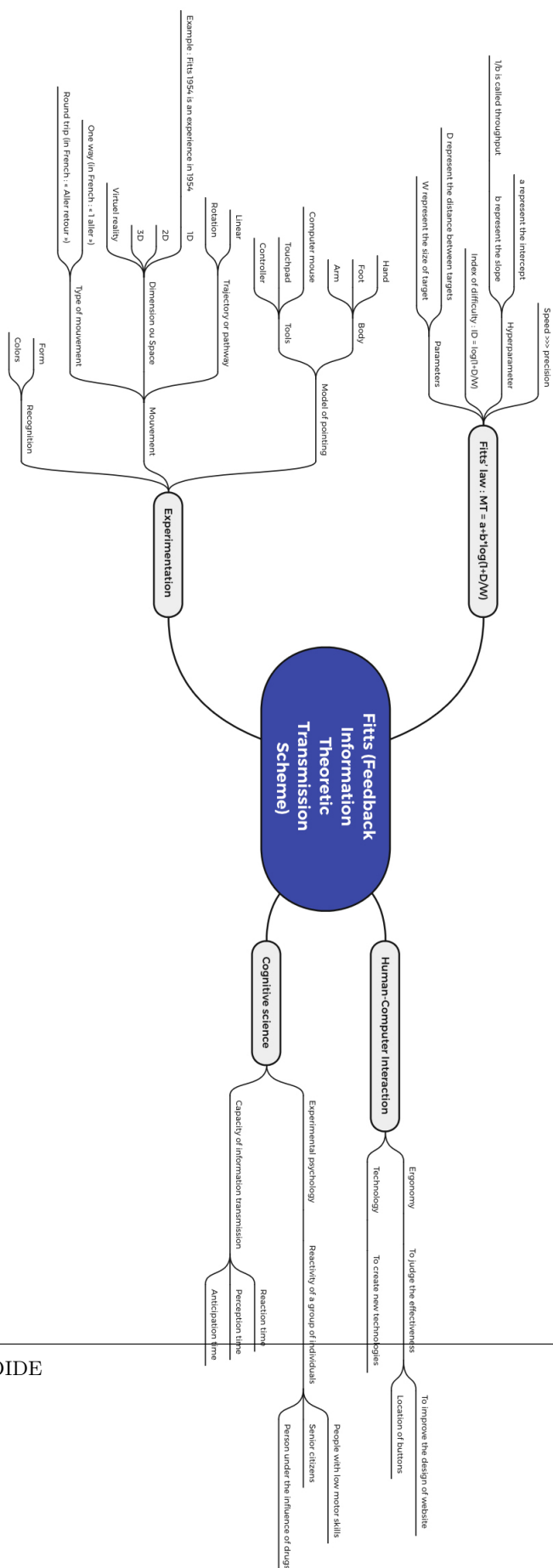


FIGURE 7.1 – Carte heuristique

7.3 Descriptif de la recherche documentaire

Nous avons principalement utilisé le site de la faculté <https://primo.sorbonne-universite.fr> pour la recherche de document, qui est très complet. Pour la recherche des auteurs, nous avons cherché leurs page personnel et utilisé google scholar. Grâce à la base de données de PRIMO BSU, nous avons pu avoir accès à divers sites (tels que cairn.info, web de science, dl.acm.org, sciencedirect, etc...). Nous avons tout d'abord utilisé le mot clé "Fitts" dans le catalogue de PRIMO BSU. Nous avons eu des milliers de documents de tout type (article, livre, vidéo, compte-rendu, actes de conférence, etc...). Afin de mieux trouver ce que nous voulions, nous avons utilisé les filtres, comme choisir le type de document, la langue, la date ou l'accès en ligne des documents. Nous avons également approfondi nos recherches sur les sites "web de science", "sciencedirect", "cairn.info" ou "dl.acm.org".

En prenant par exemple le document “[7] Alonso R., Terrier P., Cellier J.M. et Parise R. “Adaptation à un changement d'échelle en situation de contrôle du mouvement à distance”. Le travail humain, vol. 73, no 3, 2010, p. 193” , nous étions sur le catalogue PRIMO BSU cherchant des documents pertinents et avons coché un filtre qui permet la disponibilité de l'article en ligne. En cherchant, nous sommes tombés sur un article qui nous dirigeait vers un autre site de ressource, "cairn.info". Nous avons apprécié ce site puisqu'il propose de nombreux documents scientifiques dont nous pouvons trier selon les filtres. Mais en particulier, chaque article sur ce site est facilement accessible et propose un plan bien détaillé, un accès sur la bibliographie et sur l'auteur (qui permet d'avoir une première impression sur lui et ses autres articles publiés) et d'autres articles pouvant nous intéresser.

Autre exemple, nous avons également trouvé “[6]Teather Robert J.,Stuerzlinger W. et Pavlovych A. “Fishtank Fitts : A Desktop VR Testbed for Evaluating 3D Pointing Techniques”. CHI '14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, ACM, 2014, p. 519-22” en étant sur PRIMO BSU, qui avait un accès en ligne (gratuit en se connectant avec notre identification d'étudiants) sur "ACM Digital Library" qui nous dirigea vers le site dl.acm.org qui propose l'accès en ligne de nombreuses thèses, le nombre de téléchargements, le nombre de citations du document et un accès rapide sur les auteurs. L'accès rapide sur les auteurs permet de voir le nombre d'articles publiés, le nombre de citations de l'auteur dans les autres articles et principalement leur domaine de recherche et la durée de leur expertise qui nous permettent d'avoir une idée et juger de la fiabilité du document. Par la suite nous avons fait plus de recherches sur les auteurs en allant sur leur site personnel ou avec "google scholar" qui nous donnent divers informations sur les auteurs.

7.4 Evaluation des sources

[2] Bonnetblanc, François. « Conflit vitesse-précision et loi de Fitts ». Science Motricité, no 63, 2008, p. 63-82 2

Nous avons trouvé la source avec primo.sorbonne-universite.fr en utilisant le mot clé "loi de fitts" et les filtres date et langue. La source est un extrait de la page 63 à 82 de la revue n°63 de “Movement Sport Sciences” apparue en 2008. Elle a été publiée par l'éditeur "EDP Sciences", qui existe depuis 1920 et qui est un éditeur scientifique spécialisé en science technique médical et écrite par un expert scientifique en neuroscience qui étudie le contrôle et le (ré)-apprentissage moteur. Elle possède un

sommaire clair et logique, contenant une introduction, plusieurs parties et d'une conclusion, et est sans faute d'orthographe. Nous remarquons que les exemples ou les citations sont toujours suivi de sa source.

[8] Alonso R., Terrier P., Cellier J.M. et Parise R. "Adaptation à un changement d'échelle en situation de contrôle du mouvement à distance". *Le travail humain*, vol. 73, no 3, 2010, p. 1936

En passant par "primo.sorbonne-universite", nous avons trouvé des articles qui nous dirigeaient vers le site "cairn.info", ainsi nous avons poursuivi nos recherches sur ce site. Nous avons utilisé le mot clé "fitts" et nous avons trouvé cette source. La source est extraite de la page 193 à 212 d'une revue volume 73 de "Le travail humain" datant de 2010. La source a été publiée par l'éditeur "Presses Universitaires de France", qui existe depuis 1921 et qui est un éditeur spécialisé dans les publications scientifiques et dans les manuels universitaires. La source a été écrite par des experts scientifiques, dont Terrier P et Cellier J.M. qui sont spécialisés en cognition et en ergonomie, dont nous nous sommes renseigné sur leur site personnel. La source est structurée de façon clair et logique, contenant une introduction, des parties contenant différentes sous-parties et d'une conclusion, et est sans faute d'orthographe. Certaines sous-parties sont illustrées avec une figure. Nous remarquons que les exemples ou les citations sont toujours suivi de sa source. Les expériences sont réalisées dans un groupe de 18 individus droitiers entre 22 et 47 ans avec seulement 2 femmes. Ce groupe a ensuite été réparti en deux aléatoirement.

[9]Chapuis Olivier. "Gestion Des Fenêtres : Enregistrement et Visualisation de l'interaction". *Proceedings of the 17th Conference on 17ème Conférence Francophone Sur l'Interaction Homme-Machine - IHM 2005*, ACM Press, 2005, p. 255-589

Nous avons trouvé la source sur "primo.sorbonne-universite.fr" en utilisant le mot clé "fitts onglet". La source est un extrait de la 17e acte de conférence francophone sur l'interaction homme-machine. La source a été écrit par Olivier Chapuis, un chercheur scientifique au CNRS sur l'interaction homme-machine, la gestion des fenêtres, les techniques de pointage et la loi de Fitts. Cette source est bien structurée. Elle possède une introduction, des parties claires et précises expliquant l'enregistrement et la visualisation de l'interaction, puis à la fin suivi d'un exemple d'utilisation, d'une conclusion et d'une bibliographie, et est sans faute d'orthographe. Dans l'exemple d'utilisation, l'expérience n'a été testé que sur 7 individus dont nous n'avons pas d'information sur eux. Mais il a pu améliorer et optimiser l'utilisation des fenêtres d'un individu, en utilisant le temps de mouvement de chaque fenêtre, qui correspond à la loi de Fitts.