



IMT Atlantique

Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Virtual throwing comme méthode d'évaluation de la perception des distances en réalité augmentée

Projet : 59

Auteurs :

ESSALEH Achraf

TANDEAU DE MARSAC Gautier

DUBOC Marc

Groupe : 33

Relecteur : PEILLARD Etienne

4 février 2025

Table des matières

1	Introduction	2
2	Objectifs et hypothèses de recherche	2
2.1	Objectifs	3
2.2	Hypothèses	3
2.3	Description du système	3
3	Récapitulatif de l'état de l'art	3
4	Méthodologie	4
4.1	Définition des lots de travail	4
4.2	Gestion des risques	4
4.3	Livrables et échéances	4
4.4	Livrables associés	4
5	Tableau des lots principaux	5
6	Planification temporelle	5
6.1	Diagramme de Gantt	5
6.2	Suivi du projet	6
6.3	Partage de documents et code	7
7	Références	7

1 Introduction

Lorsqu'un individu regarde une cible dans l'espace, son cerveau capte plusieurs indices visuels. Cependant, ces indices peuvent être ambigus, notamment dans des environnements virtuels ou peu détaillés. C'est pourquoi la perception des distances est différente en réalité virtuelle (VR) et dans le monde réel. Pour mesurer ce biais, plusieurs méthodes existent. Premièrement, la marche à l'aveugle (blind walking) consiste à désigner une cible dans l'environnement virtuel, à éteindre le casque et à demander à son utilisateur de marcher jusqu'à l'endroit où il pense que la cible se situe. Une deuxième méthode consiste à jeter un objet sur la cible au lieu de s'y rendre en marchant. Le lancer est effectué du bas vers le haut par souci de précision.

Dans l'article [2], ces deux expériences ont eu des résultats identiques et ont donné lieu à la même conclusion : la perception des distances est sous-estimée d'environ 30 pourcents en réalité virtuelle.

Pour tenter de corriger ce phénomène de compression, une méthode d'ajustement des distances a été expérimentée dans [3] : un shader déforme la géométrie en corrigeant la position des objets selon un facteur de transformation (warp multiplier, wm). Cette expérience a malheureusement eu de moins bons résultats que ce qui était attendu : l'erreur de perception a été réduite de 14 pourcents au lieu de 40.

Depuis la publication de l'article [2] en 2005, les technologies de réalité virtuelle ont évolué. Le lancer peut désormais être simulé dans l'environnement virtuel pour que le lanceur puisse avoir un retour visuel et s'entraîner à atteindre la cible : c'est l'expérience du virtual throwing. Plus précisément, le lanceur dispose maintenant d'un contrôleur avec une gâchette à relâcher au moment du lancer où il veut lâcher l'objet.

Ce dispositif demeure malheureusement assez imprécis : l'article [6] a révélé que les lancers étaient environ deux fois moins précis en VR que dans le monde réel avec cette méthode, et ce même lorsque les lanceurs étaient entraînés. En particulier, le mouvement des lanceurs était plus variable que dans la réalité. Pour justifier cette imprécision, l'article évoque deux raisons. D'une part, les lanceurs ont eu des difficultés avec le timing de relâchement des gâchettes. D'autre part, il était difficile d'estimer la force de lancer à cause de l'absence de retour haptique sur le poids et le centre de masse de l'objet.

Pour éliminer la première source d'imprécision, on a tenté dans l'article [7] de supprimer les gâchettes de l'expérience en simulant le point de relâchement des lanceurs grâce aux caractéristiques de leur bras (position, vitesse, rotation). Les résultats se sont avérés satisfaisants puisque l'erreur constatée sur le moment de relâchement était inférieure à 50 ms et les lanceurs ont trouvé l'expérience plus naturelle sans contrôleur. Pour améliorer l'expérience, l'article [7] propose également d'y intégrer du retour haptique, et c'est ce que nous comptons faire dans ce projet.

Plus précisément, nous donnerons aux lanceurs une masse sphérique afin que le ressenti soit proche de celui d'un lancer réel. Nous analyserons la précision du lancer avec et sans relâchement de l'objet et nous étudierons l'impact de sa masse sur le lancer en la faisant varier. Nous ajouterons également des vibrations pour que le lanceur ait un retour sur la pression qu'il exerce sur l'objet et donc sur le point de relâchement.

2 Objectifs et hypothèses de recherche

Question de recherche

Comment le retour haptique agit-il sur la proprioception et la perception de l'effort pour améliorer la précision et la perception des distances dans le virtual throwing ?

2.1 Objectifs

Démontrer comment le retour haptique, en stimulant la proprioception et la perception de l'effort, contribue à une meilleure estimation de la trajectoire et du point de lâcher, améliorant ainsi la précision des lancers en environnement virtuel. La reproduction des forces physiques sollicite les circuits neuronaux responsables de la coordination motrice, accélérant l'apprentissage et la précision des gestes.

2.2 Hypothèses

- L'ajout d'une masse sphérique et de vibrations réduira les biais de perception des distances et augmentera la cohérence des lancers améliorant ainsi la précision des lancers en environnement virtuel.
- La reproduction des forces physiques sollicite les circuits neuronaux responsables de la coordination motrice, accélérant l'apprentissage et la précision des gestes.

2.3 Description du système

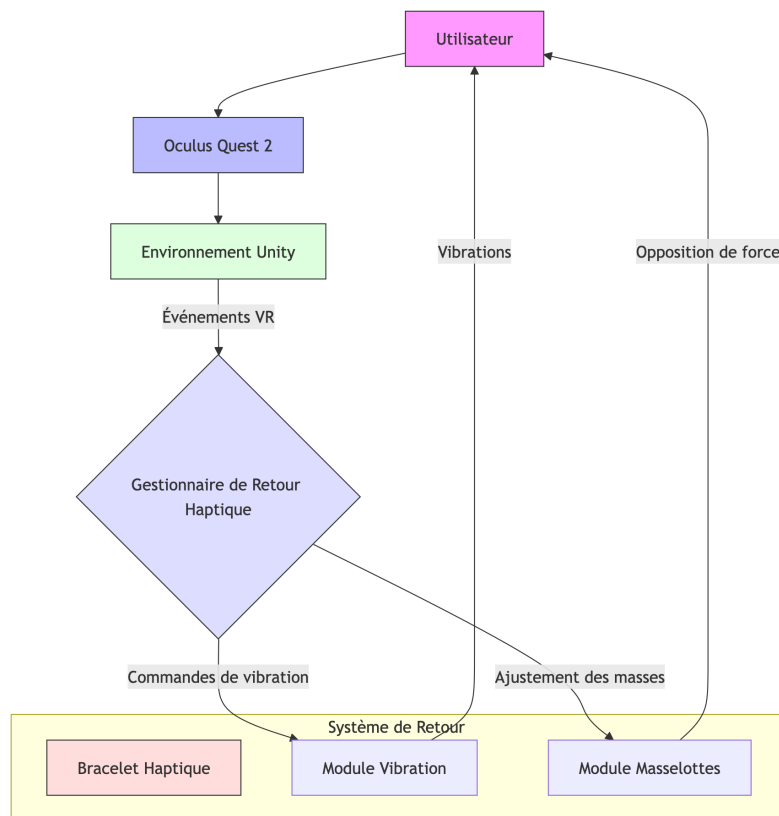


FIGURE 1 – Architecture du système haptique pour le lancer virtuel

3 Récapitulatif de l'état de l'art

Notre projet s'appuie sur plusieurs travaux antérieurs sur la perception des distances en réalité virtuelle et le lancer virtuel (Cf introduction). Le tableau ci-dessous résume les contributions clés et leur lien avec notre projet.

Référence	Contribution	Lien avec le projet
[1]	Nécessité de la surveillance visuelle continue	Importance des indices visuels
[2]	Comparaison lancer vs marche pour la perception des distances	Base pour notre méthode de lancer
[3]	Warping de l'espace perceptuel en VR	Adaptation de l'espace virtuel
[4]	Évaluation des mesures de distance perçue	Méthodes d'évaluation en VR
[5]	Préparation au lancer et potentiels cérébraux	Aspects cognitifs du lancer
[6]	Performance et expérience du lancer en VR	Identification des imprécisions
[7]	Prédiction du point de relâchement	Simulation réaliste du lancer

TABLE 1 – Résumé des travaux antérieurs

4 Méthodologie

Notre projet est divisé en trois lots principaux (work packages), détaillés ci-dessous.

4.1 Définition des lots de travail

Lot	Tâches	Risques	Livrables
WP1 : Cadrage	Lecture d'articles, formulation des problématiques, conception des expérimentations	Retard dans la compréhension, difficultés à définir la problématique	Synthèse des articles, design des expérimentations
WP2 : Expérimentation	Mise en place des tests, collecte des données, analyse des résultats	Problèmes techniques, erreurs de mesure	Données expérimentales, rapport d'analyse
WP3 : Rédaction et Présentation	Rédaction du rapport, préparation de la présentation	Retard dans la rédaction, problèmes de mise en forme	Rapport final, présentation

TABLE 2 – Lots, tâches, risques et livrables

4.2 Gestion des risques

4.3 Livrables et échéances

Chaque phase du projet se conclut par un livrable permettant d'évaluer l'avancement et d'assurer la cohérence du travail réalisé :

- **Semaine 6** : Livrable de cadrage détaillant la méthodologie et les hypothèses retenues.
- **Semaine 13** : Résultats préliminaires issus des expérimentations menées.
- **Semaine 17** : Rapport final et présentation des conclusions du projet.

4.4 Livrables associés

Chaque lot produira des livrables spécifiques pour valider les étapes du projet.

TABLE 3 – Risques et solutions dans un travail de recherche en groupe

Risques	Solutions
Manque de communication : malentendus, doublons	Réunions régulières, outil de communication (Whatsapp)
Répartition inégale du travail	Planification des tâches, définition claire des rôles grâce à un Kanban
Non-respect des délais	Suivi du calendrier, rappels, gestion des priorités
Qualité inégale des contributions	Relectures croisées, feedback constructif

5 Tableau des lots principaux

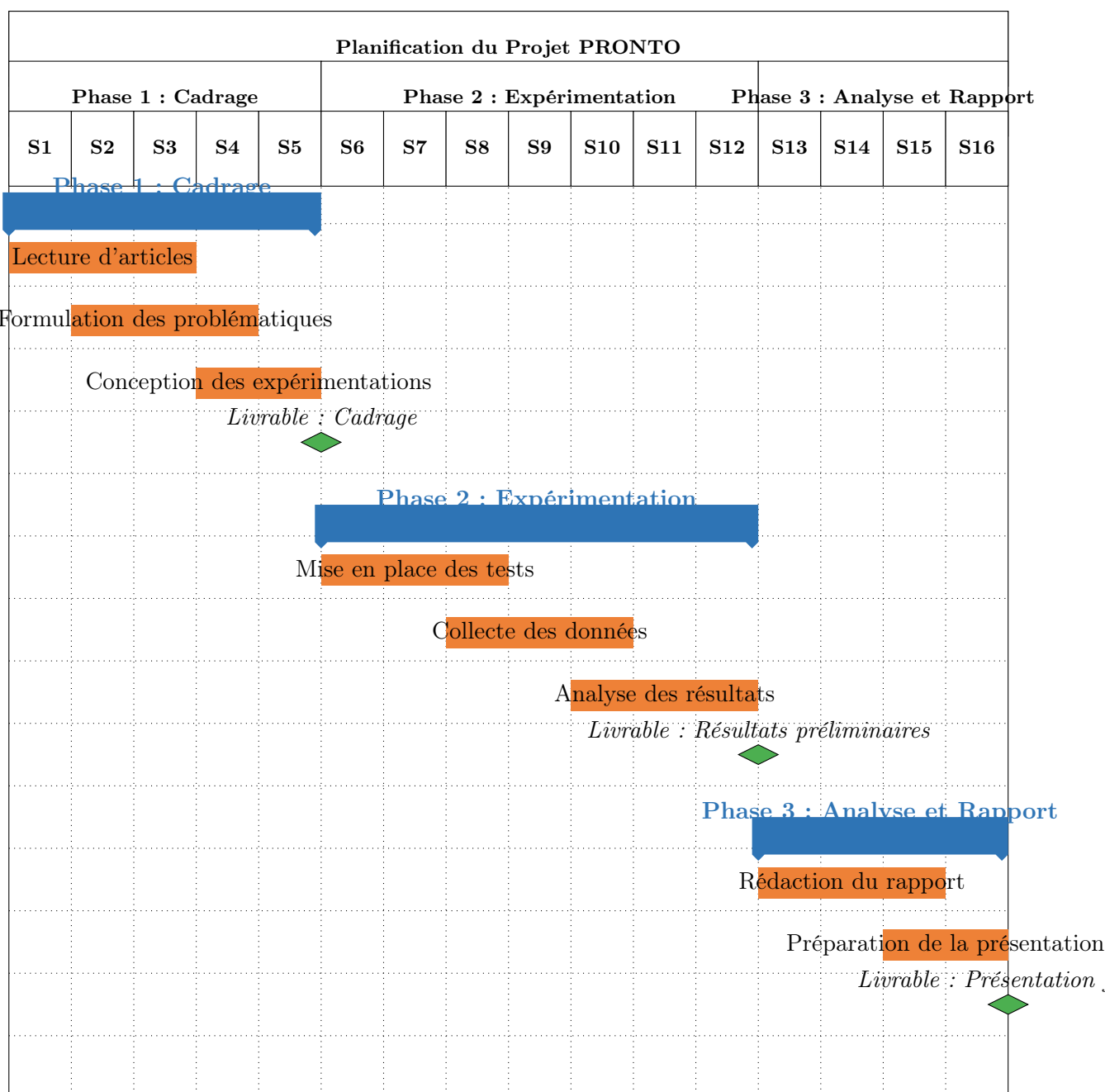
Lot	Membres assignés
WP1 : Cadrage	Gautier, Marc
WP2 : Expérimentation	Achraf, Gautier
WP3 : Rédaction et Présentation	Marc, Achraf

TABLE 4 – Répartition des lots entre les membres

6 Planification temporelle

6.1 Diagramme de Gantt

Pour garantir que les diagrammes des phases 1, 2 et 3 apparaissent l'un à la suite de l'autre sans intercalage de texte, nous utilisons l'option [H].



6.2 Suivi du projet

En complément des créneaux définis sur PASS, quatre réunions ont été organisées à l'Archipel pour assurer le bon déroulement du projet et ajuster les travaux en fonction des avancées :

- **Mercredi 5 février** : Discussion des objectifs du projet, répartition des tâches et premiers échanges sur la méthodologie expérimentale.
- **Judi 13 février** : Analyse des premiers articles scientifiques, définition des problématiques et élaboration du protocole expérimental.
- **Judi 20 février** : Ajustements sur la conception des expérimentations et préparation des outils de collecte des données.
- **Mardi 25 février** : Finalisation du cadrage, organisation de la phase d'expérimentation et planification des prochaines étapes.

6.3 Partage de documents et code

- Google Drive et Zotero pour les documents.
- GitHub pour le code (<https://github.com/promaaa/Pronto>).

7 Références

1. Thomson, James A. 1983. « Is continuous visual monitoring necessary in visually guided locomotion ? » *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*
2. Sahm, Cynthia S., Sarah H. Creem-Regehr, William B. Thompson, et Peter Willemsen. 2005. « Throwing versus walking as indicators of distance perception in similar real and virtual environments ». *ACM Transactions on Applied Perception*
3. Peer, Alex, et Kevin Ponto. 2016. « Perceptual space warping : Preliminary exploration ». In *2016 IEEE Virtual Reality (VR)*, IEEE
4. Peer, Alex, et Kevin Ponto. 2017. « Evaluating perceived distance measures in room-scale spaces using consumer-grade head mounted displays ». *2017 IEEE Symposium on 3D User Interfaces, 3DUI 2017 - Proceedings*
5. Frömer, R., Stürmer, B., et Sommer, W. 2018. « Aiming for the bull's eye : Preparing for throwing investigate with event-related brain potentials ». *Journal of Cognitive Neuroscience*
6. Zindulka, T., Bachynsi, M., et Müller, J. 2020. « Performance and experience of throwing in virtual reality ». In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*
7. Yamac, G., Chai, J. J., et O'Sullivan, C. 2021. « Point of release prediction for virtual throwing ». *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*