



RAPPORT

Contrôle immersif du déplacement en réalité virtuelle

- *Auteurs* -

Gouinguenet ARTHUR
Ho-Sun JULES
Ibrahimi BAHAE-EDDINE
Tazi YAHYA

26 janvier 2023

Table des matières

- Contexte et objectifs** **2**

- Solution envisagée** **3**
 - Côté humain 3
 - Côté technique 3

- Problèmes rencontrés** **4**

- Évaluation de l'interaction** **4**

- Résultats** **5**
 - Résultats quantitatifs 5
 - Résultats qualitatifs 8

- Conclusion** **8**

Contexte et objectifs

Associer une direction de déplacement à un joystick est assez intuitif quand on joue à un jeu avec un écran car la caméra est elle-même associée au deuxième joystick sans que cela ne gêne l'expérience de l'utilisateur à cause de la coordination qu'il y a entre associer chaque main respectivement au déplacement et à la caméra. Dans un contexte de réalité, il est concevable de se dire que si associer la direction de la caméra à l'orientation de la tête est immersif et intuitif, alors utiliser un joystick pour diriger la direction de déplacement l'est moins ; c'est ce que nous allons essayer de montrer dans notre projet. L'intuition laisse penser que si la solution la plus immersive pour la caméra est celle qui se rapproche le plus de la réalité, il devrait en être de même pour la direction du déplacement.

Dans un environnement virtuel, c'est donc la rotation de la tête de l'utilisateur contrôle la direction de la vision dans le casque de réalité virtuelle. La rotation du corps du joueur n'est donc pas prise en compte, ce qui peut créer une confusion spatiale : si, en appuyant sur le joystick de la manette, il veut avancer dans la direction vers laquelle il s'est tourné, il avancera en fait dans la direction vers laquelle il était tourné initialement. Dans d'autres cas, c'est l'effet inverse qui se produit : la direction de la caméra devient la direction de déplacement du joueur. Il ne pourra donc pas tourner sa tête pour regarder ailleurs sans changer de direction. Dans les deux cas, s'il veut se tourner dans la direction attendue, il lui faut utiliser un joystick, ce qui est peu intuitif et peu adapté dans certaines situations où davantage de précision est requise.

L'idée de base de notre projet est donc de désynchroniser la direction de la vue de la direction vers laquelle le corps est orienté. Concrètement, plusieurs cas d'usage pouvant utiliser cette fonctionnalité apparaissent. Celui qui paraît le plus évident est pour visualiser des cibles dans plusieurs directions tout en continuant à avancer, par exemple pour une simulation d'exercices militaires dans laquelle les soldats avancent en tirant sur le côté. Il est aussi possible d'utiliser cette fonctionnalité dans des simulations de sports dans lesquels les athlètes exploitent la direction de leur corps ; le ski et le canoë sont ceux qui viennent les premiers à l'esprit.

Nous avons donc comme objectifs pour ce projet :

- Trouver une solution plus immersive pour contrôler le déplacement.
- Favoriser le confort de l'utilisateur (avoir la tête qui tourne après une session n'est pas souhaitable).
- Parvenir à une solution intuitive.

Comme vu plus haut, trois aspects seront analysés dans notre rapport : confort, immersion et intuitivité. Il faut donc évaluer chacun de ces aspects et les comparer avec des solutions déjà présentes comme le joystick, tout en les confrontant les uns aux autres.

Solution envisagée

Comme expliqué dans la section précédente, nous avons remarqué que le déplacement en réalité virtuelle n'était ni intuitif, ni immersif, ni agréable. Pour remédier à cela, nous avons pensé à rendre ce déplacement plus naturel dans la mesure où ni la direction de la tête ni le sens du joystick de la manette ne dictaient la direction du mouvement. Une approche plus naturelle suggérerait donc que la direction de notre corps dicte le mouvement ou plus concrètement que la rotation de notre bassin correspond à la rotation de la caméra.

Pour cela, nous avons pensé dans un premier temps à avoir une ceinture équipée de capteurs. Malgré sa faisabilité, cette solution demande des équipements autres que ceux fournis avec la réalité virtuelle, ce qui favorise d'autres solutions, notamment celle que nous avons adoptée pour évaluer notre idée.

Côté humain

La solution adoptée dans nos expériences repose sur la manette fournie avec le casque de réalité virtuelle. En effet, la manette est équipée de capteurs indiquant sa position ; elle n'a donc qu'à être fixée dans la poche du pantalon pour ainsi capter les rotations du bassin. Ainsi, l'utilisateur peut s'orienter en jeu avec son bassin mais en sacrifiant l'une des manettes, qui sera utilisée exclusivement pour capter les mouvements du bassin. Certains des boutons de celle-ci sont donc inutilisables : si le joystick de la deuxième manette ne sert qu'à s'orienter en jeux, celle-ci est équipée d'autres boutons dont on pourrait avoir besoin comme la gâchette.

Nos expériences ne se focaliseront que sur le déplacement en jeu afin que ces inconvénients n'impactent ni la démonstration, ni les résultats obtenus. Le déplacement se fera à l'aide de la gâchette de la manette tenue en main ; l'utilisateur contrôlera sa vitesse en appuyant plus ou moins fort sur la gâchette pour obtenir une vitesse plus ou moins grande.

Côté technique

Du côté technique, la solution adoptée repose sur le prélèvement des positions de la manette lors du mouvement. Dans la pratique, on compare la position de la manette à l'instant présent avec sa position à l'instant précédent, se traduisant ainsi par un angle indiquant combien la direction du mouvement doit tourner par rapport à sa position précédente. Pour concrétiser cela, il a fallu prélever la position du casque de réalité virtuelle ainsi que la manette (droite) gérant la rotation à chaque mise à jour du programme. Ainsi, on calcule l'angle entre le vecteur entre le casque et la manette à l'instant précédent et le vecteur entre les deux après mis à jour. On prend en compte, pour avoir la rotation autour de l'axe y , les coordonnées x et z du casque et de la manette. La position du casque est particulièrement importante car elle indique le déplacement de l'utilisateur qu'on ne doit pas traduire par une rotation.

Problèmes rencontrés

Lors de la mise en pratique du prototype qu'on a essayé de tester, on a remarqué que mettre la manette dans la poche peut entraîner des erreurs de calculs surtout quand la manette n'est pas bien fixée dans la poche. Aussi, pour certains utilisateurs, le centre de la manette se confondait avec le centre du casque impliquant des vecteurs nuls se traduisant par des rotations inattendues et des directions de mouvement erronés. Dans la même idée, au début de la plupart des expériences la direction était mal initialisée obligeant un redémarrage. Ce problème a été résolu en introduisant une option de calibrage qui remet la caméra dans la direction dans laquelle l'utilisateur regarde.

Une autre difficulté qui créait problème était la vitesse de déplacement, on ne savait pas si appuyer sur la gâchette de la manette était une bonne idée en termes d'intuitivité mais aussi d'immersion. Nos doutes ont été dissipés une fois les expériences réalisées.

On a aussi remarqué que la manette peut être couverte lors de l'utilisation ce qui peut perturber l'expérience surtout quand l'utilisateur met une veste.

Évaluation de l'interaction

Maintenant qu'un prototype de notre nouvelle interaction de déplacement en réalité virtuelle a été développé et qu'il est fonctionnel, il faut maintenant quantifier les performances de cette nouvelle interaction et mesurer les bénéfices qu'elle peut apporter à l'immersion en réalité virtuelle. Il a été décidé de le comparer au contrôle de déplacement à joystick, qu'on appellera contrôle de référence. Ce type de contrôle est le plus utilisé pour des déplacements de personnage dans une optique d'exploration, c'est pourquoi nous avons trouvé pertinent de le comparer à notre système mis en place. Afin de réaliser des expériences similaires, de la même manière que pour notre prototype, le joystick permet uniquement de modifier la direction dans laquelle se déplace l'utilisateur ; c'est la gâchette qui permet d'avancer selon cette direction. Il fallait donc mettre en place une expérience devant comparer la vitesse et la précision des déplacements.

De plus, nous avons pressenti que notre nouvelle interaction permettrait d'exploiter la mémoire spatiale des utilisateurs : l'utilisateur bénéficie d'une meilleure représentation dans l'espace de sa direction, ce qui lui permettra un déplacement plus contrôlé et plus intuitif. Dans notre expérience on essaiera aussi de montrer que notre dispositif permet à l'utilisateur de se décider de sa direction sans avoir besoin de retours visuels.

Compte tenu de ces éléments, pour pouvoir mesurer les impacts de notre système de direction, l'expérience menée est la suivante : on demande à l'utilisateur de suivre une même courbe plusieurs fois ; à chaque fois, la vitesse et la précision du déplacement seront évaluées. Pour les derniers essais, une partie de la courbe ne sera plus visible ; l'utilisateur devra alors suivre la courbe qu'il a pu mémoriser précédemment.

Cette expérience met en jeu la capacité de mémoriser une trajectoire avec un dispositif et de le retranscrire. Les résultats que l'on souhaite exploiter portent essentiellement sur la partie retranscription. Plus un dispositif facilite la retranscription, plus il sera simple pour l'utilisateur de reproduire la trajectoire qu'il souhaite, en regardant ou non devant lui, et vérifier que son personnage réalise correctement la trajectoire souhaitée.

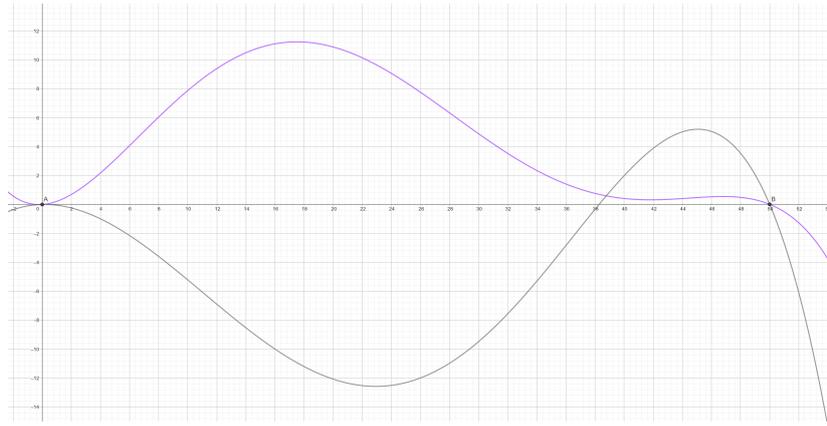


FIGURE 1 – Trajectoire suivi pour l'expérience.

Dans l'expérience qui a été menée, il a été demandé à 4 individus d'essayer notre de dispositif et de donner leur ressenti. Par la suite, il leur a été demandé de suivre 2 trajectoires différentes, pour le contrôle à joystick et le contrôle à bassin, que l'on peut voir sur la figure 1. Ils ont dû suivre ces courbes 8 fois au total. Pour les 3 dernières mesures, la dernière portion de la courbe n'était plus visible par l'utilisateur. Sur la première courbe, la dernière portion, à partir de $x = 30$, possède de légère courbure, alors que la seconde possède une courbure plus prononcé. Ainsi, on espère créer une situation, où les particularités de chacun des 2 types de contrôles peuvent s'exprimer.

Résultats

Résultats quantitatifs

Finalement, 128 mesures ont été réalisées. À l'issue de cette expérience, on a remarqué que le temps qui a été mesuré entre le début et la fin de la trajectoire ne varie que très faiblement d'une mesure à l'autre. En effet, les variations moyennes du temps est de 12%. Le temps que prenait le parcours de la trajectoire dépendait d'avantage du bon vouloir de l'utilisateur. C'est pour cette raison que le temps été mesuré, afin d'exclure de notre analyse les valeurs trop précise dû à un comportement non représentatif d'un utilisateur. Les données où le temps excédait 200% de la valeur moyenne furent exclues de notre analyse.

La précision est la donnée qui était exploitée pour notre expérience. Sur la figure 2, la moyenne des erreurs a été tracée pour le contrôle avec le joystick et le contrôle avec bassin. La moyenne des écarts à également été tracée sur cette figure. Les données sont classées selon différents critères. Tout d'abord, la moyenne sur le cas général a été faite, c'est à dire que l'on a rassemblé toutes les mesures qui ont été réalisées avec le joystick puis toute celles avec le bassin. Même si la différence entre l'erreur entre le joystick et le bassin est d'une même ordre de grandeur que les variation des mesures, l'erreur du contrôle avec le bassin est plus faible que l'erreur du contrôle à joystick et ceux, quelque soit le scénario choisi.

Il s'est avéré que l'avantage de précision fourni par le contrôle au bassin est indépendant des situations où la dernière portion de courbe est visible ou non. On peut affirmer que

le contrôle au bassin ne favorise pas la mémorisation de courbe. A travers les expériences, il est ressortit des commentaires des utilisateurs, que le déplacement au joystick sollicite également la mémoire musculaire, et que finalement, il n'est pas plus difficile de mémoriser une trajectoire avec son bassin, qu'avec ses doigts.

On observe sur la figure 2 que le contrôle au bassin offre une certaine facilité d'adaptation à une nouvelle situation. Les 2 derniers histogrammes représentent l'erreur de la précision dans le cas où l'individu a commencé l'expérience avec le dispositif du joystick, pour les 2 types de contrôle. De même pour le contrôle au bassin. Bien sûr, on observe sur ce graphique, que lorsque les individus connaissent la courbe, ils sont plus performants. Malgré ce phénomène les avantages qu'offre la connaissance de la courbe sont nettement plus bénéfiques pour le contrôle au bassin.

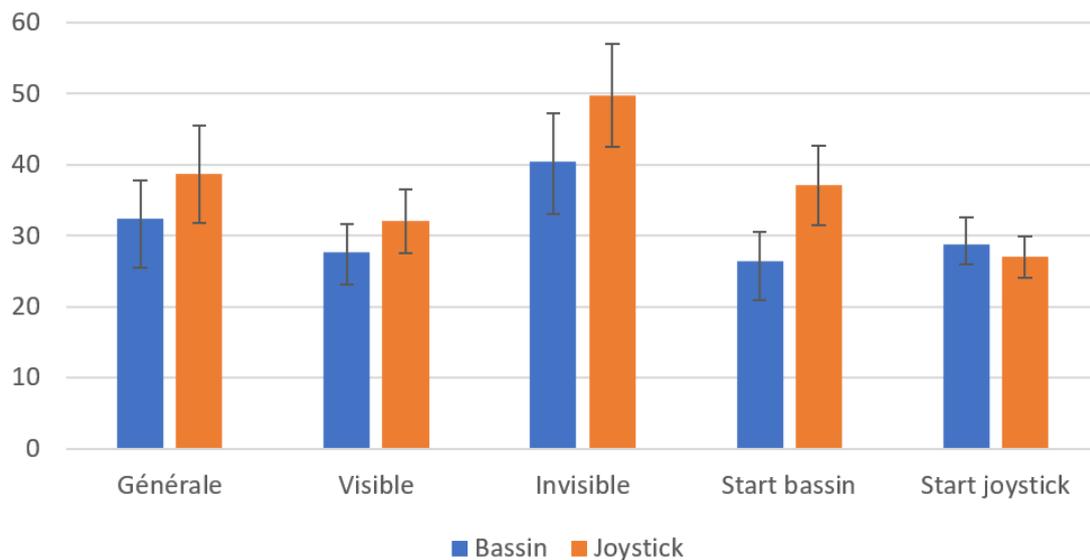


FIGURE 2 – Précision des trajectoires, selon différents critères.

Toutefois, on a remarqué au cours de cette expériences que les résultats pouvaient varier fortement d'un individu à l'autre. Sur la figure 3, l'individu 4 est nettement plus performant avec un joystick qu'avec le contrôle au bassin. Ce résultat peut s'expliquer par les habitudes personnelles des individus, qui jouissent d'expériences préalables variées. De plus certaines mesures ont pu être faussé par le manque de fiabilité de notre dispositif.

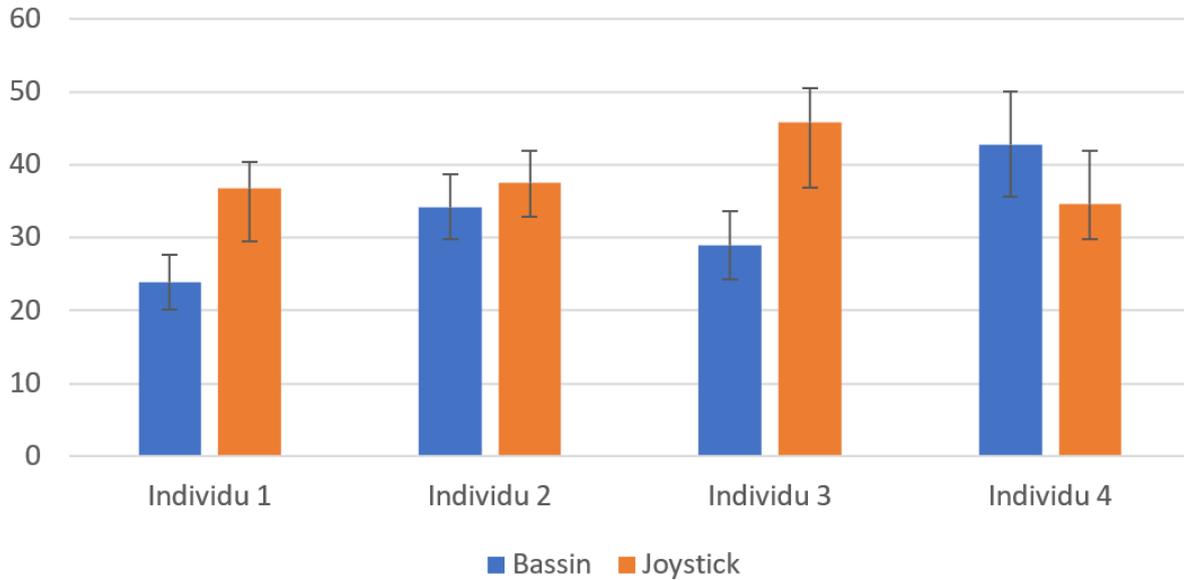


FIGURE 3 – Précision des trajectoires, selon les utilisateurs.

En dépit du nombre de facteurs qui peuvent influencer sur la précision et le temps de l'expérience selon les individus, certaines données illustrées dans le graphe ci-dessous sont assez révélatrices. En effet, si l'on se réfère aux échantillons de la courbe, on remarque que dans un des cas pour le bassin, le temps de l'expérience est assez long. Cela montre certes qu'il existe des personnes qui peuvent ne pas être à l'aise avec le mouvement du bassin à la première utilisation. Cependant, il est clair que le minimum de précision par rapport au temps est atteint dans le cas du joystick. D'autant plus que le maximum du rapport précision par rapport temps a été atteint dans l'expérience du bassin. Cela prouve qu'il est bien plus efficace de se déplacer avec notre solution car en moyenne, on obtient des résultats plus satisfaisants avec le bassin. Pour une même durée, coordonner le mouvement de la tête avec celui du bassin est bien plus efficace et intuitif que coordonner une direction de déplacement déterminée par le joystick et une direction de la caméra déterminée par la tête.

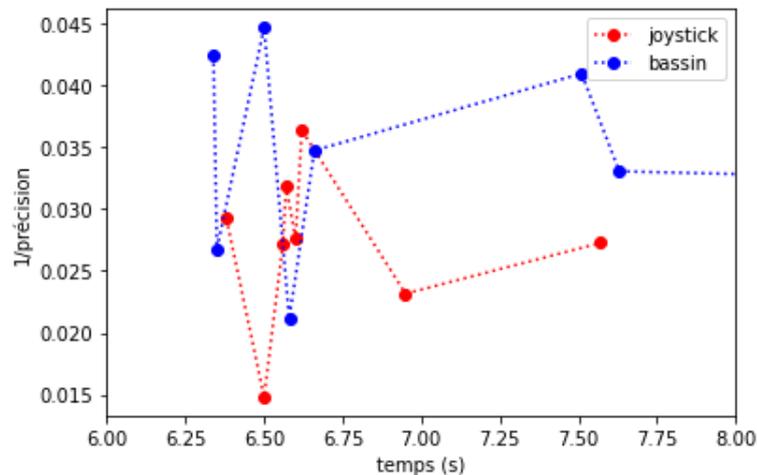


FIGURE 4 – Comparaison lors de l'expérience 1 du joystick et bassin

Chaque point des courbes ci-dessus représente une expérience unitaire avec un temps et un rapport 1/précision. Plus le point est élevé, plus le rapport entre temps et précision est efficace et donc plus l'expérience est un succès.

Résultats qualitatifs

Lors de la prise en main du dispositif, nous avons demandé aux utilisateurs leurs impressions quant à l'immersion, l'intuitivité et le confort du système, et de le comparer avec celui avec le joystick. Il en est ressorti que pour tous ceux qui l'ont testée, le dispositif utilisant le bassin pour la direction était plus immersif et plus amusant que celui avec le joystick : l'utilisateur est bien plus pris dans le jeu et cherche à diriger du mieux qu'il peut son bassin pour suivre la courbe.

Pour ce qui est du confort, il est aussi apparu que la solution utilisant les mouvements du bassin était beaucoup moins inconfortable que celle avec le joystick. En effet, la tête étant orientée dans une direction à peu près similaire à celle du corps, le déplacement provoque moins de nausées qu'avec le joystick, qui permet de se déplacer dans une direction vers laquelle la caméra n'est pas orientée, ce qui engendre une sensation plutôt désagréable.

Enfin, les avis ont été plus partagés pour l'intuitivité du système mis en oeuvre : celui-ci est assez inhabituel et tous avaient d'abord plus l'habitude d'utiliser le joystick. Cependant, au bout de plusieurs essais, la plupart se sont adaptés et ont réussi à suivre des trajectoires plus complexes qu'avec le joystick, puisque la sensibilité de celui-ci limite la vitesse de rotation.

Conclusion

Dans un souci d'immersion lors des déplacements avec la réalité virtuelle, nous avons pensé à rendre le mouvement plus intuitif et ce en traduisant le mouvement du bassin en mouvement de la caméra afin de rendre l'orientation plus naturelle. Cela a été mis en oeuvre en mettant une manette dans la poche pour suivre le mouvement du bassin. Cela limite les interactions que peut faire l'utilisateur dans le monde virtuel mais offre plus d'immersion et de divertissement, d'autant plus que stimuler et augmenter la sensation de réalisme figure parmi les aspects prometteurs de la réalité virtuelle.

A partir de notre expérience, il a été possible de démontrer que le contrôle au bassin permet à l'utilisateur de se déplacer avec plus de précision qu'en utilisant une méthode de déplacement habituelle. Malgré ce résultat frappant, il est important de relever que les bénéfices de performance apportés par notre dispositif ne sont pas significatifs. En effet, il est rare de demander à un utilisateur une telle précision dans une situation d'exploration. La précision qu'apporte le contrôle au joystick est nettement suffisante pour se mouvoir dans un univers virtuel.

A l'issue de ce projet, il en est ressorti que notre dispositif permettait une immersion plus poussée, diminuait les sensations de vertiges, apportait des sensations de déplacement plus fluides et agréables mais aussi plus réelles.