

CAOR MINES PARIS

CSI PREMIÈRE ANNÉE

JANVIER 2025 - JUILLET 2025

SALOMÉ GOBBI

INTERFACE DE CRÉATION BASÉE SUR L'IA POUR LA STIMULATION DE
L'INCARNATION D'UN ACTEUR

Directeur de thèse : ALEXIS PALJIC

Sommaire

I	Introduction	2
1.1	Résumé	2
2	Définition du geste expert	3
3	Définition de la structure ITS et choix de la méthodologie d'apprentissage implicite	4
3.1	ITS	4
3.2	Apprentissage implicite	5
4	Réalité virtuelle et apprentissage de geste	6
4.1	Généralités de l'apprentissage de geste en réalité virtuelle	6
4.2	Réalité mixte et apprentissage	7
4.3	Visualisations spéciales du mouvement pour l'apprentissage en VR	7
5	Bibliographie	7

I Introduction

I.I Résumé

2 Définition du geste expert

Le sujet, *Interactions multimodales pour la transmission du savoir-faire artisanal en réalité mixte*, nous interroge tout d'abord sur la définition du savoir-faire, artisanal en l'occurrence. Pour cela, nous avons choisi de nous baser sur le concept du geste expert, le skill, dans le contexte de l'étude des mouvements humains.

Les caractéristiques fondamentales du geste expert sont les suivantes [1] :

1. sélection et exécution optimales du mouvement (A)
2. grande précision du mouvement et de sa vitesse d'exécution (B)
3. erreur et variabilité du mouvement réduites (B)

où les indicateurs (A) et (B) renvoient à :

- (A) : une stratégie consciente de contrôle moteur, utilisé au début de l'apprentissage du geste expert en question
- (B) : un processus inconscient qui permet de dépasser les contraintes de la tâche, résultant dans une performance bien au-delà du niveau de base

De cette définition découle l'idée que l'apprentissage du geste expert doit prendre en compte ces différentes caractéristiques, et en particulier ce clivage entre la partie consciente et inconsciente de la réalisation de ce geste expert. Nous pouvons déjà trouver dans la littérature des exemples de découpage en phase pour l'apprentissage du geste expert. Par exemple [3] propose les 3 phases d'apprentissage suivantes :

1. cognitive : comprendre le bon mouvement
2. associative : reconnaître et pratiquer le bon mouvement
3. autonomie : réaliser le geste de façon inconsciente

Nous proposons donc, pour la suite, un découpage similaire en trois phases pour l'apprentissage, pour lequel nous avons donné les noms suivants :

1. compréhension (a)
2. préhension (b)
3. autonomie (b)

où les indicateurs (a) et (b) renvoient à :

- (a) : un apprentissage explicite visant le conscient
- (b) : un apprentissage implicite visant l'inconscient

Ce découpage nous permet de mieux tirer parti des particularités conscientes et inconscientes du geste expert. L'idée serait de mettre en place ce découpage au sein d'un système pédagogique, pour voir si découper l'apprentissage selon ces phases est en effet plus efficace et adapté pour l'apprentissage et la rétention qu'un système global. Dans un deuxième temps, il faudrait ensuite essayer de proposer les meilleurs systèmes pour chacune des phases identifiées.

3 Définition de la structure ITS et choix de la méthodologie d'apprentissage implicite

3.1 ITS

Afin de donner un cadre plus clair à notre sujet, nous proposons de passer par la structuration de l'*Intelligent Tuition System (ITS)*. L'ITS est structuré en quatre modèles [1] :

1. modèle du domaine : représente la connaissance de l'expert à transmettre
2. modèle apprenant : représente l'état de la connaissance de l'apprenant à tout instant
3. modèle pédagogique : représente les choix pédagogiques faits en fonction du comportement de l'apprenant
4. modèle d'interface : représente l'échange d'information entre l'utilisateur et le système

Quelque soit le nombre de phases d'apprentissage du système que l'on choisit, le modèle du domaine reste le même, car la connaissance que l'on vise à transmettre à l'apprenant ne doit pas changer. En revanche, le modèle apprenant, lui, peut voir des différences d'implémentation ou d'approche, car la façon d'évaluer ou de modéliser la connaissance peut être sujette à des modifications. Les modèles pédagogiques et d'interface sont eux propres à chaque phase et approche retenue, et font partie des paramètres sur lesquels nous allons pouvoir jouer au cours des expérimentations.

Cette structure permettra également de tester et comparer différentes interfaces et choix pédagogiques, que nous allons détailler dans la suite.

3.2 Apprentissage implicite

Comme nous l'avons vu dans la partie 2, le geste expert comporte à la fois une partie consciente et inconsciente. Il semble donc logique de choisir des méthodes pédagogiques ciblant spécifiquement la mémorisation consciente et inconsciente, d'où pour la seconde l'attrait des méthodes d'apprentissage implicite.

Par définition, l'apprentissage implicite s'oppose à l'apprentissage explicite. L'implicite vise l'inconscient, sans un but apparent d'apprentissage clair et sans moyen d'auto évaluation, ce qui ne permet pas à tout instant de se situer dans son état d'apprentissage. Au contraire, l'explicite fournit un but, des moyens d'auto évaluation et l'état de connaissance de l'apprenant lui est connu, ce qui lui permet de choisir des stratégies et objectifs pédagogiques. Ces deux modes d'apprentissage stimulent par ailleurs des aires du cerveau distinctes. [2] On peut également voir l'apprentissage implicite comme le fait de retirer tous les éléments verbaux et analytiques du processus d'apprentissage, afin d'empêcher l'apprenant de stimuler sa mémoire explicite [7] (ce qui peut également être fait en occupant artificiellement cette mémoire par quelque chose d'inutile pour la tâche en question, par exemple).

[7] cite trois grandes catégories de méthodes pour l'apprentissage implicite :

- apprentissage sans erreur : commencer l'apprentissage par des choses si simples que l'erreur y est improbable, pour ne pas ensuite pouvoir conscientiser une mauvaise manière de faire le geste
- focus externe de l'attention : ramener le focus de l'apprenant non pas sur son geste, mais sur la conséquence de son geste
- apprentissage par analogie : proposer une analogie du mouvement (par exemple sonification, mouvement similaire dans un autre domaine) pour exercer de façon décorrélée de son domaine le mouvement

L'apprentissage implicite présente également des avantages pédagogiques supplémentaire, car cette méthode propose une méthode de pédagogie positive engendrant un cycle vertueux d'apprentissage. En effet, cette plus grande autonomie de l'apprenant couplée à un focus externe de son attention offrent une plus grande motivation, une plus grande implication dans l'apprentissage, et permettent d'obtenir de meilleurs résultats en termes de précision et de rétention. [10]

4 Réalité virtuelle et apprentissage de geste

Nous avons abordé pour le moment avant tout la partie de pédagogie théorique, autour de l'ITS et de l'apprentissage implicite pour la notion de geste expert. Un autre mot de fort de notre sujet est la réalité mixte, car cela sera l'outil retenu pour notre expérimentation. Nous allons commencer par étudier ce qui se fait déjà dans l'apprentissage de geste en réalité virtuelle, avant faire un petit tour d'ensemble de l'utilisation des différentes technologies de réalité mixte. Nous attarderons ensuite sur quelques méthodes qui ont retenu notre attention.

4.1 Généralités de l'apprentissage de geste en réalité virtuelle

On peut retrouver de nombreux exemples d'apprentissage de gestes dans la littérature ou l'industrie, que ce soit pour de l'entraînement sportif ou dans un contexte industriel. Cependant, ces gestes n'impliquent en général pas de *négociation avec la matière*, comme on peut le retrouver dans l'artisanat : les gestes aujourd'hui appris en réalité virtuelle sont des postures d'arts martiaux, des interactions avec des machines ou consignes de sécurité principalement. On retrouve également quelques applications dans des sports de raquette (tennis, tennis de table) ou en médecine.

Dans la plupart des études, on retrouve des métriques évaluant la précision obtenue par l'apprentissage en réalité virtuelle, mais plus le transfert et la rétention sont plus rarement étudiées [4]. Cependant, dans le cadre d'un apprentissage de type formation, le transfert et la rétention sont à nos yeux les plus intéressantes : l'apprenant pourra-t-il faire fructifier son apprentissage en réalité virtuelle dans son apprentissage global de son métier d'artisan. D'après [6], l'apprentissage en réalité virtuelle aurait les mêmes propriétés de transfert que la vidéo pour la réalisation d'un mouvement sportif dans des conditions d'utilisation similaire.

Une autre force de la réalité virtuelle est d'offrir un apprentissage actif, qui implique l'apprenant et lui permet d'être acteur de son apprentissage. Cela permet d'augmenter l'autonomie de l'apprentissage, la confiance en soi, et d'avoir ensuite un apprentissage plus efficace, au moins sur la précision [8]. On retombe d'ailleurs sur certains des avantages mises en avant dans la théorie OPTIMAL pour l'apprentissage implicite [10].

Les environnements virtuels sont aussi appréciés dans l'entraînement moteur car ils permettent d'avoir un contrôle total plus précis de l'environnement que cela est possible dans la réalité [4]. Cela peut permettre de s'assurer d'avoir l'environnement le plus adéquat pour l'apprentissage sans aléas qui peuvent prendre place dans la réalité, ou alors au contraire de simuler des situations rares [5]. Ainsi peut-on s'entraîner dans des situations dangereuses ou inhabituelles pour être prêt à y faire face le jour où celles-ci se présenteront, alors qu'il serait plus difficile d'imaginer s'y entraîner de façon pratique dans la réalité. Enfin, on peut voir l'environnement contrôlé comme

une opportunité de soumettre l'apprenant à des lois physiques différentes pour travailler sa réaction ou des pans précis du geste [4].

4.2 Réalité mixte et apprentissage

Nous avons pour le moment parlé tout le temps de réalité virtuelle, mais il convient d'aussi discuter des autres modalités de la réalité étendue, quand bien même elles sont aujourd'hui moins répandues que la réalité virtuelle. La réalité virtuelle offre l'avantage de couper l'apprenant du monde extérieur, ce qui permet une plus grande concentration en général. On peut cependant quand même observer une peur des obstacles dans l'environnement réel, qui se retrouvent masqués en réalité virtuelle [9].

La réalité mixte permet une meilleure conscience de son environnement, et offre une composante sociale, en particulier en cas d'apprentissage à plusieurs, leur permettant d'interagir plus facilement et naturellement [9]. Il n'y a cependant pas d'avantage direct sur les performances par rapport à la réalité virtuelle dans les articles que nous avons lus.

Enfin, nous n'avons pas encore lu d'articles portant sur l'efficacité de la réalité augmentée dans l'apprentissage du geste.

4.3 Visualisations spéciales du mouvement pour l'apprentissage en VR

5 Bibliographie

References

- [1] Cédric Buche et al. "MASCARET: A pedagogical multi-agent system for virtual environment for training". In: *IJDET* 2 (Jan. 2004), pp. 41–61. DOI: [10.1109/CYBER.2003.1253485](https://doi.org/10.1109/CYBER.2003.1253485).
- [2] Yi Fang and Kai Ru. "The impact of implicit motor learning on motor performance". In: *Lecture Notes in Education Psychology and Public Media* 25.1 (Nov. 2023), pp. 103–111.
- [3] Daiki Kodama et al. "Effects of Collaborative Training Using Virtual Co-embodiment on Motor Skill Learning". In: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 29.5 (2023), pp. 2304–2314. DOI: [10.1109/TVCG.2023.3247112](https://doi.org/10.1109/TVCG.2023.3247112).
- [4] Danielle E Levac, Meghan E Huber, and Dagmar Sternad. "Learning and transfer of complex motor skills in virtual reality: a perspective review". en. In: *J. Neuroeng. Rehabil.* 16.1 (Oct. 2019), p. 121.

- [5] Madhur Mangalam et al. “Investigating and acquiring motor expertise using virtual reality”. en. In: *J. Neurophysiol.* 129.6 (June 2023), pp. 1482–1491.
- [6] Stefan Pastel et al. “Training in virtual reality enables learning of a complex sports movement”. en. In: *Virtual Real.* 27.2 (June 2023), pp. 523–540.
- [7] Jamie M Poolton and Tiffany L Zachry. “So you want to learn implicitly? Coaching and learning through implicit motor learning techniques”. en. In: *Int. J. Sports Sci. Coach.* 2.1 (Mar. 2007), pp. 67–78.
- [8] Yinchun Tang. “Research on the Application of Virtual Reality Technology in Motor Skills Training”. In: *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences* 9 (July 2024). DOI: [10.2478/amns-2024-1646](https://doi.org/10.2478/amns-2024-1646).
- [9] Feng Tian et al. “Enhancing Tai Chi training system: Towards group-based and hyper-realistic training experiences”. en. In: *IEEE Trans. Vis. Comput. Graph.* 30.5 (May 2024), pp. 2713–2723.
- [10] Gabriele Wulf and Rebecca Lewthwaite. “Optimizing performance through intrinsic motivation and attention for learning: The OPTIMAL theory of motor learning”. en. In: *Psychon. Bull. Rev.* 23.5 (Oct. 2016), pp. 1382–1414.
- [11] Goldy Yadav and Julie Duque. “Reflecting on what is “skill” in human motor skill learning”. In: *Frontiers in Human Neuroscience* Volume 17 - 2023 (2023). ISSN: 1662-5161. DOI: [10.3389/fnhum.2023.1117889](https://doi.org/10.3389/fnhum.2023.1117889). URL: <https://www.frontiersin.org/journals/human-neuroscience/articles/10.3389/fnhum.2023.1117889>.