

# Couplage sensori-moteur pour l'action conjointe dynamique entre agent virtuel et humain.

Gireg Desmeulles (desmeulles@enib.fr), Elisabetta Bevacqua

septembre 2020

## Résumé

Construire et étudier une boucle sensorimotrice audio pour permettre à un agent virtuel "intelligent" de jouer de la musique avec un humain, dans un environnement Unity3D.

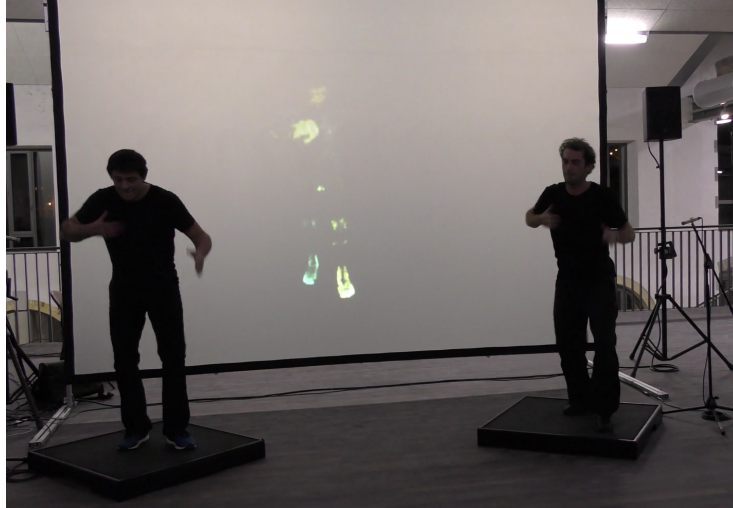
## 1 Introduction

De précédents travaux menés au CERV se sont intéressés au couplage sensori-moteur entre un agent virtuel et un utilisateur humain. Il a été montré dans [3] que lorsque l'utilisateur faisait un effort pour maintenir le couplage sensori-moteur avec un agent virtuel, cela améliorait sa perception de sa présence. La "présence" étant une propriété essentielle pour un système de réalité virtuelle. Cependant, dans cette étude le personnage était contrôlé par un magicien d'Oz, ce qui n'était pas satisfaisant à terme. Depuis, un modèle de décision temps réel à été développé et comparé au magicien d'oz [4]. Ces travaux ont donné lieu au développement d'un *Behavior Realizer* [5] qui permet la génération en temps réel des gestes pour un agent virtuel.

Parallèlement à ces travaux, un projet arts et sciences<sup>1</sup>, réalisé autour de la percussion corporelle [2, 1], a permis de tester le couplage sensorimoteur entre agents virtuels et utilisateurs humains. Nous avons proposé une démonstration dans laquelle des musiciens jouaient avec un humain virtuel.

---

<sup>1</sup><https://youtu.be/cFc5dPK97ho>



La réalisation de cette action conjointe a soumis nos outils de réalité virtuelle à des contraintes temporelles drastiques. En effet, la précision de la synchronisation des gestes/notes est de l'ordre de la milliseconde. Lors de la démonstration, les artistes se synchronisaient avec l'agent virtuel car l'agent virtuel lui était incapable de se synchroniser aussi finement avec eux. De plus, l'humain virtuel "jouait" des mouvements capturés, alors qu'il serait souhaitable qu'il génère ses propres mouvements avec le *Behavior Realizer*.

L'objet de ce stage est de montrer que la mise en oeuvre d'une boucle sensori-motrice permet de contourner les latences et imprécisions temporelles matérielles et logicielles, dans le cadre d'une action conjointe entre un agent virtuel et humain. Ainsi il serait possible pour un agent virtuel de jouer de la musique avec un humain.

## 2 Taper des mains

Pour débiter, nous imaginons l'action conjointe musicale la plus simple qui soit : Deux agents qui tapent dans les mains de manière synchrone. Si cette action semble *a priori* simple, elle implique déjà pas mal de mécanismes de régulations entre les deux acteurs. Ce travail peut alors être découpé en trois phases:

- un agent virtuel se synchronise avec une source périodique (un métronome)
- un agent virtuel se synchronise avec une source imparfaite quasi-périodique (un humain)
- un agent initie l'action conjointe avec l'utilisateur.

Selon l'avancement du stage, il sera possible d'envisager le déploiement sur un dispositif de RV type casque ou cave. À l'inverse, si la troisième phase ne peut être abordée par manque de temps, le stage fournira tout de même une étude cohérente.

### 3 Codage de la boucle sensorimotrice

L'humain virtuel sera développé avec **Unity3D**. Les gestes seront générés en temps réel avec le *Behavior Realizer* du CERV. Puisqu'il s'agit de taper dans les mains, la partie animation sera assez simple à mettre en œuvre. La boucle sensorimotrice sera implémentée autour de l'ouïe. C'est donc sur le traitement du son que nous nous concentrerons en premier lieu. L'agent virtuel jouera des sons et écoutera les sons joués par l'humain, le métronome ou lui même. La bibliothèque **C++ JUCE** permet de développer des plugins Unity3D de traitement du son. Il s'agira de mettre en œuvre des algorithmes de détection d'enveloppe pour "coder" les oreilles de l'humain virtuel. Il faudra également imaginer une IA minimaliste qui fait le lien entre la perception et l'action de l'agent.

En plus des encadrants informaticiens, Vincent Choqueuse qui est chercheur en traitement du signal à l'ENIB, sera ressource pour proposer des algorithmes en plus de l'algorithme de détection d'enveloppe que nous avons déjà implémenté.

### References

- [1] E. Bevacqua and G. Desmeulles. Interaction entre humains virtuels et réels dans le cadre de la percussion corporelle. In *Workshop Affect Compagnon Artificiel Interaction WACAI 2016*, Brest, France, June 2016. ENIB.
- [2] E. Bevacqua and G. Desmeulles. Real and virtual body percussionists interaction. In *MOCO '17, MOCO '17 Proceedings of the 4th International Conference on Movement Computing*, London, United Kingdom, June 2017.
- [3] E. Bevacqua, S. Igor, M. Ayoub, A. Nédélec, and P. De Loor. Effects of Coupling in Human-Virtual Agent Body Interaction. In T. Bickmore, S. Marsella, , and C. Sidner, editors, *Intelligent Virtual Agents, 14th International Conference, IVA 2014*, volume 8637 of *Lecture Note in Artificial Intelligence*, pages 54–63, Boston, United States, Aug. 2014. Springer International Publishing.
- [4] P. De Loor, R. Richard, and E. Bevacqua. Interaction corporelle évolutive entre un humain et un personnage virtuel. *Revue des Sciences et Technologies de l'Information - Série RIA : Revue d'Intelligence Artificielle*, Oct. 2017.
- [5] H. H. Vilhjálmsson, N. Cantelmo, J. Cassell, N. E. Chafai, M. Kipp, S. Kopp, M. Mancini, S. Marsella, A. N. Marshall, C. Pelachaud, Z. Ruttkay, K. R. Thórisson, H. van Welbergen, and R. J. van der Werf. The Behavior Markup Language: Recent developments and challenges. In C. Pelachaud, J.-C. Martin, E. André, G. Chollet, K. Karpouzis, and D. Pelé, editors, *Proceedings of 7th International Conference on Intelligent Virtual Agents*, volume 4722 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 99–111, Paris, France, 2007. Springer.