

Bastien LEGOY
Chloé ADNET
Loïc GAILLARD
Ruben QUAST

Ensimag 5MMIPW
2022 - 2023



Rapport interactions post-WIMP, PAPA (Pioneering Augmented Piano Assistant)

Rapide résumé du contexte et des objectifs (centré humain)

Notre projet s'intitule PAPA, pour "Pioneering Augmented Piano Assistant". Il vise à offrir à un pianiste débutant la possibilité d'apprendre des morceaux de musique plus rapidement avec un casque de réalité augmentée. Le but final est de maîtriser les morceaux de musique sans l'aide du casque.

Notre idée est d'augmenter l'efficacité de l'apprentissage en éliminant la dissociation entre le guide d'apprentissage (une partition, des notes modélisées par des carrées qui tombent, etc) et le clavier du piano. Des technologies similaires ont déjà été développées sur ce même concept ([PianoVision](#), [MagicKeys](#), [Teomirn](#), ...), cependant aucune version publique ne semble accessible à un utilisateur lambda sur la plateforme que nous avons choisie. De plus, nous n'avons trouvé aucune analyse concernant l'éventuel avantage d'un tel dispositif par rapport à un apprentissage classique du piano.

Description de la solution envisagée (centré humain)

Notre système vise à offrir à l'utilisateur un moyen d'apprendre des morceaux de musique au piano. Il utilise un casque de réalité augmentée qui lui indique précisément sur quelles touches du clavier appuyer, à quel moment et pendant combien de temps. Ce genre de système existe déjà dans un certain nombre de logiciels d'apprentissage du piano, en 2D.



Synthesia est un outil très répandu d'apprentissage du piano.



Les notes sont modélisées par des rectangles verts qui tombent sur les notes sur lesquelles l'utilisateur doit appuyer.

Notre objectif est de reproduire le même type de système, mais sans que l'utilisateur ne subisse la dissociation des deux supports (le guide visuel et le piano). Notre solution pour atteindre cet objectif consiste en une application de réalité augmentée, grâce à laquelle l'utilisateur peut voir les notes (toujours représentées par des rectangles) tomber directement sur les touches du clavier.

Description des problèmes rencontrés et des solutions mises en place (centré technique)

- Difficulté à utiliser les contrôles de l'hololens (parfois imprécis), mettre en place la barre sur laquelle arrivent les notes holographiques est une tâche fastidieuse qui pourrait être automatisée (avec un plugin comme Azure Spatial Anchors), nous ne la faisons donc pas réalisée par les participants. On aurait aussi pu faciliter le contrôle de la barre mais étant donné que nous ne souhaitons pas évaluer la performance de la mise en place de notre système nous ne nous sommes pas attardés dessus.
- A l'origine nous avons réalisé une réplique 3D 1:1 de notre piano, que nous voulions laisser l'utilisateur placer dans l'espace et qu'il puisse utiliser comme référence pour jouer la partition, mais après quelques tests de notre côté, nous avons décidé de n'utiliser qu'une simple barre car nous avons nous même plus de facilité à l'utiliser.

État des lieux de ce qui a été réalisé (centré technique)

Réalisation d'une application Unity composée d'une scène contenant une barre manipulable et sur laquelle arrivent des "notes" dont la taille symbolise la durée pendant laquelle elle doit être jouée, de plus les notes correspondant aux touches blanches sont de couleurs différentes que les notes correspondant aux touches noires. La barre est de même dimension que le piano sur lequel nous avons effectué nos tests (nous ne l'avons donc pas faite redimensionnable). Un menu est aussi présent et est ancré près de la barre (si on déplace la barre le menu se déplacera aussi), il contient des boutons permettant de sélectionner une partition, de "geler" et "dégeler" le piano (désactiver les déplacements et la rotation), ainsi que de lancer et arrêter la partition choisie.



Sur cette photo on peut voir sur l'écran ce que voit l'apprenti pianiste en utilisant notre système.

Évaluation de l'interaction créée (centré humain)

Protocole expérimental

On s'intéresse à l'apprentissage de morceaux de musique, et on cherche à évaluer une potentielle plus-value de notre système par rapport à d'autres dispositifs existants. Pour cela, on choisit l'outil **Synthesia** comme comparatif, et on évalue les prestations de différents sujets sur chacun des deux dispositifs. On fait du **within-subject**, c'est-à-dire que chaque participant teste chaque dispositif d'apprentissage.

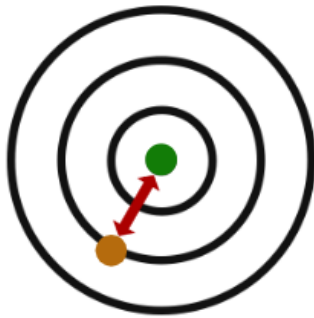
On se sert de quatre chansons, que l'on a jugées comme étant relativement faciles :

1. Au clair de la lune,
2. Frère Jacques,
3. Meunier tu dors,
4. Une souris verte.

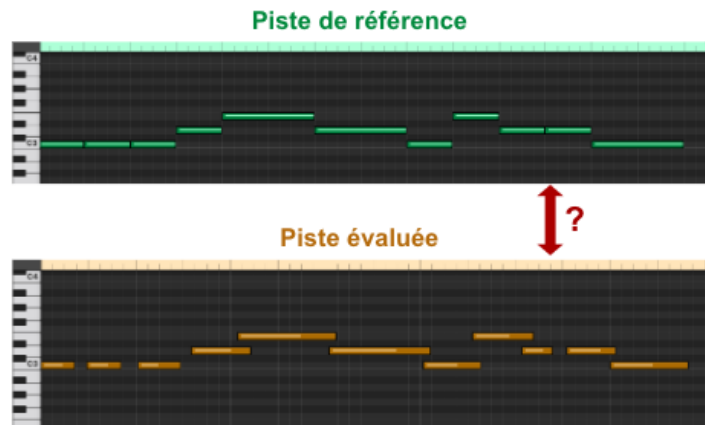
Les participants tentent d'apprendre deux chansons différentes pour chacun des deux systèmes, donc chaque participant est évalué sur toutes les chansons. Afin d'équilibrer l'expérimentation, on prend bien sûr soin de ne pas toujours tester les mêmes chansons sur le même dispositif, et de ne pas faire tester les dispositifs dans le même ordre d'un sujet sur l'autre. Nous avons récolté sous forme de fichier MIDI les enregistrements de 10 personnes sur 5 chansons chacune. Nous disposons donc de 40 fichiers pour tenter d'évaluer l'efficacité de notre système.

Évaluation de la justesse de la performance

Si l'activité qu'on cherchait à évaluer était du lancer de fléchettes, la performance de l'utilisateur sur un lancer pourrait s'obtenir simplement en mesurant la distance du lancer par rapport au centre de la cible (distance 2D). Mais pour la musique, il semblerait qu'il y ait beaucoup plus de dimensions (justesse des notes, rythme, dynamique, posture, émotion, interprétation, ...).



Évaluation simple



Évaluation compliquée

On se demande comment évaluer un fichier midi produit par un sujet dans le cadre de notre expérience par rapport à un fichier midi de référence.

Comme nous l'a appris notre prof, si on a un problème, on cherche d'abord une solution sur internet. Le logiciel Synthesia semble déjà faire ce qu'on veut : Il évalue la performance d'un utilisateur par rapport au morceau de référence. Cependant nos recherches suggèrent qu'un tel produit n'existe pas en lui-même, mais que chaque logiciel possède sa propre implémentation.

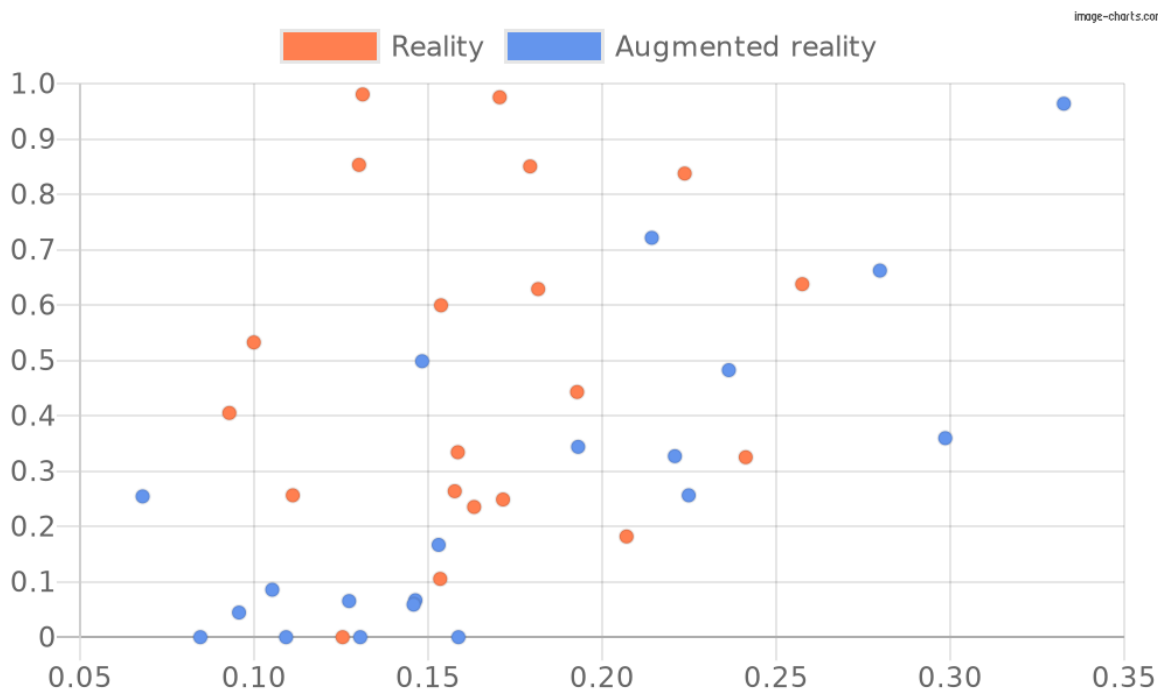
Nous avons donc choisi de développer un outil fait maison pour la comparaison de fichiers midi, en évaluant les enregistrements musicaux en fonction de seulement deux dimensions :

- la **précision spatiale** (le sujet joue les bonnes notes),
- la **précision temporelle** (le sujet joue les notes aux bons moments).

Conclusion

Résultats obtenus

Sur les 10 sujets évalués et avec notre méthode d'évaluation, nous avons obtenu les résultats suivants :



*Résultats des sujets, avec l'erreur de rythme en abscisse
et l'erreur au niveau de la justesse des notes en ordonnées*

Chaque point correspond à l'enregistrement d'une chanson sur un dispositif (Synthesia en orange et PAPA en bleu). Les axes sont croissants en fonction de l'erreur, donc plus un point est proche de l'origine et plus la prestation correspondante est considérée comme bonne.

En calculant les moyennes des score sur les deux dispositifs, on obtient le tableau suivant :

	Réalité	Réalité augmentée
Erreur de rythme moyenne	0.17 s	0.17 s
Justesse moyenne des notes	51.54 %	73.22 %

Interprétation des résultats

Les résultats ci-dessus ne semblent pas montrer de changement significatif au niveau du rythme, mais une amélioration notable en termes de justesse des notes. Ces résultats suggèrent donc que notre objectif a été atteint : les personnes testées ont produit des performances jugées comme étant meilleures en utilisant notre dispositif de réalité augmentée qu'en utilisant un dispositif WIMP classique.

De plus, d'après les retours des sujets suite à l'expérience, le piano en réalité augmentée était une expérience plus agréable qu'un dispositif d'apprentissage classique, et il simplifiait grandement l'apprentissage pour tous les participants s'étant exprimé sur ce point.

Pistes d'améliorations

Pour avoir une véritable idée de si notre système permet réellement un apprentissage sur le long terme il faudrait mener un suivi, néanmoins à court terme notre système semble avoir des résultats prometteurs.

- Au niveau de l'évaluation, nous pourrions évaluer plus de monde, et conduire les évaluations sur plus de chansons.
- Nous pourrions également essayer d'utiliser d'autres métriques d'évaluation, par exemple en mesurant le pourcentage de recouvrement entre chaque morceaux évalué et le morceau de référence correspond.
- De plus, nous voulions initialement évaluer chaque sujet **plusieurs fois** sur chaque morceau, de manière à étudier la **vitesse d'apprentissage** sur les différents dispositifs.
- Une autre expérience pour mesurer l'apprentissage apporté par notre système aurait été d'entraîner l'utilisateur sur notre système et de lui demander une restitution sans partition, que aurions pu évaluer en utilisant un métronome afin de garder un guide pour le rythme.
- Aussi en terme d'implémentation, un système de contrôle plus abouti aurait peut être aussi permis une autre expérience, car changer l'inclinaison selon laquelle arrivent les notes pourrait peut être améliorer encore les résultats (Les notes arrivent perpendiculairement au piano, peut être qu'un angle moins prononcé rendrait le système plus clair).