



**HAL**  
open science

## Etude de nouvelles modalités d'interactions lors de tâches de pilotage réalisées en simulateur

Régis Mollard, Thomas Bénéteau, Quentin Desplanque, Patxi Berard, Marion Wolff

### ► To cite this version:

Régis Mollard, Thomas Bénéteau, Quentin Desplanque, Patxi Berard, Marion Wolff. Etude de nouvelles modalités d'interactions lors de tâches de pilotage réalisées en simulateur. ERGO'IA 2018, Oct 2018, Bidart, France. hal-01882526

**HAL Id: hal-01882526**

**<https://hal.science/hal-01882526>**

Submitted on 27 Sep 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Etude de nouvelles modalités d'interactions lors de tâches de pilotage réalisées en simulateur

Régis Mollard

Univ. Paris Descartes  
UMR 8257 COGNAC G  
45, rue des Saints-Pères-  
75006 Paris  
& ESTIA/PEPSS  
Technopôle Izarbel  
64210 Bidart  
regis.mollard@parisdescartes.fr  
r.mollard@estia.fr

Thomas Bénéteau  
Quentin Desplanque

Univ. Paris Descartes  
45, rue des Saints-Pères-  
75006 Paris  
thomas.beneteau@etu-  
parisdescartes.fr  
quentin.desplanque@etu-  
parisdescartes.fr

Patxi Berard

ESTIA/PEPSS  
Technopôle  
Izarbel  
64210, Bidart,  
France  
p.berard@estia.fr

Marion Wolff

Univ. Paris Descartes  
UMR 8257 COGNAC G  
45, rue des Saints-Pères-  
75006 Paris  
& ESTIA/PEPSS  
Technopôle Izarbel  
64210 Bidart  
marion.wolff@parisdescartes.fr  
m.wolff@estia.fr

## RESUME

Depuis quelques années, de nouveaux systèmes d'interaction sont proposés comme des tablettes tactiles, les dispositifs *Kinect* ou *Leap Motion* (reconnaissance des mouvements des mains). L'aéronautique s'intéressant de plus en plus à ces nouvelles technologies d'interaction, cette étude propose de comparer l'utilisabilité et l'acceptabilité de différents dispositifs lors d'une tâche effectuée sur simulateur (phase de décollage et de montée d'un Cessna 172P). Lors de quatre conditions, les sujets devaient respectivement utiliser une manette de gaz, une tablette tactile, un système *Leap Motion* ou une combinaison de l'ensemble de ces moyens (multimodalité). Les premiers résultats indiquent que pour la tâche de décollage et de montée d'un avion, le dispositif le plus efficace et le plus apprécié est celui qui intègre la multimodalité ainsi que la tablette tactile.

## Mots Clés

Aéronautique, Interactions naturelles, Multimodalité.

## ABSTRACT

In recent years, new interaction systems have been proposed such as touch pads, Kinect or Leap Motion devices. As aeronautics is more and more interested in these new interaction technologies, this study proposes to compare the usability and acceptability of different devices during a simulator task (take-off and climb for a Cessna 172P). Under four conditions, the subjects had to use a throttle, a touch pad, a Leap Motion system or a combination of all these means (multimodality) respectively. The first results indicate that for the task of take-off and climb of an aircraft, the most effective and most

appreciated device is the one that integrates the multimodality and the touch pad.

## Keywords

Aeronautics, Natural interactions, Multimodality.

## 1. INTRODUCTION

Les systèmes immersifs à bas coûts se développent très rapidement, offrant des possibilités de mise en situation dans des environnements mixant le virtuel et le réel. Il en va de même pour les dispositifs de réalité augmentée. Dans tous les cas, les interactions demeurent encore dépendantes des solutions techniques retenues (limitations de certains équipements). Dans ce contexte, une étude exploratoire a été mise en place au sein de la PEPSS (Plateforme d'Evaluation de Prototypage et de tests d'usageS) pour évaluer l'apport de différentes modalités d'interaction en condition de vol simulé. Les précédentes études avaient porté sur la mise en place de la méthodologie d'évaluation multicritère [10], puis sur la capacité à traiter des interactions naturelles [5] [6] [7] [8] pour différentes situations d'interactions.

D'autres études ont été centrées plus spécifiquement sur l'introduction du tactile afin de préciser les possibilités d'utiliser cette modalité selon le type de tâche à réaliser et l'implantation de la surface tactile dans le cockpit [1] [2]. Avec le développement d'une plateforme logicielle multimodale [3] [4], il est devenu possible d'interfacier rapidement de nouvelles modalités d'interaction à un simulateur disponible à la PEPSS.

La présente étude à caractère exploratoire, a pour objectif d'évaluer l'apport potentiel de nouvelles modalités d'interaction pour les commandes de gaz lors de la phase de montée pour un avion Cessna 172P effectué sur simulateur.

---

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the Owner/Author. Copyright is held by the owner/author.  
ERGO'IA, 3 - 5 Octobre, 2018, Bidart, France.

## 2. METHODE

### 2.1. Matériel et Recueil de données

Le simulateur utilise le logiciel *Flightgear* avec un avion de type Cessna 172P (figure 1). Il est reconfigurable pour accepter diverses modalités d'interaction. Pour les tests le contrôle des gaz était réalisé avec une manette de gaz, le *Leap Motion*<sup>1</sup>, une tablette tactile (Figure 2) ou en *multimodalité* (la combinaison des 3 modalités précédentes). Le *Leap Motion* est un dispositif reconnaissance de mouvements des mains pour la Réalité Virtuelle (RV), il existe sous différentes formes, directement intégré dans des casques de RV ou sous forme d'un dispositif que l'on peut fixer sur un plan de travail ou une surface d'interaction.



Figure 1. Simulateur de la PEPSS



Figure 2. Dispositifs évalués (de gauche à droite : *Manette Saitek X5, Tablette tactile, Leap Motion*)

- Une caméra GoPro était disposée derrière les participants afin d'avoir une vue globale du déroulé de la simulation et permettre d'enregistrer les interactions et les verbalisations pendant les tests.

- Une grille d'observation a été utilisée pour coder les erreurs et noter les dispositifs utilisés en condition multimodalité. Un questionnaire (*Attrakdiff 2* [9]) était rempli par les sujets à la fin de chaque condition afin de recueillir l'expérience-utilisateur de chaque dispositif.

### 2.2. Participants

Vingt-cinq sujets ont été recrutés, pour la plupart au sein de l'ESTIA<sup>2</sup>, pour participer à cette expérience qui s'est déroulée à la Plateforme PEPSS. La majorité (68.2%) est âgée entre 20 et 29 ans (30-39 ans : 18.2% et 40-49 ans : 13.6%). Le genre masculin est représenté à 78% et plus de la moitié avait déjà eu une expérience aéronautique sur simulateur. Certaines données étant inexploitables, seuls 21 sujets ont été retenus.

### 2.3. Déroulement de l'expérience

Tâche

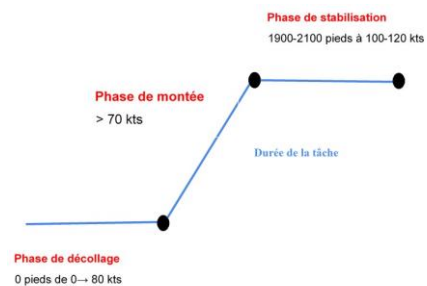
<sup>1</sup> <https://www.leapmotion.com>

<sup>2</sup> ESTIA : Ecole Supérieure des Technologies Industrielles Avancées - Bidart

Le simulateur était configuré pour se trouver en phase de décollage, en mode "pause". La tâche des sujets est de reprendre le pilotage manuel en poursuivant la montée de l'avion à l'aide de trois dispositifs différents, tout en maintenant une certaine vitesse jusqu'à atteindre un niveau de croisière.

Avant de démarrer l'expérience, des fiches d'utilisation des dispositifs prévus sont remises aux sujets afin qu'ils puissent s'approprier le fonctionnement de chaque interface. On leur remet ensuite le plan du protocole, lequel leur permet de repérer l'emplacement des différents outils à utiliser. Enfin, le scénario contenant tâches et consignes est mis à leur disposition et un questionnaire leur est remis, afin de recueillir leurs caractéristiques (âge, expérience, etc.). Les sujets sont filmés tout le long de l'expérience et l'anonymat a été garanti.

Les trois dispositifs : manette de gaz, tablette tactile, Leap Motion, sont présentés aux sujets dans un ordre aléatoire, mais ils doivent obligatoirement terminer l'expérience avec la *condition multimodalité* (possibilité de combiner selon leurs souhaits les dispositifs utilisés précédemment). Ces quatre conditions suivent le même scénario : les sujets doivent réaliser un décollage le plus rapidement possible : attraper et tirer le manche ou monter le curseur de la tablette ou faire la gestuelle appropriée avec le *Leap Motion*, quand les pilotes sentent le moment propice tout en contrôlant l'altitude et la vitesse. Ils doivent ensuite se stabiliser pendant 10 secondes à une altitude de 1900-2100 pieds (altitude réglementée en vol de basse altitude et relativement simple et rapide à atteindre sur simulateur), à une vitesse située entre 100 et 120 kts (nœuds par seconde), qui est caractéristique de la vitesse de croisière d'un Cessna 172. Voir Figure 3.



**Figure 3. Scénario à réaliser dans chacune des 4 conditions**  
Après la passation de chaque condition, le questionnaire *Attrakdiff 2* leur est proposé et à la fin de l'expérience, un débriefing est organisé.

#### *Recueil des données*

Les données recueillies sont :

- la durée pour arriver au niveau de croisière et le maintenir pendant 10 secondes,
- les erreurs effectuées : déclenchement de l'alarme de décrochage, vitesse de montée trop faible, dépassement de l'altitude 2500 pieds ou "crash" de l'avion et durée du test supérieure à 6 minutes.

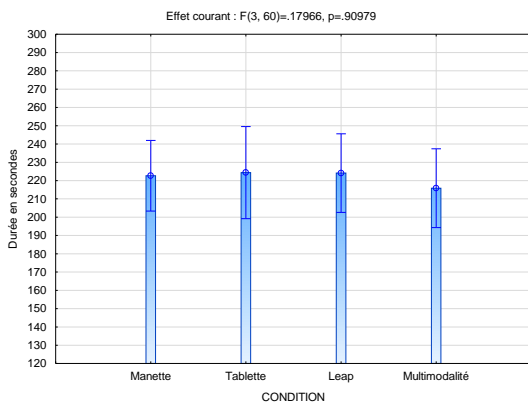
- les expressions/comportements positifs ou négatifs, codées ultérieurement à partir des enregistrements vidéo effectués durant les passations,
- les résultats au questionnaire *Attrakdiff 2*.

### 3. RESULTATS

Quels que soient le genre ou le niveau d'expérience sur simulateur, les données ne diffèrent pas significativement. Elles seront donc analysées globalement.

#### Durées

En moyenne, les durées sont approximativement identiques d'une condition à une autre (il en va de même pour les dispersions) et l'effet de la condition n'est pas significatif (voir Figure 4 ci-après).



Figure

#### 4. Durées moyennes selon les conditions

Quel que soit le dispositif utilisé, les sujets sont de la même efficacité et aucun n'est allé au-delà de la durée limite autorisée (6 mn). Avec la condition multimodalité, les sujets ont pu choisir le dispositif à utiliser lors de la tâche de contrôle de la puissance moteur suite aux trois premiers scénarios qui leur ont permis d'utiliser les trois dispositifs. Ils ont pu alterné ou non les dispositifs pendant la tâche selon leur envie mais aussi quand ils semblaient que cela était nécessaire : ils ont choisi d'utiliser de manière combinée la tablette et la manette (38%) ou la tablette tactile seule (38%). Le Leap Motion a été le moins choisi (24%).

#### Erreurs

Bien que les dispersions soient élevées, la condition multimodalité amène à faire moins d'erreurs (Moy = 1.48 ; Ety = 2.42) ainsi que la tablette (Moy = 1.52 ; Ety = 2.52) en comparaison aux deux autres conditions. Voir Figure 5.

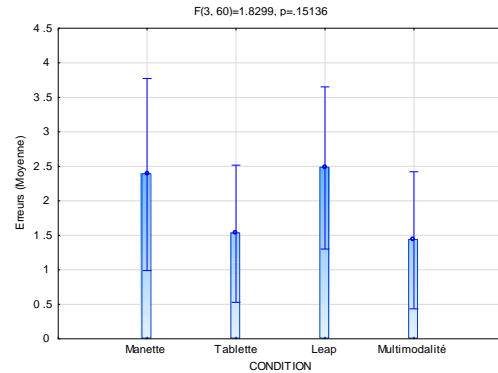


Figure 5. Erreurs (moyennes) selon les conditions

De plus, nous avons pu remarquer que l'erreur la plus fréquente est le non respect de "la vitesse de montée (72,6%), suivie de "l'alarme de décrochage (Stall)" (16,5%).

#### Expressions/comportements

Les expressions/comportements recueillis via la grille d'observation ont été codés par deux juges selon le type de ressenti perçu : positif (sourire, visage détendu, etc) ou négatif (crispation, moue, etc). Les réactions émotionnelles se sont révélées difficiles à coder lors des pré-tests sans les verbalisations des sujets. De ce fait lors des tests il leur était demandé de commenter leurs actions. En termes de réactions émotionnelles, les participants ont tendance à avoir le même ressenti positif pour chaque dispositif utilisé, contrairement aux ressentis négatifs qui concernent principalement le Leap Motion ( $n_{Leap} = 32$ ), et la Manette ( $n_{Manette} = 27$ ). Voir Figure 6. Les réactions émotionnelles recueillies confortent aux résultats des questionnaires sur les préférences des dispositifs.

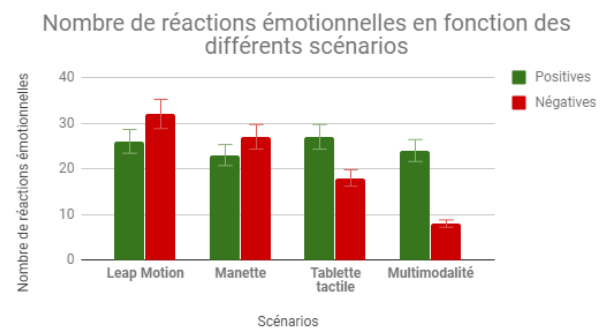


Figure 6. Nombre de réactions positives/négatives selon les conditions

#### Attrakdiff

Le critère de Qualité Hédonique - Simulation (QHS) indique dans quelle mesure le produit soutient le besoin de stimulation en proposant des contenus, fonctionnalités, styles d'interactions nouveaux. Le critère de Qualité Hédonique - Identité (QHI) indique dans quelle mesure le produit soutient une fonction sociale et dans quelle mesure l'utilisateur peut s'identifier à lui. Les scores du questionnaire *Attrakdiff* s'étendent de -3 à +3 (avec la possibilité de donner un score de 0) pour : l'attractivité globale (ATT), la qualité pragmatique (QP), la qualité hédonique-stimulation (QH-S) et la qualité hédonique-identité (QH-I) où la moyenne pour chaque catégorie est

effectuée. Ce codage est fait pour tous les dispositifs utilisés par le participant. On remarque que de manière générale les sujets donnent une meilleure qualité pragmatique pour l'interaction avec la manette. Pour le Leap Motion, celle-ci est négative, suggérant qu'il n'est pas du tout adapté pour la tâche demandée. De plus la note d'attractivité globale que les participants ont donné est globalement de même niveau pour tous les dispositifs. La tablette tactile quant à elle a obtenu un bon retour des sujets pour son interaction. La qualité pragmatique indiquée par les participants est très forte pour ce dispositif, ce qui montrerait que la tablette est très bien adaptée pour la tâche concernée. La condition multimodalité est la plus attractive et soutient le besoin de stimulation. Voir Figure 7. Il se trouve que d'après nos résultats le Leap motion a une qualité pragmatique très négative, indiquant qu'il n'est pas du tout adapté pour la tâche demandée mais son attractivité et sa qualité de stimulation sont aussi bonnes que les autres dispositifs ce qui suggère que le Leap Motion offre une bonne stimulation aux sujets. En effet ce dispositif offre nouveau style d'interaction que la plupart des participants découvraient, cela a été donc stimulant pour eux contrairement à la manette de gaz qui est un dispositif classique. Pour la condition multimodalité, son attractivité reste à préciser compte tenu de la faible combinaison des dispositifs lors des tests : tablette et manette essentiellement.

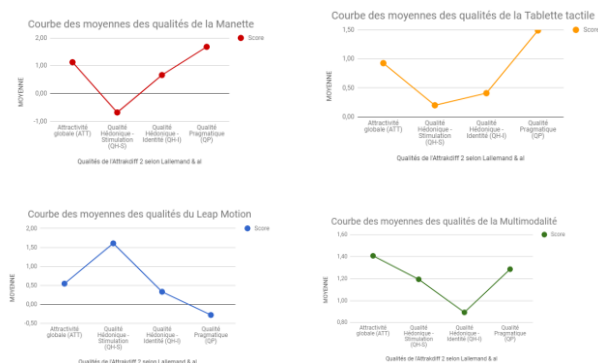


Figure 7. Scores Attrakdiff

#### 4. CONCLUSION

Cette étude demeure exploratoire. Elle a permis de tester le fonctionnement de la plateforme logicielle multimodale

ingeScape [4], pour évaluer de nouvelles modalités d'interaction avec le simulateur disponible à la PEPSS. Cette plateforme s'est révélée souple d'emploi pour la mise en œuvre des tests et fiable dans son fonctionnement. La prochaine étape consistera à intégrer des équipements de Réalité Virtuelle et de Réalité Augmentée pour en évaluer l'apport potentiel dans des tâches de pilotage avec la participation des pilotes du groupe EGOAK (Ergonomics Group Of Aeronautical Knowledge) coopérant avec la PEPSS depuis 2013.

#### REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Sébastien Ibarboure (ESTIA) pour son implication dans la mise en œuvre des moyens de simulations.

#### BIBLIOGRAPHIE

- Barbé, J., Chatrenet, N., Mollard, R., Bérard, P., & Wolff, M. (2012). Physical ergonomics approach for touch screen interaction in an aircraft cockpit. In *Proceedings of the Ergo'IHM 2012 conference* (pp. 12-19). New-York: ACM.
- Barbé, J., Wolff, M., & Mollard, R. (2013). Human centred design approach to integrate touch screen in future aircraft cockpits. In *M. Kurosu (Ed.): Human-Computer Interaction, Part IV, HCII 2013, LNCS 8007, (pp. 429-438)*. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Barbé, J., Spaggiari, L., Clay, A., Bérard, P., Aissani, A., & Mollard, R. (2016). WHY and HOW to study multimodal interaction in cockpit design. In *Proceedings of the Ergo'IA 2016 conference*.
- Berard, P., Ibarboure, S., Valès, S., Barbé, J., & Mollard, R. (2018). IngeScape an adaptive software environment to design and analyse multimodal systems. In *Proceedings of the Ergo'IA 2018 conference*
- Calonne, F., & Louis, L.E. (2017). Précision du geste en réalité virtuelle : Interfaces Utilisateurs Naturelles et mouvements du corps. Mémoire Master 1 Ergo-IFH. Paris : Faculté des Sciences Fondamentales et Biomédicales, Université Paris Descartes.
- Clay, A., Wolff, M., & Mollard, R. (2014). User-designed movement interactions: an exploratory study for natural interactions. *European Journal of Automation (EJA)*, 4-5-6, 453-472.
- Clay, A., Samar, A., Ben Younes, M., Mollard, R., & Wolff, M. (2013). User-defined SUIs: an exploratory study. In *Proceedings of the ACM Symposium on Spatial User Interaction (SUI 2013)*. Los Angeles, CA: ACM.
- Crosby, L., Cusanno, H., & Durandau, M. (2016). *Evaluation du malaise provoqué par la Réalité Virtuelle et usage en lieux publics/Test utilisateur d'une borne de commande alimentaire innovante utilisant l'interaction naturelle*. Mémoire M1 Ergo-IFH. Paris : Faculté des Sciences Fondamentales et Biomédicales, Université Paris Descartes.
- Lallemand, C., Koenig, V., Gronier, G., & Martin, R. (2015). Création et validation d'une version française du questionnaire AttrakDiff pour l'évaluation de l'expérience utilisateur des systèmes interactifs. *Revue Européenne de psychologie Appliquée*, 65, 239-252.
- Mollard, R., Wolff, M., Couture, N., & Clay, A. (2012). Développement d'une plateforme d'évaluation personnalisable et adaptable pour l'étude du comportement émotionnel en situation de multisollicitations. *Le Travail Humain*, 75, 3, 253-277.