

Invitation à la soutenance de thèse

CONCEPTION DE COMMANDES DE VOL HAPTQUES INTUITIVES SUIVANT
UNE APPROCHE BASEE SUR L'OPERATEUR HUMAIN
DESIGN OF INTUITIVE HAPTIC FLIGHT CONTROLS FROM A HUMAN OPERATOR'S
PERSPECTIVE

Yale Lee

3 Avril 2025, 14h00 (CEST)

Salle Blériot

BA 701, Chemin Saint-Jean
13661 Salon-de-Provence

Devant le jury composé de :

Frédéric Vanderhaegen Karen Feigh	LAMIH, CNRS College of Engineering, Georgia Institute of Technology	Rapporteur Rapportrice
Mario Müllhäuser Kevin Le Goff	Institute of Flight Systems, DLR Human Factors Specialist, Airbus Operations SAS	Examineur Examineur
Tarek Hamel Abderrahmane Kheddar Thomas Rakotomamonjy	I3S, Université Côte d'Azur LIRMM, Université de Montpellier ONERA, DTIS, ICNA	Directeur de thèse Co-directeur de thèse Encadrant

Résumé

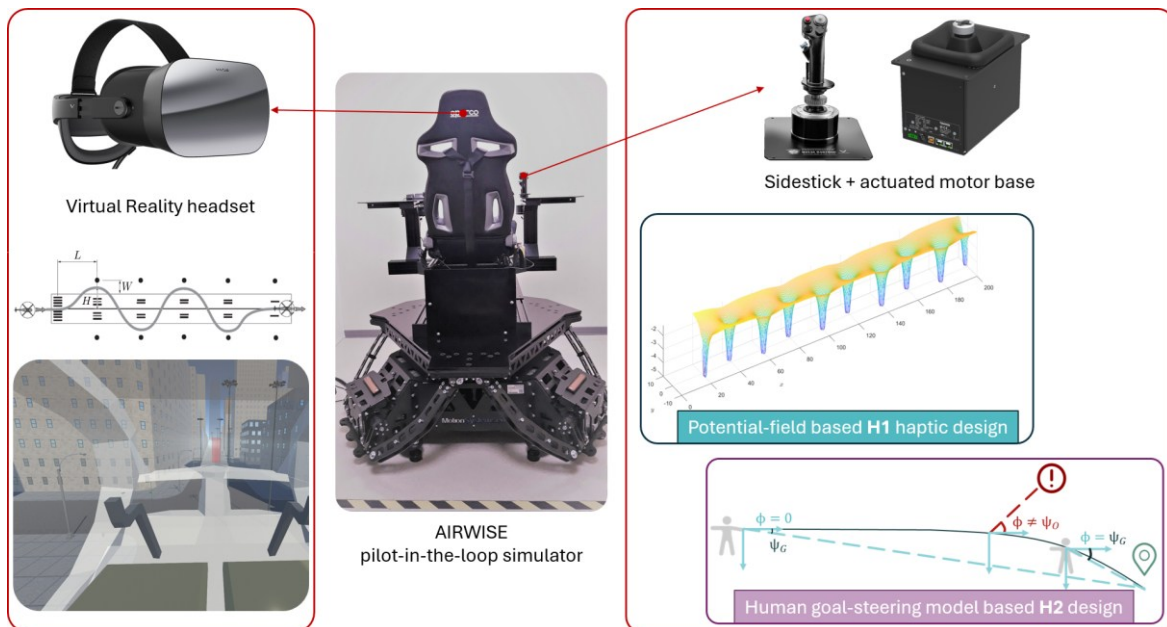
Avec l'introduction des ordinateurs de bord, l'avènement des commandes de vol électriques a marqué la fin du lien mécanique qui traversait autrefois l'ensemble de la chaîne de contrôle. Si ce choix présente de multiples atouts dont l'allégement notoire des procédures de maintenance, ce changement a entraîné une rupture du retour kinesthésique que les pilotes pouvaient ressentir dans le manche.

Avec la maturation récente des organes de commande actifs, il semble naturel de suivre la voie de la téléopération robotique pour reconstruire ce lien au travers des manches haptiques. Toutefois, malgré un large éventail de designs, les travaux actuels peinent à être adoptés en raison de l'opacité des designs étudiés. Nous proposons donc dans le cadre de cette thèse une nouvelle stratégie de conception basée sur le **modèle de Situational Awareness (SA) par cycle perceptuel** ([Smith & Hancock, 1995](#)), laquelle étaye l'approche écologique ([Gibson, 2014](#)).

Pour cela, nous nous concentrons sur une adaptation de la **tâche de slalom** définie dans le standard de certification ADS-33F ([Blanken et al., 2019](#)) et proposons deux designs d'assistance haptique, lesquels sont testés sur un simulateur de vol avec humain dans la boucle, dans diverses configurations

de slalom et avec deux modes de contrôle de l'aéronef. Un modèle attraction-répulsion des effets des objectif et obstacles sous-tend les deux designs qui divergent sur la grandeur d'intérêt d'application. Le premier design s'ancre dans une **représentation par potentiels** respectivement négatif et positifs, tandis que le second implémente un **modèle de marche humaine** par poursuite d'objectifs ([Fajen & Warren, 2003](#)).

Trois catégories de **critères d'intuitivité** sont identifiées afin de quantifier l'activité de pilotage : directs portant sur la performance globale, sur l'activité au manche dans le domaine d'entrée ([Mottet & Bootsma, 1999](#)), et sur la trajectoire dans le domaine de sortie ([Fajen & Warren, 2003](#)). En complément de ces critères objectifs, la charge de travail perçue est estimée au travers du questionnaire NASA Task Load index (NASA-TLX) ([Hart & Staveland, 1988](#)). Les résultats montrent que pour des niveaux similaires de performance, le design basé sur le modèle de marche humaine requiert des taux plus faibles d'exigences mentale et physique, ainsi qu'une activité au manche et donc une trajectoire plus souple, ce qui peut s'interpréter comme un contrôle plus intuitif et qui sera donc mieux accepté.



Simulateur AIRWISE avec humain dans la boucle

Mots clés

Commandes de vol, Facteurs Humains (FH), Haptique, *Affordance* écologique

Lien visio-conférence

<https://us06web.zoom.us/j/88457829881?pwd=HZPa6kXmZvZ85Ja7JN30NP2ac0ceTT.1>

ID : 884 5782 9881

Mot de passe : 022023

Abstract

The dawn of Fly-by-Wire (FBW) with the introduction of Flight Control Computers (FCC) marked the end of mechanical linkage in flight controls. If this came with a bunch of advantages such as alleviated maintenance, it disrupted the kinesthetic feedback pilots used to have in their sidestick.

With the recent maturation of active inceptors, following the path of robotic teleoperation to benefit from haptic sidesticks to fill in for the lack of kinesthetic feedback, seems a promising approach. Though, despite the wide range of designs, current works struggle to secure acceptability. Here, we investigate a new design strategy based on the perceptual cycle model of Situational Awareness (SA) ([Smith & Hancock, 1995](#)) and underpinning ecological approach ([Gibson, 2014](#)).

To this end, we focus on a task of slalom derived from certification standard ADS-33F ([Blanken et al., 2019](#)) and propose two designs of haptic assistance to compare on a Pilot-in-the-Loop (PITL) flight simulator, for several slalom configurations and two control types. Both represent goal and obstacles as attractor and repellers but act on different quantities. The first design is potential field-based, negative and positive respectively. The second one is an implementation of Fajen and Warren's model of human steering dynamics and aims to embody a more intuitive control through more naturally correlated input sidestick activity and output trajectory.

Three types of objective criteria of intuitiveness are identified: straight-forward, input-domain on sidestick activity ([Mottet & Bootsma, 1999](#)), and output-domain on the trajectory ([Fajen & Warren, 2003](#)). Along those objective criteria, perceived task load is assessed through the NASA Task Load index (NASA-TLX) ([Hart & Staveland, 1988](#)). Results show that with similar levels of performance, the human-based design calls for lower mental and physical demands, and smoother sidestick activity and trajectory, which is interpreted as better intuitiveness hence acceptability.

Keywords

Flights controls, Human Factors (HF), Haptics, Ecological affordance

Zoom link

<https://us06web.zoom.us/j/88457829881?pwd=HZPa6kXmZvZ85Ja7JN30NP2ac0ceTT.1>

ID: 884 5782 9881

Password: 022023