

Proposition de sujet de thèse – 2019 / 2020
A envoyer en pdf à valérie.cassignol@onera.fr

Référence : STH-2019-25

Équipe de recherche de la fédération 1 (porteuse du sujet) IHS (4).....

Équipe de recherche de la fédération 2 (le cas échéant)

Directeur de thèse

Nom Dehais..... Prénom Frédéric.....

Courriel frederic.dehais@isae-superaero.fr..... Tél 05 61 33 83 72.....

Etablissement/équipe locale ISAE-SUPAERO/CSDV.....

HDR Oui, délivrée le...juin 2012..... Par Université Paul Sabatier- Labo LAAS-CNRS.....
 Non

Ecole doctorale de rattachement EDSYS.....

Co-Directeur de thèse

Nom Imbert..... Prénom Jean-Paul.....

Courriel jean-paul.imbert@enac.fr Tél 05 62 25 96 14.....

Etablissement/équipe locale...ENAC/ACHIL.....

HDR Oui, délivrée le..... par.....
 Non

Ecole doctorale de rattachement EDSYS

1. Sujet de thèse (1 à 2 pages)

Mesure objective de l'engagement cognitif du contrôleur aérien pour piloter l'automatisation adaptative de la position de contrôle

La mission première des contrôleurs du trafic aérien est d'assurer la sécurité des vols, notamment en empêchant les abordages entre aéronefs (Organisation de l'Aviation Civile Internationale, 2016). Or, malgré tous les efforts déployés en la matière, le Facteur Humain est la cause principale directe d'au moins 12 % des événements de sécurité (Instance de Traitement des Événements de Sécurité, 2017). Parmi les causes entrant dans cette catégorie figurent notamment la charge de travail ressentie. Or le trafic aérien devrait augmenter de 53 % d'ici 2040 (Statfor, 2018). Les contrôleurs aériens vont donc devoir faire face de plus en plus fréquemment à des charges de travail toujours plus fortes.

Des programmes tels que SESAR 2020 ont ainsi vu le jour, avec pour but de faire face à cette augmentation de la demande par des avancées technologiques. Ces avancées reposent notamment sur l'automatisation (SESAR Joint Undertaking, 2015). L'automatisation peut permettre d'améliorer les performances, réduire la charge de travail, ou améliorer la conscience de la situation de l'opérateur (Endsley, 1999). Cependant, l'automatisation « statique » peut aussi mener à des « ironies de l'automatisation » (Bainbridge, 1983) qui ajoutent de nouveaux problèmes à l'opérateur humain ou encore des « surprises de l'automatisation » (Sarter, Woods & Billings, 1997), qui le rendent incapable de gérer une situation où son intervention est requise. Ceci conduit à un « casse-tête de l'automatisation » (Endsley, 2017) où plus l'autonomie d'un système est poussée, plus sa fiabilité et sa robustesse augmentent, mais plus la conscience de la situation de l'opérateur humain est dégradée et moins il est apte à reprendre le contrôle manuel en cas de besoin. Aussi de nouvelles formes d'automatisation dynamiques centrées sur l'humain ont été explorées, telle l'automatisation adaptative, qui permet d'ajuster son mode d'opération à la demande de la situation (Scerbo, 1996). Celle-ci a notamment permis d'augmenter les performances et abaisser la charge mentale (Prinzel, Freeman, Scerbo, Mikulka & Pope, 2003) ou encore améliorer la surveillance par l'humain de systèmes automatisés (Parasuraman, Mouloua & Moloy, 1996).

L'automatisation adaptative nécessite cependant un mécanisme déclencheur d'adaptation. L'utilisation de données psychophysiologiques, proposée par Parasuraman, Bahri, Deaton, Morrison et Barnes (1992), possède plusieurs avantages : en effet, les mesures sont effectuées de manière continue et en temps réel, et ne nécessitent pas d'interruption de tâche. Ils proposent ainsi un système adaptatif psychophysiologique dont les mesures continues seraient utilisées par un système expert pour y associer un état cognitif de l'opérateur (par exemple surcharge cognitive), et décider en fonction de cet état de l'opportunité d'un changement adaptatif. Un tel système a été conçu et évalué par Pope, Bogart et Bartolome (1995), basé sur le ratio d'engagement calculé à partir de signaux électro-encéphalographiques. Il a été utilisé avec succès pour améliorer les performances à une tâche de vigilance cognitive par Freeman, Mikulka, Scerbo et Scott (2004).

Dans le domaine du contrôle du trafic aérien, c'est plutôt le concept de charge mentale qui a été étudié (par exemple Ayaz & al., 2010, Shou, Ding, et Dasari, 2012, ou encore Arico & al., 2018). Une interface adaptative basée sur un indice de charge mentale a d'ailleurs été testé avec succès à l'École Nationale de l'Aviation Civile (Arico & al., 2016). Cependant, le concept même de « charge mentale » s'avère mal défini (Mandrick & al., 2016, Arico & al., 2017). De plus, un opérateur dispose d'un panel de réponses à une charge de travail élevée pour maintenir son niveau de performance. Il peut par exemple mobiliser plus de ressources (Hockey, 1997) ou modifier sa stratégie, comme observé par Spérandio (1978) chez les contrôleurs aériens. A contrario, le concept d'engagement découle du modèle des réseaux attentionnels de Posner et Dehaene (1994), et est directement lié à la performance cognitive de l'opérateur (Stephens & al., 2018). Un haut niveau d'engagement calculé à partir de signaux EEG a par exemple permis de prédire des épisodes de surdité inattentionnelle lors d'un atterrissage en simulateur d'avion (Duprès, Roy, Scanella et Dehais, 2018), phénomène aussi

constaté en vol réel (Dehais, Durantin, Roy, Gateau & Callan, 2017). D'autres états d'engagement délétères ont par ailleurs pu être mis en évidence par des mesures neurophysiologiques (par exemple le désengagement attentionnel, Durantin, Dehais & Delorme, 2015). Aussi, l'étude de l'engagement cognitif dans le contrôle du trafic aérien pourrait permettre de déterminer « l'enveloppe de performance humaine », définie comme priorité par le projet OPTICS (2017).

Plusieurs étapes devront être considérées dans cette étude. Tout d'abord, il conviendra de caractériser les signatures neurophysiologiques des états d'engagement du contrôleur aérien. Ensuite, les signatures précédemment identifiées devront permettre d'implémenter un système de recueil et traitement des données en ligne pour identifier l'état d'engagement du contrôleur en temps réel. Enfin, le niveau d'engagement ainsi déterminé pourra piloter en temps réel l'automatisation adaptative de la position de contrôle.

Références

- Aricò, P., Borghini, G., Di Flumeri, G., Colosimo, A., Bonelli, S., Golfetti, A., ... & Babiloni, F. (2016). Adaptive automation triggered by EEG-based mental workload index: a passive brain-computer interface application in realistic air traffic control environment. *Frontiers in human neuroscience*, 10, 539.
- Aricò, P., Borghini, G., Di Flumeri, G., Bonelli, S., Golfetti, A., Graziani, I., ... & Schaefer, D. (2017). Human factors and neurophysiological metrics in air traffic control: a critical review. *IEEE reviews in biomedical engineering*, 10, 250-263.
- Aricò, P., Reynal, M., Imbert, J. P., Hurter, C., Borghini, G., Di Flumeri, G., ... & Pozzi, S. (2018, July). Human-Machine Interaction Assessment by Neurophysiological Measures: A Study on Professional Air Traffic Controllers. In *EBMC 2018, 40th International Engineering in Medicine and Biology Conference*.
- Ayaz, H., Willems, B., Bunce, B., Shewokis, P. A., Izzetoglu, K., Hah, S. & Onaral, B. (2010). Cognitive workload assessment of air traffic controllers using optical brain imaging sensors. *Advances in understanding human performance: Neuroergonomics, human factors design, and special populations*, 21-31.
- Bainbridge, L. (1983). Ironies of automation. In *Analysis, Design and Evaluation of Man-Machine Systems 1982* (pp. 129-135).
- Dehais, F., Roy, R. N., Durantin, G., Gateau, T., & Callan, D. (2017, July). EEG-engagement index and auditory alarm misperception: an inattentive deafness study in actual flight condition. In *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics* (pp. 227-234). Springer, Cham.
- Dupres, A., Roy, R. N., Scannella, S., & Dehais, F. (2018). Pre-stimulus EEG engagement ratio predicts inattentive deafness to auditory alarms in realistic flight simulator.
- Durantin, G., Dehais, F., & Delorme, A. (2015). Characterization of mind wandering using fNIRS. *Frontiers in systems neuroscience*, 9, 45.
- Endsley, M. R. (1999). Level of automation effects on performance, situation awareness and workload in a dynamic control task. *Ergonomics*, 42(3), 462-492.
- Endsley, M. R. (2017). From here to autonomy: lessons learned from human-automation research. *Human factors*, 59(1), 5-27.
- Freeman, F. G., Mikulka, P. J., Scerbo, M. W., & Scott, L. (2004). An evaluation of an adaptive automation system using a cognitive vigilance task. *Biological psychology*, 67(3), 283-297.
- Hockey, G. R. J. (1997). Compensatory control in the regulation of human performance under stress and high workload: A cognitive-energetical framework. *Biological Psychology*, 45(1-3), 73-93.
- Instance de Traitement des Événements de Sécurité (2017). *Relevé de Décision*. Paris : DSN
- Mandrick, K., Chua, Z., Causse, M., Perrey, S., & Dehais, F. (2016). Why a comprehensive understanding of mental workload through the measurement of neurovascular coupling is a key issue for neuroergonomics?. *Frontiers in human neuroscience*, 10, 250.
- Observation Platform for Technological and Institutional Consolidation of research in Safety. (2017). *Is Aviation Research Delivering ?* {brochure} Téléchargé à www.optics-project.eu
- Organisation de l'Aviation Civile Internationale. (2016). Annex 11 to the Convention on International Civil Aviation. Edition 14. Montréal : OACI
- Parasuraman, R., Bahri, T., Deaton, J. E., Morrison, J. G., & Barnes, M. (1992). Theory and design of adaptive automation in aviation systems (Tech. Rep. NAWCADWAR-92033-60). Warminster, PA: Naval Air Warfare Center, Aircraft Division.
- Parasuraman, R., Mouloua, M., & Molloy, R. (1996). Effects of adaptive task allocation on monitoring of automated systems. *Human factors*, 38(4), 665-679.
- Pope, A. T., Bogart, E. H., & Bartolome, D. S. (1995). Biocybernetic system evaluates indices of operator engagement in automated task. *Biological psychology*, 40(1-2), 187-195.
- Posner, M. I., & Dehaene, S. (1994). Attentional networks. *Trends in neurosciences*, 17(2), 75-79.
- Prinzel III, L. J., Freeman, F. G., Scerbo, M. W., Mikulka, P. J., & Pope, A. T. (2003). Effects of a psychophysiological system for adaptive automation on performance, workload, and the event-related potential P300 component. *Human factors*, 45(4), 601-614.

- Sarter, N. B., Woods, D. D., & Billings, C. E. (1997). Automation surprises. *Handbook of human factors and ergonomics*, 2, 1926-1943.
- Scerbo, M. W. (1996). Theoretical perspectives on adaptive automation. In R. Parasuraman & M. Mouloua (Eds.), *Automation and human performance: Theory and applications* (pp. 37–64).
- Sesar Joint Undertaking. (2015). European ATM master plan.
- Shou, G., Ding, L., & Dasari, D. (2012). Probing neural activations from continuous EEG in a real-world task: time-frequency independent component analysis. *Journal of neuroscience methods*, 209(1), 22-34.
- Spérandio, J. C. (1978). The regulation of working methods as a function of work-load among air traffic controllers. *Ergonomics*, 21(3), 195-202.
- Statfor (2018). European Aviation in 2040 Challenges of Growth. Annex 1 Flight forecast to 2040. Bruxelles : Eurocontrol
- Stephens, C., Dehais, F., Roy, R. N., Harrivel, A., Last, M. C., Kennedy, K., & Pope, A. (2018, July). Biocybernetic Adaptation Strategies: Machine Awareness of Human Engagement for Improved Operational Performance. In *International Conference on Augmented Cognition* (pp. 89-98). Springer, Cham.

2. Profil du Candidat

- Formation et spécificités souhaitées : Machine learning, neurophysiologie, traitement du signal
- Laboratoire(s) d'accueil envisagé(s) : ISAE/CSDV
- Ecole doctorale de rattachement envisagée : EDSYS

3. Partenariats et financement

- Partenariat industriel ou académique envisagé : étude réalisée en partenariat avec la Direction des Services de la Navigation Aérienne
- Types de financement demandés ou visés : Subvention par la DSNA

4. Thèses en cours d'encadrement par le ou les directeur(s) de thèse

(préciser pour chaque encadrement : le nom du doctorant, l'année de thèse, le sujet, le financement et l'école doctorale)

5. Commentaire, avis motivé des représentants des équipes de la fédération porteuses du sujet

(justifier le choix du sujet et son positionnement au sein de l'équipe)

6. Pièces jointes éventuelles

Yannick MIGLIORINI

11b rue des Arcs Saint-Cyprien – A402 - 31300 TOULOUSE
Tél : 06.29.07.75.77 - Email : yannick.migliorini@aviation-civile.gouv.fr

37 ans

Ingénieur Recherche et Développement

Formation

2016 - 2018	<p style="text-align: center;">Master Perspectives Pluridisciplinaires sur la Cognition <i>Université Toulouse Jean Jaurès</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • En parallèle de mon activité professionnelle à temps plein, obtention d'un Master Recherche mention Psychologie • Mémoires de recherche en psychologie cognitive centrés sur les habiletés et processus impliqués dans le contrôle du trafic aérien • Mention Bien
2013 - 2016	<p style="text-align: center;">Licence de Sciences Humaines et Sociales mention Psychologie <i>Université Toulouse Jean Jaurès – Service d'Enseignement à Distance</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Spécialisation en psychologie cognitive et ergonomie • Mention Bien
2000 - 2003	<p style="text-align: center;">Élève Ingénieur du contrôle de la Navigation Aérienne <i>École Nationale de l'Aviation Civile, Toulouse</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mémoire « Comparaison des IHM de contrôle des centres d'Aix en Provence et Rome : influence sur les méthodes de travail » • Initiation aux Facteurs Humains
1998 - 2000	<p>Mathématiques Supérieures et Spéciales – Section Physique et Chimie <i>Lycée Pierre de Fermat, Toulouse</i></p>
1998	<p>Baccalauréat section S option Sciences de la Vie et de la Terre <i>Lycée saint-John Perse, Pau</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Section européenne anglais • Mention Bien

Compétences

Anglais	Couramment lu, parlé, écrit (niveau C2)
Allemand	Niveau A2
Informatique	Maîtrise avancée des outils bureautiques et statistiques (LaTeX, R) Programmation basique Python et Java, scripts Perl et Bash (autodidacte)
Divers	Représentant étudiant au conseil du département Psychologie Cognitive et Ergonomie de l'UT2J de avril 2017 à octobre 2018. Soutien scolaire bénévole au sein d'une association caritative en mathématiques et anglais de 2003 à 2013.

EXPERIENCE PROFESSIONNELLE

Aujourd'hui

Ingénieur Recherche & Développement

Direction Générale de l'Aviation Civile – Direction de la Technique et de l'Innovation, domaine Études Européennes et Innovation, Toulouse

- Conception d'outils pour le contrôle du trafic aérien dans le cadre d'une démarche centrée utilisateur : observations ergonomiques d'opérateurs, analyse de l'activité, recueil de besoins, organisation d'ateliers de conception.
- Organisation d'expérimentations pour étude et validation d'outils et de concepts dans une équipe pluridisciplinaire (ergonomes, psychologue, ingénieurs R&D, développeurs, graphistes) : création des exercices, identification des biais, création des métriques à mesurer, respect de la déontologie.
- Extraction et exploitation des résultats d'expérimentation, en collaboration avec une équipe d'ergonomes : dépouillement et analyse de questionnaires utilisateurs, utilisation de statistiques descriptives, apport d'expertise opérationnelle, estimation de l'influence des biais identifiés.
- Rédaction de spécifications opérationnelles pour différents outils et concepts : plateforme de test EEI/ERT, outils Medium Term Conflict Detection, concept Free Route (avec ingénieurs, ergonomes et experts opérationnels).
- Veille scientifique, identification des cadres théoriques pertinents pour la conception d'outils.

Octobre 2015

Octobre 2015
Avril 2015**Ingénieur du Contrôle de la Navigation Aérienne****Détaché entité Espaces**

Direction Générale de l'Aviation Civile – Centre en Route de la Navigation Aérienne Sud-Est, Aix en Provence

- Réalisation d'études d'espaces dans la gestion du trafic aérien
- Conception et développement d'outils informatiques: analyse de la tâche et de l'activité réalisée, identification des problèmes, recueil des attentes utilisateurs, suivi post-implémentation

Février 2013
Juin 2012Avril 2015
Février 2013**Ingénieur du Contrôle de la Navigation Aérienne****Contrôleur opérationnel**

Direction Générale de l'Aviation Civile – Centre en Route de la Navigation Aérienne Sud-Est, Aix en Provence

- Gestion en temps réel du trafic aérien
- Réponse en temps réel aux demandes des usagers
- Adaptation aux situations inhabituelles et dégradées
- Instruction théorique et sur position (à partir de 2006)

Juin 2012
Novembre 2003