



Corrélat neuro-fonctionnels du phénomène de sortie de boucle: impacts sur le monitoring des performances

Soutenance de thèse – Bertille SOMON

4 décembre 2018 13h30

Amphithéâtre Marin la Meslée, Base Aérienne 701

Devant le jury composé de :

M. Boris BURLE

Directeur de recherche au CNRS, Aix-Marseille Université, *Rapporteur*

M. Wim GEVERS

Professeur à l'Université Libre de Bruxelles, *Rapporteur*

Mme Anne GUERIN-DUGUE

Professeur à l'Université Grenoble-Alpes, *Examinatrice*

Mme Stéphanie DABIC

Chargée de recherche chez Valeo, Annemasse, *Examinatrice*

M Fabien LOTTE

Chargé de recherche à l'INRIA, Bordeaux, *Examineur*

Mme Aurélie CAMPAGNE

Maître de conférences à l'Université Grenoble-Alpes, *Directrice*

M. Arnaud DELORME

Directeur de recherche à l'Université Paul Sabatier, Toulouse, *Directeur*

M. Bruno BERBERIAN

Chargé de recherche à l'ONERA, Salon de Provence, *Encadrant*

Résumé

Les mutations technologiques à l'œuvre dans les systèmes aéronautiques ont profondément modifié les interactions entre l'homme et la machine. Au fil de cette évolution, les opérateurs se sont retrouvés face à des systèmes de plus en plus complexes, de plus en plus automatisés et de plus en plus opaques. De nombreuses tragédies montrent à quel point la supervision des systèmes par des opérateurs humains reste un problème sensible. En particulier, de nombreuses évidences montrent que l'automatisation a eu tendance à éloigner l'opérateur de la boucle de contrôle des systèmes, créant un phénomène dit de sortie de boucle (OOL). Ce phénomène se caractérise notamment par une diminution de la conscience de la situation et de la vigilance de l'opérateur, ainsi qu'une complaisance et une sur-confiance dans les automatismes. Ces difficultés déclenchent notamment une baisse des performances de l'opérateur qui n'est plus capable de détecter les erreurs du système et de reprendre la main si nécessaire. La caractérisation de l'OOL est donc un enjeu majeur des interactions homme-système et de notre société en constante évolution. Malgré plusieurs décennies de recherche, l'OOL reste difficile à caractériser, et plus encore à anticiper. Nous avons dans cette thèse utilisé les théories issues des neurosciences, notamment sur le processus de détection d'erreurs, afin de progresser sur notre compréhension de ce phénomène dans le but de développer des outils de mesure physiologique permettant de caractériser l'état de sortie de boucle lors d'interactions avec des systèmes écologiques. En particulier, l'objectif de cette thèse était de caractériser l'OOL à travers l'activité électroencéphalographique (EEG) dans le but d'identifier des marqueurs et/ou précurseurs de la dégradation du processus de supervision du système. Nous avons dans un premier temps évalué ce processus de détection d'erreurs dans des conditions standards de laboratoire plus ou moins complexes. Deux études en EEG nous ont d'abord permis: (i) de montrer qu'une activité cérébrale associée à ce processus cognitif se met en place dans les régions fronto-centrales à la fois lors de la détection de

nos propres erreurs (ERN-Pe et FRN-P300) et lors de la détection des erreurs d'un agent que l'on supervise, (complexe N2-P3) et (ii) que la complexité de la tâche évaluée peut dégrader cette activité cérébrale. Puis nous avons mené une autre étude portant sur une tâche plus écologique et se rapprochant des conditions de supervision courantes d'opérateurs dans l'aéronautique. Au travers de techniques de traitement du signal EEG particulières (e.g., analyse temps-fréquence essai par essai), cette étude a mis en évidence : (i) l'existence d'une activité spectrale θ dans les régions fronto-centrales qui peut être assimilée aux activités mesurées en condition de laboratoire, (ii) une diminution de l'activité cérébrale associée à la détection des décisions du système au cours de la tâche, et (iii) une diminution spécifique de cette activité pour les erreurs. Dans cette thèse, plusieurs mesures et analyses statistiques de l'activité EEG ont été adaptées afin de considérer les contraintes des tâches écologiques. Les perspectives de cette thèse ouvrent sur une étude en cours dont le but est de mettre en évidence la dégradation de l'activité de supervision des systèmes lors de la sortie de boucle, ce qui permettrait d'identifier des marqueurs précis de ce phénomène permettant ainsi de le détecter, voire même, de l'anticiper.

Mots clés

Monitoring des performances; Supervision; Sortie de Boucle; Électroencéphalographie (EEG); Automatisation; Laplacien de Surface; Test par permutation basé sur des clusters.