

Appel à candidature pour une thèse financée par l'École Doctorale Aéronautique Astronautique (Toulouse).

Étude du morphing électroactif pour le contrôle de déformation multi-échelles des IHM tactiles pour cockpits

Équipes d'accueil : Informatique Interactive (École Nationale de l'Aviation Civile) / LAPLACE (Laboratoire Plasma et Conversion d'énergie) / Équipe DIDS (LGP, École Nationale d'Ingénieurs de Tarbes)

Direction de la thèse : François Pigache (LAPLACE), Sylvain Pauchet (ENAC) et Micky Rakotondrabe (LGP, ENIT)

Durée : 36 mois, Octobre 2021 - Septembre 2024

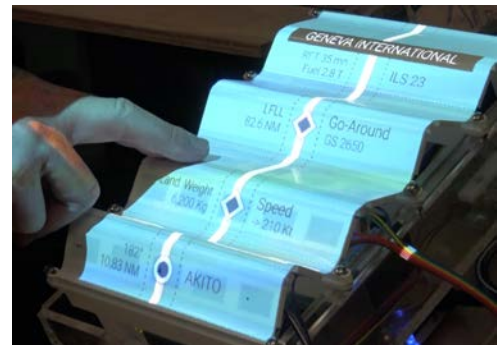
École Doctorale : École Doctorale Aéronautique Astronautique (EDAA)

Mots clés

Interfaces reconfigurables, shape-changing interfaces, interactions tangibles et haptiques, interfaces adaptables, interfaces multi-sensorielles, mécatronique, morphing électroactif, self-sensing techniques

Contexte et objectifs

Cette thèse s'inscrit dans la continuité du projet ANR Airtius (2016-2019, airtius.net) sur les limites des interactions tactiles dans les cockpits de l'aviation commerciale. Ce premier travail de recherche mené par l'ENAC et l'ISAE a démontré que les interfaces tactiles reconfigurables permettent, dans un contexte de pilotage, de diminuer la charge de travail, améliorer la performance, réduire les mouvements oculaires et améliorer la distribution de l'attention visuelle comparativement à un écran tactile classique. Cependant au regard des résultats obtenus (Pauchet et al., 2019), le contrôle fin de la déformation de surfaces reconfigurables (p.ex. modularité, résolution, courbure, force, vitesse, actionnement localisé) représente un challenge tant technique que scientifique. Fort de ce constat, l'objectif de cette thèse est d'améliorer à la fois la finesse et la complexité des transformations des surfaces d'affichage tactiles par l'utilisation de matériaux et structures actionnés à fortes capacités d'intégration, regroupés sous le terme de morphing électroactif.



Prototype Airtius "Multi-plié"

Fort de ce constat, l'objectif de cette thèse est d'améliorer à la fois la finesse et la complexité des transformations des surfaces d'affichage tactiles par l'utilisation de matériaux et structures actionnés à fortes capacités d'intégration, regroupés sous le terme de morphing électroactif.

La thèse utilisera le contexte aéronautique comme terrain d'étude et plus spécifiquement des situations de collaborations entre humains et automatismes dans des cockpits de l'aviation commerciale. Dans ces environnements de travail où le corps est tenu à distance de l'action à contrôler, il s'agira de concevoir une surface interactive offrant à l'utilisateur une mise en forme physique et significative de l'information permettant ainsi de solliciter les capacités Tactilo-Proprio-Kinesthésiques (TPK) des pilotes. Pour cela l'amplitude des déformations doit être cohérente avec les niveaux de sensibilité proprioceptive mais également visuelle de l'utilisateur. Des déformations de l'ordre du centimètre sont donc requises ce qui, associé aux contraintes d'intégration, constitue une spécification forte et un défi scientifique et technologique pour la mécatronique. Outre le niveau d'intégration améliorée, il s'agira également d'être en capacité de produire une distribution des déformations suivant les deux axes de la surface et ainsi offrir un plus large panel de configurations. La multiplicité de ces configurations devra être satisfaite sans recourir à l'augmentation excessive du nombre d'actionneurs qui pourrait s'avérer problématique et fastidieux, aussi bien en termes de taux de défaillances possibles ou bien encore de commande. Il s'agira donc de tirer profit de la structure purement mécanique, de la distribution ingénieuse des actionneurs qui, par combinaison de sollicitations, répondra aux multiples conformations attendues.

Sans présumer de la solution technologique envisageable pour répondre au besoin, la technologie piézoélectrique fibrée se présente comme un excellent candidat. Elle associe des capacités de mise en œuvre et d'intégration tout à fait pertinentes, ainsi qu'une gestion simultanée de propriétés réceptives (sensing) et actives (actuating). Car en effet, il s'agira tout autant d'actionner la surface d'affichage que de mesurer l'action de l'utilisateur (force d'appui, dynamique de déplacement, multitouch ...). Dans le souci de ne pas nuire aux contraintes d'intégration, la réversibilité des propriétés piézoélectriques s'avère une bonne réponse technologique.

Impacts scientifiques visés

IHM : Production d'interfaces reconfigurables facilitant le contrôle, la supervision et la reprise de commande de systèmes critiques (pilotage, conduite automobile...); utilisation de propriétés matérielles rares en IHM (géométrie complexe, multi-stabilité, anisotropie, actionnement localisé) pour la conception d'interfaces reconfigurables. Les contributions adresseront les champs suivants : "Interactions haptiques", "interactions tangibles", "interface reconfigurable", "science des matériaux pour l'interaction", "programmation matérielle", "Safety-critical interaction".

Mécatronique : Élaboration de méthodologies de conception pour le morphing électroactif fortement intégré ; développement de moyens d'optimisation paramétrique (ou topologique) pour les interfaces fonctionnelles ; nouveau champ de valorisation des matériaux électroactifs pour le domaine de l'IHM ; adaptation des techniques de mesure et de commande par self-sensing piézoélectrique pour les IHM.

Travail demandé

- Étude de l'activité de pilotage d'avion commerciaux. Revue de la littérature et familiarisation avec l'état de l'art en IHM (interfaces adaptables, interfaces multi-sensorielles). État de l'art des matériaux éligibles pour le projet, de leurs propriétés (force, stabilité, amplitude de déformation...) et des mises en structure fines pour le morphing électroactif.
- Conception et réalisation de dispositifs d'affichage tactiles reconfigurables basés sur le morphing électroactifs fortement intégré. Conception et mise en œuvre du système de contrôle des déformations des dispositifs.
- Test et évaluation des systèmes développés. Participation aux congrès et rédaction d'articles.

Profil recherché

- Master 2 recherche ou diplôme d'ingénieur en Design, Interaction Homme-Machine, informatique, mécatronique ou design industriel ;
- Fort intérêt pour l'interaction homme-machine, l'informatique, l'aéronautique, mécatronique ;
- La finalité de la thèse pouvant se concrétiser par la réalisation d'une solution concrète d'IHM, des qualités en design d'objets sont particulièrement attendues ;
- Compétences en programmation (C#, C++, Java, Python) ;
- Connaissances de base en utilisation de logiciels 3D (Catia, Ansys multiphysics, SolidWorks...);
- Autonome, motivé et rigoureux.

Modalité de candidature

Les candidatures sont à adresser à Sylvain Pauchet (sylvain.pauchet@enac.fr), Micky Rakotondrabe (mrakoton@enit.fr) et François Pigache (francois.pigache@laplace.univ-tlse.fr)

Elle doit être constituée d'un CV, d'une lettre de motivation, de la copie des notes et classement aux examens de M1 et de M2 (si disponible). Du rapport de M2 (si disponible) ainsi que toutes autres pièces que vous jugerez utiles.

Date limite de candidature : vendredi 4 juin 2021

PhD position funded by Aeronautics and Astronautics Doctoral School (Toulouse).

Study of electroactive morphing for multi-scale shape changing control of touch interfaces for airliner cockpits

Research teams: Informatique Interactive (École Nationale de l'Aviation Civile) / Laplace (Laboratoire Plasma et Conversion d'énergie) / Équipe DIDS (LGP, École Nationale d'Ingénieurs de Tarbes)

Thesis direction: François Pigache (LAPLACE), Sylvain Pauchet (ENAC) and Micky Rakotondrabe (LGP, ENIT)

Duration: 36 months, October 2021 - September 2024

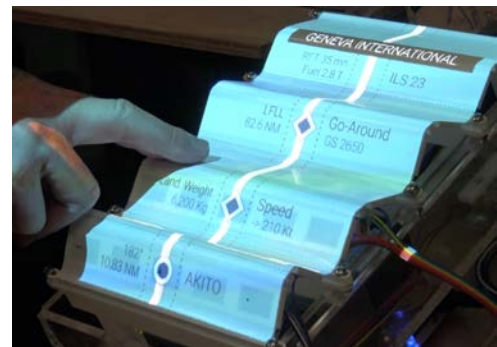
Doctoral School: École Doctorale Aéronautique Astronautique (EDAA)

Keywords

Shape-changing interfaces, tangible and haptic interactions, adaptable interfaces, multi-sensorial interfaces, mechatronics, electroactive morphing, self-sensing techniques

Context and objectives

This thesis is a pursuit of the ANR Airtius project (2016-2019, airtius.net) about the limits of touch interactions in the airliner cockpit. This first research work conducted by ENAC and ISAE demonstrated that shape-changing touch interfaces allow, in a piloting context, to decrease the workload, improve performance, reduce eye movements and improve the distribution of visual attention compared to a conventional touch screen. However, given the results obtained (Pauchet et al., 2019), the fine control of the deformation of shape-changing surfaces (e.g. modularity, resolution, curvature, force, speed, localized actuation) represents a technical as well as a scientific challenge. With this in mind, the objective of this thesis is to improve both the thinness and the complexity of the transformations of touch display surfaces through the use of actuated materials and structures with high integration capabilities, grouped under the term electroactive morphing.



Airtius "Multi-plié" prototype

The thesis will use the aeronautical context as a field of study and more particularly the situations of collaboration between humans and automation in airliner cockpits. In these working environments where the body is held at a distance from the action to be controlled, it will be an issue of designing an interactive surface offering to the user a physical and significant shaping of the information thus making it possible to solicit the Tactilo-Proprio-Kinesthetic capacities (TPK) of the pilots. For this, the amplitude of the deformations must be coherent with the proprioceptive and visual sensitivity levels of the user. The deformations in a range of a centimeter are therefore required, which, combined with integration constraints, constitutes a strong specification and a scientific and technological challenge for mechatronics. In addition to the improved level of integration, it will also be necessary to produce a distribution of deformations along the two axes of the surface and thus to offer a wider range of configurations. The multiplicity of these configurations will have to be satisfied without resorting to an excessive increase in the number of actuators, which could prove problematic and tedious, both in terms of possible failure rates and control. It will thus be a question of taking advantage of the purely mechanical structure, of the smart distribution of the actuators which, by the combination of solicitations, will satisfy the multiple expected conformations.

Without presuming the technological solution that can be envisaged to reach the purpose, the fiber piezoelectric technology is an excellent candidate. It combines very relevant implementation and integration capabilities, as well as simultaneous management of sensing and actuating properties. Indeed, it will be as much about actuating the display surface as measuring the user's action (pressure, movement dynamics, multitouch ...). In order not to interfere with the integration constraints, the reversibility of piezoelectric properties is a good technological answer.

Scientific Impacts

HCI: Production of Shape changing interfaces facilitating the control, supervision and recovery of critical systems (piloting, driving...); use of uncommon material properties in HCI (complex geometry, multi-stability, anisotropy, localized actuation) for the design of shape changing interfaces. Contributions will address the following fields: "Haptic interactions", "tangible interactions", "shape changing interface", "materials science for interaction", "hardware programming", "safety-critical interaction".

Mechatronics: Development of design methodologies for highly integrated electroactive morphing; development of parametric (or topological) optimization means for functional interfaces; new field of valorization of electroactive materials for the HCI domain; adaptation of measurement and control techniques by piezoelectric self-sensing for HCI.

Outline

- Study of the activity of airliner pilots. Review of the literature and familiarization with the state of the art in HCI (Shape changing interfaces, adaptable interfaces, multi-sensory interfaces). State of the art of the materials eligible for the project, their properties (strength, stability, deformation amplitude...) and thin structuring for electroactive morphing.
- Design and implementation of shape changing touch display devices based on highly integrated electroactive morphing. Design and implementation of device deformation control system.
- Testing and evaluation of designed systems. Participation in conferences and writing of articles.

PhD Candidate's Profil

- Master research or engineering degree in Human-Computer Interaction, computer science, Design, physics or mechatronics ;
- Strong interest in human-computer interaction, IT, aeronautics, mechatronics ;
- As the purpose of the thesis may result in the production of a concrete HCI solution, skills in object design are particularly appreciable;
- Programming skills (C#, C++, Java, Python) ;
- Basic knowledge in the use of 3D software (Catia, Ansys multiphysics, SolidWorks...);
- Autonomous, motivated and rigorous.

Application procedure

Formal applications should be sent to Sylvain Pauchet (sylvain.pauchet@enac.fr), Micky Rakotondrabe (mrakoton@enit.fr) and François Pigache (francois.pigache@laplace.univ-tlse.fr)

They should include a detailed CV, a motivation letter, transcripts of degrees. Samples of published research by the candidate will be a plus.

Application deadline: Friday, June 4, 2021