**Demande n°2976 - ARED**

**Acronyme :AirTouch**

# Identification

## Identification

| | |
|---|---|
| **N°** | 2976 |
| **Année** | 2023 |
| **Statut** | Soumis à l'établissement |
| **Date de création** | 12/01/2023 |
| **Date de modification** | 27/01/2023 |
| **Date de soumission** | 27/01/2023 |
| **Acronyme** | AirTouch |
| **Intitulé du projet** | Robots Aériens dotés du Sens du Toucher |
| **Dispositif** | ARED |
| **Civilité du porteur** | Monsieur |
| **Nom du porteur** | Robuffo Giordano |
| **Prénom du porteur** | Paolo |
| **Courriel** | prg@irisa.fr |

# Priorité régionale

# Stratégie régionale de recherche et d’innovation (S3)

## Stratégie régionale de recherche et d’innovation (S3)

| | |
|---|---|
| **Domaine d'innovation stratégique** | Économie de l'industrie pour une production intelligente |
| **Domaine d'innovation stratégique** | . |
| **Levier thématique** | Technologies liées à la production industrielle et technologies de production |
| **Domaine d'innovation statégique Secondaire** | Économie alimentaire du bien manger pour tous |
| **Domaine d'innovation statégique Secondaire** | . |
| **Levier thématique secondaire** | Agriculture de précision |

# Organisme de tutelle

## Organisme de tutelle

| | |
|---|---|
| **Etablissement** | CNRS BRETAGNE PAYS LOIRE |
| **Commune** | RENNES |
| **Civilité** | Madame |
| **Nom** | INGUSCIO |
| **Prénom** | Gabrielle |

# Unité de recherche

## Unité de recherche

| | |
|---|---|
| **Nom de l'unité** | IRISA UMR 6074 |
| **Civilité** | Monsieur |
| **Nom** | Gravier |
| **Prénom** | Guillaume |
| **Tél.** | 02998474 |
| **Courriel** | guig@irisa.fr |

## Données complémentaires de l'unité de recherche

| Libellé | Valeur |
|---|---|
| Statut et numéro de l'unité de recherche (UMR, USR, EA?) | UMR |
| Le cas échéant, nom de l'équipe de recherche | Rainbow (équipe Inria commune avec l'IRISA) |
| Le cas échéant, nom du responsable de l'équipe de recherche | Paolo Robuffo Giordano |
| Activités de recherche et points forts de l'équipe | robotique, asservissement visuel, vision robotique, robotique mobile, système multi-robot, drones, robotique médicale, planification et commande pour systèmes robotiques |
| Si implication dans un/plusieurs programmes européens ou internationaux, préciser | Interreg ADAPT, H2020 H-Reality, H2020 REGO, H2020 Tactility, H2020 E-TEXTURES, H2020 GuestXR |

# Co-directeur de thèse

# Description

## Description du projet

| Libellé | Valeur |
|---|---|
| Résumé synthétique du projet (2000 caractères max) | Les robots aériens (communément appelés "drones") sont aujourd'hui largement utilisés pour observer l'environnement à des fins de surveillance et de contrôle dans des applications telles que l'agriculture, la cartographie, etc. Mais si les robots aériens étaient également capables de manipuler efficacement l'environnement (en interagissant physiquement avec lui), les domaines d'application pourraient être étendus à de nouveaux secteurs comme l'inspection par contact, l'assemblage et la construction, etc. Mais le contact est aujourd'hui synonyme d'accident, et donc évité. La nature instable des robots aériens, ainsi que leur dynamique non linéaire et leur perception limitée par la vision, rendent le problème de la manipulation dans les environnements réels extrêmement difficile et délicat.<br><br>Pour démontrer la faisabilité de l'interaction physique aérienne (IPA), la communauté des chercheurs s'est concentrée ces |

| Libellé | Valeur |
| --- | --- |
| | dernières années sur la conception et le contrôle de manipulateurs aériens, c'est-à-dire de drones équipés d'un bras manipulateur embarqué. Cela a ouvert la porte à de nouvelles applications, par exemple l'inspection par contact. Cependant, les méthodologies actuelles sont encore limitées à des tâches d'interaction très simples, impliquant des comportements de contact limités avec des surfaces statiques et rigides (par exemple, toucher un mur plat avec un bâton attaché au robot). En outre, bien que les résultats préliminaires soient très encourageants, ils ont également été obtenus dans des conditions de laboratoire extrêmement contrôlées. Les expériences actuelles reposent principalement sur des systèmes externes de capture de mouvement (MOCAP) qui garantissent une estimation précise de l'état et des modèles environnementaux. Cependant, dans les scénarios réels, les robots ne peuvent compter que sur des capteurs embarqués qui, aujourd'hui, ne fournissent pas du tout la précision requise.<br><br>Grâce à l'étude d'une nouvelle technologie de « perception haptique » pour les robots aériens, combinée à la détection visuelle déjà bien connue, AEROTouch a l'ambition d'améliorer considérablement les capacités d'interaction physique aérienne pour la manipulation complexe dans des environnements réels. AEROTouch rapprochera les robots aériens des applications réelles beaucoup plus rapidement que ne le permettent les recherches actuelles basées sur les systèmes de vision uniquement. |
| Porteur du projet : date d'obtention de l'HDR ou dérogation | HDR obtenu en 2016 et delivré par l'Université de Rennes |
| Hypothèses, questions posées, points de blocage, approche méthodologique, technique (4000 car. max) | Inspirés par la nature, nous voulons aborder le problème de la manipulation aérienne en considérant un nouvel aspect : le sens du toucher (en plus du sens de la vision qui est déjà bien exploré dans la communauté). Nous supposons que le sens du toucher peut permettre une meilleure compréhension de l'environnement et de l'interaction physique entre le robot aérien et son environnement. Notre objectif est de donner le sens du toucher manquant aux robots aériens et de concevoir de nouveaux algorithmes de contrôle et de planification basés sur l'haptique qui rendraient ces robots capables d'effectuer un travail physique réel dans des environnements réels.<br><br>Pour un robot terrestre, qui est très précis et stable, la manipulation d'objets articulés peut être une tâche facile, mais pour un robot aérien, elle est extrêmement complexe. Ces tâches difficiles nécessitent une interaction physique en vol avec une précision millimétrique. Cependant, en raison de leur charge utile limitée, les robots aériens ne peuvent utiliser que des capteurs de vision "bon marché" qui, soumis aux vibrations des hélices, ne peuvent fournir qu'une précision centimétrique. Malheureusement, les méthodes basées sur la vision ne sont pas suffisantes pour effectuer des tâches de manipulation complexes.<br><br>D'autre part, dans la nature, il a été démontré que le sens du toucher est un élément clé pour effectuer une manipulation. Même les humains, dotés d'un système de vision très précis et de mains adroites, auraient des difficultés à effectuer des tâches de manipulation sans le sens du toucher.<br><br>Néanmoins, jusqu'à présent, personne n'a osé étendre les capacités haptiques et tactiles aux robots aériens, et encore moins exploiter les capteurs tactiles comme retour direct pour effectuer des manipulations. Nous allons relever ces défis dans les modules de travail suivants :<br><br>WP1 - Capteur tactile : D'un côté, nous devons répondre à la question de savoir si et quels "capteurs tactiles" sont réalisables pour les robots volants. Les vibrations et les rafales d'air produites par les hélices pourraient détériorer considérablement les mesures et les rendre inutilisables. Nous examinerons et évaluerons différents capteurs tactiles montés sur l'effecteur d'un manipulateur aérien. Nous analyserons la qualité des mesures de la force de contact et d'interaction, en concevant des filtres et des supports mécaniques appropriés pour que les lectures des capteurs soient exemptes des vibrations des hélices.<br><br>WP2 - Contrôle basé sur l'haptique : D'autre part, nous devons comprendre comment utiliser au mieux ces mesures. Actuellement, elles ne sont utilisées que pour améliorer les modèles des environnements, sur la base desquels des méthodes de contrôle standard sont appliquées. Cela introduit |

| | |
|---|---|
| | méthodes de contrôle standard sont appliquées. Cela introduit une surcharge en termes de temps de calcul et de ressources. Nous envisageons plutôt d'utiliser le sens du toucher pour piloter directement les actions. Des capteurs semblables à ceux de la peau produisent une matrice où chaque cellule correspond à la valeur de la pression. On peut remarquer la similitude avec les caméras. Par conséquent, les capteurs cutanés fournissent des "images du contact". Inspirés par cette corrélation, nous allons approfondir les similitudes et les différences, pour ensuite essayer de transférer les riches connaissances sur la perception basée sur la vision au domaine purement exploré de la perception basée sur l'haptique. L'expertise du groupe Rainbow en matière de commande visuel et haptique sera utile.<br><br>WP3 - évaluation expérimentale : Les méthodologies proposées seront validées sur des manipulateurs aériens réels. Leur efficacité sera démontrée par des tâches d'interaction complexes dans des scénarios du monde réel, comme l'ouverture d'une porte avec seulement des capteurs embarqués et une connaissance minimale de l'environnement. Nous évaluerons plus avant leur valeur pratique en étudiant leurs performances lorsque la précision des capteurs se dégrade. |
| Environnement scientifique, positionnement dans contexte régional/national/international (2000 car.) | Les recherches seront menées au sein de l'équipe Rainbow de l'IRISA/Inria Rennes, réputée pour son expertise en matière de commande de robots (y compris les drones), d'asservissement visuel, de systèmes multi-robots et d'interaction homme-robot. En particulier, la thèse sera co-encadrée avec Marco Tognon, un tout nouveau chercheur Inria dans notre équipe qui est un expert de niveau international dans le domaine de la robotique aérienne et en interaction physique avec l'environment. Marco Tognon a été l'un des premiers chercheurs à explorer le problème difficile de l'interaction avec des objets articulés et mobiles, par exemple pour pousser des chariots et ouvrir des portes et des valves. Cette thèse de doctorat nous donnera l'occasion de progresser dans le domaine de l'interaction physique aérienne grâce à l'expertise de Marco.<br><br>Le projet renforcera également la présence, les compétences et l'importance de la région Bretagne dans les domaines de la robotique, en particulier de la robotique aérienne, et du contrôle d'interaction physique . Grâce à cette nouvelle recherche ainsi qu aux autres projets de recherche dans les mêmes domaines menés dans le groupe Rainbow à l'IRISA et Inria Bretagne, la région Bretagne peut viser à devenir l'un des points les plus attrayants pour les chercheurs qui travaillent, ou qui souhaitent travailler, dans ces domaines. En effet, ces thèmes sont sans aucun doute d'actualité, et fournir un soutien à ces recherches permettrait à la Région Bretagne de se placer en tant que pôle d'attraction de chercheurs de plus en plus compétents dans la matière, en permettant ainsi la mise en place d'un cercle vertueux de recherche dont la qualité sera toujours plus élevée.<br><br>La recherche sur ce sujet est très opportune. Bien qu'il existe des groupes travaillant sur le contrôle aérien pour l'interaction pysique (A. Franchi à l'Univ. Twente, A. Ollero à l'Univ. Seville, R. Siegwart à l'ETH-Zurich),l'approche présentée est plutôt innovante (utilisation du sens du toucher de de la vision) et a le potentiel de placer notre équipe à la pointe dans le domaine de la robotique aérienne en interaction physique avec l'environment. . En effet, nous avons la possibilité de coupler les fortes compétences de Rainbow en matière de commande visuelle avec méthodes de commande basées sur capteur haptique , le tout dans un domaine de grand intérêt (la manipulation et l'interaction physique avec de robotique aérienne, pour le transport, la construction et la maintenance). |
| Collaborations scientifiques (nature/partenariat/pays) et partenariat socio-économique envisagé | Nous envisageons des collaborations scientifiques avec les laboratoires suivants :<br><br>- L'Autonomous System Lab (https://asl.ethz.ch/) de l'ETH-Zurich qui travaille sur des domaines connexes. Marco Tognon a mené ses recherches à l'ASL au cours des dernières années et collabore toujours avec des étudiants de l'ETH.<br><br>- L'équipe RIS du LAAS, Toulouse, et le laboratoire de robotique aérienne et en essaim de l'Université de Twente, Pays-Bas. En plus des collaborations précédentes et en cours, nous sommes en train de créer avec ces deux équipes un cadre expérimental commun pour la robotique aérienne. |

| | |
|---|---|
| Adéquation du projet avec le DIS de rattachement (3000 caractères maximum) | AIR-Touch s'inscrit principalement dans le DIS 5 : "Economie de l'industrie pour une production intelligente", en particulier l'objectif stratégique 1 "Technologies liées à la production industrielle et technologies de production".<br><br>Les robots aériens capables d'interagir physiquement avec l'environnement peuvent avoir un impact positif sur de nombreux domaines d'application allant de la construction à l'inspection et à la maintenance. Les secteurs industriels tels que l'énergie, le transport, le pétrole et le gaz, et les industries chimiques dépensent des ressources considérables pour assurer l'intégrité opérationnelle de leurs actifs. En outre, au cours des dernières années, nous avons assisté à un nombre dramatique d'accidents de travailleurs humains impliqués dans les opérations et la maintenance (O&M) de ces infrastructures industrielles. Les robots aériens pour l'inspection et la maintenance, ainsi que pour de nombreuses autres applications d'interaction physique, sont donc nécessaires de toute urgence pour réduire les coûts et les accidents. En Bretagne notamment, les résultats d'AIR-Touch pourraient améliorer considérablement l'inspection et la maintenance des éoliennes (60% de l'électricité produite dans la région).<br><br>Ces considerations sont également en ligne avec les trois axes transversaux :<br>- Numérique et industriel : AIR-Touch aura un retour direct sur les entreprises "vertes" présentes dans la région, qui pourraient bénéficier de la technologie développée ;<br>- environnemental et écologique : en réduisant les coûts d'inspection et de maintenance, de nouveaux investissements pourront être réalisés pour augmenter le nombre d'éoliennes, améliorant ainsi la production d'énergie verte ;<br>- Sociale et citoyenne : la nouvelle génération de robots aériens sera un compagnon valable pour les travailleurs, réduisant le risque élevé de travailler dans des zones élevées.<br><br>En outre, les manipulateurs aériens ont le potentiel d'avoir un impact positif sur le secteur agricole, dans le cadre du DIS 2 : "Economie alimentaire du bien manger pour tous", en particulier l'Objectif Stratégique 1 et Leviers Thématiques "Nouveaux systèmes de production agricole" et "Agriculture de précision". En fait, les robots aériens sont déjà employés dans l'agriculture de précision pour surveiller visuellement les champs. Cependant, la capacité de manipuler l'environnement pourrait étendre encore davantage leur utilisation en agriculture. Bien qu'ils n'aient pas encore été explorés en profondeur, les manipulateurs aériens pourraient automatiser les processus agricoles tels que la récolte, la taille et la collecte d'échantillons pour la surveillance de la santé. |
| Si priorité régionale, préciser (200 caractères maximum) | |
| Ecole doctorale de rattachement | Ecole doctorale MATISSE |
| Cotutelle internationale (indiquer "oui" ou "non"; si oui, préciser le pays et l'établissement) | non |
| Nom(s) du(des) cofinanceur(s) envisagé(s) ou confirmé(s) | CNRS |
| Si cofinancement industriel, justifier le choix du dispositif ARED au lieu du dispositif CIFRE | |
| État du cofinancement (indiquer "acquis" ou "demandé") | acquis |
| Si demandé, date prévisionnelle de réponse du cofinanceur | |
| Si cofinancement refusé, autre(s) source(s) de cofinancement identifiée(s) | |
| Si reversement prévu, préciser (partenaire, montant) | |

## Candidat

## Collaboration internationale

### Collaboration internationale

| | |
|---|---|
| **Pays** | |
| **Etablissement partenaire à l'étranger** | |

## Pièces jointes

| Date de mi | Type de pièce | Commentaire | Document | Valide | Commentaire |
|---|---|---|---|---|---|
| 27/01/2023 | ARED - Dépôt - CV du porteur | Obligatoire - Le CV doit préciser si le porteur est titulaire de l'HDR et, le cas échéant, depuis quand, et mentionner la liste des doctorant·e·s déjà encadré·e·s et des publications associées. | cv.pdf | Non traité | |
| 27/01/2023 | ARED - Dépôt - Avis directeur·rice d'unité | 15 lignes maximum | | Non traité | |
| 27/01/2023 | ARED - Dépôt - Justificatif cofinancement | Facultatif - Dépôt de demande, justificatif d'obtention, courrier du cofinanceur pressenti... | ARED23_-_Courrier_ROBUFFO_GIORDANO-signe.pdf | Non traité | |
| 27/01/2023 | ARED - Dépôt - Lettre partenaire étranger | Facultatif - Lettre d'engagement de l'établissement partenaire étranger en cas de cotutelle internationale | | Non traité | |
| 27/01/2023 | ARED - Dépôt - Pièce complémentaire | Facultatif | | Non traité | |
| 27/01/2023 | ARED - Dépôt - Pièce complémentaire | Facultatif | | Non traité | |
| 27/01/2023 | ARED - Instruction - Lettre de saisine | Lettre de l'établissement à transmettre à la Région (utiliser le modèle disponible dans la rubrique "Documents à télécharger") | | Non traité | |
| 27/01/2023 | ARED - Versement - Convention de partenariat | Le cas échéant (si autorisation de reversement) | | Non traité | |
| 27/01/2023 | ARED - Versement 1/2 - CV doctorant.e | Pour versement tranche 1 (cohortes jusqu'en 2018) Pour versement tranche 2 (cohortes à partir de 2019) | | Non traité | |
| 27/01/2023 | ARED - Versement 1/2 - Copie du contrat doctoral (ou CDD ou attestation)) | Pour versement tranche 1 (cohortes jusqu'en 2018) Pour versement tranche 2 (cohortes à partir de 2019) | | Non traité | |
| 27/01/2023 | ARED - Versement 1 - Lettre d'approbation école doctorale | Pour versement tranche 1 (cohortes jusqu'en 2018) | | Non traité | |
| 27/01/2023 | ARED - Versement 2 - Attestation bon déroulement travaux année 1 | Pour versement tranche 2 | | Non traité | |
| 27/01/2023 | ARED - Versement 2 - Bilan financier année 1 | Pour versement tranche 2 ARED | | Non traité | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 27/01/2023 | ARED - Versement 3 - Attestation bon déroulement travaux année 2 | Pour versement 50% tranche 3 ARED | | Non traité | |
| 27/01/2023 | ARED - Versement 3 - Bilan financier année 2 | Pour versement 50% tranche 3 ARED | | Non traité | |
| 27/01/2023 | ARED - Versement 4 - Bilan financier année 3 | Pour versement solde année 3 ARED | | Non traité | |
| 27/01/2023 | ARED - Versement 4 - Certificat administratif précisant statut thèse | Pour versement du solde de la tranche 3 (à accompagner des pièces justificatives correspondantes pour les cohortes jusqu?en 2018 : avis du jury, attestation de réinscription en ED, justificatif de prolongation ou d'abandon) | | Non traité | |
| 27/01/2023 | ARED - Versement 4 - Avis du jury si thèse soutenue | Pour versement solde tranche 3 ARED (cohortes jusqu'en 2018) | | Non traité | |
| 27/01/2023 | ARED - Versement 4 - Attestation de réinscription en ED | Pour versement solde tranche 3 ARED (cohortes jusqu'en 2018) | | Non traité | |
| 27/01/2023 | ARED - Versement 4 - Justificatif de prolongation | Pour versement solde tranche 3 ARED (cohortes jusqu'en 2018) | | Non traité | |
| | ARED - Versement 4 - Justificatif d'abandon de thèse | Pour versement solde tranche 3 ARED (cohortes jusqu'en 2018) | | Non traité | |