Demande n°3351 - ARED

Acronyme :KALZ

Identification

Identification

N°	3351
Année	2024
Statut	Brouillon
Date de création	11/01/2024
Date de modification	12/01/2024
Date de soumission	12/01/2024
Acronyme	KALZ
Intitulé du projet	Essaims de microrobots intelligents pour des interventions endovasculaires
Dispositif	ARED
Civilité du porteur	Monsieur
Nom du porteur	Pacchierotti
Prénom du porteur	Claudio
Courriel	claudio.pacchierotti@irisa.fr

Priorité régionale

Priorité régionale

Priorité régionale	One Health/Une seule santé
Regional priority	One Health/Une seule santé

Stratégie régionale de recherche et d’innovation (S3)

Stratégie régionale de recherche et d’innovation (S3)

Domaine d'innovation stratégique	Économie de la santé et du bien-être pour une meilleure qualité de vie
Domaine d'innovation stratégique	.
Levier thématique	(Bio)Thérapies innovantes
Domaine d'innovation statégique Secondaire	Économie numérique sécurisée et responsable
Domaine d'innovation statégique Secondaire	.

Levier thématique secondaire	Données et intelligence

Organisme de tutelle

Organisme de tutelle

Etablissement	CNRS BRETAGNE PAYS LOIRE
Commune	RENNES
Civilité	Madame
Nom	Ewen
Prénom	Poullaouec

Unité de recherche

Unité de recherche

Nom de l'unité	RAINBOW
Civilité	Monsieur
Nom	Guillaume
Prénom	Gravier
Tél.	02998425
Courriel	dir@irisa.fr

Données complémentaires de l'unité de recherche

Libellé	Valeur
Statut et numéro de l'unité de recherche (UMR, USR, EA?)	UMR CNRS 6074
Le cas échéant, nom de l'équipe de recherche	Irisa & Inria Rennes: equipe RAINBOW
Le cas échéant, nom du responsable de l'équipe de recherche	Paolo Robuffo Giordano
Activités de recherche et points forts de l'équipe	Trois axes de soutien (éstimation d'état optimale avec incertitudes ; commande avancée referencée capteurs ; haptique pour les applications robotiques) qui visent à développer des méthodes pour réaliser le thème central de la commande partagée de systèmes robotiques complexes.
Si implication dans un/plusieurs programmes européens ou internationaux, préciser	Horizon Europe REGO, H2020 Romans, H2020 Comanoid, FET-OPEN H-Reality, Interreg ADAPT

Co-directeur de thèse

Co-directeur de thèse

Civilité	Monsieur
Nom	Robuffo Giordano
Prénom	Paolo
Unité de recherche	IRISA
Etablissement de tutelle	CNRS BRETAGNE PAYS LOIRE

Description

Description du projet

Libellé	Valeur
Résumé synthétique du projet (2000 caractères max)	Les techniques endovasculaires, utilisées dans le traitement de maladies telles que les cancers et les maladies cardio-vasculaires, font face à des défis significatifs liés aux outils actuellement disponibles, souvent primitifs, ainsi qu'à l'impact social et économique de ces procédures. Il est impératif de relever ces défis en améliorant les systèmes de commande, de mouvement, d'interaction, d'adaptation, d'apprentissage et de sécurité dans le domaine de la robotique médicale. Malgré les tentatives antérieures d'introduction de procédures endovasculaires robotisées, telles que les systèmes Magellan et Sensei X, celles-ci se limitent à l'imitation des solutions de cathéter flexible existantes, en se concentrant principalement sur l'amélioration de la maniabilité et de la dextérité. Cependant, un système chirurgical endovasculaire idéal doit présenter des caractéristiques bien plus étendues, comprenant un retour haptique pour le clinicien, une intégration avec le système d'imagerie, une réduction de la charge cognitive, un contrôle intuitif et une courbe d'apprentissage courte. De plus, il devrait être capable de desservir toutes les parties du corps, allant au-delà des capacités des cathéters actuels. Ce projet a pour objectif de renforcer les technologies mécatroniques et cognitives fondamentales dans le domaine des soins de santé, en vue d'améliorer l'applicabilité, la sécurité et l'efficacité des techniques endovasculaires. Il présente une approche novatrice avec un ensemble de micro-essaims de robots modulaires, pilotés par l'IA. Ces robots peuvent se déplacer sous l'influence de champs électromagnétiques dynamiques et réagir à divers stimuli externes pour effectuer des actions. Contrôlés de manière naturelle par l'homme grâce à des interfaces multisensorielles et des techniques d'interaction intuitives, ces robots peuvent collaborer en équipe pour accomplir des tâches complexes de manière robuste et flexible. L'équipe de micro-robots peut présenter des caractéristiques spécifiques à la tâche, telles que la biocompatibilité ou la capacité à transporter des médicaments, étendant ainsi les possibilités des interventions endovasculaires.
Caractère structurant/stratégique du projet (niveau régional/établissement)	Le caractère structurant et stratégique du projet au niveau régional et au sein du laboratoire IRISA à Rennes revêt une importance cruciale. En alignant les avancées de la recherche en microrobotique médicale avec les besoins spécifiques de la région (ex: collaboration avec CHU Rennes), ce projet offre une opportunité unique de renforcer les compétences régionales dans le domaine des soins de santé. Cette synergie entre les objectifs du projet, les compétences locales et les partenariats institutionnels contribuera non seulement à l'avancement scientifique mais également à l'essor économique de la région. En consolidant le rôle de la Bretagne dans le paysage de la recherche médicale, le projet offre une dimension structurante qui stimulera la collaboration entre les laboratoires de recherche et les entreprises, renforçant ainsi le positionnement stratégique de la région dans le domaine émergent de la microrobotique médicale.
Porteur du projet : date d'obtention de l'HDR ou dérogation	HDR 2022
Hypothèses, questions posées, points de blocage, approche méthodologique, technique (4000 car. max)	KALZ exploite les capacités des systèmes multi-robots à l'échelle microscopique tout en plaçant l'humain au centre, en contrôle de son homologue robotique. Jusqu'à présent, la plupart des résultats se sont concentrés sur la commande magnétique de microrobots individuels, souvent équipés d'aimants permanents puissants. La commande d'essaims de microrobots magnétiques multifonctionnels fait l'objet de recherches récentes. Permettre à un utilisateur humain de contrôler indépendamment et intuitivement un essaim de microrobots peut avoir un impact significatif dans divers scénarios, notamment dans le domaine médical, sujet central de notre projet. Le défi majeur consiste à concevoir des paradigmes d'interaction permettant aux opérateurs humains de contrôler efficacement le mouvement d'un essaim de microrobots sans fil. Le partage du contrôle entre l'utilisateur et un algorithme autonome, en fonction de divers paramètres tels que le type de

	autonome, en fonction de divers paramètres tels que le type de tâche, l'expérience de l'utilisateur, et les caractéristiques des robots, est au cœur de nos préoccupations. Il est complexe de trouver des moyens intuitifs de maîtriser les nombreux degrés de liberté et les caractéristiques uniques du système proposé. Le défi réside également dans la variété des stimuli sensoriels nécessaires pour fournir des informations de retour riches, devant être intégrées de manière cohérente, par exemple, en étudiant la meilleure combinaison de stimuli pour être efficace sans confusion, puis en développant des interfaces adaptées. En concevant des techniques de contrôle cognitif partagé, nous simplifierons l'interaction des robots avec l'environnement non structuré. Les stratégies d'IA faciliteront les transitions entre les modes de commande et assureront des opérations à sûreté intégrée. Des signaux d'erreur prédictifs informeront les opérateurs des résultats futurs de leurs actions. La définition des politiques de rendu et d'interaction débutera par l'étude de la perception tactile et de l'intégration multisensorielle, identifiant des invariants de perception et de performance. Les systèmes cutanés, intégrés à l'interface kinesthésique, fourniront des informations par retour kinesthésique sécurisé, progressivement compensées par la stimulation cutanée pour augmenter la transparence de l'interaction sans compromettre la sécurité. La thèse se concentrera principalement sur le domaine médical, explorant l'embolisation endovasculaire d'anévrisme et l'administration précise de médicaments. Dans le cadre du projet européen REGO, les techniques proposées seront également testées pour l'assainissement de l'environnement et la micromanipulation, élargissant ainsi les applications potentielles de cette approche novatrice.
Environnement scientifique, positionnement dans contexte régional/national/international (2000 car.)	En cas de conclusion réussie du projet, nous anticipons un impact significatif dans plusieurs domaines. D'une part, le projet pourrait jouer le rôle de démonstrateur expérimental quant à l'efficacité du contrôle partagé et du retour haptique dans ce contexte novateur de la microrobotique en essaim. Cette démarche contribuerait à évaluer les outils théoriques et pratiques les mieux adaptés pour des déploiements réels dans ce domaine émergent, tout en stimulant de nouvelles recherches basées sur les résultats obtenus. D'autre part, le succès du projet faciliterait le transfert de technologie vers des entreprises intéressées, notamment dans le secteur médical. En démontrant les réalisations potentielles par l'implémentation de systèmes de contrôle intégrant l'utilisation d'interfaces haptiques et de techniques de contrôle de l'IA, ce projet pourrait ouvrir la voie à une collaboration plus étroite entre les travaux de recherche en laboratoire et les besoins concrets des industries.
Collaborations scientifiques (nature/partenariat/pays) et partenariat socio-économique envisagé	Le projet est réalisé en collaboration avec le projet européen collaboratif REGO (https://cordis.europa.eu/project/id/101070066). Le projet est coordonné par le CNRS (France/Bretagne), en collaboration avec Inria (France/Bretagne), CHU Rennes (France/Bretagne), Haption (France/Pays de la Loire), l'Institut Italien de Technologie (Italie), Scuola Superiore Sant'Anna (Italie), l'Université de Twente (Pays-Bas), et l'Institut Leibniz pour la recherche sur l'état solide et les matériaux (Allemagne).
Adéquation du projet avec le DIS de rattachement (3000 caractères maximum)	
Si priorité régionale, préciser (200 caractères maximum)	Le projet s'intègre bien dans le concept « One Health/Une seule santé », qui vise à développer une approche intégrée de tous les aspects de santé humaine, santé animale et gestion des écosystèmes/état écologique global. Les applications du système proposé concernent la santé humaine et animale (scénarios d'embolisation d'anévrisme endovasculaire, d'administration de médicaments et de micromanipulation de cellules) ainsi que la santé environnementale (scénario d'assainissement de l'environnement). Le développement de ces techniques permettra d'utiliser la microrobotique dans un large éventail de scénarios, en promouvant une approche pluridisciplinaire et globale des enjeux sanitaires et à la robotique.

Cotutelle internationale (indiquer "oui" ou "non"; si oui, préciser le pays et l'établissement)	Non. Cette thèse prévoit des collaborations internationales (voir les autres points), mais l'étudiant sera principalement à Rennes sous la direction de Claudio Pacchierotti (CNRS/IRISA).
Nom(s) du(des) cofinanceur(s) envisagé(s) ou confirmé(s)	Horizon Europe REGO projet
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
11/01/2024	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	
11/01/2024	ARED - Dépôt - Avis directeur·rice d'unité	15 lignes maximum		Non traité	
11/01/2024	ARED - Dépôt - Justificatif cofinancement	Facultatif - Dépôt de demande, justificatif d'obtention, courrier du cofinanceur pressenti...		Non traité	
11/01/2024	ARED - Dépôt - Lettre partenaire étranger	Facultatif - Lettre d'engagement de l'établissement partenaire étranger en cas de cotutelle internationale		Non traité	
11/01/2024	ARED - Dépôt - Pièce complémentaire	Facultatif		Non traité	
11/01/2024	ARED - Dépôt - Pièce complémentaire	Facultatif		Non traité	
11/01/2024	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	
11/01/2024	ARED - Versement - Convention de partenariat	Le cas échéant (si autorisation de reversement)		Non traité	

11/01/2024	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	
11/01/2024	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	
11/01/2024	ARED - Versement 1 - Lettre d'approbation école doctorale	Pour versement tranche 1 (cohortes jusqu'en 2018)		Non traité	
11/01/2024	ARED - Versement 2 - Attestation bon déroulement travaux année 1	Pour versement tranche 2		Non traité	
11/01/2024	ARED - Versement 2 - Bilan financier année 1	Pour versement tranche 2 ARED		Non traité	
11/01/2024	ARED - Versement 3 - Attestation bon déroulement travaux année 2	Pour versement 50% tranche 3 ARED		Non traité	
11/01/2024	ARED - Versement 3 - Bilan financier année 2	Pour versement 50% tranche 3 ARED		Non traité	
11/01/2024	ARED - Versement 4 - Bilan financier année 3	Pour versement solde année 3 ARED		Non traité	
11/01/2024	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	
11/01/2024	ARED - Versement 4 - Avis du jury si thèse soutenue	Pour versement solde tranche 3 ARED (cohortes jusqu'en 2018)		Non traité	
11/01/2024	ARED - Versement 4 - Attestation de réinscription en ED	Pour versement solde tranche 3 ARED (cohortes jusqu'en 2018)		Non traité	
11/01/2024	ARED - Versement 4 - Justificatif de prolongation	Pour versement solde tranche 3 ARED (cohortes jusqu'en 2018)		Non traité	
11/01/2024	ARED - Versement 4 - Justificatif d'abandon de thèse	Pour versement solde tranche 3 ARED (cohortes jusqu'en 2018)		Non traité	