

OFFRE DE THÈSE CIFRE

Titre : Système multi-bras robotique pour le contrôle non destructif (CND) par ondes guidées : planification, contrôle et traitement de signal

1. Informations générales

Entreprise d'accueil	Proxinnov – Centre de Ressource Technologique en Robotique Industrielle
Site	La Roche-sur-Yon
Laboratoire partenaire	IRL2958 GT-CNRS (Georgia Tech – CNRS), Metz
Directeur(s) de thèse	À définir
Encadrant industriel	À définir
Durée	3 ans
Date de démarrage souhaitée	Octobre 2026 (ou dès accord ANRT)
Contrat	Contrat de travail salarié chez Proxinnov – financement ANRT
Niveau requis	Diplôme d'ingénieur ou Master 2 en robotique, traitement du signal, physique, ou domaine connexe

2. Contexte et enjeux industriels

Proxinnov est un Centre de Ressource Technologique (CRT) spécialisé en robotique industrielle. Fort d'un réseau de plus de 200 entreprises manufacturières, fournisseurs de technologies et intégrateurs, Proxinnov accompagne l'appropriation et l'intégration de technologies robotiques avancées dans des environnements industriels réels.

Dans le cadre du projet ANR DexTraSonic, Proxinnov s'associe à l'IRL2958 GT-CNRS pour développer un système robotique collaboratif et autonome dédié au Contrôle Non Destructif (CND) par ondes ultrasoniques guidées (UGW – Ultrasonic Guided Waves). Ce projet s'inscrit dans la continuité des projets européens H2020 BugWright2 et AID HullScanner, qui ont permis d'établir une expertise reconnue dans l'inspection robotisée de grandes structures métalliques.

Les structures industrielles (réservoirs pressurisés, plaques métalliques, panneaux solaires) présentent des enjeux critiques en matière de détection de corrosion et de défauts structurels. Le recours aux ondes guidées permet une couverture de surface étendue avec une atténuation relativement faible, rendant cette approche particulièrement adaptée aux inspections à grande échelle. L'objectif de DexTraSonic est d'exploiter une paire de bras manipulateurs équipés de transducteurs émetteur-récepteur pour inspecter ces surfaces de manière collaborative et autonome.

3. Sujet de thèse

La thèse portera sur l'intégration de méthodes de contrôle robotique avancé et de traitement intelligent des signaux acoustiques dans un système d'inspection CND autonome. Elle s'articulera autour de trois axes scientifiques complémentaires :

Axe 1 – Planification optimale des segments d'inspection

Un premier objectif de cette thèse sera de déterminer a priori le placement des couples émetteurs-récepteurs ultrasoniques afin de maximiser la probabilité de détection des défauts, en tenant compte de la géométrie de la structure inspectée et des propriétés de propagation des ondes acoustiques. Il s'agit donc de placer un ensemble de segment d'inspection sur la surface à inspecter. Ce problème peut être vu comme une variante du problème classique de la galerie d'art en algorithmique : comment placer un ensemble d'observateur dans un polygone pour observer complètement le polygone ? Différentes heuristiques ont été proposées pour résoudre ce problème. En robotique, il sera possible de considérer des approches gourmandes cherchant à maximiser le gain d'information de façon itérative. Les méthodes à base d'IA, et en particulier d'apprentissage par renforcement, pourront aussi être explorées.

Axe 2 – Contrôle robotique compliant pour l'application des transducteurs

Connaissant les segments d'inspection, il faudra ensuite s'intéresser à la collecte automatique des mesures acoustique. Cependant, l'application optimale des transducteurs sur la surface inspectée conditionne directement la qualité des signaux acoustiques. Un second objectif de la thèse sera donc de développer des stratégies de contrôle de bras manipulateurs adaptées aux problématiques du contrôle non-destructif. Deux problèmes spécifiques devront être envisagés : si des transducteurs piézoélectriques (PZT) sont utilisés, en particulier avec un couplant solide ou semi-solide, il faudra venir se placer sur la surface en appliquant une force spécifique normale à la surface. La qualité de ce contact impactant directement la qualité des mesures, une boucle de rétroaction pourra être envisagée. Si des transducteurs "roulant" sont utilisés, le contrôleur devra être capable de réaliser un suivi de trajectoire sur la surface tout en maintenant une force normale adapté à la qualité des signaux.

Axe 3 – Traitement des signaux acoustiques et détection de défauts

L'interprétation automatique des signaux ultrasoniques guidés est au cœur du système CND. Un troisième objectif de la thèse sera d'évaluer les performances des techniques de détection de défauts à partir des signaux acoustiques. Deux familles de méthodes complémentaires ont été identifiées et pourront être explorées ou combinées : d'une part, une approche basée sur la physique pourrait permettre de prédire la forme des ondes transmises à partir de la géométrie, et d'autre part, une

approche par apprentissage profond, basée sur les données, pourrait permettre de s'adapter à la complexité des signaux acoustiques. Ces travaux contribueront à la création d'une cartographie dynamique de l'état de santé structurel de la surface, constituant une avancée significative par rapport aux méthodes de Structural Health Monitoring (SHM) traditionnelles.

4. Accompagnement de la thèse

Cette thèse comporte une dimension intégrative importante. En conséquence, le travail du doctorant sera soutenu par un ingénieur de recherche qui participera à l'intégration des solutions développées sur les bras robotiques de Proxinnov. En parallèle, entre 1 et 3 doctorants travailleront sur des sujets connexes impliquant acquisition acoustique, traitement du signal et robotique. Une partie des méthodes développées pour cette thèse pourront ainsi donner lieu à des collaborations scientifiques au sein de l'équipe de doctorants.

5. Profil recherché

Le(la) candidat(e) devra être titulaire d'un diplôme d'ingénieur ou d'un Master 2 dans l'un des domaines suivants :

- Robotique, systèmes autonomes ou mécatronique ;
- Traitement du signal, acoustique ou physique des ondes ;
- Automatique, contrôle-commande ou apprentissage automatique ;
- Génie mécanique ou matériaux appliqués au CND.

Compétences et qualités appréciées :

- Solides bases en mathématiques appliquées (traitement du signal, optimisation, probabilités) ;
- Maîtrise d'au moins un langage de programmation scientifique (Python, MATLAB, C++) ;
- Intérêt marqué pour l'expérimentation et les environnements industriels ;
- Capacité à travailler en équipe pluridisciplinaire et en interface industrie-académie ;
- Bon niveau d'anglais scientifique (lecture, rédaction et communication orale) ;
- Autonomie, rigueur et goût pour la publication scientifique.

6. Encadrement et environnement de travail

Dans le modèle de la thèse CIFRE, le(la) doctorant(e) sera embauché(e) par Proxinnov et partagera son temps entre le site de Proxinnov et l'IRL2958 GT-CNRS à Metz, où il(elle) bénéficiera des équipements expérimentaux du laboratoire (plateformes robotiques, bancs d'essai acoustiques, infrastructure de calcul). L'organisation spécifique de la distribution du temps entre l'IRL2958 et Proxinnov sera discutée avec le candidat dans un second temps.

L'encadrement académique sera assuré par l'équipe académique partenaire, en lien avec les thématiques robotique et acoustique du projet.

L'encadrement industriel sera assuré par la responsable des projets R&D à Proxinnov, garantissant un suivi opérationnel et un lien permanent avec les besoins des entreprises du réseau.

Des déplacements ponctuels sont à prévoir chez des partenaires industriels et pour la présentation de travaux lors de conférences nationales et internationales (ex. : IEEE ICRA, ECNDT, IEEE IROS).

7. Valorisation et débouchés

Ces travaux de thèse s'inscrivent dans une démarche de valorisation industrielle et académique forte.

Le(la) doctorant(e) contribuera à :

- Des publications dans des revues et conférences de rang international (IEEE T-RO, NDT&E International, Ultrasonics, etc.) ;
- Des démonstrations et validations expérimentales sur des cas d'usage industriels réels, au sein du réseau Proxinnov ;
- Des dépôts de propriété intellectuelle éventuels en lien avec les innovations développées ;
- La mise en place d'une offre technologique commercialisable pour l'inspection robotisée CND à grande échelle.

À l'issue de la thèse, les débouchés sont nombreux, aussi bien en milieu industriel (ingénieur R&D, responsable technique CND, chef de projet robotique) qu'académique (post-doctorat, enseignant-chercheur).

8. Modalités de candidature

Les candidatures sont à adresser par email à Proxinnov avec les pièces suivantes :

1. CV détaillé (incluant résultats académiques et expériences en recherche ou industrie) ;
2. Lettre de motivation précisant les axes de recherche qui vous intéressent et vos ambitions pour ce projet ;
3. Relevés de notes des deux dernières années d'études ;
4. Mémoire de Master 2 ou rapport de stage de fin d'études (si disponible).

Contact recrutement	recrutement@proxinnov.fr
Objet du mail	[CIFRE DexTraSonic 2026] Candidature – Prénom NOM
Date limite de candidature	30 septembre 2026
Entretiens	Date à définir