

Offre Postdoctorale : détection et segmentation d'anomalies en imagerie industrielle et médicale par des approches d'apprentissage profond

Durée : 10mois. **Période de recrutement souhaitée :** décembre 2025 – janvier 2026

Salaire brut : 2 289 €. **Lieu de travail :** [INSA LYON](#) 20 avenue Albert Einstein Villeurbanne.

Encadrement scientifique

Philippe Guy ([LVA](#)) 30% et Valérie KAFTANDJIAN ([LVA](#)) 40%, Philippe Delachartre ([CREATIS](#)) 30%

Profil du candidat recherché (prérequis) :

Le/la candidat(e) doit posséder de solides connaissances théoriques et pratiques en apprentissage machine et de très bonnes compétences en programmation sur les outils Python et Pytorch. Nous recherchons un(e) docteur(e) enthousiaste et autonome, très motivé(e) et intéressé(e) par la recherche multidisciplinaire et ses applications. Une formation de docteur ingénieur informatique et mathématiques appliquées ou un parcours de formation doctorale de type info-math est recommandé pour ce sujet.

Contexte

Dans certains domaines comme le domaine médical ou le domaine industriel, on est amené à rechercher la présence d'anomalies internes (non visibles en surface) sur des images bruitées et à les caractériser. Un moyen d'accéder à ces anomalies est l'imagerie qui peut être 2D ou 3D et de différente modalité (Rayon X, ultrasons, IRM, ...). Que ce soit dans le domaine industriel (aéronautique, nucléaire, ...) ou médical (cerveau, ...), les bases de données sont rares sur ce sujet et disposent de peu d'exemples d'apprentissage et de peu d'annotations d'experts. Dans le domaine industriel les difficultés sont liées au fait que les bases de données de pièces saines sont très faciles à obtenir, tandis que les exemples de défauts sont très rares.

Ces bases de données sont un élément incontournable pour la mise en place de méthodes par apprentissage et les approches développées doivent prendre en compte le manque de fiabilité des méthodes d'apprentissage lorsque l'échantillon d'entrée est hors de la distribution d'apprentissage ou corrompu par le bruit. Il est fondamental de pouvoir détecter automatiquement de telles défaillances pour intégrer les algorithmes d'apprentissage profond dans les applications industrielles ou médicales.

Mots-clés : détection et segmentation, apprentissage à faible supervision, méthodes non supervisées, incertitude sur les labels, quantification de l'incertitude de prédiction

Objectifs

Objectif principal. On veut développer des méthodes par apprentissage combinant des approches à faible supervision et sans supervision avec prise en compte des incertitudes sur les labels pour la

détection et segmentation d'anomalies faiblement contrastées (figures 1-3). Dans ce travail, nous chercherons à développer des modèles d'apprentissage adaptés aux petites anomalies faiblement contrastées issues de modalités différentes (Rayon X, ultrasons, IRM, ...), nous explorerons l'utilisation de techniques et mesures d'estimation de l'incertitude de prédiction des différents modèles développés, en particulier l'incertitude liée au faible nombre de données. In fine, les méthodes mises en place doivent permettre d'effectuer automatiquement des opérations de métrologie (localisation de l'anomalie dans l'image, quantification de la taille des anomalies, ...) et proposer un niveau de confiance dans les mesures réalisées.

Objectif secondaire. On cherchera à vérifier que les méthodes développées puissent fonctionner sur des applications différentes, du moment que les anomalies se caractérisent par un faible contraste dans un environnement bruité (Osman el al., 2017). On cherchera à privilégier des méthodes qui à performance comparable ont le plus faible nombre de paramètres et le plus faible coût de calcul de façon à réduire les coûts énergétiques.

Verrous scientifiques

L'imagerie quantitative des anomalies reste difficile en raison du faible contraste des structures recherchées et du bruit de mesure. Ces incertitudes seront à prendre en compte au cours du projet et se combinent aux incertitudes sur les labels liés aux difficultés d'annotation rencontrées par les experts. Dans un travail récent, nous avons développé une méthode de segmentation associée à une étape de classification pour séparer les vrais défauts des artefacts, sur des images ultrasonores (Estermann et al, 2023a). Cependant la méthode a été principalement évaluée sur des données médicales.

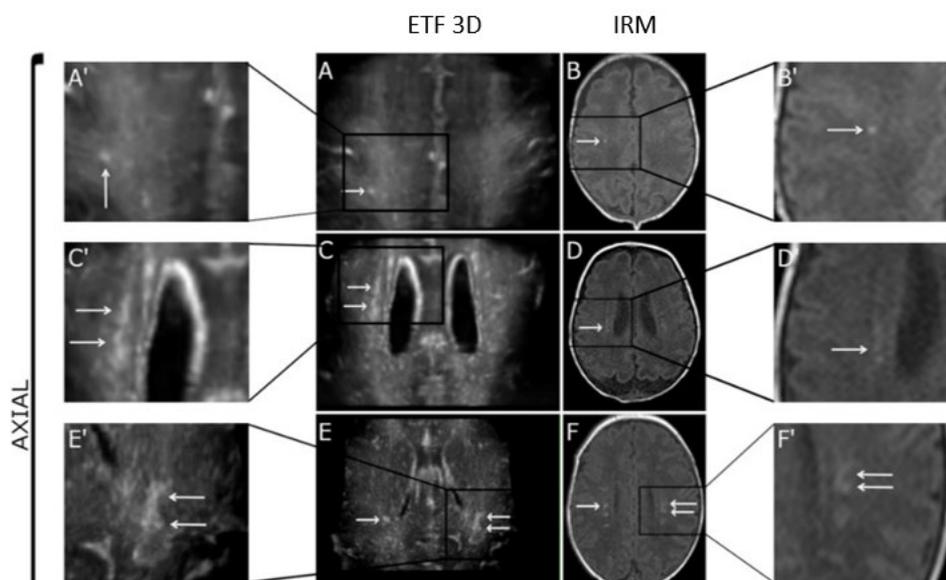


Figure 1. : Exemples de lésions de la matière blanche pointées par les flèches observées à l'ETF (échographie transfontanellaire) (gauche) vs à l'IRM (droite) (Quetin et al., 2024).

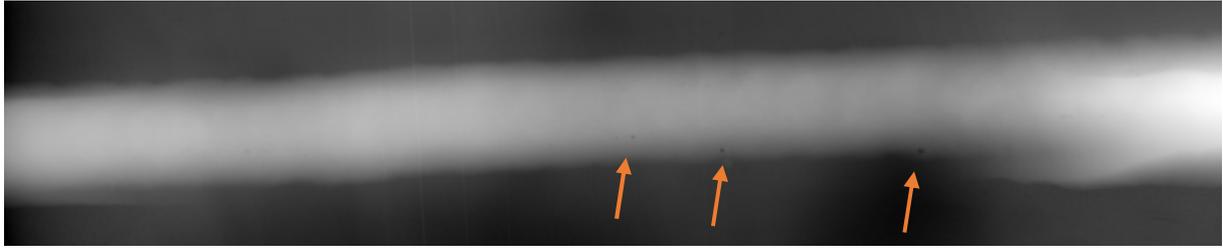


Figure 2 : Image en rayons X (film argentique numérisé) de soudure : zone large après recadrage de la dynamique des niveaux de gris (les flèches indiquent des défauts de type porosité).

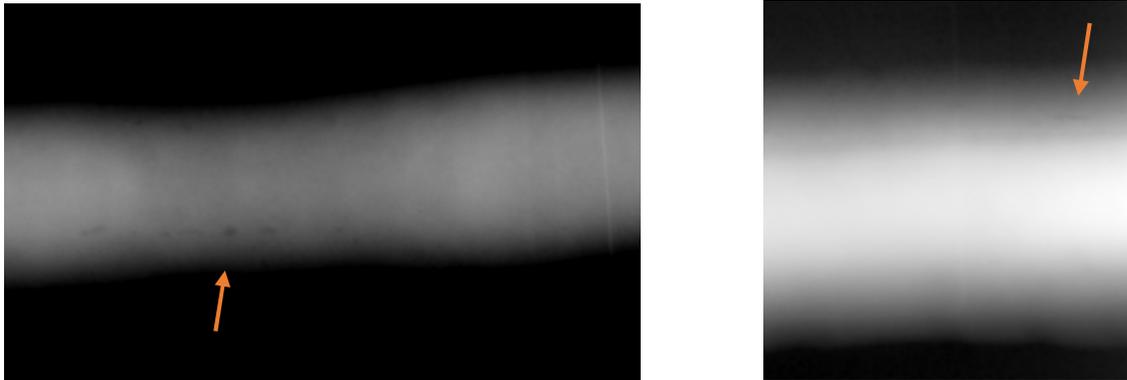


Figure 3 : Autres zones de la soudure vue aux rayons X : à gauche inclusions alignées, à droite manque de fusion. Le recadrage des niveaux de gris est spécifique à chaque défaut.

Programme de travail

- Période 1 (5 mois) : Etude bibliographique sur les méthodes d'apprentissage faiblement supervisées, non supervisées avec prise en compte des incertitudes sur les labels et les données. Analyse des méthodes multimodales (ultrasons, rayons X). Analyse et manipulation des jeux de données dans le but d'affiner les caractéristiques de ces données. Définition et priorisation des axes de recherche méthodologiques. Implémentation et analyse de différentes architectures d'apprentissage. Rédaction d'un rapport ou d'un article de conférence.
- Période 2 (5 mois) : Analyse de comportement des différents paramètres du pipeline de détection (segmentation et classification éventuelle) au regard des applications de détection d'anomalies visées et des données disponibles. Mise à jour et analyse des performances du pipeline final. Rédaction d'un article. Analyse des performances du pipeline final sur le cas d'utilisation de données multimodales.

Pour le domaine médical, l'accès aux données est facilité par la participation d'un médecin à l'étude.

Du côté industriel, nous avons déjà accès à une base d'images de soudure telles que celles de la figure 2 et 3 (contenant 189 défauts de types différents annotés par un expert) via le groupe de travail IA & CND de la COFREND (Confédération Française des Essais Non Destructifs). Un découpage des images permettra de constituer la base de données avec/sans défauts.

Contributions originales attendues

Ce projet va contribuer à développer l'imagerie quantitative dans des situations de détection difficile. Nous attendons principalement :

- le développement d'une méthode automatique d'aide à l'annotation des données pour les experts,
- le développement d'une méthode automatique de détection et segmentation des anomalies,
- le développement d'un outil d'analyse quantitative des anomalies avec prise en compte des incertitudes,
- le développement d'un outil d'aide à la décision dans lequel la sortie est associée à un indicateur de confiance.

Ces résultats seront obtenus par des apports méthodologiques sur des outils avancés de deep learning adaptés aux caractéristiques des données ultrasonores et radiographiques, c'est-à-dire : images bruitées à faible contraste (Estermann et al., 2023b), avec incertitude sur les annotations (Song et al, 2020). Le cas spécifique du déséquilibre des classes sera envisagé si possible (faible nombre d'anomalies vs sujets/pièces sain(e)s. Les outils développés pendant le travail de thèse de Flora Estermann (soutenue en décembre 2024) seront mis à disposition pour commencer le post-doctorat.

Références bibliographiques

Ahmad Osman, Valerie Kaftandjian. Characterization of speckle noise in three dimensional ultrasound data of material components. *AIMS Materials Science*, 2017, 4(4): 920-938. doi: 10.3934/materci.2017.4.920.

Estermann, F., Kaftandjian, V., Guy, P., Quetin, P., Delachartre, P. PWML detection in 3D cranial ultrasound volumes using over-segmentation and multimodal classification with deep learning. *IEEE International Symposium on Biomedical Imaging*, 2023a. <https://hal.science/hal-04228359v1/document>.

Estermann, F., Kaftandjian, V., Guy, P., Quetin, P., Delachartre, P. Vision transformer and multiview classification for lesion detection in 3D cranial ultrasound. *IEEE International Ultrasonics Symposium*, 2023b. <https://hal.science/hal-04285810v1/document>.

H Song, M Kim, D Park, J-G Lee, Learning from Noisy Labels with Deep Neural Networks: A Survey, under review, oct. 2020. <https://arxiv.org/pdf/2007.08199.pdf>.

Philippe Quétin, Nicolas Leboucq, Charlotte Boyer, Françoise Crozier, Philippe Delachartre, Marilyne Grinand, Philippe Masson, Olivier Claris, On punctate white matter lesions in preterm infants: Is ultrasound diagnosis feasible?, *European Journal of Paediatric Neurology*, Volume 49, 2024, Pages 120-128, ISSN 1090-3798, <https://doi.org/10.1016/j.ejpn.2024.02.014>.