

**Projet de stage**  
**Développement de solutions d'intelligence artificielle pour les données ultrasonores non linéaires appliquées au vieillissement et à l'intégrité des biomatériaux**

**Contexte du travail :**

Des images basées sur l'échodentographie ont été obtenues expérimentalement avec une configuration acousto-optique sans contact basée sur le concept de Retournement Temporel (TR) acoustique non linéaire codée. La complexité de la structure interne de la dent (interface émail-dentine, fissures entre tubules internes) est analysée en adaptant la spectroscopie d'ondes élastiques non linéaires (NEWS) avec l'objectif de la tomographie des dommages pour des applications en odontologie. La même expérience acousto-mécanique utilisant l'action d'un chargement mécanique (conduite à une fréquence de 10 Hz) et d'un système TR-NEWS basé sur la spectroscopie d'ondes élastiques non linéaires à Reversement Temporel de 50 MHz a été mise en œuvre afin d'extraire la non-linéarité non classique de la peau, pour des applications cosmétiques [1]. Les algorithmes d'apprentissage en profondeur nécessitent de nombreuses données pour produire des résultats pertinents. Il est donc nécessaire de développer des outils permettant (i) l'analyse des résultats expérimentaux obtenus avec les modèles entraînés ainsi que (ii) l'annotation des métadonnées acousto-mécaniques et des images ultrasonores.

Des recherches antérieures dans l'équipe ont montré que les classificateurs automatiques utilisant des approches basées sur la divergence [2,3] sont plus efficaces pour la surveillance de la santé et le diagnostic des systèmes. Grâce aux algorithmes d'IA, il est possible d'enregistrer et de traiter différentes données ultrasonores, ouvrant la voie à un suivi de santé à distance plus facile de la peau et/ou de la dent. L'étudiant utilisera une base de données de plusieurs données enregistrées dans une étude expérimentale réalisée dans notre laboratoire. Une description complète de la base de données sera mise à disposition et la description pourrait être améliorée en utilisant des données brutes. L'objectif de ce stage est de tester différents algorithmes d'apprentissage automatique et d'analyser les données pour construire un modèle capable de classer avec précision chaque processus de vieillissement.

**Objectifs:**

- La création et la préparation de bases de données de signaux ou d'images issues des deux dispositifs expérimentaux associés à la dent et à la peau.
- Développer des méthodes de traitement basées sur le Machine Learning et le Deep Learning
- Intégrer ces méthodes dans différentes applications de contrôle
- Assurer le déploiement de la solution finale sur des systèmes dédiés de type TR-NEWS
- Littérature et état de l'art avec le sujet et le contexte de développement.
- Automatisation du processus d'extraction, de projection et de classification des signatures non linéaires.

**Références :**

- [1] S. Dos Santos, M. Maslouhi, and K. A. Okoudjou, Recent Advances in Mathematics and Technology (Applied and Numerical Harmonic Analysis), Springer Nature, 2019. <https://www.springer.com/gp/book/9783030352011>
- [2] C. Kozena, V. Kus and S. Dos Santos, "Hysteresis and memory effects in skin aging using PM space density identification," 2016 15th IEEE Biennial Baltic Electronics Conference (BEC), 2016, pp. 179-182, doi: 10.1109/BEC.2016.7743758 .
- [3] Dos Santos, S., Farova, Z., Kus, V., & Prevorovsky, Z. (2012, May). *Echodentography based on nonlinear time reversal tomography: Ultrasonic nonlinear signature identification*. In AIP Conf. Proc., 1433, No. 1, pp. 203-206.

**Profil:**

• L'étudiant doit avoir une forte motivation dans des domaines de recherche tels que la bio-ingénierie, la simulation informatique et la modélisation. Le stagiaire devra présenter de bonnes connaissances en programmation, et notamment sur Javascript, Python (back-end) et COMSOL. Des notions en traitement d'images médicales et en apprentissage automatique peuvent permettre une plus grande interaction avec les parties prenantes. Enfin, des compétences en apprentissage/classification (Tensorflow, etc.), traitement d'image, et vision par ordinateur seront les bienvenues. L'étudiant sera accueilli au sein de l'environnement scientifique de l'U1253 Inserm Ibrain, spécialisé dans les sujets directement liés au traitement du signal multidimensionnel. Tous les outils et données nécessaires à la réalisation du stage seront fournis. Le stage comprendra une partie de développements méthodologiques et informatiques, qui s'effectuera principalement en Python et/ou Matlab. En plus des compétences en programmation, la connaissance des bases du traitement d'image est fortement souhaitée. Le stagiaire doit avoir de bonnes compétences en communication écrite et verbale et aimer travailler dans une équipe multi-thématique. De bonnes compétences en anglais sont requises.

**Administration :**

Superviseur : Serge Dos Santos, Ass. Professor, Hab. Dir. Rech., INSA Centre Val de Loire, Blois Campus  
[serge.dossantos@insa-cvl.fr](mailto:serge.dossantos@insa-cvl.fr)

Laboratoire : Ibrain « Imaging and Brain » U1253 Inserm-University of Tours

Equipe : IBT, "Imagerie, Biomarqueurs et Thérapie", Thème « Analyse d'Image et Vérité Terrain »

Durée : 6 mois depuis février 2022. La gratification mensuelle sera versée par l'INSA Centre Val de Loire (droit français)  
(<https://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F32131?lang=en> )

**Internship project (Master level)**  
**Development of artificial intelligence solutions for nonlinear ultrasonics data**  
**applied to the aging and integrity of biomaterials**

**Context of the work :**

Echodentography based images have been obtained experimentally with an acousto-optic non-contact set-up based on the chirp-coded nonlinear time reversal acoustic concept. The complexity of the tooth internal structure (enamel-dentine interface, cracks between internal tubules) is analysed by adapting the nonlinear elastic wave spectroscopy (NEWS) with the objective of the tomography of damage for odontology applications. The same acousto-mechanical experiment using the mixing of a mechanical loading (conducted at 10 Hz frequency) and an ultrasonic 50 MHz Time Reversal based Nonlinear Elastic Wave Spectroscopy [TR-NEWS](#) probing system has been implemented in order to extract the nonclassical nonlinearity of the skin for cosmetic applications [1]. Deep learning algorithms require many data to produce relevant results. It is therefore necessary to develop tools allowing (i) the analysis of the experimental results obtained with the trained models as well as (ii) the annotation of the acousto-mechanical metadata and ultrasonic images.

Previous research in the team has shown that automatic classifiers using information-divergence based approaches [2,3] are more efficient for remote health monitoring and diagnosing suspects. Thanks to AI algorithms, it is possible to record and process different ultrasonic data, opening the way to easier remote health monitoring of the skin and/or the tooth. The student will use a database of several features recorded in an experimental study carried out in our lab. A full description of the database will be made available and description could be improved using raw data. The goal of this internship is to test different machine learning algorithms and analyse the data to build a model able to classify accurately each aging processes.

**Objectives:**

- The creation and preparation of databases of signals or images from the two experimental set-up associated to tooth and skin.
- Develop processing methods based on Machine Learning and Deep Learning
- Integrate these methods into different control applications
- Ensure the deployment of the final solution on dedicated TR-NEWS-type systems
- Literature and state of the art with the subject and the development environment.
- Automation of the process of extraction, projection and classification of nonlinear signatures.

**References :**

[1] S. Dos Santos, M. Maslouhi, and K. A. Okoudjou, Recent Advances in Mathematics and Technology (Applied and Numerical Harmonic Analysis), Springer Nature, 2019. <https://www.springer.com/gp/book/9783030352011>

[2] C. Kozena, V. Kus and S. Dos Santos, "[Hysteresis and memory effects in skin aging using PM space density identification](#)," 2016 15th IEEE Biennial Baltic Electronics Conference (BEC), 2016, pp. 179-182, doi: 10.1109/BEC.2016.7743758 .

[3] Dos Santos, S., Farova, Z., Kus, V., & Prevorovsky, Z. (2012, May). [Echodentography based on nonlinear time reversal tomography: Ultrasonic nonlinear signature identification](#). In AIP Conf. Proc., 1433, No. 1, pp. 203-206.

**Profil :**

The student should have a strong motivation on research domain such as bioengineering, computational simulation and modelling. The intern will have to present good knowledge in programming, and in particular on Javascript, Python (back-end) and COMSOL. Notions in medical image processing and machine learning can allow greater interaction with stakeholders. Finally, skills in learning/classification (Tensorflow, etc.), image processing, and computer vision will be welcome. The student will be welcomed by the U1253 Inserm Ibrain scientific landscape, which specializes in topics directly related to multidimensional signal processing. All the tools and data necessary for the completion of the internship will be provided. The internship will include a part of methodological and IT developments, which will be carried out mainly in Python and / or Matlab. In addition to programming skills, knowledge of the basics of image processing is highly desirable. Intern should have good written and verbal communication skills and enjoy working in a multi thematic team. Good English language skills are required.

**Administration :**

**Supervisor :** Serge Dos Santos, Ass. Professor, Hab. Dir. Rech., INSA Centre Val de Loire, Blois Campus  
[serge.dossantos@insa-cvl.fr](mailto:serge.dossantos@insa-cvl.fr)

**Laboratory :** Ibrain « Imaging and Brain » U1253 Inserm-University of Tours

**Team :** IBT, "[Imagerie, Biomarqueurs et Thérapie](#)", Thème « Analyse d'Image et Vérité Terrain »

**Duration :** 6 months from Feb 2022. The monthly gratuity will be paid by INSA Centre Val de Loire (French law) (<https://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F32131?lang=en> )