

Offre de stage Master 2 : Entraînement d'un modèle DeepSDF sur des empreintes optiques pour évaluer l'usure dentaire

Orientation : Stage en Ingénierie Santé / Recherche

Encadrement :

- **Sébastien Valette**, Chercheur CNRS, CREATIS UMR 5220 CNRS / INSA Lyon – sebastien.valette@creatis.insa-lyon.fr
- **Raphael Richert**, Maître de Conférence des Universités - Praticien Hospitalier (MCU-PH) Faculté d'odontologie de Lyon et Hospices Civils de Lyon / LaMCoS UMR 5259 CNRS / INSA Lyon – raphael.richert@insa-lyon.fr

Sujet :

Les empreintes optiques et les technologies d'acquisition 3D sont désormais des outils essentiels pour capturer les formes anatomiques dentaires avec une précision inégalée. Différents modèles d'apprentissage machine entraînés sur des dents extraites ont déjà été développés et ont montré de bonnes performances pour la modélisation des formes dentaires (Binvignat et al., 2024). Cependant, les empreintes optiques réalisées *in vivo* ne sont pas limitées à une seule dent et présentent une plus grande variabilité des formes, rendant le développement d'un modèle précis plus complexe. Récemment, l'approche DeepSDF a été spécifiquement adaptée pour la reconstruction d'incisives fracturées à partir d'un ensemble de 80 anatomies acquises par tomographie volumique à faisceau conique (CBCT), démontrant son potentiel pour des reconstructions dentaires très précises (Chen et al., 2024). DeepSDF fonctionne en apprenant une fonction continue de distance signée représentant l'ensemble des formes (Park et al., 2019). Cette méthode permet une reconstruction précise et fidèle de formes complexes à partir de données partielles, ce qui la rend particulièrement adaptée aux applications dentaires détaillées. L'hypothèse est que DeepSDF pourrait gérer un ensemble plus vaste d'incisives scannées avec des scanners intraoraux de haute qualité, surpassant potentiellement les techniques basées sur l'Analyse en Composantes Principales.

Ce stage propose d'explorer cette problématique en utilisant un modèle DeepSDF pour apprendre les formes dentaires intactes ou usées à partir d'empreintes optiques d'arcades dentaires, et évaluer la sévérité de cette usure.

Objectif du projet :

L'objectif de ce projet est d'évaluer la capacité d'un modèle DeepSDF à capturer les variations de formes dentaires issues d'empreintes optiques. Un sous-objectif sera de comparer les performances de différentes méthodes de classification basées sur les codes latents pour identifier les niveaux d'usure dentaire.

Étapes du projet :

1. **Alignement des modèles** : Utilisation de techniques de recalage pour aligner les empreintes dentaires. Utilisation de techniques PointNet déjà développées pour segmenter les formes dentaires.
2. **Entraînement du modèle DeepSDF** : Génération d'un ensemble de points 3D à partir des fichiers STL, puis apprentissage du modèle (travail déjà réalisé sur dent extraite, à adapter aux particularités d'un fichier d'empreinte optique ouvert).
3. **Évaluation de l'apprentissage** : Calcul des métriques de performance (distance Euclidienne moyenne, différence de surface, distance de Hausdorff).
4. **Comparaison des méthodes de classification** : Utilisation de techniques telles que le Random Forest sur les codes latents pour classer les formes dentaires selon leur usure.

Compétences requises :

- Connaissances en modélisation géométrique, traitement de maillages et apprentissage machine.
- Maîtrise de Python et des bibliothèques de deep learning (PyTorch ou TensorFlow).
- Expérience avec les logiciels 3D (ex : Rhino, MeshLab) et la gestion de fichiers 3D.

Perspectives :

Le stage permettra de développer des compétences en modélisation numérique appliquée à la dentisterie et en apprentissage automatique, avec des débouchés dans la recherche ou l'ingénierie R&D dans le secteur santé.

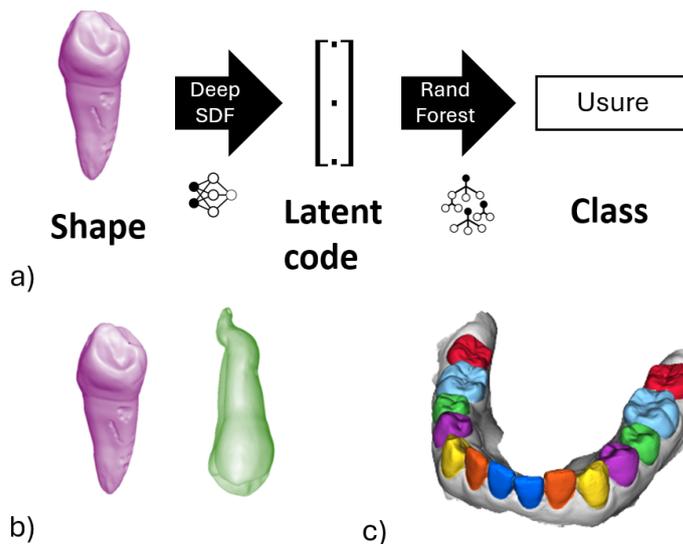


Fig. Processus d'apprentissage avec a) workflow proposé pour prédire une usure dentaire à partir d'un apprentissage par DeepSDF b) et c) type de fichiers traités respectivement empreinte optique d'une dent extraire et d'une arcade complète en bouche.

Références :

Binvignat P, Chaurasia A, Lahoud P, Jacobs R, Pokhojaev A, Sarig R, Ducret M, Richert R. 2024. Isotopological remeshing and statistical shape analysis: Enhancing premolar tooth wear classification and simulation with machine learning. *J Dent.* 149(April):105280. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.105280>.

Chen D, Yu M, Li Q, He X, Liu F, Shen J. 2024. Precise tooth design using deep learning-based templates. *J Dent.* 144(March):104971. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.104971>.

Park JJ, Florence P, Straub J, Newcombe R, Lovegrove S. 2019. DeepSDF: Learning continuous signed distance functions for shape representation. *Proc IEEE Comput Soc Conf Comput Vis Pattern Recognit.* 2019-June:165-174.