

Suivi des caries à un stade précoce par comparaison d'images 3D dans des logiciels open-source

Henri Bouteiller

Médecine Dentaire
Université de Médecine et Pharmacie
"Iuliu Hatieganu"
Cluj-Napoca, Roumanie
bouteiller.henri.francois@elearn.umfcluj.ro

Alissa Nussli

Médecine Dentaire
Université de Médecine et Pharmacie
"Iuliu Hatieganu"
Cluj-Napoca, Roumanie
nussli.alissa@elearn.umfcluj.ro

Pierre-Marc Caillaud

Médecine Dentaire
Université de Médecine et Pharmacie
"Iuliu Hatieganu"
Cluj-Napoca, Roumanie
caillaud.pierre.marc@elearn.umfcluj.ro

Lect. Univ. Dr. Ioana Porumb

Division de Prévention en Médecine Dentaire
Université de Médecine et Pharmacie
"Iuliu Hatieganu"
Cluj-Napoca, Roumanie
porumb.ioana@umfcluj.ro

Eugène Astruc

Médecine Dentaire
Université de Médecine et Pharmacie
"Iuliu Hatieganu"
Cluj-Napoca, Roumanie
astruc.eugene.jean@elam.umfcluj.ro

Dhyâna Brou

Médecine Dentaire
Université de Médecine et de Pharmacie
"Iuliu Hatieganu"
Cluj-Napoca, Roumanie
brou.dhyana.gloria@elearn.umfcluj.ro

Louis Briau

Médecine Dentaire
Université de Médecine et Pharmacie
"Iuliu Hatieganu"
Cluj-Napoca, Roumanie
Briau.louis.paul@elam.umfcluj.ro

Benjamin Robustelli

Médecine Dentaire
Université de Médecine et Pharmacie
"Iuliu Hatieganu"
Cluj-Napoca, Roumanie
robustelli.benjamin@elearn.umfcluj.ro

Anne Daniel

Médecine dentaire
Université de Médecine et de Pharmacie
"Iuliu Hatieganu"
Cluj-Napoca, Roumanie
daniel.anne.camille@elearn.umfcluj.ro

Résumé— Cette étude vise à évaluer l'efficacité de logiciels open-source pour le suivi des caries dentaires à un stade précoce en utilisant des modèles 3D générés par scans intra-oraux. En comparant trois logiciels (Blender, FreeCAD et MeshLab), nous avons cherché la méthodologie optimale pour analyser l'accord intra- et inter-évaluateurs sur la mesure de la surface carieuse et la facilité d'apprentissage de chaque programme via un questionnaire prévalidé. Les résultats de l'analyse 3D seront confrontés à l'examen clinique basé sur le Système International de Détection et d'Évaluation des Caries (ICDAS) pour déterminer la précision et la fiabilité de chaque logiciel dans le diagnostic des caries précoces.

Mots-clés — Caries naissantes, Modèles virtuels 3D, Scanners intra-oraux, Logiciels open-source, Système ICDAS

I. INTRODUCTION

Les caries dentaires constituent un problème de santé publique majeur, bien qu'elles soient en grande partie évitables. Elles représentent l'une des maladies chroniques les plus répandues à travers le monde, touchant aussi bien les enfants que les adultes. Selon les données de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), environ 2 milliards de personnes sont touchées par les caries dentaires sur leurs dents permanentes, tandis que 514 millions d'enfants souffrent de caries des dents temporaires. Ces chiffres soulignent l'ampleur de cette pathologie, malgré les efforts mondiaux en matière de prévention et d'amélioration des pratiques d'hygiène bucco-dentaire [1-3].

La détection précoce des caries est essentielle pour prévenir des complications cliniques graves, telles que les douleurs intenses, les infections et même les pertes dentaires, qui peuvent nécessiter des traitements invasifs et coûteux. En l'absence de soins appropriés, les caries dentaires peuvent altérer non seulement la fonction masticatoire, mais aussi la parole et l'esthétique du sourire, impactant ainsi la qualité de vie et la santé mentale des patients [4]. Cependant, la petite taille et l'aspect souvent discret des lésions carieuses à leur stades initiaux rendent leur diagnostic difficile. Ces lésions précoces, se manifestent par de subtiles déminéralisations de l'émail, sont souvent invisibles à l'œil nu ou échappent aux méthodes de diagnostic conventionnelles telles que les radiographies et les examens visuels [5].

Dans ce contexte, les innovations technologiques, notamment les impressions optiques 3D, offrent de nouvelles possibilités

d'amélioration pour la détection des caries débutantes. Ces dispositifs permettent de capturer des images tridimensionnelles de haute résolution des surfaces dentaires, offrant une analyse minutieuse et plus précise des premiers signes de dégradation de l'émail [6-7]. En outre, l'utilisation de logiciels d'analyse en libre accès rend cette technologie potentiellement accessible dans les pratiques des soins de nombreux professionnels de santé bucco-dentaire à travers le monde, y compris dans des zones à faibles ressources [8]. La littérature scientifique indique que l'intégration de la technologie 3D pourrait non seulement améliorer la rapidité et la précision du diagnostic des caries, mais aussi permettre un suivi longitudinal, favorisant des interventions préventives à des stades où la reminéralisation de l'émail reste envisageable [9].

Ainsi, grâce à une imagerie de précision et à des outils accessibles, les impressions optiques 3D s'imposent comme un atout de taille dans la prévention des caries dentaires. Elles offrent l'espoir de transformer la prise en charge préventive, de réduire l'incidence des caries dans la population générale et de promouvoir une meilleure qualité de soins dentaires, adaptés aux besoins de chacun(e).

II. CIBLES DE L'ETUDE

Cette étude vise à préparer le protocole pour :

- Évaluer l'accord intra- et inter-évaluateurs pour les mesures de surface des caries à un stade précoce sur des modèles 3D générés par des scans intra-oraux, en établissant une revue de littérature sur l'usage des modèles virtuels 3D dans le diagnostic des caries naissantes, ainsi qu'en préparant une méthodologie et une pré-validation du questionnaire de facilité d'apprentissage des logiciels open-source.

- Comparer la facilité d'apprentissage de chaque programme grâce à un questionnaire pré-validé de dix items.

Les résultats obtenus seront confrontés aux évaluations cliniques basées sur le Système International de Détection et d'Évaluation des Caries (ICDAS), afin de déterminer le logiciel le plus fiable pour la détection des caries à un stade précoce.

III. METHODOLOGIE

L'étude est réalisée dans la continuité du projet grant interne de 2021 (dir. grant : Marion NIGOGHOSSIAN, mentor : lect. Univ. Dr Ioana PORUMB) [10] et sera menée dans la section de

dentisterie préventive de la Faculté de Médecine Dentaire de l'Université de Médecine et de Pharmacie "Iuliu Hațieganu" à Cluj-Napoca, Roumanie. Elle inclura 30 patients, et les examens seront réalisés par deux équipes composées de huit étudiants en odontologie et d'un dentiste expérimenté (plus de quinze ans de pratique clinique).

Avant de participer, chaque patient sera informé des détails de l'étude, et un consentement éclairé sera recueilli. Afin d'assurer l'homogénéité des évaluations, tous les examinateurs seront calibrés selon le protocole ICDAS lors d'une session de formation animée par deux professeurs qualifiés.

Les examens incluront un nettoyage préalable de toutes les surfaces dentaires à l'aide d'un jet de prophylaxie, suivi d'un séchage de cinq secondes. Le scanner intra-oral Medit i700 sera utilisé pour acquérir les modèles 3D des dents, grâce à son miroir à 45°, son mécanisme anti-buée, et son embout autoclavable, garantissant ainsi des conditions d'hygiène optimales.

Les modèles 3D obtenus seront ensuite analysés par les équipes d'évaluateurs, qui attribueront aux surfaces dentaires des codes ICDAS [11] en fonction de l'état des lésions carieuses observées, selon les critères suivants :

Code 0 : Surface dentaire saine.

Code 1 : Premier changement optique, détectable après séchage de l'émail.

Code 2 : Changement optique net de l'émail : taches blanches ou brunes visibles sans séchage.

Code 3 : Rupture localisée de l'émail.

Code 4 : Émail opaque grisâtre caractéristique d'une lésion dentinaire sous-jacente, sans cavité de l'émail [12].

Code 5 : Cavité bien distincte avec exposition dentinaire.

Code 6 : Cavité dentinaire franche.

Un examen clinique détaillé sera ensuite réalisé afin de comparer les résultats obtenus par les différentes méthodes d'analyse.

Dans un effort d'optimisation de la visualisation des caries dans les modèles 3D, notre équipe a également exploré des techniques de rendus numériques au cours de sessions de travail. Ces séances ont été consacrées à l'analyse de nouvelles configurations d'affichage pour améliorer la perception des structures carieuses au sein des modèles. Initialement, le modèle 3D utilisé comportait un shading de type "vert" (figure 1), ce dernier altérant la précision visuelle des zones carieuses. Nous avons donc expérimenté en modifiant le paramètre de shading, en passant de "vert" à "aucun" (figure 2). Cette modification a permis d'accentuer le contraste, rendant les lésions carieuses plus distinctes et améliorant ainsi leur détection et leur analyse.

Ainsi, les configurations de visualisation en niveaux de contraste ont montré une efficacité accrue pour faciliter l'observation des structures dentaires altérées. L'adoption des techniques pourrait s'avérer bénéfique pour des diagnostics plus précis et renforcera l'interprétation des données 3D dans l'étude en cours.

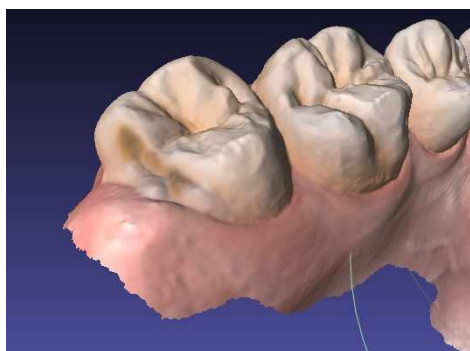


Fig. 1. Scan 3D dents postérieures maxillaires –Meshlab "vert shading"



Fig. 2. Scan 3D dents postérieures maxillaires –Meshlab "aucun shading"



Fig. 3 .Scan 3D maxillaire -Meshlab, 2024

IV. LOGICIELS UTILISES

Trois logiciels open-source seront utilisés dans l'analyse des modèles 3D :

1. **Blender** - Un outil open-source polyvalent pour la visualisation 3D, utilisé dans des domaines variés (animation, architecture, recherche scientifique) [13].
2. **FreeCAD** - Un logiciel libre de conception 3D offrant des fonctionnalités comparables, utilisé principalement dans l'ingénierie et le prototypage [14].
3. **MeshLab** - Un outil spécialisé dans le traitement et l'édition de modèles 3D, facilitant la manipulation des textures et le transfert de données de couleur, y compris en médecine dentaire [15].

V. PROCESSUS D'ANALYSE ET DE VISUALISATION 3D

Pour la visualisation en couleur des arcades dentaires, le logiciel Blender sera d'abord utilisé. Les fichiers dentaires, initialement obtenus en format ".obj", seront importés dans Blender, où les sommets de l'arcade seront sélectionnés et « dépliés » pour obtenir des textures précises. Ensuite, ces fichiers seront exportés au format ".obj" avec des paramètres spécifiques (coordonnées UV, données de couleur, normale, et maillage triangulé).

Ces fichiers exportés seront ensuite importés dans MeshLab, où les données de couleur seront transférées aux textures. Les fichiers finaux seront sauvegardés en format ".jpeg", permettant une visualisation complète des arcades dentaires en couleur. Les fichiers en format .mpl générés à cette étape ne sont pas nécessaires pour le traitement final.

Les résultats comprendront une comparaison entre :

- L'examen clinique standard basé sur le protocole ICDAS et les résultats obtenus par l'analyse des modèles 3D.
- Les résultats obtenus à l'aide des trois logiciels pour évaluer lequel fournit la meilleure précision et fiabilité pour la détection des caries précoces.

De plus, le questionnaire sur la facilité d'apprentissage de chaque logiciel permettra d'identifier le programme le plus accessible aux débutants en odontologie.

CONCLUSIONS

Cette étude explorera la viabilité de logiciels open-source pour le diagnostic des caries précoces à partir de modèles 3D issus de scans intra-oraux. En mesurant l'accord intra- et inter-évaluateurs et en comparant la facilité d'apprentissage de chaque programme, l'étude cherche à identifier un outil diagnostique efficace et accessible pour l'odontologie moderne. Les résultats seront publiés dans une revue en libre accès de niveau Q1 ou Q2, offrant ainsi un accès ouvert aux conclusions pour la communauté scientifique.

RÉFÉRENCES

- [1] GBD 2017 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet*. 2018;392(10159):1789-1858
- [2] Petersen PE, Ogawa H. The global burden of periodontal disease: towards integration with chronic disease prevention and control. *Periodontology* 2000. 2012;60(1):15-39.
- [3] Marcenes W, Kassebaum NJ, Bernabé E, et al. Global burden of oral conditions in 1990-2010: a systematic analysis. *J Dent Res*. 2013;92(7):592-597
- [4] Sheiham A, James WP. A reappraisal of the quantitative relationship between sugar intake and dental caries: the need for new criteria for developing goals for sugar intake *BMC Public Health*. 2014;14:863.
- [5] Ismail AI, Sohn W, Tellez M, et al. The International Caries Detection and Assessment System (ICDAS): an integrated system for measuring dental caries. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2007;35(3):170-178
- [6] Ekstrand KR, Martignon S, Ricketts DJ, Qvist V. Detection and activity assessment of primary coronal caries lesions: a methodologic study. *Oper Dent*. 2007;32(3):225-235
- [7] Pitts NB, Zero DT, Marsh PD, et al. Dental caries. *Nat Rev Dis Primers*. 2017;3:17030
- [8] Kamburoglu K. Use of dentomaxillofacial cone beam computed tomography in dentistry. *World J Radiol*. 2015;7(6):128-136.
- [9] Kuhnisch J, Ekstrand KR, Pretty I, Twetman S, Eden E. Detection and management of non-cavitated caries lesions. *Caries Res*. 2017;51(5):377-386..
- [10] Porumb I, Leucuta D-C, Nigoghossian M, Culic B, Lucaciu PO, Culic C, Badea IC, Leghezeu A-N, Nicoara AG, Simu M-R. Caries Lesion Assessment Using 3D Virtual Models by Examiners with Different Degrees of Clinical Experience. *Medicina*. 2023; 59(12):2157. <https://doi.org/10.3390/medicina59122157>
- [11] Zunzarren R, Dupuis V, Diemer F. Guide clinique de l'odontologie.3 ed. Elsevier Masson; Issy-les-Moulineaux; février 2022 : 158
- [12] Shimada Y, Sato T, Inoue G, Nakagawa H, Tabata T, Zhou Y, Hiraishi N, Gondo T, Takano S, Ushijima K, et al. Evaluation of Incipient Enamel Caries at Smooth Tooth Surfaces Using SS-OCT. *Materials*. 2022;15(17):5947. doi:10.3390/ma15175947
- [13] Blender Foundation. (s. d.-b). blender.org - Home of the Blender project - Free and Open 3D Creation Software. [blender.org](https://www.blender.org/)<https://www.blender.org/>
- [14] FreeCAD: Your own 3D parametric modeler; <https://www.freecad.org/downloads.php>
- [15] <https://www.meshlab.net>