

L'impact du numérique dans l'enseignement dentaire francophone

Norina Forna

Département d'Implantologie, de Prothèses amovibles et de Technologie

Faculté de Médecine Dentaire

Université de Médecine et de Pharmacie « Grigore T. Popa » de Iași

Roumanie, Iași

profforna@gmail.com,

<https://orcid.org/0009-0003-0827-9632>

Résumé— L'enseignement dentaire connaît une profonde transition numérique, portée par les simulations virtuelles, les systèmes haptiques, la réalité augmentée et les plateformes d'apprentissage interactives. Les simulateurs de réalité virtuelle et les superpositions en réalité augmentée transforment la formation préclinique en fournissant un retour immédiat et objectif sur la précision, l'angulation et l'efficacité, tout en renforçant l'apprentissage réflexif. Parallèlement, les technologies diagnostiques de base sont intégrées aux cursus, améliorant l'employabilité et permettant une évaluation critique des indications, des limites et des aspects éthiques. L'évaluation évolue également : les tests basés sur la simulation, les systèmes de notation numérique, les cas de patients virtuels et les outils assistés par intelligence artificielle soutiennent des évaluations plus cohérentes et objectives, conformes aux standards internationaux. Ces évolutions redéfinissent aussi les critères mesurés, privilégiant les compétences démontrables, les données issues des simulateurs et les tableaux de bord de performance longitudinale plutôt que des jugements purement subjectifs, tout en favorisant des réseaux interprofessionnels et inter-campus. Dans l'ensemble, l'assimilation des technologies numériques améliore la précision, l'efficacité et la personnalisation de la formation et des soins cliniques, tout en augmentant la qualité, l'accessibilité et la pertinence mondiale. À mesure que les institutions investissent dans les laboratoires numériques et les pédagogies hybrides, la synergie entre la numérisation clinique et l'innovation éducative façonne une nouvelle génération de professionnels, prêts à évoluer dans un système de santé de plus en plus digitalisé et centré sur le patient.

Mots-clés— *dentisterie numérique, technologie numérique, l'enseignement dentaire, simulateurs de réalité virtuelle, réalité augmentée, évaluation assistée*

I. AVANTAGES DES TECHNOLOGIES DENTAIRES

Le paysage futur de la dentisterie numérique sera influencé par de nouvelles technologies dépassant largement les limites actuelles du travail clinique [1]. La combinaison de la dentisterie numérique avec la médecine personnalisée constitue également un moteur essentiel dans le développement de concepts de traitement sur mesure, incluant des services prothétiques adaptés au patient ainsi que des mesures préventives liées à des influences génétiques, métaboliques et comportementales [2]. Les dispositifs numériques, tels que les scanners intraoraux, la radiographie numérique, la tomographie volumique à faisceau conique (CBCT), les systèmes de conception et fabrication assistées par ordinateur (CAD/CAM) et les logiciels de dossiers numériques, ont révolutionné la pratique de la dentisterie générale et spécialisée [3]. Grâce aux avancées des logiciels conviviaux et à l'essor de matériels intuitifs, l'intégration numérique n'est plus limitée aux grands instituts ou centres académiques, mais s'est désormais imposée comme une composante essentielle de la pratique dentaire courante [4]. L'utilisation des applications numériques est aujourd'hui répandue dans plusieurs disciplines, parmi lesquelles la

prothèse, l'orthodontie, l'implantologie, l'endodontie et la parodontologie. Le développement et l'application accrus de ces outils devraient améliorer les traitements, réduire le temps au fauteuil et répondre à la tendance croissante vers une dentisterie personnalisée et des interventions minimalement invasives [5]. Des outils tels que les logiciels de conception du sourire numérique, la modélisation CAD/CAM et les visualisations avant/après offrent aux patients des moyens clairs et détaillés d'anticiper les résultats du traitement de manière attrayante et compréhensible. Ainsi, les méthodes numériques de communication renforcent non seulement la transparence, mais aussi les soins centrés sur le patient en façonnant les attentes et en favorisant la prise de décision partagée [6].

II. IMPACT DE LA TECHNOLOGIE NUMÉRIQUE DANS L'ENSEIGNEMENT DENTAIRE

L'enseignement dentaire connaît une transition numérique majeure avec les avancées des simulations virtuelles, des systèmes haptiques, de la réalité augmentée (RA) et des plateformes interactives intégrées aux programmes pédagogiques [7].

Grâce à ces outils, les étudiants disposent d'un espace sans risque où ils peuvent s'exercer aux procédures cliniques, à la visualisation anatomique en 3D et au développement des compétences motrices, sans craindre de conséquences réelles. Des facultés de médecine dentaire dans le monde entier — comme la Faculté de Médecine Dentaire (Université de Médecine et de Pharmacie « Grigore T. Popa », Iași) — réalisent des investissements stratégiques dans des laboratoires numériques et dans une pédagogie hybride afin de tirer parti, à long terme, de la préparation numérique des praticiens de demain pour des environnements cliniques digitalisés.

L'émergence de sites éducatifs, d'outils d'enseignement à distance via Internet, de bibliothèques en ligne et de ressources à accès distant a considérablement amélioré l'accessibilité et a universalisé l'enseignement dentaire au-delà des frontières géographiques et institutionnelles. Cette démocratisation de l'apprentissage contribue à rétablir l'équité dans l'enseignement dentaire et favorise la coopération mondiale dans le domaine académique. Cependant, des défis importants subsistent, principalement en ce qui concerne l'investissement initial élevé requis pour des équipements de simulation sophistiqués, la formation du corps enseignant et la mise à jour des curricula nécessaires à une meilleure intégration des technologies numériques [8, 9]. En dehors du cadre clinique, la numérisation a eu un impact significatif sur l'enseignement dentaire dans l'enseignement supérieur. Les environnements d'apprentissage virtuels, la réalité augmentée (RA) et la formation basée sur la simulation sont autant de moyens permettant aux étudiants en odontologie d'acquérir et de s'entraîner à des compétences complexes dans un environnement sûr, contrôlé et exempt de

risques, avant de les mettre en pratique sur de vrais patients [10, 11].

L'intégration des simulateurs de réalité virtuelle (RV) a transformé la formation préclinique. Les étudiants peuvent ainsi répéter indéfiniment leurs préparations (cavités, accès endodontiques ou poses d'implants), tout en recevant un retour immédiat sur la précision, l'angulation et l'efficacité. Ces instruments développent non seulement la motricité fine mais favorisent également l'apprentissage réflexif, puisque les étudiants peuvent revenir sur leurs performances et les analyser en détail. De même, l'utilisation de superpositions en réalité augmentée pour visualiser les structures anatomiques lors des séances pratiques offre une meilleure compréhension des relations 3D difficiles à percevoir à travers les modèles traditionnels. La disponibilité de plateformes d'apprentissage en ligne et de modules pédagogiques a permis l'expansion de l'enseignement dentaire au-delà des salles de cours traditionnelles. Les étudiants peuvent participer à des formations à distance, à des discussions de cas numériques et à des collaborations de recherche avec des étudiants et experts du monde entier. Cette interconnexion mondiale favorise le partage interdisciplinaire des connaissances et incite les étudiants actuels à adopter une approche orientée vers la santé numérique et connectée. La numérisation a également un impact sur l'évaluation. Si les tests basés sur la simulation sont utilisés depuis de nombreuses années dans l'enseignement médical prégradué, et si les simulations de patients ont été introduites avec succès dans les ECOS de troisième cycle, leur utilisation gagne également du terrain grâce à l'éventail croissant de systèmes de notation numérique, de cas virtuels et d'outils diagnostiques assistés par intelligence artificielle. Ces méthodes assurent une cohérence et une objectivité supérieures à celles des évaluations traditionnelles, garantissant que les acquis de l'apprentissage soient conformes aux standards internationaux [10, 11].

III. TECHNOLOGIE NUMÉRIQUE EN ODONTOTHÉRAPIE, ENDODONTIE ET PARODONTOLOGIE

La numérisation dans l'enseignement de la dentisterie revêt une importance particulière en odontothérapie et en parodontologie, car elle permet aux étudiants d'assimiler des méthodes diagnostiques et thérapeutiques avancées qui font désormais partie de la routine quotidienne. En odontothérapie, les radiographies interproximales numériques (bitewings numériques) et des logiciels tels que *Logicon* jouent un rôle important dans la détection et le suivi des lésions précoces de déminéralisation, avec une meilleure sensibilité dans la détection des caries proximales par rapport aux radiographies interproximales classiques [12]. L'intégration de modèles d'intelligence artificielle (IA), notamment les réseaux de neurones convolutifs (CNNs), a contribué à améliorer la sensibilité, la spécificité et la précision du diagnostic de carie à travers une variété de méthodes d'imagerie [13, 14]. En endodontie, le CBCT associé à l'utilisation de microscopes numériques, de localisateurs d'apex électroniques et de systèmes de navigation est de plus en plus appliqué pour détecter les systèmes canalaires, la pathologie périapicale et prédire les résultats du traitement, avec un fort potentiel d'implémentation clinique après validation supplémentaire de la reproductibilité et du rapport coût-efficacité [15, 16]. En parodontologie, le charting numérique et le scannage intraoral permettent un suivi précis à long terme de l'état parodontal [17]. L'utilisation de la parodontologie basée sur l'IA

améliore la précision du diagnostic, l'évaluation personnalisée du risque, la planification thérapeutique et le pronostic des résultats [18].

IV. TECHNOLOGIE NUMÉRIQUE EN PROTÉTIQUE ET IMPLANTOLOGIE

Le diagnostic ainsi que la gestion de la phase pré-protétique et pré-implantaire du système stomatognathique ont largement bénéficié de l'avènement des technologies numériques. Les logiciels d'aide à la décision clinique utilisent des algorithmes imitant le raisonnement humain afin d'augmenter la précision diagnostique et de permettre des options thérapeutiques personnalisées [19]. Les paramètres clinico-biologiques tels que les aspects dentaires, parodontaux, muqueux et occlusaux sont aujourd'hui mesurables grâce à ces systèmes de support [20]. Des logiciels spécifiques, tels que *Implant 3D*, *NobelGuide*, *SimPlant*, *coDiagnostiX* et *Digital Smile Design (DSD)*, permettent désormais de planifier et de guider numériquement la pose d'implants par chirurgie guidée, grâce à leur capacité de simulation fonctionnelle, améliorant ainsi la précision tout en réduisant l'imprévisibilité. Les systèmes DSD peuvent simuler et afficher les résultats esthétiques et fonctionnels possibles de manière encore plus réaliste que les représentations virtuelles [21, 22]. Dans l'ensemble, les flux de travail assistés par ordinateur améliorent à la fois la précision diagnostique et thérapeutique, simplifient les procédures et soutiennent un traitement personnalisé centré sur le patient [23, 24]. **L'examen fonctionnel des systèmes stomatognathiques fait appel à des instruments de mesure tels que le Cadiax, le T-Scan, le BioEMG Zebris et l'ARCUSdigma, permettant d'évaluer les mouvements mandibulaires, l'activité musculaire ainsi que les forces au niveau occlusal, et offrant ainsi la possibilité de différencier les cas d'origine musculaire, articulaire ou mixte [25].**

À mesure que l'évolution progresse, la synergie entre la numérisation clinique et la transformation pédagogique caractérisera la prochaine génération de praticiens dentaires, capables de s'adapter à un système de santé toujours plus digitalisé et centré sur le patient.

RÉFÉRENCES

- [1] K. Baba. Database-Driven Prosthodontics-Future of Digital Dentistry. *J Prosthodont Res.* 2021;65(4):vi-vii.
- [2] JMCES Fuglsig, INRD Reis, AWK Yeung, MM Bornstein, R. Spin-Neto. The current role and future potential of digital diagnostic imaging in implant dentistry: A scoping review. *Clin Oral Implants Res.* 2024 Aug;35(8), pp. 793-809.
- [3] P. Neville, der Zande MM van. Dentistry, e-health and digitalisation: A critical narrative review of the dental literature on digital technologies with insights from health and technology studies. *Community Dent Health.* 2020 Feb 27;37(1), pp. 51-58.
- [4] J. Konttila, H. Siira, H. Kynäas, M. Lahtinen, S. Elo, M. Kääriäinen, P. Kaakinen, A. Oikarinen, M. Yamakawa, S. Fukui, M. Utsumi, Y. Higami, A. Higuchi, K. Mikkonen. Healthcare professionals' competence in digitalisation: A systematic review. *J Clin Nurs.* 2019 Mar;28(5-6), pp. 745-761.
- [5] der Zande MM van, RC Gorter, D. Wismeijer. Dental practitioners and a digital future: an initial exploration of barriers and incentives to adopting digital technologies. *Br Dent J.* 2013 Dec;215(11):E21. doi: 10.1038/sj.bdj.2013.1146.
- [6] NMR Rajkumar, MR Muzoora, S. Thun. Dentistry and Interoperability. *J Dent Res.* 2022 Oct;101(11), pp. 1258-1262.
- [7] A. Daud, M. Matoug-Elwerfelli, A. Khalid, K. Ali. The impact of virtual reality haptic simulators in pre-clinical restorative dentistry: a

- qualitative enquiry into dental students' perceptions. *BMC Oral Health*. 2024 Aug 23;24(1):988. doi: 10.1186/s12903-024-04704-w.
- [8] MA Saghiri, J. Vakhnovetsky, N. Nadershahi. Scoping review of artificial intelligence and immersive digital tools in dental education. *J Dent Educ*. 2022 Jun;86(6), pp. 736-750.
- [9] AB Kruse, M. Isailov-Schöchlin, M. Giesler, P. Ratka-Krüger. Which digital learning strategies do undergraduate dentistry students favor? A questionnaire survey at a German university. *GMS J Med Educ*. 2023 Jun 15;40(4):Doc49. doi: 10.3205/zma001631.
- [10] M. Saaiq, R.A. Khan, R. Yasmeen. Digital teaching: Developing a structured digital teaching competency framework for medical teachers. *Med. Teach.*, 2024 Oct;46(10), pp. 1362-1368.
- [11] L.F. Cooper. Digital Technology: Impact and Opportunities in Dental Education. *J. Dent. Educ.*, 2019 Apr;83(4), pp. 379-380.
- [12] RR Behere, SM Lele. Reliability of Logicon caries detector in the detection and depth assessment of dental caries: an in-vitro study. *Indian J Dent Res*. 2011 Mar-Apr;22(2):362
- [13] Y. Liang, D. Li, D. Deng, CH Chu, ML Mei, Y. Li, N. Yu, J. He, L. Cheng. AI-Driven Dental Caries Management Strategies: From Clinical Practice to Professional Education and Public Self Care. *Int Dent J*. 2025 Aug;75(4):100827. doi: 10.1016/j.identj.2025.04.007.
- [14] S. Negi, A. Mathur, S. Tripathy, V. Mehta, NT Snigdha, AH Adil, MI Karobari. Artificial Intelligence in Dental Caries Diagnosis and Detection: An Umbrella Review. *Clin Exp Dent Res*. 2024 Aug;10(4):e70004. doi: 10.1002/cre2.70004.
- [15] EM Fouad, A. Abu-Seida, KA Alsheshtawi. An overview of the applications of AI for detecting anatomical configurations in endodontics. *Ann Anat*. 2025 Jun;260:152671. doi: 10.1016/j.aanat.2025.152671.
- [16] RC Fontenele, R. Jacobs. Unveiling the power of artificial intelligence for image-based diagnosis and treatment in endodontics: An ally or adversary? *Int Endod J*. 2025 Feb;58(2), pp. 155-170.
- [17] HM Chung, JY Park, KA Ko, CS Kim, SH Choi, JS Lee. Periodontal probing on digital images compared to clinical measurements in periodontitis patients. *Sci Rep*. 2022 Jan 31;12(1):1616. doi: 10.1038/s41598-021-04695-6.
- [18] V. Pitchika, M. Büttner, F. Schwendicke. Artificial intelligence and personalized diagnostics in periodontology: A narrative review. *Periodontol 2000*. 2024 Jun;95(1), pp. 220-231.
- [19] M. Vodianović, M. Subašić, D. Milošević, Pavićin I. Savić. Artificial Intelligence in Medicine and Dentistry. *Acta Stomatol Croat*. 2023 Mar;57(1), pp. 70-84.
- [20] N. Forna, C. Crețu, C. Topoliceanu, EL Țarevici, SC Țibeica, MO Ursu, D. Agop-Forna. The role of computerized planning in modern implant-prosthetic therapy. *Romanian Journal of Medical and Dental Education* 2020; 9(4): 27-32.
- [21] I. Pedrinaci, J. Calatrava, M. Toledano-Osorio, N. Zhao, A. Lanis, M. Sanz. Contemporary Digital Dentistry for Complex Cases in the Anterior Maxilla. *J Esthet Restor Dent*. 2025;37(1), pp. 221-235.
- [22] A. Jain, P. Bhushan, M. Mahato, BB Solanki, D. Dutta, S. Hota, A. Raut, AK Mohanty. The Recent Use, Patient Satisfaction, and Advancement in Digital Smile Designing: A Systematic Review. *Cureus*. 2024 Jun 16;16(6):e62459. doi: 10.7759/cureus.62459.
- [23] C. Coachman, L. Bohner, CS Jreige, N. Sesma, M. Calamita. Interdisciplinary guided dentistry, digital quality control, and the "copy-paste" concepts. *J Esthet Restor Dent*. 2021; 33(7), pp. 982-991.
- [24] F. Yassmin, MB Blatz. The Impact of Digital Dentistry in Interdisciplinary Esthetic Treatment. *Compend Contin Educ Dent*. 2022; 43(9), pp. 571-576.
- [25] TH Farook, F. Rashid, MK Alam, J. Dudley. Variables influencing the device-dependent approaches in digitally analysing jaw movement-a systematic review. *Clin Oral Investig*. 2023;27(2), pp. 489- 504.