



HAL
open science

Intérêts des simulateurs de dents présentant des lésions carieuses pour les travaux pratiques d'odontologie conservatrice

Nawel Seba

► To cite this version:

Nawel Seba. Intérêts des simulateurs de dents présentant des lésions carieuses pour les travaux pratiques d'odontologie conservatrice. Médecine humaine et pathologie. 2018. dumas-03626567

HAL Id: dumas-03626567

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03626567v1>

Submitted on 31 Mar 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

UNIVERSITE CLERMONT AUVERGNE
UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Année 2018

Thèse n°

T H E S E

Pour le DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE-DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le 21 novembre 2018

PAR

Nawel SEBA

**INTERETS DES SIMULATEURS DE DENTS PRESENTANT
DES LESIONS CARIEUSES POUR LES TRAVAUX
PRATIQUES D'ODONTOLOGIE CONSERVATRICE**

JURY :

Présidente : Mme. HENNEQUIN Martine, Professeur des Universités

Assesseurs : M. DECERLE Nicolas, Maitre de conférences des Universités

Mme. BESSADET Marion, Maitre de conférences des Universités

Mme. LINAS Natacha, Assistante Hospitalo-Universitaire

**UNIVERSITE CLERMONT AUVERGNE
UFR ODONTOLOGIE
63000 CLERMONT-FERRAND**

Président de l'Université : Monsieur le Professeur Mathias BERNARD
Directeur Général des Services : Monsieur François PAQUIS

DOYEN DE L'UFR D'ODONTOLOGIE : Madame Stéphanie TUBERT- JEANNIN
Professeur des Universités

Assesseurs : Monsieur Pierre-Yves COUSSON
Maître de Conférences des
Universités

Madame Martine
HENNEQUIN Professeur des
Universités

Monsieur Emmanuel
NICOLAS Professeur des
Universités

Madame Valérie ROGER-
LEROI Professeur des
Universités

LISTE DES PROFESSEURS

Professeurs des Universités – Praticiens hospitaliers :

Monsieur Pascal AUROY	- Prothèses
Monsieur Radhouane DALLEL	- Sciences Anatomiques
Monsieur Laurent DEVOIZE	- Pathologie et Thérapeutique Dentaires
Madame Sophie DOMEJEAN	- Odontologie Conservatrice, Endodontie
Madame Martine HENNEQUIN	- Odontologie Conservatrice, Endodontie
Monsieur Emmanuel NICOLAS	- Prothèses
Monsieur Thierry ORLIAGUET	- Sciences Biologiques
Madame Valérie ROGER-LEROI	- Sciences Biologiques
Madame Stéphanie TUBERT-JEANNIN	- Prévention, Epidémiologie
Monsieur Jean-Luc VEYRUNE	- Prothèses

Maîtres de Conférences des Universités – Praticiens hospitaliers :

Madame Marion BESSADET	- Prothèses
Monsieur Hervé BESSE	- Pédodontie
Monsieur Didier COMPAGNON	- Prothèses
Monsieur Pierre-Yves COUSSON	- Odontologie Conservatrice, Endodontie
Monsieur Nicolas DECERLE	- Odontologie Conservatrice, Endodontie
Monsieur Christophe DESCHAUMES	- Pathologie et Thérapeutique Dentaires
Monsieur Jean-Christophe DUBOIS	- Prothèses
Madame Christelle RICHARD	- Pédodontie
Mademoiselle Céline MELIN	- Sciences Anatomiques
Madame Estelle MACHAT	- Prévention, Epidémiologie
Monsieur Paul PIONCHON	- Sciences Anatomiques
Monsieur Dominique ROUX	- Odontologie Conservatrice, Endodontie

Professeur des Universités :

Monsieur Alain ARTOLA - Neurosciences

Maître de Conférences des Universités :

Mademoiselle Lénaïc MONCONDUIT - Neurosciences

Professeur Certifié

Mademoiselle Gaëlle DUCOS - Anglais

Maîtres de Conférences des Universités Associés :

Monsieur Guillaume BONNET	- Prothèses
Madame Anne DEPREUX	- Informatique et Pédagogie
Madame Anne DUCONSEILLE	- Sciences Biologiques
Monsieur Pierre-Henri WEILBACHER	- Sciences de Gestion

Remerciements

A Madame Martine HENNEQUIN

Professeur des Universités – Praticien hospitalier

Je vous remercie de me faire l'honneur de présider ce jury.

Je tiens à vous exprimer ma reconnaissance pour tout ce que vous m'avez enseigné ainsi que pour l'intérêt et la confiance que vous m'avez accordés en m'adressant à M. Nicolas DECERLE pour la réalisation de ce travail.

Veillez trouver ici l'expression de ma gratitude et de ma très grande considération.

A Monsieur Nicolas DECERLE

Maitre de Conférences des Universités - Praticien hospitalier

Je suis véritablement chanceuse et reconnaissante de vous avoir eu comme enseignant et directeur de thèse. Je vous remercie sincèrement pour votre disponibilité, votre confiance, votre énergie, votre dévouement, votre humilité et vos innombrables conseils mais surtout pour le modèle que vous représentez pour moi dans mon exercice professionnel.

Je vous exprime par ces quelques mots toute ma reconnaissance, mon plus grand respect et mon estime la plus sincère.

A Madame Marion BESSADET

Maitre de Conférences des Universités – Praticien hospitalier

Après vous avoir eue comme enseignante à la faculté puis comme encadrante en clinique, c'est avec un grand plaisir que je vous compte parmi les membres de mon jury. Je tiens à vous remercier pour l'intérêt que vous avez apporté à ce travail ainsi que pour votre écoute, vos conseils, votre pédagogie et votre professionnalisme durant toutes ces années.

Veillez recevoir mes sincères remerciements et mon profond respect.

A Madame Natacha LINAS

Assistante hospitalo-universitaire

Je tiens à vous remercier d'avoir accepté de juger ce travail. Je suis ravie de vous avoir eue comme encadrante en clinique et d'avoir ainsi pu me former auprès d'une enseignante aussi rigoureuse et consciencieuse que vous. Je vous suis réellement reconnaissante pour vos encouragements, vos conseils et votre accompagnement.

Veillez trouver ici l'expression de mon très grand respect et de ma profonde gratitude.

A Monsieur Olivier François

Je vous remercie sincèrement pour votre gentillesse et votre disponibilité. Je vous exprime par ces quelques mots mon respect et ma reconnaissance.

A tous mes enseignants ainsi qu'à toutes les personnes avec qui j'ai eu l'honneur de travailler à la faculté ou au service d'odontologie.

Je pense que la meilleure façon de vous remercier serait d'appliquer du mieux que je peux ce que vous m'avez enseigné et de faire ainsi honneur à notre profession.

A mes parents Hayat et Abdelkader SEBA

Par où commencer ? Sans vous, je n'aurais jamais espéré être là où je suis aujourd'hui. Je ne pourrai jamais vous remercier assez pour votre amour inconditionnel, vos sacrifices héroïques et votre soutien inestimable mais j'espère au moins vous rendre fiers.

On ne choisit pas ses parents mais si on m'en avait donné le choix, c'est certainement vous que j'aurais choisis. Je vous dédie cette thèse car elle est l'aboutissement de vos efforts avant les miens.

A ma sœur et meilleure amie Célia, pour ta tendresse, ton altruisme, ton soutien, ta force et tes précieux conseils qui m'accompagnent depuis le début de mon existence. Merci !

A mon frère Réda, pour ta douceur, ton attention, ton intelligence, ton humour et ta joie de vivre en toutes circonstances qui m'inspirent tant. Reste comme tu es. Je suis certaine que tes valeurs t'emmèneront très loin inshaAllah.

A ma petite sœur Serrine, pour ta gentillesse, ton courage et ta persévérance que j'admire. Je te souhaite de réussir dans la voie que tu auras choisie et espère te voir atteindre tes plus grands objectifs.

A toute ma famille, ma plus grande richesse, pour votre amour, votre soutien, vos prières et votre présence dans ma vie.

A Liridonë, les mots me manquent pour t'exprimer ma profonde gratitude pour ta bienfaisance et l'admiration que j'ai pour les valeurs que tu portes.

A Marwa, j'ai le sourire rien qu'en pensant à toi, à ton caractère, ton humour, ta joie de vivre et ta force qui cachent bien ta sensibilité et ta tendresse. Ces cinq dernières années auraient été bien tristes sans toi.

A Wafa, Widadou, Widadi, Dhickra, Latifa, Jamila, Yousra, Soukaina, Rahma, Yosra, Ali, Hakim, Anas, Zoubair ainsi que toutes les personnes qui ont été à mes côtés, m'ont apporté leur soutien, leurs conseils et leur aide, m'ont accordé leur confiance, m'ont fait profiter de leur compagnie ou m'ont tout simplement offert leur sourire. Sachez que vos noms sont gravés dans ma mémoire et ancrés dans mon cœur.

A toutes les personnes qui ont croisé mon chemin et m'ont apporté directement ou indirectement, je vous prie de recevoir mes sincères remerciements.

Je terminerai par une citation qui m'a inspirée tout au long de la rédaction de ces remerciements :

« **Il n'y a guère au monde un plus bel excès que celui de la reconnaissance.** »

Jean de La Bruyère

PLAN

I Introduction.....	1
II Matériels et méthodes.....	5
II.1 Création des simulateurs.....	5
II.1.1 Conception.....	5
II.1.2 Fabrication.....	5
II.2 Evaluation des simulateurs.....	6
II.2.1. Description de l'enseignement.....	6
II.2.2. Le questionnaire.....	8
II.2.3 Analyse des données.....	9
III Résultats.....	10
III.1 Résultats descriptifs.....	10
III.1.1 Nombre de répondants au questionnaire.....	10
III.1.2 Répartition des sexes.....	10
III.1.3 Evaluation du réalisme des simulateurs.....	10
III.1.3.1 Aspect des caries.....	10
III.1.3.2 Anatomie coronaire.....	11
III.1.3.3 Anatomie de la carie.....	11
III.1.4 Evaluation des perceptions sensorielles renvoyées par les simulateurs.....	12
III.1.4.1 Lors du curetage et de l'aménagement cavitaire.....	12
III.1.4.2 En comparaison avec celles transmises par les dents naturelles lors de la préparation cavitaire.....	12
III.1.5 Les difficultés rencontrées.....	13
III.1.5.1 Difficultés à comprendre les consignes du TP.....	13
III.1.5.2 Difficultés à réaliser le curetage des cavités.....	13
III.1.5.3 Difficultés à réaliser les préparations cavitaires.....	13
III.1.5.4 Effraction pulpaire.....	14

III.1.5.5 Fracture de la dent	14
III.1.6 L'autoévaluation de la maîtrise des actes.....	14
III.1.7 Utilité des documents complémentaires.....	15
III.1.7.1 Les radiographies virtuelles (schémas représentant les caries).....	15
III.1.7.2 Les photographies	15
III.1.8 Motivation à recommencer le TP à l'identique.....	16
III.1.9 Autres remarques et suggestions	17
III.2 Résultats analytiques	17
III.2.1 Effraction pulpaire.....	17
III.2.2 Difficultés à réaliser les préparations cavitaires	17
V. Conclusion.....	23
Bibliographie.....	24
Annexes.....	26
Annexe 1: Programme de l'enseignement pratique de l'odontologie conservatrice.....	27
Annexe 2 : Questionnaire d'évaluation des simulateurs Cre@teeth	28

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Programme pédagogique des TP impliquant l'utilisation des simulateurs Cre@teeth.....	7
Tableau 2: Taux de répondants au questionnaire	10
Tableau 3: Répartition des sexes des répondants	10
Tableau 4: Distribution des réponses des étudiants à la question relative au réalisme de l'aspect des caries.....	11
Tableau 5: Distribution des réponses des étudiants à la question « Anatomie coronaire peu réaliste ? ».....	11
Tableau 6: Distribution des réponses des étudiants à la question : " Anatomie de la carie peu réaliste ? "	11
Tableau 7: Distribution des réponses des étudiants à la question évaluant les perceptions sensorielles renvoyées par les simulateurs lors du curetage.....	12
Tableau 8: Distribution des réponses des étudiants à la question évaluant les perceptions sensorielles renvoyées par les simulateurs lors de l'aménagement cavitaire.	12
Tableau 9: Distribution des réponses des étudiants à la question évaluant la différence entre les perceptions sensorielles renvoyées par les simulateurs et celles renvoyées par les dents naturelles lors de la préparation cavitaire.....	13
Tableau 10: Distribution des réponses des étudiants à l'affirmation "J'ai eu des difficultés à comprendre les consignes du TP"	13
Tableau 11: Distribution des réponses des étudiants à l'affirmation « J'ai eu des difficultés à réaliser le curetage des cavités »	13
Tableau 12: Distribution des réponses des étudiants à l'affirmation « J'ai eu des difficultés à réaliser les préparations cavitaires ».....	14
Tableau 13: Distribution des réponses à la question « Avez-vous rencontré un des problèmes suivants : effraction pulpaire ? »	14
Tableau 14: Distribution des réponses à la question « avez-vous rencontré un des problèmes suivants : fracture de la dent ? ».....	14
Tableau 15: Distribution des réponses des étudiants à la question relative à leur satisfaction du résultat des préparations cavitaires de ce TP.....	15
Tableau 16: Distribution des réponses des étudiants à la question relative à l'intérêt des radiographies virtuelles.	15

Tableau 17: Distribution des réponses des étudiants à la question relative au caractère indispensable des documents photos proposés pour le TP.....	16
Tableau 18: Distribution des réponses des étudiants à la question « Estimez-vous que les documents photos qui vous ont été proposées pour ce TP sont complémentaires de l'apprentissage sur dents Cre@teeth ? »	16
Tableau 19: Distribution des réponses des étudiants à la question « Estimez-vous que les documents photos qui vous ont été proposées pour ce TP sont utiles mais que certaines démonstrations sont manquantes ? »	16
Tableau 20: Distribution des réponses des étudiants à la question relative au caractère totalement inutile des documents photos proposées pour le TP.....	16
Tableau 21: Distribution des réponses des étudiants à la question « Si vous en aviez la possibilité, est ce que vous seriez intéressé(e) pour recommencer ce TP à l'identique, tranquillement, en bénéficiant de l'accès à la salle de TP, et en travaillant en autonomie ? »	16
Tableau 22: Analyse de la distribution des réponses des étudiants à l'affirmation « J'ai eu des difficultés à réaliser les préparations cavitaires » (test Khi-2)	17

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1: Mannequin-robot interactif à la faculté de chirurgie-dentaire de Strasbourg.....	2
Figure 2: Dents Frasaco® présentant des lésions carieuses	3
Figure 3: Dents Frasaco® pour exercice d'endodontie.	3
Figure 4: Simulateur Cre@teeth présentant une morphologie interne et des cavités de carie ...	4
Figure 5: Salle de TP Fantômes - Faculté de chirurgie-dentaire de Clermont-Ferrand	6
Figure 6: Exemple de simulation radiographique correspondant au secteur 3.....	7
Figure 7 : Photographies illustrant les étapes d'ouverture, de curetage et d'aménagement cavitaire des dents du secteur 1.	8
Figure 8: Simulateur TrueTooth®.....	18
Figure 9: Exemple de représentation 3D des lésions carieuses sur simulateur Cre@teeth.....	21

I Introduction

En France, les études d'odontologie commencent par trois années d'études précliniques comprenant cours théoriques et travaux pratiques (TP) suivies de trois (cycle court) à six (cycle long) années d'études cliniques comportant également une partie théorique¹². L'étudiant en odontologie est donc amené dès la quatrième année à soigner des patients en clinique.

Actuellement, il est correct de considérer dans l'enseignement médical qu'aucun acte ne doit être réalisé pour la première fois sur un patient⁸. Le caractère irréversible de la plupart des actes opératoires pratiqués en odontologie oblige l'étudiant à acquérir un niveau de maîtrise satisfaisant tant sur le plan théorique que pratique avant de pouvoir prodiguer des soins à des patients.

Les travaux pratiques permettent d'appliquer les notions théoriques enseignées, de découvrir les différents instruments et de s'exercer à la gestuelle en adoptant de bonnes positions de travail avant d'accéder à la pratique clinique. La création de simulateurs efficaces utilisés dans le cadre de ces travaux pratiques permettrait de satisfaire ce principe qui est d'ailleurs repris par la Haute autorité de santé dans son rapport sur la simulation. Ce dernier définit la simulation en santé comme étant « l'utilisation d'un matériel (comme un mannequin ou un simulateur procédural), de la réalité virtuelle ou d'un patient standardisé, pour reproduire des situations ou des environnements de soins, pour enseigner des procédures diagnostiques et thérapeutiques et permettre de répéter des processus, des situations cliniques ou des prises de décision par un professionnel de santé ou une équipe de professionnels. »⁸.

A l'heure actuelle, pour l'odontologie conservatrice, on distingue trois types de systèmes de simulation : Les systèmes physiques, les systèmes virtuels et les systèmes mixtes¹¹.

Les systèmes physiques comprennent entre autres les simulateurs de dents ou d'arcades en résine, en plâtre ou dans d'autres types de matériaux qui sont utilisés isolément ou montés sur fantômes (simulateurs patients). A l'heure actuelle, le développement de ces derniers est arrivé jusqu'à la création d'un mannequin-robot « haute-fidélité » pouvant parler et être piloté à distance et qui a été récemment acquis par la faculté de chirurgie dentaire de Strasbourg (fig. 1).



Figure 1: Mannequin-robot interactif à la faculté de chirurgie-dentaire de Strasbourg

Les systèmes virtuels sont des systèmes informatiques dont le développement est aujourd'hui meilleur⁶ mais leur coût reste encore important. On retrouve par exemple le Simodont (www.simodont.org), le Virtual Reality Dental Training system (VRDTS)¹⁴ ou le Individual Dental Education Assistant (IDEA Dental)⁷.

Les systèmes mixtes utilisent un fantôme traditionnel auquel est adjoint un dispositif de repérage spatial en temps réel relié à un ordinateur, l'objectif étant de permettre à l'étudiant d'évaluer objectivement ses préparations, de mieux se rendre compte de ses erreurs et de favoriser ainsi son auto-formation. Dans cette catégorie, on retrouve par exemple le Dentsim® de DenX⁴.

Parmi les systèmes physiques reproduisant les dents, il y a les dents naturelles recueillies auprès de chirurgiens-dentistes qui permettraient d'obtenir la situation la plus proche possible de la clinique. Cependant, différents inconvénients sont liés à leur utilisation. En effet, il existe aujourd'hui une réelle difficulté d'obtention du fait des réglementations floues sur le sujet, de la diminution vraisemblable du nombre d'extractions qui s'expliquerait par la diminution de la maladie carieuse et de ses conséquences dans la population mais également par les changements de paradigme sur la prise en charge de cette maladie. De plus, les dents naturelles présentent des variabilités importantes (composition, microstructure, anatomie)¹³ ainsi qu'un risque infectieux qu'il est nécessaire de contrôler à chaque étape, de leur recueil à leur utilisation.

Enfin, il n'existe pas de possibilité de créer sur ces dents naturelles des lésions carieuses reproduisant les caractéristiques de celles qui sont retrouvées en bouche. Les étudiants sont ainsi obligés de créer les lésions et/ou de réaliser des cavités standardisées.

Les systèmes physiques reproduisant des dents comprennent également les dents en résine comme celles de Frasaco® présentant des lésions carieuses avec (fig.3) ou sans (fig.2) morphologie interne (chambre et canaux pulpaires). Cependant, l'absence de différence de texture entre les tissus sains et les tissus cariés rend le curetage avec excavateur et contre-angle impossible sur ces modèles, ce qui modifie l'enjeu de l'entraînement et de l'évaluation lors des étapes précliniques.



Figure 2: Dents Frasaco® présentant des lésions carieuses

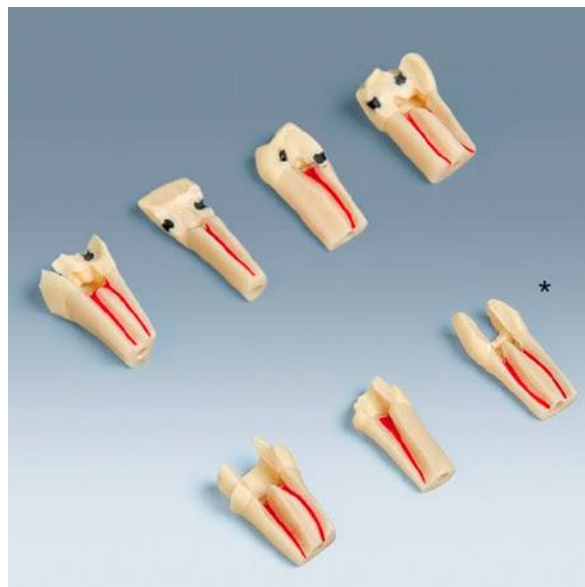


Figure 3: Dents Frasaco® pour exercice d'endodontie.

L'apport des nouvelles technologies et le développement de l'impression 3D a permis au Centre de Recherche en Odontologie Clinique (CROC) à Clermont-Ferrand de développer des simulateurs physiques de dents présentant des lésions carieuses nommés Cre@teeth (fig.4) utilisés dans le cadre de l'enseignement pratique préclinique de l'odontologie conservatrice. Ils ont pour principaux objectifs de reproduire les caractéristiques anatomiques des dents naturelles et de permettre une formation et une évaluation standardisées. Ils permettent également de créer différents niveaux de difficultés techniques et de répondre à divers objectifs pédagogiques en faisant varier par exemple la localisation et le stade des lésions carieuses.

S'il existe des publications concernant le développement de modèles de simulation pour l'endodontie^{1,17,20,22}, il n'en existe pas pour des modèles simulant des lésions carieuses et permettant leur traitement lors d'enseignements précliniques.

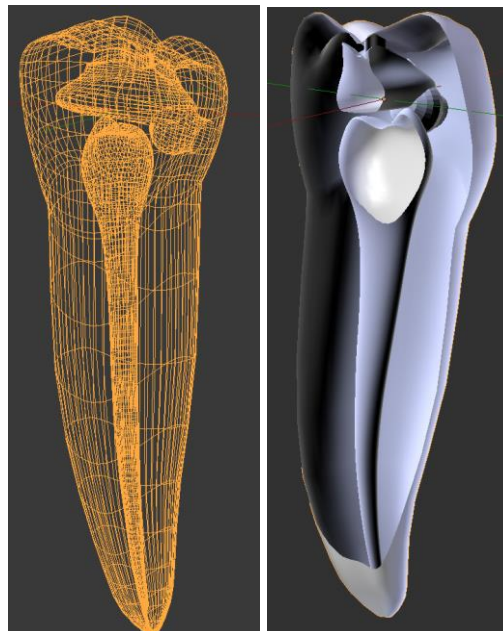


Figure 4: Simulateur Cre@teeth présentant une morphologie interne et des cavités de carie

Cette étude vise à évaluer la perception que les étudiants de DFGSO3 (3^{ème} année) de l'année universitaire 2017-2018 ont eu de ces simulateurs ainsi que l'évolution de leur apprentissage au cours des TP.

II Matériels et méthodes

II.1 Création des simulateurs

II.1.1 Conception

Les simulateurs Cre@teeth sont conçus à l'aide du logiciel Blender 2.79b. Les anatomies dentaires dont la prévalence est la plus importante sont prises pour références pour leur modélisation. Ensuite, des cavités représentant les lésions carieuses sont créées par soustraction. Les formes de ces dernières sont proches des cavités de curetage rencontrées en clinique. Leurs localisations et leurs stades sont choisis de façon à répondre aux objectifs pédagogiques prédéfinis pour chaque TP.

II.1.2 Fabrication

Après avoir été conçus, les simulateurs Cre@teeth sont usinés par l'imprimante 3D Objet30 Prime de Stratasys¹⁸ utilisant la technologie PolyJet. Cette dernière combine la technologie Inkjet (jet d'encre) et l'utilisation de photopolymères (matériaux qui durcissent au contact de la lumière ultraviolette). En effet, les embouts présents sur les têtes d'impression projettent des micro-gouttelettes de matière sur un plateau de fabrication puis une lumière ultraviolette photo-polymérisante est émise à chaque projection. Ces étapes sont répétées, couche par couche, jusqu'à obtention de la pièce qui ne nécessite aucune étape de finition (cuisson, lissage, ou bien polissage...). Pour des géométries complexes, un matériau de support (gel) est ajouté par une des têtes d'impression puis retiré par l'utilisateur à la main ou à l'eau à la fin de l'impression.

Le logiciel associé à l'imprimante permet de positionner virtuellement sur une plaque toutes les dents que l'on souhaite imprimer. Celles-ci sont imprimées à l'aide de deux matériaux. Le matériau mimant les tissus durs de la dent est une résine opaque blanche alors que celui mimant la pulpe et les lésions carieuses est tendre et pulvérulent.

Deux modèles d'arcades maxillaire et mandibulaire sont ensuite constitués avec ces simulateurs puis montés sur fantômes dans le cadre des travaux pratiques d'odontologie conservatrice.

II.2 Evaluation des simulateurs

II.2.1. Description de l'enseignement

L'évaluation des simulateurs Cre@teeth a été faite par les étudiants de DFGS03 (3^{ème} année) de l'année 2017-2018, au cours du deuxième semestre.

Le semestre comportait 12 séances de TP qui se sont déroulés dans la salle de TP Fantômes ou salle de simulation (fig. 5).



Figure 5: Salle de TP Fantômes - Faculté de chirurgie-dentaire de Clermont-Ferrand

Lors de la première séance de TP, chaque étudiant a constitué 2 arcades maxillaire et mandibulaire de dents naturelles et deux autres arcades de simulateurs Cre@teeth afin de les utiliser, montés sur Fantômes, tout au long du semestre suivant le programme pédagogique (annexe 1).

Parmi les 12 séances, 5 séances impliquaient l'utilisation de simulateurs Cre@teeth (4 simulateurs pour chacune des 3 séances sur secteurs postérieurs et 6 simulateurs pour chacune des 2 séances sur secteurs antérieurs) (tableau 1).

Parallèlement, les simulateurs n'étant pas radio-opaques, des images simulant des clichés radiographiques ont été produites et fournies aux étudiants (fig.6).



Figure 6: Exemple de simulation radiographique correspondant au secteur 3

Tableau 1 : Programme pédagogique des TP impliquant l'utilisation des simulateurs Cre@teeth

Date du TP	Matériau	Secteur	Objectifs pédagogiques	Evaluation ou entraînement
30/01/18	Amalgame	14 à 17	Mise en place d'une matrice Vérification des cavités et reconstitution à l'amalgame d'une cavité 2 faces	Entraînement
13/02/18	Amalgame	44 à 47	Mise en place d'une matrice Reconstitution à l'amalgame d'une cavité 2 faces	Evaluation
27/02/18	Composite et CVI	33 à 43	restauration au composite de 32 et 42 et au CVI de 33 et 43	Entraînement
6/03/18	Composite	13 à 23	Evaluation de la mise en place de la digue Restauration au composite d'une cavité 2 faces	Evaluation
27/03/18	Composite	34 à 37	Evaluation de la mise en place de la digue Evaluation de la mise en place de la matrice métallique (si nécessaire) Restauration au composite d'une cavité 2 faces	Evaluation

L'instrumentation utilisée était :

- Fraise boule diamantée montée sur turbine
- Fraises boules en carbure de tungstène montées sur contre-angle
- Excavateur manuel

De plus, des photographies (fig.7) illustrant les différentes étapes du traitement ont été proposées afin de permettre aux étudiants faire le lien entre les notions théoriques et la mise en application pratique. Elles offrent ainsi une vision concrète de ce que l'on attend des étudiants.



Figure 7 : Photographies illustrant les étapes d'ouverture, de curetage et d'aménagement cavitaire des dents du secteur 1.

II.2.2. Le questionnaire

A l'issue de 4 séances de TP parmi les 5 qui impliquaient l'utilisation de Cre@teeth simulant des lésions carieuses, un questionnaire d'évaluation de ces simulateurs a été distribué à l'ensemble des étudiants ayant participé au TP.

Ce questionnaire anonyme (annexe) comportait 13 questions relatives au :

- réalisme des simulateurs,
- aux perceptions sensorielles renvoyées lors des préparations cavitaires,
- aux difficultés rencontrées
- à l'intérêt des documents complémentaires (radiographies virtuelles, photographies)
- et à l'autoévaluation de leur maîtrise des actes.

II.2.3 Analyse des données

Les données ont ensuite été collectées dans le logiciel Excel puis traitées grâce à Excel et à SPSS 20.00.

L'absence de réponse à une question ou à un item a été considérée comme un « sans avis ».

Dans le cas où l'étudiant donnait 2 réponses à une question, c'est la réponse la plus défavorable qui a été prise en compte.

Une comparaison a été réalisée entre le premier TP et le dernier concernant le nombre d'effractions pulpaires et entre les quatre TP en ce qui concerne la perception des difficultés à réaliser les préparations cavitaires. Le choix de ces données a été fait dans le but d'évaluer l'adresse des étudiants, le soin qu'ils pouvaient apporter à leur geste ainsi que leur progression au cours du semestre.

III Résultats

III.1 Résultats descriptifs

III.1.1 Nombre de répondants au questionnaire

La promotion de DGFSO3 de l'année 2017-2018 comptait 78 étudiants. Les taux de réponse sont décrits dans le tableau 2.

Tableau 2: Taux de répondants au questionnaire

	TP1	TP2	TP3	TP4	Total
Nombre de répondants	74	77	75	58	284
Nombre total d'étudiants	78	78	78	78	312
Pourcentage de répondants	95%	99%	96%	74%	91%

III.1.2 Répartition des sexes

Le sexe ratio des répondants était de 1,2 à l'ensemble des TP.

Tableau 3: Répartition des sexes des répondants

	TP1	TP2	TP3	TP4	Total
Hommes	47% (35)	47% (36)	45% (34)	45% (26)	46% (131)
Femmes	53% (39)	53% (41)	53% (40)	53% (31)	53% (151)
Non renseigné	0% (0)	0% (0)	1% (1)	2% (1)	1% (2)
Total	100% (74)	100% (77)	100% (75)	100% (58)	100% (284)

III.1.3 Evaluation du réalisme des simulateurs

III.1.3.1 Aspect des caries

Pour l'ensemble des séances, environ la moitié des répondants estime que l'aspect des caries est plutôt irréaliste mais que cela ne gêne pas du tout l'atteinte des objectifs du TP (tableau 4).

Tableau 4: Distribution des réponses des étudiants à la question relative au réalisme de l'aspect des caries.

	TP1	TP2	TP3	TP4	Total
Très réalistes	41% (30)	23% (18)	19% (14)	29% (17)	28% (79)
Un peu irréalistes mais cela ne gêne pas du tout l'atteinte des objectifs du TP	43% (32)	48% (37)	53% (40)	59% (34)	50% (143)
Irréalistes et cela gêne un peu l'atteinte des objectifs du TP	15% (11)	19% (15)	27% (20)	12% (7)	19% (53)
Irréalistes et cela est totalement incompatible avec l'atteinte des objectifs du TP	0% (0)	8% (6)	1% (1)	0% (0)	2% (7)
Sans avis	1% (1)	1% (1)	0% (0)	0% (0)	1% (2)
Total	100% (74)	100% (77)	100% (75)	100% (58)	100% (284)

III.1.3.2 Anatomie coronaire

En ce qui concerne l'anatomie coronaire de ces simulateurs entièrement modélisés par ordinateur, la grande majorité (93%) des répondants ne sont pas d'accord avec le fait que l'anatomie coronaire soit peu réaliste (tableau 5).

Tableau 5: Distribution des réponses des étudiants à la question « Anatomie coronaire peu réaliste ? »

	TP1	TP2	TP3	TP4	Total
Oui	1% (1)	6% (5)	1% (1)	3% (2)	3% (9)
Non	96% (71)	88% (68)	95% (71)	95% (55)	93% (265)
Sans avis	3% (2)	5% (4)	4% (3)	2% (1)	4% (10)
Total	100% (74)	100% (77)	100% (71)	100% (58)	100% (284)

III.1.3.3 Anatomie de la carie

En tenant compte des réponses données à l'ensemble des TP au cours desquels le simulateur a été évalué, on note qu'environ 4 répondants sur 5 (tableau 6) ont répondu négativement à la question « Trouvez-vous que l'anatomie de la carie est peu réaliste ? »

Tableau 6: Distribution des réponses des étudiants à la question : " Anatomie de la carie peu réaliste ? "

	TP1	TP2	TP3	TP4	Total
Oui	9% (7)	17% (13)	17% (13)	7% (4)	13% (37)
Non	86% (64)	77% (59)	79% (59)	90% (52)	82% (234)
Pas de réponse	4% (3)	6% (5)	4% (3)	3% (2)	5% (13)
Total	100% (74)	100% (77)	100% (75)	100% (58)	100% (284)

III.1.4 Evaluation des perceptions sensorielles renvoyées par les simulateurs

III.1.4.1 Lors du curetage et de l'aménagement cavitaire.

Pour l'ensemble des séances, la grande majorité des répondants estime que les perceptions sensorielles renvoyées par Cre@teeth sont irréalistes mais une faible minorité les a trouvées totalement incompatibles avec l'atteinte des objectifs du TP (4% lors du curetage et 8% lors de l'aménagement cavitaire) (Tableaux 7 et 8).

Tableau 7: Distribution des réponses des étudiants à la question évaluant les perceptions sensorielles renvoyées par les simulateurs lors du curetage.

	TP1	TP2	TP3	TP4	Total
Très réalistes	28% (21)	14% (11)	8% (6)	19% (11)	17% (49)
Un peu irréalistes mais cela ne gêne pas du tout l'atteinte des objectifs du TP	47% (35)	42% (32)	52% (39)	43% (25)	46% (131)
Irréalistes et cela gêne un peu l'atteinte des objectifs du TP	19% (14)	35% (27)	35% (26)	36% (21)	31% (88)
Irréalistes et cela est totalement incompatible avec l'atteinte des objectifs du TP	1% (1)	9% (7)	5% (4)	0% (0)	4% (12)
Sans avis	3% (2)	0% (0)	0% (0)	2% (1)	1% (3)
Total	100% (74)	100% (77)	100% (75)	100% (58)	100% (284)

Tableau 8: Distribution des réponses des étudiants à la question évaluant les perceptions sensorielles renvoyées par les simulateurs lors de l'aménagement cavitaire.

	TP1	TP2	TP3	TP4	Total
Très réalistes	14% (10)	8% (6)	7% (5)	16% (9)	11% (30)
Un peu irréalistes mais cela ne gêne pas du tout l'atteinte des objectifs du TP	38% (28)	29% (22)	48% (36)	43% (25)	39% (111)
Irréalistes et cela gêne un peu l'atteinte des objectifs du TP	42% (31)	47% (36)	37% (28)	40% (23)	42% (118)
Irréalistes et cela est totalement incompatible avec l'atteinte des objectifs du TP	7% (5)	16% (12)	7% (5)	0% (0)	8% (22)
Sans avis	0% (0)	1% (1)	1% (1)	2% (1)	1% (3)
Total	100%	100%	100%	100%	100%

III.1.4.2 En comparaison avec celles transmises par les dents naturelles lors de la préparation cavitaire.

Globalement, 90% des répondants sont d'accord pour dire que le matériau utilisé pour la fabrication du simulateur est plus mou que la dent naturelle (tableau 9).

Tableau 9: Distribution des réponses des étudiants à la question évaluant la différence entre les perceptions sensorielles renvoyées par les simulateurs et celles renvoyées par les dents naturelles lors de la préparation cavitaire.

	TP1	TP2	TP3	TP4	Total
Oui j'ai eu l'impression que le matériau est plus dur	0% (0)	4% (3)	3% (2)	0% (0)	2% (5)
Non je n'ai ressenti aucune différence	1% (1)	4% (3)	5% (4)	9% (5)	5% (13)
Oui j'ai eu l'impression que le matériau est plus mou	93% (69)	88% (68)	87% (65)	91% (53)	90% (255)
Sans avis	5% (4)	4% (3)	4% (3)	0% (0)	4% (10)
Total	100% (74)	100% (77)	100% (75)	100% (58)	100% (284)

III.1.5 Les difficultés rencontrées

III.1.5.1 Difficultés à comprendre les consignes du TP

En considérant l'ensemble des séances, très peu de répondants (9%) ont eu des difficultés à comprendre les consignes du TP (tableau 10).

Tableau 10: Distribution des réponses des étudiants à l'affirmation "J'ai eu des difficultés à comprendre les consignes du TP"

	TP1	TP2	TP3	TP4	Total
Accord total	0% (0)	3% (2)	1% (1)	0% (0)	1% (3)
Plutôt d'accord	3% (2)	12% (9)	9% (7)	7% (4)	8% (22)
Plutôt pas d'accord	42% (31)	36% (28)	37% (28)	28% (16)	36% (103)
Désaccord total	55% (41)	48% (37)	52% (39)	66% (38)	55% (155)
Pas de réponse	0% (0)	1% (1)	0% (0)	0% (0)	0% (1)
Total	100% (74)	100% (77)	100% (75)	100% (58)	100%

III.1.5.2 Difficultés à réaliser le curetage des cavités

A l'ensemble des séances, environ 1 répondant sur 4 a eu des difficultés à réaliser le curetage des cavités.

Tableau 11: Distribution des réponses des étudiants à l'affirmation « J'ai eu des difficultés à réaliser le curetage des cavités »

	TP1	TP2	TP3	TP4	Total
Accord total	3% (2)	4% (3)	1% (1)	0% (0)	2% (6)
Plutôt d'accord	22% (16)	34% (26)	15% (11)	19% (11)	23% (64)
Plutôt pas d'accord	53% (39)	44% (34)	60% (45)	45% (26)	51% (144)
Désaccord total	23% (17)	17% (13)	24% (18)	36% (21)	24% (69)
Pas de réponse	0% (0)	1% (1)	0% (0)	0% (0)	0% (1)
Total	100% (74)	100% (77)	100% (75)	100% (58)	100% (284)

III.1.5.3 Difficultés à réaliser les préparations cavitaires

La réalisation des préparations cavitaires a posé problème à plus de la moitié des répondants si on considère l'ensemble des réponses, tous TP confondus (tableau 12).

Tableau 12: Distribution des réponses des étudiants à l'affirmation « J'ai eu des difficultés à réaliser les préparations cavitaires »

	TP1	TP2	TP3	TP4	Total
Accord total	11% (8)	14% (11)	3% (2)	0% (0)	7% (21)
Plutôt d'accord	55% (41)	49% (38)	45% (34)	29% (17)	46% (130)
Plutôt pas d'accord	28% (21)	31% (24)	41% (31)	55% (32)	38% (108)
Désaccord total	5% (4)	4% (3)	8% (6)	16% (9)	8% (22)
Pas de réponse	0% (0)	1% (1)	3% (2)	0% (0)	1% (3)
Total	100% (74)	100% (77)	100% (75)	100% (58)	100% (284)

III.1.5.4 Effraction pulpaire

Si on considère l'ensemble des réponses, tous TP confondus, on trouve que près d'un tiers des étudiants ont déclaré avoir fait une ou plusieurs effractions pulpaires (tableau 13).

Tableau 13: Distribution des réponses à la question « Avez-vous rencontré un des problèmes suivants : effraction pulpaire ? »

	TP1	TP2	TP3	TP4	Total
Oui	55% (41)	26% (20)	13% (10)	24% (14)	30% (85)
Non	42% (31)	70% (54)	81% (61)	74% (43)	67% (189)
Pas de réponse	3% (2)	4% (3)	5% (4)	2% (1)	4% (10)
	100% (74)	100% (77)	100% (75)	100% (58)	100% (284)

III.1.5.5 Fracture de la dent

Globalement, peu de dents se sont fracturées. En effet, seulement 8% des répondants ont déclaré avoir fracturé une ou plusieurs dents (tableau 14).

Tableau 14: Distribution des réponses à la question « avez-vous rencontré un des problèmes suivants : fracture de la dent ? »

	TP1	TP2	TP3	TP4	Total
Oui	1% (1)	9% (7)	9% (7)	12% (7)	8% (22)
Non	96% (71)	83% (64)	87% (65)	86% (50)	88% (250)
Sans réponse	3% (2)	8% (6)	4% (3)	2% (1)	4% (12)
	100% (74)	100% (77)	100% (75)	100% (58)	100% (284)

III.1.6 L'autoévaluation de la maîtrise des actes.

Globalement, la majorité (60%) des répondants a été assez satisfaite du résultat de ses préparations cavitaires (tableau 15).

Tableau 15: Distribution des réponses des étudiants à la question relative à leur satisfaction du résultat des préparations cavitaires de ce TP.

	TP1	TP2	TP3	TP4	Total
Oui complètement, je n'aurai pas pu faire mieux	3% (2)	0% (0)	0% (0)	7% (4)	2% (6)
Oui, assez satisfait(e), ce n'est pas parfait, mais j'ai bien compris	64% (47)	43% (33)	61% (46)	78% (45)	60% (171)
Non pas vraiment, je ne maîtrise pas toutes les étapes de cet acte, mais je pourrai m'améliorer	27% (20)	48% (37)	32% (24)	16% (9)	32% (90)
Non pas du tout, mais je ne peux pas faire mieux	4% (3)	5% (4)	4% (3)	0% (0)	4% (10)
Sans avis	3% (2) (0)	4% (3)	3% (2)	0% (0)	2% (7)
Total	100% (74)	100% (77)	100% (75)	100% (58)	100% (284)

III.1.7 Utilité des documents complémentaires

III.1.7.1 Les radiographies virtuelles (schémas représentant les caries)

Pour 73% les images radiographiques simulées étaient utiles et complémentaires des lésions présentes sur les simulateurs.

Tableau 16: Distribution des réponses des étudiants à la question relative à l'intérêt des radiographies virtuelles.

	TP1	TP2	TP3	TP4	Total
étaient absolument indispensables, la présence des lésions sur les dents n'était pas utile	8% (6)	26% (20)	31% (23)	34% (20)	24% (69)
étaient utiles et complémentaires des lésions présentes sur les dents Cre@teeth	86% (64)	71% (55)	67% (50)	66% (38)	73% (207)
étaient inutiles, la présence des lésions sur les dents était suffisante	5% (4)	0% (0)	3% (2)	0% (0)	2% (6)
sans avis	0% (0)	3% (2)	0% (0)	0% (0)	1% (2)
Total	100% (74)	100% (77)	100% (75)	100% (58)	100% (284)

III.1.7.2 Les photographies

A l'ensemble des séances, 73% des répondants ont estimé que les documents photographiques proposés pour les différents TP étaient totalement indispensables (tableau 17). 83% ont trouvé qu'ils étaient complémentaires de l'apprentissage sur dents Cre@teeth (tableau 18) alors que seulement 17% les ont jugés totalement inutiles (tableau 20).

Tableau 17: Distribution des réponses des étudiants à la question relative au caractère indispensable des documents photos proposés pour le TP.

	TP1	TP2	TP3	TP4	Total
Oui	66% (49)	73% (56)	76% (57)	76% (44)	73% (206)
Non	15% (11)	8% (6)	11% (8)	10% (6)	11% (31)
Sans avis	19% (14)	19% (15)	13% (10)	14% (8)	17% (47)
Total	100% (74)	100% (77)	100% (75)	100% (58)	100% (284)

Tableau 18: Distribution des réponses des étudiants à la question « Estimez-vous que les documents photos qui vous ont été proposées pour ce TP sont complémentaires de l'apprentissage sur dents Cre@teeth ? »

	TP1	TP2	TP3	TP4	Total
Oui	86% (64)	75% (58)	80% (60)	93% (54)	83% (236)
Non	1% (1)	4% (3)	5% (4)	0% (0)	3% (8)
Sans avis	12% (9)	21% (16)	15% (11)	7% (4)	14% (40)
Total	100% (74)	100% (77)	100% (75)	100% (58)	100% (284)

Tableau 19: Distribution des réponses des étudiants à la question « Estimez-vous que les documents photos qui vous ont été proposées pour ce TP sont utiles mais que certaines démonstrations sont manquantes ? »

	TP1	TP2	TP3	TP4	Total
Oui	24% (18)	39% (30)	39% (29)	26% (15)	32% (92)
Non	45% (33)	27% (21)	36% (27)	52% (30)	39% (111)
Sans avis	31% (23)	34% (26)	25% (19)	22% (13)	29% (81)
Total	100% (74)	100% (77)	100% (75)	100% (58)	100% (284)

Tableau 20: Distribution des réponses des étudiants à la question relative au caractère totalement inutile des documents photos proposées pour le TP

	TP1	TP2	TP3	TP4	Total
Oui	1% (1)	0% (0)	4% (3)	76% (44)	17% (48)
Non	76% (56)	70% (54)	71% (53)	5% (3)	58% (166)
Sans avis	23% (17)	30% (23)	25% (19)	19% (11)	25% (70)
Total	100% (74)	100% (77)	100% (75)	100% (58)	100% (284)

III.1.8 Motivation à recommencer le TP à l'identique

Globalement, 90% des répondants souhaitent répéter ce TP avec les simulateurs Cre@teeth.

Tableau 21: Distribution des réponses des étudiants à la question « Si vous en aviez la possibilité, est ce que vous seriez intéressé(e) pour recommencer ce TP à l'identique, tranquillement, en bénéficiant de l'accès à la salle de TP, et en travaillant en autonomie ? »

	TP1	TP2	TP3	TP4	Total
Oui	92% (68)	91% (70)	91% (68)	86% (50)	90% (256)
Non	1% (1)	3% (2)	3% (2)	3% (2)	2% (7)
Sans avis	7% (5)	6% (5)	7% (5)	10% (6)	7% (21)
Total	100% (74)	100% (77)	100% (75)	100% (58)	100% (284)

III.1.9 Autres remarques et suggestions

Les principales remarques et suggestions apportées par les répondants dans la partie dite « ouvert » du questionnaire sont synthétisées ci-dessous.

Remarques :

- Matériau trop mou, trop sensible au fraisage mais nous apprend à maîtriser nos gestes.
- Sensation différente.
- Couleur uniforme. Pas de différenciation entre dentine et émail. Il est plus facile de se repérer sur dents naturelles.
- Confusion entre lésion carieuse et pulpe.

Suggestions :

- Colorants pour distinguer la pulpe de la lésion carieuse.
- Utilisation de fraises plus adaptées.

III.2 Résultats analytiques

III.2.1 Effraction pulpaire

Le nombre d'étudiants qui ont eu à faire face à une effraction pulpaire lors de la préparation cavitaire a diminué entre le premier et le dernier TP (57,7% vs 24,6%, Test t de Student, $p < 0,001$).

III.2.2 Difficultés à réaliser les préparations cavitaires

Les étudiants ont eu la sensation d'avoir de moins en moins de difficultés à réaliser les préparations cavitaires au fil des TP (test de Khi-2, $p < 0,001$).

Tableau 22: Analyse de la distribution des réponses des étudiants à l'affirmation « J'ai eu des difficultés à réaliser les préparations cavitaires » (test Khi-2)

	TP1	TP2	TP3	TP4	Total	Test de Khi-2
Accord total	11% (8)	14% (11)	3% (2)	0% (0)	7% (21)	p<0,001
Plutôt d'accord	55% (41)	49% (38)	45% (34)	29% (17)	46% (130)	
Plutôt pas d'accord	28% (21)	31% (24)	41% (31)	55% (32)	38% (108)	
Désaccord total	5% (4)	4% (3)	8% (6)	16% (9)	8% (22)	
Pas de réponse	0% (0)	1% (1)	3% (2)	0% (0)	1% (3)	
Total	100% (74)	100% (77)	100% (75)	100% (58)	100% (284)	

IV- Discussion

Cette étude est la première à évaluer un modèle de simulateur dédié au traitement de lésions carieuses. Il existe en revanche plusieurs études évaluant des modèles pour l'endodontie, modèles de dents en résine imprimées comme celles-ci au sein de notre université ou avec d'autres matériaux et procédés de fabrication^{2,3,14,20}.

Dans cette étude, il existe un biais de déclaration car tous les étudiants ayant participé aux différents TP n'ont pas répondu au questionnaire. En effet, le taux de réponses variait de 74% (TP4) à 99% (TP2). Néanmoins, le taux de réponses moyen à l'ensemble des TP reste très correct puisqu'il a été de 91%.

Les étudiants ont tout d'abord évalué la qualité de modélisation du simulateur Cre@teeth à travers les 2 questions relatives au réalisme de l'anatomie coronaire et celui de l'anatomie de la carie. Les résultats ont été très positifs puisqu'en tenant compte des réponses données à l'ensemble des séances, la grande majorité (93%) des répondants n'étaient pas d'accord avec le fait que l'anatomie coronaire soit peu réaliste et environ 4 étudiants sur 5 ont répondu négativement à la question « Trouvez-vous que l'anatomie de la carie est peu réaliste ? »

Rappelons que le simulateur Cre@teeth a été entièrement modélisé par ordinateur. D'autres méthodes de modélisation existent avec notamment le recours à la stéréolithographie qui permet de reproduire des dents complètes à partir d'images scannographiques (fig. 8).



Figure 8: Simulateur TrueTooth®

Les simulateurs Cre@teeth sont imprimés à l'aide de deux matériaux : une résine opaque blanche représentant les tissus durs de la dent et un matériau de moindre résistance mécanique mimant la pulpe et les lésions carieuses.

Globalement, 90% des répondants ont trouvé que le matériau utilisé pour la fabrication du simulateur était plus mou que la dent naturelle. En effet, la composition chimique et la microstructure de la résine étant différentes de celles de la dentine, le rendu des sensations tactiles de fraisage n'est pas suffisamment fidèle au tissu dentaire.

MiMa⁵, un simulateur canalaire dont le matériau comporte une micro-structure qui se veut la plus proche possible de la dentine a été développé dans les laboratoires INSERM U1008 et EA 2443 (LMCPA) à Lille. Ce matériau est obtenu par l'adjonction d'un porogène dans la barbotine d'hydroxyapatite afin de simuler la phase minérale de la dentine naturelle en termes de composition chimique (hydroxyapatite) et de microstructure (porosité).

Des étudiants en début de quatrième année à la faculté de Lille ont évalué plusieurs paramètres de ce simulateur dont la structure au fraisage et la dureté. Leurs commentaires ont mis en avant une friabilité trop importante et une dureté trop faible. De plus, l'analyse statistique réalisée dans cette étude n'a pas mis en évidence de différence significative entre le simulateur MiMa et le simulateur résine ($p > 0,05$) pour l'ensemble des paramètres étudiés sauf pour le comportement radiologique qui était significativement meilleur dans le groupe « Simulateur MiMa » ($p = 0,0022$).

Ensuite, ces simulateurs ont été modifiés par l'imprégnation de résine dans leur structure poreuse. Ceci a donné naissance à de nouveaux simulateurs en « céramique hybride » qui ont fait l'objet d'une autre étude^{15,16} selon laquelle l'imprégnation de résine a permis d'améliorer la sensation tactile.

Concernant l'aspect des caries, environ la moitié des répondants estime qu'il est plutôt irréaliste sans toutefois gêner l'atteinte des objectifs du TP. Seulement 2% des répondants l'ont jugé irréaliste et totalement incompatible avec l'atteinte des objectifs du TP alors que 28% le trouvent très réaliste. De plus, rares sont les étudiants qui ont trouvé les perceptions sensorielles renvoyées par Cre@teeth irréalistes et totalement incompatibles avec l'atteinte des objectifs du TP (4% lors du curetage et 8% lors de l'aménagement cavitaire).

Enfin, nous pouvons noter que peu de dents se sont fracturées. En effet, seulement 8% des répondants ont déclaré avoir fracturé une ou plusieurs dents. Le matériau utilisé présenterait donc une assez bonne résistance à la fracture. Ceci devrait être vérifié par la réalisation d'études en laboratoire sur les comportements mécaniques propres du simulateur. Il serait également intéressant d'étudier ses caractéristiques physiques et chimiques.

Par ailleurs, même si les étudiants ont comme reproche principal la dureté du modèle, ils trouvent pour la plupart un intérêt au simulateur. Par exemple, certains ont fait remarquer que cette consistance trop molle et cette sensibilité accrue au fraisage leur apprenait à mieux maîtriser leurs gestes.

Le matériau utilisé a également comme inconvénient de ne pas être radio-opaque. C'est pourquoi, des radiographies virtuelles (images radiographiques) ont été fournies aux étudiants. Pour 73% de ces derniers, les images radiographiques simulées étaient utiles et complémentaires des lésions présentes sur les simulateurs.

Une peinture radio-opaque pourrait être appliquée sur les simulateurs résineux pour pouvoir prendre des clichés radiographiques²¹. Cependant, si elle avait été appliquée sur la partie coronaire du simulateur Cre@teeth, il n'y aurait pas eu de différence de radio-opacité au niveau des lésions carieuses, la plupart des lésions modélisées étant fermées, ce qui aurait fait perdre à la radiographie tout son intérêt.

La partie du questionnaire dite « ouverte » a permis de recueillir les remarques et suggestions des étudiants. Ces commentaires sont importants à prendre en compte pour améliorer le simulateur selon l'avis des usagers en conditions réelles.

Ainsi, il est intéressant de souligner que beaucoup d'étudiants ont dit avoir confondu la lésion carieuse et la pulpe et certains ont suggéré l'utilisation de « colorants » pour distinguer la pulpe de la lésion carieuse. Des simulateurs « en couleurs » existent comme les simulateurs TrueTooth® (fig.8) mais leur coût est plus important.

L'utilisation de « fraises plus adaptées » a également été proposée. En effet, l'utilisation de fraises moins sécantes (proposées par la société Komet®) permettrait peut-être d'améliorer les modèles en termes d'informations sensorielles relatives à la dureté du matériau. D'autres auteurs ont cherché à connaître les qualités d'un matériau en terme de ressenti lors du fraisage et qui permettrait de se rapprocher au maximum de la dent naturelle. Ils ont abouti à la conclusion que les dents actuelles proposées dans le commerce sont elles aussi trop molles, et que le matériau qui se rapproche le plus de la dent en terme de fraisage est une céramique feldspathique⁹.

Malgré ces inconvénients trouvés aux simulateurs Cre@teeth, les étudiants souhaiteraient pour 90% refaire le TP avec ce type de modèle. Ce dernier a de nombreux avantages comme la standardisation qui permet une évaluation plus juste en odontologie conservatrice puisque tous les étudiants travaillent sur les mêmes modèles contrairement aux dents naturelles qui présentent des variabilités de forme et de structure¹³.

Cette étude vise à recueillir uniquement l'avis des étudiants de troisième année. Or, ces étudiants n'ont aucune expérience clinique. Il serait également intéressant de faire évaluer le simulateur Cre@teeth par les étudiants des promotions supérieures ainsi que par les enseignants ayant plus de maîtrise. Cela permettrait dans une étude ultérieure de mieux cibler les qualités et défauts du simulateur, et de comparer les résultats obtenus chez les étudiants n'ayant pas d'expérience clinique à ceux obtenus chez les enseignants et chez les étudiants ayant une expérience clinique. Des internes en médecine bucco-dentaire ont d'ailleurs déjà évalué les simulateurs Cre@teeth pour les travaux pratiques d'endodontie dans le cadre d'une étude réalisée à Clermont-Ferrand¹⁰. Ils ont estimé pour la plupart que les informations sensorielles renvoyées par le simulateur lors de la trépanation étaient peu vraisemblables mais que cela ne gênait pas du tout l'atteinte des objectifs du TP.

Concernant l'enseignement pédagogique, des documents photographiques illustrant les différentes étapes à réaliser et offrant une vision concrète de ce que l'on attend des étudiants ont été proposés pour les différents TP. Ces documents avaient tout leur intérêt pour les étudiants puisque 73% des répondants ont estimé qu'ils étaient totalement indispensables et 83% ont trouvé qu'ils étaient complémentaires de l'apprentissage sur dents Cre@teeth. Enfin, pour 32% des répondants, ces documents sont utiles mais certaines démonstrations sont manquantes. Cependant, ces dernières n'ont pas été précisées par les étudiants. Nous ne pouvons donc pas définir ce qui pourrait être amélioré selon eux.

Peu de répondants (9%) ont eu des difficultés à comprendre les consignes du TP. Le questionnaire ne pose pas directement la question de savoir si ces documents photographiques les ont aidés à mieux comprendre les consignes du TP mais on pourrait le supposer.

Cet enseignement pourrait être complété par le développement d'un site web interactif permettant à l'étudiant de différencier dans les zones cariées, la zone de débris, la zone infectée et la zone affectée (Fig. 9).

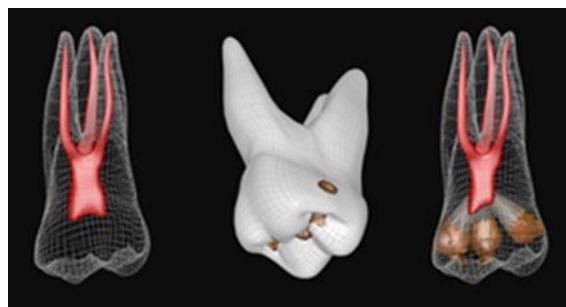


Figure 9: Exemple de représentation 3D des lésions cariées sur simulateur Cre@teeth

Par ailleurs, des simulateurs virtuels³ mimant l'émail, la dentine affectée et la dentine infectée se développent de plus en plus et font l'objet d'études comme celle de Dwisaptarini et al.⁶. Cependant, dans le cadre de l'augmentation du nombre d'étudiants et dans un système public comme le système français, il semble difficile pour une université de faire l'acquisition d'un nombre de machines suffisant pour intégrer ce type d'outil à l'enseignement.

L'évolution de la performance des étudiants a également été analysée dans cette étude. Les répondants ont eu de moins en moins de difficultés à réaliser la préparation cavitaire au fil des séances (test de Khi-2, $p < 0,001$). De plus, le nombre d'étudiants qui ont eu à faire face à une effraction pulpaire lors de la préparation cavitaire entre le premier et le dernier TP a diminué (39% vs 79%, Test t de Student, $p < 0,05$). Cette diminution s'expliquerait par l'expérience acquise au cours des différents TP et les précautions prises pour éviter l'effraction pulpaire comme le curetage manuel à proximité pulpaire.

Quant à l'autoévaluation par les étudiants, on retrouve que la majorité (60%) a été assez satisfaite du résultat de ses préparations cavitaires. Il serait également intéressant dans des études ultérieures de comparer l'autoévaluation des étudiants à l'évaluation des enseignants. Cependant, ceci aurait comme principal inconvénient l'absence d'anonymat.

Enfin, l'objectif ultime du développement de ce type de modèle pédagogique étant de permettre à l'étudiant d'acquérir un niveau de maîtrise satisfaisant avant de pouvoir prodiguer des soins en clinique, il serait intéressant dans une autre étude de comparer les performances cliniques des étudiants s'étant entraînés sur dents naturelles à celles des étudiants s'étant entraînés sur dents artificielles. Des études similaires ont été réalisées pour des simulateurs d'endodontie^{2,19}.

V. Conclusion

Cet outil semble prometteur et une nouvelle évaluation devra être réalisée suite à l'utilisation de fraises moins sécantes. Dans un premier temps, l'utilisation de dents naturelles semble devoir être continuée pour compléter les sensations apportées aux étudiants en attendant la possibilité de créer des matériaux différenciés mimant l'émail, la dentine infectée et la dentine affectée.

Bibliographie

1. Al-Sudani DI, Basudan SO. Students' perceptions of pre-clinical endodontic training with artificial teeth compared to extracted human teeth. *Eur J Dent Educ Off J Assoc Dent Educ Eur*. 2017;21(4):e72-e75. doi:10.1111/eje.12223.
2. Bitter K, Gruner D, Wolf O, Schwendicke F. Artificial Versus Natural Teeth for Preclinical Endodontic Training: A Randomized Controlled Trial. *J Endod*. 2016;42(8):1212-1217. doi:10.1016/j.joen.2016.05.020.
3. de Boer IR, Lagerweij MD, Wesselink PR, Vervoorn JM. Evaluation of the appreciation of virtual teeth with and without pathology. *Eur J Dent Educ Off J Assoc Dent Educ Eur*. 2015;19(2):87-94. doi:10.1111/eje.12108.
4. Buchanan JA. Experience with virtual reality-based technology in teaching restorative dental procedures. *J Dent Educ*. 2004;68(12):1258-1265.
5. Dufour T. Développement d'un simulateur canalaire biomimétique : évaluation en travaux pratiques d'endodontie - Une étude pilote expérimentale. 2015.
6. Dwisaptarini AP, Suebnukarn S, Rhienmora P, Haddawy P, Koontongkaew S. Effectiveness of the Multilayered Caries Model and Visuo-tactile Virtual Reality Simulator for Minimally Invasive Caries Removal: A Randomized Controlled Trial. *Oper Dent*. 2018;43(3):E110-E118. doi:10.2341/17-083-C.
7. Gal GB, Weiss EI, Gafni N, Ziv A. Preliminary assessment of faculty and student perception of a haptic virtual reality simulator for training dental manual dexterity. *J Dent Educ*. 2011;75(4):496-504.
8. Haute Autorité de Santé. Rapport de mission - État de l'art (national et international) en matière de pratiques de simulation dans le domaine de la santé dans le cadre du développement professionnel continu (DPC) et de la prévention des risques associés aux soins. January 2012.
9. He L-H, Foster Page L, Purton D. An evaluation of dental operative simulation materials. *Dent Mater J*. 2012;31(4):645-649.
10. Husson G. Intérêts des simulateurs dentaires par fabrication additive pour les travaux pratiques d'endodontie. 2017.
11. Joseph D. Impact de la simulation haptique dans l'enseignement en odontologie. 2017.
12. Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation. Bulletin Officiel n°20 du 16 mai 2013. http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/pid20536/bulletin-officiel.html?cid_bo=71552&cbo=1.

13. Pashley DH, Andringa HJ, Derkson GD, Derkson ME, Kalathoor SR. Regional variability in the permeability of human dentine. *Arch Oral Biol.* 1987;32(7):519-523.
14. Rhienmora P, Haddawy P, Khanal P, Suebnukarn S, Dailey MN. A virtual reality simulator for teaching and evaluating dental procedures. *Methods Inf Med.* 2010;49(4):396-405. doi:10.3414/ME9310.
15. Robberecht L, Chai F, Dehurtevent M, et al. A novel anatomical ceramic root canal simulator for endodontic training. *Eur J Dent Educ Off J Assoc Dent Educ Eur.* 2017;21(4):e1-e6. doi:10.1111/eje.12207.
16. Robberecht L, Hornez J-C, Dehurtevent M, et al. Optimization and Preclinical Perception of an Artificial Simulator for Endodontic Training: A Preliminary Study. *J Dent Educ.* 2017;81(3):326-332.
17. dos S Luz D, de S Ourique F, Scarparo RK, et al. Preparation time and perceptions of Brazilian specialists and dental students regarding simulated root canals for endodontic teaching: a preliminary study. *J Dent Educ.* 2015;79(1):56-63.
18. Stratasys. <http://www.stratasys.com>.
19. Tchorz JP, Brandl M, Ganter PA, et al. Pre-clinical endodontic training with artificial instead of extracted human teeth: does the type of exercise have an influence on clinical endodontic outcomes? *Int Endod J.* 2015;48(9):888-893. doi:10.1111/iej.12385.
20. Tchorz JP, Ganter PA, Woelber JP, Stampf S, Hellwig E, Altenburger MJ. Evaluation of an improved endodontic teaching model: do preclinical exercises have an influence on the technical quality of root canal treatments? *Int Endod J.* 2014;47(5):410-415. doi:10.1111/iej.12162.
21. Tchorz JP, Hellwig E, Altenburger MJ. Teaching model for artificial teeth and endodontic apex locators. *J Dent Educ.* 2013;77(5):626-629.
22. Wolgin M, Wiedemann P, Frank W, Wrbas K-T, Kielbassa AM. Development and Evaluation of an Endodontic Simulation Model for Dental Students. *J Dent Educ.* 2015;79(11):1363-1372.

ANNEXES

Annexe 1: Programme de l'enseignement pratique de l'odontologie conservatrice.
DFGSO3 (2017-2018) – Semestre 2 – Salle de TP Fantômes

<i>S1-Mardi 16 janvier 2018</i>	<i>Mise en place, Vérification du matériel Réalisation des modèles dent naturelles et modèles dents Cre@teeth Distribution des dents et des bases, cire</i>
<i>S2-Mardi 23 janvier 2018</i>	<i>Restauration simple des dents postérieures Dents naturelles : cavités 44 à 47 Vérification des cavités et reconstitution à l'amalgame cavité 1 face 47</i>
<i>S3-Mardi 30 janvier 2018</i>	<i>Restauration simple des dents postérieures Dents Cre@teeth : cavités 14 à 17 Mise en place d'une matrice Vérification des cavités et reconstitution à l'amalgame d'une cavité 2 faces</i>
<i>S4- Mardi 6 février 2018</i>	<i>Restauration complexe des dents postérieures Dents naturelles : cavités 14 à 17 Mise en place d'une matrice Vérification des cavités et reconstitution à l'amalgame d'une cavité 3 faces</i>
<i>S5- Mardi 13 février 2018</i>	<i>Evaluation N°1 : épreuve théorique et épreuve pratique Dents Cre@teeth : cavités 44 à 47 Evaluation de la Mise en place d'une matrice Reconstitution à l'amalgame d'une cavité 2 faces</i>
<i>S6- Mardi 20 février 2018</i>	<i>Restauration simple des dents antérieures Dents naturelles : cavités 13 à 23 Vérification des cavités et reconstitution au composite d'une cavité</i>
<i>S7- Mardi 27 février 2018</i>	<i>Restauration simple des dents antérieures Dents Cre@teeth : cavités 33 à 43 Vérification des cavités et restauration au composite de 32 et 42 et au CVI de 33 et 43</i>
<i>S8- Mardi 6 mars 2018</i>	<i>Evaluation N°2 : épreuve théorique et épreuve pratique Dents Cre@teeth : cavités 13 à 23 Evaluation de la mise en place de la digue Restauration au composite d'une cavité 2 faces</i>
<i>S9- Mardi 13 mars 2018</i>	<i>Restauration des dents postérieures Dents naturelles : cavités 24 à 27 Vérification des cavités et restauration au composite de 27</i>
<i>S10- Mardi 20 mars 2018</i>	<i>Restauration des dents postérieures Dents naturelles : cavités 34 à 37 Vérification des cavités et restauration au composite de 27</i>
<i>S11- Mardi 27 mars 2018</i>	<i>Evaluation N°3 : épreuve théorique et épreuve pratique Dents Cre@teeth : cavités 34 à 37 Evaluation de la mise en place de la digue Evaluation de la mise en place de la matrice métallique (si nécessaire) Restauration au composite d'une cavité 2 faces</i>
<i>S12- Mardi 4 avril 2016</i>	<i>* Rattrapage du contrôle continu RI cavités 34 à 37 ou RI cavités 33 à 43 Rattrapage QCM Et/Ou (en alternance) * Reconstitution des dents dépulpées avec ancrage radiculaire (moignons pour couronne) tenon fibré et composite sans ancrage radiculaire (sandwich CVI amalgame) modèles ENDO</i>

Annexe 2 : Questionnaire d'évaluation des simulateurs Cre@teeth

Date :

Vous êtes : Une femme

Un homme

Cette année en **DFGSO3** correspond à une : 1^{ère} inscription 2^{ème} inscription

L'aspect des caries des dents Cre@teeth vous a semblé :

- Très réalistes
- Un peu irréalistes mais cela ne gêne pas du tout l'atteinte des objectifs du TP
- Irréalistes et cela gêne un peu l'atteinte des objectifs du TP
- Irréalistes et cela est totalement incompatible avec l'atteinte des objectifs du TP
- Sans avis

Pour comprendre la localisation et le stade d'évolution des lésions carieuses à traiter, les schémas représentant les caries:

- étaient absolument indispensables, la présence des lésions sur les dents n'étaient pas utiles
- étaient utiles et complémentaires des lésions présentes sur les dents Cre@teeth
- étaient inutiles, la présence des lésions sur les dents était suffisante
- Sans avis

Les informations sensorielles renvoyées par les dents Cre@teeth lors du curetage vous ont semblé :

- Très réalistes
- Un peu irréalistes mais cela ne gêne pas du tout l'atteinte des objectifs du TP
- Irréalistes et cela gêne un peu l'atteinte des objectifs du TP
- Irréalistes et cela est totalement incompatible avec l'atteinte des objectifs du TP
- Sans avis

Les informations sensorielles renvoyées par les dents Cre@teeth lors de l'aménagement cavitaire (mise en forme) vous ont semblé :

- Très réalistes
- Un peu irréalistes mais cela ne gêne pas du tout l'atteinte des objectifs du TP
- Irréalistes et cela gêne un peu l'atteinte des objectifs du TP
- Irréalistes et cela est totalement incompatible avec l'atteinte des objectifs du TP
- Sans avis

Précisez si vous êtes en accord avec les affirmations suivantes :

J'ai eu des difficultés à comprendre les consignes du TP

- Accord total Plutôt d'accord Plutôt pas d'accord Désaccord total

J'ai eu des difficultés à réaliser le curetage des cavités

- Accord total Plutôt d'accord Plutôt pas d'accord Désaccord total

J'ai eu des difficultés à réaliser les préparations cavitaires (mise en forme)

- Accord total Plutôt d'accord Plutôt pas d'accord Désaccord total

Par apport aux dents naturelles que vous avez utilisé la semaine dernière en TP, avez-vous perçu un changement dans les sensations transmises lors de la préparation de la cavité sur les dents Cre@teeth?

- Oui j'ai eu l'impression que le matériau est plus dur
- Non je n'ai ressenti aucune différence
- Oui j'ai eu l'impression que le matériau est plus mou
- Sans avis

• **Lors de ce TP, avez-vous rencontré les problèmes suivants :**

- Anatomie coronaire peu réaliste OUI NON... si oui précisez quelle(s) dent(s).....
- Anatomie de la carie peu réaliste OUI NON... si oui précisez quelle(s) dent(s).....
- Effraction pulpaire OUI NON... si oui précisez quelle(s) dent(s).....
- Fracture de la dent OUI NON... si oui précisez quelle(s) dent(s).....

Autre(s) problème(s) ou difficulté(s) rencontré(e)(s)

-
-

Etes-vous satisfait(e) du résultat des préparations cavitaires de ce TP ?

- Oui complètement, je n'aurai pas pu faire mieux
- Oui, assez satisfait(e), ce n'est pas parfait, mais j'ai bien compris
- Non pas vraiment, je ne maîtrise pas toutes les étapes de cet acte, mais je pourrai m'améliorer
- Non pas du tout, mais je ne peux pas faire mieux
- Sans avis

Vous estimez que les documents photos qui vous ont été proposées pour ce TP,

- Sont totalement indispensables OUI NON sans avis
- Sont complémentaires de l'apprentissage sur dents Cre@teeth OUI NON sans avis
- Sont utiles, mais certaines démonstrations sont manquantes OUI NON sans avis
- Sont totalement inutiles OUI NON sans avis

Si vous en aviez la possibilité, est ce que vous seriez intéressé(e) pour recommencer ce TP à l'identique, tranquillement, en bénéficiant de l'accès à la salle de TP, et en travaillant en autonomie ?

OUI NON sans avis

Vous pouvez utiliser l'espace ci-dessous pour exprimer tout commentaire sur l'utilisation de simulateurs de dents dans le cadre du TP de dentisterie restauratrice

.....

.....

.....

SEBA (Nawel) - « INTERETS DES SIMULATEURS DE DENTS PRESENTANT DES LESIONS CARIEUSES POUR LES TRAVAUX PRATIQUES D'ODONTOLOGIE CONSERVATRICE »
29p., 9ill., 22tabl., 2ann., 30 cm. - (Thèse: Chir. Dent. ; Université Clermont Auvergne ; 2018) - N°

Résumé : Introduction : Le caractère irréversible de la plupart des actes opératoires pratiqués en odontologie oblige l'étudiant à s'entraîner sur des modèles pédagogiques avant de pouvoir prodiguer des soins en clinique. Pour cela, des simulateurs de dents présentant des lésions carieuses ont été développés pour l'enseignement pratique préclinique de l'odontologie conservatrice. Cette étude vise à évaluer la perception que les étudiants de DFGSO3 (3^{ème} année) de l'année universitaire 2017-2018 ont eu de ces simulateurs ainsi que l'évolution de leur apprentissage au cours des TP. Matériel et méthode : A l'issue de 4 séances de TP parmi les 5 qui impliquaient l'utilisation de Cre@teeth cariées, les étudiants ont répondu à un questionnaire anonyme permettant de répondre à l'objectif de l'étude. Résultats : Même si les étudiants ont comme reproche principal la dureté du matériau qu'ils jugent trop mou par rapport à la dent naturelle, ils trouvent pour la plupart un intérêt au simulateur. 90% souhaiteraient refaire le TP avec ce type de modèle. Leurs performances se sont également améliorées au cours du semestre au vu de la diminution du nombre d'effractions pulpaire et la sensation de difficultés à réaliser les préparations cavitaires entre le premier et le dernier TP. Discussion : Cette étude est la première à évaluer un modèle de simulateur dédié au traitement de lésions carieuses. Elle a permis d'envisager des pistes pour améliorer le simulateur Cre@teeth selon l'avis des usagers en conditions réelles. Conclusion : Ce modèle pédagogique semble prometteur et satisfaisant en attendant la possibilité de créer des matériaux différenciés mimant l'émail, la dentine infectée et la dentine affectée.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT : Etude dentaire

MOTS CLES : enseignement, simulateur, carie dentaire, odontologie conservatrice, impression 3D

MOTS CLES ANGLAIS : teaching, simulator, dental caries, conservative dentistry, 3D printing

JURY :

Présidente : **Mme. Martine HENNEQUIN, Professeur des Universités**

Assesseurs: **M. Nicolas DECERLE, Maître de Conférences des Universités**

Mme Marion BESSADET, Maître de Conférences des Universités

Mme Natacha LINAS, Assistante Hospitalo-Universitaire

